



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년05월16일
 (11) 등록번호 10-1858137
 (24) 등록일자 2018년05월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/00 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
A61B 8/00 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2017-0029258
 (22) 출원일자 2017년03월08일
 심사청구일자 2017년03월08일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR101643304 B1
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자
대진대학교 산학협력단
 경기 포천시 선단동 산 11-1
주식회사 웨이전스
 강원도 춘천시 신북읍 신북로 61-14 , 103호(강원 테크노파크 춘천벤처2공장)
 (72) 발명자
정목근
 서울특별시 노원구 한글비석로 480 203동 907호 (상계동,보람아파트)
권성재
 서울특별시 강남구 언주로 117 9동 612호 (도곡동,우성4차아파트)
 (74) 대리인
원성수

전체 청구항 수 : 총 4 항

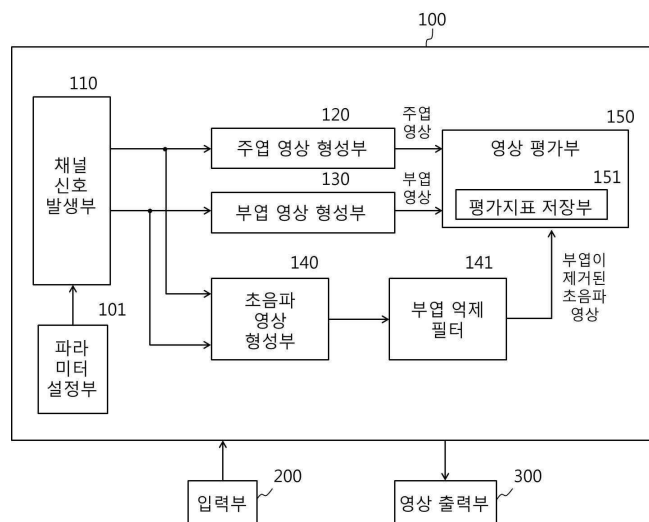
심사관 : 한재균

(54) 발명의 명칭 **컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 초음파 영상의 부엽 억제 필터 평가 방법**

(57) 요약

본 발명은 주엽과 부엽을 분리하여 영상화하기 위한 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 부엽 억제 필터의 특성을 명확하게 평가할 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 초음파 영상의 부엽 억제 필터 평가 방법에 관한 것으로, (a) 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 초음파 음장에 존재하는 반사체에서 반사되어 오는 신호로부터 가상의 초음파 영상을 형성시 상기 시뮬레이션 프로그램에 의해 통상 초음파 영상과 주엽 영상 및 부엽 영상을 분리하여 형성하는 단계; (b) 상기 주엽 영상을 표준 영상으로 설정하고, 상기 (a) 단계에서 분리 형성된 영상의 평균 밝기 값을 이용하여 평가 지표를 계산하는 단계; (c) 상기 계산된 평가 지표에 기초하여 상기 통상 초음파 영상에 중첩된 부엽을 제거하기 위한 신호 처리에 사용된 부엽 억제 필터의 특성을 평가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(56) 선행기술조사문헌

JP2016179313 A

KR101569673 B1

KR101552427 B1

JP2004135705 A

명세서

청구범위

청구항 1

(a) 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 초음파 음장에 존재하는 반사체에서 반사되어 오는 신호로부터 가상의 초음파 영상을 형성시 상기 시뮬레이션 프로그램에 의해 통상 초음파 영상과 주엽 영상 및 부엽 영상을 분리하여 형성하는 단계;

(b) 상기 주엽 영상을 표준 영상으로 설정하고, 상기 (a) 단계에서 분리 형성된 영상의 평균 밝기값을 이용하여 평가 지표를 계산하는 단계;

(c) 상기 계산된 평가 지표에 기초하여 상기 통상 초음파 영상에 중첩된 부엽을 제거하기 위한 신호 처리에 사용된 부엽 억제 필터의 특성을 평가하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 초음파 영상의 부엽 억제 필터 평가 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 부엽 억제 필터가 부엽을 제거하기 위한 선형 필터 또는 비선형 필터이고, 상기 부엽 억제 필터의 필터 특성을 가변할 때 나타나는 상기 평가 지표의 변화에 따라 필터 성능을 평가하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 초음파 영상의 부엽 억제 필터 평가 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 평가 지표는 아래와 같이 정의되는 CMR, CSR, MSR 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 초음파 영상의 부엽 억제 필터 평가 방법.

$$CMR = (\text{mean of conventional image} / \text{mean of mainlobe image})$$

$$CSR = (\text{mean of conventional image} / \text{mean of sidelobe image})$$

$$MSR = (\text{mean of mainlobe image} / \text{mean of sidelobe image})$$

여기서, CMR은 주엽 영상의 평균 밝기에 대한 통상 초음파 영상의 평균 밝기의 비율이고, CSR은 부엽 영상의 평균 밝기에 대한 통상 초음파 영상의 평균 밝기의 비율이며, MSR은 부엽 영상의 평균 밝기에 대한 주엽 영상의 평균 밝기의 비율이다.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 MSR은 상기 부엽 억제 필터를 사용하지 않는 초음파 영상의 채널 신호를 집속하는 과정에서 축을 벗어난 (off-axis) 신호를 제거하는 성능을 평가하기 위한 평가지표로 사용하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 초음파 영상의 부엽 억제 필터 평가 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 초음파 영상의 부엽 억제 필터 평가 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 주엽과 부엽을 분리하여 영상화하고 새로운 화질 평가지표를 제안하며 새로운 화질 평가지표에 따라 부엽 억제 필터의 특성을 명확하게 평가할 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 초음파 영상의 부엽 억제 필터 평가 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0003] 초음파는 인간의 생체조직을 진단용으로 영상화하거나 태아의 발육상태를 표시하는 의료 진단용으로 널리 사용되고 있다. 초음파 영상은 피부나 인체조직의 밀도와 같은 특성에 따라 변하는 반사신호를 검출하여 구성되므로 기존의 다른 진단장치보다 간편하게 조직의 내부 구조를 관찰할 수 있다.
- [0004] 초음파 영상은 초음파의 간섭이나 회절 특성으로 인하여 해상도가 떨어지는 단점이 있다. 초음파 송수신 시스템에서 주엽 신호는 관찰하고자 하는 영상점에서 오는 신호이고, 부엽 신호는 영상점 이외의 영역에 있는 반사체에서 오는 신호이다. 따라서 강력한 부엽(side lobe) 신호와 영상점 이외에서 오는 많은 반사 신호가 더해져서 형성되는 스펙클(speckle) 등이 초음파 영상의 해상도를 저하시키는 주된 원인이다. 부엽에 의해 초음파 영상 내에서 영상이 흐려지게 되며, 스펙클이나 허상은 초음파 영상에서 노이즈로 나타난다.
- [0005] 초음파 영상에서 부엽과 스펙클을 제거하여야 초음파 영상의 해상도를 개선할 수 있는 것으로 알려져 있다. 부엽을 억제하는 다양한 방법의 하나로서 어포디제이션(apodization)이 많이 사용되고 있다.
- [0006] [문헌1]은 어레이 트랜스듀서를 이용하여 수신한 채널 신호에 대해 채널 선택 창함수를 이용하여 채널별로 선택적으로 신호 처리하여 스펙클 노이즈를 줄임으로써 초음파 영상의 화질을 개선하는 방법을 제시한다. [문헌2]는 어레이 트랜스듀서에서 출력하는 신호를 집속 지연한 채널 신호로부터 부엽 신호의 크기를 감산함으로써 부엽 신호에 의한 영향을 줄여 초음파 영상의 화질을 개선한다.
- [0007] [문헌3]은 어레이 트랜스듀서의 출력 신호를 집속 지연한 채널 신호를 합산하고 합산 신호에서 계산된 부엽 신호의 크기를 감산하며, 최종적으로 비선형 필터를 이용하여 부엽 신호를 제거함으로써 초음파 영상의 화질을 개선한다.
- [0008] 상기 문헌들에서는 선형 배열된 어레이 트랜스듀서를 적용한 초음파 영상 시스템이 개시되어 있다. 이 초음파 영상 시스템의 성능을 시험하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하는 경우 부엽을 억제하기 위하여 사용된 비선형 필터에 의해 영향받는 출력 영상의 화질을 평가하기 위한 평가 지표로서 CR(contrast ratio), CNR(contrast-to-noise ratio), SNR(signal-to-noise ratio)을 채택하였다.
- [0009] 그러나 종래기술에서 어레이 트랜스듀서에서 집속 지연된 채널 신호를 합산하여 얻은 출력 영상을 대상으로 하고 이는 주엽과 부엽이 분리되지 않은 합산된 영상으로부터 유도되었기 때문에 평가 지표의 신뢰도가 제한적일 수밖에 없다. 주엽과 부엽이 합산된 기존의 초음파 영상에서는 영상점에서의 주엽과 부엽의 절대 크기 또는 상대 크기를 알 수 없다. 따라서 평가 결과가 좋게 나온 것이 부엽 억제 필터의 특성과 직접 관련되었는지를 입증하기 어렵다. 이에 따라 초음파 영상 시스템에 적용하는 부엽 억제 필터를 적합하게 설계하기 위해서는 필터 특성을 명확하게 인식할 수 있어야 한다. 컴퓨터 시뮬레이션의 처리 결과 최종적으로 얻어진 영상의 화질이 개선된 경우 부엽의 영향을 감소시킨 중요한 요인이 부엽 억제 필터의 특성과 밀접하게 관련되었음을 인식할 수 있는 새로운 평가 지표가 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) [문헌1] 한국등록특허 제10-1552427호(발명의 명칭 : 초음파 영상의 스펙클 저감장치)
- (특허문헌 0002) [문헌2] 한국등록특허 제10-1569673호(발명의 명칭 : 초음파 영상의 부엽 저감 방법)
- (특허문헌 0003) [문헌3] 한국등록특허 제10-1643304호(발명의 명칭 : 비선형 필터를 이용한 초음파 영상의 부엽 저감장치)

