



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111192335 B

(45) 授权公告日 2023. 06. 20

(21) 申请号 201811298045.6

(22) 申请日 2018.10.25

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111192335 A

(43) 申请公布日 2020.05.22

(73) 专利权人 南京大学
地址 210093 江苏省南京市栖霞区仙林大道163号南京大学仙林校区电子学院

(72) 发明人 袁杰 马翔 朱昀浩 郭成雯

(51) Int. Cl.
G06T 11/00 (2006.01)
G06T 15/00 (2011.01)

审查员 汤明皓

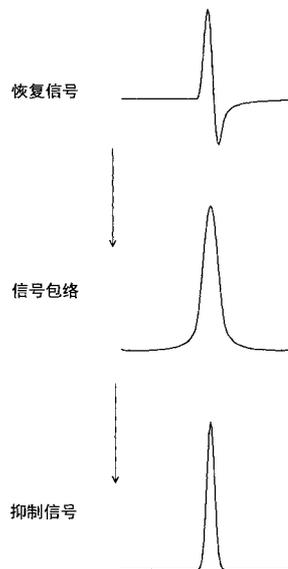
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种抑制伪影的光声图像重建方法

(57) 摘要

本发明公开了一种抑制伪影的光声图像重建方法,包括:获取系统的相关参数;选取合适的像素尺寸,将成像区域分割成多个像素;对每个像素遍历,按照时序顺序计算多重的延时求和,恢复出信号的波形;对每个像素点恢复出的信号计算信号包络,进行信号抑制,抑制信号中的伪影信号,保留真实信号;将抑制信号中的真实信号值作为图像中该像素的灰度值,保存在图片中,最终完成图像的重建。



1. 一种抑制伪影的光声图像重建方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1,获取光声系统的所用声信号接收传感器采样频率,单元个数,每个传感器单元实际物理位置,对成像区域采集光声信号;

步骤2,选取重建图像的像素尺寸,按所选尺寸将成像区域分割成多个像素;

步骤3,对像素逐个按照时序顺序计算多重的延时求和,恢复出该像素信号的波形,并计算信号包络;

步骤4,对每个像素点恢复出的信号包络,进行信号抑制,抑制信号中的伪影信号,保留真实信号;

步骤5,将抑制信号中的真实信号值作为图像中该像素的灰度值,保存在图片中,最终完成图像的重建。

2. 根据权利要求书1所述的一种抑制伪影的光声图像重建方法,其特征在于,步骤1中,获取系统的相关参数包括传感器的采样频率 f_s ,传感器单元的个数 N ,每个传感器单元的实际物理位置为 $\mathbf{r}_n^r, n=1,2,3,\dots,N$,获取传感器参数后,控制激光照射成像区域,并利用传感器,采集 t 时刻时每个传感器单元的信号 $s_n^r(t), n=1,2,3,\dots,N$ 。

3. 根据权利要求书1所述的一种抑制伪影的光声图像重建方法,其特征在于,步骤2中,选取的像素尺寸为 Δr ,按照选取的像素尺寸将成像区域分割成相应的多个像素块,共计 M 个像素,每个像素的实际物理位置为 $\mathbf{r}_m^p, m=1,2,3,\dots,M$ 。

4. 根据权利要求书1所述的一种抑制伪影的光声图像重建方法,其特征在于,步骤3中,对每个像素,恢复出该像素的波束信号:对第 $m, m=1,2,3,\dots,M$ 个像素,首先计算该像素点与每个传感器单元的距离 $d(m,n)=|\mathbf{r}_m^p-\mathbf{r}_n^r|, n=1,2,3,\dots,N$,根据距离计算出声音从该像素的

位置传播到每个传感器单元的延时 $\tau(m,n)=\frac{|\mathbf{r}_m^p-\mathbf{r}_n^r|}{c_0}, n=1,2,3,\dots,N$,其中 c_0 是声速;利用算得

的延时找到在传感器单元对应的信号,并恢复出该像素点的波束形成信号 $s_m^p(t)=\sum_{n=1}^N s_n^r(t+\tau(m,n))$;恢复出信号后,利用希尔伯特变换提取信号包络 $Env_m(t)=|H[s_m^p(t)]|$,其中 t 表示信号采集的时间。

