



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110780302 A

(43)申请公布日 2020.02.11

(21)申请号 201911062882.3

(22)申请日 2019.11.01

(71)申请人 天津大学

地址 300350 天津市津南区海河教育园区
雅观路135号

(72)发明人 陈晓冬 田晓东 汪毅 蔡怀宇

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 吴梦圆

(51)Int.Cl.

G01S 15/89(2006.01)

G01S 7/539(2006.01)

A61B 8/12(2006.01)

权利要求书3页 说明书20页 附图7页

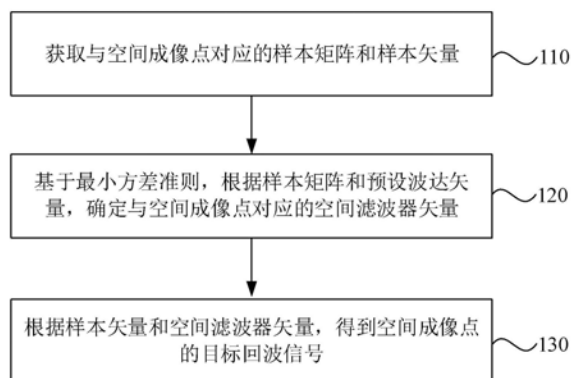
(54)发明名称

基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法

法

(57)摘要

本发明实施例公开了一种基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法,该方法包括:获取与空间成像点对应的样本矩阵和样本矢量;基于最小方差准则,根据样本矩阵和预设波达矢量,确定与空间成像点对应的空间滤波器矢量;根据样本矢量和空间滤波器矢量,得到空间成像点的目标回波信号。本发明实施例由于基于最小方差准则构建空间滤波矢量,因此,实现了降低干扰信号的能量。并且,由于空间滤波器矢量基于实际回波信号构建形成,因此,使得空间滤波器的输出值将随着回波信号的变化而变化,实现了在抑制旁瓣干扰的同时,提高了空间成像点的目标回波信号的质量,进而提高了基于空间成像点的目标回波信号构建的超声回波图像的横向分辨率。



1. 一种基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法,其特征在于,包括:

获取与空间成像点对应的样本矩阵和样本矢量,所述样本矩阵为由各目标采样点的原始回波信号组成的矩阵,所述样本矢量为各目标虚拟源点的原始回波信号,每个所述目标虚拟源点为参与所述空间成像点成像的原始虚拟源点;

基于最小方差准则,根据所述样本矩阵和预设波达矢量,确定与所述空间成像点对应的空间滤波器矢量;

根据所述样本矢量和所述空间滤波器矢量,得到所述空间成像点的目标回波信号。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取与空间成像点对应的样本矩阵和样本矢量,所述样本矩阵为由各目标采样点的原始回波信号组成的矩阵,所述样本矢量为各目标虚拟源点的原始回波信号,每个所述目标虚拟源点为参与所述空间成像点成像的原始虚拟源点,包括:

获取各目标虚拟源点的原始回波信号,并将各所述目标虚拟源点的原始回波信号作为与空间成像点对应的样本矢量,每个所述目标虚拟源点为参与所述空间成像点成像的原始虚拟源点;

根据各目标渡越时间,确定各目标采样点,每个所述目标渡越时间为所述空间成像点到每个所述目标虚拟源点的渡越时间;

根据各所述目标采样点的原始回波信号,确定与所述空间成像点对应的样本矩阵。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述获取各目标虚拟源点的原始回波信号之前,还包括:

根据空间成像点的探测距离、原始虚拟源点的探测距离、预设超声波张角和相邻两个原始虚拟源点之间的距离,确定参与所述空间成像点成像的原始虚拟源点的个数,所述空间成像点的探测距离表示沿探测方向所述空间成像点到相控阵元的距离,所述原始虚拟源点的探测距离表示沿探测方向所述原始虚拟源点到与所述原始虚拟源点对应的相控阵元的距离,不同原始虚拟源点的探测距离相等,相邻两个原始虚拟源点之间的距离相等;

根据参与所述空间成像点成像的原始虚拟源点的个数,从各所述原始虚拟源点中确定参与所述空间成像点成像的各原始虚拟源点,并将参与所述空间成像点的各所述原始虚拟源点作为各目标虚拟源点。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述根据各目标渡越时间,确定各目标采样点之前,还包括:

针对每个所述目标虚拟源点,根据声速、所述目标虚拟源点的探测距离和所述空间成像点与所述目标虚拟源点之间的距离,确定所述空间成像点到所述目标虚拟源点的目标渡越时间。

5. 根据权利要求3或4所述的方法,其特征在于,所述基于最小方差准则,根据所述样本矩阵和预设波达矢量,确定空间滤波器矢量,包括:

根据所述样本矩阵,确定与所述空间成像点对应的样本协方差矩阵;

在满足使所述空间成像点的原始回波信号通过与所述空间成像点对应的空间滤波器矢量后输出的能量最小,且,沿预设波达矢量的方向,各所述目标采样点的原始回波信号通过所述空间滤波器矢量前后的能量不变的条件下,构建由所述样本协方差矩阵和所述预设波达矢量组成的方程组,并对所述方程组进行求解,得到所述空间滤波器矢量。

6. 根据权利要求5所述的方法, 其特征在于, 通过如下公式确定参与所述空间成像点成像的原始虚拟源点的个数:

$$k_P = \frac{2(L_P - L_v)\tan(\alpha_P/2)}{\Delta};$$

其中, k_P 表示参与空间成像点P成像的原始虚拟源点的个数, L_P 表示空间成像点P的探测距离, L_v 表示原始虚拟源点的探测距离, Δ 表示相邻两个原始虚拟源点之间的距离, α_P 表示预设超声波张角;

通过如下公式确定各目标渡越时间:

$$\tau(i_P) = \frac{2(L_v \pm L_{Pi_P})}{c};$$

其中, $\tau(i_P)$ 表示空间成像点P到目标虚拟源点 VS_{i_P} 的目标渡越时间, L_{Pi_P} 表示空间成像点P与目标虚拟源点 VS_{i_P} 之间的距离, $i_P \in \left[-\frac{k_P}{2}, \frac{k_P}{2}\right]$ 且 i_P 为整数, c 表示声速。

7. 根据权利要求6所述的方法, 其特征在于, 通过如下公式确定与空间成像点对应的样本矩阵:

$$LRL_i^P(\tau(i_P) + j_P) = \sum_{q=1}^n X_q((t_q + \tau(i_P)) \times f_s + j_P);$$

$$S_P = \begin{bmatrix} LRL_{-\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(-\frac{k_P}{2}\right) - m_P\right) & \cdots & LRL_i^P(\tau(i_P) - m_P) & \cdots & LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(\frac{k_P}{2}\right) - m_P\right) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ LRL_{-\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(-\frac{k_P}{2}\right) + j_P\right) & \cdots & LRL_i^P(\tau(i_P) + j_P) & \cdots & LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(\frac{k_P}{2}\right) + j_P\right) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ LRL_{-\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(-\frac{k_P}{2}\right) + m_P\right) & \cdots & LRL_i^P(\tau(i_P) + m_P) & \cdots & LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(\frac{k_P}{2}\right) + m_P\right) \end{bmatrix};$$

其中, $LRL_i^P(\tau(i_P) + j_P)$ 表示目标采样点 $(i_P + j_P)$ 的原始回波信号, $j_P \in [-m_P, m_P]$ 且 j_P 为整数, m_P 表示预设采样点个数, q 表示相控阵元, $q \in [1, n]$, n 表示相控阵元的个数, t_q 表示相控阵元 q 的延迟时间常数, X_q 表示相控阵元 q 产生的原始回波信号, f_s 表示原始回波信号的采样频率; S_P 表示与空间成像点P对应的样本矩阵;

通过如下公式确定与空间成像点对应的样本矢量:

$$LRL_i^P(\tau(i_P)) = \sum_{q=1}^n X_q((t_q + \tau(i_P)) \times f_s);$$

其中, $LRL_i^P(\tau(i_P))$ 表示目标虚拟源点 VS_{i_P} 的原始回波信号。

8. 根据权利要求7所述的方法, 其特征在于, 通过如下公式确定与所述空间成像点对应的样本协方差矩阵:

$$R_P = S_P \times S_P^H;$$

其中, R_P 表示与空间成像点P对应的样本协方差矩阵, S_P^H 表示 S_P 的共轭转置矩阵;

通过如下公式确定所述空间滤波器矢量:

$$W_P = \frac{R_P^{-1} a_P}{a_P^H R_P^{-1} a_P};$$

其中, W_P 表示空间成像点P的空间滤波器矢量, R_P^{-1} 表示 R_P 的逆矩阵, a_P 表示预设波达矢量, $a_P = [1, 1, \dots, 1, 1]^T$, a_P 的维数为 k_P , a_P^H 表示 a_P 的共轭转置矢量; W_P 满足如下条件:

$$\begin{cases} \nabla_{W_P} \left[\frac{1}{2} W_P^H R_P W_P + \lambda_P (1 - W_P^H a_P) \right] = 0 \\ R_P W_P - \lambda_P a_P = 0 \end{cases}.$$

9. 根据权利要求8所述的方法, 其特征在于, 通过如下公式确定所述空间成像点的目标回波信号:

$$HRL_P = \sum_{i=-\frac{k}{2}}^{\frac{k}{2}} LRL_i^P(\tau(i_P)) \times W_P \left(i_P + \frac{k_P}{2} \right);$$

其中, HRL_P 表示空间成像点P的目标回波信号, $W_P \left(i_P + \frac{k}{2} \right)$ 表示空间滤波器 W_P 的第

$i + \frac{k}{2}$ 个分量。

10. 根据权利要求1-4任一所述的方法, 其特征在于, 所述根据所述样本矢量和所述空间滤波器矢量, 得到所述空间成像点的目标回波信号之后, 还包括:

遍历其它各空间成像点, 得到其它各所述空间成像点的目标回波信号;

根据各所述空间成像点的目标回波信号, 生成超声回波图像。

基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及超声内镜成像领域,尤其涉及一种基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法、装置、设备及存储介质。

背景技术

[0002] 近年来,随着科学技术的不断进步,推动着医疗行业的发展与革新,形成了传统诊疗技术与现代科技相融合的现代医疗技术。高科技的诊疗手段和现代化的医疗仪器,让越来越多的患者享受到了现代医疗技术进步带来的便利与优惠。医用超声内镜 (Endoscopic Ultrasonography, EUS) 作为现代化高新诊疗设备的代表,将普通内镜与超声技术相结合,融合了IC设计、计算机技术和精密制造等多方面的研究成果,其将微型超声探头集成在内镜顶端,当内镜插入体腔后,通过内镜直接观察腔内的形态,同时又进行实时的超声扫描,来获取腔体的断层扫描图像,从而进一步的提高了内镜和超声的诊断水平。

[0003] 现有技术,连续声束合成孔径 (Synthetic Aperture Sequential Beam, SASB) 算法是广泛使用的超声成像算法。连续声束合成孔径算法的实现过程如下:阶段一、相控阵超声系统在空间中的一系列聚焦点处进行发射聚焦,并对接收到的回波信号进行接收聚焦,得到每个聚焦点的回波信号。其中,聚焦点可称为虚拟源点 (Virtual Source, VS)。每个虚拟源点聚焦得到的回波信号可称为低分辨率线 (Low Resolution Line, LRL)。如图1所示,给出了一种低分辨率图的显示示意图。图1中的低分辨率图包括多条低分辨率线。如图2所示,给出了一种低分辨率线的显示示意图。图2显示了图1中某条低分辨率线。;阶段二对空间中的空间成像点进行动态接收聚焦并根据幅度变迹方法,得到空间成像点的回波信号。其中,幅度变迹方法主要通过将窗函数作为相控阵元的阵元权值(即空间滤波器),以使虚拟源点的回波信号通过空间滤波器后可减小旁瓣干扰。窗函数包括高斯窗、汉宁窗、汉明窗和布莱克曼窗等。

[0004] 然而,发明人发现现有技术中至少存在如下问题:虽然采用窗函数作为相控阵元的空间滤波器,能够抑制旁瓣干扰,但是由于同时会增大主瓣宽度,因此,降低了超声回波图像的横向分辨率。

发明内容

[0005] 本发明实施例提供了一种基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法、装置、设备及存储介质,以在抑制旁瓣干扰的同时,提高超声回波图像的横向分辨率。

[0006] 第一方面,本发明实施例提供了一种基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法,该方法包括:

