



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110720947 A

(43)申请公布日 2020.01.24

(21)申请号 201810780717.0

(22)申请日 2018.07.16

(71)申请人 青岛海信医疗设备股份有限公司

地址 266100 山东省青岛市崂山区松岭路
169号软件园外包中心三层北侧

(72)发明人 谢志宇 王桂成

(74)专利代理机构 北京中博世达专利商标代理
有限公司 11274

代理人 申健

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

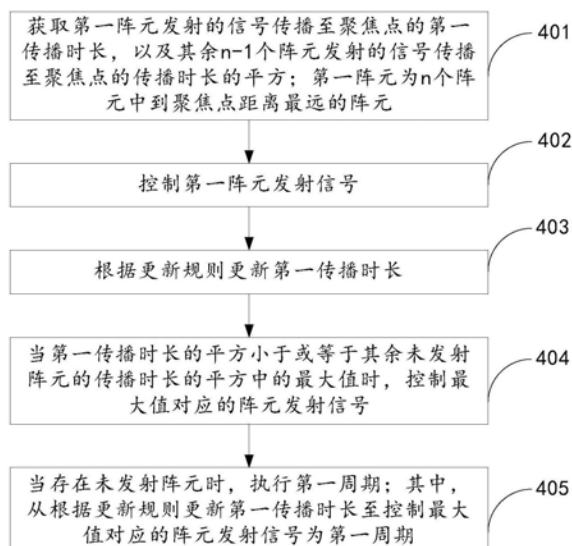
权利要求书4页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

一种超声探头信号延时发射的控制方法及控制装置

(57)摘要

本发明实施例提供一种超声探头信号延时发射的控制方法及控制装置,涉及医用超声成像技术领域,能够解决现有技术中在实现超声探头信号延时发射的控制方法中由于计算量太大而需占用大量的计算资源的问题。控制方法包括:获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播时长,以及其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方;控制第一阵元发射信号;根据更新规则更新第一传播时长;当第一传播时长的平方小于或等于其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值时,控制最大值对应的阵元发射信号;当存在未发射阵元时,执行第一周期;其中从根据更新规则更新第一传播时长至控制最大值对应的阵元发射信号为第一周期。本发明用于超声系统。



1. 一种超声探头信号延时发射的控制方法,其特征在于,所述超声探头包括等间隔线阵排布的n个阵元;所述控制方法包括:

获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播时长,以及其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方;所述第一阵元为所述n个阵元中到所述聚焦点距离最远的阵元;

控制所述第一阵元发射信号;

根据更新规则更新所述第一传播时长;

当所述第一传播时长的平方小于或等于其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值时,控制所述最大值对应的阵元发射信号;

当存在未发射阵元时,执行第一周期;其中,从所述根据更新规则更新所述第一传播时长至所述控制所述最大值对应的阵元发射信号为所述第一周期。

2. 根据权利要求1所述的超声探头信号延时发射的控制方法,其特征在于,在所述获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播时长,以及其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方后,所述控制方法还包括:

对所述第一传播时长和所述其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方进行归一化处理;

所述根据更新规则更新所述第一传播时长具体包括:

所述第一传播时长自减1。

3. 根据权利要求2所述的超声探头信号延时发射的控制方法,其特征在于,所述获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播时长,以及其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方,并对所述第一传播时长和所述其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方进行归一化处理具体包括:

根据第一公式获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播距离;所述第一公式为: $r_1 = \sqrt{d^2 + a_1^2 - 2 * d * a_1 * \cos \beta}$;其中, r_1 为所述第一传播距离,d为发射深度, a_1 为所述第一阵元到发射中心线的距离, β 为发射偏角;

根据第二公式获取第一参数;所述第二公式为: $A = e^2 + 2 * d * e * \cos \beta$;其中,A为所述第一参数,e为相邻两个阵元之间的间距,d为发射深度, β 为发射偏角;

根据第三公式、第四公式和所述第一参数依次获取其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播距离的平方;所述第三公式为: $r_m^2 = r_{m-1}^2 + A - 2 * a_{m-1} * e$;所述第四公式为: $a_m = a_{m-1} - e$;其中,m为其余n-1个阵元中的任意一个阵元, r_m 为第m个阵元到所述聚焦点的距离, r_{m-1} 为第m-1个阵元到聚焦点的距离,A为所述第一参数, a_m 为第m个阵元到发射中心线的距离, a_{m-1} 为第m-1个阵元到发射中心线的距离, a_m 和 a_{m-1} 为相邻的两个阵元,e为相邻两个阵元之间的间距;

根据第五公式获取归一化后的第一传播时长;所述第五公式为: $t_1 = \frac{r_1}{c / f_s}$;其中, t_1 为归一化后的第一传播时长, r_1 为所述第一传播距离,c为信号传播速度, f_s 为信号采样频率;

根据第六公式获取归一化后的其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的

平方;所述第六公式为:
$$t_m^2 = \frac{r_m^2}{\left(\frac{c}{fs}\right)^2}$$
;其中, t_m 为归一化后的第 m 个阵元的传播时长, r_m 为第 m

个阵元到所述聚焦点的距离, c 为信号传播速度, fs 为信号采样频率。

4.根据权利要求3所述的超声探头信号延时发射的控制方法,其特征在于,在所述获取归一化后的第一传播时长之后,且在所述第一传播时长自减1之前,所述控制方法还包括:

对所述第一传播时长进行向下取整。

5.根据权利要求1所述的超声探头信号延时发射的控制方法,其特征在于,当所述 n 个阵元均位于所述聚焦点到所述超声探头的垂直线的一侧时;

所述当所述第一传播时长的平方小于或等于其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值时,控制所述最大值对应的阵元发射信号具体包括:

获取与上一个发射信号的阵元相邻的未发射阵元的传播时长的平方,将所述平方作为所述最大值;

当所述第一传播时长的平方小于或等于所述最大值时,控制所述最大值对应的阵元发射信号。

6.根据权利要求1所述的超声探头信号延时发射的控制方法,其特征在于,当所述 n 个阵元位于所述聚焦点到所述超声探头的垂直线的两侧时;

所述获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播时长具体包括:

获取所述 n 个阵元中位于最外侧边缘的两个阵元的传播时长中的较大值,并将所述较大值作为所述第一传播时长;

所述当所述第一传播时长的平方小于或等于其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值时,控制所述最大值对应的阵元发射信号具体包括:

获取位于所述垂直线两侧、且分别距离所述垂直线最远的两个未发射阵元的传播时长的平方中的较大值,并将所述较大值作为所述最大值;

当所述第一传播时长的平方小于或等于所述最大值时,控制所述最大值对应的阵元发射信号。

7.一种超声探头信号延时发射的控制装置,其特征在于,所述超声探头包括等间隔线阵排布的 n 个阵元;所述控制装置包括:

获取单元,用于获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播时长,以及其余 $n-1$ 个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方;所述第一阵元为所述 n 个阵元中到所述聚焦点距离最远的阵元;

第一控制单元,用于控制所述第一阵元发射信号;

更新单元,用于根据更新规则更新所述第一传播时长;

第二控制单元,用于当所述第一传播时长的平方小于或等于其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值时,控制所述最大值对应的阵元发射信号;

执行单元,用于当存在未发射阵元时,执行第一周期;其中,从所述根据更新规则更新所述第一传播时长至所述控制所述最大值对应的阵元发射信号为所述第一周期。

8.根据权利要求7所述的超声探头信号延时发射的控制装置,其特征在于,所述获取单元还用于:

对所述第一传播时长和所述其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方进行归一化处理；

所述更新单元具体用于控制所述第一传播时长自减1。

9. 根据权利要求8所述的超声探头信号延时发射的控制装置,其特征在于,所述获取单元具体用于:

根据第一公式获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播距离;所述第一公式为: $r_1 = \sqrt{d^2 + a_1^2 - 2 * d * a_1 * \cos \beta}$;其中, r_1 为所述第一传播距离,d为发射深度, a_1 为所述第一阵元到发射中心线的距离, β 为发射偏角;

根据第二公式获取第一参数;所述第二公式为: $A = e^2 + 2 * d * e * \cos \beta$;其中,A为所述第一参数,e为相邻两个阵元之间的间距,d为发射深度, β 为发射偏角;

根据第三公式、第四公式和所述第一参数依次获取其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播距离的平方;所述第三公式为: $r_m^2 = r_{m-1}^2 + A - 2 * a_{m-1} * e$;所述第四公式为: $a_m = a_{m-1} - e$;其中,m为其余n-1个阵元中的任意一个阵元, r_m 为第m个阵元到所述聚焦点的距离, r_{m-1} 为第m-1个阵元到聚焦点的距离,A为所述第一参数, a_m 为第m个阵元到发射中心线的距离, a_{m-1} 为第m-1个阵元到发射中心线的距离, a_m 和 a_{m-1} 为相邻的两个阵元,e为相邻两个阵元之间的间距;

根据第五公式获取归一化后的第一传播时长;所述第五公式为: $t_1 = \frac{r_1}{c/fs}$;其中, t_1 为归一化后的第一传播时长, r_1 为所述第一传播距离,c为信号传播速度,fs为信号采样频率;

根据第六公式获取归一化后的其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方;所述第六公式为: $t_m^2 = \frac{r_m^2}{(c/fs)^2}$;其中, t_m 为归一化后的第m个阵元的传播时长, r_m 为第m个阵元到所述聚焦点的距离,c为信号传播速度,fs为信号采样频率。

10. 根据权利要求9所述的超声探头信号延时发射的控制装置,其特征在于,所述获取单元还用于:

对所述第一传播时长进行向下取整。

11. 根据权利要求7所述的超声探头信号延时发射的控制装置,其特征在于,当所述n个阵元均位于所述聚焦点到所述超声探头的垂直线的一侧时;

所述第二控制单元具体用于:

获取与上一个发射信号的阵元相邻的未发射阵元的传播时长的平方,将所述平方作为所述最大值;

当所述第一传播时长的平方小于或等于所述最大值时,控制所述最大值对应的阵元发射信号。

12. 根据权利要求7所述的超声探头信号延时发射的控制装置,其特征在于,当所述n个阵元位于所述聚焦点到所述超声探头的垂直线的两侧时;

所述获取单元具体用于:获取所述n个阵元中位于最外侧边缘的两个阵元的传播时长中的较大值,并将所述较大值作为所述第一传播时长;

所述第二控制单元具体用于：

获取位于所述垂直线两侧、且分别距离所述垂直线最远的两个未发射阵元的传播时长的平方中的较大值，并将所述较大值作为所述最大值；

当所述第一传播时长的平方小于或等于所述最大值时，控制所述最大值对应的阵元发射信号。

一种超声探头信号延时发射的控制方法及控制装置

技术领域

[0001] 本发明涉及医用超声成像技术领域,尤其涉及一种超声探头信号延时发射的控制方法及控制装置。

背景技术

[0002] 超声系统是利用超声探头上的阵元发射超声波,根据人体不同器官、组织对超声波的反射、衰减的不相同,收集这些不同的反射波构成超声图像。由于对人体发射的超声波能量不能很高,经过组织和器官的衰减后收集的反射波就更加微弱,信噪比较低,影响了超声图像质量。通常的解决方法是在感兴趣的区域进行超声聚焦,其原理就是根据超声探头的阵元不同位置和阵元到感兴趣区域超声波传播时间,控制不同阵元发射的延时时间,最终使得不同位置的阵元发出的超声波同时到达感兴趣区域,在该区域超声波信号形成超声聚焦,区域的超声能量达到最强,这样提升了该区域超声波信号的信噪比和图像质量。

[0003] 现有技术中,实现超声发射聚焦原理一般如图1所示,超声探头由线阵排布的 n 个阵元组成,发射偏角为 β ,发射深度为 d ,每一个阵元中心点到聚焦点 F 的直线距离分别是 $l_1, l_2, \dots, l_{n-1}, l_n$ 。通过控制每一个阵元的发射延迟时间,可以让所有阵元发射的超声波同时到达聚焦点 F 。参考图1所示,如果声波在人体传播的速度为 c ,每一个阵元声波传播到聚焦点 F 的时间 $t_n = l_n/c$ 。每一个阵元发射延迟时间 $\text{delay}_n = t_{\max} - l_n/c$ 。其中, $t_{\max} = \max(t_1, t_2, \dots, t_{n-1}, t_n)$, $t_{\max}$ 是所有阵元发出的超声波信号传播到聚焦点 F 所需时间最长的阵元。根据余弦定理,如果阵元 n 到发射中心线的距离是 a_n ,发射深度是 d ,则阵元 n 到聚焦点 F 的距离 $l_n = \sqrt{d^2 + a_n^2 - 2*d*a_n*\cos(\beta)}$,

则阵元 n 的发射延迟时间 $\text{delay}_n = t_{\max} - \sqrt{d^2 + a_n^2 - 2*d*a_n*\cos(\beta)} / c$ 。从上述公式可以看出,

要实现超声聚焦,不仅仅涉及开方、三角函数等计算,而且还需要计算出最大的延迟时间和剩余所有阵元的具体延迟时间,这样使得整个控制发射过程中计算量太大,需要占用大量的计算资源。

发明内容

[0004] 本发明的实施例提供一种超声探头信号延时发射的控制方法及控制装置,能够解决现有技术中在实现超声探头信号延时发射的控制方法中由于计算量太大而需占用大量的计算资源的问题。

[0005] 为达到上述目的,本发明的实施例采用如下技术方案:

[0006] 一方面,本发明实施例提供一种超声探头信号延时发射的控制方法,所述超声探头包括等间隔线阵排布的 n 个阵元;所述控制方法包括:获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播时长,以及其余 $n-1$ 个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方;所述第一阵元为所述 n 个阵元中到所述聚焦点距离最远的阵元;控制所述第一阵元发射信号;根据更新规则更新所述第一传播时长;当所述第一传播时长的平方小于或等于其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值时,控制所述最大值对应的阵元发射信号;当存在未发

射阵元时,执行第一周期;其中,从所述根据更新规则更新所述第一传播时长至所述控制所述最大值对应的阵元发射信号为所述第一周期。

[0007] 另一方面,本发明实施例提供一种超声探头信号延时发射的控制装置,所述超声探头包括等间隔线阵排布的 n 个阵元;所述控制装置包括:获取单元,用于获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播时长,以及其余 $n-1$ 个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方;所述第一阵元为所述 n 个阵元中到所述聚焦点距离最远的阵元;第一控制单元,用于控制所述第一阵元发射信号;更新单元,用于根据更新规则更新所述第一传播时长;第二控制单元,用于当所述第一传播时长的平方小于或等于其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值时,控制所述最大值对应的阵元发射信号;执行单元,用于当存在未发射阵元时,执行第一周期;其中,从所述根据更新规则更新所述第一传播时长至所述控制所述最大值对应的阵元发射信号为所述第一周期。

