

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 (43) 공개일자	10-2011-0022445 2011년03월07일
(51) Int. Cl. A61B 8/00 (2006.01)	(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	(71) 출원인 (72) 발명자	서강대학교산학협력단 서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교 송대경 서울특별시 서초구 잠원동 157 동아아파트 105-1403 윤창한 서울특별시 용산구 청암동 158 201호
		(74) 대리인	특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 7 항

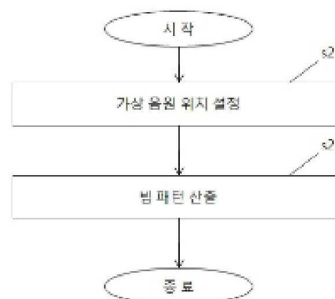
(54) 초음파 영상 구현 시스템 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 초음파 영상 구현 방법에 관한 것으로, 섹터 주사 방식의 초음파 영상의 측 방향 해상도(lateral direction resolution)의 저하를 방지하도록 합성구경 집속 기법(Synthetic aperture focusing method)의 적용을 위한 가상 음원(virtual source)들의 위치를 설정하는 단계; 및 상기 설정된 각 가상 음원의 위치에 의한 임의의 영상점에서의 빔 패턴을 산출하는 단계를 포함하고, 상기 각 가상 음원의 위치는 변환자의 중심으로부터 동일한 거리에 있는 원주상에 설정한다.

본 발명에 의한 가상 음원을 이용한 합성집속 구경 기법을 섹터 주사 영상에 적용하면, 영상 깊이에 관계없이 측 방향 해상도를 균일하게 유지할 수 있기 때문에 보다 선명한 초음파 영상을 구현할 수 있다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

초음파 영상의 측 방향 해상도(lateral direction resolution)의 저하를 방지하도록, 합성구경 집속 기법(Synthetic aperture focusing method)의 적용을 위한 가상 음원(virtual source)들의 위치를 설정하는 가상 음원 위치 설정부; 및

상기 설정된 각 가상 음원의 위치에 의한 임의의 영상점에서의 빔 패턴을 산출하는 빔 패턴 산출부를 포함하는 초음파 영상 구현 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 초음파 영상의 주사(scan) 방식은

섹터 주사(sector scan)인 것을 특징으로 하는 초음파 영상 구현 시스템.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 각 가상 음원의 위치는

변환자(transducer)의 중심으로부터 동일한 거리에 있는 원주(circumference)상에 설정되는 것을 특징으로 하는 초음파 영상 구현 시스템.

청구항 4

(a)초음파 영상의 측 방향 해상도(lateral direction resolution)의 저하를 방지하도록 합성구경 집속 기법(Synthetic aperture focusing method)의 적용을 위한 가상 음원(virtual source)들의 위치를 설정하는 단계; 및

(b)상기 설정된 각 가상 음원의 위치에 의한 임의의 영상점에서의 빔 패턴을 산출하는 단계를 포함하는 초음파 영상 구현 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 초음파 영상의 주사(scan) 방식은

섹터 주사(sector scan)인 것을 특징으로 하는 초음파 영상 구현 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 각 가상 음원의 위치는

변환자(transducer)의 중심으로부터 동일한 거리에 있는 원주(circumference)상에 설정되는 것을 특징으로 하는 초음파 영상 구현 방법.

청구항 7

제 4 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 초음파 영상 구현 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 가상 음원을 이용한 합성구경 집속 기법(Synthetic aperture focusing method)을 섹터 주사(sector scan) 방식의 초음파 영상에 적용하여 섹터 주사 방식의 초음파 영상에서의 측 방향 해상도(lateral direction resolution)의 열화(degradation)를 방