[0007] 获取与空间成像点对应的样本矩阵和样本矢量,所述样本矩阵为由各目标采样点的原始回波信号组成的矩阵,所述样本矢量为各目标虚拟源点的原始回波信号,每个所述目标虚拟源点为参与所述空间成像点成像的原始虚拟源点;

[0008] 基于最小方差准则,根据所述样本矩阵和预设波达矢量,确定与所述空间成像点

对应的空间滤波器矢量；

[0009] 根据所述样本矢量和所述空间滤波器矢量，得到所述空间成像点的目标回波信号。

[0010] 进一步的，所述获取与空间成像点对应的样本矩阵和样本矢量，所述样本矩阵为由各目标采样点的原始回波信号组成的矩阵，所述样本矢量为各目标虚拟源点的原始回波信号，每个所述目标虚拟源点为参与所述空间成像点成像的原始虚拟源点，包括：获取各目标虚拟源点的原始回波信号，并将各所述目标虚拟源点的原始回波信号作为与所述空间成像点对应的样本矢量，每个所述目标虚拟源点为参与所述空间成像点成像的原始虚拟源点；根据各目标渡越时间，确定各目标采样点，每个所述目标渡越时间为所述空间成像点到每个所述目标虚拟源点的渡越时间；根据各所述目标采样点的原始回波信号，确定与所述空间成像点对应的样本矩阵。

[0011] 进一步的，所述获取各目标虚拟源点的原始回波信号之前，还包括：根据空间成像点的探测距离、原始虚拟源点的探测距离、预设超声波张角和相邻两个原始虚拟源点之间的距离，确定参与所述空间成像点成像的原始虚拟源点的个数，所述空间成像点的探测距离表示沿探测方向所述空间成像点到相控阵元的距离，所述原始虚拟源点的探测距离表示沿探测方向所述原始虚拟源点到与所述原始虚拟源点对应的相控阵元的距离，不同原始虚拟源点的探测距离相等，相邻两个原始虚拟源点之间的距离相等；根据参与所述空间成像点成像的原始虚拟源点的个数，从各所述原始虚拟源点中确定参与所述空间成像点成像的各原始虚拟源点，并将参与所述空间成像点成像的各所述原始虚拟源点作为各目标虚拟源点。

[0012] 进一步的，所述根据各目标渡越时间，确定各目标采样点之前，还包括：针对每个所述目标虚拟源点，根据声速、所述目标虚拟源点的探测距离和所述空间成像点与所述目标虚拟源点之间的距离，确定所述空间成像点到所述目标虚拟源点的目标渡越时间。

[0013] 进一步的，所述基于最小方差准则，根据所述样本矩阵和预设波达矢量，确定空间滤波器矢量，包括：根据所述样本矩阵，确定与所述空间成像点对应的样本协方差矩阵；在满足使所述空间成像点的原始回波信号通过与所述空间成像点对应的空间滤波器矢量后输出的能量最小，且，沿预设波达矢量的方向各所述目标采样点的原始回波信号通过所述空间滤波器矢量前后的能量不变的条件下，构建由所述样本协方差矩阵和所述预设波达矢量组成的方程组，并对所述方程组进行求解，得到所述空间滤波器矢量。

[0014] 进一步的，所述根据所述样本矢量和所述空间滤波器矢量，得到所述空间成像点的目标回波信号，包括：将所述样本矢量与所述空间滤波器矢量相乘，得到乘积结果；根据所述乘积结果，确定所述空间成像点的目标回波信号。

[0015] 进一步的，通过如下公式确定参与所述空间成像点成像的原始虚拟源点的个数：

$$[0016] \quad k_p = \frac{2(L_p - L_v) \tan(\alpha_p/2)}{\Delta};$$

[0017] 其中， k_p 表示参与空间成像点P成像的原始虚拟源点的个数， L_p 表示空间成像点P的探测距离， L_v 表示原始虚拟源点的探测距离， Δ 表示相邻两个原始虚拟源点之间的距离， α_p 表示预设超声波张角；

[0018] 通过如下公式确定各目标渡越时间：

$$[0019] \quad \tau(i_p) = \frac{2(L_v \pm L_{pi_p})}{c};$$

[0020] 其中, $\tau(i_p)$ 表示空间成像点P到目标虚拟源点 VS_{i_p} 的目标渡越时间, L_{pi_p} 表示空间成像点P与目标虚拟源点 VS_{i_p} 之间的距离, $i_p \in \left[-\frac{k_p}{2}, \frac{k_p}{2}\right]$ 且 i_p 为整数, c 表示声速。

[0021] 进一步的, 通过如下公式确定与空间成像点对应的样本矩阵:

$$[0022] \quad LRL_i^P(\tau(i_p) + j_p) = \sum_{q=1}^n X_q((t_q + \tau(i_p)) \times f_s + j_p);$$

$$[0023] \quad S_P = \begin{bmatrix} LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(-\frac{k_p}{2}\right) - m_p\right) & \cdots & LRL_i^P(\tau(i_p) - m_p) & \cdots & LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(\frac{k_p}{2}\right) - m_p\right) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(-\frac{k_p}{2}\right) + j_p\right) & \cdots & LRL_i^P(\tau(i_p) + j_p) & \cdots & LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(\frac{k_p}{2}\right) + j_p\right) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(-\frac{k_p}{2}\right) + m_p\right) & \cdots & LRL_i^P(\tau(i_p) + m_p) & \cdots & LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(\frac{k_p}{2}\right) + m_p\right) \end{bmatrix};$$

[0024] 其中, $LRL_i^P(\tau(i_p) + j_p)$ 表示目标采样点 $(i_p + j_p)$ 的原始回波信号, $j_p \in [-m_p, M_p]$ 且 j_p 为整数, m_p 表示预设采样点个数, q 表示相控阵元, $q \in [1, n]$, n 表示相控阵元的个数, t_q 表示相控阵元 q 的延迟时间常数, X_q 表示相控阵元 q 产生的原始回波信号, f_s 表示原始回波信号的采样频率; S_P 表示与空间成像点P对应的样本矩阵;

[0025] 通过如下公式确定与空间成像点对应的样本矢量:

$$[0026] \quad LRL_i^P(\tau(i_p)) = \sum_{q=1}^n X_q((t_q + \tau(i_p)) \times f_s);$$

[0027] 其中, $LRL_i^P(\tau(i_p))$ 表示目标虚拟源点 VS_{i_p} 的原始回波信号。

[0028] 进一步的, 通过如下公式确定与所述空间成像点对应的样本协方差矩阵:

$$[0029] \quad R_P = S_P \times S_P^H;$$

[0030] 其中, R_P 表示与空间成像点P对应的样本协方差矩阵, S_P^H 表示 S_P 的共轭转置矩阵;

[0031] 通过如下公式确定所述空间滤波器矢量:

$$[0032] \quad W_P = \frac{R_P^{-1} a_P}{a_P^H R_P^{-1} a_P};$$

[0033] 其中, W_P 表示空间成像点P的空间滤波器矢量, R_P^{-1} 表示 R_P 的逆矩阵, a_P 表示预设波达矢量, $a_P = [1, 1, \dots, 1, 1]^T$, a_P 的维数为 k_P , a_P^H 表示 a_P 的共轭转置矢量; W_P 满足如下条

$$\text{件:} \begin{cases} \nabla_{W_P} \left[\frac{1}{2} W_P^H R_P W_P + \lambda_P (1 - W_P^H a_P) \right] = 0 \\ R_P W_P - \lambda_P a_P = 0 \end{cases}。$$

[0034] 进一步的,通过如下公式确定所述空间成像点的目标回波信号:

$$[0035] \quad HRL_P = \sum_{i=-\frac{k}{2}}^{\frac{k}{2}} LRL_i^P(\tau(i_P)) \times W_P \left(i_P + \frac{k_P}{2} \right);$$

[0036] 其中, HRL_P 表示空间成像点P的目标回波信号, $W_P \left(i_P + \frac{k}{2} \right)$ 表示空间滤波器 W_P 的第 $i + \frac{k}{2}$ 个分量。

[0037] 进一步的,所述根据所述样本矢量和所述空间滤波器矢量,得到所述空间成像点的目标回波信号之后,还包括:遍历其它各空间成像点,得到其它各所述空间成像点的目标回波信号;根据各所述空间成像点的目标回波信号,生成超声回波图像。

[0038] 第二方面,本发明实施例还提供了一种基于连续声束合成孔径的回波信号生成装置,该装置包括:

[0039] 获取模块,用于获取与空间成像点对应的样本矩阵和样本矢量,所述样本矩阵为由各目标采样点的原始回波信号组成的矩阵,所述样本矢量为各目标虚拟源点的原始回波信号,每个所述目标虚拟源点为参与所述空间成像点成像的原始虚拟源点;

[0040] 空间滤波器矢量确定模块,用于基于最小方差准则,根据所述样本矩阵和预设波达矢量,确定与所述空间成像点对应的空间滤波器矢量;

[0041] 目标回波信号确定模块,用于根据所述样本矢量和所述空间滤波器矢量,得到所述空间成像点的目标回波信号。

[0042] 第三方面,本发明实施例还提供了一种设备,该设备包括:

[0043] 一个或多个处理器;

[0044] 存储器,用于存储一个或多个程序;

[0045] 当所述一个或多个程序被所述一个或多个处理器执行,使得所述一个或多个处理器实现如本发明实施例第一方面所述的方法。

[0046] 第四方面,本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现如本发明实施例第一方面所述的方法。

[0047] 本发明实施例通过获取与空间成像点对应的样本矩阵和样本矢量,样本矩阵为由各目标采样点的原始回波信号组成的矩阵,样本矢量为各目标虚拟源点的原始回波信号,每个目标虚拟源点为参与空间成像点成像的原始虚拟源点,基于最小方差准则,根据样本矩阵和预设波达矢量,确定与空间成像点对应的空间滤波器矢量,根据样本矢量和空间滤波器矢量,得到空间成像点的目标回波信号。上述由于基于最小方差准则构建空间滤波器矢量,因此,实现了降低干扰信号的能量。并且,由于空间滤波器矢量基于实际回波信号构建形成,因此,使得空间滤波器的输出值将随着回波信号的变化而变化,实现了在抑制旁瓣干

扰的同时,提高了空间成像点的目标回波信号的质量,进而提高了基于空间成像点的目标回波信号构建的超声回波图像的横向分辨率。

附图说明

[0048] 图1是现有技术中的一种低分辨率图的显示示意图;

[0049] 图2是现有技术中的一种低分辨率线的显示示意图;

[0050] 图3是本发明实施例中的一种基于连续声速合成孔径的回波信号生成方法的原理示意图;

[0051] 图4是本发明实施例中的一种基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法的流程图;

[0052] 图5是本发明实施例中的一种确定参与空间成像点成像的原始虚拟源点的个数的示意图;

[0053] 图6是本发明实施例中的一种确定目标渡越时间的示意图;

[0054] 图7是本发明实施例中的一种超声回波图像的成像效果对比图;

[0055] 图8是本发明实施例中的另一种基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法;

[0056] 图9是本发明实施例中的一种基于连续声束合成孔径的回波信号生成装置的结构示意图;

[0057] 图10是本发明实施例中的一种设备的结构示意图。

具体实施方式

[0058] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。可以理解的是,此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本发明,而非对本发明的限定,实施例中记载的各个特征可进行组合,形成多个可选方案。另外还需要说明的是,为了便于描述,附图中仅示出了与本发明相关的部分而非全部结构。

[0059] 传统技术中连续声束合成孔径算法采用窗函数作为相控阵元的空间滤波器,虽然能够抑制旁瓣干扰,但是由于同时会增大主瓣宽度,因此,降低了超声回波图像的横向分辨率。即传统技术存在着超声回波图像的横向分辨率不高的问题。可进一步分析导致传统技术中存在上述问题的原因在于:采用的窗函数是预先设定的。由于窗函数是预先设定的,因此,构建的空间滤波器的输出值将不随回波信号的变化而变化。正是由于构建的空间滤波器的输出值不随回波信号的变化而变化,因此,使得在抑制旁瓣干扰的同时,会增大主瓣宽度,进而降低了超声回波图像的横向分辨率。

[0060] 基于上述,由于传统技术构建的空间滤波器的输出值不随回波信号的变化而变化,因此,导致了上述问题的出现。相应的,为了解决上述问题,可考虑构建一个空间滤波器,该空间滤波器的输出值会随着回波信号的变化而变化。即解决上述问题的关键在于如何构建一个输出值会随着回波信号的变化而变化的空间滤波器。为了更好的理解本发明实施例所提供的技术方案,首先将结合附图2对涉及到的部分概念进行说明:

[0061] 如图3所示,给出了一种基于连续声速合成孔径的回波信号生成方法的原理示意图。图3中,相控阵超声系统包括 n 个相控阵元,分别为相控阵元1、相控阵元2、.....、相控阵元 i 、.....、相控阵元 $n-1$ 和相控阵元 n 。本发明实施例称虚拟源点为原始虚拟源点,原始

虚拟源点即为上文所述的聚焦点,原始虚拟源点可用 VS_i 表示。原始虚拟源点可与相控阵元一一对应。将图3中示出的空间成像点称为空间成像点P。

[0062] 下面将结合具体实施例对上述内容进行进一步说明。

[0063] 图4为本发明实施例提供的一种基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法的流程图,本实施例可适用于实现在抑制旁瓣干扰的同时,提高超声回波图像的横向分辨率的情况,该方法可以由基于连续声束合成孔径的回波信号生成装置来执行,该装置可以采用软件和/或硬件的方式实现,该装置可以配置于设备中,例如典型的是计算机。如图4所示,该方法具体包括如下步骤:

[0064] 步骤110、获取与空间成像点对应的样本矩阵和样本矢量,样本矩阵为由各目标采样点的原始回波信号组成的矩阵,样本矢量为各目标虚拟源点的原始回波信号,每个目标虚拟源点为参与空间成像点成像的原始虚拟源点。

[0065] 在本发明的实施例中,原始虚拟源点可理解为空间中的聚焦点。原始虚拟源点可与相控阵元一一对应,并且不同原始虚拟源点的探测距离相等,原始虚拟源点的探测距离可理解为沿探测方向,原始虚拟源点到与该原始虚拟源点的相控阵元的距离。相邻两个原始虚拟源点的距离相等。可以理解到,原始虚拟源点的个数可由相控阵元的个数确定。

[0066] 基于此,每个目标虚拟源点可理解为参与空间成像点成像的原始虚拟源点。目标虚拟源点的个数可为至少一个,即参与空间成像点成像的原始虚拟源点的个数可为至少一个。空间成像点的样本矢量可由各目标虚拟源点的原始回波信号确定,即可将各目标虚拟源点的原始回波信号作为空间成像点的样本矢量。空间成像点的样本矩阵可为由各目标采样点的原始回波信号组成的矩阵。其中,目标采样点可理解为由根据各目标渡越时间所确定的采样点。每个目标渡越时间可理解为空间成像点到目标虚拟源点的渡越时间。需要说明的是,各目标采样点包括各目标虚拟源点。相应的,空间成像点的样本矩阵包括各目标虚拟源点的原始回波信号。

[0067] 获取与空间成像点对应的样本矩阵和样本矢量,可作如下理解:获取各目标虚拟源点的原始回波信号,并可将各目标虚拟源点的原始回波信号作为与空间成像点对应的样本矢量。根据各目标渡越时间,确定各目标采样点。根据各目标采样点的原始回波信号,确定与空间成像点对应的样本矩阵。

[0068] 步骤120、基于最小方差准则,根据样本矩阵和预设波达矢量,确定与空间成像点对应的空间滤波器矢量。

[0069] 在本发明的实施例中,预设波达矢量可理解为沿波达方向的矢量。其中,波达方向是指空间信号的到达方向,即各空间信号到达阵列阵元的方向角。最小方差准则可理解为空间滤波器矢量满足如下条件:使空间成像点的原始回波信号通过空间滤波器矢量后输出的能量最小,且,沿预设波达矢量的方向,各目标采样点的原始回波信号通过空间滤波器前后的能量不变。

[0070] 基于最小方差准则,根据样本矩阵和预设波达矢量,确定与空间成像点对应的空间滤波器矢量,可作如下理解:在满足使空间成像点的原始回波信号通过与空间成像点对应的空间滤波器矢量后输出的能量最小,且,沿预设波达矢量的方向,各目标采样点的原始回波信号通过空间滤波器前后的能量不变的条件下,构建由与空间成像点对应的样本矩阵和预设波达矢量组成的方程组,并对该方程组进行求解,可将得到的解作为该空间成像点

的空间滤波器矢量。其中,可根据与空间成像点对应的样本矩阵,确定与空间成像点对应的样本协方差矩阵,上述构建由与空间成像点对应的样本矩阵和预设波达矢量组成的方程组可具体为构建由与空间成像点对应的样本协方差矩阵和预设波达矢量组成的方程组。

[0071] 步骤130、根据样本矢量和空间滤波器矢量,得到空间成像点的目标回波信号。

[0072] 在本发明的实施例中,根据样本矢量和空间滤波器矢量,得到空间成像点的目标回波信号,可作理解:在得到与空间成像点对应的样本矢量和空间滤波器矢量后,可将样本矢量与空间滤波器矢量相乘,得到的乘积结果,根据乘积结果,确定空间成像点的目标回波信号。上述所述的将样本矢量与空间滤波器矢量相乘,可作如下理解:由于与空间成像点对应的样本矢量可理解为各目标虚拟源点的原始回波信号,即每个目标虚拟源点的原始回波信号可作为与该空间成像点对应的样本矢量,因此,针对每个目标虚拟源点,可将该目标虚拟源点的原始回波信号与对应的空间滤波器矢量的分量相乘。基于此,得到各目标虚拟源点与对应的空间滤波器矢量的各分量相乘得到的各乘积结果。根据乘积结果,确定空间成像点的目标回波信号,可作如下理解:可将各乘积结果相加之和作为空间成像点的目标回波信号。

[0073] 上述通过传统连续声束合成孔径算法中引入最小方差准则,并根据实际回波信号构建空间滤波器矢量。由于基于最小方差准则构建空间滤波矢量,因此,可实现降低干扰信号的能量。并且,由于空间滤波器矢量基于实际回波信号构建形成,因此,使得空间滤波器的输出值将随着回波信号的变化而变化,可实现在抑制旁瓣干扰的同时,提高空间成像点的目标回波信号的质量,进而提高基于空间成像点的目标回波信号构建的超声回波图像的横向分辨率,从而解决了传统技术由于采用固定权值的窗函数所导致的超声回波图像的横向分辨率降低的问题。

[0074] 本实施例的技术方案,通过获取与空间成像点对应的样本矩阵和样本矢量,样本矩阵为由各目标采样点的原始回波信号组成的矩阵,样本矢量为各目标虚拟源点的原始回波信号,每个目标虚拟源点为参与空间成像点成像的原始虚拟源点,基于最小方差准则,根据样本矩阵和预设波达矢量,确定与空间成像点对应的空间滤波器矢量,根据样本矢量和空间滤波器矢量,得到空间成像点的目标回波信号。上述由于基于最小方差准则构建空间滤波矢量,因此,实现了降低干扰信号的能量。并且,由于空间滤波器矢量基于实际回波信号构建形成,因此,使得空间滤波器的输出值将随着回波信号的变化而变化,实现了在抑制旁瓣干扰的同时,提高了空间成像点的目标回波信号的质量,进而提高了基于空间成像点的目标回波信号构建的超声回波图像的横向分辨率。

[0075] 可选的,在上述技术方案的基础上,获取与空间成像点对应的样本矩阵和样本矢量,样本矩阵为由各目标采样点的原始回波信号组成的矩阵,样本矢量为各目标虚拟源点的原始回波信号,每个目标虚拟源点为参与空间成像点成像的原始虚拟源点,具体可以包括:获取各目标虚拟源点的原始回波信号,并将各目标虚拟源点的原始回波信号作为与空间成像点对应的样本矢量,每个目标虚拟源点为参与空间成像点成像的原始虚拟源点。根据各目标渡越时间,确定各目标采样点,每个目标渡越时间为空间成像点到每个目标虚拟源点的渡越时间。根据各目标采样点的原始回波信号,确定与空间成像点对应的样本矩阵。

[0076] 在本发明的实施例中,获取各目标虚拟源点的原始回波信号,并将各目标虚拟源点的原始回波信号作为与空间成像点对应的样本矢量,可作如下理解:每个目标虚拟源点

可理解为参与空间成像点成像的原始虚拟源点。可通过如下方式确定各目标虚拟源点：可从各原始虚拟源点中，确定参与空间成像点成像的各原始虚拟源点，并将参与空间成像点成像的各原始虚拟源点作为各目标虚拟源点。更为具体的：可获取参与空间成像点成像的原始虚拟源点的个数，即获取目标虚拟源点的个数。可根据参与空间成像点成像的原始虚拟源点的个数，即可根据目标虚拟源点的个数，确定目标虚拟源点。在获取到各目标虚拟源点的原始回波信号后，可将各目标虚拟源点的原始回波信号作为与该空间成像点对应的样本矢量，即每个目标虚拟源点的原始回波信号可作为与该空间成像点对应的样本矢量。

[0077] 根据各目标渡越时间，确定各目标采样点，每个目标渡越时间为空间成像点到每个目标虚拟源点的渡越时间，可作如下理解：在获得各目标虚拟源点后，可针对每个目标虚拟源点，确定空间成像点与该目标虚拟源点的渡越时间，可将空间成像点与该目标虚拟源点的渡越时间作为目标渡越时间。基于此，可得到各目标渡越时间。可以理解到，每个目标虚拟源点对应一个目标渡越时间。在获得各目标渡越时间后，针对每个目标虚拟源点，可根据与该目标虚拟源点对应的目标渡越时间，确定该目标虚拟源点为第几个采样点，并可在确定的采样点前后各选择预设采样点个数的采样点，将该目标虚拟源点以及选择的预设采样点个数的采样点作为各目标采样点。基于此，可得到与各目标渡越时间对应的各目标采样点。可以理解到，每个目标渡越时间对应至少一个目标采样点，目标采样点包括与该目标渡越时间对应的目标虚拟源点。不同目标渡越时间对应的目标采样点的个数相等。需要说明的是，预设采样点个数可根据实际情况进行设定，在此不作具体限定。示例性的，如预设采样点个数为10个。针对每个目标虚拟源点，根据与该目标虚拟源点对应的目标渡越时间，确定该目标虚拟源点为第100个采样点，则可在该第100个采样点前后各选择10个采样点，将该目标虚拟源点以及选择的采样点作为各目标采样点，即可将第90个到第110个采样点作为各目标采样点。

[0078] 根据各目标采样点的原始回波信号，确定与空间成像点对应的样本矩阵，可作如下理解：与空间成像点对应的样本矩阵可包括各目标采样点的原始回波信号，即目标采样点的原始回波信号为与空间成像点对应的样本矩阵中的元素。如果预设采样点个数为 m_P ，目标虚拟源点的个数为 k_P ，则与空间成像点对应的样本矩阵可为 $k_P \times (2m_P + 1)$ 矩阵。

[0079] 可选的，在上述技术方案的基础上，获取各目标虚拟源点的原始回波信号之前，具体还可以包括：根据空间成像点的探测距离、原始虚拟源点的探测距离、预设超声波张角和相邻两个原始虚拟源点之间的距离，确定参与空间成像点成像的原始虚拟源点的个数，空间成像点的探测距离表示沿探测方向空间成像点到相控阵元的距离，原始虚拟源点的探测距离表示沿探测方向原始虚拟源点到与原始虚拟源点对应的相控阵元的距离，不同原始虚拟源点的探测距离相等，相邻两个原始虚拟源点之间的距离相等。根据参与空间成像点成像的原始虚拟源点的个数，从各原始虚拟源点中确定参与空间成像点成像的各原始虚拟源点，并将参与空间成像点的各原始虚拟源点作为各目标虚拟源点。

[0080] 在本发明的实施例中，空间成像点的探测距离可表示沿探测方向，空间成像点到相控阵元的距离。原始虚拟源点的探测距离可表示沿探测方向，原始虚拟源点到与原始虚拟源点对应的相控阵元的距离。需要说明的是，不同原始虚拟源点的探测距离相等，相邻两个原始虚拟源点之间的距离相等。沿探测方向，空间成像点到不同相控阵元的距离相等。由于不同原始虚拟源点的探测距离相等，因此，上述所述的原始虚拟源点的探测距离中的原

始虚拟源点可为任意一个原始虚拟源点。由于沿探测方向,空间成像点到不同相控阵元的距离相等,因此,上述所述的沿探测方向,空间成像点到相控阵元的距离可为任意一个相控阵元。如图5所示,给出了一种确定参与空间成像点成像的原始虚拟源点的个数的示意图。图5中,空间成像点户的探测距离可用 L_p 表示。原始虚拟源点的探测距离可用 L_v 表示。其中,相控阵元可为 n 个相控阵元中的任意一个相控阵元,如可为相控阵元 $n-1$ 。相邻两个原始虚拟源点之间的距离可用 Δ 表示。预设超声波张角可用 α_p 表示。需要说明的是,预设超声波张角 α_p 的具体数值可根据实际情况进行设定,在此不作具体限定。