[0008] 相较于现有技术,本发明实施例提供的超声探头信号延时发射的控制方法中,只需获取第一阵元的第一传播时长和其余 $n-1$ 个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方,然后以第一阵元开始发射信号为计时起点,通过比较第一传播时长的平方与其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值的大小关系,依次发射其余 $n-1$ 个阵元。具体的,如果第一传播时长的平方大于其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值时,说明该最大值对应的阵元的发射延迟时间还未达到,此时更新第一传播时长,等待一个时钟最大精度后,再次比较更新后的第一传播时长的平方与该最大值的大小关系;如果第一传播时长的平方小于或等于该最大值时,说明该最大值对应的阵元的发射延迟时间已经达到,此时该最大值对应的阵元可以发射信号,以此类推,直至所有的阵元均发射了超声波信号后结束。由于本发明实施例中只需计算其余 $n-1$ 个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方,然后根据比较第一传播时长的平方与其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值的大小关系即可完成其余 $n-1$ 个阵元的发射控制,而无需开方计算其余 $n-1$ 个阵元的具体传播时长的大小,无需计算最大的延迟时间,也无需计算其余阵元的延迟时间,因而大大减少了整个控制方法中的计算量,也减少了完成该计算量所需占用的计算资源,这样使得在FPGA中完成超声探头信号延时发射的计算和控制成为可能。

附图说明

[0009] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0010] 图1为现有技术提供的超声探头超声聚焦原理示意图;

[0011] 图2为本发明实施例提供的超声探头超声聚焦原理示意图一;

[0012] 图3为本发明实施例提供的超声探头超声聚焦原理示意图二;

[0013] 图4为本发明实施例提供的超声探头信号延时发射的控制方法流程图一;

[0014] 图5为本发明实施例提供的超声探头信号延时发射的控制方法流程图二;

[0015] 图6为本发明实施例提供的超声探头超声聚焦原理示意图三;

[0016] 图7为本发明实施例提供的超声探头信号延时发射的控制方法流程图三;

[0017] 图8为本发明实施例提供的超声探头信号延时发射的控制装置的结构框图。

具体实施方式

[0018] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0019] 本发明实施例提供一种超声探头信号延时发射的控制方法,如图2至图4所示,所述超声探头包括等间隔线阵排布的n个阵元;所述控制方法包括:

[0020] 步骤401、获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播时长,以及其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方;第一阵元为n个阵元中到聚焦点距离最远的阵元。

[0021] 其中,获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播时长具体为:根据第一公式获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播距离;所述第一公式为:

$r_1 = \sqrt{d^2 + a_1^2 - 2 * d * a_1 * \cos \beta}$;其中, r_1 为第一传播距离,d为发射深度, a_1 为第一阵元到发射中心线的距离, β 为发射偏角;第一传播时长为 r_1/c ,c为信号传播速度。

[0022] 本发明实施例对于其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方的具体获取方法不做限定。示例的,在实际应用中,至少可以通过以下两种方式进行获取,具体的:

[0023] 第一种方式中,参考图2所示,利用公式 $r_m^2 = d^2 + a_m^2 - 2 * d * a_m * \cos \beta$ 获取阵元m的传播距离,m为其余n-1个阵元中的任意一个阵元, r_m 为阵元m的传播距离,d为发射深度, a_m 为阵元m到发射中心线的距离, β 为发射偏角;阵元m的传播时长的平方为 r_m^2/c^2 ,c为信号传播速度。

[0024] 在第二种方式中,参考图3所示,阵元2的传播距离 $r_2^2 = d^2 + a_2^2 - 2 * d * a_2 * \cos \beta$,相邻阵元间的间距为e,因而 $a_2 = a_1 - e$,则

$r_2^2 = d^2 + (a_1 - e)^2 - 2d * (a_1 - e) * \cos \beta = d^2 + a_1^2 + e^2 - 2a_1 * e - 2d * a_1 * \cos \beta + 2d * e * \cos \beta$ 由于 $r_1^2 = d^2 + a_1^2 - 2 * d * a_1 * \cos \beta$,因而 $r_2^2 = r_1^2 + e^2 - 2 * a_1 * e + 2 * d * e * \cos \beta$;设 $A = e^2 + 2 * d * e * \cos \beta$,则 $r_2^2 = r_1^2 + A - 2 * a_1 * e$,以此类推,根据前一个阵元传播距离的平方 r_{m-1}^2 ,通过迭代,可以推出下一个阵元的传播距离的平方 $r_m^2 = r_{m-1}^2 + A - 2 * a_{m-1} * e$,其中, $a_m = a_{m-1} - e$;由于A是一个只和阵元间距e、发射偏角 β 、发射深度d有关的数值,因而只需计算一次以获取到A,后续直接调用A即可,这样进一步减少了计算量。在实际应用中,数值A可以在主机传送超声参数时,CPU计算完成后一起传送给FPGA。在计算出阵元m的传播距离的平方 r_m^2 后,阵元m的传播时长的平方为 r_m^2/c^2 ,c为信号传播速度。

[0025] 需要说明的是,在第二种方式中,如图3所示,当计算发射中心线另一侧的阵元(如阵元n)的传播距离时, a_n 为负值,依然可以套用上述 r_m^2 的公式来计算 r_n^2 。

[0026] 步骤402、控制第一阵元发射信号。

[0027] 以第一阵元开始发射信号为计时起点。

[0028] 步骤403、根据更新规则更新第一传播时长。

[0029] 在步骤401中,当计算出第一传播时长 t_1 和阵元m的传播时长的平方 t_m^2 后,可以对

t_1 和 t_m^2 进行采样间隔归一化处理,也可以不进行归一化处理,本发明实施例对此不做限定。当对 t_1 和 t_m^2 进行采样间隔归一化处理时,即给 t_1 乘以信号采样频率 f_s ,给 t_m^2 乘以信号采样频率 f_s^2 ,那么此处的更新第一传播时长 t_1 即为第一传播时长 t_1 在每经过一个采样频率(即等待一个最大时钟精度)后自减1。

[0030] 步骤404、当第一传播时长的平方小于或等于其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值时,控制最大值对应的阵元发射信号。

[0031] 步骤405、当存在未发射阵元时,执行第一周期;其中,从根据更新规则更新第一传播时长至控制最大值对应的阵元发射信号为第一周期。

[0032] 示例的,当第一传播时长的平方 t_1^2 大于其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值(如图3所示,除去阵元1,其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值为阵元2的传播时长的平方 t_2^2),即当 t_1^2 大于 t_2^2 时,说明阵元2的发射延迟时间还未达到,此时第一传播时长 t_1 自减1后,再次比较 t_1^2 和 t_2^2 的大小,当 t_1^2 小于或等于 t_2^2 时,说明阵元2的发射延迟时间已经达到,此时阵元2发射信号,然后再比较 t_1^2 和 t_3^2 的大小,以此类推,直至所有的阵元均发射了超声波信号后结束。

[0033] 需要说明的是,在上述控制方法的步骤中,可以直接获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播时长,以及其余 $n-1$ 个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方,然后将这些值存储在存储器中,以便在后续的比较发射中随时调用;也可以按照阵元位置的不同,每次只获取所有未发射阵元中距离聚焦点最远的阵元的传播时长的平方,跟第一传播时长的平方进行比较发射,这种方式可以省去存储器的使用。

