

[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 200610061969.5

[51] Int. Cl.

A61B 8/00 (2006.01)

G06F 7/544 (2006.01)

G01S 7/52 (2006.01)

G01S 15/89 (2006.01)

[43] 公开日 2008 年 2 月 6 日

[11] 公开号 CN 101116622A

[22] 申请日 2006.8.2

[21] 申请号 200610061969.5

[71] 申请人 深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司
地址 518057 广东省深圳市南山区高新技术产业园区科技南十二路迈瑞大厦

[72] 发明人 胡勤军 康小刚 蒋 勇

[74] 专利代理机构 深圳市睿智专利事务所
代理人 王志明 陈鸿荫

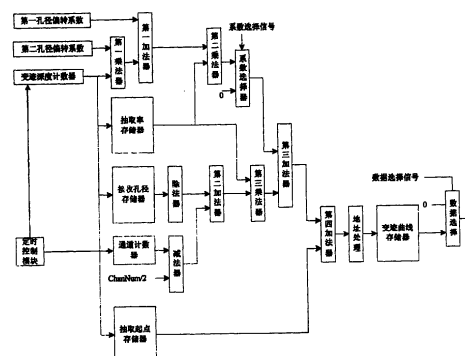
权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图 3 页

[54] 发明名称

波束合成的接收变迹参数的实时计算方法及其装置

[57] 摘要

一种波束合成的接收变迹参数的实时计算方法和装置，所述装置作为一个独立附件接入超声成像系统的接收波束合成模块的信号输入端，包括：第一至第三乘法器、第一至第四加法器、减法器、除法器、抽取率存储器、接收孔径存储器、抽取起点存储器、预置变迹曲线存储器、变迹深度计数器、通道计数器、系数选择器、数据选择器、地址处理器和定时控制模块。变迹参数的实时计算包括：在系统内预置一条长度为 N 的预置的变迹参照曲线，对所述预置的变迹参照曲线按深度进行不同起点，不同抽取率的抽取，抽取结果作为各信号接收处理通道不同深度的变迹曲线。采用本发明的技术方案能节省系统的存储器资源，系统切换探头时装载参数的速度较快。



1、一种波束合成的接收变迹参数的实时计算方法，其特征在于该方法执行如下步骤：

- a. 探头各阵元接收来自接收线的反射回波信号；
- b. 所述探头各阵元把接收到的反射回波信号送入各自的信号接收处理通道进行放大处理和模数转换；
- c. 经模数转换后的各通道数字化回波数据分别被送入 FIFO 存储器；
- d. 变迹参数实时计算装置实时计算生成各通道 FIFO 存储器的数字化回波信号的变迹参数；
- e. 接收波束合成模块调用变迹参数实时计算装置产生的变迹参数进行波束合成。

2、根据权利要求 1 所述的波束合成的接收变迹参数的实时计算方法，其特征在于：在步骤 d 中实时计算所述变迹参数包括如下步骤：

- a. 在系统内预置一条长度为 N 的函数，如高斯窗或汉明窗作为变迹参照曲线；
- b. 根据预设的参数对所述预置的变迹参照曲线按深度进行不同起点，不同抽取率的抽取，抽取结果作为各信号接收处理通道不同深度的变迹曲线。

3、根据权利要求 2 所述的波束合成的接收变迹参数的实时计算方法，其特征在于：利用所述变迹参照曲线的对称特性，在系统内只保存左半部分或右半部分的 $N/2$ 点。

4、根据权利要求 2 或 3 所述的波束合成的接收变迹参数的实时计算方法，其特征在于：为保证所需的计算精度，所述 N 应大于 32，所述 N 的一个典型值为 1024。

5、根据权利要求 3 所述的波束合成的接收变迹参数的实时计算方法，其特征在于：利用所述变迹参照曲线抽取不同深度的变迹参数时，首先判断对应阵元是否在孔径以内，孔径以外的变迹系数为 0，孔径以内的阵

元从 $StartP_j$ 开始抽取, 抽取率为 Δn_j , j 为不同的接收深度, 孔径以内的变迹系数 $Rapo_{j,n}$ 用下式计算:

$$Rapo_{j,n} = \begin{cases} Win(P_{j,n}) & n \text{ 在接收孔径内} \\ 0 & n \text{ 在接收孔径外} \end{cases}$$

其中 $P_{j,n} = StartP_j + (n - ChanNum / 2 + Aper_j / 2) * \Delta n_j + Offset_j$

if ($P_{j,n} > N/2 - 1$) $P_{j,n} = N - 1 - P_{j,n}$

$Offset_j = -Fx_j / d * \Delta n_j$ d 为阵元间距

$$Fx_j = Fx_{j-1} + \Delta Fx = Fx_0 + j * \Delta Fx, \quad ,$$

上式中 $Win(P_{j,n})$ 为预置的变迹参数曲线, $Aper_j$ 为接收孔径大小, $StartP_j$ 为不同变迹深度下接收孔径内的变迹曲线抽取的起点值, ΔFx 是指两个变迹曲线发生变化的接收焦点之间的横坐标的间距, j 为深度, n 为阵元序号, 对接收通道为 $ChanNum$ 的系统, n 的取值范围为 $0 \sim ChanNum-1$ 。

6、根据权利要求 5 所述的波束合成的接收变迹参数的实时计算方法, 其特征在于该实时计算方法的硬件实现方式包括如下过程:

