



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0028658
(43) 공개일자 2008년04월01일

(51) Int. Cl.

G01N 29/00 (2006.01) A61B 8/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0094228

(22) 출원일자 2006년09월27일

심사청구일자 2006년09월27일

(71) 출원인

주식회사 메디슨

강원 홍천군 남면 양덕원리 114

(72) 발명자

정목근

서울 노원구 상계9동 보람아파트 209-1004

윤라영

서울 강남구 대치동 1003번지 디스커서앤메디슨빌딩

(74) 대리인

주성민, 백만기

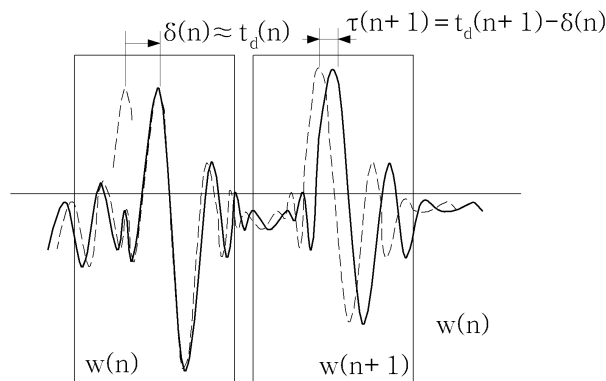
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 탄성영상신호의 비상관도를 감소시켜 초음파 영상을형성하는 방법

(57) 요약

본 발명은 시간 또는 공간에 따라 변화하는 탄성영상 신호의 비상관도를 감소시켜 영상을 구현하는 초음파 영상 형성 방법을 제공한다. 특히 본 발명은 탄성 영상법에서 압축 전, 후의 신호 사이에 비상관도를 감소시키기 위해 하나의 신호를 이동시킴에 따라 발생하는 위상변화를 보상하여 탄성 영상을 구현하는 초음파 영상 형성 방법을 제공한다.

대표도 - 도3b



특허청구의 범위

청구항 1

압축되지 않은 대상체에서 반사된 초음파 신호로부터 얻어진 제1 수신신호와 압축된 대상체에서 반사된 초음파 신호로부터 얻어진 제2 수신신호-상기 제1 수신신호 및 제2 수신신호 사이의 지연시간은 대상체의 깊이에 따라 변하며, 상기 제1 수신신호 및 상기 제2 수신신호는 다수의 영역으로 분할됨-를 입력받는 단계;

제1 영역에서 상기 제1 수신신호와 제2 수신신호의 위상차로부터 지연을 추정하는 단계;

상기 제1 영역에 인접한 제2 영역의 상기 제1 수신신호 및 상기 제2 수신신호 중 선택된 어느 하나를 상기 추정된 지연 만큼 이동시키는 단계;

상기 이동이 완료된 후, 상기 제2 영역 내에서 상관도를 이용하여 이동된 신호와 이동되지 않은 신호 사이의 변위를 계산하되, 상기 변위는 상기 이동에 따른 위상변화를 보상하여 계산하는 단계;

상기 추정 지연 및 상기 변위에 근거하여 상기 제2 영역에서 상기 압축에 따른 상기 제1 수신신호와 상기 제2 수신신호 사이의 지연을 계산하는 단계; 및

상기 계산된 지연에 기초하여 상기 대상체의 초음파 영상을 형성하는 단계를 포함하는 초음파 영상 형성 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제1 영역은 상기 제2 영역보다 상대적으로 대상체의 깊이가 얇은 영역에 대응하는, 초음파 영상 형성 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제1 수신신호 및 상기 제2 수신신호는 중심주파수가 ω_0 인 송신 초음파로부터 얻어지고,

상기 압축에 의해 상기 제1 수신신호와 상기 제2 수신신호 간의 군지연 t_g 가 발생하고,

상기 제1 수신신호는 다음의 수학적식과 같이 표현되고,

$$x_{b1}(t) = r(t)e^{j\phi(t)}$$

상기 제2 수신신호는 다음의 수학적식과 같이 표현되며,

$$x_{b2}(t) = r(t - t_g)e^{j(-\omega_0 t_p + \phi(t - t_g))}$$

상기 추정된 지연은 δ 이고,

다음의 상관도 관계식에 따라 상기 제2 영역에서 상기 제1 수신신호와 상기 제2 수신신호의 상기 변위를 구하되,

$$\Delta\Phi_0 = \arg\langle x_{b1}(t) \cdot x_{b2}^*(t) \rangle = \omega_0 t_p + \phi(t) - \phi(t - t_g)$$

상기 이동에 따른 위상변화 $e^{j(-\omega_0 \delta)}$ 를 반영하여 얻어진 상기 변위는 다음의 수학적식으로 표현되고,

$$\Delta\Phi_{\delta\delta} = \omega_0(t_g - \delta) + \phi'(t)(t_g - \delta)$$

상기 압축에 따른 상기 제1 수신신호와 상기 제2 수신신호 사이의 계산된 지연은 상기 수학적식으로부터 얻어지

는 상기 균지연 t_g 인 초음파 영상 형성 방법.

