



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104605888 B

(45)授权公告日 2017.01.11

(21)申请号 201510033038.3

审查员 侯倩

(22)申请日 2015.01.22

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104605888 A

(43)申请公布日 2015.05.13

(73)专利权人 飞依诺科技(苏州)有限公司

地址 215123 江苏省苏州市工业园区星湖

街218号生物纳米园C8楼501单元

(72)发明人 凌涛

(74)专利代理机构 苏州威世朋知识产权代理事

务所(普通合伙) 32235

代理人 杨林洁

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

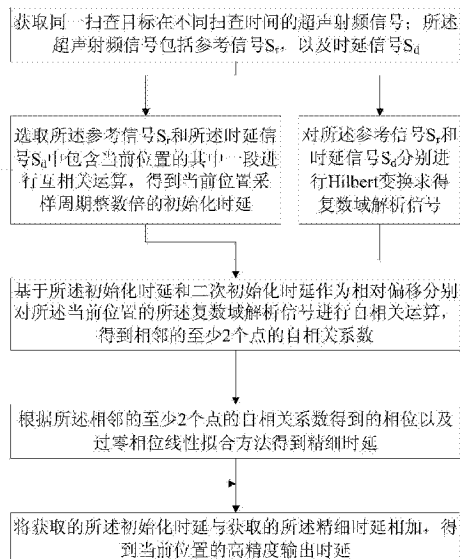
权利要求书2页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

超声信号的时延估计方法及系统

(57)摘要

本发明提供一种超声信号的时延估计方法及系统,所述方法包括:获取同一扫描目标在不同扫描时间的超声射频信号;其包括参考信号 S_r 、时延信号 S_d ;选取参考信号 S_r 和时延信号 S_d 中的一段进行互相关运算,得到当前位置采样周期整数倍的初始化时延;并分别对其进行Hilbert变换求得复数域解析信号;基于初始化时延和二次初始化时延作为相对偏移分别对所述当前位置的所述复数域解析信号进行自相关运算,得到相邻的至少2个点的自相关系数,并根据其相位以及过零相位线性拟合的方法计算精细时延;将获取的初始化时延与获取的精细时延相加,得到当前位置的高精度输出时延。本发明对获取的超声射频信号直接进行处理,计算量小,精度高,鲁棒性好,具有极高的实用价值。



1. 一种超声信号的时延估计方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

获取同一扫查目标在不同扫查时间的超声射频信号;所述超声射频信号包括参考信号 S_r ,以及时延信号 S_d ;

选取所述参考信号 S_r 和所述时延信号 S_d 中包含当前位置的其中一段进行互相关运算,得到当前位置采样周期整数倍的初始化时延;

对所述参考信号 S_r 和时延信号 S_d 分别进行Hilbert变换求得复数域解析信号;

基于所述初始化时延和二次初始化时延作为相对偏移分别对所述当前位置的所述复数域解析信号进行自相关运算,得到相邻的至少2个点的自相关系数;

所述二次初始化时延为与所述初始化时延在数值上相邻、且相对于所述初始化时延再次取采样周期整数倍的时延;

根据所述相邻的至少2个点的自相关系数得到的相位以及过零相位线性拟合方法得到精细时延;

将获取的所述初始化时延与获取的所述精细时延相加,得到当前位置的高精度输出时延。

2. 根据权利要求1所述的超声信号的时延估计方法,其特征在于,一帧信号中包括多列信号,每列信号中均包括不同深度多个位置的时延估计;

所述方法还包括:

基于所述当前位置的高精度输出时延对采样周期取整作为下一位置的初始化时延,并依据上述方法计算所述下一位置的高精度输出时延;

所述下一位置为所述当前位置同列信号的下一深度的位置或相邻列信号的同一深度的位置。

3. 根据权利要求2所述的超声信号的时延估计方法,其特征在于,所述方法还包括:

将获取的一帧信号中的所有位置的高精度输出时延进行整合,形成图像或基于该图像进行后续处理得到新的图像。

4. 根据权利要求1至3任一项所述的超声信号的时延估计方法,其特征在于,所述“选取所述参考信号 S_r 和所述时延信号 S_d 中包含当前位置的其中一段进行互相关运算,得到当前位置采样周期整数倍的初始化时延;”具体包括:

获取与当前位置相邻的多个位置对应的多个采样周期整数倍的初始化时延;

对获取的多个初始化时延做中值滤波处理;

将获取的中值作为当前位置的初始化时延。

5. 根据权利要求1至3任一项所述的超声信号的时延估计方法,其特征在于,“根据所述相邻的至少2个点的自相关系数得到的相位以及过零相位线性拟合方法得到精细时延”具体包括:

根据所述相邻的至少2个点的自相关系数计算各点的相位;

对获取的至少2个点的相位进行线性拟合运算,得到斜率和截距;

根据所述斜率和截距计算所拟合的直线过零相位时对应的时延作为所述精细时延。

6. 一种超声信号的时延估计系统,其特征在于,所述系统包括:

超声射频信号传输存储模块:用于获取同一扫查目标在不同扫查时间的超声射频信号;所述超声射频信号包括参考信号 S_r ,以及时延信号 S_d ;