5. 根据权利要求书1所述的一种抑制伪影的光声图像重建方法,其特征在于,步骤4中,抑制信号中的伪影成分:首先定位出该像素点对应的信号包络的最大值 $Env_m^{\max}=\max(Env_m(t))$,选取合适的抑制系数 k ,抑制系数 k 用来控制信号抑制的强度,计算抑制

后的信号 $Env_m^{sup}(t)=Env_m(t)\cdot\left(\frac{Env_m(t)}{Env_m^{\max}}\right)^k$ 。

6. 根据权利要求书1所述的一种抑制伪影的光声图像重建方法,其特征在于,步骤5中,选取零时刻的抑制信号的真实信号值 $Env_m^{sup}(0)$,作为图像中该像素的灰度值,存入图像中;对每个像素点计算抑制后的信号 $Env_m^{sup}(0), m=1,2,3,\dots,M$,最终完成图像的重建。

一种抑制伪影的光声图像重建方法

技术领域

[0001] 本发明属于光学、声学、生物医学、信号处理及图像处理领域,尤其涉及一种抑制伪影的光声图像重建方法。

背景技术

[0002] 在医学、军事、物质监测等多种领域需要进行非破坏性的图像重建方式。其中光声成像作为一种新型的成像方式,反映出了成像区域内物质的光吸收分布。目前主流的实时光声成像方法是一种基本的延时求和方法,具有简单、快速的特点。但是延时求和方法会在图片中带来明显的伪影,影响图片的质量,因而在保持方法实时性的同时,减少重建方法中的伪影至关重要。

发明内容

[0003] 发明目的:本发明所要解决的技术问题是通过基于时序的多重延时求和的方法去除光声图像中的伪影。

[0004] 为了解决上述技术问题,本发明公开了一种抑制伪影的光声图像重建方法,包括如下步骤:

[0005] 步骤1,获取光声系统的所用声信号接收传感器采样频率,单元个数,每个传感器单元实际物理位置,对成像区域采集光声信号;

[0006] 步骤2,选取重建图像的像素尺寸,按所选尺寸将成像区域分割成多个像素;

[0007] 步骤3,对像素逐个按照时序顺序计算多重的延时求和,恢复出该像素信号的波形,并计算信号包络;

[0008] 步骤4,对每个像素点恢复出的信号包络,进行信号抑制,抑制信号中的伪影信号,保留真实信号;

[0009] 步骤5,将抑制信号中的真实信号值作为图像中该像素的灰度值,保存在图片中,最终完成图像的重建。

[0010] 本发明中,步骤1中,获取系统的相关参数包括传感器的采样频率 f_s ,传感器单元的个数 N ,每个传感器单元的实际物理位置为 $\mathbf{r}_n^r, n=1,2,3,\dots,N$ 。获取传感器参数后,控制激光照射成像区域,并利用传感器,采集 t 时刻时每个传感器单元的信号 $s_n^r(t), n=1,2,3,\dots,N$ 。

[0011] 本发明中,步骤2中,选取的像素尺寸为 Δr ,该尺寸决定了最终重建图像的图像质量和图像分辨率,可以人为选择和调整,按照选取的像素尺寸将成像区域分割成相应的多个像素块,共计 M 个像素,每个像素的实际物理位置为 $\mathbf{r}_m^p, m=1,2,3,\dots,M$ 。

[0012] 本发明中,步骤3中,对每个像素,恢复出该像素的波束信号:对第 $m, m=1,2,3,\dots,M$ 个像素,首先计算该像素点与每个传感器单元的距离 $d(m,n)=|\mathbf{r}_m^p-\mathbf{r}_n^r|, n=1,2,3,\dots,N$,根据距离计算出声音从该像素的位置传播到每个传感器单元的延时 $\tau(m,n)=\frac{|\mathbf{r}_m^p-\mathbf{r}_n^r|}{c_0}, n=1,2,3,\dots,N$,