청구항 4

압축되지 않은 대상체에서 반사된 초음파 신호로부터 얻어진 제1 수신신호와 압축된 대상체에서 반사된 초음파 수신신호로부터 얻어진 제2 수신신호-상기 제1 수신신호 및 상기 제2 수신신호 사이의 지연은 대상체의 깊이에 따라 변하고, 상기 제1 수신신호 및 상기 제2 수신신호는 다수의 영역으로 분할되며, 상기 제1 수신신호 및 제2 수신신호는 위상함수로 표현됨-을 얻는 단계;

제1 영역에서 제1 수신신호와 제2 수신신호의 위상차로부터 지연을 추정하는 단계;

상기 제1 영역에 인접한 제2 영역의 상기 제1 수신신호 및 상기 제2 수신신호 중 선택된 어느 하나를 상기 추정된 지연 만큼 이동시키는 단계;

상기 이동이 완료된 후, 상기 제2 영역 내에서 상관도를 이용하여 이동된 신호와 이동되지 않은 신호 사이의 변위를 계산하되, 상기 변위는 상기 이동에 따른 위상변화를 보상하여 계산하는 단계;

상기 제1 수신신호와 상기 제2 수신신호 중 어느 하나의 위상함수를 미분하여 순시주파수를 구하는 단계;

상기 추정된 지연, 상기 변위 및 상기 순시주파수를 이용하여 상기 제2 영역에서 상기 압축에 따른 상기 제1 수신신호와 상기 제2 수신신호 사이의 지연을 계산하는 단계; 및

상기 계산된 지연에 기초하여 상기 대상체의 초음파 영상을 형성하는 단계를 포함하는 초음파 영상 형성 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 제1 영역은 상기 제2 영역보다 상대적으로 대상체의 깊이가 얇은 영역에 대응하는, 초음파 영상 형성 방법.

청구항 6

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 제1 수신신호 및 상기 제2 수신신호는 중심주파수가 ω_0 인 송신 초음파로부터 얻어지고,

상기 압축에 의해 상기 제1 수신신호와 상기 제2 수신신호 간의 균지연 t_g 가 발생하고,

상기 제1 수신신호는 다음의 수학적식과 같이 표현되고,

$$x_{b1}(t) = r(t)e^{j\phi(t)}$$

상기 제2 수신신호는 다음의 수학적식과 같이 표현되며,

$$x_{b2}(t) = r(t - t_g)e^{j(-\omega_0 t_p + \phi(t - t_g))}$$

상기 추정된 지연은 δ 이고,

다음의 상관도 관계식에 따라 상기 제2 영역에서 상기 제1 수신신호와 상기 제2 수신신호의 상기 변위를 구하되,

$$\Delta\Phi_0 = \arg\langle x_{b1}(t) \cdot x_{b2}^*(t) \rangle = \omega_0 t_p + \phi(t) - \phi(t - t_g)$$