信号处理模块：用于选取所述参考信号 S_r 和所述时延信号 S_d 中包含当前位置的其中一段进行互相关运算，得到当前位置采样周期整数倍的初始化时延；

对所述参考信号 S_r 和时延信号 S_d 分别进行Hilbert变换求得复数域解析信号；

基于所述初始化时延和二次初始化时延作为相对偏移分别对所述当前位置的所述复数域解析信号进行自相关运算，得到相邻的至少2个点的自相关系数；

所述二次初始化时延为与所述初始化时延在数值上相邻、且相对于所述初始化时延再次取采样周期整数倍的时延；

根据所述相邻的至少2个点的自相关系数得到的相位以及过零相位线性拟合方法得到精细时延；

将获取的所述初始化时延与获取的所述精细时延相加，得到当前位置的高精度输出时延。

7. 根据权利要求6所述超声信号的时延估计系统，其特征在于，一帧信号中包括多列信号，每列信号中均包括不同深度多个位置的时延估计；

信号处理模块还用于：基于所述当前位置的高精度输出时延对采样周期取整作为下一位置的初始化时延，并依据上述方法计算所述下一位置的高精度输出时延；

所述下一位置为所述当前位置同列信号的下一深度的位置或相邻列信号的同一深度的位置。

8. 根据权利要求7所述超声信号的时延估计系统，其特征在于，

所述信号处理模块还用于：将获取的一帧信号中的所有位置的高精度输出时延进行整合，形成图像或基于该图像进行后续处理得到新的图像。

9. 根据权利要求6至8任一项所述超声信号的时延估计系统，其特征在于，

所述信号处理模块还用于：

获取与当前位置相邻的多个位置对应的多个采样周期整数倍的初始化时延；

对获取的多个初始化时延做中值滤波处理；

将获取的中值作为当前位置的初始化时延。

10. 根据权利要求6至8任一项所述超声信号的时延估计系统，其特征在于，

所述信号处理模块具体用于：

根据所述相邻的至少2个点的自相关系数计算各点的相位；

对获取的至少2个点的相位进行线性拟合运算，得到斜率和截距；

根据所述斜率和截距计算所拟合的直线过零相位时对应的时延作为所述精细时延。

超声信号的时延估计方法及系统

技术领域

[0001] 本发明属于超声成像技术领域,具体涉及一种超声信号的时延估计方法及系统。

背景技术

[0002] 超声成像因为其无创性、实时性、操作方便、价格便宜等诸多优势,使其成为临床上应用最为广泛的诊断工具之一,时延估计(或位移估计)是超声成像领域的一个重要研究内容,在组织弹性成像(即E1超声成像)、高强度聚焦超声治疗的温度监控、图像引导过程中的目标跟踪等实际应用中,针对超声回波信号的时延估计均是关键步骤,其也是后续各种处理的基础,因此时延估计方法的性能和效果在这类应用中具有决定性作用。

[0003] 目前超声成像领域中常用的时延估计方法很多,包括互相关方法、自相关方法、互相关结合自相关的方法、零相位迭代法、最大似然法、频域处理方法等,各有各的优势和缺陷。

[0004] 其中,互相关方法是最经典的时延估计算法,通过计算相邻超声射频信号之间的互相关系数来确定时延,互相关系数最大值对应的位置即信号之间的时延。采用互相关方法中,由于超声信号采样率有限,因此通过互相关系数最大值位置仅能确定采样周期整数倍的时延,而在一些应用场合(比如剪切波弹性成像、温度监控),超声信号之间的时延甚至小于一个采样周期。为了获得亚采样级的时延估计,互相关方法通常对超声射频信号或互相关系数进行插值,对超声射频信号进行插值往往会大幅增加计算量。如此,互相关方法需要对给定范围的信号进行穷举搜索,计算量极大,而且当信号时延小于一个采样周期时,通过插值法得到的亚采样级时延估计误差较大。

[0005] 进一步的,为了减小互相关运算的计算量,一些简化的互相关方法如绝对差值和(SAD)以及绝对差值平方和(SSD)的方法被提出:虽然这些方法计算量小,但计算精度不如互相关方法。

[0006] 进一步的,自相关方法也是经典的时延或相移估计算法,在超声多普勒领域有广泛应用,一般在复数域进行计算。自相关方法无需进行穷举搜索,计算量较小,而且可以精确获得亚采样级的时延估计,无需像互相关一样进行插值运算。但自相关方法的固有缺陷是当信号时延较大时(大于信号半周期)会发生相位缠绕现象,也即混叠现象;另外,自相关方法比较适用于窄带信号,对于宽带信号误差较大。

[0007] 进一步的,基于解析信号的自相关方法用于对超声信号的时延估计,该方法首先对超声射频信号进行Hilbert变化得到复数域解析信号,然后对解析信号在一定范围内进行自相关运算,自相关系数模的最大值位置即对应采样周期整数倍的时延,再利用自相关系数最大值位置的相位及前后相邻点的相位计算亚采样级时延,累加后得到最终的时延估计。该方法解决了自相关运算的混叠现象,而且适用于任意带宽的信号。不过该方法对复数域解析信号进行处理(含实部和虚部),而且仍然需要对一定范围的信号进行穷举搜索,计算量比互相关方法更大,而且必须准确计算出采样周期整数倍的时延才能得到精确的亚采样级时延,鲁棒性较差。

[0008] 进一步的,互相关结合自相关的方法用于对超声信号的时延估计。该方法首先通过步进为信号半波长(半周期)的互相关运算得到一个“粗时延”,然后以该“粗时延”为信号参考点进行自相关运算得到“精时延”,“粗时延”和“精时延”相加即为最终的时延估计。这种方式大大降低了互相关运算的计算量,而结合自相关运算保证了亚采样级时延的估计精度,因此是一种较实用的方法。但由于实际应用中正交基带信号通常经过降采样,互相关运算的步进长度过大有可能导致互相关系数错过真实峰值而产生伪峰,因此“粗时延”可能是完全错误的值,导致最终的时延估计产生奇异值;另外超声信号在人体组织中会不断衰减,信号中心频率 f_0 实际会随深度逐渐减小,这也会导致“精时延”的估计误差。

[0009] 进一步的,零相位迭代法用于对超声信号的时延估计。其基本原理是通过对正交基带信号 S_r 和 S_d 进行自相关运算得一个初始相位,然后根据该初始相位对 S_d 插值出新的 S'_d ,计算 S_r 和 S'_d 之间的相位,再根据前面累加的相位对 S_d 插值出新的 S'_d ,重复上述迭代过程直至 S_r 和 S'_d 之间的相位趋近于零,所以称之为零相位迭代法。可以设置最大迭代次数或相位阈值,当迭代次数达到最大值或相位小于阈值时,迭代过程即结束,每次迭代所得相位累加的结果即最终的相移。零相位迭代法解决了自相关方法中的混叠问题,但该方法存在信号中心频率 f_0 随深度逐渐减小所带来的计算误差的问题。

[0010] 另外,其他一些对超声信号的时延估计方法,诸如最大似然法、频域处理方法等存在缺陷较大,现有技术中已经很少使用,故不再详细赘述。

发明内容

[0011] 本发明的目的在于提供一种超声信号的时延估计方法及系统。

[0012] 为实现上述发明目的之一,本发明一实施方式提供了一种超声信号的时延估计方法,所述方法包括以下步骤:

[0013] 获取同一扫描目标在不同扫描时间的超声射频信号;所述超声射频信号包括参考信号 S_r ,以及时延信号 S_d ;

[0014] 选取所述参考信号 S_r 和所述时延信号 S_d 中包含当前位置的其中一段进行互相关运算,得到当前位置采样周期整数倍的初始化时延;

[0015] 对所述参考信号 S_r 和时延信号 S_d 分别进行Hilbert变换求得复数域解析信号;