지할 수 있는 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 초음파 영상으로는 통상 B-모드(Brightness mode) 영상이 많이 사용되고 있으며, B-모드 영상의 해상도를 결정함에 가장 중요한 것은 측 방향 해상도이다. 측 방향(lateral direction), 축 방향(axial direction) 및 고도 방향(elevation direction)은 서로 상호 수직을 이룬다. 각 방향에 관한 정의는 초음파 영상의 구현을 설명한 다수의 공지된 문헌에 게재되어 있으므로 이에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0003] 초음파 영상의 측 방향 해상도를 향상시키기 위한 여러 방안들이 제안되거나 실용화되어 사용 중인데, 그중 가장 일반화된 방안이 수신 동적 집속 기법(송신 고정 집속 기법)이다. 그러나 이 기법은 송신 고정 집속점(focusing point)에서만 양방향 집속이 가능하고 측 방향 해상도에 한계가 있으며, 영상 깊이(image depth)가 깊어질수록 해상도가 저하되는 문제가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 제안된 방안이 합성구경 집속 기법이다.
- [0004] 합성구경 집속 기법은 특정 주사선 S_n 상의 임의의 영상점에 대한 수신 집속을 상기 S_n 에 인접한 주사선 S_{n-1} 과 S_{n+1} 의 각각에 해당하는 파동의 중첩(superposition)으로 이루어지는 기법이다. 그러나 이 기법도 음향이 한 개의 배열 소자로부터 송신되기 때문에 신호대잡음비(SNR)가 제한되며, 하나의 주사선을 형성하기 위해 다수의 송수신 과정을 거치므로 초음파 영상의 프레임율(frame rate)이 저하되는 단점을 갖고 있다.
- [0005] 합성구경 집속 기법의 이러한 단점을 극복하기 위하여 변형된(개선된) 합성구경 집속 기법 즉, 가상 음원(virtual source)을 이용한 합성구경 집속 기법이 제안되었다. 가상 음원을 이용한 합성구경 집속 기법에서의 송신 방법은 상기 고정 송신 집속 기법과 동일하나, 각 주사선에 해당하는 RF 데이터를 이용하여 모든 영상점에서의 송수신 집속 즉 모든 영상점에서의 양방향 집속을 가능하게 해주는 기법이다. 가상 음원을 이용한 합성구경 집속 기법의 상세한 사항은 기 공지된 다수의 논문 또는 공개특허(공고특허)에 게재되어 있으므로, 본 기법에 대한 더 이상의 구체적인 설명은 생략한다.
- [0006] 한편 가상 음원을 이용한 합성구경 집속 기법에 의하더라도 이를 섹터 주사 영상의 구현에 적용하는 경우 영상 깊이가 깊어짐에 따라 측 방향 해상도의 열화를 수반하는 문제점을 여전히 내포하고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0007] 본 발명이 해결하고자하는 과제는 가상 음원을 이용한 합성구경 집속 기법을 이용하더라도 발생할 수 있는 측 방향 해상도의 열화를 방지할 수 있는 초음파 영상 구현 시스템 및 그 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

- [0008] 상기와 같은 과제를 해결하기 위해 본 명세서에서 개시하는 초음파 영상 구현 시스템은
- [0009] 초음파 영상의 측 방향 해상도(lateral direction resolution)의 저하를 방지하도록, 합성구경 집속 기법(Synthetic aperture focusing method)의 적용을 위한 가상 음원(virtual source)들의 위치를 설정하는 가상 음원 위치 설정부; 및 상기 설정된 각 가상 음원의 위치에 의한 임의의 영상점에서의 빔 패턴을 산출하는 빔 패턴 산출부를 포함하여 본 시스템 발명의 과제를 해결한다.
- [0010] 상기와 같은 과제를 해결하기 위해 본 명세서에서 개시하는 초음파 영상 구현 방법은
- [0011] (a)초음파 영상의 측 방향 해상도(lateral direction resolution)의 저하를 방지하도록 합성구경 집속 기법(Synthetic aperture focusing method)의 적용을 위한 가상 음원(virtual source)들의 위치를 설정하는 단계; 및 (b)상기 설정된 각 가상 음원의 위치에 의한 임의의 영상점에서의 빔 패턴을 산출하는 단계를 포함하여 본 방법 발명의 과제를 해결한다.
- [0012] 상기 초음파 영상의 주사 방식은 섹터 주사 방식이며, 상기 각 가상 음원의 위치는 변환자의 중심으로부터 동일한 거리에 있는 원주(circumference)상에 설정되는 것이 본 발명의 과제를 해결함에 바람직하다.