其中 c_0 是声速;利用算得的延时找到在传感器单元对应的信号,并恢复出该像素点的波束

形成信号 $s_m^p(t) = \sum_{n=1}^N s_n^r(t + \tau(m, n))$;恢复出信号后,利用希尔伯特变换提取信号包络

$Env_m(t) = \left| H \left[s_m^p(t) \right] \right|$,其中t表示信号采集的时间。

[0013] 本发明中,步骤4中,抑制信号中的伪影成分:首先定位出该像素点对应的信号包络的最大值 $Env_m^{\max} = \max(Env_m(t))$,选取合适的抑制系数k,抑制系数k用来控制信号抑制的

强度,计算抑制后的信号 $Env_m^{sup}(t) = Env_m(t) \cdot \left(\frac{Env_m(t)}{Env_m^{\max}} \right)^k$ 。

[0014] 本发明中,步骤5中,选取零时刻的抑制信号的真实信号值 $Env_m^{sup}(0)$,作为图像中该像素的灰度值,存入图像中;对每个像素点计算抑制后的信号 $Env_m^{sup}(0)$, $m = 1, 2, 3, \dots, M$,最终完成图像的重建。

[0015] 本发明中,无需多余的信号采集,仅需激光照射成像区域,同时传感器采集产生的光声信号,即可进行重建图像。

[0016] 本发明中,延时的计算仅需要传感器单元的位置,对传感器的形状和单元的分布无特殊要求。

[0017] 本发明中,需要选取合适的抑制系数k来抑制噪声和伪影信号,抑制系数k用来控制抑制程度,k越大,对噪声和伪影的抑制效果越强。

[0018] 本发明中,计算仅涉及基本运算和快速傅里叶变换,同时各像素计算相互独立,具有极高的可并行化,适用于实时成像。

[0019] 本发明中,重建的方法同时适用于二维和三维重建。

附图说明

[0020] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做更进一步的说明,上述和/或其他方面的优点将会变得更加清楚。

[0021] 图1是信号采集的示意图。

[0022] 图2是线性传感器的示意图。

[0023] 图3是信号提取包络和抑制的示意图。

具体实施方式

[0024] 发明目的:本发明所要解决的技术问题是通过基于时序的多重延时求和的方法去除光声图像中的伪影。

[0025] 为了解决上述技术问题,本发明公开了一种抑制伪影的光声图像重建方法,包括如下步骤:

[0026] 步骤1,获取光声系统的所用声信号接收传感器采样频率,单元个数,每个传感器单元实际物理位置,对成像区域采集光声信号;

[0027] 步骤2,选取重建图像的像素尺寸,按所选尺寸将成像区域分割成多个像素;

[0028] 步骤3,对像素逐个按照时序顺序计算多重的延时求和,恢复出该像素信号的波形,并计算信号包络;

[0029] 步骤4,对每个像素点恢复出的信号包络,进行信号抑制,抑制信号中的伪影信号,保留真实信号;

[0030] 步骤5,将抑制信号中的真实信号值作为图像中该像素的灰度值,保存在图片中,最终完成图像的重建。

[0031] 本实施例中,步骤1中,获取系统的相关参数包括传感器的采样频率 f_s ,传感器单元的个数 N ,每个传感器单元的实际物理位置为 $r_n^r, n=1,2,3,\dots,N$ 。在本实施例中,选用 $N=128$ 通道(单元)的线性传感器探头,相邻传感器单元间隔 0.298mm ,采样频率 f_s 为 28.98MHz ,则传感器单元的实际物理位置为 $r_n^r=(0.298\times(n-0.5)\text{mm}, 0\text{mm}), n=1,2,3,\dots,N$ 。获取传感器和系统参数后,这些参数作为不变量存储在静态空间。成像区域为线性传感器下方 $25\text{mm}\times 25\text{mm}$ 的方形二维区域,并利用传感器,控制激光照射成像区域的中间部分,采集每个传感器单元 t 时刻的信号 $s_n^r(t), n=1,2,3,\dots,128$ 。