[0016] 基于所述初始化时延和二次初始化时延作为相对偏移分别对所述当前位置的所述复数域解析信号进行自相关运算,得到相邻的至少2个点的自相关系数;

[0017] 所述二次初始化时延为与所述初始化时延在数值上相邻、且相对于所述初始化时延再次取采样周期整数倍的时延;

[0018] 根据所述相邻的至少2个点的自相关系数得到的相位以及过零相位线性拟合方法得到精细时延;

[0019] 将获取的所述初始化时延与获取的所述精细时延相加,得到当前位置的高精度输出时延。

[0020] 作为本发明的进一步改进,一帧信号中包括多列信号,每列信号中均包括不同深度多个位置的时延估计;

[0021] 所述方法还包括:

[0022] 基于所述当前位置的高精度输出时延对采样周期取整作为下一位置的初始化时

延,并依据上述方法计算所述下一位置的高精度输出时延;

[0023] 所述下一位置为所述当前位置同列信号的下一深度的位置或相邻列信号的同一深度的位置。

[0024] 作为本发明的进一步改进,所述方法还包括:

[0025] 将获取的一帧信号中的所有位置的高精度输出时延进行整合,形成图像或基于该图像进行后续处理得到新的图像。

[0026] 作为本发明的进一步改进,所述“选取所述参考信号 S_r 和所述时延信号 S_d 中包含当前位置的其中一段进行互相关运算,得到当前位置采样周期整数倍的初始化时延;”具体包括:

[0027] 获取与当前位置相邻的多个位置对应的多个采样周期整数倍的初始化时延;

[0028] 对获取的多个初始化时延做中值滤波处理;

[0029] 将获取的中值作为当前位置的初始化时延。

[0030] 作为本发明的进一步改进,“根据所述相邻的至少2个点的自相关系数得到的相位以及过零相位线性拟合方法得到精细时延”具体包括:

[0031] 根据所述相邻的至少2个点的自相关系数计算各点的相位;

[0032] 对获取的至少2个点的相位进行线性拟合运算,得到斜率和截距;

[0033] 将根据所述斜率和截距计算所拟合的直线过零相位时对应的时延作为所述精细时延。

[0034] 为实现上述发明目的之一,本发明一实施方式提供了一种超声信号的时延估计系统,所述系统包括:

[0035] 超声射频信号传输存储模块:用于获取同一扫描目标在不同扫描时间的超声射频信号;所述超声射频信号包括参考信号 S_r ,以及时延信号 S_d ;

[0036] 信号处理模块:用于选取所述参考信号 S_r 和所述时延信号 S_d 中包含当前位置的其中一段进行互相关运算,得到当前位置采样周期整数倍的初始化时延;

[0037] 对所述参考信号 S_r 和时延信号 S_d 分别进行Hilbert变换求得复数域解析信号;

[0038] 基于所述初始化时延和二次初始化时延作为相对偏移分别对所述当前位置的所述复数域解析信号进行自相关运算,得到相邻的至少2个点的自相关系数;

[0039] 所述二次初始化时延为与所述初始化时延在数值上相邻、且相对于所述初始化时延再次取采样周期整数倍的时延;

[0040] 根据所述相邻的至少2个点的自相关系数得到的相位以及过零相位线性拟合方法得到精细时延;

[0041] 将获取的所述初始化时延与获取的所述精细时延相加,得到当前位置的高精度输出时延。

[0042] 作为本发明的进一步改进,一帧信号中包括多列信号,每列信号中均包括不同深度多个位置的时延估计;

[0043] 信号处理模块还用于:基于所述当前位置的高精度输出时延对采样周期取整作为下一位置的初始化时延,并依据上述方法计算所述下一位置的高精度输出时延;

[0044] 所述下一位置为所述当前位置同列信号的下一深度的位置或相邻列信号的同一深度的位置。

- [0045] 作为本发明的进一步改进,所述信号处理模块还用于:将获取的一帧信号中的所有位置的高精度输出时延进行整合,形成图像或基于该图像进行后续处理得到新的图像。
- [0046] 作为本发明的进一步改进,所述信号处理模块还用于:
- [0047] 获取与当前位置相邻的多个位置对应的多个采样周期整数倍的初始化时延;
- [0048] 对获取的多个初始化时延做中值滤波处理;
- [0049] 将获取的中值作为当前位置的初始化时延。
- [0050] 作为本发明的进一步改进,所述信号处理模块具体用于:
- [0051] 根据所述相邻的至少2个点的自相关系数计算各点的相位;
- [0052] 对获取的至少2个点的相位进行线性拟合运算,得到斜率和截距;
- [0053] 根据所述斜率和截距计算所拟合的直线过零相位时对应的时延作为所述精细时延。
- [0054] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:本发明的超声信号的时延估计方法及系统,对获取的超声射频信号直接进行处理,计算量小,精度高,鲁棒性好,具有极高的实用价值。

附图说明

- [0055] 图1是本发明一实施方式提供的超声信号的时延估计方法的流程图;
- [0056] 图2是图1的简化结构示意图;
- [0057] 图3是本发明一实施方式提供的超声信号的时延估计系统的模块示意图;
- [0058] 图4A、4B是本发明一实施方式中过零相位线性拟合示意图;
- [0059] 图5是本发明一实施方式中获取一帧信号中多个位置的初始化时延的结构示意图。

具体实施方式

- [0060] 以下将结合附图所示的实施方式对本发明进行详细描述。但实施方式并不限制本发明,本领域的普通技术人员根据这些实施方式所做出的结构、方法、或功能上的变换均包含在本发明的保护范围内。
- [0061] 在超声成像领域,对超声信号进行时延估计是一种常用技术,比如弹性成像中的位移估计,组织速度成像中的速度估计等,所得结果可以形成图像或基于该图像进行后续处理得到新的图像。
- [0062] 结合图1、图2所示,本发明一实施方式提供的超声信号的时延估计方法,所述方法包括以下步骤:
- [0063] 获取同一扫描目标在不同扫描时间的超声射频信号;所述超声射频信号包括参考信号 S_r ,以及时延信号 S_d 。
- [0064] 本实施方式中,所述超声射频信号为RF数据。所述RF数据中的“RF”为英文:radio frequency,中文:射频的缩写。
- [0065] 基于所述RF数据直接进行处理以获取目标图像。如此,简化超声信号的时延估计方法,且不损失数据信息;提高了采用该处理方法超声诊断仪的实时性能和图像质量。
- [0066] 进一步的,本实施方式中,所述方法包括:选取所述参考信号 S_r 和所述时延信号 S_d

