



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년09월08일

(11) 등록번호 10-1551469

(24) 등록일자 2015년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 8/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0059728

(22) 출원일자 2014년05월19일

심사청구일자 2014년05월19일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020110082811 A

JP2012005689 A

KR1020110021028 A

JP09224938 A

(73) 특허권자

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

송대경

서울특별시 종로구 평창문화로 156 101동 703호
(평창동, 평창동 롯데캐슬 로잔)

송재희

서울특별시 마포구 월드컵로17길 16 (망원동)

이종필

서울특별시 노원구 덕릉로71길 30 101동 504호(중계동, 양지대림아파트)

(74) 대리인

특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 박승배

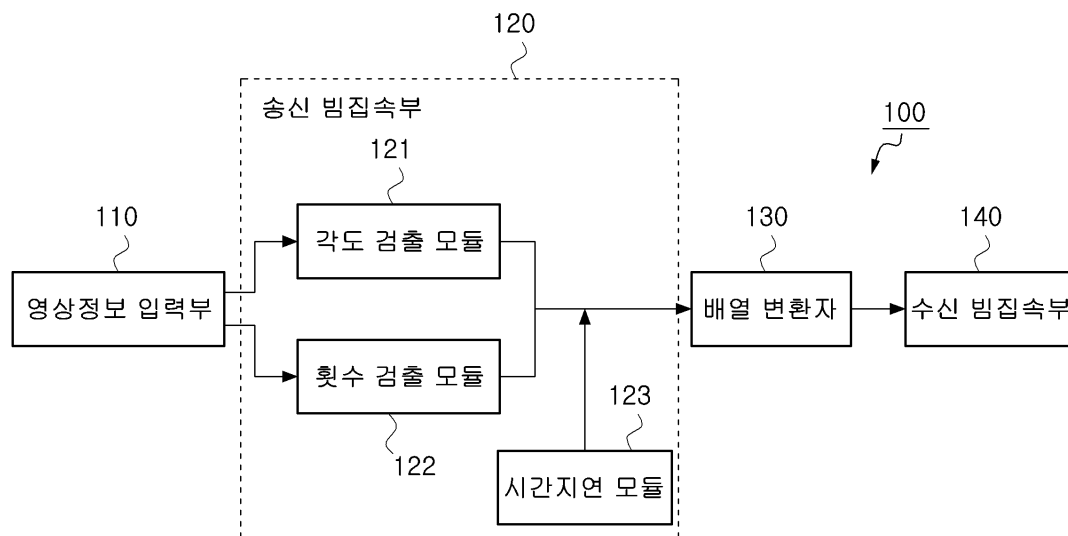
(54) 발명의 명칭 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명은 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법 및 시스템에 관한 것으로서, 보다 바람직하게는 영상정보입력부가 대상체의 초음파 영상에 대한 적어도 하나의 영상 정보를 입력받는 단계; 송신빔집속부가 입력받은 영상 정보에 기초하여 평면파 송신을 위한 최적의 송신각도를 검출하는 단계; 상기 송신빔집속부가 입력받은 영상 정

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



보에 기초하여 평면파 송신 시, 최적의 평면파 송신횟수를 검출하는 단계; 상기 송신빔집속부가 송신하고자 하는 평면파에 지연시간을 반영하는 단계; 배열 변환자가 검출된 최적의 송신각도에 따라 평면파를 검출된 최적의 송신횟수만큼 상기 대상체로 송신하는 단계; 및 수신 빔집속부가 송신한 평면파로부터 수신된 초음파 신호를 빔집속하는 단계;를 더 포함한다.

이러한 구성에 의해, 본 발명의 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법 및 시스템은 최적의 송신조건을 이용하여 대상체로 초음파를 송신하도록 하여 보다 정확한 초음파의 송수신집속을 할 수 있는 효과가 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NIPA-2014-H0401-14-1002

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신산업진흥원(NIPA)

연구사업명 IT융합 고급인력과정 지원사업

연구과제명 현장진료를 위한 IT융합 휴대용 초음파 영상 시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2014.01.01 ~ 2014.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

영상정보입력부가 대상체의 초음파 영상에 대한 적어도 하나의 영상 정보를 입력받는 단계;
 송신빔집속부가 입력받은 영상 정보에 기초하여 평면파 송신을 위한 최적의 송신각도를 검출하는 단계;
 상기 송신빔집속부가 입력받은 영상 정보에 기초하여 평면파 송신 시, 최적의 평면파 송신티수를 검출하는 단계;
 상기 송신빔집속부가 송신하고자 하는 평면파에 지연시간을 반영하는 단계;
 배열 변환자가 검출된 최적의 송신각도에 따라 평면파를 검출된 최적의 송신티수만큼 상기 대상체로 송신하는 단계; 및
 수신 빔집속부가 송신한 평면파로부터 수신된 초음파 신호를 빔 집속하는 단계;
 를 포함하는 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 송신빔집속부가 입력받은 영상 정보에 기초하여 평면파 송신을 위한 최적의 송신각도를 검출하는 단계는
 송신 가능한 평면파의 최대 송신각도와 최소 송신각도간 차이값을 연산하여 최적의 송신각도를 검출하는 것을 특징으로 하는 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 최적의 송신각도는
 $\sin$ 축 상에서의 창틀 함수 형태로 이루어지는 것을 특징으로 하는 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 최적의 송신각도는
 상기 평면파를 섹터 주사하는 경우, 주사선의 각도에 기초하여 검출되는 것을 특징으로 하는 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 최적의 송신티수는
 입력받은 상기 영상 정보 중 프레임율에 기초하여 검출되는 것을 특징으로 하는 평면파를 이용한 초음파 송수신 집속 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 영상 정보는

상기 초음파 영상에 대한 해상도, 신호대잡음비, 프레임율, 영상 깊이, 대조도 및 침투도 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법.