효 과

[0013] 본 발명에 의한 가상 음원을 이용한 합성집속 구경 기법을 섹터 주사 영상에 적용하면, 영상 깊이에 관계없이 축 방향 해상도를 균일하게 유지할 수 있기 때문에 섹터 주사에 의한 초음파 영상을 보다 선명하게 구현할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0014] 이하, 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안을 명확하게 하기 위한 발명의 구성을 본 발명의 바람직한 실시예에 근거하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하되, 도면의 구성요소들에 참조번호를 부여함에 있어서 동일 구성요소에 대해서는 비록 다른 도면상에 있더라도 동일 참조번호를 부여하였으며 당해 도면에 대한 설명 시 필요한 경우 다른 도면의 구성요소를 인용할 수 있음을 미리 밝혀둔다. 아울러 본 발명과 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명 그리고 그 이외의 제반 사항이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.

[0015] 도 1a는 본 시스템 발명의 바람직한 일 구성을, 도 2는 본 방법 발명의 바람직한 일 흐름을 제시한 도면이다.

[0016] 가상 음원을 이용한 합성구경 집속 기법을 적용한 초음파 영상의 모든 영상 영역에서 축 방향 해상도(이하 ‘해상도’로 약칭)의 열화를 방지하기 위해서는(영상 깊이에 따라 해상도의 열화가 발생하지 않도록 하기 위해서는) 각 가상 음원의 집합으로 이루어지는 가상 구경(virtual aperture)의 크기를 동일하게 하여야 하며, 아울러 하나의 주사선을 합성하는 때에 사용되는 인접 주사선의 개수를 같도록 유지해야 하는 것이 전제된다.

[0017] 가상 음원을 이용한 합성구경 집속 기법은 주로 선형 주사(linear scan) 영상에 사용된다. 본 기법을 선형 주사 영상에 사용하는 경우 가상 구경의 크기를 동일하게 그리고 인접 주사선의 개수를 동일하게 유지할 수는 있으나 영상 깊이(image depth)에 따른 해상도의 열화는 불가피하다. 왜냐하면 동일한 크기의 가상 구경을 사용하는 경우 영상 깊이가 달라지더라도 인접 주사선의 개수는 같게 유지할 수는 있으나, 초음파 영상의 특성상 영상 깊이가 깊어질수록(집속점이 깊어질수록) 해상도의 열화를 수반하기 때문이다.

[0018] 이는 가상 음원을 변환자와 평행하게 배치함으로써 발생하는 문제이다. 이 문제를 해결하기 위해서는 영상 깊이가 깊어짐에 따라 가상 구경의 크기를 증가시켜야 하는데(가상 음원을 이용한 합성구경 집속 기법에 의하면 가상 구경의 크기가 증가할수록 동일한 영상 깊이에서 해상도가 증가되는 것이 알려져 있다), 이는 초음파 구현 영상 시스템의 복잡도 증가 및 하나의 주사선을 형성하기 위한 더 많은 연산량을 요구하는 문제점을 초래한다.

[0019] 가상 음원을 변환자와 평행하게 배치시키면(도 1b), 섹터 주사 영상에 있어서의 해상도 열화 문제는 더욱 심각한 문제를 초래할 수 있다. 섹터 주사의 특성 때문에 동일한 영상 깊이에서의 주사선의 길이가 다르므로 물리적으로 영상 깊이가 동일하더라도 실질적으로 영상 깊이가 달라지는 효과를 초래하고, 아울러 영상 깊이가 깊어질수록 인접 주사선의 개수도 동일하게 유지할 수 없을뿐더러 영상 깊이가 깊어짐에 따라 해상도를 유지하도록 가상 구경의 크기도 증가시켜야 할 수밖에 없는 문제도 발생하기 때문이다.