预先把各有关参数存入各存储器, 即把变迹曲线抽取率值 Δn_j 存入抽取率存储器, 接收孔径大小 $Aper_j$ 存入接收孔径存储器, 不同变迹深度下接收孔径内的变迹曲线抽取的起点值 $StartP_j$ 存入抽取起点存储器, 归一化后变迹参照曲线的左半部分存入变迹曲线存储器, 则实时计算所述接收变迹参数包括如下步骤:

i、在定时控制模块的控制下, 变迹深度计数器按照变迹变化的时间间隔进行加 1 计数;

ii、所述变迹深度计数器把其计数值分别赋予抽取率存储器、接收孔径存储器和抽取起点存储器作为它们的读地址并分别从所述抽取率存储器读取该变迹深度下的抽取率参数 Δn_j , 从所述接收孔径存储器中读取该变迹深度下的接收孔径参数 $Aper_j$, 从所述抽取起点存储器中读取该变迹深度下的抽取起点参数 $StartP_j$;

iii、所述第二孔径偏转参数 $\Delta Fx/d$ 与变迹深度计数值经过第一乘法器相乘, 得到的结果再与第一孔径偏转参数 Fx_0/d 经过第一加法器相加得

到该变迹深度下的因子 Fx_j/d ，然后与所述抽取率参数 Δn_j 在第二乘法器处相乘，相乘的结果就是在此模式下的偏移量 $Offset_j$ ；

iv、如果与所述通道计数器的计数值对应的通道在接收孔径 $Aper_j$ 之内，则系数选择信号选择第二乘法器计算输出偏移量；如果与所述通道计数器的计数值对应的通道在接收孔径 $Aper_j$ 之外，则系数选择信号选择第二乘法器计算输出0，该选择控制在系数选择器处实现；

v、该深度下的接收孔径值从接收孔径存储器中读出后除以2，相除后的结果与通道计数器的计数值减去 $ChanNum/2$ 的结果在第二加法器处相加，相加后的结果在第三乘法器处乘以抽取率 Δn_j ，相乘的结果即为因子 $(n-ChanNum/2+Aper_j) * \Delta n_j$ ；

vi、经过第三加法器与第四加法器将偏移量 $Offset_j$ 、抽取起点 $StartP_j$ 和因子 $(n-ChanNum/2+Aper_j) * \Delta n_j$ 相加，得到在变迹深度 j 通道 n 的抽取坐标，该抽取坐标对应因子 $P_{j,n}$ ，该抽取坐标在地址处理模块中进行地址处理，如果抽取坐标 $P_{j,n}$ 大于变迹曲线长度的一半，即 $N/2$ 时，地址取坐标取 $N-1-P_{j,n}$ ；如果抽取坐标小于等于变迹曲线长度的一半，地址取 $P_{j,n}$ ；

vii、地址处理模块输出的地址用做变迹曲线存储器的读地址，读出来的数据经过一个数据选择模块，如果该通道在接收孔径内，数据选择信号选择存储器数据输出，该地址读出来的数据就是该变迹深度 j 通道 n 的变迹参数值；如果该通道在接收孔径外，数据选择信号选择0数据，则在该变迹深度 j 下该通道 n 的变迹参数值为0；

viii、定时控制模块在变迹深度 j 时控制通道计数器以1的时间间隔从通道0计数到通道 $ChanNum-1$ ，循环执行步骤i至步骤viii从而获得 $ChanNum$ 个通道的变迹参数实时计算。

7、根据权利要求6所述的波束合成的接收变迹参数的实时计算方法，其特征在于：所述接收通道数 $ChanNum$ 取值范围为1至512，其典型值为32、64或128。

8、一种波束合成的接收变迹参数的实时计算装置，该装置作为一个

独立附件接入超声成像系统的接收波束合成模块的信号输入端，其特征在于所述计算装置包括：

第一至第三乘法器、第一至第四加法器、减法器、除法器、抽取率存储器、接收孔径存储器、抽取起点存储器、变迹曲线存储器、变迹深度计数器、通道计数器、系数选择器、数据选择器、地址处理器和定时控制模块：

所述定时控制模块的信号输出端分别连接所述通道计数器和变迹深度计数器，所述变迹深度计数器将其计数值分别送给抽取率存储器、接收孔径存储器和抽取起点存储器，所述第一乘法器的输入端连接第二孔径偏转参数 $\Delta F_x/d$ 与变迹深度计数器，其输出值与第一孔径偏转参数 F_{x0}/d 一起被送入所述第一加法器；

所述第二乘法器的输入端分别连接第一加法器和抽取率存储器的输出端，其输出端连接系数选择器；所述除法器的输入端接所述接收孔径存储器，其输出端接所述第二加法器；所述减法器把所述通道计数器的计数值减去 $\text{ChanNum}/2$ ，其输出数值被送入所述第二加法器；

所述第三乘法器的输入端分别连接第二加法器和抽取率存储器的输出端，其输出端与系数选择器的输出端一起连接第三加法器，所述第三加法器的输出与抽取起点存储器的输出在第四加法器处相加，被送入所述地址处理模块中进行地址处理，地址处理模块输出的地址用做所述变迹曲线存储器的读地址，读出来的数据经过所述数据选择模块，该数据选择模块输出变迹深度 j 通道 n 的变迹值。