청구항 7

대상체의 초음파 영상에 대한 적어도 하나의 영상 정보를 입력받는 영상정보입력부;

입력받은 영상 정보에 기초하여 평면파 송신을 위한 최적의 송신각도 및 평면파 송신횟수를 검출하며, 송신하고자 하는 평면파에 지연시간을 반영하는 송신 빔집속부;

검출된 최적의 송신각도에 따라 평면파를 검출된 최적의 송신횟수만큼 상기 대상으로 송신하는 배열 변환자; 및

송신한 평면파로부터 수신된 초음파 신호를 빔 집속하는 수신빔집속부;

를 포함하는 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 송신 빔집속부는

송신 가능한 평면파의 최대 송신각도와 최소 송신각도간 차이값을 연산하여 최적의 송신각도를 검출하는 것을 특징으로 하는 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 영상 정보는

상기 초음파 영상에 대한 해상도, 신호대잡음비, 프레임율, 영상 깊이, 대조도 및 침투도 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 시스템.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법 및 시스템에 관한 것으로, 특히 최적의 송신 조건을 통해 초음파를 대상으로 송신하여 특성이 향상된 초음파 영상을 획득할 수 있는 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

환자의 환부를 진단하기 위해 사용되는 초음파 의료영상장치는 초음파 신호를 이용하여 인체 내 장기 등의 정보를 영상화하는 장치를 말한다. 이러한 초음파 의료영상장치는 X-ray, MRI, CT, PET등과 같은 다른 의료영상장치들과 비교해보면, 인체에 유해하지 않고, 실시간 영상화가 가능하며, 상대적으로 낮은 가격으로 시스템을 구성할 수 있는 장점을 가짐에 따라 의료 영상분야에서 중요한 역할을 한다. 특히, 초음파 의료 영상의 B(Brightness)-모드는 다수의 주사선을 이용하여 인체 내부의 단면 영상을 구성함에 따라, 화질과 프레임율이

성능의 지표가 된다.

- [0003] 이때, 프레임율은 초음파 영상 장치의 실시간 영상화를 가능하게 만들어주는 요소이며, 영상 깊이와 주사선 개수에 반비례하는 특성을 갖는다. 예를 들어, 영상 깊이가 15cm 이고, 128 내지 256 개의 주사선으로 구성되는 상복부 영상의 프레임율은 수십 Hz가 되며, 이러한 프레임율은 실시간 영상을 만들기에 충분하다. 하지만 심장벽 또는 관막과 같이 움직임이 빠른 부위를 관찰하거나, 횡탄성 영상에서 횡파가 전달되는 것을 관찰하기 위해서는 최대 수 kHz의 프레임율을 요구하기 때문에 종래 기술로는 이를 충족시킬 수 없었다. 이러한 요구를 충족시키기 위해 평면파를 송신한 후, 모든 주사선을 동시에 생성하여 기존 방법대비 주사선 개수만큼 프레임율을 향상시키는 기법이 연구되었다. 하지만, 평면파를 이용하여 생성한 초음파 영상의 경우에는 송신 집속을 하지 않으므로, 영상의 신호대잡음비(SNR), 측방향 해상도, 그리고 대조도 등의 특성이 종래 기술에 비하여 크게 저하되는 문제점이 발생했다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0004] (특허문헌 0001) KR 10-0280197 (초음파 영상화 시스템의 초음파 신호 집속 방법 및 장치, 주식회사 메디슨) 2000.11.08.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명은 대상체로 초음파 송신 시 요구되는 최적의 송신 조건을 검출하고, 검출한 최적의 송신 조건을 초음파 송신 집속 시 적용하여, 이를 통해 생성된 초음파 영상의 특성을 향상시킬 수 있는 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법 및 시스템을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0006] 위와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 한 실시 예에 따른 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법은 영상 정보입력부가 대상체의 초음파 영상에 대한 적어도 하나의 영상 정보를 입력받는 단계; 송신빔집속부가 입력받은 영상 정보에 기초하여 평면파 송신을 위한 최적의 송신각도를 검출하는 단계; 상기 송신빔집속부가 입력받은 영상 정보에 기초하여 평면파 송신 시, 최적의 평면파 송신 횟수를 검출하는 단계; 상기 송신빔집속부가 송신하고자 하는 평면파에 지연 시간을 반영하는 단계; 배열 변환자가 검출된 최적의 송신각도에 따라 평면파를 검출된 최적의 송신 횟수만큼 상기 대상체로 송신하는 단계; 및 수신빔집속부가 송신한 평면파로부터 수신된 초음파 신호를 빔 집속하는 단계;를 포함한다.

- [0007] 보다 바람직하게는 송신 가능한 평면파의 최대 송신각도와 최소 송신각도간 차이값을 연산하여 최적의 송신각도를 검출하는 송신빔집속부가 입력받은 영상 정보에 기초하여 평면파 송신을 위한 최적의 송신각도를 검출하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0008] 특히, 최적의 송신각도는 Sin 측 상에서의 창틀 함수 형태로 이루어질 수 있다.

- [0009] 특히, 최적의 송신각도는 상기 평면파를 섹터 주사하는 경우, 주사선의 각도에 기초하여 검출될 수 있다.

- [0010] 특히, 최적의 송신횟수는 입력받은 상기 영상 정보 중 프레임율에 기초하여 검출될 수 있다.

- [0011] 특히, 상기 초음파 영상에 대한 해상도, 신호대잡음비, 프레임율 및 영상 깊이 중 적어도 하나를 포함하는 영상 정보를 포함할 수 있다.

- [0012] 위와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 다른 실시 예에 따른 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 시스템은 대상체의 초음파 영상에 대한 해상도, 신호대잡음비, 프레임율 및 영상 깊이 중 적어도 하나의 영상 정보를 입력받은 영상정보입력부; 입력받은 영상 정보에 기초하여 평면파 송신을 위한 최적의 송신각도 및 평면파 송신횟

수를 검출하며, 송신하고자 하는 평면파에 지연시간을 반영하는 송신 빔집속부; 검출된 최적의 송신각도에 따라 평면파를 검출된 최적의 송신빔수만큼 상기 대상체로 송신하는 배열 변환자; 및 송신된 평면파로부터 수신된 초음파 신호를 빔집속하는 수신 빔집속부;를 포함할 수 있다.

[0013] 보다 바람직하게는 송신 가능한 평면파의 최대 송신각도와 최소 송신각도간 차이값을 연산하여 최적의 송신각도를 검출하는 송신 빔집속부를 포함할 수 있다.

[0014] 특히, 상기 초음파 영상에 대한 해상도, 신호대잡음비, 프레임율 및 영상 깊이 중 적어도 하나를 포함하는 영상 정보를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0015] 본 발명의 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법 및 시스템은 최적의 송신조건을 검출한 후, 이를 이용하여 대상체로 초음파를 송신하도록 하여 보다 정확한 초음파의 송신 집속을 할 수 있는 효과가 있다.

