

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4727319号
(P4727319)

(45) 発行日 平成23年7月20日(2011.7.20)

(24) 登録日 平成23年4月22日(2011.4.22)

(51) Int.Cl. F 1
A 6 1 B 8/00 (2006.01) A 6 1 B 8/00

請求項の数 9 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2005-185886 (P2005-185886)	(73) 特許権者	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ GENERAL ELECTRIC CO MPANY アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ クタデイ、リバーロード、1番
(22) 出願日	平成17年6月27日(2005.6.27)	(74) 代理人	100137545 弁理士 荒川 聡志
(65) 公開番号	特開2006-15138 (P2006-15138A)	(74) 代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(43) 公開日	平成18年1月19日(2006.1.19)	(74) 代理人	100106541 弁理士 伊藤 信和
審査請求日	平成20年6月20日(2008.6.20)	(74) 代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久
(31) 優先権主張番号	10/882, 910		
(32) 優先日	平成16年6月30日(2004.6.30)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波イメージングに用いる遅延評価方法およびシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波システムで捕捉された少なくとも2つの受波信号間のビームフォーミング遅延を補正する方法であって、

少なくとも2つの受波信号を合計して基準信号を形成するステップと、

前記基準信号に対応する解析信号を計算するステップと、

前記解析信号と、対応する受波信号を比較することで、それぞれの受波信号に対する遅延誤差を評価するステップと、

前記評価された遅延誤差を用いて、前記ビームフォーミング遅延を補正するステップと、を含む方法。

【請求項 2】

前記評価するステップは、それぞれの受波信号に対する相関合計を計算するステップをさらに含み、また、前記相関合計は、次式：

【数 1】

$$C = \sum_{i=i_0}^{i_1} S_{A0}^*[i] S_1[i]$$

(ここで、Cは前記相関合計を表わし、S * A 0 [i]は、タイムサンプル i における解析信号の共役複素数であり、S 1 [i]は、タイムサンプル i における実信号を表わす)

に基づいて計算される請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記評価するステップは、前記相関合計の位相を計算するステップと、前記相関合計の位相を用いて前記遅延を評価するステップと、前記相関合計の位相に基準倍率 ($scale\ factor$) を掛けて前記遅延を評価するステップとをさらに含む請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

それぞれの受波信号に対して、各タイムサンプルでの振幅を計算するステップと、前記振幅と、しきい値を比較するステップと、前記振幅が前記しきい値よりも大きいときには、前記受波信号の極性を維持しながら、前記受波信号の振幅を小さくすることで、各タイムサンプルにて、前記受波信号を修正するステップと、
をさらに含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記受波信号を遅らせて、前記基準信号に揃えるステップをさらに含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

送波モードの間は、超音波エネルギーのパルスを生成し、また、受波モードの間は、イメージング対象物に衝突する振動エネルギーに応答してエコー信号を生成するように、それぞれが別々に作動する、或るパターンに配列された一組のアレイ要素を持つトランスジューサ・アレイ (18) と、

前記トランスジューサ・アレイに結合されて、前記送波モードの間は、それぞれ送信器遅延のある別々の送波信号パルスを、前記アレイ要素のそれぞれに印加して、有向送波ビームを生成するように作動する送信器 (22) と、

前記トランスジューサ・アレイに結合されて、前記受波モードの間は、前記振動エネルギーが前記イメージング対象物に当たると、前記アレイ要素のそれぞれにより生成されたエコー信号をサンプリングし、また、それぞれ別々の受信器遅延を、それぞれの前記エコー信号のサンプルに課して、対応する複数の受波信号を生成するように作動する受信器 (24) と、

ビームフォーマ・プロセッサ (27) と、

を備える、遅延を評価する超音波システム (10) であって、

前記ビームフォーマ・プロセッサ (27) が、

前記トランスジューサ・アレイに結合されて、ビームサム信号を生成するために、対応する受信器遅延をそれぞれが含む少なくとも 2 つの受波信号を合計するように構成されている加算器 (64) と、

前記加算器に結合されて、前記ビームサム信号を解析信号に変換するように構成されている複素フィルタ (66) と、

少なくとも 1 つのそれぞれのトランスジューサ要素と前記複素フィルタにそれぞれが結合された複数の相関プロセッサ (68) であって、それぞれ、前記解析信号と、前記受波信号のそれぞれに対応する各実信号を比較することで、遅延を評価するように構成されており、また、前記受波信号のそれぞれに対応するトランスジューサ要素ごとに前記遅延を補正するように、ビームフォーマ・プロセッサが構成されているような相関プロセッサ (68) と、

を備える超音波システム (10) 。

【請求項 7】

前記相関プロセッサは、相関合計を計算することで、前記遅延を評価するように構成されており、また、前記相関プロセッサは、前記相関合計を用いて、対応する遅延を評価するようになされており、前記相関合計が、次式：

10

20

30

40

【数 2】

$$C = \sum_{i=i_0}^{i_1} S_{A0}^*[i] S_1[i]$$

(ここで、Cは前記相関合計を表わし、「S * A 0 [i]」は前記解析信号の共役複素数を表わし、「S 1 [i]」は実信号を表わし、さらに、「i」はタイムサンプルを表わす)で与えられた式に基づいて計算される請求項 6 に記載の超音波システム。