中包含当前位置的其中一段进行互相关运算,得到当前位置采样周期整数倍的初始化时延。

[0067] 可以理解的是,为了便于计算,以及减小计算量,通常选取所述参考信号 S_r 和所述时延信号 S_d 中包含当前位置的其中一段进行互相关运算,另外,在本发明的优选实施方式中,选取的一段信号,可以为以当前位置为中心的一段信号,在此不做详细介绍。

[0068] 本实施方式中,对所述参考信号 S_r 和所述时延信号 S_d 中包含当前位置的其中一段进行互相关运算后,其互相关函数可表示为:

$$[0069] \quad R_{cc}(m, n, d) = \sum_{m'=-M}^M \sum_{n'=-N}^N S_r(m+m', n+n') S_d^*(m+m'+d, n+n')$$

[0070] 其中, m 表示信号轴向位置, n 表示信号横向位置; m' 的取值范围为 $-M$ 到 M , n' 的取值范围为 $-N$ 到 N ; $-M$ 到 M 表示以 (m, n) 点为中心在轴向上取 $2M+1$ 个点, $-N$ 到 N 表示以 (m, n) 点为中心在横向上取 $2N+1$ 个点,即位置 (m, n) 的互相关窗为 $[2M+1, 2N+1]$; d 表示信号轴向相对偏移; $R_{cc}(m, n, d)$ 表示信号在位置 (m, n) 处,且轴向相对偏移为 d 的互相关系数;若最大搜索范围 $d \in [-D, D]$,计算该范围所有的互相关系数后,假设互相关系数最大值位置为 d_0 ,则 $d_0 T_s$ 即为当前位置采样周期整数倍的初始化时延。

[0071] 本发明的优选实施方式中,获取与当前位置相邻的多个位置对应的多个采样周期整数倍的初始化时延;本实施方式中,采用获取当前位置的采样周期整数倍的初始化时延相同的方法获取其相邻位置的采样周期整数倍的初始化时延,在此不做详细赘述。

[0072] 一般的情况下互相关运算只是提供了当前位置采样周期整数倍的初始化时延,并没有伴随整个计算过程,为了保证当前位置采样周期整数倍的初始化时延不是奇异值,通常对该当前位置相邻的多个位置做互相关运算并获取其相应的采样周期整数倍的初始化时延,然后对获取的多个初始化时延做中值滤波处理,将获取的中值作为当前位置的初始化时延。

[0073] 进一步的,本实施方式中,所述方法包括:对所述参考信号 S_r 和时延信号 S_d 分别进行Hilbert变换求得复数域解析信号。

[0074] 本实施方式中,以 CS_r 和 CS_d 分别代表所述参考信号 S_r 和时延信号 S_d 分别进行Hilbert变换求得复数域解析信号;其自相关函数可表示为:

$$[0075] \quad R_{ac}(m, n, d) = \sum_{m'=-M}^M \sum_{n'=-N}^N CS_r(m+m', n+n') CS_d^*(m+m'+d, n+n')$$

[0076] 其中,符号 $*$ 表示取共轭, m 表示信号轴向位置, n 表示信号横向位置; m' 的取值范围为 $-M$ 到 M , n' 的取值范围为 $-N$ 到 N ; $-M$ 到 M 表示以 (m, n) 点为中心在轴向上取 $2M+1$ 个点, $-N$ 到 N 表示以 (m, n) 点为中心在横向上取 $2N+1$ 个点,即位置 (m, n) 的互相关窗为 $[2M+1, 2N+1]$; d 表示信号轴向相对偏移, $R_{ac}(m, n, d)$ 表示信号在位置 (m, n) 处且轴向相对偏移为 d 的自相关系数。

[0077] 由于超声信号的中心频率随深度是缓慢变化的,因此局部的信号相位保持线性特性。

[0078] 进一步的,本实施方式中,所述方法还包括:基于所述初始化时延和二次初始化时延作为相对偏移分别对所述当前位置的所述复数域解析信号进行自相关运算,得到相邻的

至少2个点的自相关系数;所述二次初始化时延为与所述初始化时延在数值上相邻、且相对于所述初始化时延再次取采样周期整数倍的时延。

[0079] 考虑到超声信号时延在空间上的连续性,每次计算得到的当前位置输出时延,都可以作为下一位置(轴向)或相邻位置(横向)的初始化时延,因此后续计算过程摆脱了对互相关穷举搜索的依赖,仅需根据初始化时延计算至少2个点的自相关系数即可,大大减少了计算量。

[0080] 上述示例中,确定位置(m,n)处的初始化时延为 $d_0 T_s$ 。本实施方式中,计算相对偏移为 d_0 及其相邻的至少2点以上的自相关系数,此处以3点为例,依次计算得到的自相关系数为 $[R(m,n,d_0-1), R(m,n,d_0), R(m,n,d_0+1)]$ 。

[0081] 进一步的,本实施方式中,所述方法还包括:根据所述相邻的至少2个点的自相关系数得到的相位以及过零相位线性拟合方法得到精细时延。

[0082] 本发明一具体示例中,结合图4A、4B所示,图3所示的过零相位线性拟合示意图中,初始化时延和实际时延相差小于一个采样周期;图4所示的过零相位线性拟合示意图中,初始化时延和实际时延相差大于一个采样周期。

[0083] 相应的,根据所述相邻的至少2个点的自相关系数得到的相位以及过零相位线性拟合方法得到精细时延具体包括:

[0084] 根据所述相邻的至少2个点的自相关系数计算各点的相位;对获取的至少2个点的相位进行线性拟合运算,得到斜率和截距;将根据所述斜率和截距计算所拟合的直线过零相位时对应的时延作为所述精细时延。

[0085] 过零相位线性拟合确保了亚采样级时延的精度,使最终的时延估计精度得到保障。具体的,基于局部信号相位线性特性可以对上述自相关系数的相位进行线性拟合,得到直线 $y=kx+b$,其中,k表示斜率和b表示截距,符号 $\angle$ 表示求相位角,即 $\angle(x+jy)=\arctan(y/x)$,如此,直线与X轴的交点即表示零相位位置,且该交点对应的时延为 $-\frac{b}{k} T_s$,进一步的,