[0016] 또한 본 발명의 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법 및 시스템은 최적의 송신 조건을 적용하여 초음파의 송신 집속을 수행함으로써, 이를 통해 획득한 초음파 영상의 해상도, 신호대잡음비, 프레임율 및 영상 깊이 등에 대한 특성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 시스템의 블록도이다.
 도 2는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법의 순서도이다.
 도 3은 평면파 송신 모형을 나타낸 도면이다.
 도 4는 수신 동적 집속에 의해 나타나는 빔 패턴을 유도하기 위한 수신 모형을 나타낸 도면이다.
 도 5는 합성 지연 시간을 반영하는 과정을 나타낸 도면이다.
 도 6은 합성 송신 빔 패턴을 유도하기 위한 평면파 송신 모형을 나타낸 도면이다.
 도 7은 합성에 사용되는 송신각도를 Sin 축 상에 함수로 표현한 도면이다.
 도 8은 합성 송신 빔 패턴의 특징을 나타낸 그래프이다.
 도 9는 유한한 개수의 평면파 합성 시 발생하는 합성 송신 함수의 특징을 나타낸 도면이다.
 도 10은 유한한 개수의 평면파가 합성되었을 때 나타나는 합성 송신 빔 패턴의 특징을 물리적으로 해석하기 위한 도면이다.
 도 11은 본 발명과 종래기술간 평면파 중첩 영역의 차이를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 본 발명을 바람직한 실시예와 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되는 것은 아니다.

[0019] 본 발명에 대하여 구체적으로 설명하기에 앞서, 우선 본 발명이 적용되는 초음파 영상에 대하여 간략히 살펴볼도록 한다.

[0020] 탄성파의 일종인 초음파(Ultrasonic Wave)는 서로 다른 물질의 경계에서 반사율이 다르기 때문에 인체 내부로 전파되면서 인체 조직의 물리적 특성에 따라 매질의 경계면에서는 반사 또는 투과되고, 흡수로 인해 진폭 감쇠가 발생하기도 한다. 이러한 특성을 이용하여 환부의 상태를 영상으로 나타내는 초음파 영상은 일반적으로 한번의 초음파 송수신을 통해 하나의 주사선을 생성하며, 이러한 과정을 N 번 반복하여 N 개의 주사선으로 이루어진 2D 초음파 영상을 획득한다.

[0021] 이와 같이 획득한 초음파 영상은 해상도(resolution), 신호대잡음비(SNR), 대조도(contrast), 침투도

(penetration), 프레임율(frame rate) 등에 의해 결정되며 송수신 방법 및 영상의 구성 방법, 신호처리 방식, 회로의 특성에 따라 그 성능이 달라진다.

[0022] 이하, 도 1을 참조하여 본 발명에 따른 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 시스템에 대하여 자세히 살펴보도록 한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 평면파를 이용한 초음파 송수신 집속 시스템의 블록도이다.

[0024] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 평면파를 이용한 초음파 송수신 집속 시스템(100)은 영상정보입력부(110), 송신 빔집속부(120), 배열 변환자(130) 및 수신 빔집속부(140)를 포함한다.

[0025] 영상정보입력부(110)는 대상체의 초음파 영상에 대한 적어도 하나의 영상 정보를 입력받는다. 이때, 상기 영상 정보는 상기 초음파 영상에 대한 해상도(resolution), 신호대잡음비(SNR), 프레임율(frame rate), 영상 깊이, 대조도(contrast) 및 침투도(penetration) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0026] 송신 빔집속부(120)는 입력받은 영상 정보에 기초하여 평면파 송신을 위한 최적의 송신각도 및 평면파 송신횟수를 검출하며, 송신하고자 하는 평면파에 지연 시간을 반영한다. 이러한 송신 빔집속부(120)는 각도 검출모듈(121), 횟수 검출모듈(122) 및 시간지연모듈(123)을 포함한다.

[0027] 각도 검출모듈(121)은 입력받은 영상 정보에 기초하여 평면파 송신을 위한 최적의 송신각도를 검출한다.

[0028] 횟수 검출모듈(122)은 입력받은 영상 정보에 기초하여 평면파 송신 시, 최적의 평면파 송신횟수를 검출한다.

[0029] 시간지연모듈(123)은 송신하고자 하는 평면파에 지연시간을 반영한다.

[0030] 배열 변환자(130)는 검출된 최적의 송신각도에 따라 평면파를 검출된 최적의 송신횟수만큼 상기 대상체로 송신한다.

[0031] 빔집속부(140)는 송수신한 평면파로부터 수신된 초음파 신호를 빔 집속한다.

[0032] 이하, 도 2를 참조하여 본 발명의 다른 실시 예에 따른 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법에 대하여 자세히 살펴보도록 한다.

[0033] 도 2는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 평면파를 이용한 초음파 송수신집속방법의 순서도이다.

[0034] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법은 먼저, 영상정보입력부(110)가 구현하고자 하는 초음파 영상에 대한 적어도 하나의 영상 정보를 입력받는다(S210). 이때, 상기 영상 정보는 상기 초음파 영상에 대한 해상도, 신호대잡음비, 프레임율, 영상 깊이, 대조도 및 침투도 중 적어도 하나를 포함하는 것으로서, 입력되는 내용에 따라 초음파 영상 중 중요시하는 특성을 파악하여 그에 부합하는 최적의 송신 조건을 획득할 수 있다.

[0035] 송신 빔집속부(120)가 입력받은 영상 정보에 기초하여 상기 영상 정보를 만족하는 평면파 송신을 위한 최적의 송신각도를 검출한다(S220). 이때, 상기 송신 빔집속부(120)가 송신 가능한 평면파의 최대 송신각도와 최소 송신각도간 차이값을 연산하여 평면파 송신을 위한 최적의 송신각도를 검출할 수 있다. 이에 따라 검출된 최적의 송신각도는 Sin 축 상에서의 창틀(Window) 함수 형태로 이루어지며, 특히, 초음파를 섹터 주사하는 경우에는 주사선의 각도에 기초하여 검출될 수 있다.

[0036] 송신 빔집속부(120)가 입력받은 영상 정보를 만족시키기 위한 최적의 평면파 송신횟수를 검출한다(S230). 이때, 최적의 송신횟수는 입력받은 상기 영상 정보 중 프레임율(Frame Rate)에 기초하여 검출될 수 있다. 이러한 프레임율(FR)은 하기의 수학식 1과 같이 표현될 수 있다.

수학식 1

$$FR = \frac{c}{2 \cdot N \cdot z_{\max}}$$

[0037]

[0038] 이때, 상기 N은 주사선 하나를 구성하는데 사용되는 평면파의 개수를 나타내고, 상기 $z_{\max}$ 는 초음파 영상의 최대 깊이를 나타내며, 상기 c는 인체 내에서의 초음파 속도를 나타낸다. 일반적으로 초음파 영상을 구성하는 주사선

이 128 내지 256 개로 이루어지므로, 주사선 생성을 위해 사용되는 평면파의 개수를 줄여 프레임율을 향상시킬 수 있다.