[0081] 根据空间成像点的探测距离、原始虚拟源点的探测距离、预设超声波张角和相邻两个原始虚拟源点之间的距离,确定参与空间成像点成像的原始虚拟源点的个数,可作如下理解:可获取空间成像点的探测距离、原始虚拟源点的探测距离、预设超声波张角和相邻两个原始虚拟源点之间的距离,根据空间成像点的探测距离、原始虚拟源点的探测距离、预设超声波张角和相邻两个原始虚拟源点之间的距离,确定参与空间成像点成像的原始虚拟源点的个数。即从各原始虚拟源点中,确定参与空间成像点的原始虚拟点的个数。

[0082] 根据参与空间成像点成像的原始虚拟源点的个数,从各原始虚拟源点中确定参与空间成像点成像的各原始虚拟源点,并将参与空间成像点的各原始虚拟源点作为各目标虚拟源点,可作如下理解:在确定参与空间成像点的原始虚拟源点的个数后,以空间成像点为中心,从空间成像点两侧分别选择参与空间成像点的原始虚拟源点的个数的二分之一的原始虚拟源点,作为参与空间成像点成像的各原始虚拟源点,并可将参与空间成像点的各原始虚拟源点作为各目标虚拟源点。示例性的,如确定出参与空间成像点成像户的原始虚拟源点的个数为 k_p ,则可从各原始虚拟源点中,将原始虚拟源点 VS_{i_p} 作为目标虚拟源点,

$i_p \in \left[-\frac{k_p}{2}, \frac{k_p}{2}\right]$ 且 i_p 为整数,即目标虚拟源点为 VS_{i_p} , $i_p \in \left[-\frac{k_p}{2}, \frac{k_p}{2}\right]$ 且 i_p 为整数。

[0083] 可选的,在上述技术方案的基础上,根据各目标渡越时间,确定各目标采样点之前,具体还可以包括:针对每个目标虚拟源点,根据声速、目标虚拟源点的探测距离和空间成像点与目标虚拟源点之间的距离,确定空间成像点到目标虚拟源点的目标渡越时间。

[0084] 在本发明的实施例中,由于目标虚拟源点为参与空间成像点成像的原始虚拟源点,原始虚拟源点的探测距离可为沿探测方向,原始虚拟源点到与该原始虚拟源点对应的相控阵元的距离,因此,目标虚拟源点的探测距离可为目标虚拟源点到与该目标虚拟源点对应的相控阵元的距离。

[0085] 针对每个目标虚拟源点,可根据声速、该目标虚拟源点的探测距离和空间成像点与该目标虚拟源点之间的距离,确定该空间成像点到该目标虚拟源点的目标渡越时间。基于此,可得到与各目标虚拟源点对应的各目标渡越时间。如图6所示,给出了一种确定目标渡越时间的示意图。图6中,目标虚拟源点 VS_{i_p} 的探测距离可用 L_v 表示。空间成像点 P 与目标虚拟源点 VS_{i_p} 之间的距离可用 L_{Pi_p} 表示。

[0086] 可选的,在上述技术方案的基础上,基于最小方差准则,根据样本矩阵和预设波达矢量,确定空间滤波器矢量,具体可以包括:根据样本矩阵,确定与空间成像点的样本协方差矩阵。在满足使空间成像点的原始回波信号通过与空间成像点对应的空间滤波器矢量后

输出的能量最小,且,沿预设波达矢量的方向,各目标采样点的原始回波信号通过空间滤波器矢量前后的能量不变的条件下,构建由样本协方差矩阵和预设波达矢量组成的方程组,并对方程组进行求解,得到空间滤波器矢量。

[0087] 在本发明的实施例中,在获得与空间成像点对应的样本矩阵后,可根据样本矩阵,确定与该空间成像点对应的样本协方差矩阵。在满足使空间成像点的原始回波信号通过与空间成像点对应的空间滤波器矢量后输出的能量最小,且,沿预设波达矢量的方向,各目标采样点的原始回波信号通过空间滤波器前后的能量不变的条件下,构建由与空间成像点对应的样本协方差矩阵和预设波达矢量组成的方程组,并对该方程组进行求解,可将得到的解作为该空间成像点的空间滤波器矢量。上述所述的各目标采样点的原始回波信号通过空间滤波器前后的能量不变,可理解为:针对每个目标采样点的原始回波信号,该目标采样点的原始回波信号通过空间滤波器矢量前的能量,与,该目标采样点的原始回波信号通过该空间滤波器矢量后的能量相等。

[0088] 上述通过在维持期望信号输出能量不变的前提下,使得总输出能量最小的条件下,构建空间滤波器,从而降低了干扰信号的能量。并且,由于空间滤波器矢量基于实际回波信号构建形成,因此,使得空间滤波器的输出值将随着回波信号的变化而变化,可实现在抑制旁瓣干扰的同时,提高空间成像点的目标回波信号的质量,进而提高基于空间成像点的目标回波信号构建的超声回波图像的横向分辨率。

[0089] 可选的,在上述技术方案的基础上,根据样本矢量和空间滤波器矢量,得到空间成像点的目标回波信号,具体可以包括:将样本矢量与空间滤波器矢量相乘,得到乘积结果。根据乘积结果,确定空间成像点的目标回波信号。

[0090] 在本发明的实施例中,由于与空间成像点对应的样本矢量可理解为各目标虚拟源点的原始回波信号,即每个目标虚拟源点的原始回波信号可作为与该空间成像点对应的样本矢量,因此,针对每个目标虚拟源点,可将该目标虚拟源点的原始回波信号与对应的空间滤波器矢量的分量相乘。基于此,得到各目标虚拟源点与对应的空间滤波器矢量的各分量相乘得到的各乘积结果。根据乘积结果,确定空间成像点的目标回波信号,可作如下理解:可将各乘积结果相加之和作为空间成像点的目标回波信号。

[0091] 可选的,在上述技术方案的基础上,可通过如下公式确定参与空间成像点成像的原始虚拟源点的个数:

$$[0092] \quad k_p = \frac{2(L_p - L_v) \tan(\alpha_p/2)}{\Delta};$$

[0093] 其中, k_p 表示参与空间成像点P成像的原始虚拟源点的个数, L_p 表示空间成像点P的探测距离, L_v 表示原始虚拟源点的探测距离, Δ 表示相邻两个原始虚拟源点之间的距离, α_p 表示预设超声波张角。

[0094] 可通过如下公式确定各目标渡越时间:

$$[0095] \quad \tau(i_p) = \frac{2(L_v \pm L_{pi_p})}{c};$$

[0096] 其中, $\tau(i_p)$ 表示空间成像点P到目标虚拟源点 VS_{i_p} 的目标渡越时间, L_{pi_p} 表示空间

成像点P与目标虚拟源点 VS_{i_p} 之间的距离, $i_p \in \left[-\frac{k_p}{2}, \frac{k_p}{2}\right]$ 且 i_p 为整数, c 表示声速。

[0097] 在本发明的实施例中, 根据空间成像点的探测距离、原始虚拟源点的探测距离、预设超声波张角和相邻两个原始虚拟源点之间的距离, 确定参与空间成像点成像的原始虚拟源点的个数, 上述可通过如下公式确定参与空间成像点成像的原始虚拟源点的个数:

$$k_p = \frac{2(L_p - L_v) \tan(\alpha_p/2)}{\Delta}。其中, 可设置空间成像点为空间成像点P。k_p可表示参与空间$$

成像点P成像的原始虚拟源点的个数。可参考图5, L_p 可表示空间成像点P的探测距离, 即沿探测方向, 空间成像点P到相控阵元的距离。 L_v 可表示原始虚拟源点的探测距离, 即沿探测方向, 原始虚拟源点到与该原始虚拟源点对应的相控阵元的距离。 Δ 可表示相邻两个原始虚拟源点之间的距离。 α_p 可表示预设超声波张角。需要说明的是, 不同原始虚拟源点的探测距离相等, 相邻两个原始虚拟源点之间的距离相等。

[0098] 针对每个目标虚拟源点, 根据声速、目标虚拟源点的探测距离和空间成像点与目标虚拟源点之间的距离, 确定空间成像点到目标虚拟源点的目标渡越时间, 上述可通过如下公式确定目标渡越时间:

$$\tau(i_p) = \frac{2(L_v \pm L_{pi_p})}{c}。其中, \tau(i_p)可表示空间成像点P到目标$$

虚拟源点 VS_{i_p} 的目标渡越时间。 c 可表示声速。可参考图6, L_{pi_p} 可表示空间成像点P与目标虚

拟源点 VS_{i_p} 之间的距离, $i_p \in \left[-\frac{k_p}{2}, \frac{k_p}{2}\right]$ 且 i_p 为整数。 L_v 可表示原始虚拟源点的探测距离。

[0099] 可选的, 在上述技术方案的基础上, 可通过如下公式确定与空间成像点对应的样本矩阵:

$$[0100] \quad LRL_i^P(\tau(i_p) + j_p) = \sum_{q=1}^n X_q((t_q + \tau(i_p)) \times f_s + j_p);$$

$$[0101] \quad S_p = \begin{bmatrix} LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(-\frac{k_p}{2}\right) - m_p\right) & \cdots & LRL_i^P(\tau(i_p) - m_p) & \cdots & LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(\frac{k_p}{2}\right) - m_p\right) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(-\frac{k_p}{2}\right) + j_p\right) & \cdots & LRL_i^P(\tau(i_p) + j_p) & \cdots & LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(\frac{k_p}{2}\right) + j_p\right) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(-\frac{k_p}{2}\right) + m_p\right) & \cdots & LRL_i^P(\tau(i_p) + m_p) & \cdots & LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(\frac{k_p}{2}\right) + m_p\right) \end{bmatrix};$$

[0102] 其中, $LRL_i^P(\tau(i_p) + j_p)$ 表示目标采样点($i_p + j_p$)的原始回波信号, $j_p \in [-m_p, m_p]$ 且 j_p 为整数, m_p 表示预设采样点个数, q 表示相控阵元, $q \in [1, n]$, n 表示相控阵元的个数, t_q 表示相控阵元 q 的延迟时间常数, X_q 表示相控阵元 q 产生的原始回波信号, f_s 表示原始回波信号的采样频率; S_p 表示与空间成像点P对应的样本矩阵。

[0103] 可通过如下公式确定与空间成像点对应的样本矢量：

$$[0104] \quad LRL_i^P(\tau(i_p)) = \sum_{q=1}^n X_q((t_q + \tau(i_p)) \times f_s);$$

[0105] 其中, $LRL_i^P(\tau(i_p))$ 表示目标虚拟源点 VS_{i_p} 的原始回波信号。

[0106] 在本发明的实施例中, 可通过如下公式确定与空间成像点对应的样本矢量：

$$LRL_i^P(\tau(i_p)) = \sum_{q=1}^n X_q(t_q + \tau(i_p)). \text{ 其中, } LRL_i^P(\tau(i_p)) \text{ 可表示目标虚拟源点 } VS_{i_p} \text{ 的原始}$$

回波信号, $i_p \in \left[-\frac{k_p}{2}, \frac{k_p}{2}\right]$ 且 i_p 为整数。 k_p 可表示参与空间成像点 P 成像的原始虚拟源点的

个数。 q 可表示相控阵元, 即相控阵元 q , $q \in [1, n]$, n 可表示相控阵元的个数。 t_q 可表示相控阵元 q 的延迟时间常数。 X_q 可表示相控阵元 q 产生的原始回波信号。 f_s 表示原始回波信号的采样频率。 $\tau(i_p)$ 可表示空间成像点 P 到目标虚拟源点 VS_i 的目标渡越时间。

[0107] 可通过如下公式确定与空间成像点对应的样本矩阵：

$$[0108] \quad S_P = \begin{bmatrix} LRL_{-\frac{k}{2}}^P\left(\tau_P\left(-\frac{k_p}{2}\right) - m_p\right) & \cdots & LRL_i^P(\tau_P(i) - m_p) & \cdots & LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau_P\left(\frac{k_p}{2}\right) - m_p\right) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ LRL_{-\frac{k}{2}}^P\left(\tau_P\left(-\frac{k_p}{2}\right) + j_p\right) & \cdots & LRL_i^P(\tau_P(i) + j_p) & \cdots & LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau_P\left(\frac{k_p}{2}\right) + j_p\right) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ LRL_{-\frac{k}{2}}^P\left(\tau_P\left(-\frac{k_p}{2}\right) + m_p\right) & \cdots & LRL_i^P(\tau_P(i) + m_p) & \cdots & LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau_P\left(\frac{k_p}{2}\right) + m_p\right) \end{bmatrix}.$$