[0032] 本实施例中,步骤2中,选取的像素尺寸为 $\Delta r=(0.1\text{mm}, 0.1\text{mm})$,即每个像素对应的物理尺寸为 $0.1\text{mm}\times 0.1\text{mm}$,按照选取的像素尺寸将成像区域分割成相应的 250×250 个像素块,共计 $M=62500$ 个像素,第 m 个像素的像素坐标为 $(\lfloor m/250 \rfloor +1, m \bmod 250), m=1,2,3,\dots,M$,则每个像素的实际物理位置为 $r_m^p=(0.1\times(\lfloor m/250 \rfloor +0.5)\text{mm}, 0.1\times((m \bmod 250)-0.5)\text{mm}), m=1,2,3,\dots,M$ 。

[0033] 本实施例中,步骤3中,对每个像素,恢复出该像素的波束信号:对第 $m, m=1,2,3,\dots, 62500$ 个像素,首先计算该像素点与每个传感器单元的距离 $d(m,n)=|r_m^p - r_n^r|, n=1,2,3,\dots,N$,其中 $r_n^r=(0.298\times(n-0.5)\text{mm}, 0\text{mm}), r_m^p=(0.1\times(\lfloor m/250 \rfloor +0.5)\text{mm}, 0.1\times((m \bmod 250)-0.5)\text{mm})$,根据距离计算出声音从该像素的位置传播到每个传感器单元的延时 $\tau(m,n)=\frac{d(m,n)}{c_0}, n=1,2,3,\dots,N$,

其中 c_0 是声速,与当前的介质和温度有关,在本实施例中,成像区域位于水中,温度为 20°C ,此时的声速为 $1.482\text{mm}/\mu\text{s}$;利用算得的延时找到在传感器单元对应的信号,并恢复出该像素点的波束形成信号 $s_m^p(t)=\sum_{n=1}^N s_n^r(t+\tau(m,n))$;恢复出信号后,利用希尔伯特变换提取信号包络 $Env_m(t)=|H[s_m^p(t)]|$,希尔伯特变换可以通过傅里叶变换实现。此处因为信号为离散的采样点,因而可以通过快速傅里叶变换实现,处理时间完全可以满足实时成像;为了减少计算时间,在恢复信号 $s_m^p(t)=\sum_{n=1}^N s_n^r(t+\tau(m,n))$ 时,仅截取 $s_n^r(t)$ 信号从 $\tau(m,n)$ 开始往前和往后各128

个点,针对这256个点的信号计算包络。

[0034] 本实施例中,步骤4中,抑制信号中的伪影成分:首先定位出该像素点对应的信号包络的最大值 $Env_m^{\max}=\max(Env_m(t))$,在本实施例中,默认最大值出现在0时刻附近,即在256个信号点中的中心位置128点附近,因而从128点开始向两边搜寻最大值,第一次出现峰值时认为该峰值为最大值;此时选取合适的抑制系数 k ,该抑制系数 k 用来控制信号抑制的强度,将 k 定义为整数值可以减小计算的复杂度,本实施例中选取 $k=3$,计算抑制后的信号

$$Env_m^{\text{sup}}(t)=Env_m(t)\cdot\left(\frac{Env_m(t)}{Env_m^{\max}}\right)^3。$$

[0035] 本实施例中,步骤5中,选取零时刻的抑制信号的真实信号值 $Env_m^{\text{sup}}(0)$,作为图像中该像素的灰度值,存入图像中;对总共62500个像素中的每个像素点计算抑制后的信号 $Env_m^{\text{sup}}(0), m=1,2,3,\dots,62500$,对于伪影和噪声所在的像素点,信号最大值偏离零时刻,因

而抑制后的信号在零时刻处将会被抑制,而非伪影和噪声的像素点的信号在零时刻处不会被抑制,从而最终完成图像的重建,以及对噪声和伪影的抑制。

[0036] 本实施例中,无需多余的信号采集,仅需激光照射成像区域,同时传感器采集产生的光声信号,即可进行重建图像。

[0037] 本发明中,延时的计算仅需要传感器单元的位置,对传感器的形状和单元的分布无特殊要求,因而除却本实施例中的线性传感器,其余如环形传感器、三维传感器等均可适用。