[0039] 송신 빔집속부(120)가 송신하고자 하는 평면파에 대하여 지연시간을 반영한다(S240).

[0040] 배열 변환자(130)가 검출된 최적의 송신각도에 따라 평면파를 검출된 최적의 송신횟수만큼 상기 대상체로 송신한다(S250).

[0041] 수신 빔집속부(140)가 송신한 평면파로부터 수신된 초음파 신호를 빔집속한다(S260).

[0042] 이하, 도 3 내지 도 6을 참조하여 본 발명에 따른 평면파를 이용한 송수신집속 과정에 대하여 보다 자세히 살펴 보도록 한다.

[0043] 도 3은 평면파 송신 모형을 나타낸 도면이다.

[0044] 도 3에 도시된 바와 같이, X축은 측 방향(Lateral Direction)을 나타내고, Y축은 축 방향(Axial Direction)을 나타내며, 송신 구경의 크기는 무한하며, 평면파 송신각도 θ 는 연속적이며, 평면파는 단일 주파수로 이루어진 연속파라고 가정한다.

[0045] 상기 X 축에 대해 θ 로 기울어진 평면파가 임의의 관찰점(x, z)에 도달하였을 때 공간상에 나타나는 평면파 송신 빔패턴은 하기의 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$\begin{aligned}\psi_{\alpha}^t(x, z) &= e^{jkd} = e^{jk(z \cos \theta - x \sin \theta)} \\ &= e^{-jkx\alpha} e^{jkz\beta}, \quad (\alpha = \sin \theta, \beta = \cos \theta)\end{aligned}$$

[0046]

[0047] 이때, 상기 $k = 2\pi/\lambda$ 는 파수(wave number)를 나타내고, λ 는 파장(wave length)을 나타내며, 상기 d 는 평면파가 상기 관찰점까지 전파된 거리를 나타내고, 상기 $\psi_{\alpha}^t(x, z)$ 는 X-Z 평면상의 평면파 송신 빔 패턴을 나타낸다.

[0048] 특히, 모든 평면파 송신각도에 대한 해석을 위해, 평면파의 송신각도 θ 가 아닌 $\alpha = \sin \theta$ 에 대해 평면파 송신 빔 패턴을 유도하였다.

[0049] 도 4는 수신 동적 집속에 의해 나타나는 빔 패턴을 유도하기 위한 수신 모형을 나타낸 도면이다.

[0050] 도 4에 도시된 바와 같이, X 축은 측 방향을 나타내고, Z 축은 축방향을 나타낸다. 따라서, 영상점에 수신 집속을 한 경우 레일리(Rayleigh) 회절 방정식과 프레넬(Fresnel) 근사에 의한 수신 빔 패턴은 하기의 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$\begin{aligned}\psi^r(x, z) &= c_0 \int_{-\infty}^{\infty} p_r(x_0 - x_s) e^{-jk \frac{x-x_s}{z} x_0} dx_0 \\ &= F \left[p_r(x_0 - x_s) \right]_{f_x = x - x_s / \lambda z} \\ &= P_r \left(\frac{x - x_s}{\lambda z} \right) = P_r \left(\frac{x'}{\lambda z} \right) \\ x - x_s &= x', \quad c_0 = \frac{1}{j \lambda z} e^{jk(z + \frac{x^2}{2z})}\end{aligned}$$

[0051]

[0052]

이때, 상기 x_s 는 주사선의 위치를 나타내고, 상기 x_0 는 수신 구경 위에 임의의 한점을 나타내며, 상기 $P_r(x_0)$ 는 수신 구경을 나타낸다. 이와 같이, 수신 동적 집속을 수행하였기 때문에 공간상에 나타나는 빔 패턴이 수신 구경의 푸리에 변환(Fourier transform)형태로 나타나는 것을 알 수 있다. 따라서 상기 X축에 대해 θ 만큼 기울어진 평면파를 송수신한 경우에 빔 패턴은 하기의 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 4

$$\psi_\alpha(x, z) = \psi_\alpha^t(x, z) \cdot \psi^r(x, z)$$

[0053]

[0054]

결과적으로, 이러한 평면파의 다양한 송신각도를 통해 획득한 합성 빔 패턴은 하기의 수학식 5와 같이 표현될 수 있다.

수학식 5

$$\psi(x, z) = \int_{-\infty}^{\infty} p(\alpha) \cdot \psi_\alpha^t(x, z) \cdot \psi^r(x, z) \cdot t(\alpha) d\alpha$$

[0055]

[0056]

이때, 상기 $p(\alpha)$ 는 합성창틀함수를 나타내고, 상기 $t(\alpha)$ 는 합성지연시간을 나타내며, 상기 $\psi(x, z)$ 는 평면파 합성 집속 기법의 빔 패턴을 나타낸다. 또한, 평면파 송신각도의 범위가 $-\pi/2 \sim \pi/2$ 이므로, 적분 범위는 $-\infty$ 부터 ∞ 로 설정한다.

$$\psi^r(x, z) = P_r \left(\frac{x'}{\lambda z} \right)$$

[0057]

이때, 앞서 상기 수학식 3을 통해 수신 빔 패턴은 적분 상수인 α 와 무관하므로, 상기 수학식 5를 하기에 도식된 수학식 6과 같이 변경할 수 있다.

수학식 6

$$\begin{aligned}\psi(x, z) &= \psi^r(x, z) \int_{-1}^1 p(\alpha) \cdot \psi_\alpha^t(x, z) t(\alpha) d\alpha \\ &= \psi^r(x, z) \cdot \psi^t(x, z)\end{aligned}$$

[0058]

[0059] 이때, 상기 $\psi^t(x, z)$ 는 평면파들의 합성에 의해 나타나는 빔 패턴을 나타내는 것으로, 이하에서는 합성 송신 빔 패턴이라고 명명한다. 상기 수학식 6을 통해 본 발명을 이용한 최종 빔 패턴은 수신 빔 패턴과 합성 집속 빔 패턴의 곱으로 나타나며, 따라서 합성 송신 빔 패턴을 분석함으로써, 그 특징을 유도할 수 있다.

[0060] 도 5는 합성 지연 시간을 반영하는 과정을 나타낸 도면이다.

[0061] 도 5에 도시된 바와 같이, 각각의 평면파는 처음에는 동일한 위상으로 송신되지만, 영상점까지의 거리가 평면파마다 다르기 때문에 영상점까지 전파되었을 때의 위상이 서로 다르게 된다. 따라서 거리차에 의한 위상을 $t(\alpha)$ 를 통해 보상해줌으로써 모든 평면파가 영상점에서 동일한 위상으로 만나게 되며, 이를 송신집속이라고 한다.