【請求項 8】

前記ビームフォーマ・プロセッサが、前記相関合計の位相を計算するように構成されていることと、前記位相が、前記遅延を評価するために使用されることと、前記ビームフォーマ・プロセッサが、それぞれの受波信号に対応する各サンプルの振幅と、一組のサンプルに対する前記受波信号の振幅の合計を計算するように構成されている請求項 7 に記載の超音波システム。 10

【請求項 9】

超音波システムで捕捉された少なくとも 2 つの受波信号間の遅延を補正するシステムであって、

前記少なくとも 2 つの受波信号を合計して基準信号を形成する手段と、

前記基準信号に対応する解析信号を計算する手段と、

前記解析信号と、対応する受波信号を比較して、それぞれの受波信号に対する遅延誤差を評価する手段と、 20

前記評価された遅延誤差を用いて、前記ビームフォーミング遅延を補正する手段と、を備え、

前記評価する手段が、前記解析信号に基づいて、それぞれの受波信号に対する相関合計を計算する手段をさらに含み、また、前記評価する手段が、前記相関合計の位相を計算する手段と、前記相関合計の位相を用いて前記遅延を評価する手段と、前記相関合計の位相に基準倍率を掛ける手段とをさらに含むシステム。

【発明の詳細な説明】 30

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般にイメージング・システムに関し、さらに具体的に言えば、超音波イメージング・システムにおける遅延を評価して、補正する方法およびシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

超音波システムは、一組の波形をイメージング被験者に送り込み、また、一組の反射された超音波信号を受け取るのに用いられるトランスジューサ要素のレイを含む。それぞれの波形は、所望の方向および深度にて、かつ所望の形状を用いて、その純送信波形の焦点を合わせるように相対遅延を選択した状態で、送り出される。同様に、受け取られるそれぞれの信号を個々に遅らせて、所望の方向および深度に関して、かつ所望の形状を用いて、反射エネルギーに対する超音波イメージング・システムの応答を最大にする。これらの遅延受波信号を合計し、処理して、イメージング被験者の画像を生成して表示する。 40

【0003】

これらの送受波遅延は、一まとめにして、ビームフォーミング(整相、beamforming)遅延として知られているものであって、一般に、音波が既知の定速で人体を通して伝わると仮定して、計算される。このような仮定が果たせないときには、この送受波フォーカシングは劣化して、画像の解像度およびコントラストが低下することになる。

【0004】

このような画質の低下を減らす一方法は、受波信号の相対遅延の測定値に基づいて、こ 50

のビームフォーミング遅延を調整することである。これらの相対遅延に受波ビームフォーミング遅延を施した後で、これらの相対遅延を測定すると都合がよい。既知の定音速の仮定が正しければ、遅延受波信号は、時間的にぴったりと揃えられることになる。すなわち、到達時間誤差が小さくなる。この仮定が正しくなければ、この遅延受波信号は、時間的にぴったりと揃えられなくなる。すなわち、到達時間誤差が大きくなる。この到達時間誤差に合わせて、ビームフォーミング遅延を調整することで、そのフォーカシングが改善されて、画像の解像度とコントラストが向上することになる。

【 0 0 0 5 】

医療用超音波イメージングにおいて、到達時間誤差の評価は、速くて、正確で、かつ確固不動でなければならない。この評価用ハードウェアを実施するのに必要な余分な費用を最小限に抑えることも非常に望ましい。

10

【 0 0 0 6 】

速い評価が要望される。なぜなら、正規スキャニング処理の一部として操作者がプローブを患者に沿って動かすからか、あるいは、操作者の手のわずかな動きのため、もしくは患者の動きまたは息づかいのために、トランスジューサが移動すると所要の補正値が異なってくる以上、ビームフォーミング補正値をすばやく更新する必要があるからである。

【 0 0 0 7 】

画像の解像度およびコントラストを向上させるため、また、不正確な遅延評価を用いてビームフォーミング遅延を調整することで発生する画像の好ましくない劣化を避けるために、正確な評価が要望される。ビームフォーミング遅延誤差は、一般に、画像中にアーチファクト（乱れ *a r t i f a c t*）をもたらし、それにより、診断が不正確になるか、あるいは、検査時間が長くなる可能性がある。このようなアーチファクトが生じる率は、操作者の大半が、遅延補正機構を定期的にご利用し、それにより、画像の解像度およびコントラストを向上させる成果を得るくらい充分低くなければならない。

20

【 0 0 0 8 】

あまり大きくない帯域幅（超音波信号には典型的なものである）を持つ実信号のフーリエ・スペクトルは、無視できない振幅の相対的に隔離された2つの領域（より一般的には帯域として知られている）から成っている。これらの帯域の一方は、その中心を、「搬送」周波数として知られている正の周波数に置き、また、これらの帯域の他方は、その中心を、この搬送周波数の反対である負の周波数に置いている。実信号に対応するベースバンド信号を生成する方法は多数あるが、ただし、所望の最終結果は、この負の周波数帯域を抑制することと、正の周波数帯域の中心をほぼゼロの周波数に置くように、周波数をシフトさせることである。このベースバンド信号は複素信号であることに留意されたい。

30

【 0 0 0 9 】

このベースバンド信号に関係する信号は、解析信号である。数学的に、この解析信号は、その負の周波数成分を除去することにより、実信号から得られる。実用的なシステムでは、これらの負の周波数成分は、フィルタリングにより抑制されるが、ただし、まったく排除されるわけではない。この解析信号は、正の周波数スペクトル・バンドの中心をゼロの周波数に置くように、周波数をシフトダウンしない点で、ベースバンド信号とは異なっている。