상기 이동에 따른 위상변화 $e^{j(-\omega_0 \delta)}$ 를 반영하여 얻어진 상기 변위는 다음의 수학적식으로 표현되고,

$$\Delta\Phi_{\delta\delta} = \omega_0(t_g - \delta) + \phi'(t)(t_g - \delta)$$

상기 압축에 따른 상기 제1 수신신호와 상기 제2 수신신호 사이의 계산된 지연은 상기 수학적식으로부터 얻어지는 상기 균지연 t_g 인 초음파 영상 형성 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 순시주파수는 샘플링 시간(T) 동안의 상기 제1 수신신호 또는 상기 제2 수신신호의 상관도에 기초하여 계산하는, 초음파 영상 형성 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <9> 본 발명은 초음파 영상 형성 방법에 관한 것으로서, 특히 압축 전, 후 탄성영상 신호의 비상관도를 감소시켜 변위 추정오차를 줄이는 초음파 영상 형성 방법에 관한 것이다.
- <10> 초음파 영상 형성 장치는 진단하고자 하는 대상체를 향하여 초음파를 송신하고 반사된 초음파로부터 대상체의 영상을 형성하여 표시하는 장치로서, 의료 분야에서 널리 사용되고 있다.
- <11> 초음파 영상은 조직 사이의 임피던스 차이에 따라 달라지는 반사계수를 이용하는 B-모드(B-mode)로써 주로 표현된다. 그러나, 종양이나 암조직과 같이 주위의 조직과 반사계수가 크게 차이 나지 않는 부분은 초음파 영상에서 관찰되기 어렵다. 이와 같이 반사계수가 차이가 나지 않는 조직은 기계적인 특성을 영상화하는 탄성영상법(Elastography)으로 표현할 수 있다. 탄성영상법은 B-모드(B-mode) 영상에서 진단할 수 없는 조직의 기계적인 성질을 영상화하므로 병변의 진단에 큰 도움을 준다.
- <12> 탄성 영상법은, 초음파 진단장치로부터 입력되는 RF 수신 데이터를 이용하여 상호상관(cross correlation) 계수를 구하는 방법과 복소수의 기저대역 신호를 이용하여 자기상관(autocorrelation) 계수를 계산하고 위상차로부터 변위를 계산하는 방법으로 나눌 수 있다. 후자는 기저대역 신호를 이용함에 따라 RF 수신 데이터를 이용하는 경우보다 적은 량의 데이터를 계산할 수 있어 계산 속도를 증가시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나, 자기상관법을 통해 계산되는 값은 시간에 대한 값이 아니라 위상의 값이므로 이를 다시 시간으로 변화하는 과정이 필요하다. 위상 값을 시간 값으로 변화시키기 위해 초음파 송신 신호의 중심 주파수를 이용한다. 중심 주파수는 대상체의 깊이에 따라 달라지므로, 고정된 중심주파수를 사용할 경우 오차가 발생한다. 또한 자기상관으로 위상을 계산하는 경우, 두 신호 사이의 위상 차가 송신 초음파 파장의 1/2 보다 크면 앨리어싱(aliasing)이 발생하므로 이를 보상하기 위한 과정이 추가적으로 필요하다. 아울러, 대상체의 깊이가 증가할수록 위상차가 커지므로 비교하고자 하는 신호의 모양이 달라져 비상관도(de-correlation)가 큰 데이터를 사용하게 되므로 오차가 커진다.
- <13> 상대적으로 깊이가 깊은 영역에서 비상관도가 큰 데이터를 사용함에 따른 오차를 감소시키기 위해 "탄성영상신호의 비상관도를 감소시켜 초음파 영상을 형성하는 방법" 명칭의 대한민국 출원 2005-109477호에는 상대적으로 깊이가 얇은 영역에서 압축 전, 후 두 신호의 위상차로 지연시간을 추정된 뒤, 상대적으로 깊이가 깊은 영역에서 지연시간이 줄어드는 방향으로 추정된 지연시간 만큼 하나의 신호를 이동시킨 후 다시 지연시간을 계산하고, 추정된 지연시간과 이동 후 계산된 지연시간의 합으로 최종의 지연시간을 결정하는 방법이 제시되었다.
- <14> 그러나, 전술한 종래 기술은 신호 이동에 따라 발생하는 위상변화를 반영하지 못하는 문제점이 있었다. 이동에 따른 이상변화를 보상하기 위해, 위상이 0(zero)이 되도록 반복적으로 신호를 이동시켜 변위를 계산하는 방법을 고려해볼 수 있지만, 이 경우 반복적인 신호이동에 의해 계산 시간이 늘어나는 단점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <15> 본 발명은 탄성영상 신호의 비상관도를 감소시켜 변위 추정오차를 줄이는 초음파 영상 형성 방법을 제공한다.

특히 본 발명은, 조직의 단단한 정도를 측정하는 탄성 영상법에서 압축 전, 후의 신호 사이에 비상관도를 감소시키기 위해 하나의 신호를 이동시킴에 따라 발생하는 위상변화를 보상하여 탄성 영상을 구현하는 초음파 영상 형성 방법을 제공한다.