[0062] 이에 따라, 평면파가 진행한 거리 자체를 보상해줌으로써 합성 송신 빔 패턴을 유도하였다.

[0063] 도 6은 합성 송신 빔 패턴을 유도하기 위한 평면파 송신 모형을 나타낸 도면이다.

[0064] 도 6에 도시된 바와 같이, 평면파가 영상점까지 진행한 거리가 d_f 이므로, $t(\alpha)$ 는 하기의 수학식 7과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

$$t(\alpha) = e^{jkd_f} = e^{jk(z \cos \theta - x_s \sin \theta)}$$

[0065]

[0066] 따라서, 상기 수학식 6과 7을 통해 합성 송신 빔 패턴은 하기의 수학식 8과 같이 유도된다.

수학식 8

$$\begin{aligned} \psi^t(x, z) &= \int_{-1}^1 p(\alpha) \cdot e^{-jkx\alpha} \cdot t(\alpha) d\alpha \\ &= \int_{-1}^1 p(\alpha) \cdot e^{-jk(x-x_s)\alpha} d\alpha \\ &= F[p(\alpha)]_{f_x = x-x_s/\lambda} \\ &= P_s\left(\frac{x-x_s}{\lambda}\right) = P_s\left(\frac{x'}{\lambda}\right) \end{aligned}$$

[0067]

[0068] 상기 수학식 8에 나타난 바와 같이, 평면파 중첩으로 인한 합성 송신 빔 패턴은 $p(\alpha)$ 의 푸리에 변환 형태로 나타나는 것을 알 수 있고, 기존의 해석과 달리 모든 평면파 송신각도 θ 에 대해 적용할 수 있는 것을 알 수 있다.

[0069] 지금까지 평면파 송신각도가 연속적으로 변하는 경우에 대해 합성 송신 빔 패턴을 유도하는 경우를 설명하였다. 하지만 본 발명을 실제 적용하기 위해서, 유한한 개수의 평면파 송신각도를 이용하여 합성해야하므로, 이러한 경우의 합성 송신 빔 패턴을 해석하였다. 이에 따라, 합성 송신 빔 $p(\alpha)$ 를 도 7 및 수학식 9와 같이 설정될 수 있다.

[0070] 도 7은 평면파 송신각도를 나타낸 도면이다.

[0071] 도 7에 도시된 바와 같이, 송신각도의 증분 $d\alpha$ 은 일정한 간격을 갖도록 설정된다.

수학식 9

$$\alpha_n = \frac{\alpha_{\max} - \alpha_{\min}}{N-1} n + \alpha_{\min} \quad (n=0 \cdots N-1)$$

$$p(\alpha) = \sum_{n=0}^{N-1} \delta(\alpha - \alpha_n)$$

$$= \sum_{n=0}^{N-1} \delta\left(\alpha - \left(\frac{\alpha_{\max} - \alpha_{\min}}{N-1} n + \alpha_{\min}\right)\right)$$

[0072]

[0073] 이때, 상기 N 은 합성횟수를 나타내고, 상기 $\alpha_{\min}, \alpha_{\max}$ 는 평면파 송신각도의 최소값 및 최대값을 나타낸다. 이때, 상기 수학식 8을 통해 유한한 개수의 평면파를 중첩시킨 평면파 합성 집속 빔 패턴은 하기의 수학식 10과 같이 표현될 수 있다.

수학식 10

$$\psi^t(\mathbf{x}, z) = F[p(\alpha)]_{f_x=x'/\lambda} = c \frac{\sin(\pi \frac{x'Nd\alpha}{\lambda})}{\sin(\pi \frac{x'd\alpha}{\lambda})}, \quad c = e^{-j k x' \frac{\alpha_{\min} + \alpha_{\max}}{2}}$$

[0074]

[0075] 이처럼 수학식 10에 표현된 평면파 합성 집속 빔 패턴을 통해 N 개의 평면파를 합성하였을 때의 주엽폭과 그레이팅 로브의 위치를 유추할 수 있다. 먼저, 주엽폭의 위치는 분자가 최초로 0이 되는 지점으로, 하기의 수학식 11을 통해 연산될 수 있다.

수학식 11

$$x'_{ML} = \frac{\lambda}{N} \frac{1}{d\alpha} = \frac{N-1}{N} \frac{\lambda}{\alpha_{\max} - \alpha_{\min}}$$

[0076]

[0077] 또한, 그레이팅 로브 위치는 분모가 0이 되는 지점이며, 이는 하기의 수학식 12를 통해 연산될 수 있다.

수학식 12

$$x'_{GL} = \frac{\lambda}{d\alpha}, \quad d\alpha = \frac{\alpha_{\max} - \alpha_{\min}}{N-1}$$

[0078]

[0079] 이하에서는 합성 송신 빔 패턴의 특징에 대하여 보다 자세히 살펴보도록 한다.

[0080] 도 8은 합성 송신 빔 패턴의 특징을 나타낸 도면이다.

[0081] 도 8에 도시된 바와 같이, 앞서 수학식 8을 통해 합성송신 빔패턴은 $p(\alpha)$ 의 푸리에변환 형태로 나타나는 것을 알 수 있다. 이때, 상기 $p(\alpha)$ 가 사각창틀함수(rectangular window)인 경우의 공간상에 나타나는 빔 패턴의 특

성을 살펴보면, 첫째, 합성 송신 빔 패턴의 주엽폭은 평면파 송신각도의 총변화량($\sum d\alpha$)에 의해서만 결정된다. 즉, 송신각도의 절대값이 동일할 필요는 없다. 둘째, 주엽폭이 깊이에 따라 변하지 않는다.

[0082] 또한, 평면파의 송신각도가 불연속적인 경우에 대해서도 살펴보도록 한다.

[0083] 도 9는 유한한 개수의 평면파 합성 시 발생하는 합성 송신 함수의 특징을 나타낸 도면이다.

[0084] 도 9에 도시된 바와 같이, 유한한 개수의 평면파 합성 시 발생하는 합성 송신 함수는 첫째, 평면파 송신각도의 총 변화량($\sum d\alpha$)과 송신 횟수 N 에 의해 주엽폭이 결정되는 것을 알 수 있다. 즉, 송신각도의 절대값이 동일할 필요는 없다. 둘째, 상기 합성 송신 함수는 주엽폭이 깊이에 따라 변하지 않는 특징을 갖는다. 셋째, 평면파 송신각도 증분($d\alpha$)에 따라 그레이팅 로브 발생 위치가 변경되고, 이때 평면파 송신각도 증분($d\alpha$)이 작을수록 주엽과 멀어지는 것을 알 수 있다.