[0034] 这样一来,相较于现有技术,本发明实施例提供的超声探头信号延时发射的控制方法中,只需获取第一阵元的第一传播时长和其余 $n-1$ 个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方,然后以第一阵元开始发射信号为计时起点,通过比较第一传播时长的平方与其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值的大小关系,依次发射其余 $n-1$ 个阵元。具体的,如果第一传播时长的平方大于其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值时,说明该最大值对应的阵元的发射延迟时间还未达到,此时更新第一传播时长,等待一个时钟最大精度后,再次比较更新后的第一传播时长的平方与该最大值的大小关系;如果第一传播时长的平方小于或等于该最大值时,说明该最大值对应的阵元的发射延迟时间已经达到,此时该最大值对应的阵元可以发射信号,以此类推,直至所有的阵元均发射了超声波信号后结束。由于本发明实施例中只需计算其余 $n-1$ 个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方,然后根据比较第一传播时长的平方与其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值的大小关系即可完成其余 $n-1$ 个阵元的发射控制,而无需开方计算其余 $n-1$ 个阵元的具体传播时长的大小,无需计算最大的延迟时间,也无需计算其余阵元的延迟时间,因而大大减少了整个控制方法中的计算量,也减少了完成该计算量所需占用的计算资源,这样使得在FPGA中完成超声探头信号延时发射的计算和控制成为可能。

[0035] 进一步的,在获取第一传播时长的归一化值之后,且在第一传播时长自减1之前,所述控制方法还包括:对第一传播时长进行向下取整。具体的,设置 $p = \text{floor}(t_1)$,其中, floor 为取小于 t_1 的最大整数的函数,该整数的单位是目前的最大时钟精度,比如最大时钟精度为10ns,则该整数是10ns的倍数。

[0036] 进一步的,参考图3所示,当所述 n 个阵元均位于聚焦点到超声探头的垂直线的一

侧时；当第一传播时长的平方小于或等于其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值时，控制该最大值对应的阵元发射信号具体包括：获取与上一个发射信号的阵元相邻的未发射阵元的传播时长的平方，将该平方作为该最大值；当第一传播时长的平方小于或等于该最大值时，控制该最大值对应的阵元发射信号。

[0037] 参考图3和图5所示，针对n个阵元均位于聚焦点到超声探头的垂直线的一侧的情况，本发明实施例提供一种超声探头信号延时发射的控制方法，具体包括：

[0038] 步骤501、获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播时长，并对该第一传播时长进行归一化处理。

[0039] 具体的，根据第一公式获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播距离；所述第一公式为： $r_1 = \sqrt{d^2 + a_1^2 - 2 * d * a_1 * \cos \beta}$ ；其中， r_1 为第一传播距离， d 为发射深度， a_1 为第一阵元到发射中心线的距离， β 为发射偏角；

[0040] 然后根据第五公式获取归一化后的第一传播时长；第五公式为 $t_1 = \frac{r_1}{c/fs}$ ，其中， t_1 为归一化后的第一传播时长， r_1 为第一传播距离， c 为信号传播速度， fs 为信号采样频率。

[0041] 步骤502、对第一传播时长进行向下取整。

[0042] 具体的，设置 $p = \text{floor}(t_1)$ ，其中， floor 为取小于 t_1 的最大整数的函数，该整数的单位是目前的最大时钟精度，比如最大时钟精度为10ns，则该整数是10ns的倍数。

[0043] 步骤503、控制第一阵元发射信号。

[0044] 以第一阵元开始发射信号为计时起点。

[0045] 步骤504、获取与上一发射阵元相邻的阵元的传播时长的平方，并对该阵元的传播时长的平方进行归一化处理。

[0046] 具体的，根据第二公式、第三公式和第四公式获取阵元 m 的传播距离的平方；所述第二公式为： $A = e^2 + 2 * d * e * \cos \beta$ ，所述第三公式为： $r_m^2 = r_{m-1}^2 + A - 2 * a_{m-1} * e$ ，所述第四公式为： $a_m = a_{m-1} - e$ ，其中， r_m^2 为第 m 个阵元到聚焦点 F 的传播距离的平方， r_{m-1}^2 为第 $m-1$ 个阵元到聚焦点的传播距离的平方， A 为第一参数， a_m 为阵元 m 到发射中心线的距离， a_{m-1} 为阵元 $m-1$ 到发射中心线的距离， a_m 和 a_{m-1} 为相邻的两个阵元， e 为相邻两个阵元之间的间距， d 为发射深度， β 为发射偏角。示例的，在获取了第一传播距离 r_1 后，可以根据 $r_2^2 = r_1^2 + A - 2 * a_1 * e$ ，计算出与第一阵元相邻的阵元（即阵元2）的传播距离的平方。

[0047] 然后根据第六公式获取归一化后的阵元 m 的传播时长的平方，所述第六公式为：

$$t_m^2 = \frac{r_m^2}{\left(\frac{c}{fs}\right)^2} ; \text{其中, } t_m^2 \text{ 为归一化后的阵元 } m \text{ 的传播时长的平方, } r_m^2 \text{ 为阵元 } m \text{ 的传播距离的平方, } c \text{ 为信号传播速度, } fs \text{ 为信号采样频率。}$$

示例的，在计算出阵元2的传播距离的平方 r_2^2 后，

$$\text{根据 } t_2^2 = \frac{r_2^2}{\left(\frac{c}{fs}\right)^2} \text{ 获取归一化后的阵元2的传播时长的平方。}$$

[0048] 步骤505、等待一个最大时钟精度后，第一传播时长自减1。

[0049] 具体的， $p = p - 1$ 。

[0050] 步骤506、判断第一传播时长的平方是否小于或等于与上一发射阵元相邻的阵元的传播时长的平方;若是,则执行步骤507,若否,则执行步骤505。

[0051] 示例的,在获取到阵元2的传播时长的平方后,判断 p^2 与 t_2^2 的大小,若 $p^2 \leq t_2^2$,则说明阵元2的发射延迟时间已经达到,此时阵元2可以发射信号;若 $p^2 > t_2^2$,则说明阵元2的发射延迟时间还未达到,此时等待一个最大时钟精度后, p 自减1,然后继续与 t_2^2 进行比较。

[0052] 步骤507、控制与上一发射阵元相邻的阵元发射信号。

[0053] 步骤508、判断是否存在未发射阵元,若是,则执行步骤504,若否,则执行步骤509。

[0054] 在实际应用中,判断是否存在未发射阵元的方式有多种,本发明实施例对此不做限定。示例的,可以利用计数器对发射信号的阵元进行计数,计数器初始值为0,当每有一个阵元发射了信号,计数器加1,当计数器的值等于阵元总数 n 时,则表示不存在未发射阵元,即所有阵元均已发射了信号,此时结束整个信号发射程序;当计数器的值小于阵元总数 n 时,则表示存在未发射阵元,则继续控制未发射信号的阵元发射信号。

[0055] 步骤509、结束信号发射。

[0056] 在本发明实施例中,只需要主机CPU计算初始几个参数,如第一阵元的传播时长 t_1 ,第一参数 A 以及超声参数(发射深度 d ,第一阵元到发射中心线的距离 a_1 ,发射偏角 β ,信号采样频率 f_s 和信号传播速度 c),将这些参数传输给FPGA,而FPGA只需要几个乘法器和加法器通过迭代方法可以实现实时发射延时计算,因而大大减少了计算量。