波束合成的接收变迹参数的实时计算方法及其装置

技术领域

本发明涉及本发明涉及医用超声波诊断系统中数字波束的合成，尤其涉及旨在节省系统存储器资源的在接收进程中波束合成变迹参数的实时计算方法及其装置。

背景技术

超声成像设备中，变迹系数是波束合成不可缺少的一个参数。对于绝大多数超声成像系统，都采取把变迹参数提前算好并存储在硬件存储器的方式。由于变迹系数是一个随接收波束深度变化而变化的量，对于线阵梯形扫描及相控阵扫描，变迹系数还和接收线位置相关，所以这些变迹系数的总量可能有几十Mbit，甚至更多。这样必然导致系统要增加额外的存储器，造价变高，另外在切换探头时载入新参数需要的时间也较长，不方便使用。

美国 6,123,671 号专利公开了不同阵元如何从预存的变迹参数读取出对应变迹值的方法，但没有涉及变迹参数的实时计算，由于存储的变迹参数和深度相关，美国 6,123,671 号专利方案仍然要耗费较大的存储空间，从该专利的内容来看，仅适用于凸阵和线阵垂直发射，因此美国 6,123,671 号专利方法的适用面受到一定的限制。

硬件实时参数计算也许是一种解决机制。超声成像以扫描线为基本单位，只需要预存少量参数，并在每条扫描线发射接收前写入几个控制参数，即可以在接收期间由硬件自动生成所需的变迹参数，这将大大节省系统的存储器资源。

发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种在波束合成中实时计算变迹参数的方法及其实现该方法的硬件装置。

本发明采用如下技术方案：

设计一种波束合成的接收变迹参数的实时计算方法，该方法执行如下步骤：

- a. 探头各阵元接收来自接收线的反射回波信号；
- b. 所述探头各阵元把接收到的反射回波信号送入各自的信号接收处理通道进行放大处理和模数转换；
- c. 经模数转换后的各通道数字化回波数据分别被送入 FIFO 存储器；
- d. 变迹参数实时计算装置实时计算生成各通道 FIFO 存储器的数字化回波信号的变迹参数；
- e. 接收波束合成模块调用变迹参数实时计算装置产生的变迹参数进行波束合成。

在上述步骤 d 中实时计算所述变迹参数包括如下步骤：

- a. 在系统内预置一条长度为 N 的函数，如高斯窗或汉明窗作为变迹参照曲线；
- b. 根据预设的参数对所述预置的变迹参照曲线按深度进行不同起点，不同抽取率的抽取，抽取结果作为各信号接收处理通道不同深度的变迹曲线。

利用所述变迹参照曲线的对称特性，在系统内只保存左半部分或右半部分的 N/2 点。为保证所需的计算精度，所述 N 应大于 32，N 的一个典型值为 1024。

利用所述变迹参照曲线抽取不同深度的变迹参数时，首先判断对应阵元是否在孔径以内，孔径以外的变迹系数为 0，孔径以内的阵元从 $StartP_j$ 开始抽取，抽取率为 Δn_j ，j 为代表不同的接收深度，孔径以内的变迹系数 $Rap_{j,n}$ 用下式计算：

$$Rap_{j,n} = \begin{cases} Win(P_{j,n}) & n \text{ 在接收孔径内} \\ 0 & n \text{ 在接收孔径外} \end{cases}$$

其中 $P_{j,n} = StartP_j + (n - ChanNum / 2 + Aper_j / 2) * \Delta n_j + Offset_j$

if $(P_{j,n} > N/2 - 1)$ $P_{j,n} = N - 1 - P_{j,n}$

$Offset_j = -Fx_j / d * \Delta n_j$ d 为阵元间距

$$Fx_j = Fx_{j-1} + \Delta Fx = Fx_0 + j * \Delta Fx \quad ,$$

上式中 $Win(P_{jn})$ 为具有正态分布的函数, $Aper_j$ 为接收孔径大小, $Starp_j$ 为不同变迹深度下接收孔径内的变迹曲线抽取的起点值, ΔFx 是指两个变迹曲线发生变化的接收焦点之间的横坐标的间距, j 为深度, n 为阵元序号, 对接收通道为 $ChanNum$ 的系统, n 的取值范围为 $0 \sim ChanNum-1$ 。

上述实时计算方法的硬件实现方式包括如下过程:

预先把各有关参数存入各存储器, 即把变迹曲线抽取率值 Δn_j 存入抽取率存储器, 接收孔径大小 $Aper_j$ 存入接收孔径存储器, 不同变迹深度下接收孔径内的变迹曲线抽取的起点值 $Starp_j$ 存入抽取起点存储器, 归一化后变迹参照曲线的左半部分存入变迹曲线存储器, 则实时计算所述接收变迹参数包括如下步骤:

i、在定时控制模块的控制下, 变迹深度计数器按照变迹变化的时间间隔进行加 1 计数;

ii、所述变迹深度计数器把其计数值分别赋予抽取率存储器、接收孔径存储器和抽取起点存储器作为它们的读地址并分别从所述抽取率存储器读取该变迹深度下的抽取率参数 Δn_j , 从所述接收孔径存储器中读取该变迹深度下的接收孔径参数 $Aper_j$, 从所述抽取起点存储器中读取该变迹深度下的抽取起点参数 $StartP_j$;

iii、所述第二孔径偏转参数 $\Delta Fx/d$ 与变迹深度计数值经过第一乘法器相乘, 得到的结果再与第一孔径偏转参数 Fx_0/d 经过第一加法器相加得到该变迹深度下的因子 Fx_j/d , 然后与所述抽取率参数 Δn_j 在第二乘法器处相乘, 相乘的结果就是在此模式下的偏移量 $Offset_j$;

