



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107789008 A

(43)申请公布日 2018.03.13

(21)申请号 201711229748.9

(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 刘西耀 石丹 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)

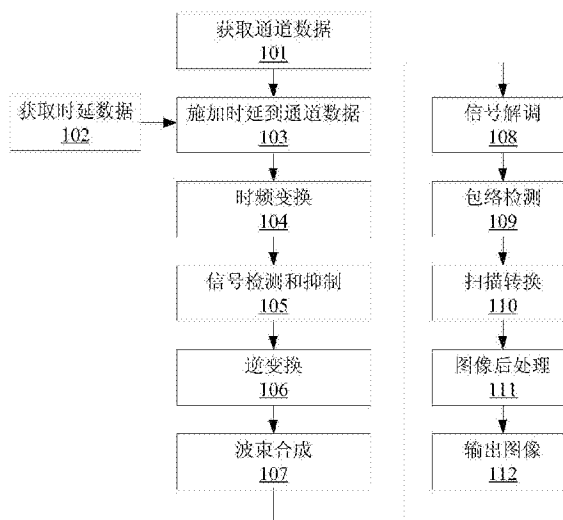
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

## (54)发明名称

一种基于通道数据的自适应超声波束合成方法和系统

## (57)摘要

本发明公开了一种基于通道数据的自适应超声波束合成方法和系统,能够去除不想要的旁瓣和保存通道数据产生的噪声,且去除效率高。所述方法包括:进行多次超声波发射,根据对应的多个回波信号获取第一通道数据;获取与每个聚焦点对应的时延数据;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;对获取的第二通道数据进行波束合成;对波束合成的信号,依次执行信号解调、包络检测、扫描转换、和图像后处理,生成一帧图像。



1. 一种基于通道数据的自适应超声波束合成方法,其特征在于,所述方法包括:

进行多次超声波发射,根据对应的多个回波信号获取第一通道数据;获取与每个聚焦点对应的时延数据;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;

对获取的第二通道数据进行波束合成;对波束合成的信号,依次执行信号解调、包络检测、扫描转换、和图像后处理,生成一帧图像。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述多次超声波发射中的每次发射或者部分发射的聚焦点的空间位置为目标组织上的任意位置。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述时延数据为根据与每次发射相对应的动态接收聚焦点到各个通道的距离,采用追溯法发射逐点聚焦实时计算而得;或者,通过读取预先存储在存储器中时延数据而获得。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述离散时频变换采用S变换、小波变换、或者傅立叶变换;所述逆变换采用对应的逆S变换、逆小波变换、或者逆傅立叶变换。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,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的部分,将识别出的部分频域信号的频率设置成预定义的值。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,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5或6所述的方法,其特征在于,所述信号检测和噪声抑制包括: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的方差,识别出方差大于预设阈值的频域信号,并对该频域信号的频率或者幅度施加较低的权重。

8. 根据权利要求5或6所述的方法,其特征在于,所述识别采用模糊函数进行模糊逻辑阈值判断;所述模糊函数分别具有频率、幅度或方差模糊带的上、下边界阈值;当频域信号的频率、幅度或方差小于下边界阈值时,输出权重为0;当频域信号的频率、幅度或方差在下边界阈值与上边界阈值之间时,输出权重为0至1之间的小数;当频域信号的频率、幅度或方差大于上边界阈值时,输出权重为1。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述下边界阈值与上边界阈值之间设置有一个或者多个模糊带的中心,以设置多个模糊带的峭度。

10. 一种基于通道数据的自适应超声波束合成系统,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;以及与探头阵元依次连接的时延模块、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;

所述系统用于执行权利要求1至9中任一项所述的方法。

## 一种基于通道数据的自适应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,尤其涉及一种基于通道数据的自适应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] 诸如申请日为2009年3月12日的美国专利申请US 20090069693A1 (Retrospective dynamic transmit focusing for spatial compounding,用于空间复合回顾性动态发射聚焦),申请日为2009年12月10日的美国专利申请 (Coherent image formation for dynamic transmit beam formation,用于动态发射波束形成的相干图像形成),申请日为2014年5月22日的美国专利申请 (Enhanced ultrasound image formation using qualified regions of overlapping transmit beams,使用重叠发射波束的合格区域的增强的超声图像形成),申请日为2013年7月25日的美国专利申请 (Ultrasound imaging system with pixel oriented processing,使用像素取向处理的超声成像系统),其中有的使用了追溯法进行软件波束合成,通过保存多次发射得到的通道数据,再使用软件进行合成(使用一定的加权),在时间域来进行信号旁瓣和电子噪声的抑制,从而得到均匀性的图像。但是时间域的加和(或者加权和)和滤波都很难在去掉噪声的同时保留有用的信号,例如超声固有的斑点信息,也不能修正声速误差带来的信号混叠。因此现有技术至少存在如下问题:

[0006] 1、传统硬件波束合成方式,需要预定义发射与接收延迟曲线,波束合成后的信号

以一条一条波束相接的形式存储,无法实现发射逐点聚焦。为了去除旁瓣、不想要的信号反射和电子噪声,传统波束合成依赖于施加时延后所有通道数据的加和,而由于指向性问题,这种加和无法达到去除噪声和不想要信号的目的。

[0007] 2、现有相关软件波束合成技术主要使用多次发射的追溯法,通过保存多次发射得到的通道数据,再使用软件进行合成(使用一定的加权),在时间域上很难在去掉噪声的同时保留有用的信号来进行信号旁瓣和电子噪声的抑制,不能完全消除信号旁瓣、噪声和强的反射信号。

## 发明内容

[0008] 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,提供一种基于通道数据的自适应超声波束合成方法和系统,能够去除不想要的旁瓣和保存通道数据产生的噪声,且去除效率高。

[0009] 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。

[0010] 一种基于通道数据的自适应超声波束合成方法,其包括:

[0011] 进行多次超声波发射,根据对应的多个回波信号获取第一通道数据;获取与每个聚焦点对应的时延数据;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;

[0012] 对获取的第二通道数据进行波束合成;对波束合成的信号,依次执行信号解调、包络检测、扫描转换、和图像后处理,生成一帧图像。

[0013] 优选的,所述多次超声波发射中的每次发射或者部分发射的聚焦点的空间位置为目标组织上的任意位置。

[0014] 优选的,所述时延数据为根据与每次发射相对应的动态接收聚焦点到各个通道的距离,采用追溯法发射逐点聚焦实时计算而得;或者,通过读取预先存储在存储器中时延数据而获得。

[0015] 优选的,所述离散时频变换采用S变换、小波变换、或者傅立叶变换;所述逆变换采用对应的逆S变换、逆小波变换、或者逆傅立叶变换。

[0016] 优选的,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的部分,将识别出的部分频域信号的频率设置成预定义的值。

[0017] 优选的,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。

[0018] 优选的,所述信号检测和噪声抑制包括: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的方差,识别出方差大于预设阈值的频域信号,并对该频域信号的频率或者幅度施加较低的权重。

[0019] 优选的,所述识别采用模糊函数进行模糊逻辑阈值判断;所述模糊函数分别具有频率、幅度或方差模糊带的上、下边界阈值;当频域信号的频率、幅度或方差小于下边界阈值时,输出权重为0;当频域信号的频率、幅度或方差在下边界阈值与上边界阈值之间时,输出权重为0至1之间的小数;当频域信号的频率、幅度或方差大于上边界阈值时,输出权重为1。

[0020] 优选的,所述下边界阈值与上边界阈值之间设置有一个或者多个模糊带的中心,以设置多个模糊带的峭度。

[0021] 一种基于通道数据的自适应超声波束合成系统,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;以及与探头阵元依次连接的时延模块、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;所述系统用于执行上述任一方法。

[0022] 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:

[0023] 通过时频信号分析方法来去除不想要的旁瓣和保存通道数据产生的噪声,可以将有效信号和需要去除离轴反射信号、信号混叠以及噪声进行区分,达到保留有效信号的同时抑制不期望保留的信号,提高噪声去除效率;并且利用模糊逻辑,可以获得更好的信号检测效果,进一步提高噪声去除效率。

## 附图说明

[0024] 图1是根据本发明一实施例的基于通道数据的自适应超声波束合成方法的流程图。

[0025] 图2是根据本发明另一实施例的基于通道数据的自适应超声波束合成方法的流程图。

[0026] 图3是根据本发明一实施例的基于通道数据的自适应超声波束合成系统的结构示意图。

## 具体实施方式

[0027] 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。

[0028] 图1示出了根据本发明一实施例的基于通道数据的自适应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。