[0057] 需要说明的是:第一,步骤502、步骤503、步骤504执行的先后顺序可以相互调换,本发明实施例对此不做限定。

[0058] 第二,现有技术中,为了减少宝贵的FPGA资源,传统的阵元超声发射延时都是在CPU中完成计算,得到一组延时时间表,发给FPGA。FPGA通过查表实时控制发射阵元的时序。由于发射延时时间和发射深度 d 、发射偏角 β 有关,为了支持多个发射深度和发射偏角,CPU需要计算出多组的延时时间表,而支持的发射深度和发射偏角越多,表占用的存储空间就越多,因而现有的超声系统需要配置较大容量的DDR(Double Data Rate,双倍速率)存储器资源。

[0059] 然而本发明实施例中,可以实现计算出一个阵元的传播时长就在合适的时间控制该阵元发射信号,而无需提前计算好所有的阵元的传播时长,因而无需使用DDR存储器,这样节省了存储资源。

[0060] 进一步的,参考图6所示,当所述 n 个阵元位于所述聚焦点到所述超声探头的垂直线的两侧时;所述获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播时长具体包括:获取所述 n 个阵元中位于最外侧边缘的两个阵元的传播时长中的较大值,并将所述较大值作为所述第一传播时长;所述当所述第一传播时长的平方小于或等于其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值时,控制所述最大值对应的阵元发射信号具体包括:获取位于所述垂直线两侧、且分别距离所述垂直线最远的两个未发射阵元的传播时长的平方中的较大值,并将所述较大值作为所述最大值;当所述第一传播时长的平方小于或等于所述最大值时,控制所述最大值对应的阵元发射信号。

[0061] 参考图6和图7所示,针对 n 个阵元位于聚焦点到超声探头的垂直线的两侧的情况,本发明实施例提供一种超声探头信号延时发射的控制方法,具体包括:

[0062] 步骤701、获取 n 个阵元中位于最外侧边缘的两个阵元的归一化后的传播时长中的

较大值,将该较大值作为第一传播时长。

[0063] 具体的,参考图6所示,首先利用第一公式获取最外侧边缘的两个阵元的传播距离 r_1 和 r_n ,然后根据第五公式获取归一化后的最外侧边缘的两个阵元的传播时长 t_1 和 t_n ,在获取了最外侧边缘的两个阵元的传播时长 t_1 和 t_n 后,第一传播时长为 $\max(t_1, t_n)$ 。

[0064] 步骤702、对第一传播时长进行向下取整。

[0065] 具体的,设置 $p = \text{floor}(\max(t_1, t_n))$,其中, floor 为取小于 t_1 的最大整数的函数,该整数的单位是目前的最大时钟精度,比如最大时钟精度为10ns,则该整数是10ns的倍数。

[0066] 步骤703、控制第一传播时长对应的阵元发射信号。

[0067] 以第一传播时长对应的阵元开始发射信号为计时起点。

[0068] 步骤704、获取位于垂直线两侧、且分别距离垂直线最远的两个未发射阵元的归一化后的传播时长的平方中的较大值,将该较大值作为该最大值。

[0069] 假如在步骤701中,传播时长较大的阵元是 t_1 对应的阵元,则 t_1 对应的阵元开始发射信号,然后利用第三公式和第六公式计算 t_1 对应的阵元旁边的阵元归一化后的传播时长的平方 t_2^2 ,获取 $\max(t_n^2, t_2^2)$ 作为该最大值。

[0070] 步骤705、等待一个最大时钟精度后,第一传播时长自减1。

[0071] 具体的, $p = p - 1$ 。

[0072] 步骤706、判断第一传播时长的平方是否小于或等于该最大值;若是,则执行步骤707,若否,则执行步骤705。

[0073] 示例的,在获取到阵元2的传播时长的平方后,判断 p^2 与 $\max(t_n^2, t_2^2)$ 的大小,若 $p^2 \leq \max(t_n^2, t_2^2)$,则说明 $\max(t_n^2, t_2^2)$ 对应的阵元的发射延迟时间已经达到,此时 $\max(t_n^2, t_2^2)$ 对应的阵元可以发射信号;若 $p^2 > \max(t_n^2, t_2^2)$,则说明 $\max(t_n^2, t_2^2)$ 对应的阵元的发射延迟时间还未达到,此时等待一个最大时钟精度后, p 自减1,然后继续与 $\max(t_n^2, t_2^2)$ 进行比较。

[0074] 步骤707、控制该最大值对应的阵元发射信号。

[0075] 步骤708、判断是否存在未发射阵元,若是,则执行步骤704,若否,则执行步骤709。

[0076] 步骤709、结束信号发射。

[0077] 双向发射延时实时计算算法优点是只需要主机CPU计算初始几个参数,如最外侧边缘的两个阵元的传播时长 t_1 和 t_n ,第一参数 A 以及超声参数(发射深度 d ,最外侧边缘阵元到发射中心线的距离 a_1, a_n ,发射偏角 β ,信号采样频率 f_s 和信号传播速度 c),将这些参数传输给FPGA,FPGA只需要几个乘法器和加法器通过迭代方法可以实现实时发射延时计算,此种方法适合于小型超声设备,对于大型的超声设备发射控制也有借鉴意义。

[0078] 本发明另一实施例提供一种超声探头信号延时发射的控制装置,如图8所示,所述超声探头包括等间隔线阵排布的 n 个阵元;所述控制装置包括:

[0079] 获取单元801,用于获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的第一传播时长,以及其余 $n-1$ 个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方;第一阵元为 n 个阵元中到聚焦点距离最远的阵元;

[0080] 第一控制单元802,用于控制第一阵元发射信号;

[0081] 更新单元803,用于根据更新规则更新第一传播时长;

[0082] 第二控制单元804,用于当第一传播时长的平方小于或等于其余未发射阵元的传

播时长的平方中的最大值时,控制该最大值对应的阵元发射信号;

[0083] 执行单元805,用于当存在未发射阵元时,执行第一周期;其中,从根据更新规则更新第一传播时长至控制最大值对应的阵元发射信号为第一周期。

[0084] 进一步的,获取单元801还用于:对第一传播时长和其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方进行归一化处理;

[0085] 更新单元803具体用于控制第一传播时长自减1。

[0086] 进一步的,获取单元801具体用于:

[0087] 根据第一公式获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的的第一传播距离;所述第一公式为: $r_1 = \sqrt{d^2 + a_1^2 - 2 * d * a_1 * \cos \beta}$;其中, r_1 为第一传播距离,d为发射深度, a_1 为第一阵元到发射中心线的距离, β 为发射偏角;

[0088] 根据第二公式获取第一参数;所述第二公式为: $A = e^2 + 2 * d * e * \cos \beta$;其中,A为所述第一参数,e为相邻两个阵元之间的间距,d为发射深度, β 为发射偏角;

[0089] 根据第三公式、第四公式和第一参数依次获取其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播距离的平方;所述第三公式为: $r_m^2 = r_{m-1}^2 + A - 2 * a_{m-1} * e$;所述第四公式为: $a_m = a_{m-1} - e$;其中,m为其余n-1个阵元中的任意一个阵元, r_m 为第m个阵元到所述聚焦点的距离, r_{m-1} 为第m-1个阵元到聚焦点的距离,A为第一参数, a_m 为第m个阵元到发射中心线的距离, a_{m-1} 为第m-1个阵元到发射中心线的距离, a_m 和 a_{m-1} 为相邻的两个阵元,e为相邻两个阵元之间的间距;

[0090] 根据第五公式获取归一化后的第一传播时长;所述第五公式为: $t_1 = \frac{r_1}{c/fs}$;其中, t_1 为归一化后的第一传播时长, r_1 为第一传播距离,c为信号传播速度,fs为信号采样频率;