비특허문헌

- [0012] (비특허문헌 0001) 없음

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 상기 종래기술의 문제를 해결하기 위하여 고안한 것으로, 본 발명의 목적은 주엽과 부엽을 분리하여 영상화하기 위한 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 새로운 평가 지표에 따라 부엽 억제 필터의 특성을 명확하게 평가할 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 초음파 영상의 부엽 억제 필터 평가 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 초음파 영상의 부엽 억제 필터 평가 방법은, (a) 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 초음파 음장에 존재하는 반사체에서 반사되어 오는 신호로부터 가상의 초음파 영상을 형성시 상기 시뮬레이션 프로그램에 의해 통상 초음파 영상과 주엽 영상 및 부엽 영상을 분리하여 형성하는 단계; (b) 상기 주엽 영상을 표준 영상으로 설정하고, 상기 (a) 단계에서 분리 형성된 영상의 평균 밝기값을 이용하여 평가 지표를 계산하는 단계; (c) 상기 계산된 평가 지표에 기초하여 상기 통상 초음파 영상에 중첩된 부엽을 제거하기 위한 신호 처리에 사용된 부엽 억제 필터의 특성을 평가하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 상기 부엽 억제 필터는 선형 필터 또는 비선형 필터를 사용할 수 있고, 상기 부엽 억제 필터의 필터 특성을 가변할 때 나타나는 상기 평가 지표의 변화에 따라 필터 성능을 평가하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 상기 평가 지표는 아래와 같이 정의되는 CMR, CSR, MSR 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] $CMR = (\text{mean of conventional image} / \text{mean of mainlobe image})$

[0019] $CSR = (\text{mean of conventional image} / \text{mean of sidelobe image})$

[0020] $MSR = (\text{mean of mainlobe image} / \text{mean of sidelobe image})$

[0021] 여기서, CMR은 주엽 영상의 평균 밝기에 대한 통상 초음파 영상의 평균 밝기의 비율이고, CSR은 부엽 영상의 평균 밝기에 대한 통상 초음파 영상의 평균 밝기의 비율이며, MSR은 부엽 영상의 평균 밝기에 대한 주엽 영상의 평균 밝기의 비율이다.

[0022] 또한, 상기 MSR은 상기 부엽 억제 필터를 사용하지 않는 초음파 영상의 채널 신호를 집속하는 과정에서 축을 벗어난(off-axis) 신호를 제거하는 성능을 평가하기 위한 평가지표로 사용하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0024] 이상과 같은 본 발명에 따르면, 주엽과 부엽을 분리하여 영상화함으로써 기존 초음파 영상의 영상점에서 주엽과 부엽의 절대 크기를 알 수 있어 부엽에 의한 화질의 저하를 정량적으로 평가할 수 있다.

[0025] 또한 본 발명에 따르면, 컴퓨터 시뮬레이션에 적용하는 부엽 억제 필터에 대해 명확하게 평가할 수 있는 새로운 평가 지표를 사용함으로써 평가의 신뢰도를 높이고 우수한 성능의 초음파 영상 시스템을 제품화하는데 기여할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명에 따른 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 초음파 영상의 부엽 억제 필터 평가 방법을 설명하기 위한 제어 블록도이다.

도 2a는 주엽 음장과 부엽 음장의 반사체에 의해 반사되는 신호를 수신하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 2b는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 타겟 점의 영상을 나타낸 것으로, (a)는 송신 초점 깊이 50mm이고 깊이 30mm에 있는 타겟 점에 대한 점퍼짐함수(PSF)이고, (b)는 PSF에서 주엽 영상, (c)는 PSF에서 부엽 영상이다.

도 3은 도 2b의 컴퓨터 시뮬레이션에서의 측방향 음장 특성을 나타낸 그래프이다.

도 4는 도 2b의 PSF에 부엽 억제 필터를 적용한 경우로서, (a)는 20차까지 추정된 화질 인자(QF_p)의 영상이고, (b)는 부엽을 억제하기 위하여 스케일 인자 γ=10인 부엽 억제 필터에서 출력하는 영상이다.

도 5는 스펙클 영상에서 분리한 주엽 영상과 부엽 영상을 설명하기 위한 것으로, (a)는 통상 초음파 영상(conventional ultrasound image), (b)는 주엽 영상(mainlobe image), (c)는 부엽 영상(sidelobe image),

(d)는 (a)의 통상 초음파 영상으로부터 얻은 20차까지 추정된 화질 인자(QF₂₀)의 영상이고, (e)는 (a)의 통상 초음파 영상에서 20차까지 추정된 화질 인자(QF₂₀)의 영상을 감산한 영상이다.

도 6은 도 5에서 가운데 위치한 낭종(cyst) 영역의 스펙트럼을 나타낸 것으로, (a)는 통상 초음파 영상에 대한 낭종 영역의 스펙트럼, (b)는 주엽 영상에 대한 낭종 영역의 스펙트럼, (c)는 부엽 영상에 대한 낭종 영역의 스펙트럼이다.

도 7은 도 5의 통상 초음파 영상에 대해 부엽을 억제하기 위해 적용된 부엽 억제 필터의 스케일 인자 γ 를 가변시켜 얻은 영상이다.

도 8은 도 5의 통상 초음파 영상과 주엽 영상 및 부엽 영상에 대해 스케일 인자 γ 를 가변시킬 때 영상 밝기의 변화를 나타낸 그래프이다.