[0020] 본 발명은 섹터 주사 영상에서의 이와 같은 문제를 해결하기 위해 창안된 것으로, 영상 깊이가 깊어져도 해상도(빔 패턴)의 열화를 방지할 수 있게(영상 깊이에 관계없이 영상의 전 영역에서 균일한 해상도를 유지시킬 수 있게) 하는 것이다. 이는 결국 섹터 주사 영상에 있어서도 영상 깊이에 관계없이 가상 구경의 크기를 일정하게 유지시킬 수 있도록 하고, 아울러 합성 시에 사용되는 인접 주사선의 개수를 같도록 하는 것으로 귀결된다.

[0021] 이를 실현하기 위해서 가상 음원 위치 설정부(11)는 변환자(transducer)의 중심으로부터 동일한 거리에 있는 원주(circumference)상에 가상 음원들의 위치를 설정한다(s21). 가상 음원들의 위치를 이와 같이 설정하는 이유는 섹터 주사 방식의 특성으로부터 기인하는 것인데, 선형 주사에서와는 달리 섹터 주사에서는 한 점(변환자의 중심점)이 모든 주사선의 출발점이 되므로 상기한 원주상에 가상 음원의 위치를 설정하면 위에서 언급한 해상도 열화 방지 조건을 만족할 수 있기 때문이다.

[0022] 빔 패턴 산출부(12)는 상기 설정된 각 가상 음원의 위치에 의한 임의의 영상점에서의 빔 패턴을 산출한다(s22).

[0023] 도 1d와 도 1e는 본 발명에 의한 본 발명에 의한 빔 패턴을 산출하는 일례를 설명하기 위한 참고 도면이다. 도 1d는 송신시의 모델을, 도 1e는 수신시의 모델을 제시한 것이다. 배열자(변환자)는 연속 구경을 가정하였으며, 아울러 도 1d와 도 1e에서 x축은 축 방향(lateral direction)을, z 축은 영상 깊이 방향을 나타낸다.

[0024] 도 1d에서 (ξ , z_0)에 위치한 가상 음원에 의한 임의의 영상점 (x,z)에서의 송신 빔 패턴 $\psi^t(x,z)$ 는 레일리-

스칼라(Rayleigh-Scalar) 회절 공식에 의해 다음과 같이 표현된다.

$$\psi^t(x, z) = \frac{1}{j\lambda} \frac{1}{R_t} e^{jkR_t} \quad \text{--- 식(1).}$$

여기서 $j^2 = -1$ 이고 $k = (2\pi/\lambda)$ 는 신호의 파수(wave number)를 나타내며, 가상 음원의 경우 점 음원으로 가정하기 때문에 송신 지면 값은 식에 포함되지 않는다. R_t 는 가상 음원으로부터 임의의 영상점 (x, z) 까지의 거리이며, 이는 프레넬 근사(Fresnel's approximation)를 적용하여 다음과 같이 표현 가능하다.

$$\begin{aligned} R_t &= \sqrt{(x - \zeta)^2 + (z - z_0)^2} = \sqrt{R^2 + \zeta^2 - 2x\zeta - 2zz_0 + z_0^2} \\ &\approx R + \frac{\zeta^2}{2R} - \frac{x\zeta}{R} - \frac{zz_0}{R} + \frac{z_0^2}{2R} \end{aligned} \quad \text{--- 식(2).}$$

여기서 R 은 영상점 (x, z) 까지의 거리를 나타낸다.