[0091] 根据第六公式获取归一化后的其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时

长的平方;所述第六公式为: $t_m^2 = \frac{r_m^2}{(c/fs)^2}$;其中, t_m 为归一化后的第m个阵元的传播时长, r_m

为第m个阵元到所述聚焦点的距离,c为信号传播速度,fs为信号采样频率。

[0092] 进一步的,获取单元801还用于:对第一传播时长进行向下取整。

[0093] 进一步的,当n个阵元均位于聚焦点到超声探头的垂直线的一侧时;

[0094] 第二控制单元804具体用于:获取与上一个发射信号的阵元相邻的未发射阵元的传播时长的平方,将该平方作为该最大值;当第一传播时长的平方小于或等于该最大值时,控制该最大值对应的阵元发射信号。

[0095] 进一步的,当n个阵元位于聚焦点到超声探头的垂直线的两侧时;

[0096] 获取单元801具体用于:获取n个阵元中位于最外侧边缘的两个阵元的传播时长中的较大值,并将该较大值作为第一传播时长;

[0097] 第二控制单元804具体用于:获取位于垂直线两侧、且分别距离垂直线最远的两个未发射阵元的传播时长的平方中的较大值,并将该较大值作为该最大值;当第一传播时长的平方小于或等于该最大值时,控制该最大值对应的阵元发射信号。