[0029] 步骤101:进行多次超声波发射,根据对应的多个回波信号获取第一通道数据

[0030] 例如,可以根据不同应用配置,在超声成像系统中设置一定数目探头阵元进行多次不同的空间位置和角度的超声波发射。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任意选取。但是,优选的也可以是用户感兴趣区域。

[0031] 例如,对于M个通道,每个通道L个采样点,一个回波信号可获得L\*M个采样数据。通道数据包括每次发射后各个通道接收到的回波信号的采样数据,例如N次发射,M个通道,每个通道接收L个采样点,一帧扫描就得到N\*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 $F_s$ 、声速C和扫描深度d来确定的,即 $L=2dF_s/C$ ,不同系统还可以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。

[0032] 发射次数  $N$  对应回波信号的线数, 因此理论最佳发射次数等于成像宽度 (探头最大成像宽度) 除以超声波束宽度。实际应用中会在理论最佳发射次数的基础上乘以一个与引用相关的常数, 本发明实施例的应用中发射次数的较佳范围例如为 100~512。

[0033] 步骤 102: 获取与每个聚焦点对应的时延数据

[0034] 其中, 可以根据与每次发射相对应的动态接收聚焦点到各个通道的距离, 采用追溯法发射逐点聚焦实时计算时延数据。在其他实施例中, 时延数据也可以预先存储在系统的存储器中。

[0035] 步骤 103: 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

[0036] 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。

[0037] 步骤 104: 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

[0038] 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。

[0039] 步骤 105: 对所生成的频域信号进行信号检测和噪声抑制

[0040] 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。

[0041] 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。

[0042] 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。

[0043] 步骤 106: 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

[0044] 其中, 逆变换可以采用与步骤 104 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。

[0045] 步骤 107: 对获取的第二通道数据进行波束合成

[0046] 具体地, 可以使用软件波束合成方法完成波束合成 (例如, 采用追溯法计算时延)。在波束合成中需要使用的变迹可以包含通道方向接收变迹和接收端发射事件两个层面的变迹。所述软件波束合成方法可以是传统基于时延的波束合成方法, 也可以是追溯法波束

合成的方法(优选的是可以逐点聚焦的追溯法软件波束合成)。

[0047] 对步骤107波束合成的信号,依次执行步骤108信号解调、步骤109包络检测、步骤110扫描转换、步骤111图像后处理,生成一帧图像。

[0048] 步骤112:输出所获取的图像

[0049] 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。

[0050] 在上述步骤105中,除上述中分别对频率、幅度、方差进行直接阈值判断外,可以使用如图2所示的模糊函数 $F(t)$ 进行模糊逻辑阈值判断。其中, $t_l$ 和 $t_h$ 分别为频率、幅度或方差模糊带的上、下边界阈值(例如,对于频率, $t_l$ 取值为探头阵元中心频率的120%, $t_h$ 取值为探头阵元中心频率的180%)。 $t_l$ 以下输出权重为0, $t_h$ 以上输出权重为1, $t_l$ 和 $t_h$ 之间输出权重为0~1(例如,0至1之间的小数), $t_c$ 为模糊带的中心(可以根据工程应用设置为 $t_l$ 和 $t_h$ 之间的值,以改变模糊带的峭度,也可以设置多个模糊带的中心,使得模糊函数为分段函数)。由于需要去除的信号具有方差大,幅度高和频率高的特征,利用模糊逻辑进行判断能够取得更好的去噪效果。

[0051] 图3示出了根据本发明一实施例的基于通道数据的自适应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、存储器、显示器,以及与探头阵元连接的时延模块、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。