발명의 구성 및 작용

- <16> 본 발명에 따른 초음파 영상 형성 방법은 압축되지 않은 대상체에서 반사된 초음파 신호로부터 얻어진 제1 수신신호와 압축된 대상체에서 반사된 초음파 신호로부터 얻어진 제2 수신신호-상기 제1 수신신호 및 제2 수신신호 사이의 지연시간은 대상체의 깊이에 따라 변하며, 상기 제1 수신신호 및 상기 제2 수신신호는 다수의 영역으로 분할됨-를 입력받는 단계; 제1 영역에서 상기 제1 수신신호와 제2 수신신호의 위상차로부터 지연을 추정하는 단계; 상기 제1 영역에 인접한 제2 영역의 상기 제1 수신신호 및 상기 제2 수신신호 중 선택된 어느 하나를 상기 추정된 지연 만큼 이동시키는 단계; 상기 이동이 완료된 후, 상기 제2 영역 내에서 상관도를 이용하여 이동된 신호와 이동되지 않은 신호 사이의 변위를 계산하되, 상기 변위는 상기 이동에 따른 위상변화를 보상하여 계산하는 단계; 상기 추정 지연 및 상기 변위에 근거하여 상기 제2 영역에서 상기 압축에 따른 상기 제1 수신신호와 상기 제2 수신신호 사이의 지연을 계산하는 단계; 및 상기 계산된 지연에 기초하여 상기 대상체의 초음파 영상을 형성하는 단계를 포함한다.
- <17> 또한, 본 발명에 따른 초음파 영상 형성 방법은, 압축되지 않은 대상체에서 반사된 초음파 신호로부터 얻어진 제1 수신신호와 압축된 대상체에서 반사된 초음파 수신신호로부터 얻어진 제2 수신신호-상기 제1 수신신호 및 상기 제2 수신신호 사이의 지연은 대상체의 깊이에 따라 변하고, 상기 제1 수신신호 및 상기 제2 수신신호는 다수의 영역으로 분할되며, 상기 제1 수신신호 및 제2 수신신호는 위상함수로 표현됨-을 얻는 단계; 제1 영역에서 제1 수신신호와 제2 수신신호의 위상차로부터 지연을 추정하는 단계; 상기 제1 영역에 인접한 제2 영역의 상기 제1 수신신호 및 상기 제2 수신신호 중 선택된 어느 하나를 상기 추정된 지연 만큼 이동시키는 단계; 상기 이동이 완료된 후, 상기 제2 영역 내에서 상관도를 이용하여 이동된 신호와 이동되지 않은 신호 사이의 변위를 계산하되, 상기 변위는 상기 이동에 따른 위상변화를 보상하여 계산하는 단계; 상기 제1 수신신호와 상기 제2 수신신호 중 어느 하나의 위상함수를 미분하여 순시주파수를 구하는 단계; 상기 추정된 지연, 상기 변위 및 상기 순시주파수를 이용하여 상기 제2 영역에서 상기 압축에 따른 상기 제1 수신신호와 상기 제2 수신신호 사이의 지연을 계산하는 단계; 및 상기 계산된 지연에 기초하여 상기 대상체의 초음파 영상을 형성하는 단계를 포함한다.
- <18> 이하, 본 발명의 실시예를 설명한다.
- <19> 먼저, 단위 면적당 가해지는 힘인 응력, 즉 스트레스(stress)를 인가하기 전에 대상체에 초음파를 인가하여 RF 기준신호(제1 수신신호)를 얻고, 대상체의 표면에 스트레스를 가하여 대상체를 압축하면서 RF 수신신호(제2 수신신호)를 얻는다.
- <20> 도 1은 압축 전과 후, 즉 스트레스 인가 전, 후의 수신신호 모양을 보인다. 대상체에 압축을 가하면 대상체 내의 반사체들이 압축 방향으로 이동한다. 이러한 반사체의 이동에 따라 압축되기 전과 비교할 때 수신신호의 이동이 나타난다. 따라서, 두 신호 사이의 이동, 즉 지연시간을 계산함으로써 매질의 변위를 구할 수 있다. 이러한 변위는 대상체의 단단함에 따라 달라지므로, 변위에 의해 매질의 특성을 알 수 있다.
- <21> 한편, 도 1에 보이는 바와 같이, 트랜스듀서(101)에 가까운 곳에서는 스트레스에 의한 신호의 이동이 작지만 먼 곳에서는 변위가 누적되어 신호 간 이동이 크게 나타난다.
- <22> 조직에 일정한 압력을 한 방향으로 가하면 조직의 단단한 정도에 따라 변형 정도가 다르게 나타난다. 따라서 외부 또는 내부에서 인가된 힘에 대하여 매질의 이동 변위(displacement)를 계산하고, 변위의 함수를 미분하여 기울기를 구하면 변형률 즉, 스트레인(strain)을 구할 수 있다. 이 스트레인 값에 기초하여 탄성영상을 구성한다.
- <23> 본 발명의 실시예에서는, 변위를 구하기 위해, 압축 전, 후의 RF 신호를 복조하여 기저대역(base band)의 I/Q 신호로 바꾸고 자기상관(autocorrelation)을 구하여 위상차를 계산한다.
- <24> 먼저, 지연시간 추정을 위한 모델을 설명한다. 지연시간 추정을 위한 모델은 도 2에 보이는 바와 같이, 선형지연을 갖는 전역통과필터를 이용하여 압축에 의한 지연시간을 모델링한다. 초음파 송신 중심주파수가 ω_0 이고, 시간에 따른 진폭 및 위상을 각각 $r(t)$ 및 $\phi(t)$ 라 할 때, 압축 전의 수신신호 $x_1(t)$ 와 압축 후의 신호 $x_2(t)$ 를 각각 다음의 수학식 1 및 수학식 2와 같이 정의한다.

수학식 1

<25>

$$x_1(t) = r(t) \cos(\omega_0 t + \phi(t))$$

수학식 2

<26>

$$x_2(t) = x_1(t - t_d) = r(t - t_g) \cos(\omega_0(t - t_p) + \phi(t - t_g))$$

<27>

수학식 2에서 t_g 및 t_p 는 각각 압축에 의한 군지연 및 위상지연을 나타낸다. 군지연 t_g 와 위상지연 t_p 가 같다고 가정하면, 압축 전의 수신신호 $x_1(t)$ 와 압축 후의 신호 $x_2(t)$ 각각의 복조후 기저대역의 복조신호는 수학식 3 및 수학식 4와 같다.

수학식 3

<28>

$$x_{b1}(t) = r(t) e^{j\phi(t)}$$

수학식 4

<29>

$$x_{b2}(t) = r(t - t_g) e^{j(-\omega_0 t_p + \phi(t - t_g))}$$

<30>

유한구간, 즉 일정크기의 상관 윈도우에서 두 신호의 위상차 Φ_0 (압축에 따른 변위)는 상관도(correlation) 계산으로부터 수학식 5와 같이 된다.

수학식 5

<31>

$$\Delta\Phi_0 = \arg \langle x_{b1}(t) \cdot x_{b2}^*(t) \rangle = \omega_0 t_p + \phi(t) - \phi(t - t_g)$$

<32>

수학식 5에서 'arg'는 위상을 구하는 함수이고, ' $\langle \cdot \rangle$ '는 상관도를 계산하는 함수이다. 수학식 5의 $\phi(t - t_g)$ 를 테일러 급수(Taylor series)로 1차항까지 전개하여 다음의 수학식 6을 얻는다.