식(2)를 식(1)에 대입하면 다음과 같은 송신 빔 패턴 $\psi^t(x, z)$ 을 구할 수 있다.

$$\psi^t(x, z) = \frac{1}{j\lambda R} e^{jk(R - \frac{zz_0}{R} + \frac{z_0^2}{2R})} \cdot e^{jk(\frac{\zeta^2}{2R} - \frac{x\zeta}{R})} \quad \text{--- 식(3).}$$

도 1e에서 $z=0$ 에 위치한 연속구경 변환자에 의한 수신 빔 패턴 $\psi^r(x, z)$ 은 레일리-스칼라 회절 공식에 의해 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\psi^r(x, z) = \frac{1}{j\lambda} \int_{-\infty}^{\infty} p_r(x_0') \frac{1}{R_r} e^{jkR_r} dx_0' \cdot e^{-jk(r_r - r_{rf})} \quad \text{--- 식(4).}$$

식(4)에서 $p_r(x_0')$ 은 수신 구경 함수로 폭이 D_r 인 구형 함수로 가정하였고, $(r_r - r_{rf})$ 는 집속을 위한 지연 값이다. r_r 은 어레이상의 $(x_0', 0)$ 에 위치한 점 음원으로부터 집속점 (x_{rf}, z_{rf}) 까지의 거리를 나타내며, 프레넬 근사를 적용하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$r_r = \sqrt{(x_{rf} - x_0')^2 + z_{rf}^2} = \sqrt{r_{rf}^2 + x_0'^2 - 2x_{rf}x_0'} \approx r_{rf} + \frac{x_0'^2}{2r_{rf}} - \frac{xx_0'}{r_{rf}} \quad \text{--- 식(5).}$$

여기서 r_{rf} 는 변환자의 중심 $(0, 0)$ 에서 집속점 (x_{rf}, z_{rf}) 까지의 거리를 나타낸다.

R_r 은 어레이상의 $(x_0', 0)$ 에서 영상점 (x, z) 까지의 거리로 프레넬 근사를 적용하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$R_r = \sqrt{(x - x_0')^2 + z^2} = \sqrt{R_{r0}^2 + x_0'^2 - 2xx_0'} \approx R_{r0} + \frac{x_0'^2}{2R_{r0}} - \frac{xx_0'}{R_{r0}} \quad \text{--- 식(6).}$$

여기서 R_{r0} 은 어레이의 중심 $(0, 0)$ 에서 영상점 (x, z) 까지의 거리이다.

[0039] 수신시에는 동적 집속이 가능하기 때문에 $R_r = r_{rf}$ 인 곳에 집속이 가능하며, 식(5)와 식(6)을 식(4)에 대입하여 전개하면 다음과 같은 수신 빔 패턴 $\Psi^r(x, z)$ 을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}\psi^r(x, z) &= \frac{1}{j\lambda R_{r0}} \int_{-\infty}^{\infty} p_r(x_0') e^{-jk(\frac{x}{R_{r0}} - \frac{x_{rf}}{R_{r0}})x_0'} dx_0' \\ &= \frac{1}{j\lambda R_{r0}} \int_{-\infty}^{\infty} p_r(x_0') e^{-j2\pi(\frac{u'}{\lambda})x_0'} dx_0' \\ &= \frac{1}{j\lambda R_{r0}} P_r(\frac{u'}{\lambda}) = \frac{D_r}{j\lambda R_{r0}} \text{sinc}(\frac{u'}{\lambda/D_r})\end{aligned}$$

[0040] --- 식(7).

[0041] 여기서, u, u_0, u' 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}u &= \frac{x}{R_{r0}} = \sin\theta, u_0 = \frac{x_{rf}}{R_{r0}} = \sin\theta_0 \\ u' &= u - u_0\end{aligned}$$

[0042]

[0043] 여기서 θ_0 는 중심과 집속점이 이루는 편향 각도(steering angle)를 나타내며, θ 는 측 방향으로의 방위각(azimuth angle)을 나타낸다.

[0044] 가상 음원을 이용한 합성구경 집속 기법은 가상 음원이 이동한 만큼 가상 구경의 크기를 증대시키는 것으로 합성구경 방식으로 집속된 빔 패턴은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned}\psi(x, z) &= \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} p_s(\theta_\zeta) \cdot \psi^i(x, z) \cdot \psi^r(x, z) \cdot t(\theta_\zeta) d\theta_\zeta \\ &= c_0 \cdot \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} p_s(\theta_\zeta) \cdot e^{jk(\frac{\zeta^2}{2R} - \frac{x_\zeta}{R} - \frac{z_0}{R} + \frac{z_0^2}{2R})} \cdot P_r(\frac{u'}{\lambda/D_r}) \cdot t(\theta_\zeta) d\theta_\zeta\end{aligned}$$

[0045]

[0046] --- 식(8).