[0085] 이처럼 유한한 개수의 평면파가 합성되었을 때 발생하는 합성 송신 빔 패턴 특징은 도 10을 통해 물리적으로 해석할 수 있다.

[0086] 도 10에 도시된 바와 같이, 먼저, 주엽의 경우에는 모든 평면파가 동일한 위상으로 만나기 때문에 보강 간섭이 일어나며, 각 평면파의 위상이 서로 상쇄 간섭을 발생시켜 최종적으로 크기가 0이 되는 지점이 주엽의 정지점(null point) 형태로 나타난다.

[0087] 또한 각 평면파 간의 거리 차에 의한 위상이 2π 의 정수 배가 되는 지점에서 그레이팅 로브가 발생하게 된다.

[0088] 이상에서는 이론적 해석을 위해 송신 구경의 크기가 무한하다고 가정을 하였지만 본 발명을 실제로 사용하는 경우에 송신 구경의 크기는 유한할 수 밖에 없기 때문에, 이하에서는 송신 구경의 크기가 합성 송신 빔 패턴에 미치는 영향에 대하여 구체적으로 살펴보도록 한다.

[0089] 먼저 주사선마다 평면파가 중첩되는 영역이 다르기 때문에 본 발명을 통해 획득한 초음파 영상에서 균일한 해상도를 얻기 위해, 관측 시야(field of view)는 제한되지만, 앞에서 살펴본 바와 같이 주사선의 주엽폭은 평면파 송신각도의 총변화량($\sum d\alpha$)에 의해 결정된다. 따라서 구성하고자 하는 주사선의 위치에 따라 합성하는 평면파 송신각도의 범위를 조절함으로써, 초음파 영상에서 동일한 해상도를 얻을 수 있으며, 이러한 일련의 과정은 도 11을 통해 확인할 수 있다.

[0090] 도 11은 본 발명과 종래기술간 평면파 중첩 영역을 나타낸 도면이다.

[0091] 도 11(a)는 종래 기술에 따른 영상화 기법을 나타내는 도면으로서, 모든 주사선이 동일한 각도 세트를 이용하여 초음파 영상을 만들어 낸다. 즉, 송신 구경의 크기가 유한할 때 평면파가 중첩되는 영역을 송신 구경의 크기와 최대 송신각도를 확인할 수 있다.

[0092] 도 11(a)에 도시된 바와 같이, 송신 구경의 크기와 평면파 최대 송신각도에 따라 모든 평면파가 중첩되는 영역이 제한되며, 이는 곧 영상의 최대 깊이가 제한되는 것을 나타낸다. 또한 주사선의 위치에 따라 평면파가 중첩되는 정도가 다른 것을 알 수 있으므로, 주사선마다 측방향 해상도가 불균일하게 나타날 것으로 예상할 수 있다.

[0093] 하지만 이와 달리, 도 11(b)는 본 발명에 따른 초음파 영상화 기법을 나타내는 도면으로서, 관측 시야의 확장을 위해 가장 자리에 위치한 주사선을 구성하는데 필요한 송신각도까지 확장하여 송수신 과정을 수행한다. 이후, 각 주사선마다 서로 다른 각도 세트를 이용하여 초음파 영상에서 균일한 해상도를 획득할 수 있다.

[0094] 결과적으로, 초음파 영상에서 원하는 성능을 얻기 위한 평면파 송신각도와 합성 횟수를 산출할 수 있다. 이처럼, 산출된 평면파의 송신각도와 합성 횟수를 통해 평면파를 중첩시킬 때 발생하는 격자 로브를 효과적으로 제거할 수 있고, 초음파 영상의 해상도를 균일하게 만들며, 관측 시야를 용이하게 확장할 수 있다.

[0095] 본 발명의 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법 및 시스템은 최적의 송신 조건을 검출한 후, 이를 이용하여 대상체로 초음파를 송신하도록 하여 보다 정확한 초음파의 송신 집속을 할 수 있는 효과가 있다.

[0096] 또한 본 발명의 평면파를 이용한 초음파 송수신집속 방법 및 시스템은 최적의 송신 조건을 적용하여 초음파의 송신 집속을 수행함으로써, 이를 통해 획득한 초음파 영상의 해상도, 신호대잡음비, 프레임율 및 영상 깊이 등에 대한 특성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0097] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 본 발명의 기술사상 범위 내에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 첨부된 특허 청구 범위에 속하는 것은 당연하다.

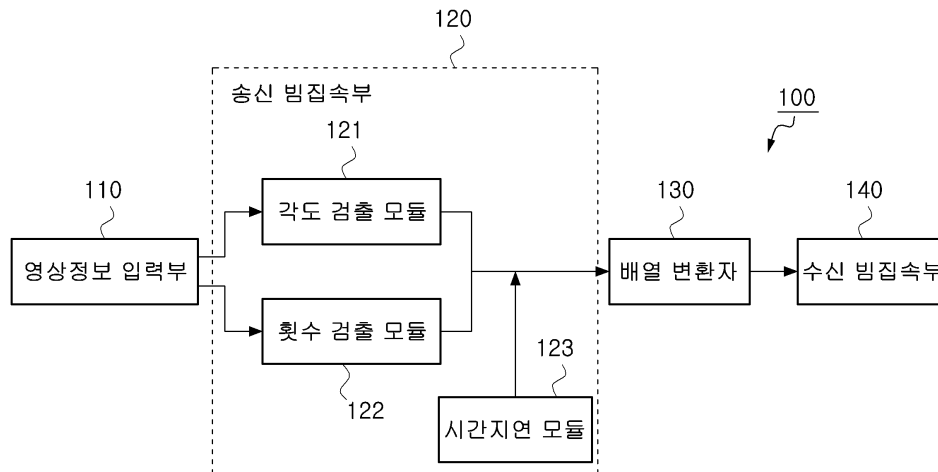
부호의 설명

[0098]