수학식 6

<33>

$$\phi(t - t_g) \approx \phi(t) - t_g \phi'(t)$$

<34>

이를 수학식 5에 대입하여 정리하면 위상차 Φ_0 는 근사적으로 다음의 수학식 7과 같이 표현된다.

수학식 7

<35>

$$\Delta\Phi_0 = \omega_0 t_p + \phi'(t) t_g$$

<36>

이를 군지연 t_g 에 대해 정리하면 수학식 8을 얻는다.

수학식 8

<37>

$$t_g = \frac{\Delta\Phi_0}{\omega_0 + \phi'(t)} = \frac{\Delta\Phi_0}{\omega_0 + \omega_B(t)}$$

<38> $\phi'(t)$ 는 위상의 미분이므로 수학적 식 8에 보인 바와 같이 $\phi'(t)$ 는 기저대역 신호의 순시주파수(instantaneous frequency) $\omega_B(t)$ 에 해당한다. 따라서 $\phi'(t)$ 는 수학적 식 9와 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 9

$$\phi'(t) = \omega_B(t) = \frac{\arg \langle x_{b1}(n) \cdot x_{b2}^*(n+T) \rangle}{T}$$

<39>

<40> 수학적 식 9에서 'T'는 샘플링 시간 간격이다. $\omega_0 \gg \omega_B(t)$ 이면 다음의 수학적 식 10과 같은 근사식으로 군지연 t_g 를 표현할 수 있다.

수학적 식 10

$$t_g = \frac{\Delta\Phi_0}{\omega_0}$$

<41>

<42> 그러나, 초음파 신호는 넓은 주파수 대역폭을 갖고, 대상체의 깊이에 따라 주파수가 변하므로 분모를 상수인 초음파 송신중심 주파수 ω_0 로 고정하면 오차가 발생한다. 이와 같은 오차는 기저대역 신호의 순시 주파수 성분을 고려함으로써 오차를 줄일 수 있다.

<43> 대상체를 압축할 경우 대상체의 깊이가 증가할수록 대상체 전체의 변위가 커져 비교하고자 하는 신호의 모양이 크게 달라진다. 이에 따라, 비상관도가 큰 데이터를 이용하여 계산하므로 오차가 커진다. 이를 극복하기 위해 대상체의 깊이가 상대적으로 낮은 영역에서 두 신호의 위상차로 지연시간을 추정한 뒤, 지연시간이 줄어드는 방향으로 추정된 지연시간 만큼 하나의 신호를 먼저 이동시킨 후 다시 지연시간을 계산한다. 최종의 지연시간 값은 추정된 지연시간과 이동 후 계산된 지연시간의 합으로 주어진다. 이를 도 3a 및 도 3b를 참조하여 상세하게 설명한다.

<44> 도 3a 및 도 3b에서 윈도우 $w(n)$ 및 $w(n+1)$ 은 각각 대상체의 깊이가 상대적으로 얇을 때와 깊을 때 압축 전, 후의 수신신호(제1 수신신호 및 제2 수신신호)를 보이는 윈도우이다. 깊이는 대상체내 반사체(조직)와 프로브 간의 상대적 깊이이다. 한편, 윈도우 $w(n)$ 및 $w(n+1)$ 는 시간 경과에 따른 압축 전후의 수신신호들을 보이는 윈도우일 수도 있다.

<45> 두 윈도우의 비교를 통하여 알 수 있듯이, 대상체의 깊이가 상대적으로 깊을 때(시간의 경과가 클 때) 위상차가 더 커짐을 알 수 있다. 위상차가 π 이상이면 엘리어싱(aliasing)이 발생한다. 두 윈도우가 인접한 경우 신호의 위상차가 크지 않으므로 엘리어싱을 효과적으로 방지할 수 있다. 도 3a의 윈도우 $w(n)$ 내 압축에 따른 지연시간이 $t_d(n)$ 로 추정될 때, 그에 인접하는 윈도우 $w(n+1)$ 내 압축에 따른 지연시간을 $t_d(n+1)$ 로 가정한다.

<46> 도 3b에 보이는 바와 같이, 추정된 지연시간 $t_d(n)$ 만큼 선형 보간(interpolation)을 이용하여 압축 전 수신신호를 이동시키면, 이동에 따라 윈도우 $w(n)$ 내의 신호의 위상차는 0에 가까워진다. 도 3b에서는 압축 전 신호를 이동하는 예를 보이고 있으나, 이동되는 신호는 압축 전 신호와 압축 후 신호 모두 가능하다. 이동 후 계산된 $w(n+1)$ 내 신호의 시간지연을 $\tau(n+1)$ 이라 할 때, $\tau(n+1)$ 은 이동 전의 시간지연 $t_d(n+1)$ 보다 작아진다. 이에 따라, 압축 전, 후 수신신호 사이의 상관도가 높아져 노이즈 감소 효과를 얻을 수 있고, 위상차도 적어져 엘리어싱의 발생을 방지할 수 있다.