[0047] 여기서 $c_0 = -\frac{1}{\lambda^2 \cdot R \cdot R_{r0}} e^{jkR}$ 이고, θ_ζ 는 가상 음원과 z축 사이의 각도, $t(\theta_\zeta)$ 는 합성 시 가상 음원과 영상점 (x, z) 사이의 상대적 거리를 고려하여 인가하는 합성 송신 지연 함수(synthetic transmit delay function)이다. 또 $p_s(\theta_\zeta)$ 는 합성구경을 위하여 사용되는 범위를 나타내는 함수로서 합성 창틀 함수(synthetic window function)를 나타낸다.

[0048] 합성 송신 지연 함수는 임의의 위치의 가상 음원 (ζ, z_0)과 주사선 상의 집속점 (x_f, z_f) 사이의 거리에서 주사선 상의 가상 음원과 집속점 사이의 거리의 상대적 차이를 말하고 이를 프레넬 근사를 적용하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 t(\theta_\zeta) &= \exp(-jk\{\sqrt{(x_f - \zeta)^2 + (z_f - z_0)^2} - (R - F)\}) \\
 &= \exp(-jk\{\sqrt{x_f^2 - 2x_f\zeta + \zeta^2 + z_f^2 - 2z_fz_0 + z_0^2} - (R - F)\}) \\
 &\approx \exp(-jk\{-\frac{x_f\zeta}{R} + \frac{\zeta^2}{2R} - \frac{z_fz_0}{R} + \frac{z_0^2}{2R} + F\})
 \end{aligned}$$

[0049]

--- 식(9).

[0050]

여기서 F는 주사선 상의 송신 집속 거리, 즉 원점에서 가상 음원까지의 거리를 나타낸다.

[0051]

식(9)을 식(8)에 대입하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0052]

$$\psi(x, z) = c_1 \cdot \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} p_s(\theta_\zeta) \cdot e^{-jk(\frac{x_\zeta}{R} - \frac{x_f\zeta}{R} + \frac{z_0}{R} - \frac{z_fz_0}{R})} d\theta_\zeta \cdot P_r(\frac{u'}{\lambda/D_r})$$

$$c_1 = -\frac{1}{\lambda^2 \cdot R \cdot R_{y0}} e^{jk(R-F)}$$

[0053]

--- 식(10).

[0054]

식(10)에서 적분 변수가 θ_ζ 이기 때문에 모든 변수를 θ_ζ 에 관한 변수로 표현하면 다음과 같다.

[0055]

$$\begin{aligned}
 \zeta &= F_\zeta \sin(\theta_\zeta), \quad z_0 = F_\zeta \cos(\theta_\zeta) \\
 x_f &= R \sin(\theta_0), \quad z_f = R \cos(\theta_0)
 \end{aligned}$$

$$\frac{z}{R} = \cos \theta, \quad \frac{z_f}{R} = \cos \theta_0, \quad \frac{x}{R} = \sin \theta, \quad \frac{x_f}{R} = \sin \theta_0$$

[0056]

--- 식(11).

여기서 F_ζ 는 임의의 가상 음원의 거리이고, $\theta_\zeta - \theta_0 = \theta_s$ 의 변수 치환을 이용하여 식(11)의 ζ, z_0 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0057]

$$\begin{aligned}
 \zeta &= F_\zeta \sin(\theta_\zeta) = F_\zeta \sin(\theta_0 + \theta_s) \\
 &= F_\zeta \{ \sin(\theta_0) \cos(\theta_s) + \cos(\theta_0) \sin(\theta_s) \} \\
 z_0 &= F_\zeta \cos(\theta_\zeta) = F_\zeta \cos(\theta_0 + \theta_s) \\
 &= F_\zeta \{ \cos(\theta_0) \cos(\theta_s) - \sin(\theta_0) \sin(\theta_s) \}
 \end{aligned}$$

[0058]

--- 식(12).

