

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810105757.1

[51] Int. Cl.

G01N 29/00 (2006.01)

G01N 29/36 (2006.01)

G01N 29/04 (2006.01)

G01B 17/00 (2006.01)

G03B 42/06 (2006.01)

A61B 8/00 (2006.01)

[43] 公开日 2009 年 4 月 8 日

[11] 公开号 CN 101403726A

[22] 申请日 2008.4.30

[21] 申请号 200810105757.1

[71] 申请人 硕德（北京）科技有限公司

地址 100107 北京市朝阳区北苑路红军营南路天朗园(傲城融富中心)A座2506室

[72] 发明人 彭 春 王 敏 香 勇 彭 波

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 4 页

[54] 发明名称

空间多波束并行合成相控阵超声检测快速分部算法

[57] 摘要

本发明的目的就是提供一种相控阵超声检测多波束并行合成实现算法的新方法——快速分部算法。采用空间多波束并行合成技术可以形成指定方向上所需的多条扫描波束，从而提高侧向空间分辨率，从而改善检测成像的效果。但其常规延时叠加算法实现开销较大，对检测成像的实时性有严重影响，为进一步提高多波束并行合成的实时性，提出了基于分部级联实现的快速分部算法，使运算量明显降低从而获得系统成像实时性。

1、 一种相控阵超声波检测多波束并行合成技术,其特征是:相控阵超声单次发射聚焦扫描后,接收时并行进行多次虚拟聚焦扫描。

2、 如权利要求1所述的相控阵超声波检测多波束并行合成技术,其特征是:根据设定的多波束并行合成参数,基于分部级联的方法进行延时叠加算法实现。

空间多波束并行合成相控阵超声检测快速分部算法

技术领域

本发明涉及超声波检测技术，尤其是相控阵超声检测波束合成方法。

背景技术

超声检测时往往需要对物体内部某一区域进行成像，为此，必须进行声束扫描。常规相控阵超声检测是通过控制换能器阵中各个阵元激励(或接收)脉冲的时间延迟，改变由各阵元发射(或接收)声波到达(或来自)物体内部某点时的相位关系，实现聚焦点和声束方位的变化，从而完成相控波束合成，形成成像扫描线技术，原理如图1所示。

空间多波束并行合成就是对于给定的聚焦点或偏转方向相控阵超声单次发射聚焦扫描后，接收时并行进行多次虚拟聚焦扫描；而且多次虚拟聚焦接收是在与发射聚焦的物理聚焦声轴附近的扫描线方向进行的；从而将接收聚焦由线扩展到空间。空间多波束并行合成技术可以有效的提高空间侧向分辨率，改善检测成像的质量。

相控阵检测中波束合成的常规算法就是延时叠加波束合成算法，其原理如图2(a)。设阵元中心间距为 d ，换能器孔径为 D ，聚焦点为 P ，焦距为 F ，媒质声速为 C 。根据几何声程差，可以计算出为使各阵元发射声波在 P 点聚焦，第 n 个阵元所需激励信号延迟时间应为：

$$\tau_n = \frac{F}{C} \left\{ 1 - \left[1 + \left(\frac{nd}{F} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} + \tau_0 \quad (1)$$

式中： n —阵元序号；

τ_0 —为一个足够大的时间常数，目的是为了避开 τ_n 出现负的延迟时间。

接收聚焦如图2(b)所示,它是一个和发射聚焦互逆的过程,同样遵守几何聚焦延迟规律。各阵元接收回波信号,按设计的聚焦延迟量进行延迟,然后相加。数学描述为:

$$y_j(t) = \sum_{n=1}^N w_n x_{jn}(t - \tau_{jn}) \quad t \in [t_1, t_2] \quad (2)$$

式中: τ_n 为各阵元相应的接收聚焦所需相位延时;

w_n 为加权系数,用来实现幅度加权变迹;

$x_{jn}(t)$ 为各阵元接收信号;

$y_j(t)$ 为合成后波束;

若以单次发射和接收聚焦波束合形成扫描线,则 t 的取值只要在检测空间内即可;若是以单发多收或多发多收为基础波束合形成扫描线,则 t 的取值应在焦域附近,具体取值取决于侧向分辨率。

在空间多波束并行合成中,首先需要分别确定侧向并行系数,并计算出相应的轴向最小聚焦间距,然后结合空间分辨率要求设定合适的聚焦间距,从而得出对所设定的焦点位置聚焦对应的接收延时进行波束合成。

算法可以如下描述:

- (1) 根据系统数据处理能力和实时性要求,确定波束合成的侧向并行系数;
- (2) 由设定的并行系数计算出相应侧向聚焦间距 h_i ;
- (3) 根据阵列参数和聚焦位置,计算由聚焦声束决定的最高空间分辨率即相应最小侧向聚焦间距 h_r ;
- (4) 判断是否满足 $h_i > h_r$,如满足继续;否则需要调整系统需求,从(1)重新开始;
- (5) 在检测空间以所得到的聚焦间距 h_i 进行多次接收聚焦;
- (6) 侧向波束合形成空间成像扫描线。