<47> 신호 이동 후 윈도우 $w(n+1)$ 의 시간지연 $\tau(n+1)$ 에는 이미 추정된 지연시간 $t_d(n) \approx \delta(n)$ 이 반영되었으므로,

로, 최종 지연시간은 $\tau(n+1)$ 과 $t_d(n) \approx \delta(n)$ 의 합에 기초하여 계산된다. 즉, 다음의 수학적 식 11과 같이

비상관도가 큰 윈도우 $w(n+1)$ 내의 압축에 따른 지연시간 $t_d(n+1)$ 를 그대로 반영하여 영상을 형성하지 않고, 대상체의 깊이가 상대적으로 얇은 영역인 윈도우 $w(n)$ 내의 지연시간 $t_d(n)$ 에 대한 지연시간 차이 $\tau(n+1)$ 를 반영하여 영상을 형성한다.

수학식 11

$$t_d(n+1) = t_d(n) + \tau(n+1)$$

<48>

<49>

진술한 바와 같이, 추정된 지연시간 t_d 를 δ 로 근사할 때, 이동한 후 윈도우 $w(n+1)$ 에서의 변위 $\tau(n+1)$ 는 압축에 의한 군지연 t_g 와 δ 의 차이가 된다($\tau(n+1)=t_g-\delta$)).

<50>

압축 전, 후 초음파 신호의 비상관도를 줄이기 위해 압축 전, 후 신호의 지연시간(위상차)을 추정한 뒤, 지연시간(위상차)이 감소하는 방향으로 두 신호 중 한 신호를 이동시킨 후 다음의 과정에 따라 압축에 따른 군지연 t_g 를 구한다.

<51>

수학식 4와 같이 표현되는, 압축 후 수신신호의 복조후 기저대역의 복소신호 $x_{b2}(t)$ 에서 군지연 t_g 를 상쇄시키는 방향으로 δ 만큼 이동시킨 신호는 다음의 수학식 12와 같다.

수학식 12

$$x_{b2}(t+\delta) = r(t-t_g+\delta)e^{j(-\omega_0 t_p + \phi(t-t_g+\delta))}$$

<52>

<53>

수학식 3으로 표현되는, 압축 전 수신신호의 복조후 기저대역의 복소신호 $x_{b1}(t)$ 와 수학식 12로 표현되는 $x_{b2}(t+\delta)$ 로부터 다음의 수학식 13을 얻는다.

수학식 13

$$\Delta\Phi_\delta = \omega_0 t_g + \phi(t) - \phi(t-t_g+\delta)$$

<54>

<55>

$\Delta\Phi_\delta$ 를 테일러(Taylor) 급수를 이용한 근사식으로 나타내면 다음의 수학식 14와 같다.

수학식 14

$$\Delta\Phi_\delta = \omega_0 t_g + \phi'(t)(t_g - \delta)$$

<56>

<57>

다음의 수학식 15는 수학식 14를 군지연에 t_g 에 대해 정리하여 나타낸 것이다.

수학식 15

$$t_g = \frac{\Delta\Phi_\delta + \phi'(t)\delta}{\omega_0 + \phi'(t)}$$

<58>

<59>

수학식 15는 δ 로 근사된 윈도우(w) 내 압축 전, 후 수신신호의 추정된 지연시간만큼 윈도우 $w(t+1)$ 내 압축 후의 신호를 이동시킴에 따른 군지연을 보인다. $\delta=0$ 인 경우 수학식 15는 신호를 이동시키지 않은 경우인 수학식 8과 같아진다. 아울러, $\delta=t_g$ 인 경우, 수학식 15로부터 군지연은 다음의 수학식 16과 같이 표현된다.

수학식 16

$$t_g = \frac{\Delta\Phi_\delta}{\omega_0}$$

<60>

<61>

즉, 신호의 이동에 의해 변위를 보상하더라도 위상차는 0이 되지 않는다. 위상차가 0이 되지 않는 원인은 수학식 4와 같이 표현되는, 압축 후 수신신호의 복조후 기저대역의 복조신호 $x_{b2}(t)$ 에서 군지연 t_g 를 상쇄시키는 방향으로 δ 만큼 신호를 이동시킴에 따라 변화하는 위상을 보상하지 않았기 때문이다. 그러므로, 신호의 이동 후 위상차가 0이 되도록 하기 위해서는, 신호의 이동에 따라 발생하는 위상변화를 보상해야 한다. 신호를 δ 만큼 이동함에 따른 위상변화는 $e^{j(-\omega_0\delta)}$ 이므로 이를 상관도(correlation) 계산에 반영하면, 수학식 14는 다음의 수학식 17과 같이 표현된다.

수학식 17

$$\Delta\Phi_{\delta\delta} = \omega_0(t_g - \delta) + \phi'(t)(t_g - \delta)$$

<62>

<63>

수학식 17로부터 다음의 수학식 18을 얻는다.