40

【 0 0 1 0 】

2つの実信号間の遅延を評価する一方法は、双方の信号を、それらのベースバンド複素形式に変換することを必要とする。サンプル単位で、一方のベースバンド信号の共役複素数に他方のベースバンド信号を掛けて、次に、それを合計する。その結果得られた複素数の位相は、これら2つの信号間の遅延誤差に比例する。上記方法に関する1つの問題は、双方の実信号を複素形式に変換するための要件である。信号をそれらのベースバンド形式に変換するには、大きくて、かつ高価なフィルタが必要になる。この方法は、それぞれの受波信号を、そのベースバンド形式に変換することを必要とするから、費用がかかって、好ましくない。上記方法を、次のように考えると助かる。 $S_{B0}(t)$ と $S_{B1}(t)$ を、それぞれ時間 t の関数である2つのベースバンド信号とする。簡単にするために、 t を

50

連続変数と見なす。実際には、等間隔に置かれた一組の時間間隔 $t[i] = i \cdot t$ (ここで、 t は、サンプリング時間間隔である) にわたって、これらの信号をサンプリングする。

【0011】

上述の方法は、以下の式で示されるように、一方のベースバンド信号と、他方のベースバンド信号の共役複素数との積を積分することで、複素相関合計 (complex correlation sum) 「C」を構築する。

【0012】

【数3】

$$C = \int_{-\infty}^{+\infty} dt S_{B0}^*(t) S_{B1}(t)$$

10

【0013】

・・・式(1)

しかしながら、よく知られているように、時間についての積分 (図1に示される通り) はまた、次式のように、これら2つの信号のスペクトル周波数についての積分として表わすこともできる:

【0014】

【数4】

$$C = \int_{-\infty}^{+\infty} dt S_{B0}^*(t) S_{B1}(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} df A_{B0}^*(f) A_{B1}(f)$$

20

【0015】

・・・式(2)

式(2)において、 $A_{B1}(f)$ は、ベースバンド信号 $S_{B1}(t)$ のフーリエ変換であり、また、 $A_{B0}^*(f)$ は、ベースバンド信号 $S_{B0}(t)$ のフーリエ変換の共役複素数である。

30

【特許文献1】米国特許第5388461号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

遅延を評価する上述の方法は、比較される信号が、比較的に一様なランダム散乱体 (random scatterer) により生成されるときには、たいてい正確である。人体におけるこの一例は、肝臓のうち、鮮やかな動脈壁もなく、また大きくて、ほぼ無響の血管もない領域である。実際には、このような一様な散乱体の領域は、いつも利用できるとは限らない。その結果、特に、所望のスキャン方向に揃えられない強力に反射する散乱体があるときには、遅延の評価が損なわれることもある。強力に反射する軸外れ (off-axis) 散乱体は、トランスジューサ・アレイの全域でほぼ直線的に変化する到達時間誤差を持って、このトランスジューサに信号を生じさせる。このような信号を用いて、この遅延誤差を評価するとしたら、観測された到達時間誤差を補正しても、このビーム・フォーマが、その散乱体に、誤って向けられることになる。

40

【0017】

それゆえ、超音波システムでは、システムの費用およびサイズを最小限に抑えながら、遅延を正確に評価する方法およびシステムが必要である。

【課題を解決するための手段】

【0018】

50

手短に言えば、本発明の一面により、超音波システムで捕捉された少なくとも2つの受波信号間のビームフォーミング遅延を補正する方法が提供される。この方法は、少なくとも2つの受波信号を合計して基準信号を形成すること、この基準信号に対応する解析信号を計算すること、および、この解析信号と、対応する受波信号を比較することで、それぞれの受波信号に対する遅延誤差を評価することを含む。この方法はさらに、その評価された遅延誤差を用いて、このビームフォーミング遅延を補正することも含む。

【0019】

他の実施形態において、遅延を補正する超音波システムが提供される。この超音波システムは、送波モードの間は、超音波エネルギーのパルスを生成し、また、受波モードの間は、イメージング対象物に衝突する振動エネルギーにตอบสนองしてエコー信号を生成するように、それぞれが別々に作動する、或るパターンに配列された一組のアレイ要素を持つトランスジューサ・アレイを含む。この超音波システムはさらに、上記トランスジューサ・アレイに結合されて、送波モードの間は、それぞれ送信器遅延のある別々の送波信号パルスを、上記アレイ要素のそれぞれに印加して、有向送波ビームを生成するように作動する送信器と、上記トランスジューサ・アレイに結合されて、受波モードの間は、この振動エネルギーがイメージング対象物に当たると、これらのアレイ要素のそれぞれにより生成されたエコー信号をサンプリングし、また、それぞれ別々の受信器遅延を、それぞれの上記エコー信号のサンプルに課して、第1の捕捉サイクルの間、対応する第1の複数の受波信号を生成するように作動する受信器とをさらに含む。この超音波システムはまた、加算器を備えたビームフォーマ・プロセッサも含む。この加算器は、上記トランスジューサ・アレイに結合されて、基準信号を生成するために、少なくとも2つの受波信号を合計するように構成されている。これらの受波信号はそれぞれ、対応する受信器遅延を含む。このビームフォーマ・プロセッサはさらに、加算器に結合されて、ビームサム信号を解析信号に変換するように構成されている複素フィルタと、少なくとも1つのそれぞれのトランスジューサ要素と前述の複素フィルタにそれぞれが結合された複数の相関プロセッサ (*correlator processor*) とを含む。さらに、それぞれの相関プロセッサは、この解析信号と、それらの受波信号のそれぞれに対応する各実信号を比較することで、遅延を評価するように構成されている。このビームフォーマ・プロセッサはさらに、それらの受波信号のそれぞれに対応するトランスジューサ要素ごとに、送受波ビームフォーミング遅延を補正するように構成されてもいる。