发明内容

解决问题：假设N阵元线阵列要在检测平面内利用空间多波束并行合成技术在某个扫描方向并行形成M条扫描线（并行系数等于M），则需要 $N \times M$ 次发射聚焦和接收的延时叠加操作。若扩展至一定角度的扫描区域，则计算量会成倍增加，在对成像实时性要求较高情况下，将无法同时满足实时性和分辨率需求。因此，我们考虑如何提高多波束并行合成算法。

技术方案：为实现以上目的，本发明特提出以下技术方案：

一种相控阵超声波检测多波束并行合成技术，其特征是：相控阵超声单次发射聚焦扫描后，接收时并行进行多次虚拟聚焦扫描。

根据设定的多波束并行合成参数，基于分部级联的方法进行延时叠加算法实现。对于给定的聚焦点或偏转方向，进行单次聚焦发射，多次虚拟聚焦接收的轴向并行波束合成。

技术效果：相对与常规延时叠加算法，运算量降低了 $M / \log M$ 倍，从而提高并行波束合成的速度。

具体实施方式

参考借鉴频域快速傅立叶变换的原理——分部级联实现的方法，我们将侧向并行波束合成的过程也进行分部级联实现，从而得到了快速分部算法。

一个波束方向就需要N次延时叠加操作，N为阵元个数。在侧向并行系数为 α_i 情况下，一次发射聚焦所得数据将进行 α_i 次并行的侧向接收虚拟聚焦，我们采用分部模型来实现。下面以扇扫为例来阐述快速分部算法，为了叙述方便，变量定义如下：

I ——分部处理级数；

N_{ei} ——第 i 级每组阵元个数；

N_{bi} ——第 i 级每组合成波束个数；

N_{gi} ——第 i 级分组数；

N_{elem} ——阵元总数，等于 N_{e1} ;

N_{beam} ——最终合成波束总数，等于 N_{b1}

$b_j(g,i)$ ——第 i 级中第 g 组合成的第 j 个合成波束;

θ_{min} 、 θ_{max} ——并行波束合成范围所定义的角度;

在不失一般性的前提下，为了讨论的方便我们设定阵元数为偶数、最终形成的波束为奇数，发射聚焦点在阵列中线某位置，且 $\theta_{min} = -\theta_{max}$ 。分部模型如图3所示，第一阶段各变量取值： $N_{elem} = 16$ ， $N_{e1} = 2$ ， $N_{b1} = 3$ ，分组数 $N_{g1} = N_{elem} / N_{e1} = 8$ 。

随着后续步骤的进行，分组数逐级减少一半，合成波束数逐级增大，直到最后分组数为1，合成波束数等于 N_{beam} 。所以第 i 级合成波束数为：

$$N_{bi} = \begin{cases} N_{b1} & i=1 \\ 2N_{b(i-1)} - 1 = 2^{i-1}(N_{b1}-1)+1 & i=2\dots I \end{cases} \quad (3)$$

第 i 级每组阵元数为：

$$N_{ei} = \begin{cases} N_{e1} & i=1 \\ 2N_{e(i-1)} - 1 = 2^{i-1}(N_{e1}-1)+1 & i=2\dots I \end{cases} \quad (4)$$

级数为：

$$I = \log_2(N_{elem} / N_{e1}) + 1 \quad (5)$$

最终合成波束数为：

$$N_{beam} = (N_{elem} / N_{e1})(N_{b1}-1)+1 \quad (6)$$

分组数为：

$$N_{gi} = N_{g(i-1)} / 2 \quad (7)$$

各级处理单元实际上也是各级波束合成单元，计算与偏转角度相应的延时叠加。第一级处理单元如图5所示，实质和传统的延时叠加算法一样。只是将大阵列分解成相邻的若干组来分别实现。

各级处理延时叠加所需的相位延序列由所合成的波束方向决定，而各级波束合成方向如图4图所示。最终使得波束合成形成的成像扫描线均匀分布在所设

定的检测平面内。

以此为基础，后续各级处理单元内容相同，只是输入输出不同而已，第 i 级第 8 组处理单元如图6所示。后续处理单元都由两种基本单元组成，一种是无需插补(NIB)，另外一种是基于插补(IB)。NIB单元需要前级相邻两组各出一个输入波束，这两波束具有相应的偏转方向信息，将其延时叠加合成新的声束；而每个IB单元则需要前级相邻两组的相邻两个声束，进行插补后进行延时叠加合成新的波束，这个过程如图7所示。