iv、如果与所述通道计数器的计数值对应的通道在接收孔径 $Aper_j$ 之内, 则系数选择信号选择第二乘法器计算输出偏移量; 如果与所述通道计数器的计数值对应的通道在接收孔径 $Aper_j$ 之外, 则系数选择信号选择第二乘法器计算输出 0, 该选择控制在系数选择器处实现;

v、该深度下的接收孔径值从接收孔径存储器中读出后除以 2, 相除后的结果与通道计数器的计数值减去 $ChanNum/2$ 的结果在第二加法器处

相加，相加后的结果在第三乘法器处乘以抽取率 Δn_j ，相乘的结果即为因子 $(n - \text{ChanNum}/2 + \text{Aper}_j) * \Delta n_j$ ；

vi、经过第三加法器与第四加法器将偏移量 Offset_j 、抽取起点 StartP_j 和因子 $(n - \text{ChanNum}/2 + \text{Aper}_j) * \Delta n_j$ 相加，得到在变迹深度 j 通道 n 的抽取坐标，该抽取坐标对应因子 $P_{j,n}$ ，该抽取坐标在地址处理模块中进行地址处理，如果抽取坐标 $P_{j,n}$ 大于变迹曲线长度的一半，即 $N/2$ 时，地址取坐标取 $N-1-P_{j,n}$ ；如果抽取坐标小于等于变迹曲线长度的一半，地址取 $P_{j,n}$ ；

vii、地址处理模块输出的地址用做变迹曲线存储器的读地址，读出来的数据经过一个数据选择模块，如果该通道在接收孔径内，数据选择信号选择存储器数据输出，该地址读出来的数据就是该变迹深度 j 通道 n 的变迹参数值；如果该通道在接收孔径外，数据选择信号选择0数据，则在该变迹深度 j 下该通道 n 的变迹参数值为0；

viii、定时控制模块在变迹深度 j 时控制通道计数器以1的时间间隔从通道0计数到通道 $\text{ChanNum}-1$ ，循环执行步骤i至步骤viii从而获得 ChanNum 个通道的变迹参数实时计算。

所述接收通道数 ChanNum 取值范围为1至512，其典型值为32、64或128。

本发明采用的技术方案还包括一种波束合成的接收变迹参数的实时计算装置，该装置作为一个独立附件接入超声成像系统的接收波束合成模块的信号输入端，其特征在于所述计算装置包括：

第一至第三乘法器、第一至第四加法器、减法器、除法器、抽取率存储器、接收孔径存储器、抽取起点存储器、变迹曲线存储器、变迹深度计数器、通道计数器、系数选择器、数据选择器、地址处理器和定时控制模块：

所述定时控制模块的信号输出端分别连接所述通道计数器和变迹深度计数器，所述变迹深度计数器把其计数值分别送给抽取率存储器、接收孔径存储器和抽取起点存储器，所述第一乘法器的输入端连接第二孔

径偏转参数 $\Delta Fx/d$ 与变迹深度计数器,其输出值与第一孔径偏转参数 Fx_0/d 一起被送入所述第一加法器;

所述第二乘法器的输入端分别连接第一加法器和抽取率存储器的输出端,其输出端连接系数选择器;所述除法器的输入端接所述接收孔径存储器,其输出端接所述第二加法器;所述减法器把所述通道计数器的计数值减去 $ChanNum/2$,其输出数值被送入所述第二加法器;

所述第三乘法器的输入端分别连接第二加法器和抽取率存储器的输出端,其输出端与系数选择器的输出端一起连接第三加法器,所述第三加法器的输出与抽取起点存储器的输出在第四加法器处相加,被送入所述地址处理模块中进行地址处理,地址处理模块输出的地址用做所述变迹曲线存储器的读地址,读出来的数据经过所述数据选择模块,该数据选择模块输出变迹深度 j 通道 n 的变迹值。

与现有技术相比,本发明波束合成的接收变迹参数的实时计算方法及其装置具有如下优点:在保证波束合成质量的前提下,系统需要存储的参数更少,因此节省了系统的存储器资源,系统切换探头时装载参数的速度也较快。

附图说明

图1是采用本发明装置的一个超声波成象系统的原理方框图;

图2是本发明所采用的变迹参照曲线图;

图3是本发明是超声波成象系统接收变迹系数获取方式示意图;

图4是是本发明考虑波束校正的波束合成的接收变迹参数的实时计算方法的硬件构成框图。

具体实施方式

下面将结合附图和实施例对本发明方法及其装置进行详细的说明。

图1是B型超声成像系统的原理方框图,本发明的接收变迹参数的实时计算装置在图1中作为作为一个独立附件接入超声成像系统的接收波束合成模块的信号输入端。

下面主要以64通道单波束的B型超声成像系统为例进行说明，很显然，本发明的技术方案很容易推广到其它通道数（如24、48或更多通道）以及多波束的情况。

一、波束合成原理可以用公式表示为：

$$BFecho(j) = \sum_{i=1}^n [rapo(i)(j) * A(j) * Gecho(i)(j) + rapo(i)(j) * B(j) * Gecho(i)(j+1)] \quad (1)$$

式中： $BFecho(j)$ 为波束合成结果， j 代表时间， i 为接收通道号， n 为接收孔径， $Gecho$ 为经接收粗延时调整后各通道的回波信号， A 和 B 为插值系数。 $rapo$ 即为变迹参数，从(1)式可以看出，它的作用在于给不同通道的回波以不同的权重。一般情况下，各个通道的变迹参数各不相同，并且随深度变化而变化。