【0020】

他の実施形態では、ビームフォーミング遅延を評価する超音波システムが提供される。この超音波システムは、或るパターンに配列された一組のアレイ要素を持つトランスジューサ・アレイを含む。これらのアレイ要素はそれぞれ、送波モードの間は、超音波エネルギーのパルスを生成し、また、受波モードの間は、イメージング対象物に当たる振動エネルギーにตอบสนองして、エコー信号を生成するように別々に作動する。この超音波システムはさらに、送信器も含む。この送信器は、上記トランスジューサ・アレイに結合されて、送波モードの間は、それぞれ送信器遅延のある別々の送波信号パルスを、上記アレイ要素のそれぞれに印加して、有向送波ビームを生成するように作動する。受信器は、上記トランスジューサ・アレイに結合されて、受波モードの間は、この振動エネルギーがイメージング対象物に当たると、これらのアレイ要素のそれぞれにより生成されたエコー信号をサンプリングし、また、それぞれ別々の受信器遅延を、それぞれの上記エコー信号のサンプルに課して、対応する複数の受波信号を生成するように作動する。この超音波システムはさらに、それぞれの受波信号に対応する各サンプルの振幅と、一組のサンプルに対する受波信号の振幅の合計を計算するように構成されているビームフォーマ・プロセッサも含む。ここで、このビームフォーマ・プロセッサはさらに、ビームサム信号と受波信号を比較して、これら2つの受波信号間の遅延を評価するように構成され、また、このビームフォーマ・プロセッサはさらに、これらの受波信号のそれぞれに対応するトランスジューサ要素ごとに、ビームフォーミング遅延を補正するように構成されてもいる。

【0021】

他の実施形態では、超音波システムで捕捉された少なくとも2つの受波信号間の遅延を補正するシステムが提供される。このシステムは、少なくとも2つの受波信号を合計して基準信号を形成する手段と、この基準信号に対応する解析信号を計算する手段とを含む。このシステムはさらに、この解析信号と、対応する受波信号を比較して、それぞれの受波信号に対する遅延誤差を評価する手段と、この評価された遅延誤差を用いて、ビームフォーミング遅延を補正する手段も含む。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

本発明の上記および他の特徴、面、利点は、図面全体にわたって、同じ記号が同じ部分を表わす添付図面を参照して、以下の詳細な説明を読めば、さらに良く理解されるであろう。

10

【0023】

図1は、本発明の一面により実施される超音波システム10の一実施形態のブロック図である。超音波システム10は、捕捉サブシステム12と処理サブシステム14から成っている。捕捉サブシステム12は、トランスジューサ・アレイ18（複数のトランスジューサ・アレイ要素から成っている）、送波/受波スイッチング回路20、送信器22、受信器24、ビームフォーマ26を含む。ビームフォーマ26は、受波ビームフォーマ・プロセッサ（RBP）27を含む。処理サブシステム14は、制御プロセッサ28、復調器30、イメージングモード・プロセッサ32、スキャン変換器34、表示プロセッサ36を含む。表示プロセッサ36はさらに、画像を表示するモニタにも結合されている。ユーザ・インターフェース40は、制御プロセッサ28および表示モニタと対話する。処理サブシステム14はまた、ウェブ・サーバー44とリモート・コネクティビティ・インターフェース（remote connectivity interface）46を含むリモート・コネクティビティ・サブシステム42にも結合されることがある。処理サブシステム14はさらに、データ・リポジトリ48にも結合されて、超音波画像データを受け取ることがある。データ・リポジトリ48は、画像ワークステーション50と対話する。

20

【0024】

本明細書中に用いられる「adapted to（ようになされる）」、「configured（構成される）」などの用語は、要素が協働して、記述される効果を提供できるようにするための、これらの要素間の機械的または構造的な結合をさしている。これらの用語はまた、アナログ・コンピュータまたはデジタル・コンピュータ、あるいは、sequentialを実行して、所与の入力信号に応答して出力を供給するようにプログラムされている特定用途向け装置（例えば、特定用途向け集積回路（ASIC））などの電気要素の動作機能もさしている。

30

【0025】

これらのアーキテクチャおよびモジュールは、デジタル信号処理装置（DSP）を持つ回路基板などの専用ハードウェア要素であるか、あるいは、市販の既製PCなどの汎用コンピュータまたは汎用プロセッサ上で実行するソフトウェアであることもある。本発明の様々な実施形態により、様々なアーキテクチャおよびモジュールを組み合わせるか、あるいは、切り離すこともある。

40

【0026】

捕捉サブシステム12では、トランスジューサ・アレイ18は、被験者16に接触している。トランスジューサ・アレイ18は、送波/受波（T/R）スイッチング回路20に結合されている。T/Rスイッチング回路20は、送信器22の出力部、および受信器24の入力部に結合されている。受信器24の出力は、ビームフォーマ26への入力である。ビームフォーマ26はさらに、送信器22の入力部、および復調器30の入力部にも結合されている。