도 9는 도 5의 통상 초음파 영상과 주엽 영상 및 부엽 영상에 대한 영상의 평균 밝기로부터 얻은 평가 지표들의 변화를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 의료 진단용 초음파 영상을 평가하는 대표적인 방법으로 타겟 점(point target)에 대한 PSF(point spread function; 점퍼짐함수)를 이용한다. 타겟점 영상은 초음파 음장이 집중되는 영역에서 주엽(mainlobe)의 모양과 누설 신호에 의해 생성되는 부엽(sidelobe)의 모양을 쉽게 관찰할 수 있다. PSF는 주엽과 부엽이 나타나는 영역이 분리되어 있으므로 영상에서 각각의 영향을 평가하기가 용이하다. 예를 들어 PSF에서 음장의 특성을 정량화하는 방법으로 주엽의 폭을 측정하는 FWHM(full-width half maximum) 또는 가장 큰 부엽의 크기를 측정하는 PSL(peak sidelobe level)를 이용할 수 있다.
- [0030] 넓은 영역에 분포하는 불규칙 산란체(random scatterer)에서 오는 초음파 신호는 각각의 반사체에 의한 신호들이 가간섭성 합산(coherent sum) 과정에서 신호들 사이의 간섭에 의하여 영상에 스펙클 노이즈 패턴(speckle noise pattern)이 나타난다. 넓은 영역에 분포된 점 반사체들(point reflectors)에 의한 주엽 신호와 부엽 신호는 서로 겹쳐 있어 집속 과정에서 제거되지 않은 부엽이 초음파 영상의 콘트라스트(contrast)를 저하시키게 된다. 따라서 송수신 채널에 가중치를 곱셈 연산하는 어퍼처 어포디제이션(aperture apodization)을 적용하여 부엽의 영향을 줄인다.
- [0031] 인체로부터 얻은 초음파 영상에서 주엽과 부엽의 영향을 정확하게 구별하지 못하면 부엽 억제 필터를 이용한 신호처리가 이루어졌어도 이 필터의 특성을 명확하게 검증하기 어렵다. 종래기술에서는 부엽 억제 필터를 이용하여 부엽이 필터링된 영상에서 배경 영상에 대한 낭종(cyst) 영역의 평균 밝기의 차이값인 CR, CR을 배경 밝기의 평균으로 나눈 값인 CNR, SNR 등의 평가 지표를 이용하여 부엽 억제 필터의 성능을 정량화하였다. 하지만 평가 지표로는 부엽 억제 필터의 특성을 명확하게 확인하기 어렵다.
- [0032] 초음파 영상 시스템에서 얻은 출력 영상의 데이터를 필터의 성능 평가에 사용하나, 송신 음장 안의 모든 반사체에서 오는 신호가 중첩되어 수신되므로 개별 반사체에서 오는 신호를 분리할 수 없는 한계가 있어 부엽 억제 필터의 특성을 명확하게 평가하기 어렵다.
- [0034] 일반적으로 컴퓨터 시뮬레이션에서 초음파 영상의 성능 평가를 위한 PSF 또는 스펙클 영상을 관찰할 수 있다. 컴퓨터 시뮬레이션에서 초음파 음장은 송신 소자에서 출발한 신호가 반사체에서 반사되어 수신 소자에 도착한 신호로부터 계산되는데, 모든 송수신 소자의 조합에서 발생된 신호를 중첩하여 최종적인 초음파 영상을 만든다. PSF의 경우 한 개의 반사체에 대하여 영상을 만들며, 스펙클 영상의 경우 공간상에 불균일하게 분포한 다수의 반사체에서 오는 신호를 중첩하여 영상을 구현한다.
- [0035] 지금까지 알려진 컴퓨터 시뮬레이션은 다수의 채널 신호를 집속 지연하고 이를 합산하여 최종의 초음파 영상을 형성한다.
- [0036] 컴퓨터 시뮬레이션에서는 초음파 영상을 합성하는 과정에서 각각의 반사체에서 오는 신호를 분리하여 계산할 수 있다. 이에 착안하여 본 발명은 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 부엽 억제 필터의 특성을 명확하게 평가할 수 있는 새로운 평가 지표를 제안한다.
- [0038] 본 발명에 따른 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 초음파 영상의 부엽 억제 필터 평가 방법은 시뮬레이션 프로그램을

탐제한 통상의 컴퓨터로서 시뮬레이션 단말에서 수행할 수 있다.

- [0039] 도 1을 참고하여, 이 시뮬레이션 단말은 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 시험 조건에 따라 영상을 평가하는 처리 모듈(100)과, 입력부(200), 및 영상 출력부(300)를 포함하여 구성할 수 있다.
- [0040] 입력부(200)는 시뮬레이션 시작/종료 명령과 시험 조건을 설정하는 파라미터를 사용자에게 의해 입력하기 위한 것으로, 키보드와 마우스 등으로 구현할 수 있다. 영상 출력부(300)는 흑백 또는 컬러 영상을 출력하기 위한 모니터, 액정화면 등으로 구현할 수 있다. 입력부(200)와 영상 출력부(300)는 터치 입력에 반응하면서 동시에 영상을 출력하는 단일 모듈의 터치 패널로 일체화하여 구현할 수도 있다.
- [0041] 처리 모듈(100)은 점 반사체(point reflector) 또는 불규칙 산란체(random scatterer)에서 반사되는 신호로부터 만들어진 최종 초음파 영상의 화질, 부엽 억제 필터의 특성 등을 평가하기 위한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행한다.
- [0042] 처리 모듈(100)은 입력부(200)로부터 입력된 사용자 명령에 따라 시험 조건의 파라미터를 설정하는 파라미터 설정부(101), 파라미터 설정부(101)에 의해 설정된 파라미터에 의해 시뮬레이션을 수행시 초음파 음장을 형성하기 위한 다수의 채널에 대해 주엽 신호와 부엽 신호를 분리하여 출력하는 채널신호 발생부(110), 주엽 음장의 반사체에서 오는 주엽 신호를 이용하여 주엽 영상을 형성하는 주엽영상 형성부(120), 주엽 음장을 제외한 다른 영역에서 오는 신호를 이용하여 부엽 영상을 형성하는 부엽영상 형성부(130), 다수의 채널에 대해 주엽 신호와 부엽 신호를 이용하여 초음파 영상을 형성하는 초음파 영상 형성부(140), 초음파 영상에 중첩된 부엽을 제거하기 위한 부엽 억제 필터(141), 평가지표 저장부(151)를 구비하고 시뮬레이션 처리에 따라 만든 영상의 화질이나 필터 특성을 평가할 수 있는 영상 평가부(150)를 포함한다.
- [0043] 파라미터 설정부(101)는 점 반사체 또는 불규칙 산란체의 크기와 갯수를 설정하는 파라미터 뿐만 아니라 초음파 신호의 유형, 중심 주파수, 채널 개수에 대응하는 송수신 소자의 개수 및 간격, 초점 깊이, 반사체의 깊이, 신호 처리 방식 등의 다양한 파라미터를 이용하여 시험 조건을 설정한다.
- [0044] 채널신호 발생부(110)는 시험 조건의 파라미터에 따라 계산한 다수의 채널에 대해 주엽 신호와 부엽 신호를 분리하여 발생하는데, 주엽 신호를 주엽영상 형성부(120)에 출력하고 부엽 신호를 부엽영상 형성부(130)에 출력한다. 주엽영상 형성부(120)는 주엽 음장에서 오는 신호들만으로 주엽 영상을 형성한다.
- [0045] 또한 채널신호 발생부(110)는 주엽 신호와 부엽 신호를 초음파 영상 형성부(140)에 출력한다. 이러한 채널신호 발생부(110)는 점 반사체에서 반사되어 오는 신호로부터 초음파 음장을 가상으로 형성하기 위하여 주엽 신호와 부엽 신호를 발생하거나 불규칙 산란체에서 반사되어 오는 신호로부터 만드는 초음파 음장을 가상으로 형성하기 위하여 주엽 신호와 부엽 신호를 발생한다.
- [0046] 초음파 영상 형성부(140)에서 주엽 신호와 부엽 신호를 중첩하여 최종적으로 형성하는 초음파 영상은 일반적인 초음파 영상에 해당하므로 이하에서는 통상 초음파 영상(conventional ultrasound image)이라고 정의한다.
- [0047] 처리 모듈(100)에서 처리하는 컴퓨터 시뮬레이션은 점 반사체(point reflector)에서 오는 신호에서 주엽 신호와 부엽 신호를 분리하여 주엽 영상과 부엽 영상을 각각 계산할 수 있고, 또한 불규칙 산란체(random scatterer)에 대해서 각각의 산란체(scatterer)에 의하여 형성되는 주엽 신호와 부엽 신호를 분리하여 주엽 영상과 부엽 영상을 만든다. 처리 모듈(100)은 만들어진 통상 초음파 영상, 주엽 영상, 부엽 영상에 대하여 부엽 억제 필터로 신호 처리하고 평가지표 저장부(151)에 저장된 다양한 평가지표를 이용하여 비교함으로써 부엽 억제 필터의 특성을 명확하게 평가할 수 있다. 여기서 주엽 영상은 부엽 신호가 포함되지 않은 영상으로 부엽 억제 필터의 성능을 평가하는 표준 영상(gold standard)으로 사용할 수 있다.
- [0049] (시험예 1)
- [0050] 처리 모듈(100)에서 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 PSF를 관찰할 수 있다. 컴퓨터 시뮬레이션의 시험 조건은 64 채널의 어레이 트랜스듀서를 선형 배열한 초음파 집속 장치로서 중심주파수(center frequency) 5MHz, 소자 간격(element pitch) 0.31mm, 송신 초점깊이(transmit focal depth) 50mm, 30mm 깊이의 타겟 점(point target)을 영상화한다. 송신 신호는 가우시안 진폭을 가지는 3cycles 길이의 펄스를 사용하고, MATLAB으로 작성된 시뮬레이션 프로그램을 사용한다.
- [0051] 컴퓨터 시뮬레이션의 시험 조건이 결정되면 초음파 음장의 모양을 알 수 있다. 도 2a에 도시한 바와 같이 반사체(검정색 원형점)가 초음파 음장의 주엽 영역에 있을 때 반사되는 신호(solid line)와 반사체(검정색 원형점)가 주엽 영역 바깥에서 반사되는 신호(dashed line)를 분리하여 신호 처리할 수 있다. 주엽의 음장 영역 안에서

반사되는 신호만으로 구성된 영상을 주엽 영상이라 하고, 그 밖의 영역에서 오는 신호를 이용하여 구성된 영상을 부엽 영상이라고 한다.