在实际系统设置中，不同深度的变迹曲线（即不同通道的变迹值组成的曲线）尽管各不相同，但是都可以认为是同一条曲线（大多数情况下为高斯窗或者汉明窗）经过拉伸、压缩后的一段或者全部。基于此，本发明提出了一种基于对同一条预置曲线进行不同抽取，得到不同深度变迹曲线的方法。

变迹系数由系数预存的一条变迹曲线中抽取得到（参见图2）。预存的变迹曲线的长度为 N ，考虑到一般情况下该曲线肯定为对称曲线，因此只保存 $N/2$ 点（如图2曲线的左半部分），每点8bit。在硬件存储量许可的情况下， N 值取大一点比较好，在本发明的一个实现中， N 值取1024点。

硬件由变迹曲线抽取变迹系数时，首先判断对应阵元是否在孔径以内，孔径以外的变迹系数为0；孔径以内的阵元从 $StartP_j$ 开始抽取，抽取率为 Δn_j ，此处 j 是代表不同的接收深度。 $StartP_j$ 和 Δn_j 由软件计算好并预存在RAM中。假定变迹系数定义做 $Rapo_{j,n}$ ， j 为深度， n 为阵元序号（对接收通道为ChanNum的系统， n 取值范围是 $0 \sim ChanNum-1$ ）。 $Rapo_{j,n}$ 计算方式如下：

$$Rapo_{j,n} = \begin{cases} Win(P_{j,n}) & n \text{ 在接收孔径内} \\ 0 & n \text{ 在接收孔径外} \end{cases} \quad (2)$$

其中 $P_{j,n} = StartP_j + (n - ChanNum / 2 + Aper_j / 2) * \Delta n_j$

if ($P_{j,n} > N/2 - 1$) $P_{j,n} = N - 1 - P_{j,n}$

上式中 Win 为预存的变迹曲线, $Aper_j$ 代表深度 j 处的接收孔径。设置参数时, 通过 $Aper_j$, $StartP_j$ 和 Δn_j 保证按照式 (1) 抽取出来的变迹曲线中心点始终为最大, 并且基本对称。

式 (1) 满足凸阵和线阵垂直发射和接收的情况, 并且要求接收线起点位于接收孔径的中心。如图3中接收线L, 0为孔径中心, 接收线L的起点和0重合。

二、考虑孔径偏移

实际情况下, 接收线往往并不位于接收孔径的中心, 或者说孔径发生了偏移 (图3中接收线M, 0为孔径中心, 0' 为接收线M起点), 这时候就不能直接使用式 (1) 计算接收线M的变迹。

接收线M和接收线L主要区别在于与接收线M最接近的阵元不一样, 一般来说我们希望离接收焦点最近的阵元有最大的变迹, 只需要将式 (1) 中 $P_{j,n}$ 的计算方式变化一下即可, 式 (1) 变为:

$$Rapo_{j,n} = \begin{cases} Win(P_{j,n}) & n \text{ 在接收孔径内} \\ 0 & n \text{ 在接收孔径外} \end{cases} \quad (2)$$

其中 $P_{j,n} = StartP_j + (n - ChanNum / 2 + Aper_j / 2) * \Delta n_j + Offset_j$

if ($P_{j,n} > N/2 - 1$) $P_{j,n} = N - 1 - P_{j,n}$

$Offset_j = O'O / d * \Delta n_j$ d 为阵元间距

式 (2) 相对于式 (1), 在计算 $P_{j,n}$ 时多加了一个偏移量 $Offset_j$, 该偏移量和深度相关, 在实现时可以由软件提前计算出 $O'O / d$, 在扫描开始前写入硬件, 然后实时计算 $Offset_j$ 。式 (2) 适用于凸阵和线阵的垂直扫描。

三、偏转接收

对于相控阵和线阵梯形扫描,接收扫描线并非垂直于探头表面,(图3中接收线 N , O 为孔径中心, O' 为接收线 N 起点, α 为接收线偏转的角度)。由于接收线有一个偏转角度,所以对每一接收焦点,与其最邻近的探头阵元均不相同。所以式(2)不能适用于接收线 N 。对于接收焦点坐标位于 (Fx_j, Fz_j) 的接收焦点,变迹曲线 $Rapo_{j,n}$ 计算方式如下:

$$Rapo_{j,n} = \begin{cases} Win(P_{j,n}) & n \text{ 在接收孔径内} \\ 0 & n \text{ 在接收孔径外} \end{cases}$$

其中 $P_{j,n} = StartP_j + (n - ChanNum/2 + Aper_j/2) * \Delta n_j + Offset_j$ (3)

if $(P_{j,n} > N/2 - 1)$ $P_{j,n} = N - 1 - P_{j,n}$

$Offset_j = -Fx_j / d * \Delta n_j$ d 为阵元间距

式(1)和式(2)都可以统一到式(3)中,对于式(1), Fx_j 始终为0,对于式(2), Fx_j 深度不变,始终为 OO' ,而更广泛的情况, Fx_j 随深度发生变化。