将时延为 $-\frac{b}{k} T_s$ 作为上述精细时延。

[0086] 进一步的,本实施方式中,所述方法还包括:将获取的所述初始化时延与获取的所述精细时延相加,得到当前位置的高精度输出时延。

[0087] 接续上述示例,得出当前位置的高精度输出时延 $=-\frac{b}{k} T_s+d_0 T_s$ 。

[0088] 可以理解的是,本实施方式中的线性拟合可以采用最小二乘法进行计算,此处不做详细介绍。

[0089] 进一步的,通常情况下,超声扫查过程中,需要计算一帧信号的所有位置的时延估计。所述一帧信号通常包括多列信号,每列信号中均包括不同深度多个位置的时延估计。

[0090] 进一步的,本实施方式中,所述方法还包括:基于所述当前位置的高精度输出时延对采样周期取整作为下一位置的初始化时延,并依据上述方法计算所述下一位置的高精度输出时延;在此不做详细赘述。

[0091] 所述下一位置为所述当前位置同列信号的下一深度的位置或相邻列信号的同一

深度的位置。

[0092] 结合图5所示,本发明的优选实施方式中,中间一列信号所有位置的初始化时延均通过互相关运算获得,为了去除奇异值,进一步的,对该列信号上所有初始化时延做中值滤波处理,然后计算得到该列信号上所有位置的高精度输出时延,图中箭头表示将该位置的高精度输出时延作为相邻信号对应位置的初始化时延,依次进行下去,直到向左向右都达到边界即完成计算。

[0093] 进一步的,将获取的一帧信号中的所有位置的高精度输出时延进行整合,形成图像或基于该图像进行后续处理得到新的图像。

[0094] 结合图3所示,本发明一实施方式提供的超声信号的时延估计系统包括:超声射频信号传输存储模块100、信号处理模块200。

[0095] 超声射频信号传输存储模块100用于获取同一扫查目标在不同扫查时间的超声射频信号;所述超声射频信号包括参考信号 S_r ,以及时延信号 S_d 。本实施方式中,所述超声射频信号为RF数据。

[0096] 信号处理模块200选取所述参考信号 S_r 和所述时延信号 S_d 中包含当前位置的其中一段进行互相关运算,得到当前位置采样周期整数倍的初始化时延。

[0097] 可以理解的是,为了便于计算,以及减小计算量,信号处理模块200通常选取所述参考信号 S_r 和所述时延信号 S_d 中包含当前位置的其中一段进行互相关运算,另外,在本发明的优选实施方式中,选取的一段信号,可以为以当前位置为中心的一段信号,在此不做详细介绍。

[0098] 本实施方式中,信号处理模块200对所述参考信号 S_r 和所述时延信号 S_d 中包含当前位置的其中一段进行互相关运算后,其互相关函数可表示为:

$$[0099] \quad R_{cc}(m, n, d) = \sum_{m'=-M}^M \sum_{n'=-N}^N S_r(m+m', n+n') S_d(m+m'+d, n+n')$$

[0100] 其中, m 表示信号轴向位置, n 表示信号横向位置; m' 的取值范围为 $-M$ 到 M , n' 的取值范围为 $-N$ 到 N ; $-M$ 到 M 表示以 (m, n) 点为中心在轴向上取 $2M+1$ 个点, $-N$ 到 N 表示以 (m, n) 点为中心在横向上取 $2N+1$ 个点,即位置 (m, n) 的互相关窗为 $[2M+1, 2N+1]$; d 表示信号轴向相对偏移; $R_{cc}(m, n, d)$ 表示信号在位置 (m, n) 处,且轴向相对偏移为 d 的互相关系数;若最大搜索范围 $d \in [-D, D]$,计算该范围所有的互相关系数后,假设互相关系数最大值位置为 d_0 ,则 $d_0 T_s$ 即为当前位置采样周期整数倍的初始化时延。

[0101] 本发明的优选实施方式中,信号处理模块200获取与当前位置相邻的多个位置对应的多个采样周期整数倍的初始化时延;本实施方式中,信号处理模块200采用获取当前位置的采样周期整数倍的初始化时延相同的方法获取其相邻位置的采样周期整数倍的初始化时延,在此不做详细赘述。

[0102] 一般的情况下互相关运算只是提供了当前位置采样周期整数倍的初始化时延,并没有伴随整个计算过程,为了保证当前位置采样周期整数倍的初始化时延不是奇异值,信号处理模块200通常对该当前位置相邻的多个位置做互相关运算并获取其相应的采样周期整数倍的初始化时延,然后对获取的多个初始化时延做中值滤波处理,将获取的中值作为当前位置的初始化时延。

[0103] 进一步的,本实施方式中,信号处理模块200对所述参考信号 S_r 和时延信号 S_d 分别进行Hilbert变换求得复数域解析信号。

[0104] 本实施方式中,以 CS_r 和 CS_d 分别代表所述参考信号 S_r 和时延信号 S_d 分别进行Hilbert变换求得复数域解析信号;其自相关函数可表示为:

$$[0105] \quad R_x(m, n, d) = \sum_{m'=-M}^M \sum_{n'=-N}^N CS_r(m+m', n+n') CS_d^*(m+m'+d, n+n')$$

[0106] 其中,符号*表示取共轭, m 表示信号轴向位置, n 表示信号横向位置, m' 的取值范围为 $-M$ 到 M , n' 的取值范围为 $-N$ 到 N ; $-M$ 到 M 表示以 (m, n) 点为中心在轴向上取 $2M+1$ 个点, $-N$ 到 N 表示以 (m, n) 点为中心在横向上取 $2N+1$ 个点,即位置 (m, n) 的互相关窗为 $[2M+1, 2N+1]$; d 表示信号轴向相对偏移, $R_{ac}(m, n, d)$ 表示信号在位置 (m, n) 处且轴向相对偏移为 d 的自相关系数。

[0107] 由于超声信号的中心频率随深度是缓慢变化的,因此局部的信号相位保持线性特性。

[0108] 进一步的,本实施方式中,信号处理模块200基于所述初始化时延和二次初始化时延作为相对偏移分别对所述当前位置的所述复数域解析信号进行自相关运算,得到相邻的至少2个点的自相关系数;所述二次初始化时延为与所述初始化时延在数值上相邻、且相对于所述初始化时延再次取采样周期整数倍的时延。

[0109] 考虑到超声信号时延在空间上的连续性,每次计算得到的当前位置输出时延,都可以作为下一位置(轴向)或相邻位置(横向)的初始化时延,因此后续计算过程摆脱了对互相关穷举搜索的依赖,仅需根据初始化时延计算至少2个点的自相关系数即可,大大减少了计算量。

[0110] 上述示例中,确定位置 (m, n) 处的初始化时延为 $d_0 T_s$ 。本实施方式中,计算相对偏移为 d_0 及其相邻的至少2点以上的自相关系数,此处以3点为例,依次计算得到的自相关系数为 $[R(m, n, d_0-1), R(m, n, d_0), R(m, n, d_0+1)]$ 。

