



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0109667
(43) 공개일자 2015년10월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/00 (2006.01) A61B 8/14 (2006.01)
G06T 7/60 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0032731
(22) 출원일자 2014년03월20일
심사청구일자 2014년03월20일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
장진호
서울특별시 양천구 목동동로 130, 1429동 503호(목동, 목동신시가지아파트)
송태경
서울특별시 종로구 평창문화로 156, 101동 703호(평창동, 롯데캐슬로잔아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
장완수

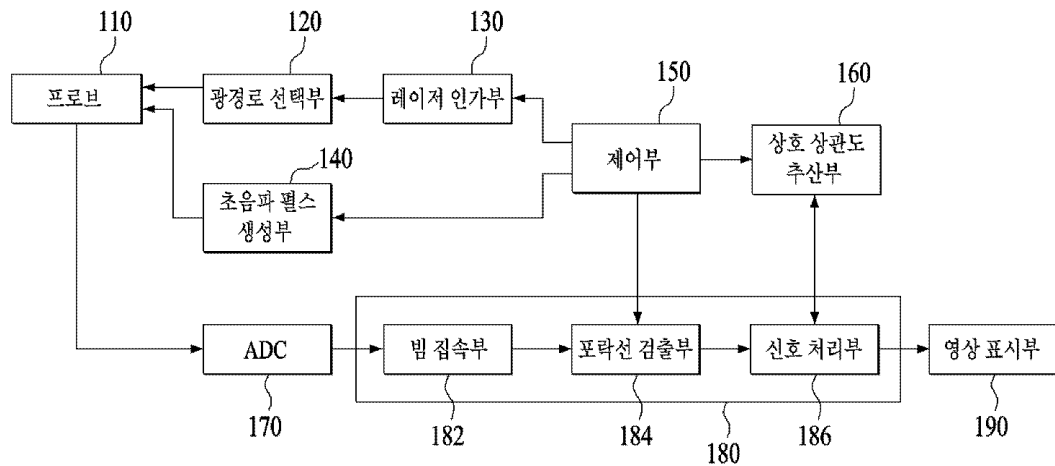
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 광음향 영상 생성 방법 및 장치

(57) 요약

횡 방향 해상도가 개선된 광음향 영상 생성 방법 및 장치가 제공된다. 광음향 영상 생성 방법은 제1 광인가부에서 인가된 광에 대응하여 대상체에서 발생하는 제1 광음향 신호를 수신하여 제1 광음향 영상을 생성하는 단계, 제2 광인가부에서 인가된 광에 대응하여 대상체에서 발생하는 제2 광음향 신호를 수신하여 제2 광음향 영상을 생성하는 단계 및 상기 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상 간의 상호 상관도를 계산하여 상관도 영상을 생성하는 단계를 포함한다.

대표도



(72) 발명자

유양모

경기도 고양시 일산서구 후곡로 60, 307동 101호(일산동, 후곡마을3단지아파트)

강지운

서울특별시 마포구 창전로 26, 105-1501(신정동, 서강GS아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	M0000053
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술진흥원
연구사업명	국제공동기술개발사업
연구과제명	다중모드 생체 이미징 진단시스템 개발
기 여 율	1/2
주관기관	서강대학교 산학협력단
연구기간	2010.10.01 ~ 2015.09.30이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	NIPA-2014-H0401-14-1002
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	정보통신산업진흥원
연구사업명	IT융합 고급인력과정 지원사업
연구과제명	현장진료를 위한 IT융합 휴대용 초음파 영상 시스템 개발
기 여 율	1/2
주관기관	서강대학교 산학협력단
연구기간	2012.06.01 ~ 2015.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1 광인가부에서 인가된 광에 대응하여 대상체에서 발생하는 제1 광음향 신호를 수신하여 제1 광음향 영상을 생성하는 단계;

제2 광인가부에서 인가된 광에 대응하여 대상체에서 발생하는 제2 광음향 신호를 수신하여 제2 광음향 영상을 생성하는 단계; 및

상기 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상 간의 상호 상관도를 계산하여 상관도 영상을 생성하는 단계를 포함하는,

광음향 영상 생성 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 상관도 영상을 반영하여 보정된 광음향 영상을 생성하는 단계를 더 포함하는, 광음향 영상 생성 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 상관도 영상을 생성하는 단계는,