【0027】

処理サブシステム14では、復調器30の出力部は、イメージングモード・プロセッサ32の入力部に結合されている。制御プロセッサは、イメージングモード・プロセッサ3

50

2、スキャン変換器34、および表示プロセッサ36に接続されている。イメージングモード・プロセッサ32は、スキャン変換器34の入力部に結合されている。スキャン変換器34の出力部は、表示プロセッサ36の入力部に結合されている。表示プロセッサ36は、モニタ38に結合されている。

【0028】

超音波システム10は、超音波エネルギーを被験者16内に送り、この被験者から後方散乱したエコー信号を受け取って処理することで、画像を生成して、表示する。超音波エネルギーの送波ビームを発生させるために、制御プロセッサ28は、コマンド・データをビームフォーマ26に送って、送波パラメータを生成することで、トランスジューサ・アレイ18の表面の或る点から所望の操向角度で生じる所望の形状のビームを生成する。これらの送波パラメータは、ビームフォーマ26から送信器22に送られる。送信器22は、送波パラメータを使用して、T/Rスイッチング回路20を通過してトランスジューサ・アレイ18に送られる送波信号を適正に符号化する。送波信号は、いくつかのレベルと、互いの遅延にセットされて、トランスジューサ・アレイ18の個々のトランスジューサ要素に提供される。送波信号は、これらのトランスジューサ要素を励起して、遅延とレベルの関係が同じ超音波を送り出す。その結果、例えば超音波ゲルを用いて、トランスジューサ・アレイ18が被験者に音響結合されるときに、被験者中において、スキャン面内で、スキャンラインに沿って超音波エネルギーの送波ビームが形成される。このプロセスは、電子スキャンングとして知られている。

【0029】

トランスジューサ・アレイ18は、双方向のトランスジューサである。超音波が被験者中に送られると、これらの超音波は、この被験者中の組織および血液のサンプルに後方散乱されて、離れる。トランスジューサ・アレイ18は、これらの後方散乱されたエコー信号を戻らせる組織中の距離、およびこれらのエコー信号が戻るトランスジューサ・アレイ18の表面に対する角度に応じて、異なる時間に、それらのエコー信号を受け取る。これらのトランスジューサ要素は、後方散乱されたエコー信号に応答し、超音波エネルギーを、後方散乱されたエコー信号から電気信号に変換する。

【0030】

受波電気信号は、T/Rスイッチング回路20を通過して、受信器24に送られる。受信器24は、これらの受波信号を増幅し、かつデジタル化して、ゲイン補償などの他の機能を提供する。これらのデジタル化された受波信号は、様々な時間に、それぞれのトランスジューサ要素で受け取られる後方散乱された波に対応し、それらの後方散乱された波の振幅と到達時間の情報を保存している。

【0031】

これらのデジタル化された受波信号は、ビームフォーマ26に送られる。制御プロセッサ28は、コマンド・データをビームフォーマ26に送る。ビームフォーマ26は、このコマンド・データを使用して、一般に、スキャンラインに沿って送られた前回の超音波ビームの地点および操向角度に対応する操向角度で、トランスジューサ・アレイ18の表面上の一地点から生じる受波ビームを形成する。

【0032】

ビームフォーマ26は、被験者中において、スキャン面内で、スキャンラインに沿って、サンプル・ボリューム(sample volume)に対応する受信ビーム信号を生成するために、制御プロセッサ28からのコマンド・データの命令により、遅延および加算を行って、適切な受波信号を処理する。

【0033】

これらの受信ビーム信号は、処理サブシステム14に送られる。復調器30は、受信ビーム信号を復調して、スキャン面内のサンプル・ボリュームに対応する対になったIとQの復調データ値を生成する。

【0034】

この復調データは、イメージングモード・プロセッサ32に転送される。イメージング

10

20

30

40

50

モード・プロセッサ 32 は、パラメータ評価手法を用いて、スキャン・シーケンス形式で、この復調データ値から、イメージング・パラメータ値を生成する。これらのイメージング・パラメータは、例えば、Bモード、カラー速度モード、スペクトル・ドップラーモード、組織速度イメージング・モードなどの様々な可能なイメージング・モードに対応するパラメータを含むことがある。これらのイメージング・パラメータ値を、スキャン変換器 34 に渡す。スキャン変換器 34 は、スキャン・シーケンス形式から表示形式への変換を実行することで、このパラメータ・データを処理する。このような変換は、このパラメータ・データに補間演算を行って、表示ピクセル・データを表示形式で生成することを含む。

【0035】

このスキャン変換済みピクセル・データは、表示プロセッサ 36 に送られて、このスキャン変換済みピクセル・データの最後の任意の空間的フィルタリングまたは時間的フィルタリングを行い、グレースケールまたはカラーを、このスキャン変換済みピクセル・データに施し、さらに、デジタル・ピクセル・データをアナログ・ピクセル・データに変換して、モニタ 38 上に表示する。ユーザ・インターフェース 40 は、モニタ 38 上に表示されたデータに基づいて、ビームフォーマ・プロセッサ 28 と対話する。

【0036】

さきに記述したように、受波ビームフォーマ・プロセッサ 28 は、受波信号に遅延演算を行う。受波ビームフォーマ・プロセッサ 28 が、これらの受波信号の遅延誤差を評価して、補正するやり方は、図 2 を参照して、以下でさらに詳しく述べる。