[0111] 进一步的,本实施方式中,信号处理模块200用于根据所述相邻的至少2个点的自相关系数得到的相位以及过零相位线性拟合方法得到精细时延。

[0112] 本发明一具体示例中,结合图4A、4B所示,图3所示的过零相位线性拟合示意图中,初始化时延和实际时延相差小于一个采样周期;图4所示的过零相位线性拟合示意图中,初始化时延和实际时延相差大于一个采样周期。

[0113] 相应的,信号处理模块200根据所述相邻的至少2个点的自相关系数得到的相位以及过零相位线性拟合方法得到精细时延具体包括:根据所述相邻的至少2个点的自相关系数计算各点的相位;对获取的至少2个点的相位进行线性拟合运算,得到斜率和截距;将根据所述斜率和截距计算所拟合的直线过零相位时对应的时延作为所述精细时延。

[0114] 过零相位线性拟合确保了亚采样级时延的精度,使最终的时延估计精度得到保障。具体的,信号处理模块200基于局部信号相位线性特性可以对上述自相关系数的相位进行线性拟合,得到直线 $y=kx+b$,其中, k 表示斜率和 b 表示截距,符号 $\angle$ 表示求相位角,即 $\angle(x+jy)=\arctan(y/x)$,如此,直线与X轴的交点即表示零相位位置,且该交点对应的时延为

$-\frac{b}{k}T_s$,进一步的,将时延为 $-\frac{b}{k}T_s$ 作为上述精细时延。

[0115] 可以理解的是,本实施方式中的线性拟合可以采用最小二乘法进行计算,此处不做详细介绍。

[0116] 进一步的,通常情况下,超声扫查过程中,需要计算一帧信号的所有位置的时延估计。所述一帧信号通常包括多列信号,每列信号中均包括不同深度多个位置的时延估计。

[0117] 进一步的,信号处理模块200基于所述当前位置的高精度输出时延对采样周期取整作为下一位置的初始化时延,并依据上述方法计算所述下一位置的高精度输出时延;在此不做详细赘述。所述下一位置为所述当前位置同列信号的下一深度的位置或相邻列信号的同一深度的位置。

[0118] 结合图5所示,本发明的优选实施方式中,中间一列信号所有位置的初始化时延均通过互相关运算获得,为了去除奇异值,进一步的,信号处理模块200对该列信号上所有初始化时延做中值滤波处理,然后计算得到该列信号上所有位置的高精度输出时延,图中箭头表示将该位置的高精度输出时延作为相邻信号对应位置的初始化时延,依次进行下去,直到向左向右都达到边界即完成计算。

[0119] 进一步的,信号处理模块200还用于将获取的一帧信号中的所有位置的高精度输出时延进行整合,形成图像或基于该图像进行后续处理得到新的图像。

[0120] 综上所述,本发明的超声信号的时延估计方法及系统,

[0121] 对获取的超声射频信号直接进行处理,计算量小,精度高,鲁棒性好,具有极高的实用价值。

[0122] 为了描述的方便,描述以上系统时以功能分为各种模块分别描述。当然,在实施本申请时可以把各模块的功能在同一个或多个软件和/或硬件中实现。

[0123] 通过以上的实施方式的描述可知,本领域的技术人员可以清楚地了解到本申请可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现。基于这样的理解,本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品可以保存在保存介质中,如ROM/RAM、磁碟、光盘等,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,信息推送服务器,或者网络设备等)执行本申请各个实施方式或者实施方式的某些部分所述的方法。

[0124] 以上所描述的系统实施方式仅仅是示意性的,其中所述作为分离部件说明的模块可以是或者也可以不是物理上分开的,作为模块显示的部件可以是或者也可以不是物理模块,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络模块上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施方式方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0125] 本申请可用于众多通用或专用的计算系统环境或配置中。例如:个人计算机、信息推送服务器计算机、手持设备或便携式设备、平板型设备、多处理模块系统、基于微处理模块的系统、置顶盒、可编程的消费电子设备、网络PC、小型计算机、大型计算机、包括以上任何系统或设备的分布式计算环境等等。

[0126] 本申请可以在由计算机执行的计算机可执行指令的一般上下文中描述,例如程序模块。一般地,程序模块包括执行特定任务或实现特定抽象数据类型的例程、程序、对象、组

件、数据结构等等。也可以在分布式计算环境中实践本申请,在这些分布式计算环境中,通过通信网络而被连接的远程处理设备来执行任务。在分布式计算环境中,程序模块可以位于包括保存设备在内的本地和远程计算机保存介质中。

[0127] 应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施方式中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

[0128] 上文所列出一系列的详细说明仅仅是针对本发明的可行性实施方式的具体说明,它们并非用以限制本发明的保护范围,凡未脱离本发明技艺精神所作的等效实施方式或变更均应包含在本发明的保护范围之内。