[0109] 其中, S_P 可表示与空间成像点 P 对应的样本矩阵。

$$LRL_i^P(\tau(i_p) + j_p) = \sum_{q=1}^n X_q((t_q + \tau(i_p)) \times f_s + j_p). LRL_i^P(\tau(i_p) + j_p) \text{ 可表示目标采样}$$

点 $(i_p + j_p)$ 的原始回波信号, $j_p \in [-m_p, m_p]$ 且 j_p 为整数, m_p 可表示预设采样点个数。

[0110] 可选的, 在上述技术方案的基础上, 可通过如下公式确定与空间成像点对应的样本协方差矩阵：

$$[0111] \quad R_P = S_P \times S_P^H;$$

[0112] 其中, R_P 表示与空间成像点 P 对应的样本协方差矩阵, S_P^H 表示 S_P 的共轭转置矩阵。

[0113] 可通过如下公式确定空间滤波器矢量：

$$[0114] \quad W_P = \frac{R_P^{-1} a_P}{a_P^H R_P^{-1} a_P};$$

[0115] 其中, W_P 表示空间成像点 P 的空间滤波器矢量, R_P^{-1} 表示 R_P 的逆矩阵, a_P 表示预设波达矢量, $a_P = [1, 1, \dots, 1, 1]^T$, a_P 的维数为 k_p , a_P^H 表示 a_P 的共轭转置矢量; W_P 满足如下条

$$\text{件:} \begin{cases} \nabla_{W_P} \left[\frac{1}{2} W_P^H R_P W_P + \lambda_P (1 - W_P^H a_P) \right] = 0 \\ R_P W_P - \lambda_P a_P = 0 \end{cases}。$$

[0116] 在本发明的实施例中,根据样本矩阵,确定与空间成像点对应的样本协方差矩阵,上述可通过如下公式确定与空间成像点对应的样本协方差矩阵: $R_P = S_P \times S_P^H$ 。其中, R_P 可表示与空间成像点户对应的样本协方差矩阵。 S_P^H 可表示与空间成像点户对应的样本矩阵 S_P 的共轭转置矩阵。

[0117] 在满足使空间成像点的原始回波信号通过与空间成像点对应的空间滤波器矢量后输出的能量最小且沿预设波达矢量的方向,各目标采样点的原始回波信号通过空间滤波器矢量前后的能量不变的条件下,构建由样本协方差矩阵和所述预设波达矢量组成的方程组,对方程组进行求解,得到空间滤波器矢量,上可通过如下公式确定与空间成像点对应

$$\text{的空间滤波器: } W_P = \frac{R_P^{-1} a_P}{a_P^H R_P^{-1} a_P}, W_P \text{ 满足如下条件: } \begin{cases} \nabla_{W_P} \left[\frac{1}{2} W_P^H R_P W_P + \lambda_P (1 - W_P^H a_P) \right] = 0 \\ R_P W_P - \lambda_P a_P = 0 \end{cases}。$$

其中, W_P 可表示空间成像点P的空间滤波器矢量。 R_P^{-1} 可表示与空间成像点P对应的样本协方差矩阵 R_P 的逆矩阵。 a_P 可表示预设波达矢量, $a_P = [1, 1, \dots, 1, 1]^T$, a_P 的维数为 k_P 。 a_P^H 可表示预设波达矢量 a_P 的共轭转置矢量。

[0118] 可选的,在上述技术方案的基础上,可通过如下公式确定空间成像点的目标回波信号:

$$[0119] \quad HRL_P = \sum_{i=-\frac{k}{2}}^{\frac{k}{2}} LRL_i^P(\tau(i_P)) \times W_P \left(i_P + \frac{k_P}{2} \right);$$

[0120] 其中, HRL_P 表示空间成像点P的目标回波信号, $W_P \left(i_P + \frac{k}{2} \right)$ 表示空间滤波器 W_P 的第 $i + \frac{k}{2}$ 个分量。

[0121] 在本发明的实施例中,将样本矢量与空间滤波器矢量相乘,得到乘积结果,根据乘积结果,确定空间成像点的目标回波信号,上述可通过如下公式确定空间成像点的目标回

$$\text{波信号: } HRL_P = \sum_{i=-\frac{k}{2}}^{\frac{k}{2}} LRL_i^P(\tau(i_P)) \times W_P \left(i_P + \frac{k_P}{2} \right)。其中, HRL_P \text{ 可表示空间成像点P的目标}$$

回波信号。 $W_P \left(i_P + \frac{k}{2} \right)$ 可表示空间滤波器 W_P 的第 $i + \frac{k}{2}$ 个分量。

[0122] 可选的,在上述技术方案的基础上,根据样本矢量和空间滤波器矢量,得到空间成像点的目标回波信号之后,具体还可以包括:遍历其它各空间成像点,得到其它各空间成像点的目标回波信号。根据各空间成像点的目标回波信号,生成超声回波图像。

[0123] 在本发明的实施例中,由于空间中还存在其它空间成像点,因此,为了得到高分辨率的超声回波图像,可遍历其它各空间成像点,得到其它各空间成像点的目标回波信号,上述可作如下理解:针对每个空间成像点,可根据该空间成像点的探测距离、原始虚拟源点的探测距离、预设超声波张角和两个相邻原始虚拟源点之间的距离,确定参与该空间成像点的原始虚拟源点的个数。根据参与该空间成像点的原始虚拟源点的个数,从各原始虚拟源点中确定参与该空间成像的各原始虚拟源点,并将参与该空间成像的各原始虚拟源点作为各目标虚拟源点。获取各目标虚拟源点的原始回波信号,并将各目标虚拟源点的原始回波信号作为与该空间成像点对应的样本矢量。针对每个目标虚拟源点,根据声速、目标虚拟源点的探测距离和该空间成像点与目标虚拟源点之间的距离,确定该空间成像点到该目标虚拟源点的目标渡越时间。基于此,得到与该空间成像点对应的各目标渡越时间。根据各目标虚拟渡越时间,确定各目标采样点。根据各目标采样点的原始回波信号,确定与该空间成像点对应的样本矩阵。根据该样本矩阵,确定与该空间成像点对应的样本协方差矩阵。在满足使该空间成像点的原始回波信号通过与该空间成像点对应的空间滤波器矢量后输出的能量最小且沿预设波达矢量的方向,各目标采样点的原始回波信号通过该空间滤波器矢量前后的能量不变的条件下,构建由样本协方差矩阵和预设波达矢量组成的方程组,并对方程组进行求解,得到该空间滤波器矢量。将该样本矢量与该空间滤波器相乘,得到乘积结果。根据该乘积结果,确定该空间成像点的目标回波信号。基于此,可得到各空间成像点的目标回波信号。

[0124] 在获得各空间成像点的目标回波信号后,可根据各空间成像点的目标回波信号,生成超声回波图像,该超声波图像可为高分辨率的超声回波图像。

[0125] 如图7所示,给出了一种超声回波图像的成像效果对比图。图7中左图为采用本发明实施例所提供的基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法生成的超声回波图像。图7中右图为采用传统技术的基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法生成的超声回波图像。从图7中可以直观看出,本本发明实施例所提供的方法可有效滤除图像中的高斯噪声和旁瓣干扰。

[0126] 上述通过在传统连续声束合成孔径算法中引入最小方差准则,并根据实际回波信号构建空间滤波器矢量。由于基于最小方差准则构建空间滤波矢量,因此,可实现降低干扰信号的能量。并且,由于空间滤波器矢量基于实际回波信号构建形成,因此,使得空间滤波器的输出值将随着回波信号的变化而变化,可实现在抑制旁瓣干扰的同时,提高空间成像点的目标回波信号的质量,进而提高基于空间成像点的目标回波信号构建的超声回波图像的横向分辨率。

[0127] 图8为本发明实施例提供的另一种基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法的流程图,本实施例可适用于实现在抑制旁瓣干扰的同时,提高超声回波图像的横向分辨率的情况,该方法可以由基于连续声束合成孔径的回波信号生成装置来执行,该装置可以采用软件和/或硬件的方式实现,该装置可以配置于设备中,例如典型的是计算机。如图8所示,该方法具体包括如下步骤:

[0128] 步骤201、根据空间成像点的探测距离、原始虚拟源点的探测距离、预设超声波张角和两个相邻原始虚拟源点之间的距离,确定参与空间成像点的原始虚拟源点的个数。

[0129] 步骤202、根据参与空间成像点的原始虚拟源点的个数,从各原始虚拟源点中确定

参与空间成像点成像的各原始虚拟源点,并将参与空间成像点成像的各原始虚拟源点作为各目标虚拟源点。

[0130] 步骤203、获取各目标虚拟源点的原始回波信号,并将各目标虚拟源点的原始回波信号作为与空间成像点对应的样本矢量。

[0131] 步骤204、针对每个目标虚拟源点,根据声速、目标虚拟源点的探测距离和空间成像点与目标虚拟源点之间的距离,确定空间成像点到目标虚拟源点的目标渡越时间。

[0132] 步骤205、根据各目标虚拟渡越时间,确定各目标采样点。

[0133] 步骤206、根据各目标采样点的原始回波信号,确定与空间成像点对应的样本矩阵。

[0134] 步骤207、根据样本矩阵,确定与空间成像点对应的样本协方差矩阵。

[0135] 步骤208、基于最小方差准则,根据样本协方差矩阵和预设波达矢量,确定与空间成像点对应的空间滤波器矢量。

[0136] 步骤209、将样本矢量与空间滤波器相乘,得到乘积结果。

[0137] 步骤210、根据乘积结果,确定空间成像点的目标回波信号。

[0138] 步骤211、遍历其它各空间成像点,得到其它各空间成像点的目标回波信号。

[0139] 步骤212、根据各空间成像点的目标回波信号,生成超声回波图像。

[0140] 在本发明的实施例中,空间成像点的探测距离可表示沿探测方向所述空间成像点到相控阵元的距离。原始虚拟源点的探测距离可表示沿探测方向原始虚拟源点到与原始虚拟源点对应的相控阵元的距离,不同原始虚拟源点的探测距离相等,相邻两个原始虚拟源点之间的距离相等。基于最小方差准则,根据样本协方差矩阵和预设波达矢量,确定与空间成像点对应的空间滤波器矢量,可作如下理解:在满足使空间成像点的原始回波信号通过与空间成像点对应的空间滤波器矢量后输出的能量最小,且,沿预设波达矢量的方向,各目标采样点的原始回波信号通过空间滤波器矢量前后的能量不变的条件下,构建由样本协方差矩阵和预设波达矢量组成的方程组,并对方程组进行求解,得到空间滤波器矢量。

[0141] 需要说明的是,对步骤203和步骤204执行的先后顺序,可根据实际情况进行设定,在此不作具体限定。示例性的,可先执行步骤203,再执行步骤204。或者,可先执行步骤204,再执行步骤203。或者,步骤203和步骤204可同步执行。

[0142] 本实施例的技术方案,通过传统连续声束合成孔径算法中引入最小方差准则,并根据实际回波信号构建空间滤波器矢量。上述由于基于最小方差准则构建空间滤波矢量,因此,实现了降低干扰信号的能量。并且,由于空间滤波器矢量基于实际回波信号构建形成,因此,使得空间滤波器的输出值将随着回波信号的变化而变化,实现了在抑制旁瓣干扰的同时,提高了空间成像点的目标回波信号的质量,进而提高了基于空间成像点的目标回波信号构建的超声回波图像的横向分辨率。

[0143] 图9为本发明实施例提供的一种基于连续声束合成孔径的回波信号生成装置的结构示意图,本实施例可适用于实现在抑制旁瓣干扰的同时,提高超声回波图像的横向分辨率的情况,该装置可以采用软件和/或硬件的方式实现,该装置可以配置于设备中,例如典型的是计算机等。如图9所示,该装置具体包括:

[0144] 获取模块310,用于获取与空间成像点对应的样本矩阵和样本矢量,样本矩阵为由各目标采样点的原始回波信号组成的矩阵,样本矢量为各目标虚拟源点的原始回波信号,