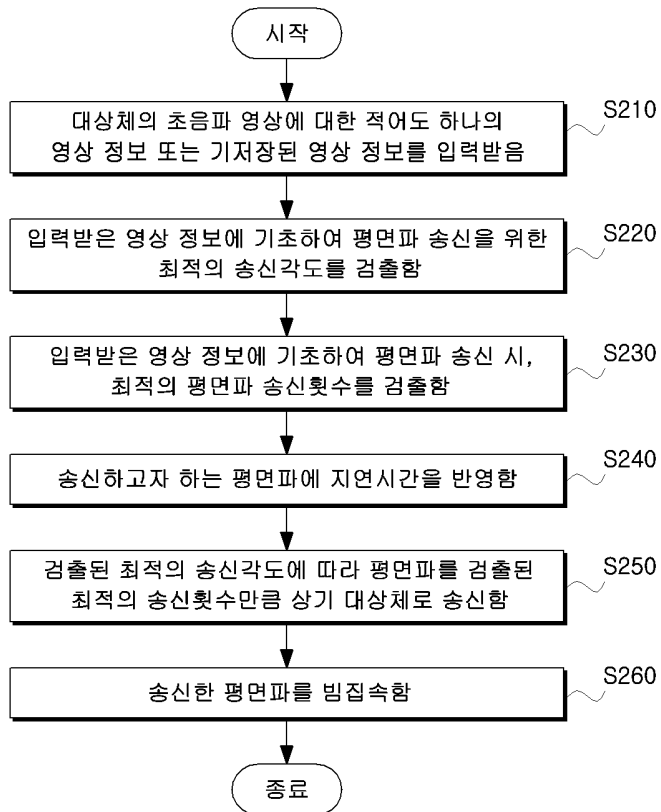
110: 영상정보 입력부	120: 각도검출부
130: 횡수검출부	140: 시간지연부
150: 배열 변환자	160: 빔 집속부