[0052] 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。

[0053] 时延模块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。

[0054] 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。

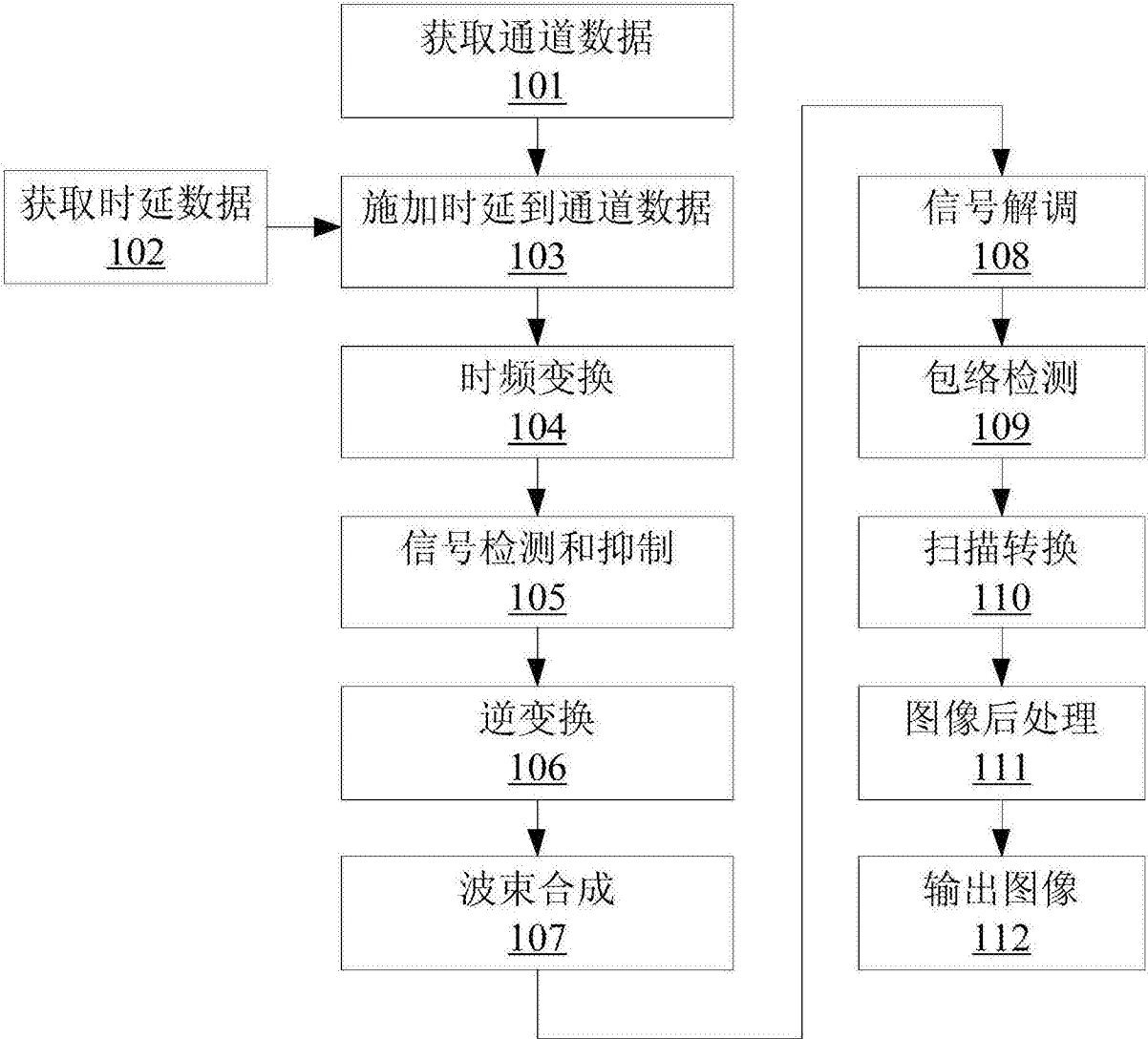


图1

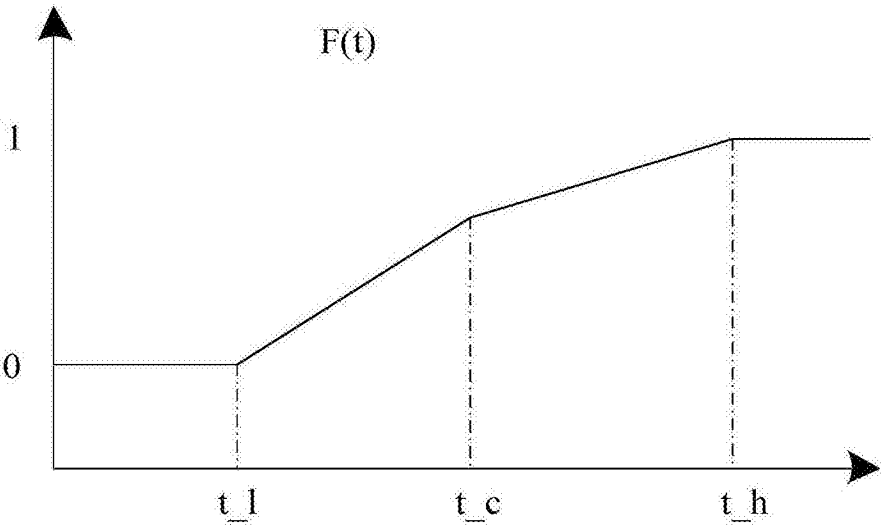


图2

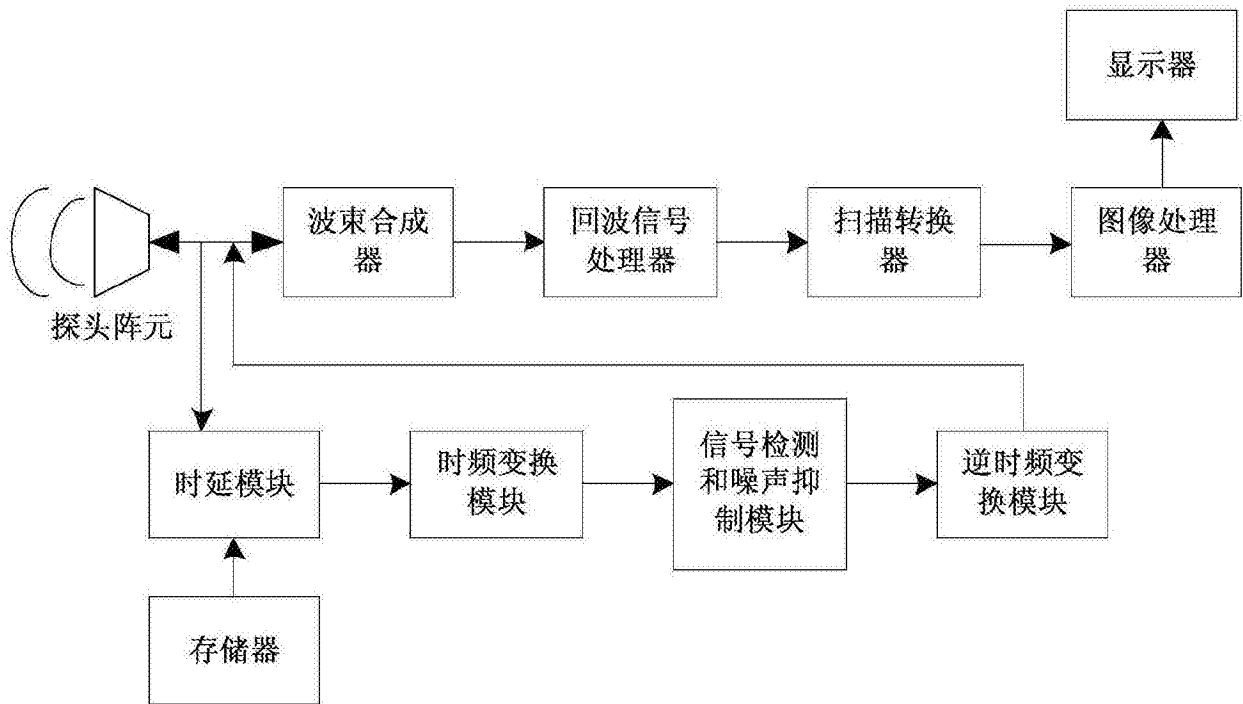


图3

|                |                                                |         |            |
|----------------|------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 一种基于通道数据的自适应超声波束合成方法和系统                        |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">CN107789008A</a>                   | 公开(公告)日 | 2018-03-13 |
| 申请号            | CN201711229748.9                               | 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         | 刘西耀<br>石丹<br>刘东权                               |         |            |
| 发明人            | 刘西耀<br>石丹<br>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<br>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通道数据的自适应超声波束合成方法和系统，能够去除不想要的旁瓣和保存通道数据产生的噪声，且去除效率高。所述方法包括：进行多次超声波发射，根据对应的多个回波信号获取第一通道数据；获取与每个聚焦点对应的时延数据；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；对获取的第二通道数据进行波束合成；对波束合成的信号，依次执行信号解调、包络检测、扫描转换、和图像后处理，生成一帧图像。