Fx_j 的值可以由硬件实时计算。计算方法为:

$$Fx_j = Fx_{j-1} + \Delta Fx = Fx_0 + j * \Delta Fx \quad (4)$$

ΔFx 是指两个变迹曲线发生变化的接收焦点之间的横坐标间距(参见图3),因为变迹曲线产生变化的时间间隔是固定的,所以 ΔFx 也是个定值。

式(3)中,计算 $Offset_j$ 需要用到除法运算,一般硬件计算电路均希望尽量避免除法,所以可以按如下方式计算 Fx_j/d :

$$Fx_j/d = (Fx_0 + j * \Delta Fx)/d = Fx_0/d + j * \Delta Fx/d \quad (5)$$

Fx_0/d 和 $\Delta Fx/d$ 的值由软件计算好,在扫描开始前写入硬件的寄存器,硬件通过累加的方式计算 Fx_j/d 。

四、硬件实现方式

以一个64通道单波束的超声成像系统为例,在进行波束合成时需要最多64通道的变迹参数计算,实现装置如图4所示。

在该实现装置中包括变迹曲线存储器、抽取起点存储器、抽取率存储器以及接收孔径存储器，包括第一偏转参数以及第二偏转参数，还包括深度计数器、通道计数器以及定时控制模块。第一偏转参数对应于算法中的 Fx_0/d 因子，第二偏转参数对应于算法中的 $\Delta Fx/d$ 因子。

抽取率存储器存储了不同变迹深度下的变迹曲线抽取率值，这个存储器的地址对应变迹深度，地址中的值对应该深度下的抽取率值。接收孔径存储器存储了不同变迹深度下的接收孔径大小，这个存储器的地址对应变迹深度，地址中的值对应该变迹深度下的接收孔径大小。抽取起点存储器存储了不同变迹深度下接收孔径内的变迹曲线抽取的起点值，这个存储器的地址对应变迹深度，地址中的值对应抽取起点值。变迹曲线存储器存储了一条左右对称归一化曲线的左半部分，地址对应曲线的x轴坐标，地址中的数值对应与曲线的幅度值。

在定时控制模块的控制下，变迹深度计数器按照变迹变化的时间间隔进行加1计数，在某个变迹深度下，控制通道计数器按一定的时间间隔从通道0计数到通道63。

变迹深度计数器的计数值是抽取率存储器、接收孔径存储器以及抽取起点存储器的读地址，根据变迹深度计数器的计数值，可以分别从抽取率存储器读取该变迹深度下的抽取率参数 Δn_j ，从接收孔径存储器中读取该变迹深度下的接收孔径参数 A_{perj} ，从抽取起点存储器中读取该变迹深度下的抽取起点参数 $StartP_j$ 。

第二孔径偏转系数与变迹深度计数值经过第一乘法器相乘，得到的结果再与第一孔径偏转系数经过第一加法器相加可以得到该变迹深度下的因子 Fx_j/d 。然后与抽取率参数 Δn_j 在第二乘法器处相乘，相乘的结果就是在此模式下的偏移量。

如果与通道计数器的计数值对应的通道在接收孔径内，则系数选择信号选择第二乘法器计算的偏移量输出；如果与通道计数器的计数值对应的通道在接收孔径外，则系数选择信号选择输出0。该选择控制在系数选择器处实现。

该深度下的接收孔径值从接收孔径存储器中读出后除以2（该除法器可以用右移一位简单实现）。相除后的结果与通道计数器的计数值减去ChanNum/2的结果在第二加法器处相加，相加后的结果在第三乘法器处乘以抽取率 Δn_j ，相乘的结果即为公式（3）中的因子 $(n - \text{ChanNum}/2 + \text{Aper}_j) * \Delta n_j$ 。

经过第三加法器与第四加法器将偏移量、抽取起点StartPj以及因子 $(n - \text{ChanNum}/2 + \text{Aper}_j) * \Delta n_j$ 相加，得到在变迹深度j通道n的抽取坐标，该抽取坐标对应公式（3）中的因子 $P_{j,n}$ 。该抽取坐标在地址处理模块中进行地址处理。如果抽取坐标大于变迹曲线长度的一半（即 $N/2$ ）时，地址取坐标取 $N-1-P_{j,n}$ ；如果抽取坐标小于等于变迹曲线长度的一半，地址取 $P_{j,n}$ 。地址处理模块输出的地址用做于变迹曲线存储器的读地址，读出来的数据经过一个数据选择模块，如果该通道在接收孔径内，数据选择信号选择存储器数据输出，该地址读出来的数据就是该变迹深度j通道n的变迹值；如果该通道在接收孔径外，数据选择信号选择0数据，则在该变迹深度下该通道的变迹值为0。

定时控制模块在变迹深度j时控制通道计数器从0计数到63便可以完成64通道的变迹参数计算。当定时控制模块控制变迹深度在整个波束合成期从变迹深度0计数到最大的扫描深度时就可以完成64通道单波束系统全部变迹参数的实时计算。