[0052] 도 2b를 참고하여, 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 구한 PSF와 주엽 영상과 부엽 영상을 비교할 수 있다. 도 2b (a)는 송신 초점 깊이 50mm이고 깊이 30mm에 있는 타겟 점(point target)에 대한 PSF이고, (b)는 PSF에서 주엽 영상, (c)는 PSF에서 부엽 영상이다. 이때 부엽 영상은 60dB의 로그 압축(log compression)한 것이다.

[0053] 컴퓨터 시뮬레이션에서 송신 신호로서 펄스파(pw)와 지속파(cw)를 선택적으로 사용할 수 있다. 도 3을 참고하여, 실선(L1)은 지속파(cw)의 음장이며 단점선(L3)은 펄스파(pw)에서 주엽을 지나는 위치에서 측방향의 부엽의 크기이며, 장점선(L2)은 측방향으로 부엽의 최대값을 나타낸다. 측방향 음장에서 주엽의 폭에 비하여 부엽의 폭이 절반이다. 이에 따라 부엽에 의하여 초음파 영상에서 나타나는 스펙클 패턴의 공간 주파수(spatial frequency)는 주엽 보다 2배 크기로 나타난다.

[0055] 초음파 영상에서 부엽의 영향을 줄이기 위하여 부엽 억제 필터를 적용할 수 있다. 여기서 부엽 억제 필터는 부엽을 저감할 수 있는 선형 필터 또는 비선형 필터로 구현할 수 있다.

[0056] 부엽 억제 필터로서 비선형 필터를 사용하는 경우, 부엽의 크기를 계산한 화질 인자를 이용하여 필터 특성을 정의할 수 있다. 예를 들어 p차까지 추정된 부엽의 크기 $side\ lobe_p$ 가 영상의 화질을 평가하는 화질 인자(QF_p)라고 하면 다음의 [수학식 1]과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0057]
$$QF_p = side\ lobe_p$$

[0059] 비선형 필터는 화질 인자(QF_p)를 이용하여 다음의 [수학식 2]와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

[0060]
$$B_{filtered} = \left(\frac{1}{1 + \gamma \left(\frac{QF_p}{B_{pixel}} \right)} \right) \cdot (B_{pixel} - QF_p)$$

[0062] 여기서 B_{pixel}는 타겟 점의 밝기값이며, B_{filtered}는 필터링된 타겟 점의 밝기값이다. γ(gamma)는 필터의 특성을 조절하는 스케일 인자이다.

[0063] 타겟 점 영상에 비선형 필터를 적용하고, 영상에서 부엽이 선명히 보일 수 있도록 각각의 영상에서 최대 밝기로 정규화(normalized)하여 나타낼 수 있다. 도 4 (a)는 20차까지 추정된 화질 인자(QF₂₀)의 영상이고, 도 4 (b)는 γ = 10인 비선형 필터의 출력 영상이다. 도 4 (b)는 부엽이 대부분 제거되지만 주엽의 폭이 커져 있다.

[0064] 타겟 점 영상은 주엽과 축으로부터 벗어난(off axis) 신호가 나타나는 영역이 분리되어 있으므로 측방향 음장 특성에서 주엽의 FWHM이나 부엽의 최대값을 이용하여 부엽 억제 필터의 효과를 쉽게 확인할 수 있다. 즉, 영상 평가부(150)는 평가 지표로서 FWHM, PSL을 이용하여 타겟 점 영상을 필터링하는 부엽 억제 필터의 특성을 평가할 수 있다.

[0066] 처리 모듈(100)은 불규칙 산란체에 대한 컴퓨터 시뮬레이션에서도 각각의 반사체에서 오는 신호를 선별할 수 있고, 타겟 점에서 사용한 방법으로 주엽 영상과 부엽 영상을 분리하여 신호 처리할 수 있다.

[0068] (시험예 2)

[0069] 스펙클 패턴 이미지를 비교하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행한 결과를 도 5에 예시한다. 반사율(reflectivity)이 균일하게 분포(uniform distribution)하는 불규칙 산란체가 2차원 영상 영역에서 불규칙하게 분포하는 경우 초음파 음장의 공간 해상도(resolution volume) 안에 20개의 산란체(scatterer)가 들어가도록 하

여 완전하게 형성된 스페클(fully developed speckle) 패턴이 나타나도록 한다. 여기서 3개의 낭종은 직경이 4mm이며 배경 영상에 대하여 각각 왼쪽부터 각각 -30dB, -20dB, -10dB 크기의 반사율을 가진다. 부엽의 모양을 확인하기 위하여 타겟 점을 넣는데 위쪽 4개의 타겟 점은 배경 영상에 대해 반사율이 20dB이고, 아래쪽 4개의 타겟 점은 배경 영상에 대해 반사율이 30dB이다.

[0070] 도 5 (a)는 통상 초음파 영상, 도 5 (b)는 주엽 영상, 도 5 (c)는 부엽 영상, 도 5 (d)는 도 5 (a)의 통상 초음파 영상으로부터 얻은 20차까지 추정된 화질 인자(QF₂₀)의 영상이고, 도 5 (e)는 도 5 (a)의 통상 초음파 영상에서 20차까지 추정된 화질 인자(QF₂₀)의 영상을 감산한 영상이다.

[0071] 도 5를 참고하여, 주엽 영상과 부엽 영상은 스페클 패턴의 규칙성이 증가하고 있다. 음장 특성을 살펴보면, 부엽 영상의 공간 주파수는 주엽 영상보다 2배 정도 높게 나타나기 때문에 부엽 영상은 주엽 영상에 비하여 스페클 패턴의 텍스처(texture)가 작게 나타난다. 배경 영역에 대하여 살펴보면, 통상 초음파 영상과 주엽 영상의 스페클 패턴이 유사하게 나타난다. 통상 초음파 영상에서 낭종 내부는 부엽에 가려지므로 콘트라스트(contrast)의 차이가 크지 않으나, 주엽 영상은 부엽 영상이 제거되었으므로 낭종 안의 콘트라스트의 차이가 크게 나타난다. 도 5 (c)의 부엽 영상과 도 5 (d)의 20차까지 추정된 화질 인자(QF₂₀)의 영상에서 낭종 내부의 스페클 패턴이 유사하게 나타난다. 도 5 (e)의 영상에서 타겟 점과 낭종 내부에서 부엽이 감소한 것을 알 수 있다.

[0072] 도 6은 도 5에서 가운데 낭종(cyst)이 존재하는 영역에 대해 256 X 256 영상으로 잘라서 2차원 FFT(Fast Fourier Transform)를 하여 얻은 공간 주파수의 스펙트럼(spectrum)을 나타낸다. 도 6 (a)는 통상 초음파 영상이고, 도 6 (b)는 주엽 영상이며, 도 6 (c)는 부엽 영상에 해당한다. 도 6 (b)의 주엽 영상과 도 6 (c)의 부엽 영상은 스페클의 텍스처가 규칙성을 가짐으로써 공간 주파수의 스펙트럼이 가로 방향으로 주기성을 가지는 것을 알 수 있고, 또한 부엽 영상의 경우에는 넓은 주파수 영역에서 스펙트럼이 나타나고 있다. 그러나 세로 방향의 스펙트럼의 차이는 크지 않으므로 부엽 영상이 가로 방향 해상도에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

[0073] 도 7은 통상 초음파 영상을 부엽 억제 필터로 처리하는 과정에서 γ (gamma)를 0, 1, 2, 5, 10, 20로 각각 변경하여 얻은 영상이다.

[0074] $\gamma = 0$ 일 때는 통상 초음파 영상에서 20차까지 추정된 화질 인자(QF₂₀)의 영상을 제거한 영상을 의미하며, 추정된 부엽을 제거한 상태이므로 낭종(cyst) 내부에 부엽이 많이 줄어들었고 스페클 패턴의 텍스처의 크기가 조금 커져 있다. γ 를 증가시키면 타겟 점 영상의 폭이 줄어들어 해상도는 증가하고 부엽이 감소하지만 배경 영상의 밝기가 어두워지면서 스페클 패턴이 통상 초음파 영상과 달라진다.