【0037】

図 2 は、受波ビームフォーマ・プロセッサ 28 の一実施形態のブロック図である。図 2 は、受波ビームフォーマ・プロセッサ 28 が遅延を評価するとき用いる一方法である。受波ビームフォーマ・プロセッサ 28 は、トランスジューサ・アレイ 18 のトランスジューサ要素 52、56、60 から受波信号を受け取る状態で示されている。受波ビームフォーマ・プロセッサ 28 中の各ブロックは、以下でさらに詳しく述べる。

【0038】

ビームフォーミング遅延 54 は、トランスジューサ要素 52 からの受波信号に遅延をもたらす。トランスジューサ要素 52 からの実信号が、相関プロセッサ 68 に供給される。同様に、ビームフォーミング遅延 58 とビームフォーミング遅延 62 が、トランスジューサ要素 56 からの受波信号と、トランスジューサ要素 60 からの受波信号に遅延をもたらす。トランスジューサ要素 56 からの実信号とトランスジューサ要素 60 からの実信号が、それぞれ相関プロセッサ 70 と相関プロセッサ 72 に供給される。

【0039】

すべてのトランスジューサ要素からの実信号が加算器 64 にも供給されて、そこで、現実の遅延受波信号 54、58、62 を合計して、ビームサム信号を形成する。このビームサム信号が複素フィルタ 66 に供給されて、そこで、その負の周波数成分を抑制して、このビームサム信号の解析信号形式を生み出す。この解析信号中のビット数は、相関プロセッサの所望の精度と、所望の複雑さに基づいて、このビームサム信号中のビット数から減らされることがある。この複素解析信号は、図 2 に示される相関プロセッサ 68、70、72 に供給される。

【0040】

図 2 を続けて、相関プロセッサ 68、70、72 はそれぞれ、2つの信号、すなわち、複素フィルタ 66 からの解析信号だけでなく、トランスジューサ要素 52、56、60 からの遅延受波信号も受け取る。相関器に入力される受波信号中のビット数は、相関プロセッサの所望の精度と、所望の複雑さに基づいて、加算器 64 に入力されたビット数から減らされることがある。相関プロセッサ 68、70、72 は、トランスジューサ要素 52、56、60 からの対応する受波信号に対する相関合計を計算するように構成されている。

【0041】

式 2 から、この被積分関数で表わす信号のただ 1 つにおいて、負の周波数帯域が抑制さ

10

20

30

40

50

れる場合には、この積分の値は変わらないことが理解できる。さらに、正の周波数帯域をシフトして、それらの中心をゼロの周波数に置く必要もない。したがって、この相関合計は、次式を使用すれば、計算できる：

【 0 0 4 2 】
【 数 5 】

$$C = \int_{-\infty}^{+\infty} df A_{A0}^*(f) A_1(f)$$

【 0 0 4 3 】

・・・式(3)

10

ここで、 $A_{A0}^*(f)$ は、解析信号 $S_{A0}(t)$ のフーリエ変換の共役複素数であり、また、 $A_1(f)$ は、実信号 $S_1(t)$ のフーリエ変換である。最後に、2つの信号の積の、時間についての積分を、それらのスペクトルの積の、周波数についての積分(式3)に関係づける同値関係(式2)を用いると、式3は、次式として表わされることがある：

【 0 0 4 4 】
【 数 6 】

$$C = \int_{-\infty}^{+\infty} dt S_{A0}^*(t) S_1(t)$$

【 0 0 4 5 】

・・・式(4)

20

無限の限界について積分するときには、式3と式4が等しいことが、一般に当てはまる。実際には、この積分は、有限の時間間隔について行われ、また、時間でのサンプリングは離散的である。したがって、相関合計は、以下で与えられる式に基づいて計算される：

【 0 0 4 6 】
【 数 7 】

$$C = \sum_{i=i_0}^{i_1} S_{A0}^*[i] S_1[i]$$

【 0 0 4 7 】

・・・式(5)

30

ここで、 C は相関合計を表わし、 $S_{A0}^*[i]$ は、この解析信号の共役複素数であり、 $S_1[i]$ は実信号を表わし、さらに、 i は、タイムサンプルの指数を表わす。この相関合計は、タイムサンプル $i_0 \sim i_1$ について計算される。これらのタイムサンプルは、一般に、中心を送波フォーカス・レンジに置いたいくつかの送波波形長に及ぶように選択されている。

【 0 0 4 8 】

図3中の参照符号76は、2つの実信号の代表的なスペクトルを示している。簡単にするために、これらの周波数成分の実数部だけが、図3に表示されている。式2中の最後の積分は、参照符号78で表わされ、2つのベースバンド信号の代表的なスペクトルを示している。参照符号80は、実信号(実線)および解析信号(破線)の代表的なスペクトルを示しており、式3中の積分を表わす。図3の参照符号78と参照符号80から、式2中

40

50

の最後の積分と式3中の積分が同一の結果を与えていること、すなわち、この被積分関数で表わす信号のただ1つにおいて、負の周波数帯域を抑制する必要があることに容易に注目できる。さらに、正の周波数帯域をシフトして、それらの中心をゼロの周波数に置く必要もない。

【0049】

式5からわかるように、本発明は、ただ1つの信号を、複素形式に変換することを必要とする。さらに、この基準信号を、その解析形式に変換することにより、基準信号の周波数スペクトルをシフトして、そのベースバンド形式を生成する追加ステップが回避される。