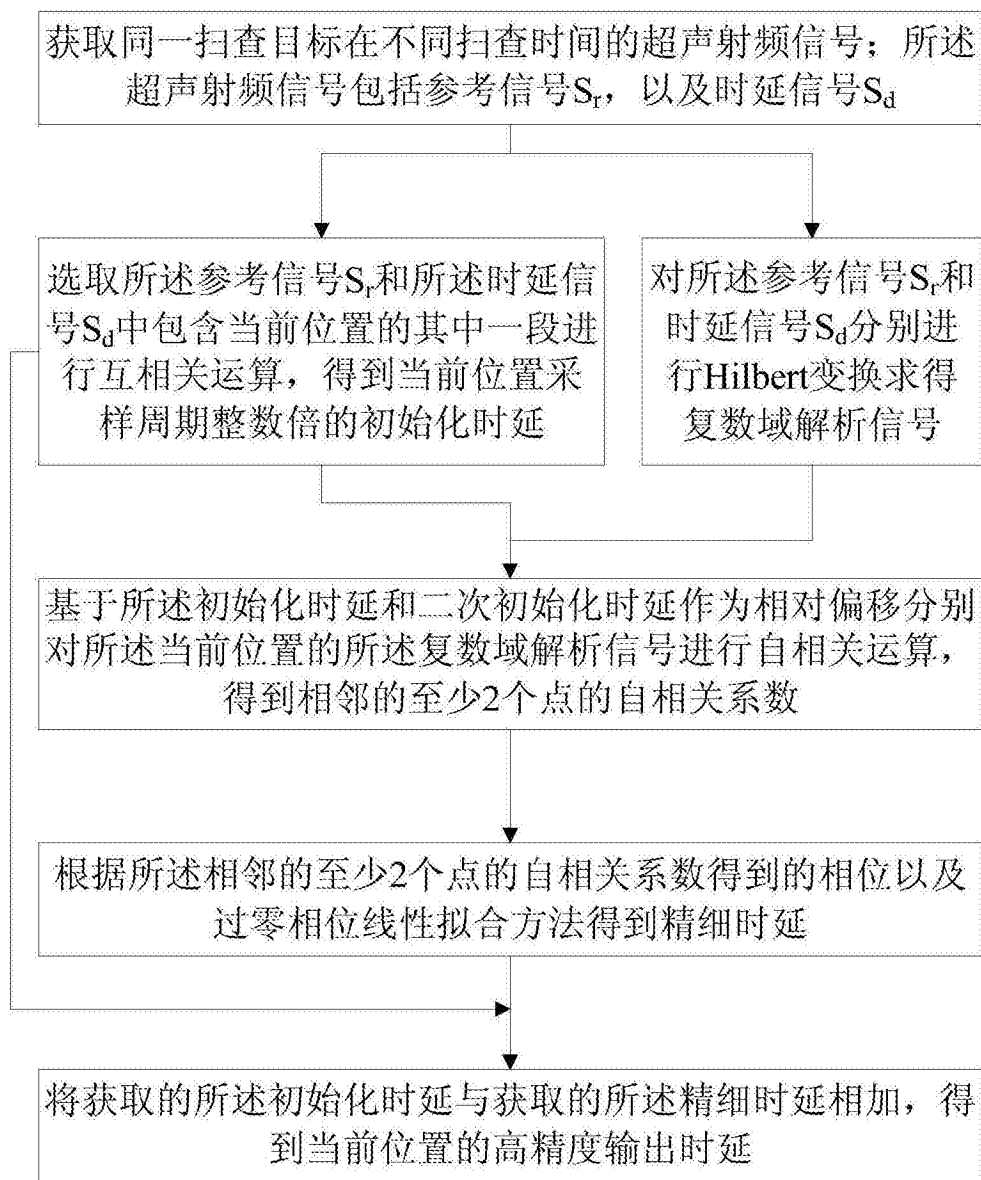


图1

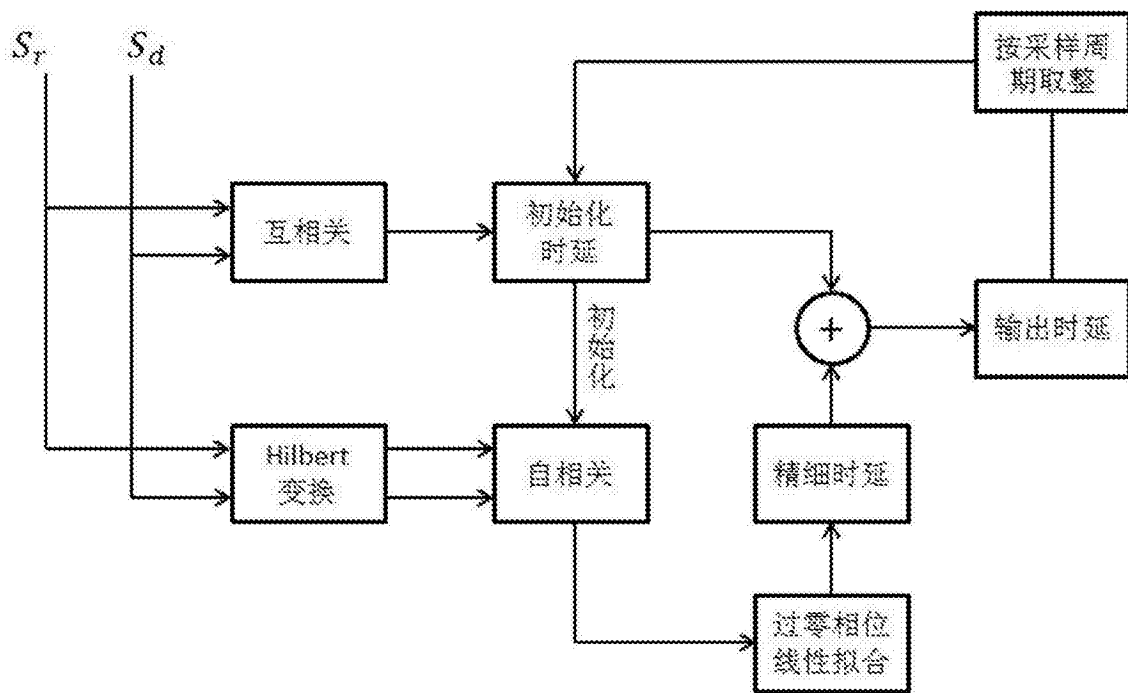


图2

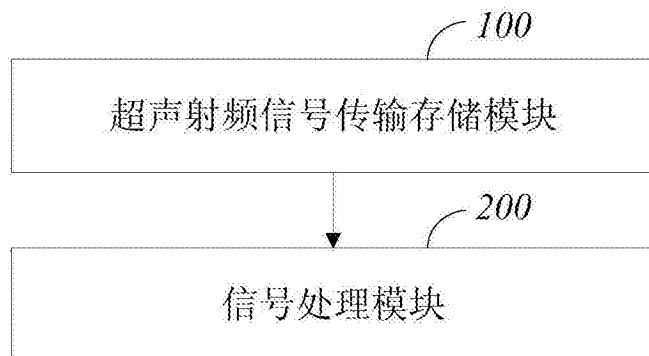


图3

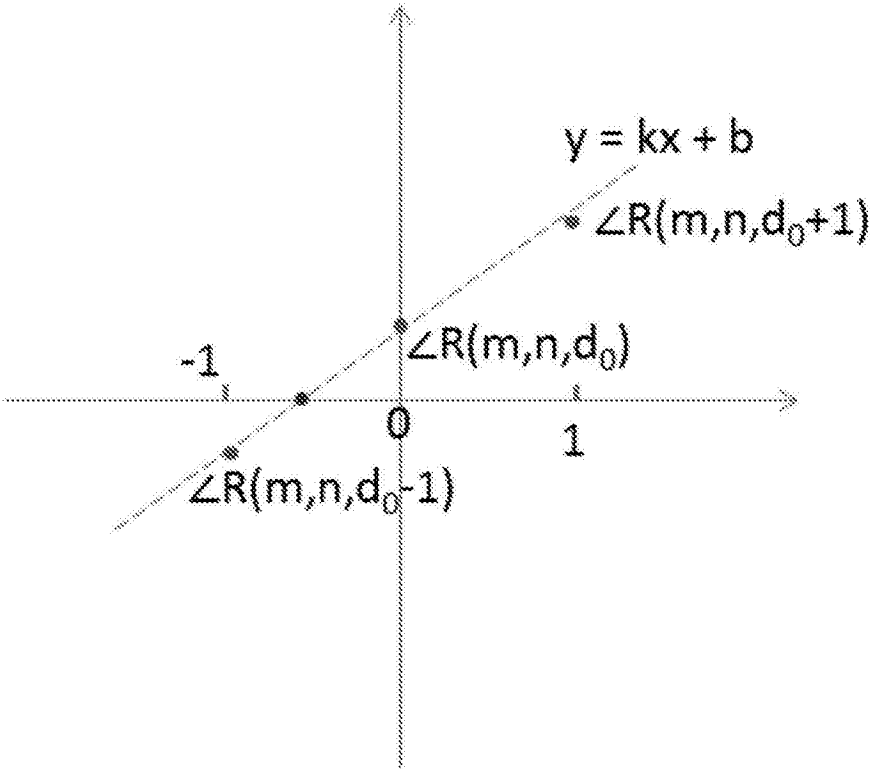


图4A

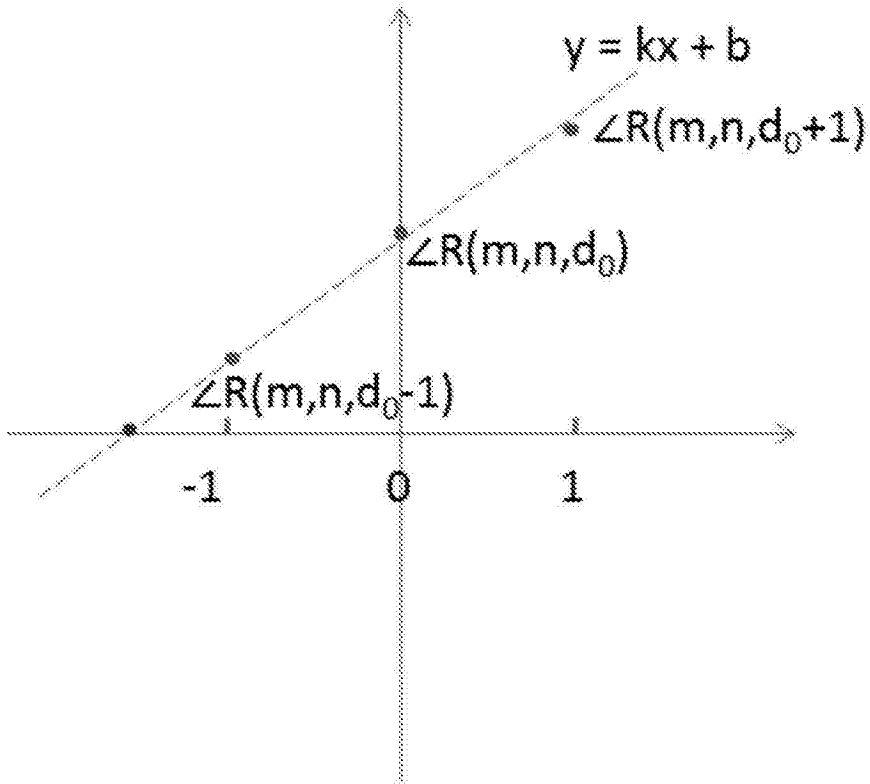


图4B

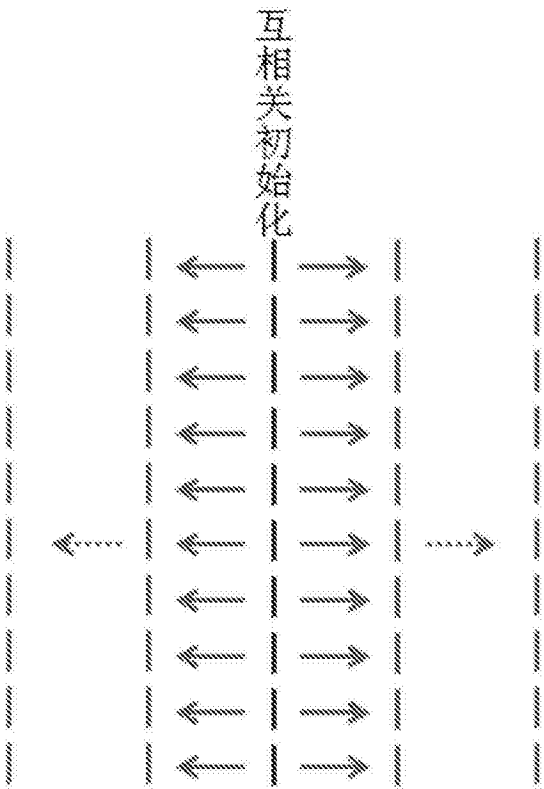


图5

专利名称(译)	超声信号的时延估计方法及系统		
公开(公告)号	CN104605888B	公开(公告)日	2017-01-11
申请号	CN201510033038.3	申请日	2015-01-22
[标]申请(专利权)人(译)	飞依诺科技(苏州)有限公司		
申请(专利权)人(译)	飞依诺科技(苏州)有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	飞依诺科技(苏州)有限公司		
[标]发明人	凌涛		
发明人	凌涛		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/52		
代理人(译)	杨林洁		
审查员(译)	侯倩		
其他公开文献	CN104605888A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供一种超声信号的时延估计方法及系统，所述方法包括：获取同一扫描目标在不同扫描时间的超声射频信号；其包括参考信号 S_r 、时延信号 S_d ；选取参考信号 S_r 和时延信号 S_d 中的一段进行互相关运算，得到当前位置采样周期整数倍的初始化时延；并分别对其进行Hilbert变换求得复数域解析信号；基于初始化时延和二次初始化时延作为相对偏移分别对当前位置的复数域解析信号进行自相关运算，得到相邻的至少2个点的自相关系数，并根据其相位以及过零相位线性拟合的方法计算精细时延；将获取的初始化时延与获取的精细时延相加，得到当前位置的高精度输出时延。本发明对获取的超声射频信号直接进行处理，计算量小，精度高，鲁棒性好，具有极高的实用价值。