每个目标虚拟源点为参与空间成像点成像的原始虚拟源点。

[0145] 空间滤波器矢量确定模块320,用于基于最小方差准则,根据样本矩阵和预设波达矢量,确定与空间成像点对应的空间滤波器矢量。

[0146] 目标回波信号确定模块330,用于根据样本矢量和空间滤波器矢量,得到空间成像点的目标回波信号。

[0147] 本实施例的技术方案,通过获取与空间成像点对应的样本矩阵和样本矢量,样本矩阵为由各目标采样点的原始回波信号组成的矩阵,样本矢量为各目标虚拟源点的原始回波信号,每个目标虚拟源点为参与空间成像点成像的原始虚拟源点,基于最小方差准则,根据样本矩阵和预设波达矢量,确定与空间成像点对应的空间滤波器矢量,根据样本矢量和空间滤波器矢量,得到空间成像点的目标回波信号。上述由于基于最小方差准则构建空间滤波矢量,因此,实现了降低干扰信号的能量。并且,由于空间滤波器矢量基于实际回波信号构建形成,因此,使得空间滤波器的输出值将随着回波信号的变化而变化,实现了在抑制旁瓣干扰的同时,提高了空间成像点的目标回波信号的质量,进而提高了基于空间成像点的目标回波信号构建的超声回波图像的横向分辨率。

[0148] 可选的,在上述技术方案的基础上,获取模块310,具体可以包括:样本矢量确定单元,用于获取各目标虚拟源点的原始回波信号,并将各目标虚拟源点的原始回波信号作为与空间成像点对应的样本矢量,每个目标虚拟源点为参与空间成像点成像的原始虚拟源点。目标采样点确定单元,用于根据各目标渡越时间,确定各目标采样点,每个目标渡越时间为空间成像点到每个目标虚拟源点的渡越时间。样本矩阵确定单元,用于根据各目标采样点的原始回波信号,确定与空间成像点对应的样本矩阵。

[0149] 可选的,在上述技术方案的基础上,该装置具体还可以包括:目标虚拟源点个数确定模块,用于根据空间成像点的探测距离、原始虚拟源点的探测距离、预设超声波张角和相邻两个原始虚拟源点之间的距离,确定参与空间成像点成像的原始虚拟源点的个数,空间成像点的探测距离表示沿探测方向空间成像点到相控阵元的距离,原始虚拟源点的探测距离表示沿探测方向原始虚拟源点到与原始虚拟源点对应的相控阵元的距离,不同原始虚拟源点的探测距离相等,相邻两个原始虚拟源点之间的距离相等。目标虚拟源点确定模块,用于根据参与空间成像点成像的原始虚拟源点的个数,从各原始虚拟源点中确定参与空间成像点成像的各原始虚拟源点,并将参与空间成像点的各原始虚拟源点作为各目标虚拟源点。

[0150] 可选的,在上述技术方案的基础上,该装置具体还可以包括:目标渡越时间确定模块,用于针对每个目标虚拟源点,根据声速、目标虚拟源点的探测距离和空间成像点与目标虚拟源点之间的距离,确定空间成像点到目标虚拟源点的目标渡越时间。

[0151] 可选的,在上述技术方案的基础上,空间滤波器矢量确定模块320,具体可以包括:样本协方差矩阵确定单元,用于根据样本矩阵,确定与空间成像点对应的样本协方差矩阵。空间滤波器矢量确定单元,用于在满足使空间成像点的原始回波信号通过与空间成像点对应的空间滤波器矢量后输出的能量最小,且,沿预设波达矢量的方向,各目标采样点的原始回波信号通过空间滤波器矢量前后的能量不变的条件下,构建由样本协方差矩阵和预设波达矢量组成的方程组,对方程组进行求解,得到空间滤波器矢量。

[0152] 可选的,在上述技术方案的基础上,目标回波信号确定模块330,具体可以包括:乘

积结果确定单元,用于将样本矢量与空间滤波器矢量相乘,得到乘积结果。目标回波信号确定单元,用于根据乘积结果,确定空间成像点的目标回波信号。

[0153] 可选的,在上述技术方案的基础上,可通过如下公式确定参与空间成像点成像的原始虚拟源点的个数:

$$[0154] \quad k_p = \frac{2(L_p - L_v)\tan(\alpha_p/2)}{\Delta};$$

[0155] 其中, k_p 表示参与空间成像点P成像的原始虚拟源点的个数, L_p 表示空间成像点P的探测距离, L_v 表示原始虚拟源点的探测距离, Δ 表示相邻两个原始虚拟源点之间的距离, α_p 表示预设超声波张角。

[0156] 可通过如下公式确定各目标渡越时间:

$$[0157] \quad \tau(i_p) = \frac{2(L_v \pm L_{pi_p})}{c};$$

[0158] 其中, $\tau(i_p)$ 表示空间成像点P到目标虚拟源点 VS_{i_p} 的目标渡越时间, L_{pi_p} 表示空间成像点P与目标虚拟源点 VS_{i_p} 之间的距离, $i_p \in \left[-\frac{k_p}{2}, \frac{k_p}{2}\right]$ 且 i_p 为整数, c 表示声速。

[0159] 可选的,在上述技术方案的基础上,可通过如下公式确定与空间成像点对应的样本矩阵:

$$[0160] \quad LRL_i^P(\tau(i_p) + j_p) = \sum_{q=1}^n X_q((t_q + \tau(i_p)) \times f_s + j_p);$$

$$[0161] \quad S_p = \begin{bmatrix} LRL_{-\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(-\frac{k_p}{2}\right) - m_p\right) & \cdots & LRL_i^P(\tau(i_p) - m_p) & \cdots & LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(\frac{k_p}{2}\right) - m_p\right) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ LRL_{-\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(-\frac{k_p}{2}\right) + j_p\right) & \cdots & LRL_i^P(\tau(i_p) + j_p) & \cdots & LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(\frac{k_p}{2}\right) + j_p\right) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ LRL_{-\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(-\frac{k_p}{2}\right) + m_p\right) & \cdots & LRL_i^P(\tau(i_p) + m_p) & \cdots & LRL_{\frac{k}{2}}^P\left(\tau\left(\frac{k_p}{2}\right) + m_p\right) \end{bmatrix};$$

[0162] 其中, $LRL_i^P(\tau(i_p) + j_p)$ 表示目标采样点 $(i_p + j_p)$ 的原始回波信号, $j_p \in [-m_p, m_p]$ 且 j_p 为整数, m_p 表示预设采样点个数, q 表示相控阵元, $q \in [1, n]$, n 表示相控阵元的个数, t_q 表示相控阵元 q 的延迟时间常数, X_q 表示相控阵元 q 产生的原始回波信号, f_s 表示原始回波信号的采样频率; S_p 表示与空间成像点P对应的样本矩阵。

[0163] 可通过如下公式确定与空间成像点对应的样本矢量:

$$[0164] \quad LRL_i^P(\tau(i_p)) = \sum_{q=1}^n X_q((t_q + \tau(i_p)) \times f_s);$$

[0165] 其中, $LRL_i^P(\tau(i_p))$ 表示目标虚拟源点 VS_{i_p} 的原始回波信号。

[0166] 可选的,在上述技术方案的基础上,可通过如下公式确定与空间成像点对应的样本协方差矩阵:

$$[0167] \quad R_P = S_P \times S_P^H;$$

[0168] 其中, R_P 表示与空间成像点P对应的样本协方差矩阵, S_P^H 表示 S_P 的共轭转置矩阵。

[0169] 可通过如下公式确定空间滤波器矢量:

$$[0170] \quad W_P = \frac{R_P^{-1} a_P}{a_P^H R_P^{-1} a_P};$$

[0171] 其中, W_P 表示空间成像点户的空间滤波器矢量, R_P^{-1} 表示 R_P 的逆矩阵, a_P 表示预设波达矢量, $a_P = [1, 1, \dots, 1, 1]^T$, a_P 的维数为 k_P , a_P^H 表示 a_P 的共轭转置矢量; W_P 满足如下条件:

$$\text{件:} \begin{cases} \nabla_{W_P} \left[\frac{1}{2} W_P^H R_P W_P + \lambda_P (1 - W_P^H a_P) \right] = 0 \\ R_P W_P - \lambda_P a_P = 0 \end{cases}.$$

[0172] 可选的,在上述技术方案的基础上,可通过如下公式确定空间成像点的目标回波信号:

$$[0173] \quad HRL_P = \sum_{i=-\frac{k}{2}}^{\frac{k}{2}} LRL_i^P(\tau(i_P)) \times W_P \left(i_P + \frac{k_P}{2} \right);$$

[0174] 其中, HRL_P 表示空间成像点户的目标回波信号, $W_P \left(i_P + \frac{k}{2} \right)$ 表示空间滤波器 W_P 的第 $i + \frac{k}{2}$ 个分量。

[0175] 可选的,在上述技术方案的基础上,该装置具体还可以包括:遍历模块,用于遍历其它各空间成像点,得到其它各空间成像点的目标回波信号。超声回波图像生成模块,用于根据各空间成像点的目标回波信号,生成超声回波图像。

[0176] 本发明实施例所提供的基于连续声束合成孔径的回波信号生成装置可执行本发明任意实施例所提供的基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法,具备执行方法相应的功能模块和有益效果。

[0177] 图10为本发明实施例提供的一种设备的结构示意图。图10显示的设备仅仅是一个示例,不应对本发明实施例的功能和使用范围带来任何限制。如图10所示,本发明实施例提供的设备,包括处理器31、存储器32、输入装置33和输出装置34;设备中处理器31的数量可以是一个或多个,图10中以一个处理器31为例;设备中的处理器31、存储器32、输入装置33和输出装置34可以通过总线或其他方式连接,图10中以通过总线连接为例。

[0178] 存储器32作为一种计算机可读存储介质,可用于存储软件程序、计算机可执行程序以及模块,如本发明实施例中的基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法对应的程序指令/模块(例如,基于连续声束合成孔径的回波信号生成装置中的获取模块310、空间滤波器矢量确定模块320和目标回波信号确定模块330)。处理器31通过运行存储在存储器32中

的软件程序、指令以及模块,从而执行各种功能应用以及数据处理,例如实现本发明实施例所提供的应用于设备的基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法。

[0179] 存储器32可主要包括存储程序区和存储数据区,其中,存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序;存储数据区可存储根据设备的使用所创建的数据等。此外,存储器32可以包括高速随机存取存储器,还可以包括非易失性存储器,例如至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他非易失性固态存储器件。在一些实例中,存储器32可进一步包括相对于处理器31远程设置的存储器,这些远程存储器可以通过网络连接至设备。上述网络的实例包括但不限于互联网、企业内部网、局域网、移动通信网及其组合。

[0180] 输入装置33可用于接收用户输入的数字或字符信息,以产生与设备的用户设置以及功能控制有关的键信号输入。输出装置34可包括显示屏等显示设备。

[0181] 当然,本领域技术人员可以理解,处理器还可以实现本发明任意实施例所提供应用于设备的基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法的技术方案。该设备的硬件结构以及功能可参见实施例的内容解释。

[0182] 本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现如本发明实施例所提供的一种基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法,该方法包括:

[0183] 获取与空间成像点对应的样本矩阵和样本矢量,样本矩阵为由各目标采样点的原始回波信号组成的矩阵,样本矢量为各目标虚拟源点的原始回波信号,每个目标虚拟源点为参与空间成像点成像的原始虚拟源点。

[0184] 基于最小方差准则,根据样本矩阵和预设波达矢量,确定与空间成像点对应的空间滤波器矢量。

[0185] 根据样本矢量和空间滤波器矢量,得到空间成像点的目标回波信号。

[0186] 本发明实施例的计算机存储介质,可以采用一个或多个计算机可读的介质的任意组合。计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或者计算机可读存储介质。在本文件中,计算机可读存储介质可以是任何包含或存储程序的有形介质,该程序可以被指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用。

[0187] 计算机可读的信号介质可以包括在基带中或者作为载波一部分传播的数据信号,其中承载了计算机可读的程序代码。这种传播的数据信号可以采用多种形式,包括但不限于电磁信号、光信号或上述的任意合适的组合。计算机可读的信号介质还可以是计算机可读存储介质以外的任何计算机可读介质,该计算机可读介质可以发送、传播或者传输用于由指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用的程序。

[0188] 计算机可读介质上包含的程序代码可以用任何适当的介质传输,包括但不限于无线、电线、光缆、射频等等,或者上述的任意合适的组合。

[0189] 可以以一种或多种程序设计语言或其组合来编写用于执行本发明操作的计算机程序代码,例如C语言或Python等。程序代码可以在计算机或服务器上执行。

[0190] 当然,本发明实施例所提供的一种计算机可读存储介质,其计算机可执行指令不限于如上所述的方法操作,还可以执行本发明任意实施例所提供的设备的基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法的相关操作。对存储介质的介绍可参见实施例中的内容解释。