在算法所需运算量方面，整个过程所需延时叠加操作步骤从 $N_{\text{elem}} \times N_{\text{beam}}$ 次降低到 $N_{\text{elem}} \log N_{\text{beam}}$ 次，这样就可以减少运算量，加快波束合成的速度。

附图说明

图1 相控阵超声检测聚焦和偏转

图2 相控聚焦原理示意图图(a) 发射聚焦，图(b) 接收聚焦

图3 快速分部算法框图

图4 各级波束合成

图5 第一级处理单元框图

图6 第 i 级处理单元框图

图7 延时叠加基本单元



图 1

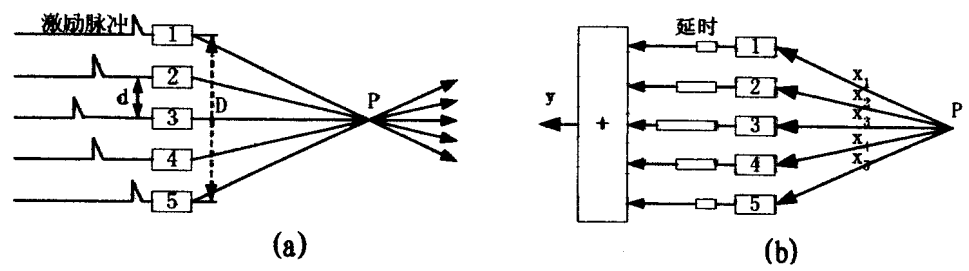


图 2

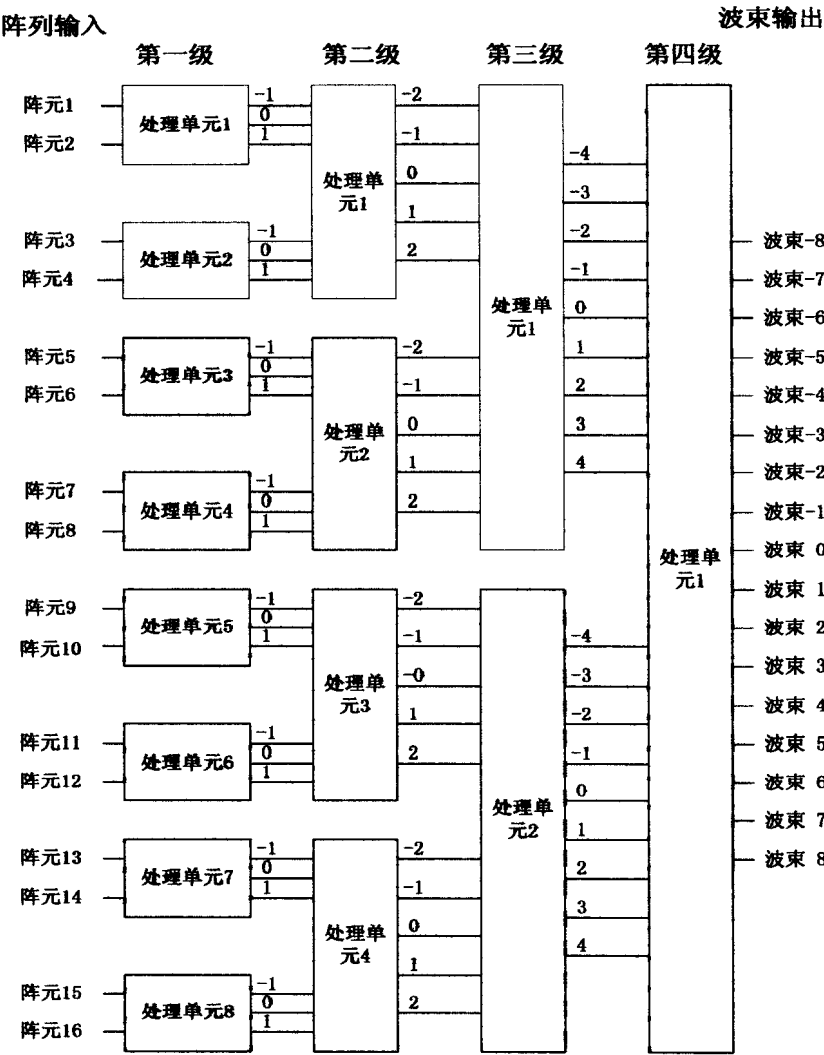


图 3

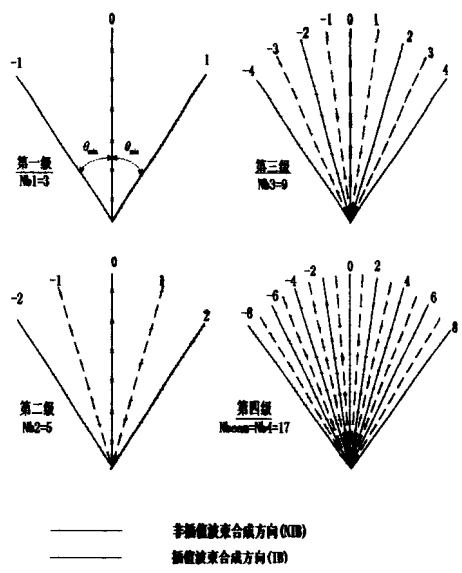


图 4

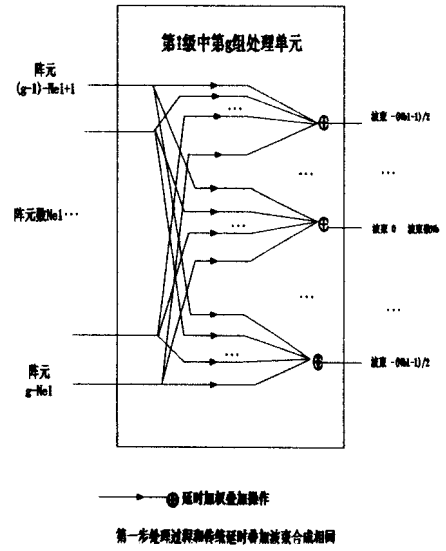


图 5

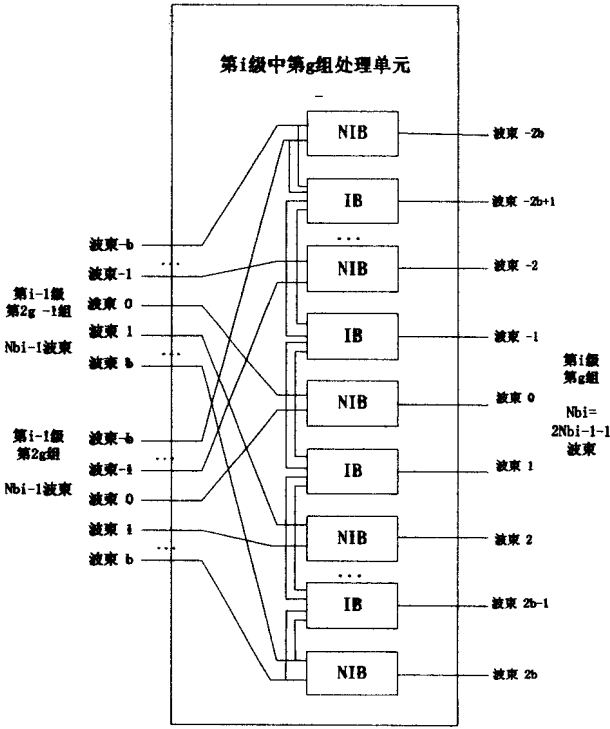


图 6

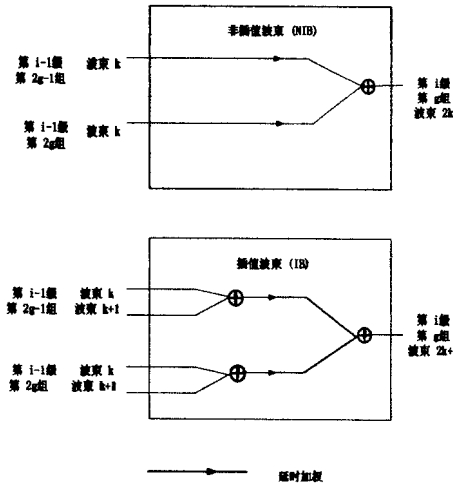


图 7

专利名称(译)	空间多波束并行合成相控阵超声检测快速分部算法		
公开(公告)号	CN101403726A	公开(公告)日	2009-04-08
申请号	CN200810105757.1	申请日	2008-04-30
[标]申请(专利权)人(译)	硕德(北京)科技有限公司		
申请(专利权)人(译)	硕德(北京)科技有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	硕德(北京)科技有限公司		
[标]发明人	彭春 王敏 香勇 彭波		
发明人	彭春 王敏 香勇 彭波		
IPC分类号	G01N29/00 G01N29/36 G01N29/04 G01B17/00 G03B42/06 A61B8/00		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明的目的就是提供一种相控阵超声检测多波束并行合成实现算法的新方法——快速分部算法。采用空间多波束并行合成技术可以形成指定方向上所需的多条扫描波束，从而提高侧向空间分辨率，从而改善检测成像的效果。但其常规延时叠加算法实现开销较大，对检测成像的实时性有严重影响，为进一步提高多波束并行合成的实时性，提出了基于分部级联实现的快速分部算法，使运算量明显降低从而获得系统成像实时性。

$$c_n = \frac{F}{C} \left\{ 1 - \left[1 + \left(\frac{nd}{F} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} + c_0 \quad (1)$$