[0076] 영상 평가부(150)는 스페클 영상의 화질을 평가하기 위한 평가 지표로서, [수학식3], [수학식4], [수학식5]와 같이 CR, CNR, SNR을 사용할 수 있다.

수학식 3

$$CR = 20 \log_{10} \left(\frac{S_c}{S_b} \right) dB$$

[0078]

수학식 4

$$CNR = \frac{|S_c - S_b|}{\sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_b^2}}$$

[0079]

수학식 5

$$SNR = \frac{S_b}{\sigma_b}$$

[0080]

[0081] 여기서 S_b, σ_b 는 낭종 영역의 평균 밝기와 표준편차이고, S_c, σ_c 는 배경 영상의 평균 밝기와 표준편차이다. 이 평가 지표는 영상의 평균 밝기와 표준 편차를 이용하여 부엽 억제에 의한 화질의 개선 정도를 평가하는 것이다.

[0082] 다음의 [표 1]은 스펙클 영상에서 3개의 낭종(cyst)에 대해 왼쪽부터 순서대로 번호를 부여하여 Cyst1, Cyst2, Cyst3으로 구분하는 경우, 각각의 낭종에 대해 평가지표로서 CR, CNR, SNR을 계산한 결과이다. 배경 영상은 도 5 (a)에서 백색 점선으로 표기한 사각 영역이고, 낭종 영역은 낭종의 경계 안에서 형성할 수 있는 최대 크기의 사각 영역으로 설정한다.

[0083] [표 1]에서 주엽 영상은 표준 영상(gold standard)으로서 낭종 내부의 영상과 비교함으로써 영상의 화질을 평가할 수 있다.

[0084] $\gamma = 0$, $\gamma = 1$ 일 때 낭종 영상의 CR, CNR, SNR이 주엽 영상과 비슷한 결과가 나온다. 비선형 필터(145)를 적용한 영상의 경우, 집속 지연하여 합산한 영상에서 추정된 부엽 크기를 감산하여 미리 제거한 후 필터링하기 때문에 낮은 γ 에서도 CR, CNR, SNR이 좋은 결과로 나타날 수 있다. γ 이 커지면 부엽이 줄어들면서 CR이 커지지만 배경 밝기가 어두워지면서 CNR과 SNR은 감소한다. 또한 배경 영상의 스펙클 패턴이 초음파 영상에서 일반적으로 나타나는 스펙클 패턴과 많이 달라진다.

표 1

[0085]

		CR			CNR			SNR
		Cyst1	Cyst2	Cyst3	Cyst1	Cyst2	Cyst3	
주엽 영상		-29.38	-20.77	-12.92	1.604	1.505	1.264	1.661
부엽 억제 필터 적용한 영상	$\gamma = 0$	-26.89	-20.05	-12.95	1.639	1.541	1.308	1.717
	$\gamma = 1$	-32.86	-22.85	-13.93	1.459	1.382	1.174	1.493
	$\gamma = 2$	-34.91	-23.96	-14.43	1.349	1.283	1.096	1.374
	$\gamma = 5$	-37.52	-25.41	-15.17	1.189	1.138	0.981	1.205
	$\gamma = 10$	-39.13	-26.35	-15.70	1.076	1.033	0.898	1.088
	$\gamma = 20$	-40.32	-27.07	-16.14	0.980	0.944	0.826	0.990

[0087] 부엽 억제 필터를 이용한 필터링 이전 영상과 이후 영상에 대한 평균 밝기의 변화도 필터의 특성을 평가하기 위한 평가 지표로 사용할 수 있다.

[0088] 이론적으로 주엽 영상의 경우 부엽 억제 필터에서 필터링된 경우 필터링 이전과 필터링 이후에서 영상 밝기는 동일하고, 부엽 영상의 경우 필터링 이후에 영상 밝기가 대폭 감소하게 된다. 이러한 필터 특성을 응용하여 배경 영상에 적용시 부엽 억제 필터에 의한 필터링 이전과 이후에서 배경 영상의 평균 밝기 변화를 관찰함으로써 부엽 억제 필터의 성능을 평가할 수 있다. [표 2]는 도 7에서 통상 초음파 영상, 주엽 영상, 부엽 영상에 대해 각각 부엽 억제 필터로 필터링한 후 해당 영상에서 배경 영역의 평균 밝기값을 나타낸다. 배경 영역은 도 5 (a)에서 백색 점선으로 표기한 사각 영역이며, 수치는 로그 압축(log compression)하기 이전의 평균 밝기값이다.

표 2

[0089]

	통상 초음파 영상 (conventional image)	주엽 영상 (main image)	부엽 영상 (sidelobe image)
필터 적용하지 않음	754.19	706.01	229.48

부엽 억제 필터를 적용	$\gamma = 0$	807.08	792.38	127.88
	$\gamma = 1$	609.41	670.04	52.81
	$\gamma = 2$	499.86	586.45	34.90
	$\gamma = 5$	334.00	436.68	17.75
	$\gamma = 10$	219.85	313.46	9.87
	$\gamma = 20$	132.54	204.57	5.26

[0091] 도 8은 통상 초음파 영상, 주엽 영상, 부엽 영상을 각각 필터링한 후 $\gamma = 0$ 일 때의 밝기값으로 정규화하여 γ 값에 따른 영상의 밝기 변화를 나타낸 그래프이다. 부엽 영상(점선)의 경우 γ 이 증가함에 따라 영상 밝기값이 급격하게 감소하고 γ 이 5~10에서 영상 밝기값이 완만하게 줄어든다. 주엽 영상(파선)의 경우 상대적으로 영상 밝기의 감소율이 가장 작고, 통상 초음파 영상(실선)의 경우 중간 정도로 영상 밝기의 감소율이 나타난다. 이러한 결과로부터 부엽 억제 필터가 부엽을 억제하는 기능을 충실하게 수행하는 것을 확인할 수 있다.

[0093] 영상의 평균 밝기값을 이용하여 화질을 평가하는 평가 지표로서 CMR, CSR, MSR을 제시한다.

[0094] 먼저, CMR은 [수학식 6]과 같이 나타내며 주엽 영상의 평균 밝기에 대한 통상 초음파 영상의 평균 밝기의 비율을 계산한다.

수학식 6

$$CMR = \left(\frac{\text{mean of conventional image}}{\text{mean of mainlobe image}} \right)$$

[0096]

[0098] CSR은 [수학식 7]과 같이 나타내며 부엽 영상의 평균 밝기에 대한 통상 초음파 영상의 평균 밝기의 비율을 계산한다.

수학식 7

$$CSR = \left(\frac{\text{mean of conventional image}}{\text{mean of sidelobe image}} \right)$$

[0099]

[0101] MSR은 [수학식 8]과 같이 나타내며 부엽 영상의 평균 밝기에 대한 주엽 영상의 평균 밝기의 비율을 계산한다.

수학식 8

$$MSR = \left(\frac{\text{mean of mainlobe image}}{\text{mean of sidelobe image}} \right)$$

[0102]

[0104] MSR은 주엽 영상과 부엽 영상의 평균 밝기에 의하여 결정되므로, 부엽 억제 필터를 사용하지 않는 초음파 영상의 채널 신호를 집속하는 과정에서 축을 벗어난(off-axis) 신호를 제거하는 성능을 평가하기 위한 평가지표로서 사용할 수 있다.

[0105] [표 2]를 참고하여, 필터 적용하지 않는 경우 CMR_0 , CSR_0 , MSR_0 을 다음과 같이 계산한다.

[0106] $CMR_0 = (754.19 / 706.01) = 1.068$

[0107] $CSR_0 = (754.19 / 229.48) = 3.287$

[0108] $MSR_0 = (706.01 / 229.48) = 3.077$

[0109] [표 3]은 [표 2]의 수치를 근거로 평가 지표 CMR, CSR, MSR을 계산한 결과이다.