[0191] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精

神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

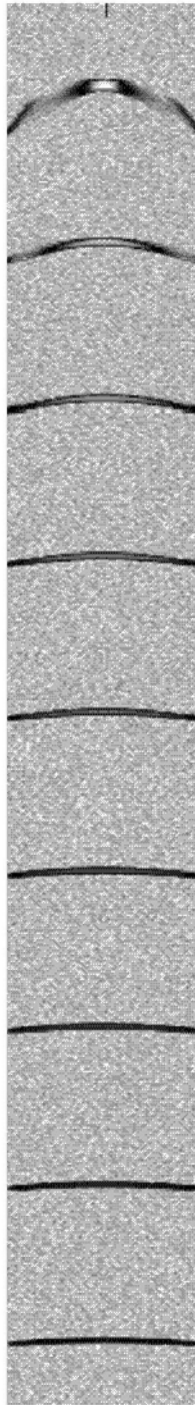


图1

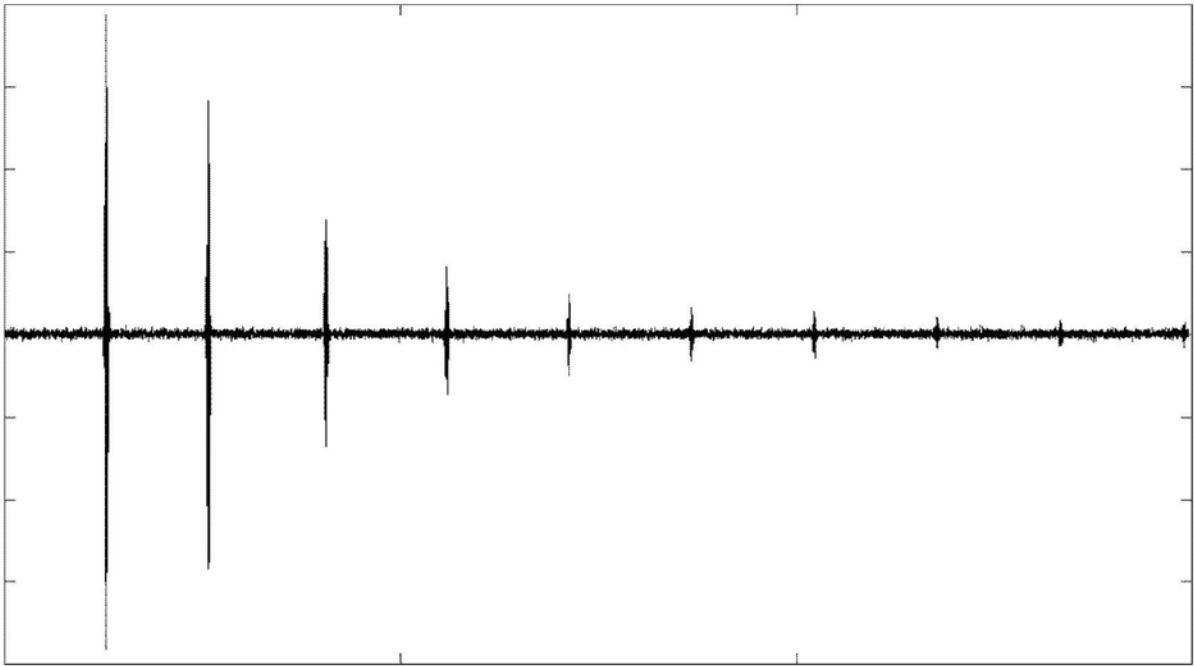


图2

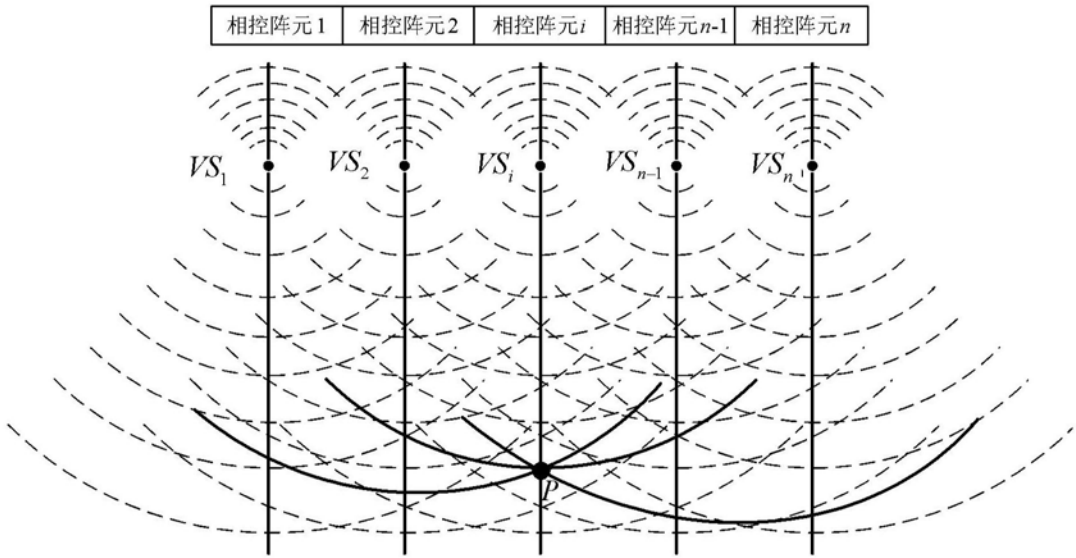


图3

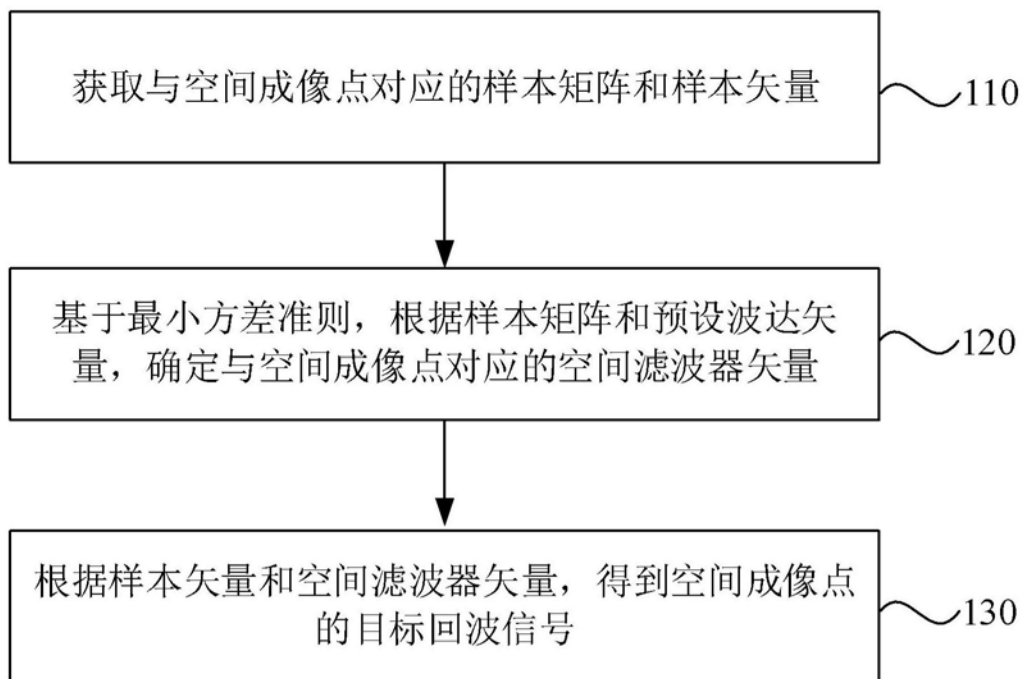


图4

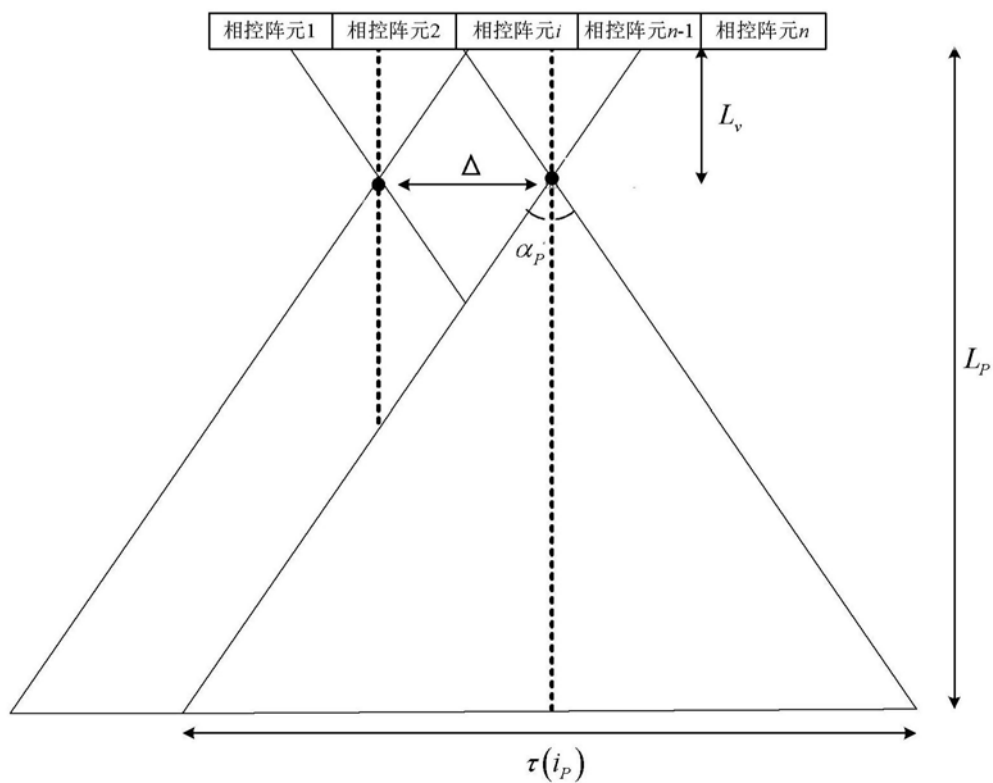


图5

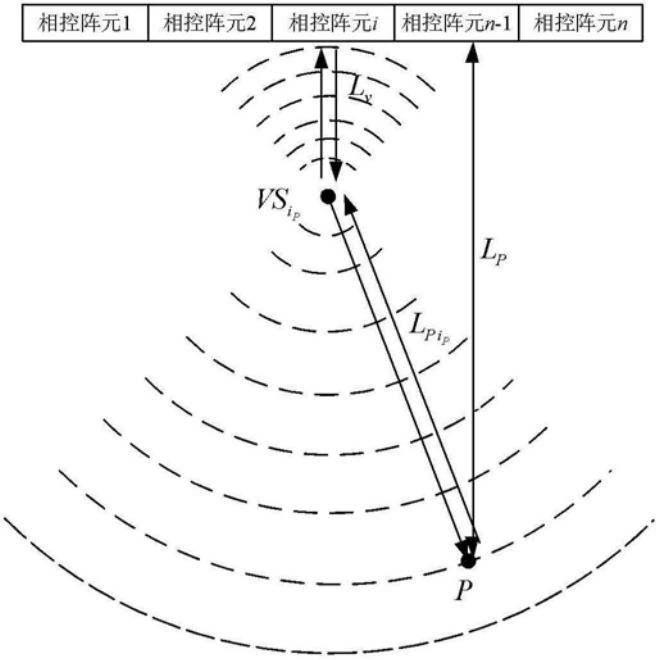


图6

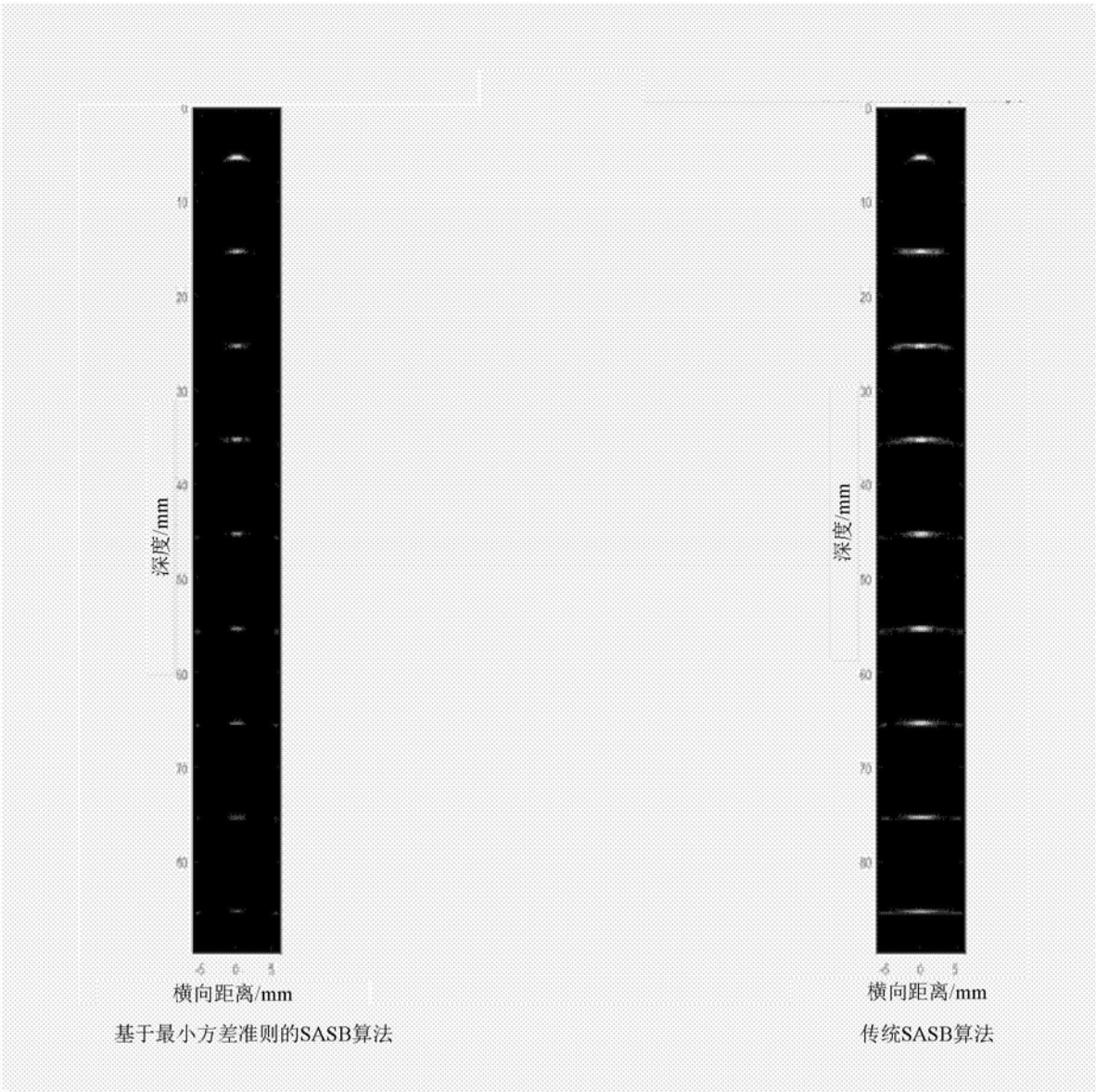


图7

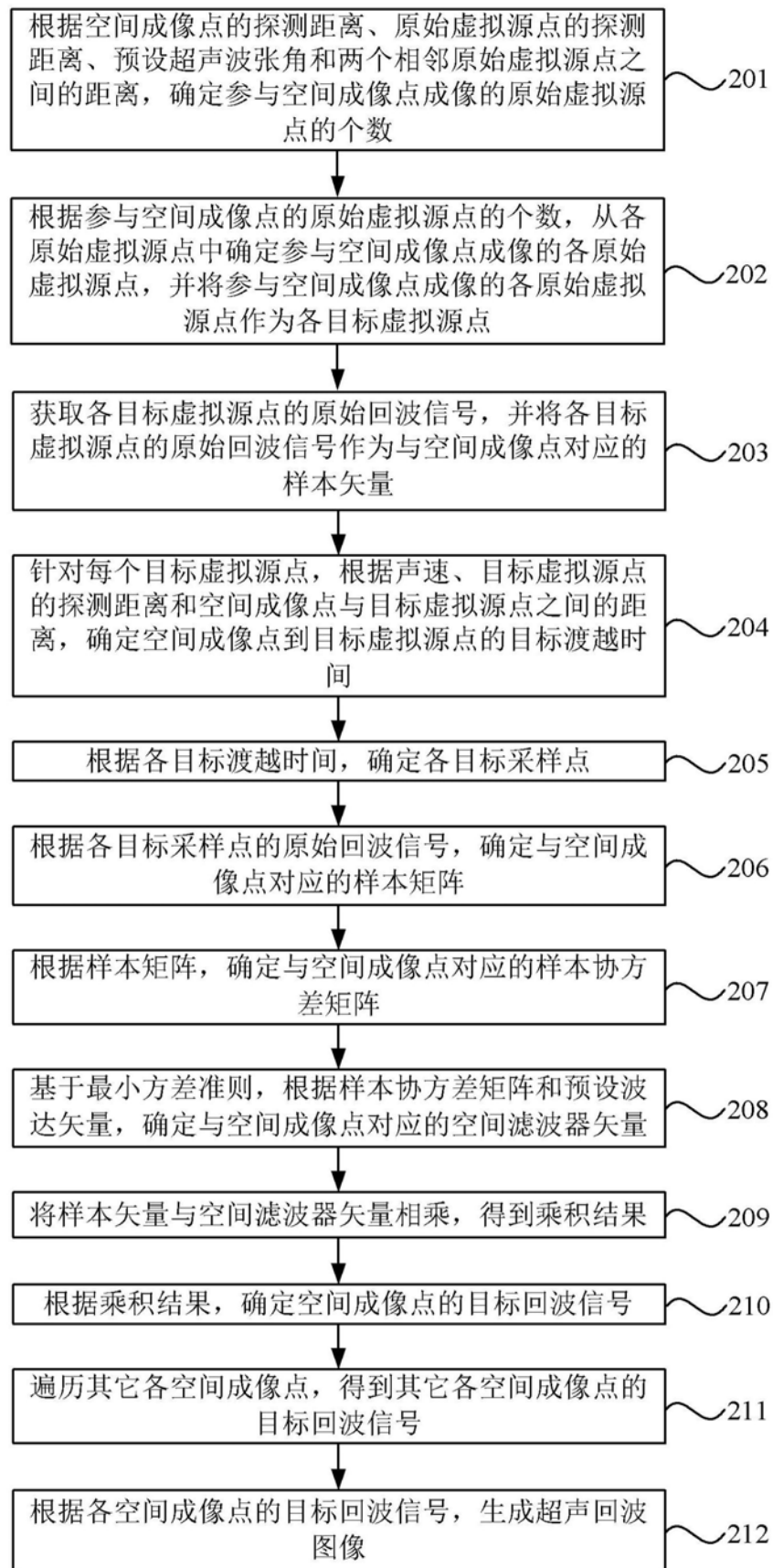


图8

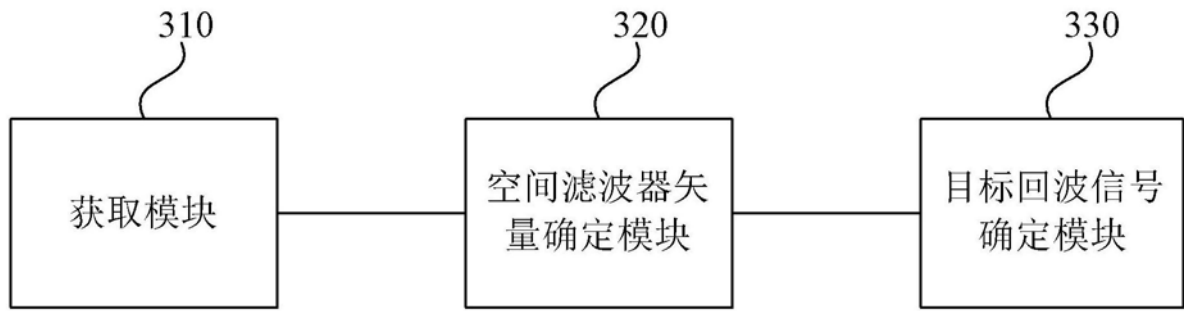


图9

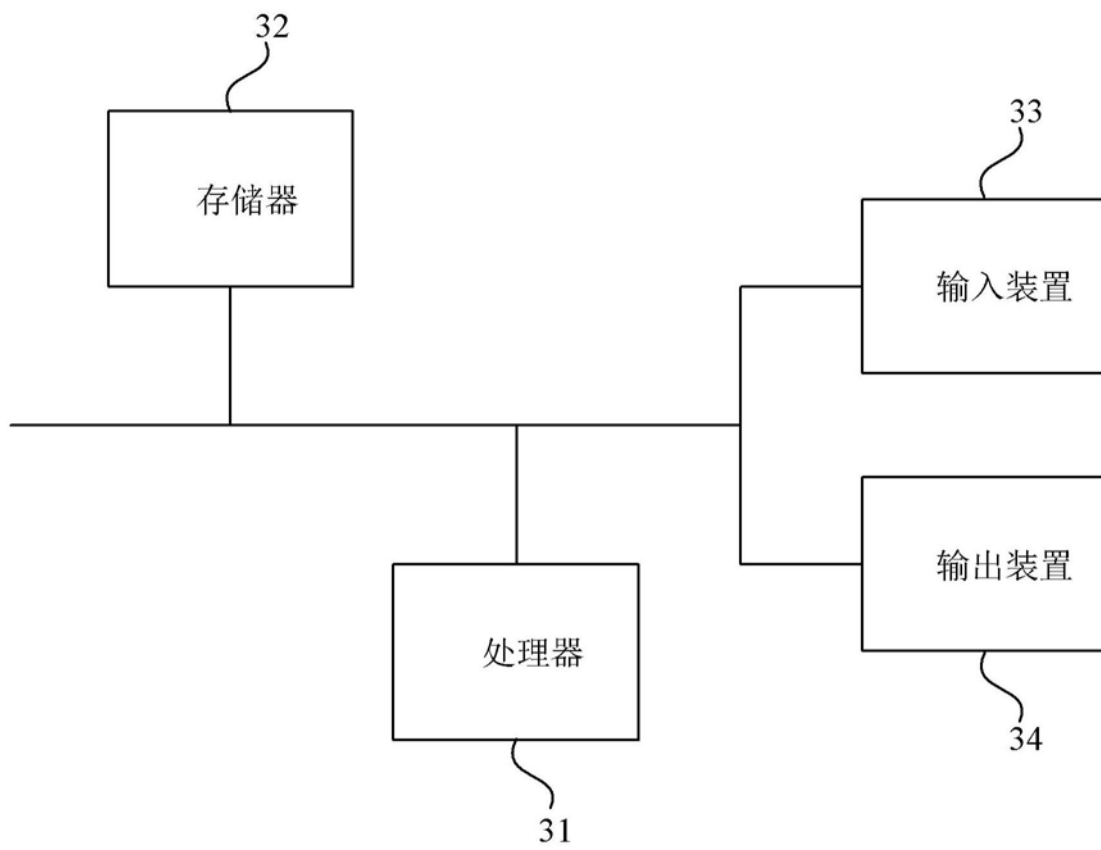


图10

专利名称(译)	基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法		