[0098] 上述超声探头信号延时发射的控制装置中各模块或功能单元的介绍可以参考超

声探头信号延时发射的控制方法中各步骤的介绍,在此不再赘述,可以达到与控制方法相同的功能。

[0099] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

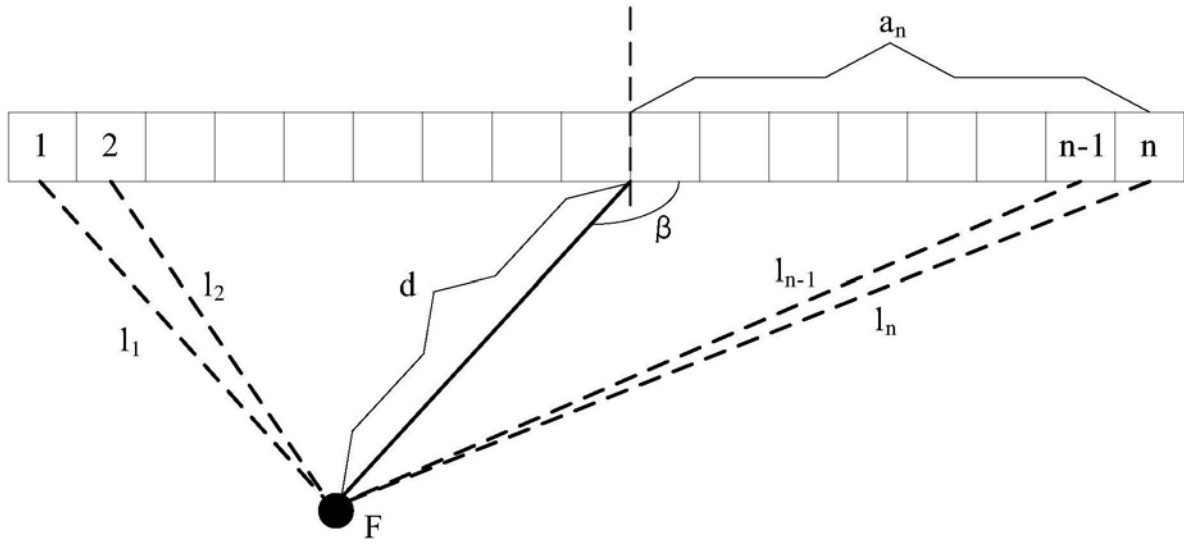


图1

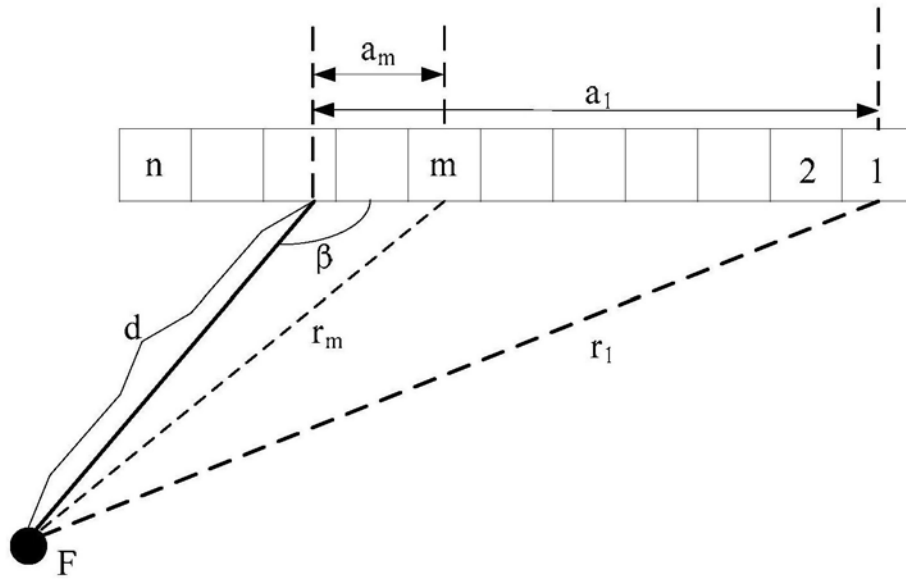


图2

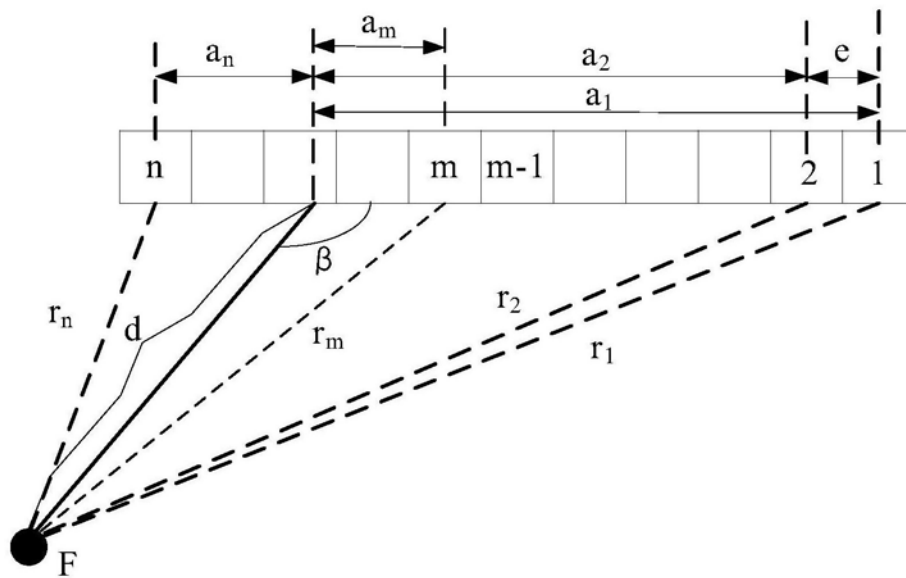


图3

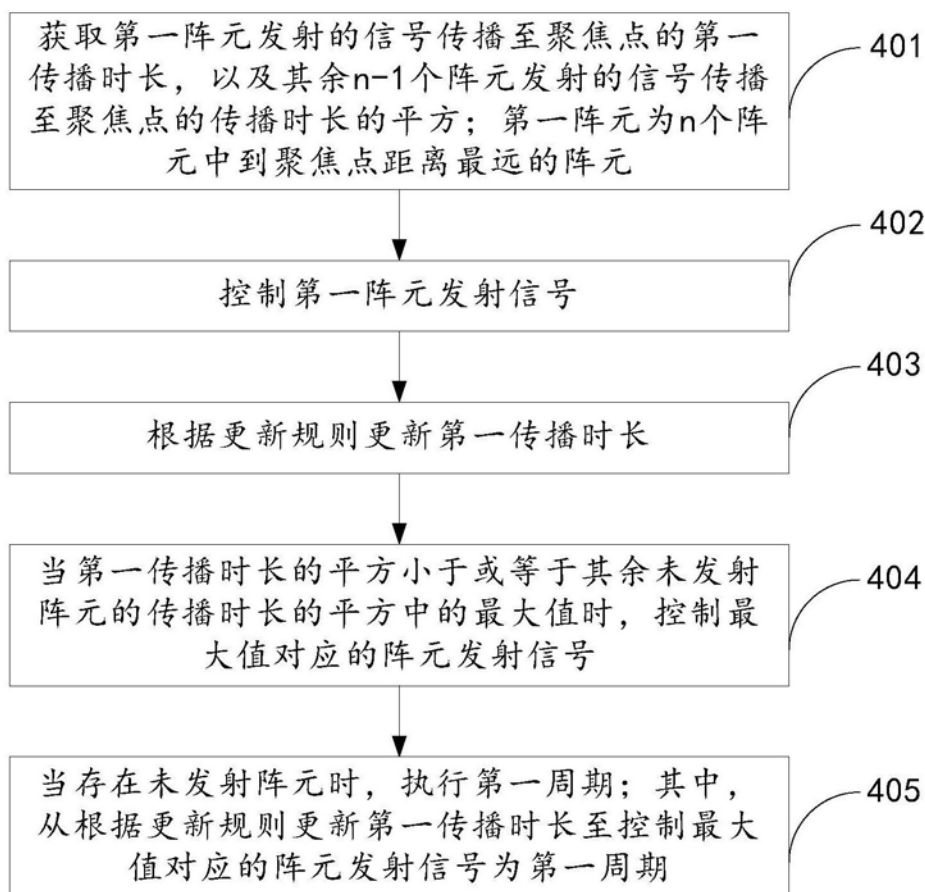


图4

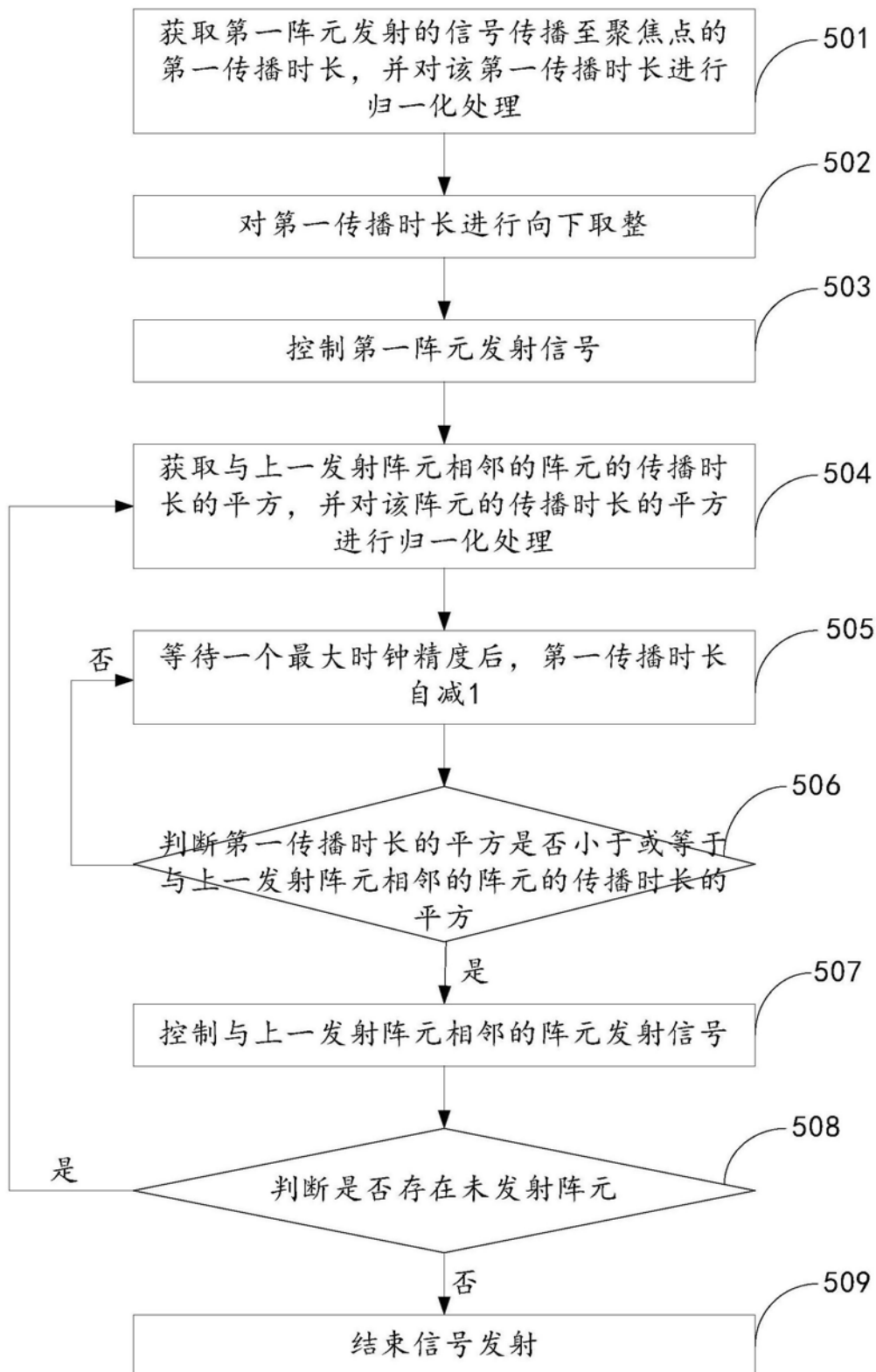


图5

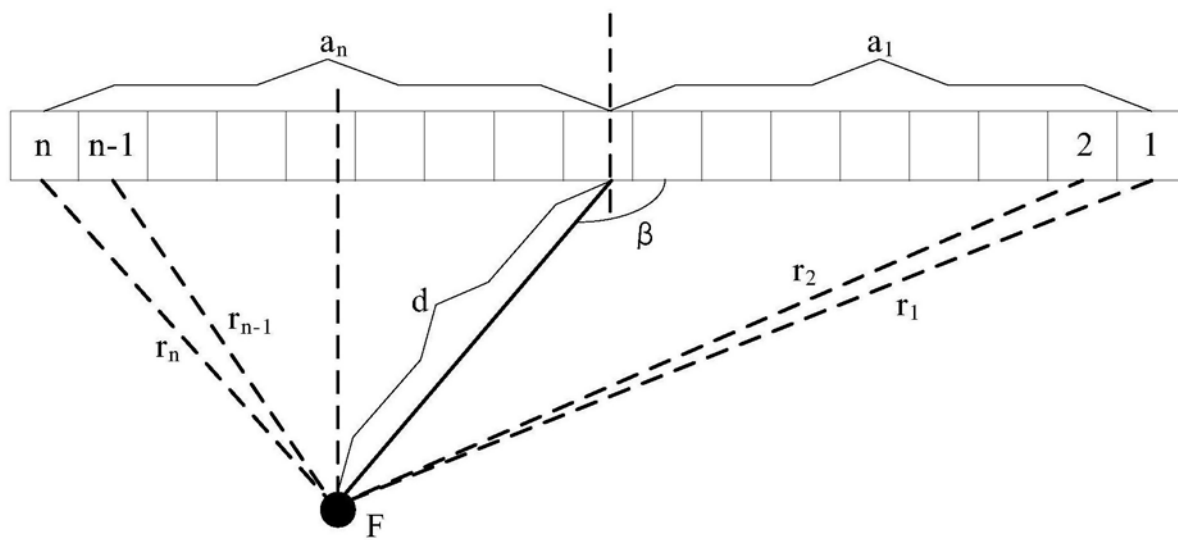


图6

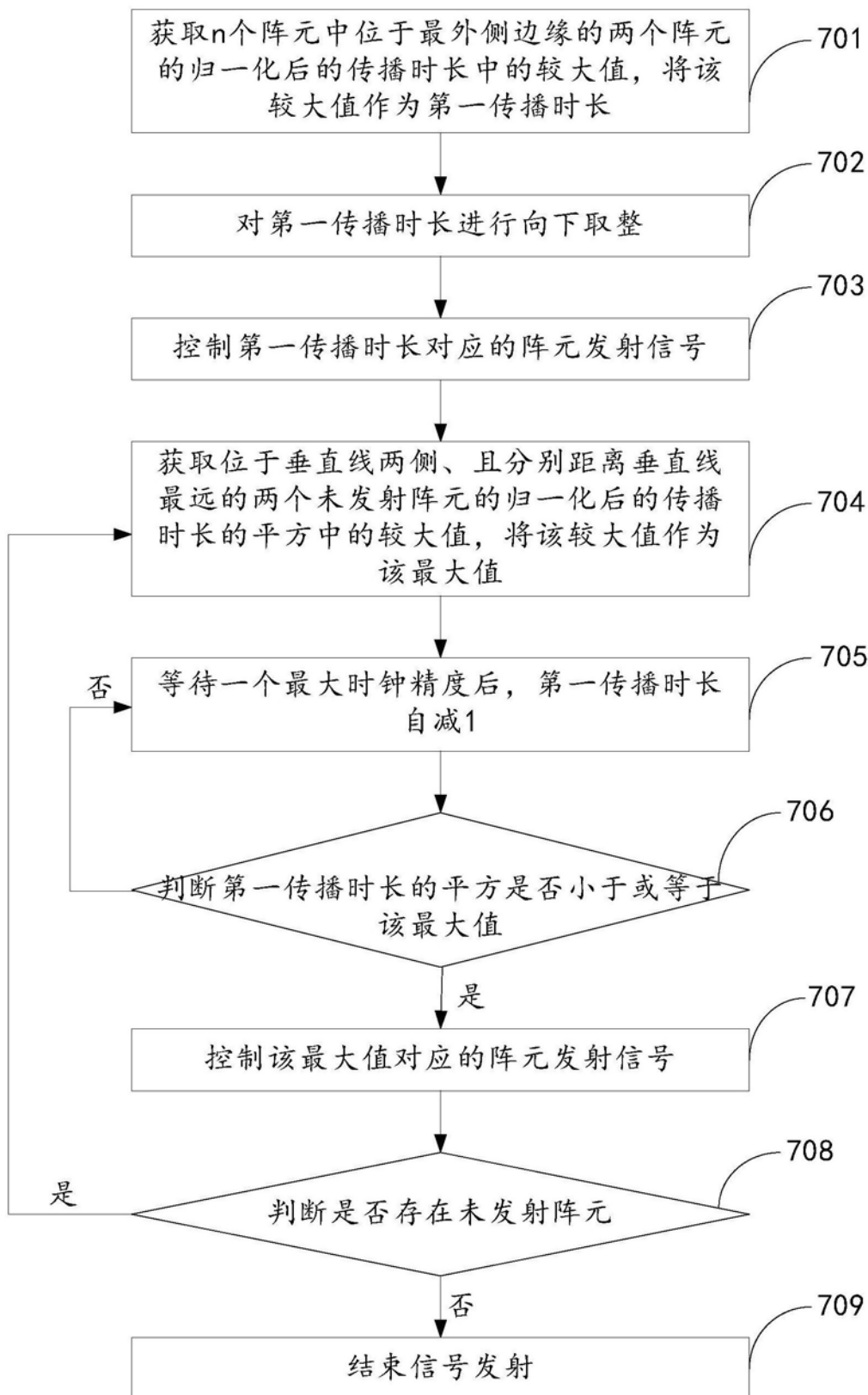


图7

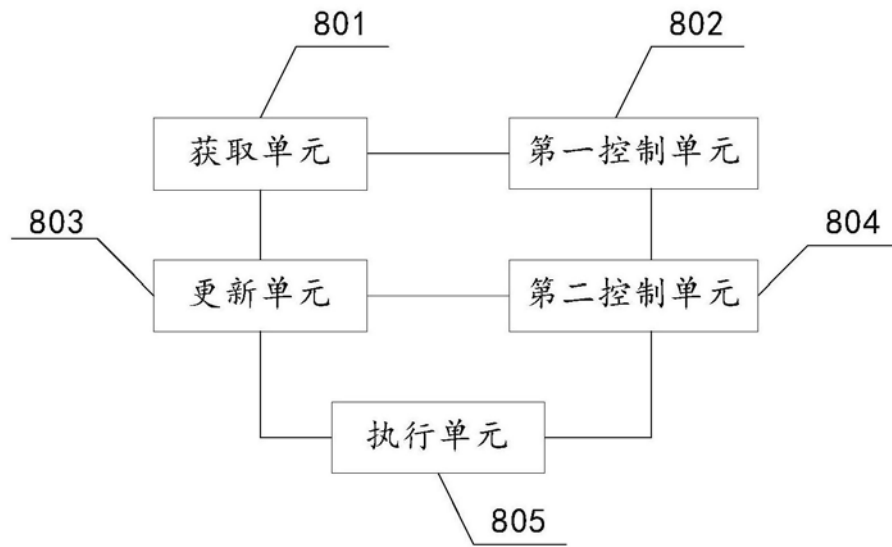


图8

专利名称(译)	一种超声探头信号延时发射的控制方法及控制装置		
公开(公告)号	CN110720947A	公开(公告)日	2020-01-24
申请号	CN201810780717.0	申请日	2018-07-16
[标]申请(专利权)人(译)	青岛海信医疗设备股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	青岛海信医疗设备股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	青岛海信医疗设备股份有限公司		
[标]发明人	谢志宇 王桂成		
发明人	谢志宇 王桂成		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/4483 A61B8/4494 A61B8/54		
代理人(译)	申健		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明实施例提供一种超声探头信号延时发射的控制方法及控制装置，涉及医用超声成像技术领域，能够解决现有技术中在实现超声探头信号延时发射的控制方法中由于计算量太大而需占用大量的计算资源的问题。控制方法包括：获取第一阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长，以及其余n-1个阵元发射的信号传播至聚焦点的传播时长的平方；控制第一阵元发射信号；根据更新规则更新第一传播时长；当第一传播时长的平方小于或等于其余未发射阵元的传播时长的平方中的最大值时，控制最大值对应的阵元发射信号；当存在未发射阵元时，执行第一周期；其中从根据更新规则更新第一传播时长至控制最大值对应的阵元发射信号为第一周期。本发明用于超声系统。