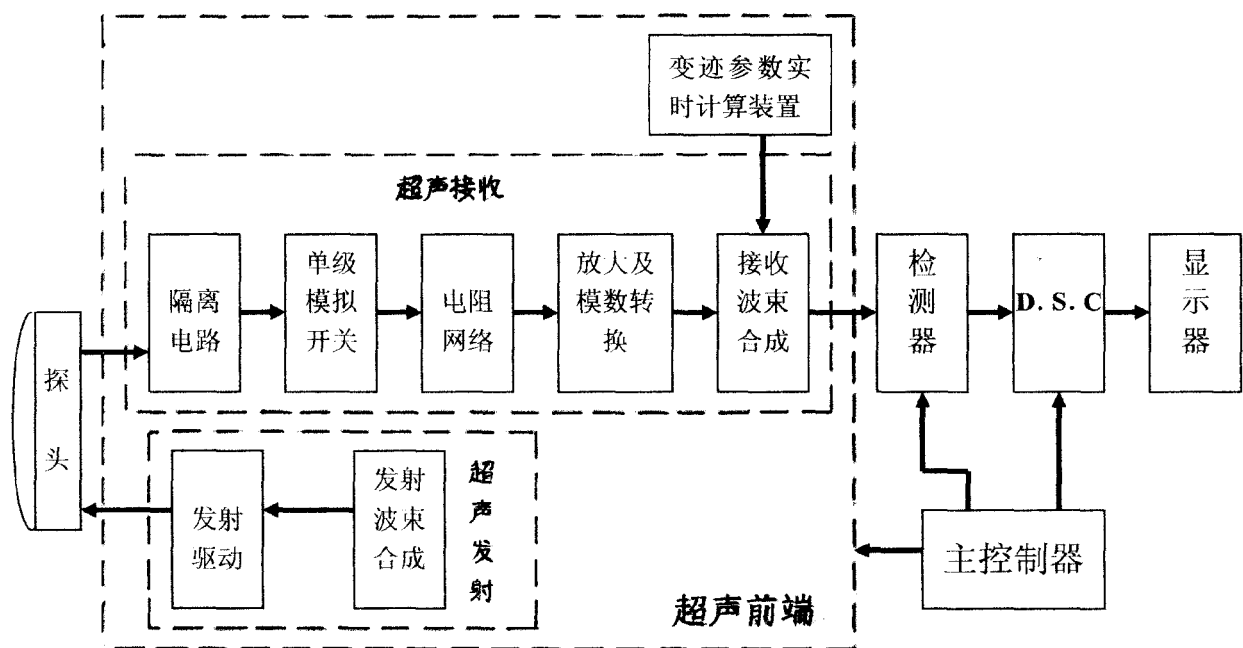


图 1

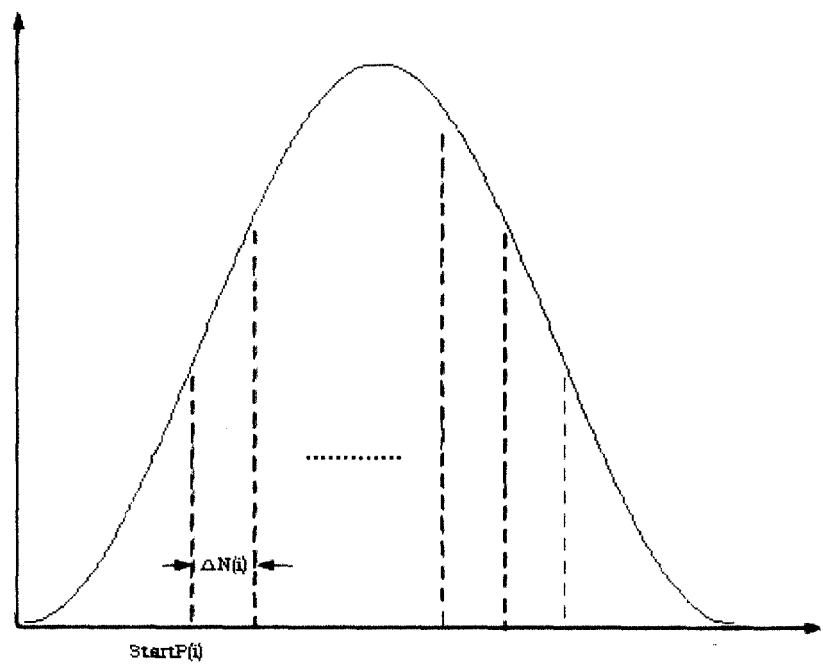


图 2

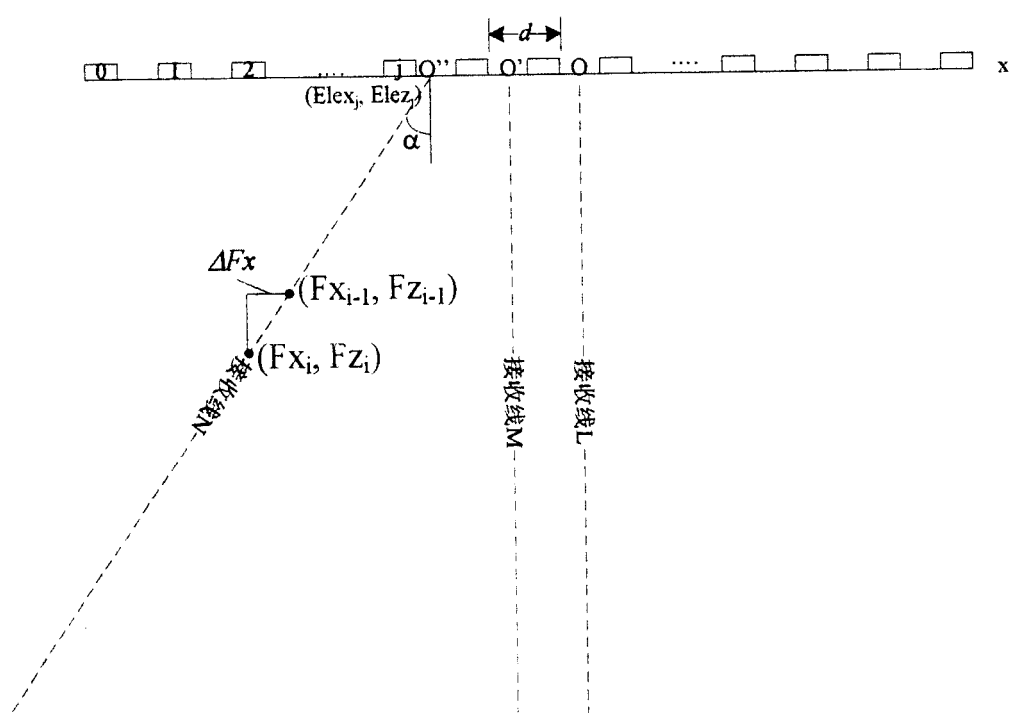


图 3

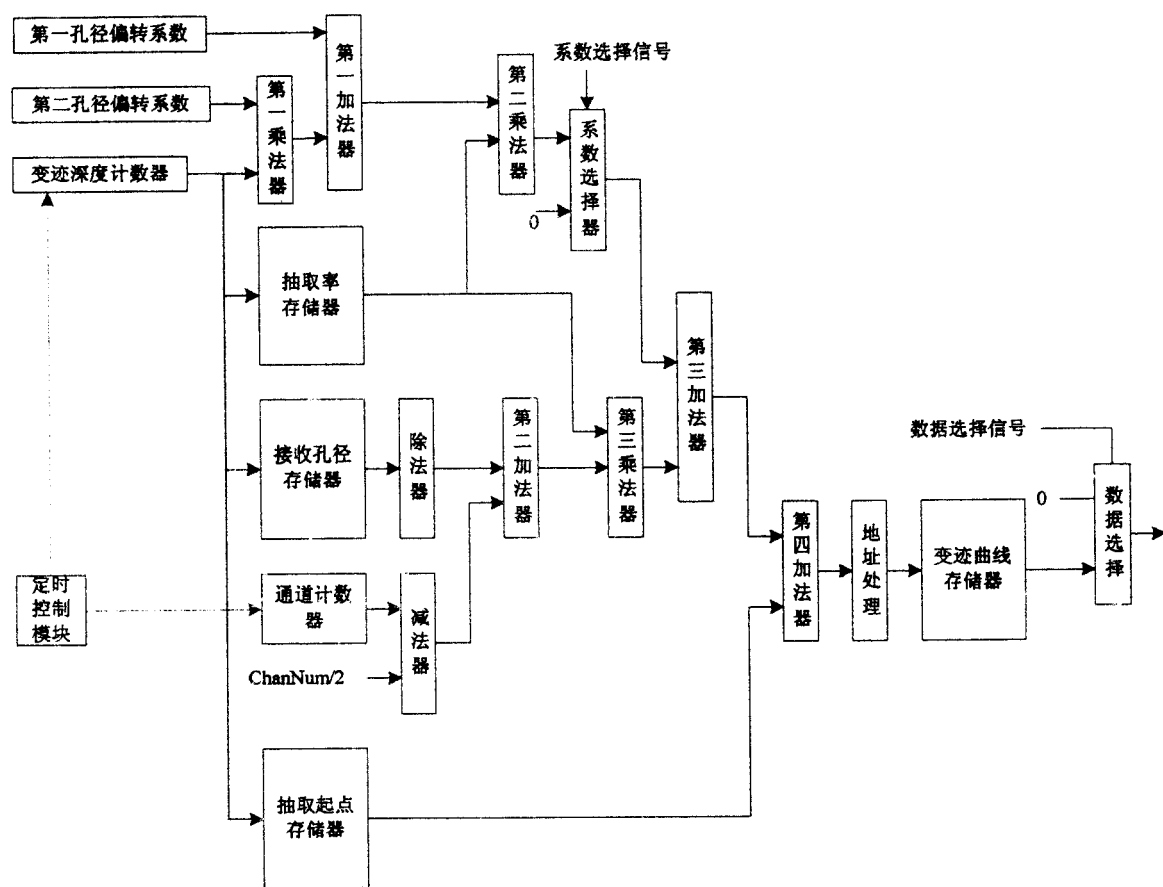


图 4

专利名称(译)	波束合成的接收变迹参数的实时计算方法及其装置		
公开(公告)号	CN101116622A	公开(公告)日	2008-02-06
申请号	CN200610061969.5	申请日	2006-08-02
[标]申请(专利权)人(译)	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司		
[标]发明人	胡勤军 康小刚 蒋勇		
发明人	胡勤军 康小刚 蒋勇		
IPC分类号	A61B8/00 G06F7/544 G01S7/52 G01S15/89		
CPC分类号	G10K11/348		
代理人(译)	王志明		
其他公开文献	CN101116622B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种波束合成的接收变迹参数的实时计算方法和装置，所述装置作为一个独立附件接入超声成像系统的接收波束合成模块的信号输入端，包括：第一至第三乘法器、第一至第四加法器、减法器、除法器、抽取率存储器、接收孔径存储器、抽取起点存储器、预置变迹曲线存储器、变迹深度计数器、通道计数器、系数选择器、数据选择器、地址处理器和定时控制模块。变迹参数的实时计算包括：在系统内预置一条长度为N的预置的变迹参照曲线，对所述预置的变迹参照曲线按深度进行不同起点，不同抽取率的抽取，抽取结果作为各信号接收处理通道不同深度的变迹曲线。采用本发明的技术方案能节省系统的存储器资源，系统切换探头时装载参数的速度较快。