公开(公告)号	CN110780302A	公开(公告)日	2020-02-11
申请号	CN201911062882.3	申请日	2019-11-01
[标]申请(专利权)人(译)	天津大学		
申请(专利权)人(译)	天津大学		
当前申请(专利权)人(译)	天津大学		
[标]发明人	陈晓冬 田晓东 汪毅 蔡怀宇		
发明人	陈晓冬 田晓东 汪毅 蔡怀宇		
IPC分类号	G01S15/89 G01S7/539 A61B8/12		
CPC分类号	A61B8/12 G01S7/539 G01S15/8904		
代理人(译)	吴梦圆		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明实施例公开了一种基于连续声束合成孔径的回波信号生成方法，该方法包括：获取与空间成像点对应的样本矩阵和样本矢量；基于最小方差准则，根据样本矩阵和预设波达矢量，确定与空间成像点对应的空间滤波器矢量；根据样本矢量和空间滤波器矢量，得到空间成像点的目标回波信号。本发明实施例由于基于最小方差准则构建空间滤波矢量，因此，实现了降低干扰信号的能量。并且，由于空间滤波器矢量基于实际回波信号构建形成，因此，使得空间滤波器的输出值将随着回波信号的变化而变化，实现了在抑制旁瓣干扰的同时，提高了空间成像点的目标回波信号的质量，进而提高了基于空间成像点的目标回波信号构建的超声回波图像的横向分辨率。