표 3

[0110]

		CMR	CSR	MSR
필터 적용하지 않음		1.068	3.287	3.077
부엽 억제 필터를 적용	$\gamma = 0$	1.019	6.311	6.196
	$\gamma = 1$	0.910	11.540	12.688
	$\gamma = 2$	0.852	14.323	16.804
	$\gamma = 5$	0.765	18.817	24.602
	$\gamma = 10$	0.701	22.275	31.759
	$\gamma = 20$	0.648	25.198	38.892

[0112] 부엽 억제 필터를 적용한 경우, 통상 초음파 영상의 평균 밝기의 감소율이 주엽 영상의 평균 밝기의 감소율보다 크고 $\gamma = 0$ 일 때를 제외하고 CMR은 1 보다 작고, CSR과 MSR은 1 보다 큰 값으로 나타난다.

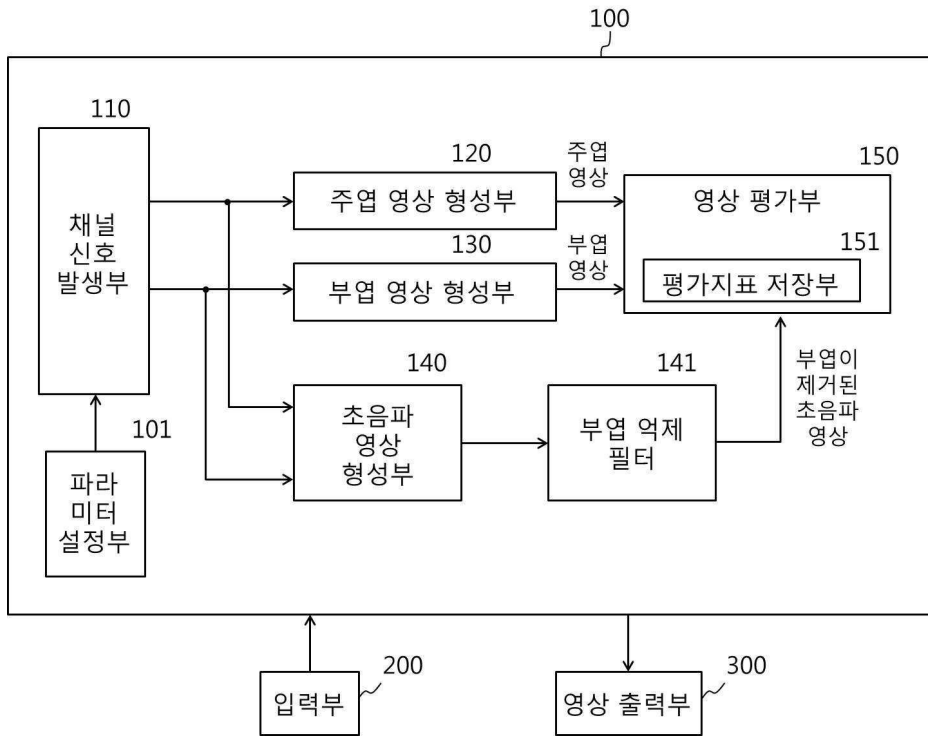
[0114] 도 9는 γ (gamma)를 가변할 때 평가 지표 CMR, CSR, MSR의 변화를 나타낸 그래프이다. γ 이 5까지 증가할 때 CSR과 MSR은 급격히 커지다가 그 이후 증가율이 둔화되는 것을 알 수 있다.

부호의 설명

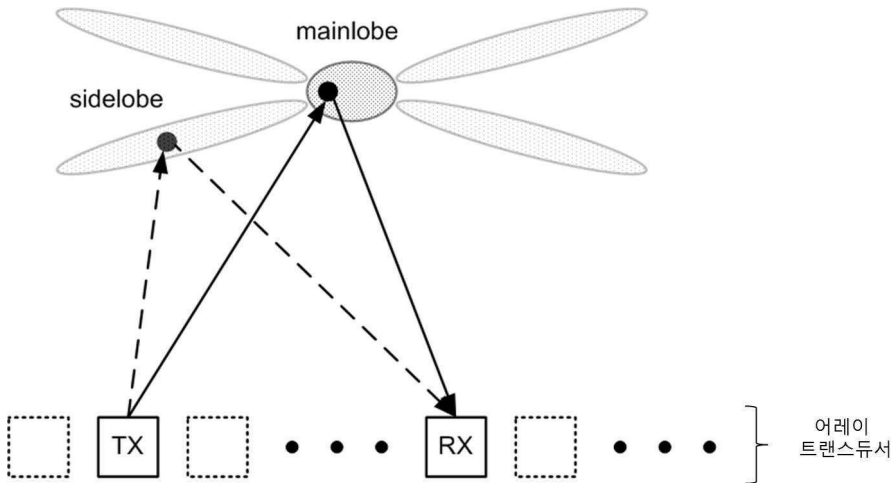
- [0116]
- | | |
|----------------|-----------------|
| 100 : 처리 모듈 | 101 : 파라미터 설정부 |
| 110 : 채널신호 발생부 | 120 : 주엽영상 형성부 |
| 130 : 부엽영상 형성부 | 140 : 초음파영상 형성부 |
| 141 : 부엽 억제 필터 | 150 : 영상 평가부 |
| 200 : 입력부 | 300 : 영상 출력부 |