[0038] 本发明中,需要选取合适的抑制系数 k 来抑制噪声和伪影信号,抑制系数 k 用来控制抑制程度, k 越大,对噪声和伪影的抑制效果越强。

[0039] 上述所涉及的多重延时求和方法,可以加入传感器方向性系数、距离系数进行精确化计算。同时该方法中每个像素的计算并不相互依赖,从而可以实现高度的并行化,重建图片的时间可以大大减小,理论的最小计算时间在并行化各个像素后不依赖像素数目,因而可以进行实时、快速的成像。在本方法中计算仅涉及基本运算和快速傅里叶变换,同时各像素计算相互独立,具有极高的可并行化,适用于实时成像。

[0040] 本发明提出了一种抑制伪影的光声图像重建方法,应当指出,所需的激光器和超声装置的形式不对本专利构成限制;所使用的超声传感器单元的个数,每个单元所在的位置不对本专利构成限制;传感器和激光器以及成像区域的相对位置不对本专利构成限制;所述的方法的软件、硬件实现方式不对本专利构成限制。应当指出,对于本技术领域的普通人员来说,在不脱离发明原理的前提下还可以做出若干改进和润饰,这些也应视为本发明的保护范围。另外,本实施例中未明确的各组成部分均可用现有技术加以实现。