상기 제1 광음향 신호의 빔 집속된 수신 신호와 상기 제2 광음향 신호의 빔 집속된 수신 신호의 상호 상관도를 계산하는 단계인,

광음향 영상 생성 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 상관도 영상을 생성하는 단계는,

상기 제1 광음향 신호 및 상기 제2 광음향 신호에 대하여 각각 포락선 검파를 수행하여 취득한 제1 포락선 신호와 제2 포락선 신호의 상호 상관도를 계산하는 단계인,

광음향 영상 생성 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 상관도 영상을 생성하는 단계는,

상기 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호를 기초로 각각 생성된 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상의 상호 상관도를 계산하는 단계인,

광음향 영상 생성 방법.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 보정된 광음향 영상을 생성하는 단계는,

상기 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상을 결합하는 단계 및

결합된 광음향 영상에 상기 상관도 영상을 곱하여 보정된 광음향 영상을 생성하는 단계를 포함하는,
광음향 영상 생성 방법.

청구항 7

광음향 영상 생성 장치에 있어서,

특정 파장의 광이 제1 광인가부 또는 제2 광인가부 중 어느 하나를 통해 대상체에 조사되도록 광 인가 경로를 제어하는 광 경로 선택부;

상기 제1 광인가부에서 인가된 광에 대응하여 대상체에서 발생하는 제1 광음향 신호 및 상기 제2 광인가부에서 인가된 광에 대응하여 대상체에서 발생하는 제2 광음향 신호를 수신하는 프로브;

상기 수신된 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호를 기초로 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상을 각각 생성하는 영상 신호 처리부; 및

상기 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상 간의 상호 상관도를 계산하여 상관도 영상을 생성하는 상호상관도 추정부;를 포함하는,

광음향 영상 생성 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 영상 신호 처리부는 상기 생성된 상관도 영상을 반영하여 보정된 광음향 영상을 생성하는,

광음향 영상 생성 장치.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 상호상관도 추정부는,

수신된 상기 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호에 대상체와 각 초음파 변환자 간의 거리 차이에 대응하는 시간 지연을 반영하여 집속한 제1 수신 신호 및 제2 수신 신호 간의 상호 상관도를 계산하는,

광음향 영상 생성 장치.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 상호상관도 추정부는,

상기 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호에 대하여 각각 포락선 검파를 수행하여 취득한 제1 포락선 신호 및 제2 포락선 신호의 상호 상관도를 계산하는,

광음향 영상 생성 장치.

청구항 11

제 7 항에 있어서,

상기 상호상관도 추정부는,

상기 영상 신호 처리부에서 생성된 상기 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상의 상호 상관도를 계산하는,

광음향 영상 생성 장치.

청구항 12

제 7 항에 있어서,

상기 제1 광인가부 및 제2 광인가부는 상기 프로브에 배치된 초음파 변환자의 양 측에 서로 대향되도록 배치되는,

광음향 영상 생성 장치.

청구항 13

제 1 항 내지 제 6 항 중에 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

청구항 14

초음파 및 광음향 융합 영상의 생성 방법에 있어서,

대상체에 조사된 초음파 펄스에 의해 대상체에서 반사되는 초음파 에코 신호를 수신하여 초음파 영상을 생성하는 단계;

상기 청구항 제 1 항 내지 제 6 항의 광음향 영상 생성 방법을 통해 보정된 광음향 영상을 생성하는 단계; 및

상기 초음파 영상 및 보정된 광음향 영상을 이용하여 융합 영상을 생성하는 단계를 포함하는,

초음파 및 광음향 융합 영상의 생성 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 융합 영상을 생성하는 단계는, 상기 보정된 광음향 영상의 픽셀과 상기 초음파 영상의 픽셀의 휘도값을 평균하여 상기 융합 영상을 생성하는 단계인,

초음파 및 광음향 융합 영상의 생성 방법.