[0059] 식(11)과 식(12)을 식(10)에 있는 위상 항(phase term)에 대입하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \frac{x\zeta}{R} - \frac{x_f\zeta}{R} + \frac{zz_0}{R} - \frac{z_fz_0}{R} \\ &= \sin\theta \cdot F_\zeta \{ \sin\theta_0 \cos\theta_s + \cos\theta_0 \sin\theta_s \} - \sin\theta_0 \cdot F_\zeta \{ \sin\theta \cos\theta_s + \cos\theta \sin\theta_s \} \\ & \quad + \cos\theta \cdot F_\zeta \{ \cos\theta_0 \cos\theta_s - \sin\theta_0 \sin\theta_s \} - \cos\theta_0 \cdot F_\zeta \{ \cos\theta \cos\theta_s - \sin\theta \sin\theta_s \} \\ &= F_\zeta \left[(\sin\theta \cos\theta_0 - \sin\theta_0 \cos\theta - \cos\theta \sin\theta_0 + \cos\theta_0 \sin\theta) \sin\theta_s \right] \\ & \quad - F_\zeta \left[(\sin\theta \sin\theta_0 - \sin\theta_0 \sin\theta + \cos\theta \cos\theta_0 - \cos\theta_0 \cos\theta) \cos\theta_s \right] \\ &= F_\zeta \left[(\sin\theta \cos\theta_0 - \cos\theta \sin\theta_0) \sin\theta_s \right] \\ & \quad - F_\zeta \left[(\sin\theta \sin\theta_0 - \sin\theta_0 \sin\theta + \cos\theta \cos\theta_0 - \cos\theta_0 \cos\theta) \cos\theta_s \right] \end{aligned}$$

[0060]

[0061] --- 식(13).

[0062] 식(11)과 식(13)을 이용하여 식(10)에 대입하면 임의의 영상점 (x,z)에서의 빔 패턴 $\Psi(x,z)$ 은 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \psi(x,z) &= c_1 \cdot \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} p_s(\theta_s) \cdot e^{-jkF_\zeta(P)} d\theta_s \cdot P_r\left(\frac{u'}{\lambda/D_r}\right) \\ P &= F_\zeta \left[(\sin\theta \cos\theta_0 - \cos\theta \sin\theta_0) \sin\theta_s \right] \\ & \quad - F_\zeta \left[(\sin\theta \sin\theta_0 - \sin\theta_0 \sin\theta + \cos\theta \cos\theta_0 - \cos\theta_0 \cos\theta) \cos\theta_s \right] \end{aligned}$$

[0063]

[0064] --- 식(14).

[0065] 이때 가상 음원의 위치는 변환자 중심으로부터 같은 거리에 있는 원주상에 있기 때문에 합성 창틀 함수(synthetic window function)에 의해 각 주사선마다 동일 크기의 가상 구경을 얻을 수 있으며, 합성에 사용되는

주사선의 개수도 동일하게 된다. 따라서 식(14)에서 임의의 가상 음원의 위치를 나타내는 F_ζ 는 F가 되며 식(14)은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \psi(x,z) &= c_3 \cdot \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} p_s(\theta_s) \cdot e^{-jkF[\sin(\theta-\theta_0)]\theta_s} d\theta_s \cdot P_r\left(\frac{u'}{\lambda/D_r}\right) \\ &= c_3 \cdot \text{sinc}\left(\frac{v}{\lambda/(\theta_\eta \cdot F)}\right) \cdot \text{sinc}\left(\frac{u'}{\lambda/D_r}\right) \end{aligned}$$

$$c_3 = -\frac{1}{\lambda^2 \cdot R \cdot R_{y0}} e^{jk(R - F[\sin\theta \sin\theta_0 + \cos\theta \cos\theta_0])}$$

[0066]

--- 식(15).