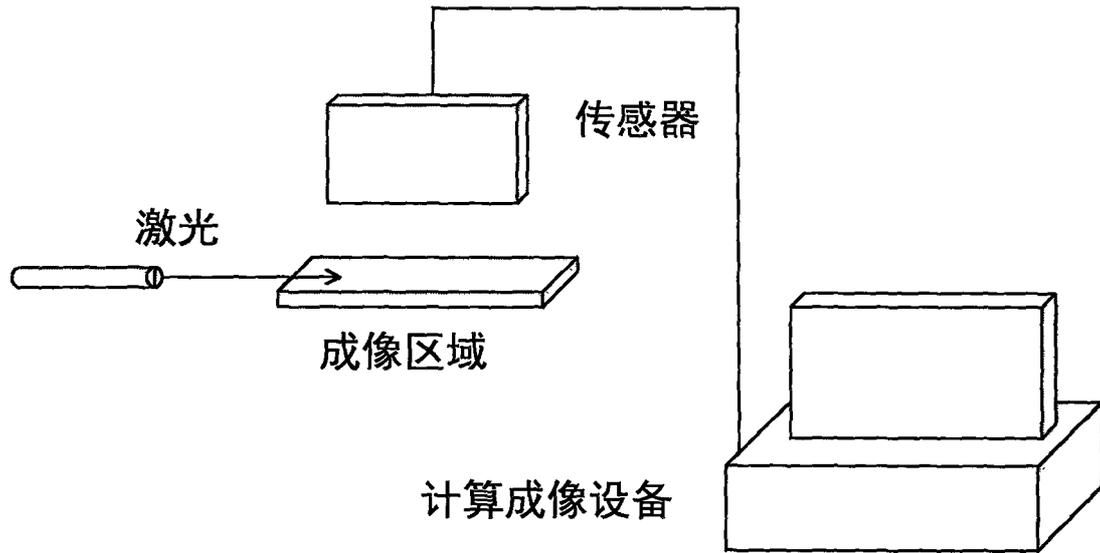


图1

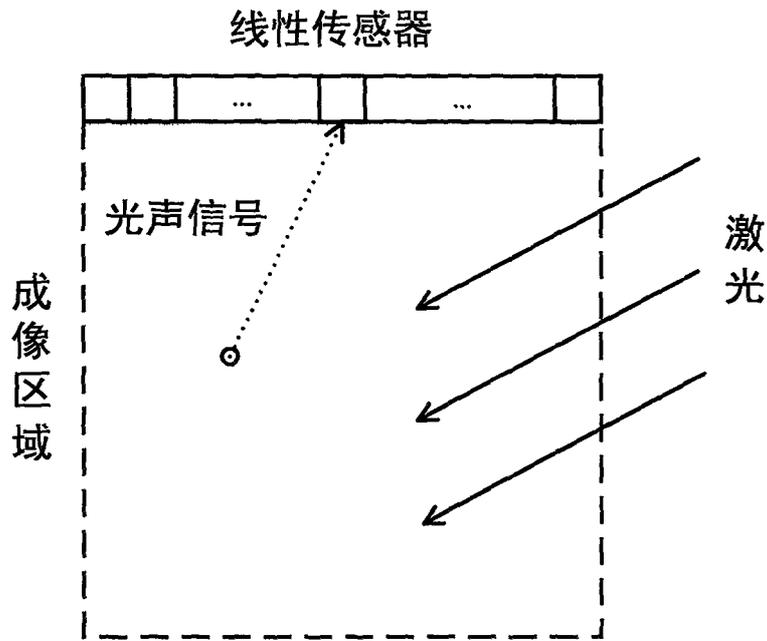


图2

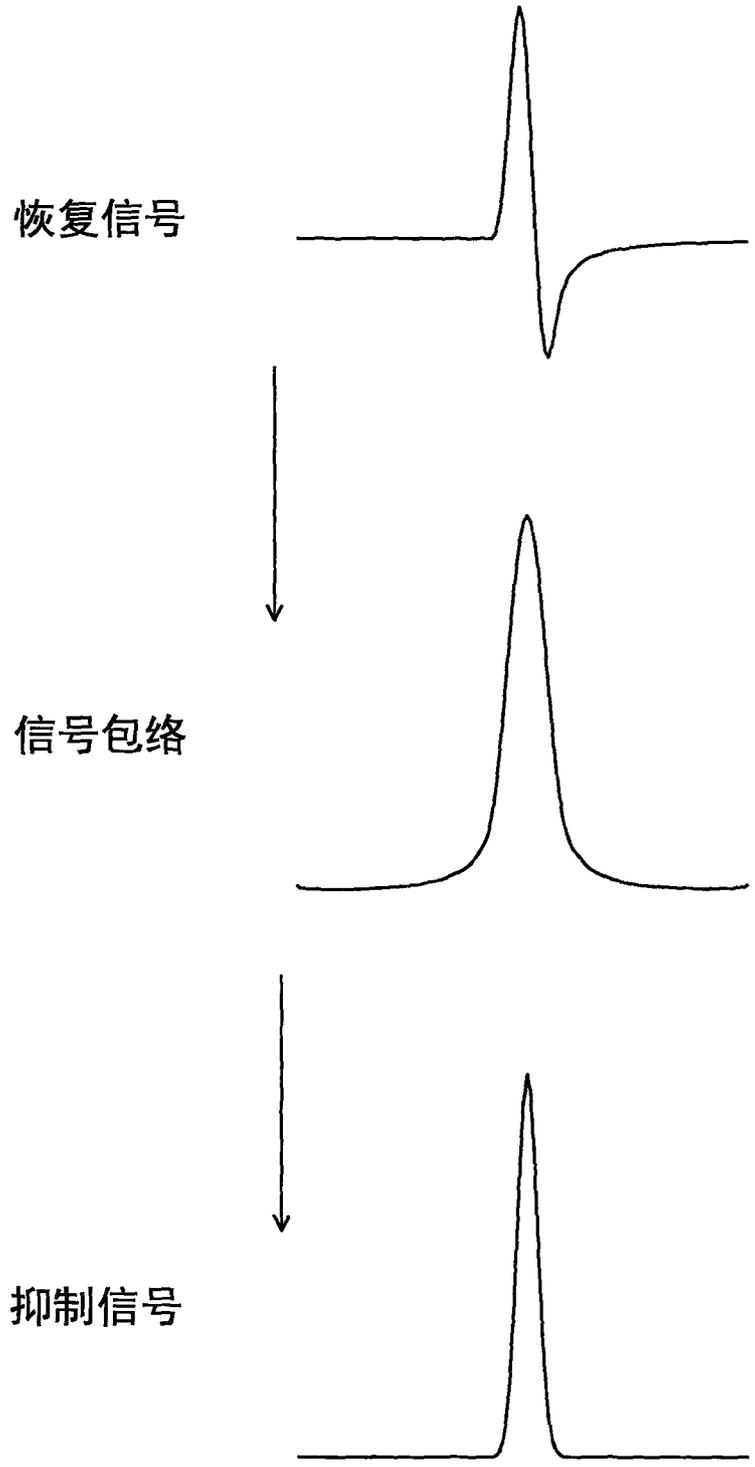


图3