청구항 16

초음파 및 광음향 영상 생성 장치에 있어서,

특정 파장의 광이 제1 광인가부 또는 제2 광인가부 중 어느 하나를 통해 대상체에 조사되도록 광 인가 경로를 제어하는 광 경로 선택부;

초음파 변환자를 이용하여 초음파를 대상체에 조사하고, 상기 조사된 초음파에 의해 대상체에서 반사되는 초음파 에코 신호를 수신하며, 상기 제1 광인가부 및 제2 광인가부를 통해 순차적으로 인가된 광에 대응하여 대상체에서 발생하는 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호를 상기 초음파 변환자를 이용하여 수신하는 프로브;

상기 초음파 에코 신호, 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호를 이용하여 초음파 영상, 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상을 각각 생성하는 영상 신호 처리부; 및

상기 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상 간의 상호 상관도를 계산하여 상관도 영상을 생성하는 상호상관도 추정부;를 포함하며,

상기 영상 신호 처리부는 상기 상관도 영상을 반영하여 보정된 광음향 영상을 생성하는,

초음파 및 광음향 융합 영상 생성 장치.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 영상 신호 처리부는 상기 보정된 광음향 영상의 픽셀과 상기 초음파 영상의 픽셀의 휘도값을 평균하여 상기 융합 영상을 생성하는,

초음파 및 광음향 융합 영상 생성 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광음향 영상 생성 방법 및 장치에 관한 것으로서, 특히 광음향 영상의 횡축 방향 감도를 향상시켜서 해상도가 개선된 영상을 얻을 수 있는 광음향 영상 생성 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 기존 초음파 및 광음향 영상 진단 시스템은 레이저를 인체에 인가한 후 발생된 음향 신호를 취득하여 인체 내부의 생리학적 변화를 영상화한다. 이러한 광음향 영상 진단 시스템은 기존의 초음파 영상 시스템에 레이저 인가부를 결합한 형태로 구성되며, 상기 레이저 인가부는 광섬유를 이용하여 초음파 프로브에 붙은 형태로 구성된다.

[0003] 하지만, 이러한 시스템은 기존 초음파 시스템을 그대로 이용하는 경우 인체 내에서의 급격한 산란으로 인하여, 영상화하고자 하는 단면의 횡 방향 바깥에서 들어오는 원하지 않는 광음향 신호를 구분할 수 없어서 횡축 방향 해상도 및 신호 대 잡음비(Signal-to-noise ratio: SNR)가 저하되는 문제점이 있었다.

[0004] 이와 관련하여, 한국등록특허 제10-1273585호, "초음파 영상 장치 및 초음파 영상 표시방법"에는 피검사체에 대한 광음향 정보 및 초음파 탄성 정보를 동시에 획득하고 두 정보를 모두 포함하는 하나의 영상을 생성 및 표시하여 진단의 정확성 및 효율성을 향상시키는 초음파 영상 장치에 관해 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1273585호 "초음파 영상 장치 및 초음파 영상 표시방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 초음파 변환자의 좌우에 배치된 두 개의 광인가부를 이용하여 각각 광음향 영상을 취득하고, 이를 기초로 상호 상관도를 도출하고 이를 반영하여 횡 방향 해상도가 개선된 광음향 영상을 취득하는 것을 그 목적으로 한다.

[0007] 또한, 횡 방향 해상도가 개선된 광음향 영상을 초음파 영상과 결합하여 화질이 개선된 초음파/광영상 융합 영상을 취득하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 광음향 영상 생성 방법은, 제1 광인가부에서 인가된 광에 대응하여 대상체에서 발생되는 제1 광음향 신호를 수신하여 제1 광음향 영상을 생성하는 단계, 제2 광인가부에서 인가된 광에 대응하여 대상체에서 발생되는 제2 광음향 신호를 수신하여 제2 광음향 영상을 생성하는 단계 및 상기 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상 간의 상호 상관도를 계산하여 상관도 영상을 생성하는 단계를 포함한다.

[0009] 여기서, 상기 광음향 영상 생성 방법은 상기 상관도 영상을 반영하여 보정된 광음향 영상을 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0010] 여기서, 상기 상관도 영상을 생성하는 단계는 상기 제1 광음향 신호의 빔 집속된 수신 신호와 상기 제2 광음향 신호의 빔 집속된 수신 신호의 상호 상관도를 계산하는 단계일 수 있다.