도면

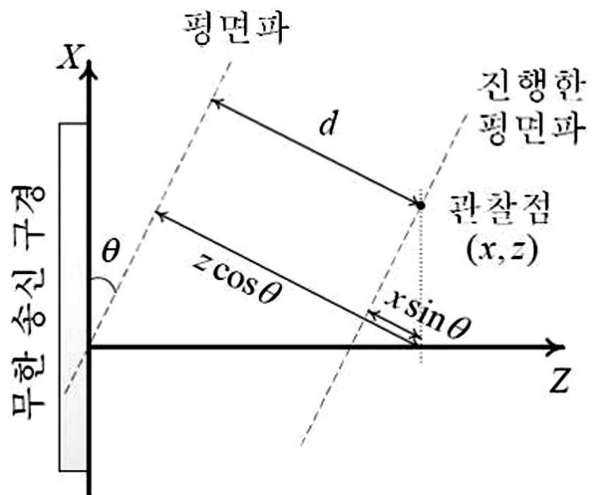
도면1



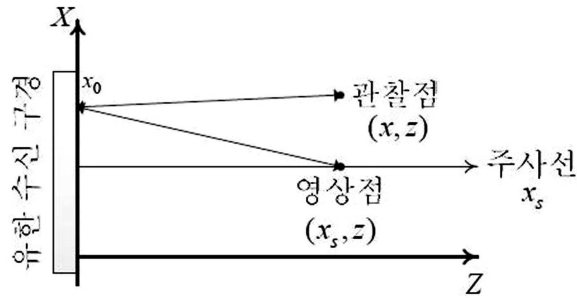
도면2



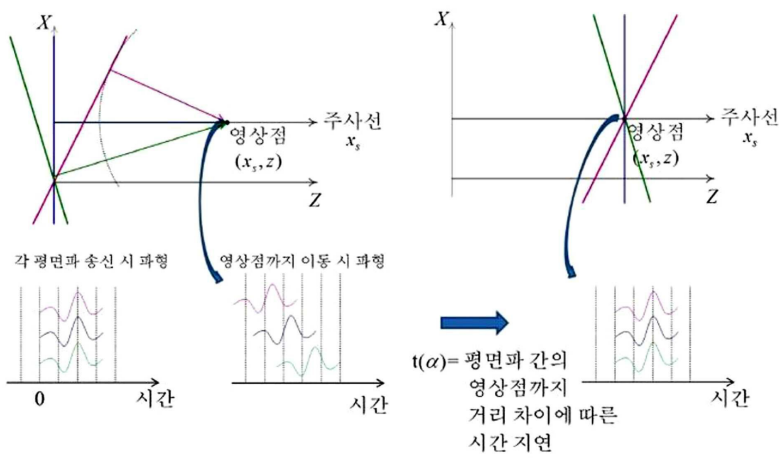
도면3



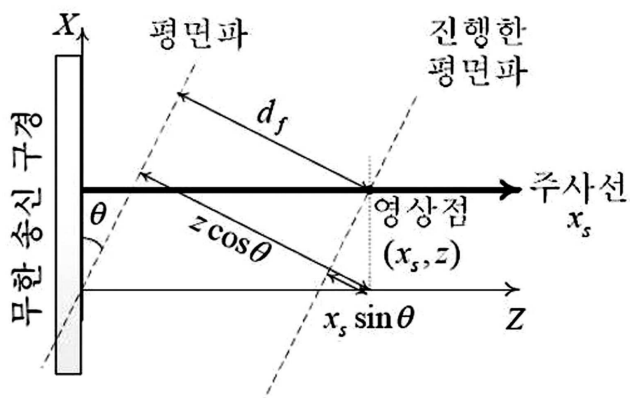
도면4



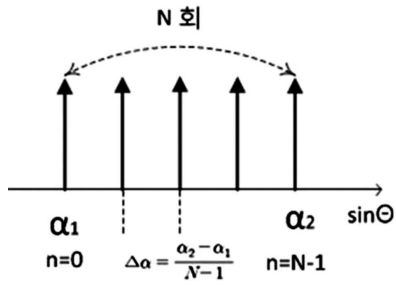
도면5



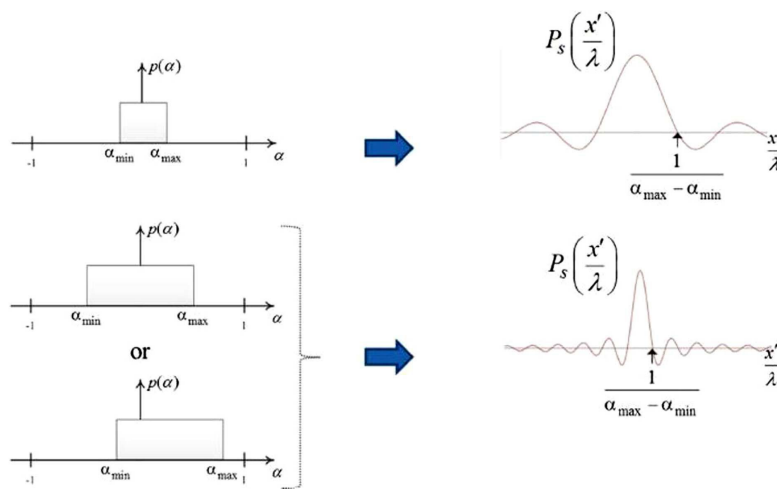
도면6



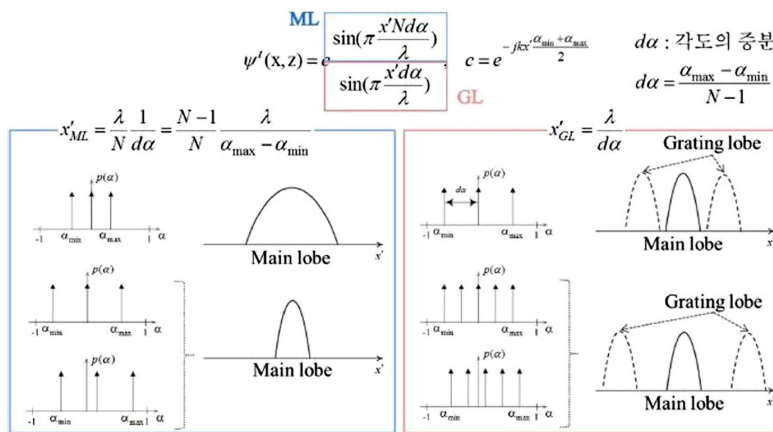
도면7



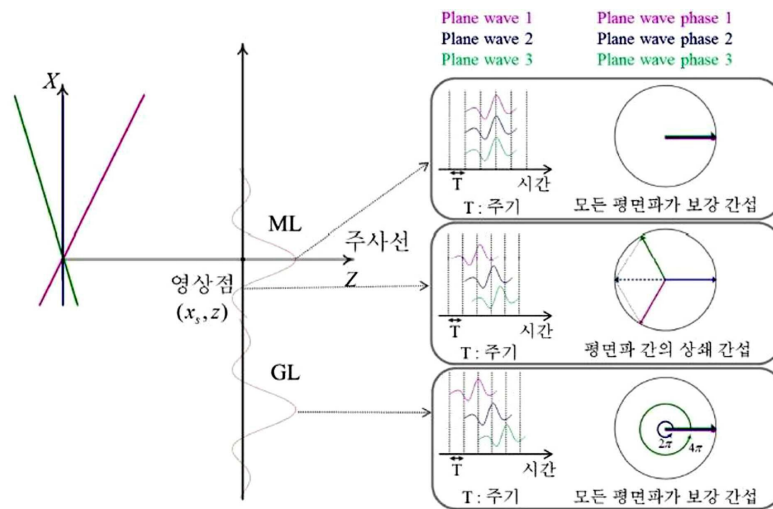
도면8



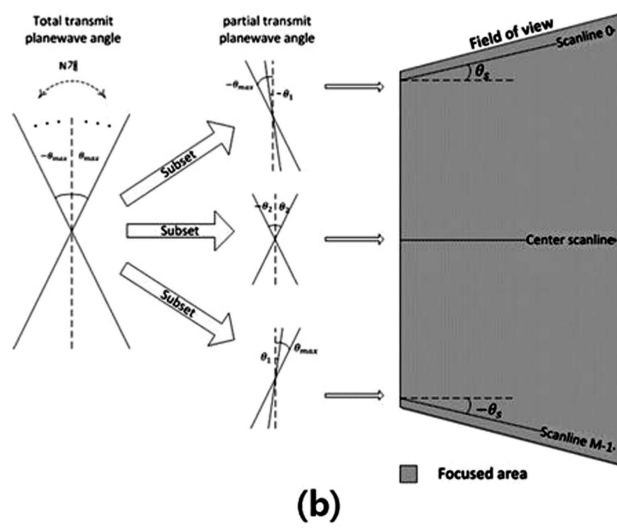
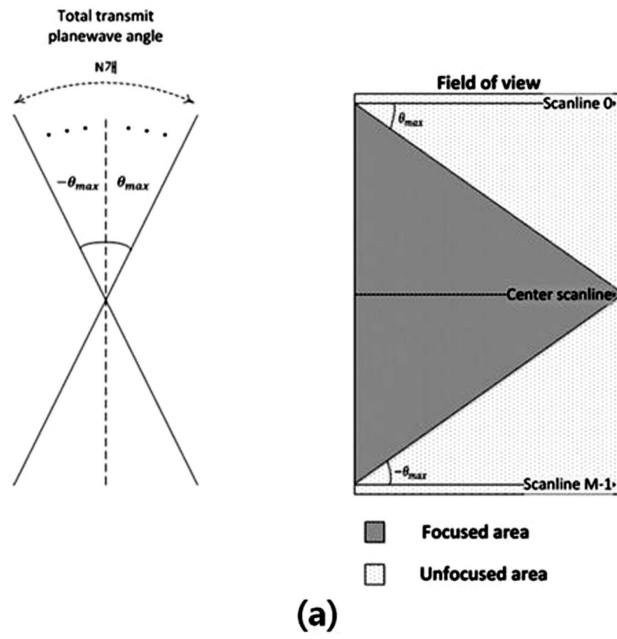
도면9



도면10



도면11



专利名称(译)	使用平面波集中超声波发射和接收的方法和系统		
公开(公告)号	KR101551469B1	公开(公告)日	2015-09-08
申请号	KR1020140059728	申请日	2014-05-19
[标]申请(专利权)人(译)	서강대학교산학협력단		
申请(专利权)人(译)	서강대학교산학협력단		
当前申请(专利权)人(译)	서강대학교산학협력단		
[标]发明人	SONG TAI KYONG 송태경 SONG JAE HEE 송재희 LEE JONGPIL 이종필		
发明人	송태경 송재희 이종필		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/00 A61B8/08		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明涉及使用平面波聚焦超声波发送和接收的方法和系统。更优选地，使用平面波聚焦超声波发送和接收的方法包括：将关于目标体的超声图像的至少一条图像信息输入到图像信息输入单元中的步骤;发送波束聚焦单元基于输入的图像信息检测用于发送平面波的最佳发送角度的步骤;发送波束聚焦单元在基于输入的图像信息发送平面波时检测最佳平面波发送次数的步骤;发送波束聚焦单元反映要发送的平面波中的延迟时间的步骤;布置转换器根据检测到的最佳传输角度将检测到的最佳传输次数的平面波发送到目标体的步骤;以及接收波束聚焦单元聚焦从发送的平面波接收的超声波信号的波束的步骤。因此，根据本发明的使用平面波聚焦超声波发射和接收的方法和系统使用光传输条件将超声波发射到目标体，以更准确地聚焦超声波发射和接收.COPYRIGHT KIPO 2015年