【0050】

実際の実施例では、基準信号を生成する加算ステップと複素フィルタリング・ステップに、処理遅延がもたらされる。この基準信号と受波信号からの対応するレンジ・サンプルが、相関プロセッサ中で掛け合わされるから、それに対応して、受波信号が遅らされて、基準信号と受波信号が正しく揃えられる。

【0051】

この相関プロセッサはさらに、トランスジューサ要素52、56、60から受け取られたそれぞれの受波信号の遅延誤差を、相関合計を用いて評価するように構成されている。一実施形態では、この遅延誤差は、この相関合計の位相を計算して、その位相に基準倍率 $2 / f_0$ (ここで、 f_0 は、超音波信号の近似中心周波数である) を掛けて、その位相を遅延に変換することで、評価される。

【0052】

図4は、超音波システムで捕捉された少なくとも2つの受波信号間の遅延の補正を例示した流れ図である。超音波システムの補正された遅延を使用して、正確な画像を生成する。この流れ図中のそれぞれのステップは、以下でさらに詳しく述べる。

【0053】

ステップ82において、トランスジューサ要素のアレイから、少なくとも2つの受波信号を受け取って、それらの受波信号を合計して、基準信号を形成する。ステップ84において、その基準信号に対応する解析信号を生成する。

【0054】

ステップ86において、この解析信号と、対応する受波信号を比較することで、それぞれの受波信号に対する遅延誤差を評価する。一実施形態では、解析信号と実信号を用いる相関合計を計算して、その遅延誤差を評価する。この相関合計は、図2を参照して述べられるように、式5を用いて計算できる。

【0055】

この相関合計は、超音波システム中のビームフォーマ・システムの遅延誤差を補正するために使用される。一実施形態では、この遅延誤差は、この相関合計の位相を計算することで評価される。さらに具体的な実施形態では、この相関合計の位相に基準倍率を掛けて、その遅延誤差を評価する。一実施形態では、その位相に基準倍率 $2 / f_0$ (ここで、 f_0 は、超音波信号の近似中心周波数である) を掛ける。

【0056】

さらに他の実施形態では、受波信号に対するそれぞれのレンジ・サンプルの振幅を計算して、しきい値と比較する。一実施形態では、このしきい値は、平均チャネル信号振幅に、ユーザ指定の係数を掛けて計算される。他の実施形態では、このしきい値は、平均ビームサム信号振幅に、ユーザ指定の係数を掛けて計算される。次に、振幅が、このしきい値よりも大きいときには、この受波信号を、さらに小さい値に縮小した後で、相関器中で、この受波信号に基準信号を掛ける。大きい振幅のサンプルをこのように縮小すれば、強く反射する散乱体の、相関合計の位相に対する影響が少なくなる。

【0057】

上述の発明は、ビームサム信号と受波信号を両方とも複素形式に変換するのではなく、ビームサム信号だけを複素形式に変換することを含むいくつかの利点を提供する。したが

10

20

30

40

50

って、この超音波システム中のそれぞれのチャンネルに対して1つの変換フィルタを必要とするのではなく、この超音波システム中に、変換フィルタを1つ必要とするだけである。最新の超音波システムは、一般に、チャンネルを128以上持っているから、このような実施例により、複雑さと費用が、かなり節減される。さらに、このビームサム信号は、解析信号形式であって、ベースバンド形式を生成するために周波数偏移されない。

【0058】

さらに、相関合計を計算するのに必要な回路は、2つの複素信号を掛け合わせる（さらに、この複素積を累積すること）を必要とする従来技術の方法と比較して、単に実信号に複素信号を掛ける（さらに、この複素数積を累積すること）だけを必要とするので、ほとんど追加費用なしに、容易にビームフォーミング遅延ASICに組み込むことができる。この相関プロセッサを受波ビームフォーミングASICに組み込むには、ビームサム信号を、所定の経路でそれぞれのビームフォーミングASICに送ることが必要があるが、ただし、あらゆる受波信号を外部プロセッサに送る必要はなくなる。したがって、到達時間誤差を計算するために、余分のシステム帯域幅はほとんど必要なく、それにより、超音波システムの費用および複雑さが大幅に減らされる。

10

【0059】

さらに、相関合計を計算するのに必要な回路のサイズが縮小される。なぜなら、ビームサム基準信号と受波信号中のビット数が減らされるからである。したがって、加算回路のサイズだけでなく、乗算回路のサイズも最小にされる。さらに、ビームサム基準信号を、所定の経路で受波ビームフォーミングASIC中の相関プロセッサに送るのに必要なシステム帯域幅が、大幅に減らされる。肝臓で認められるような比較的に一様な散乱では、相関合計の位相は、通常、これら2つの信号に使用されるビット数の影響を受けない。これら2つの信号は、同じビット数を持つ必要はない。例えば、一実施形態では、受波信号では16ビットが使用されるが、一方、ビームサム基準信号では8ビットしか使用されないことがある。相関合計の精度のために、それぞれが回路サイズを代わる代わる使用する他の多くの組合せが可能である。例えば、他の実施形態では、受波信号の符号を表わすただ1つのビットが受波信号に使用されることがあり、このことは、相関プロセッサ中の乗算回路を加算器に代えられることを意味している。