수학식 18

$$(t_g - \delta) = \frac{\Delta\Phi_{\delta\delta}}{\omega_0 + \phi'(t)}$$

<64>

<65>

수학식 18에서 $\delta = t_g$ 가 되면 $\Delta\Phi_{\delta\delta} = 0$ 이 된다. 그러나, $\delta \neq t_g$ 이면 $\Delta\Phi_{\delta\delta}$ 는 0이 되지 않으므로,

$\Delta\Phi_{\delta\delta}$ 로부터 $(t_g - \delta)$ 및 t_g 를 계산할 수 있다. 수학식 17과 18을 이용하면 작은 변위를 계산하게 되므로 신호의 엘리어싱(aliasing)을 피할 수 있고, 종래에 위상을 보상하기 위해, 즉 위상이 0(zero)가 되도록 신호를 반복적으로 이동시키는 과정을 생략할 수 있다. 또한, 신호의 이동에 따른 신호 크기(amplitude)의 변화와 위상의 변화를 같이 고려함으로써 계산의 정확도를 높일 수 있다.

<66>

이하, 탄성영상신호의 비상관도를 감소시켜 초음파 영상을 형성하는 과정을 설명한다.

<67>

본 발명의 실시예에 따라, 압축되지 않은 대상체에서 반사된 초음파 신호로부터 얻어진 제1 수신신호와 압축된 대상체에서 반사된 초음파 신호로부터 얻어진 제2 수신신호를 입력받는다. 제1 수신신호 및 제2 수신신호 사이의 지연시간은 대상체의 깊이에 따라 변하며, 제1 수신신호 및 제2 수신신호는 다수의 영역으로 분할된다. 제1 수신신호 및 제2 수신신호는 중심주파수가 ω_0 인 송신 초음파로부터 얻어진 신호이다. 또한, 압축에 의해 제1 수신신호와 제2 수신신호 사이에 군지연 t_g 가 발생한다. 이와 같은 제1 수신신호 및 제2 수신신호는 각각 전술한 수학식 3 및 수학식 4와 같이 표현된다.

<68>

도 3b의 윈도우 $w(n)$ 와 같은 제1 영역에서 제1 수신신호와 제2 수신신호의 위상차로부터 지연을 추정한다. 여기서 추정된 지연은 도 3b의 윈도우 $w(n)$ 내에서의 압축 전, 후 신호의 위상차 δ 에 해당한다.

<69>

이어서, 도 3b의 윈도우 $w(n+1)$ 와 같이 제1 영역에 인접한 제2 영역에서 제1 수신신호 및 제2 수신신호 중 선택된 어느 하나를 추정된 지연(δ) 만큼 이동시킨다. 이동이 완료된 후, 제2 영역 내에서 수학식 5에 보이는 상관도를 이용하여 이동된 신호와 이동되지 않은 신호 사이의 변위를 계산한다. 이때, 이동에 따른 위상변화

$$e^{j(-\omega_0\delta)}$$

를 보상하여 변위를 계산한다. 이에 따라 계산된 변위는 전술한 수학식 17과 같이 표현된다.

<70>

추정 지연(δ) 및 변위에 근거하여 제2 영역에서 압축에 따른 제1 수신신호와 제2 수신신호 사이의 지연을 계산한다. 압축에 따른 상기 제1 수신신호와 제2 수신신호 사이의 계산된 지연은 수학식 17로부터 얻어지는 군지연

t_g 에 해당한다.

<71> 다음으로, 계산된 지연(군지연 t_g)에 기초하여 상기 대상체의 초음파 영상을 형성한다.

<72> 전술한 제1 영역은 상기 제2 영역보다 상대적으로 대상체의 깊이가 얇은 영역에 대응한다.

<73> 본 발명의 다른 실시예에 따라 변위를 계산한 다음, 수학식 9를 기초로 제1 수신신호와 제2 수신신호 중 어느 하나의 위상함수를 미분하여 순시주파수를 계산한다. 즉, 순시주파수는 샘플링 시간(T) 동안의 상기 제1 수신신호 또는 상기 제2 수신신호의 상관도에 기초하여 계산한다. 이 경우, 압축에 따른 제1 수신신호와 제2 수신신호 사이의 지연은 추정된 지연, 변위 및 순시주파수를 이용하여 계산한다.