도면

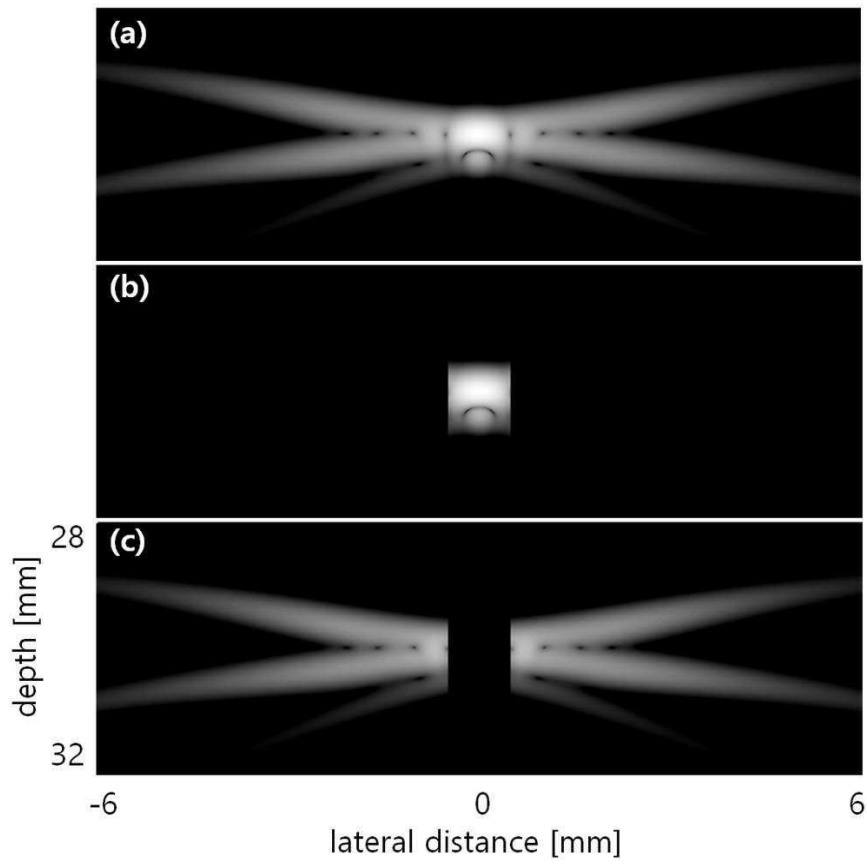
도면1



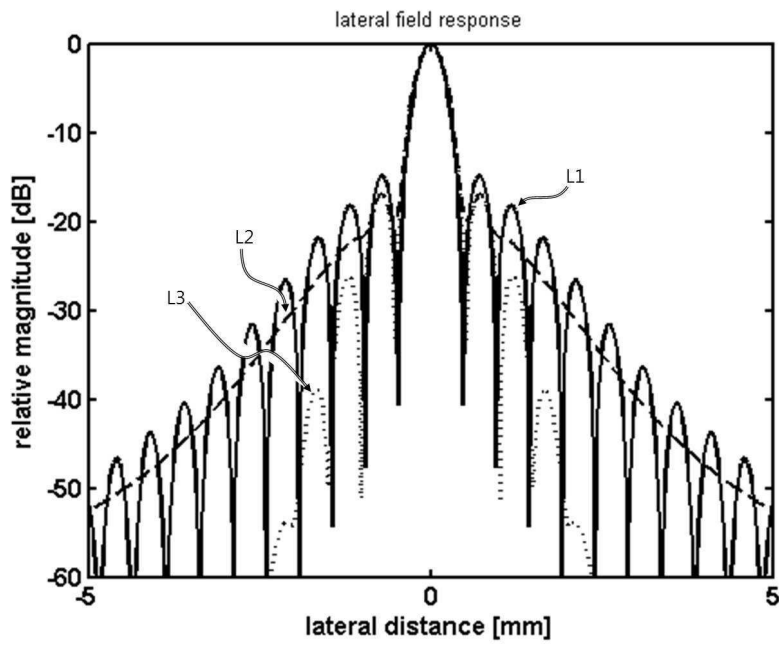
도면2a



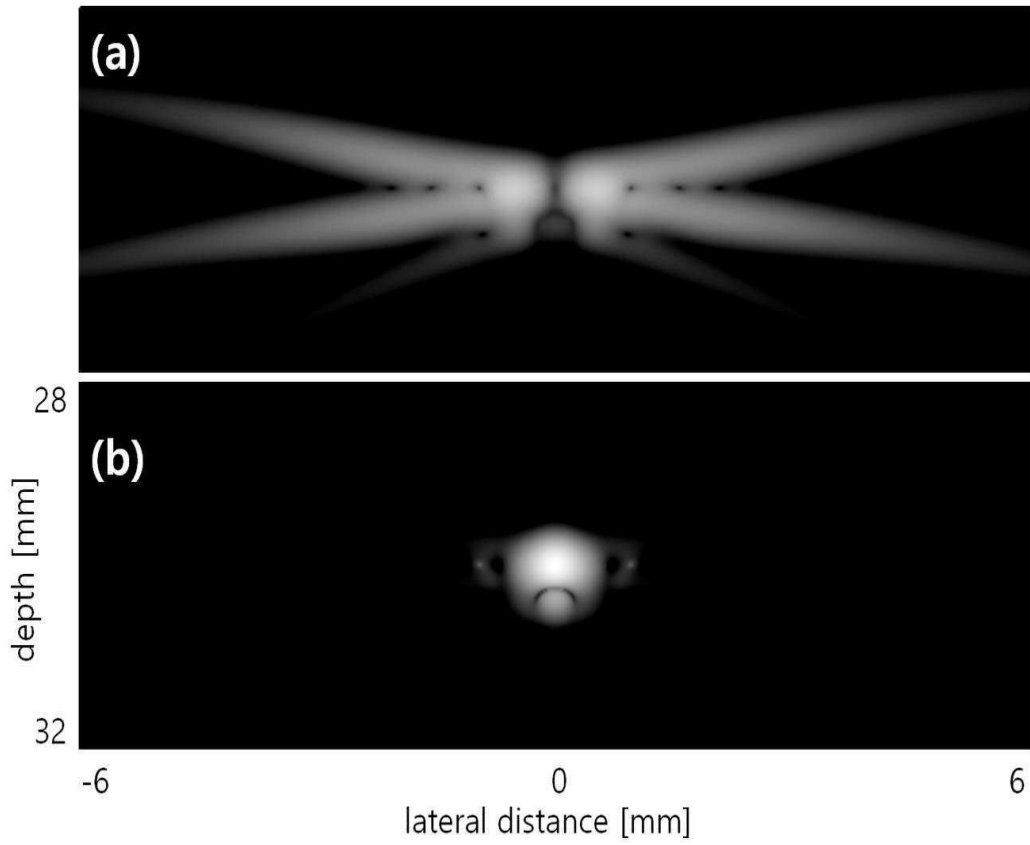
도면2b



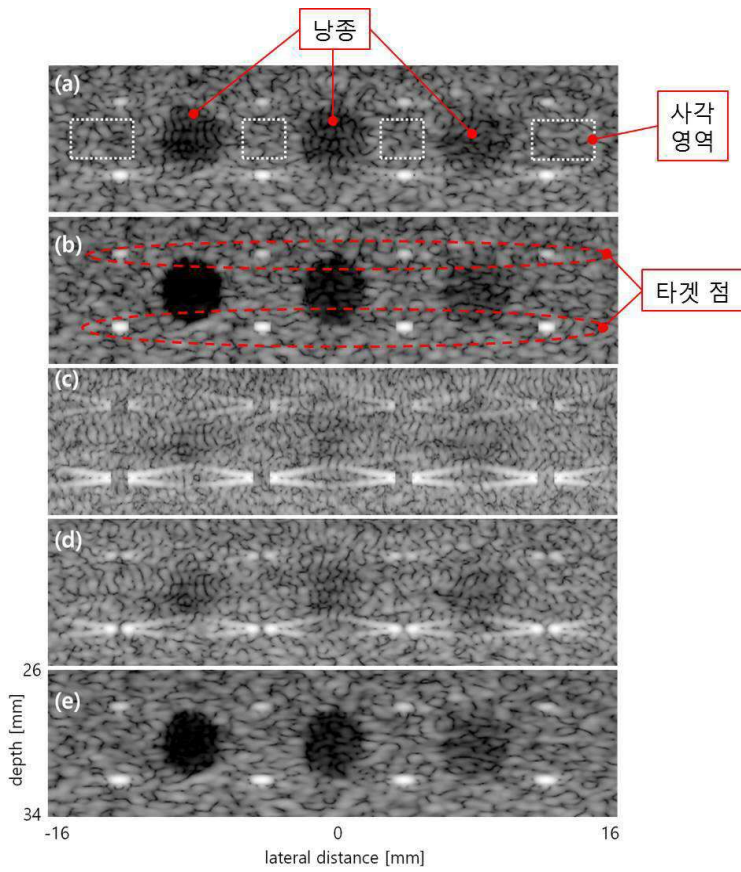
도면3



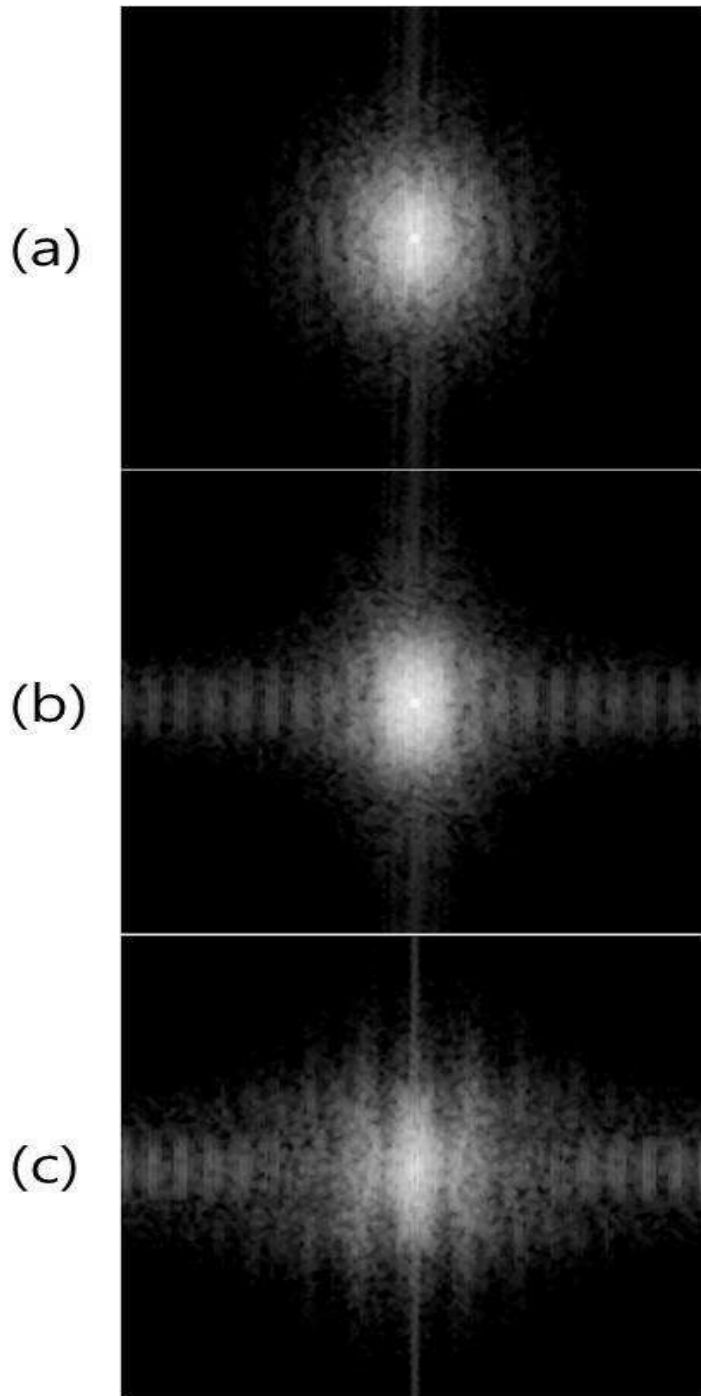
도면4



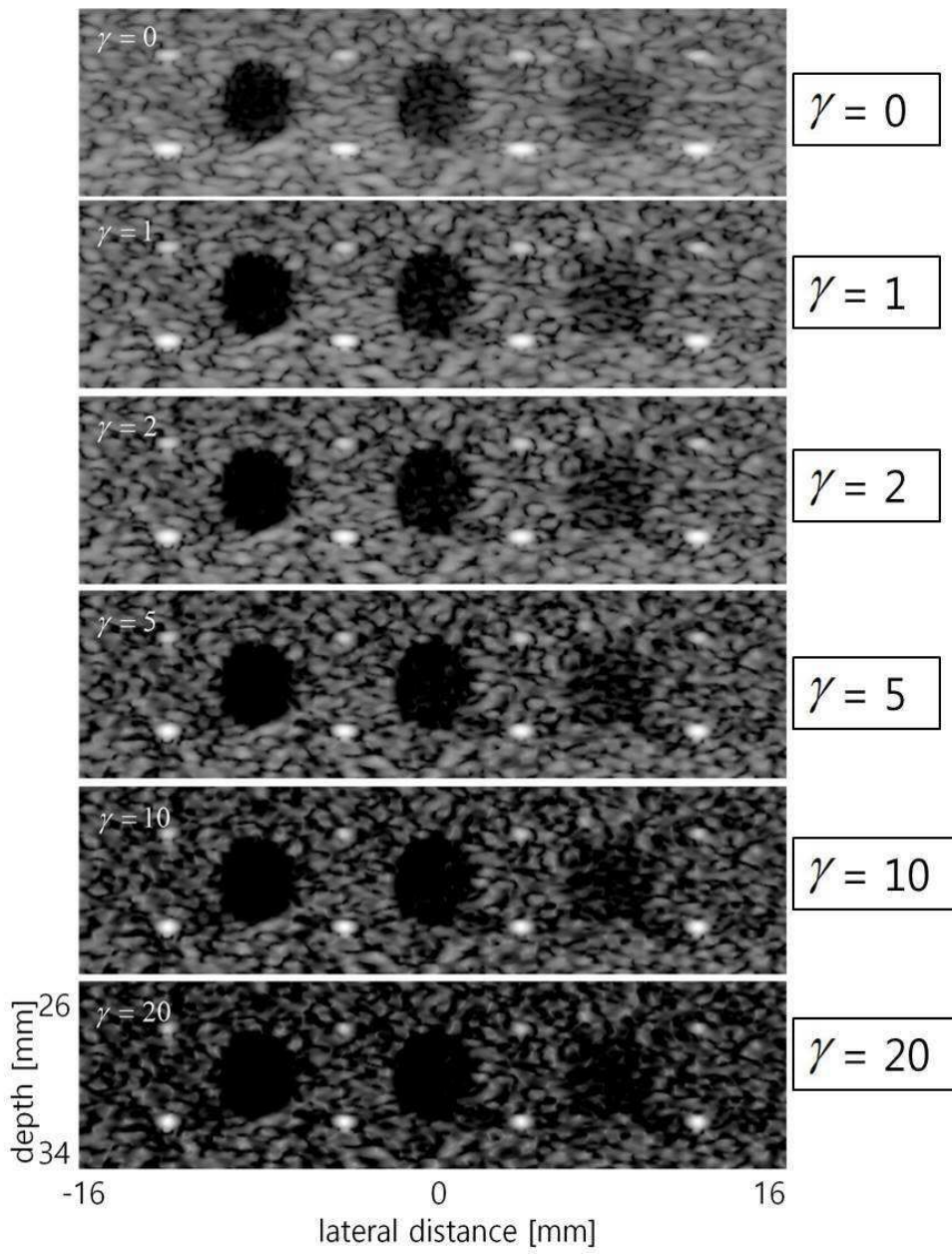
도면5



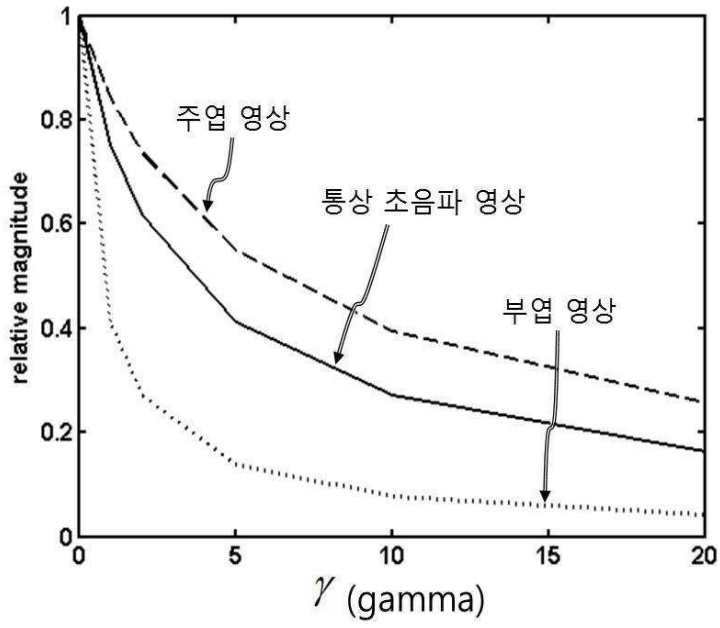
도면6



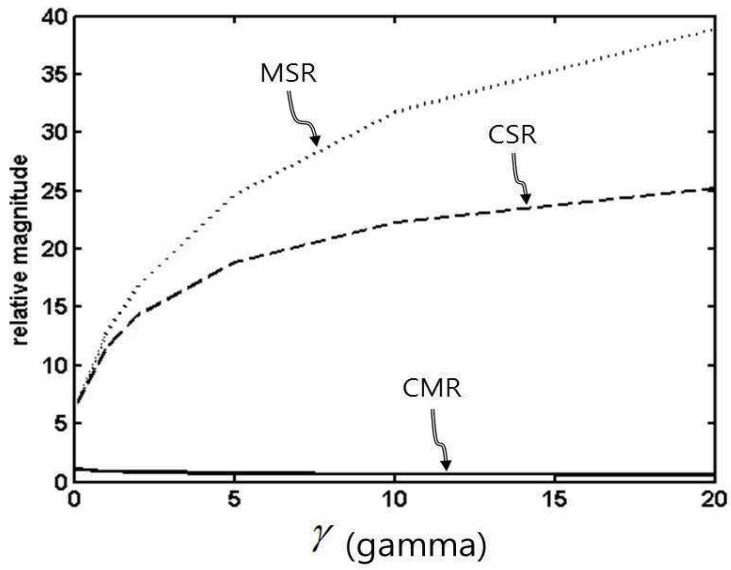
도면7



도면8



도면9



专利名称(译)	基于计算机模拟的超声图像抑制滤波器评估方法		
公开(公告)号	KR101858137B1	公开(公告)日	2018-05-16
申请号	KR1020170029258	申请日	2017-03-08
[标]申请(专利权)人(译)	天津UNIV%用于教育INDAL合作 WAYGENCE		
申请(专利权)人(译)	天津大学学术合作 有限公司伟智能		
当前申请(专利权)人(译)	天津大学学术合作 有限公司伟智能		
[标]发明人	JEONG MOK KUN 정목근 KWON SUNG JAE 권성재		
发明人	정목근 권성재		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/00		
代理人(译)	圣水源		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明涉及一种主瓣和使用计算机模拟的超声波，这清楚地评估使用计算机模拟图像旁瓣抑制滤波器评价方法用于成像，以除去副瓣的旁瓣抑制滤波器的特性的，(a)一种仿真程序，形成从所述信号的虚拟超声波图像时编辑它由通过分别形成常规的超声图像和所述主瓣和通过模拟程序旁瓣视频图像中的超声波的声场现有的反射器反射；(b)将主图像设置为标准图像，并使用在步骤(a)中分离和形成的图像的平均亮度值计算评估指标；(c)评估用于信号处理的旁瓣抑制滤波器的特性，用于基于计算的评估指标去除叠加在正常超声图像上的旁瓣。