[0067] 여기서 θ_η 는 합성 창틀 함수의 크기를 나타내고, 곡면이 큰 가상 구경의 경우 가장자리에 위치한 가상 음원

이 빔 패턴에 큰 영향을 주지 않기 때문에 $\theta_s \ll 1$ 이라고 하여 $\sin \theta_s \approx \theta_s, \cos \theta_s \approx 1$ 로 근사화하여 식(14)을 전개하였다.

- [0068] 따라서 빔 패턴은 영상 깊이 z 에 관계없이 산출되는 것을 알 수 있으며, 따라서 영상 깊이가 깊어져도 해상도의 열화를 수반하지 않음을 알 수 있다. 아울러 변환자의 중심에서 동일한 거리에 있는 원주상에 가상 음원들을 배치하기 때문에 동일 크기의 가상 구경으로 합성 시 필요한 인접 주사선의 개수를 유지하면서도 해상도의 열화를 방지할 수 있다.
- [0069] 본 방법발명은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록 장치를 포함한다.
- [0070] 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 유무선 네트워크를 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.
- [0071] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예를 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- [0072] 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 균등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0073] 도 1a은 본 시스템 발명의 바람직한 일 구성을 제시한 도면이다.
- [0074] 도 1b 내지 도 1e는 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하기 위한 참고 도면이다.
- [0075] 도 2는 본 방법 발명의 바람직한 일 흐름을 제시한 도면이다.

도면

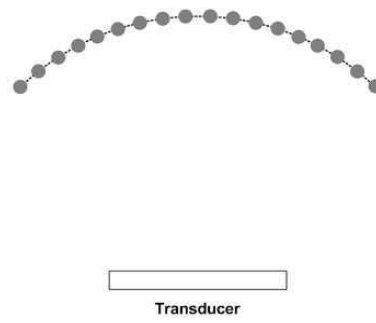
도면1a



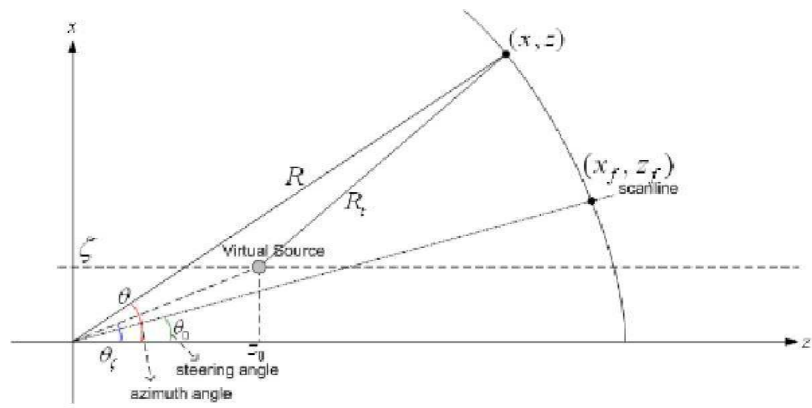
도면1b



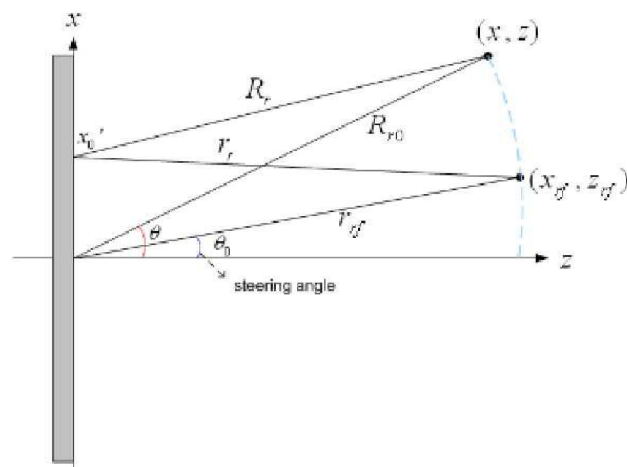
도면1c



도면1d



도면1e



도면2