발명의 효과

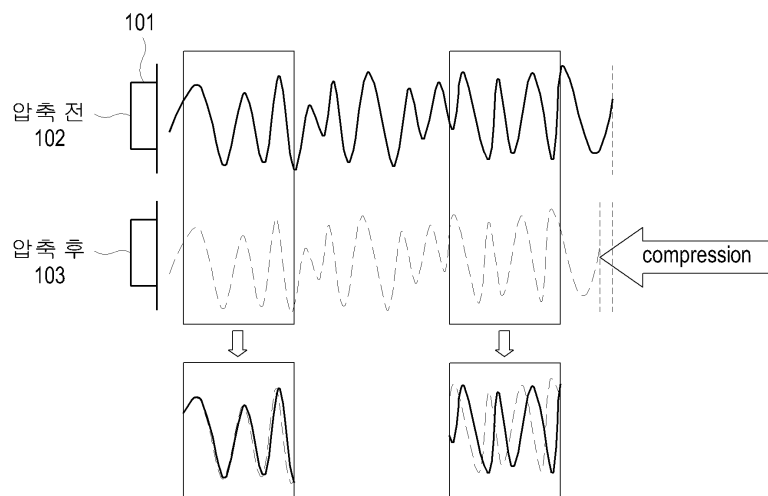
<74> 전술한 바와 같이 이루어지는 본 발명은, 매질의 깊이에 따라 다른 초음파 송신 주파수를 사용함으로써 위상을 시간 값으로 변환하는 과정에서 발생하는 오차를 줄일 수 있다. 아울러, 데이터의 이동으로 데이터의 상관도를 높이고 작은 변위를 계산하게 되므로 신호의 엘리어싱(aliasing)을 피할 수 있다. 데이터 이동에 의한 신호 크기(amplitude)의 변화와 위상의 변화를 같이 고려함으로써 정확한 변위를 계산할 수 있다.

도면의 간단한 설명

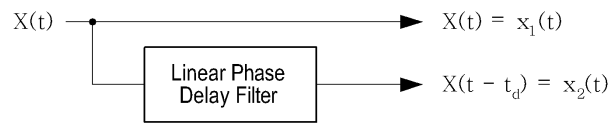
- <1> 도 1은 압축 전과 후의 초음파 수신신호를 보이는 그래프.
- <2> 도 2는 변위 계산을 위한 지연 신호 모델을 보이는 개략도.
- <3> 도 3a는 인접하는 윈도우들 내에서 압축 전, 후의 수신신호를 보이는 그래프.
- <4> 도 3b는 추정된 지연시간만큼 이동된 압축 후의 신호를 압축 전의 신호와 함께 보이는 그래프.
- <5> *도면의 주요부분에 대한 도면부호의 설명*
- <6> 101: 트랜스듀서
- <7> 102: 압축 전 초음파 수신신호
- <8> 103: 압축 후 초음파 수신신호

도면

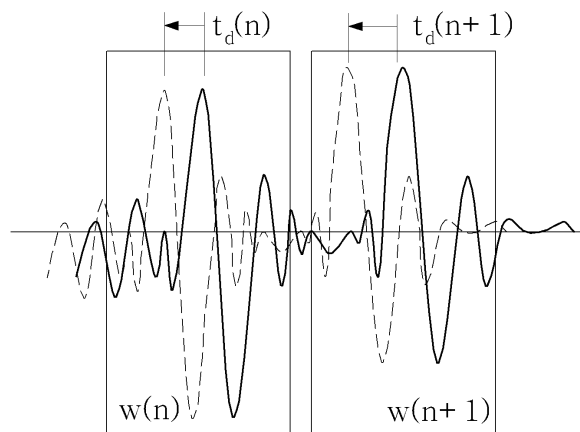
도면1



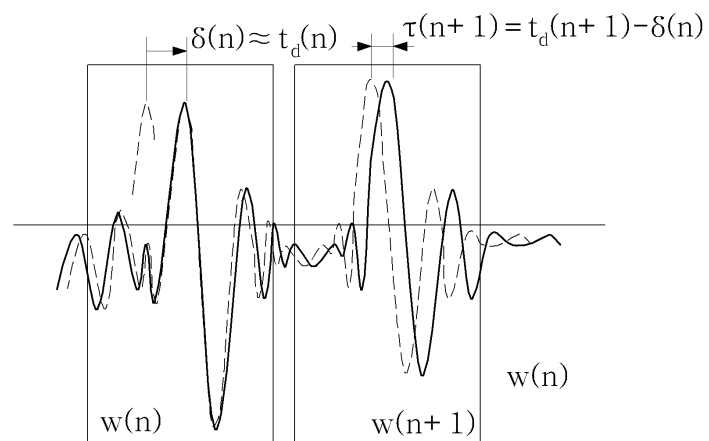
도면2



도면3a



도면3b



专利名称(译)	一种通过减少弹性图像信号的紧急传导来形成超声图像的方法		
公开(公告)号	KR1020080028658A	公开(公告)日	2008-04-01
申请号	KR1020060094228	申请日	2006-09-27
[标]申请(专利权)人(译)	三星麦迪森株式会社		
申请(专利权)人(译)	三星麦迪逊有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	三星麦迪逊有限公司		
[标]发明人	JEONG MOK KUN 정목근 YOON RA YOUNG 윤라영		
发明人	정목근 윤라영		
IPC分类号	G01N29/00 A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/08 A61B8/52 A61B8/5207 G01N29/4463 G01N29/4472 G01N29/50		
代理人(译)	CHU, 晟敏		
其他公开文献	KR100830152B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明提供一种超声波成像方法，用于减少根据时间或空间变化的弹性图像信号的不相关绘制并实现图像。特别地，本发明的目的是提供一种超声成像方法，用于补偿根据移动一个信号产生的相位变化，以减少压缩成形器中弹性反转方法中的不相关拉伸，以及之后的信号之间的空间。并实现弹性图像。超声，图像和不相关，是延迟时间，估计，运动，相变，补偿。