20

【0060】

さきに記述されたように、受波信号および/またはビームサム基準信号中のビット数は、相関プロセッサの複雑さと精度に基づいて減らされることがある。反射される超音波信号の振幅は、深度が増すとともに減少しがちであることがよく知られている。相関合計の加算限度が、広範なサンプルに及ぶとき、また、受波信号および/またはビームサム信号に対して、少数のビットを保つときには、この基準信号または受波信号の静的ゲインを、浅い深度にてほぼフルスケールの振幅を生成するようにセットしても、このような減衰により、深い深度では、基準信号に大きな量子化誤差が生じることもある。別法として、この基準信号または受波信号の静的ゲインを大きくして、深い深度での大きな量子化誤差を避ける場合には、この減らされたビット信号は、浅い深さでは、オーバーフローすることもある。このようなオーバーフローまたは量子化誤差が大きくないときでも、この信号減衰により、相関合計の点で、浅い深度からサンプルに重みを付ける程度が、さらに深い深度からサンプルに重みを付ける場合よりも大きくなりがちであり、このことは、望ましくないかもしれない。

30

40

【0061】

一実施形態では、時間ゲイン補償(TGC)を、この基準信号または受波信号、あるいは、その両方の信号に施した後で、相関プロセッサに送られたビット数を減らす。その一方の信号、あるいは両方の信号にTGCを施した後で、ビット数を減らすことは、大きな量子化誤差を最小限に抑えるのに役立つ。また、サンプルが相関合計に寄与する重み付けを等しくするのに役立つ。ビームサム基準信号用のTGC回路の一部として、ビームサム基準信号中の大きい振幅のサンプルは、振幅を小さくするか、もしくは、ゼロにセットされて、この相関合計が、ビームサム基準信号中の少数の大きい振幅のサンプルにより支配

50

される可能性を最小限に抑えることもある。

【0062】

さらに、大きい振幅の受波信号の振幅を、相関合計の点で小さくすることで、普通なら、画像アーチファクトをもたらすはずの、偏りのあって、かつ不正確な遅延評価を最小限に抑える。

【0063】

本発明のいくつかの特徴だけが、本明細書中に図示され、かつ説明されてきたが、当業者には、多くの変更例や変形例が考えつくであろう。それゆえ、併記の特許請求の範囲は、本発明の真の精神に属するような変更例や変形例をすべてカバーするようにもくろまれているものとする。また、図面の符号に対応する特許請求の範囲中の符号は、単に本願発明の理解をより容易にするために用いられているものであり、本願発明の範囲を狭める意図で用いられたものではない。そして、本願の特許請求の範囲に記載した事項は、明細書に組み込まれ、明細書の記載事項の一部となる。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図1】本発明の一面により実施される超音波システムのブロック図である。

【図2】本発明の一面により実施されるビームフォーマ・プロセッサの一実施形態のブロック図である。

【図3】2つの実信号の周波数スペクトル、2つのベースバンド信号の周波数スペクトル、1つの実信号と1つの解析信号の周波数スペクトルを示すグラフである。

【図4】超音波システムで遅延を評価させる一方法を示す流れ図である。

【符号の説明】

【0065】

- 10 超音波システム
- 18 トランスジューサ・アレイ
- 22 受信器
- 24 送信器
- 27 ビームフォーマ・プロセッサ
- 64 加算器
- 66 複素フィルタ
- 68 相関プロセッサ

10

20

30

フロントページの続き

- (72)発明者 ケネス・ウェイン・リグビー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、レッド・メイプル・レーン、4エー番
- (72)発明者 スティーブン・チャールズ・ミラー
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ウォーキシャ、アスペンウッド・レーン、ダブリュ226エ
ヌ2572番

審査官 富永 昌彦

- (56)参考文献 特表平08-507951(JP,A)
特開2003-339698(JP,A)
特開2002-263103(JP,A)
特開2001-252276(JP,A)
特開平09-184826(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/00

专利名称(译)	超声成像延迟评估方法和系统		
公开(公告)号	JP4727319B2	公开(公告)日	2011-07-20
申请号	JP2005185886	申请日	2005-06-27
[标]申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
当前申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
[标]发明人	ケネスウェインリグビー スティーブンチャールズミラー		
发明人	ケネス・ウェイン・リグビー スティーブン・チャールズ・ミラー		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	G10K11/346 G01S7/52025 G01S7/5205		
FI分类号	A61B8/00 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB02 4C601/BB07 4C601/EE04 4C601/EE09 4C601/GB04 4C601/HH31 4C601/HH33 4C601/ JB05 4C601/ JB24 4C601/ JB33 4C601/ JB37 4C601/ JB40 4C601/ JB42 4C601/ JB45 4C601/ JB53		
代理人(译)	小仓 博 伊藤亲		
优先权	10/882910 2004-06-30 US		
其他公开文献	JP2006015138A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：纠正超声系统中至少两个信号之间的延迟。加法器（64）被配置为对第一多个接收信号执行复合操作以生成波束和信号。这些接收到的信号可以包括相应的波束形成延迟，复杂的过滤器（66）被配置为将Bimusamu信号转换为分析信号。波束形成器处理器（27）被进一步耦合到至少一个相应的换能器元件和一个复杂的过滤器（66），以及多个每个来计算用于所述至少一个接收的信号的相关性和被配置相关处理器（68），适合于接收所述至少一个接收的信号的相关和，并利用该相关和，至少一个被配置成评估对应的延迟懒惰评估装置还包括在内。The

【数2】

$$C = \sum_{i=i_0}^{i_1} S_{A0}^*[i] S_1[i]$$