[0011] 여기서, 상기 상관도 영상을 생성하는 단계는 상기 제1 광음향 신호 및 상기 제2 광음향 신호에 대하여 각각 포락선 검파를 수행하여 취득한 제1 포락선 신호와 제2 포락선 신호의 상호 상관도를 계산하는 단계일 수 있다.

[0012] 여기서, 상기 상관도 영상을 생성하는 단계는 상기 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호를 기초로 각각 생성된 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상의 상호 상관도를 계산하는 단계일 수 있다.

[0013] 여기서, 상기 보정된 광음향 영상을 생성하는 단계는, 상기 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상을 결합하는 단

제 및 결합된 광음향 영상에 상기 상관도 영상을 곱하여 보정된 광음향 영상을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0014] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 광음향 영상 생성 장치는, 특정 파장의 광이 제1 광인가부 또는 제2 광인가부 중 어느 하나를 통해 대상체에 조사되도록 광 인가 경로를 제어하는 광 경로 선택부, 상기 제1 광인가부에서 인가된 광에 대응하여 대상체에서 발생하는 제1 광음향 신호 및 상기 제2 광인가부에서 인가된 광에 대응하여 대상체에서 발생하는 제2 광음향 신호를 수신하는 프로브, 상기 수신된 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호를 기초로 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상을 각각 생성하는 영상 신호 처리부 및 상기 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상 간의 상호 상관도를 계산하여 상관도 영상을 생성하는 상호상관도 추정부를 포함한다.
- [0015] 여기서, 상기 영상 신호 처리부는 상기 생성된 상관도 영상을 반영하여 보정된 광음향 영상을 생성할 수 있다.
- [0016] 여기서, 상기 상호상관도 추정부는 수신된 상기 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호에 대상체와 각 초음파 변환자 간의 거리 차이에 대응하는 시간 지연을 반영하여 집속한 제1 수신 신호 및 제2 수신 신호 간의 상호 상관도를 계산할 수 있다.
- [0017] 여기서, 상기 상호상관도 추정부는 상기 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호에 대하여 각각 포락선 검파를 수행하여 취득한 제1 포락선 신호 및 제2 포락선 신호의 상호 상관도를 계산할 수 있다.
- [0018] 여기서, 상기 상호상관도 추정부는 상기 영상 신호 처리부에서 생성된 상기 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상의 상호 상관도를 계산할 수 있다.
- [0019] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체는 상기 설명한 광음향 영상 생성 방법 중 어느 한 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램이 기록되어 있다.
- [0020] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 초음파 및 광음향 융합 영상의 생성 방법은, 대상체에 조사된 초음파 펄스에 의해 대상체에서 반사되는 초음파 에코 신호를 수신하여 초음파 영상을 생성하는 단계, 제1 광인가부에서 인가된 광에 대응하여 대상체에서 발생하는 제1 광음향 신호를 수신하여 제1 광음향 영상을 생성하는 단계, 제2 광인가부에서 인가된 광에 대응하여 대상체에서 발생하는 제2 광음향 신호를 수신하여 제2 광음향 영상을 생성하는 단계, 상기 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상 간의 상호 상관도를 계산하여 상관도 영상을 생성하는 단계, 상기 상관도 영상을 반영하여 보정된 광음향 영상을 생성하는 단계 및 상기 초음파 영상 및 보정된 광음향 영상을 이용하여 융합 영상을 생성하는 단계를 포함한다.
- [0021] 여기서, 상기 상관도 영상을 생성하는 단계는, 상기 제1 광음향 신호의 빔 집속된 수신 신호와 상기 제2 광음향 신호의 빔 집속된 수신 신호의 상호 상관도를 계산하는 단계, 상기 제1 광음향 신호 및 상기 제2 광음향 신호에 대하여 각각 포락선 검파를 수행하여 취득한 제1 포락선 신호와 제2 포락선 신호의 상호 상관도를 계산하는 단계 및 상기 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호를 기초로 각각 생성된 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상의 상호 상관도를 계산하는 단계 중 어느 한 단계를 통해 상호 상관도를 계산하여 상기 상관도 영상을 생성하는 단계일 수 있다.
- [0022] 여기서, 상기 보정된 광음향 영상을 생성하는 단계는, 상기 제1 광음향 영상, 제2 광음향 영상 및 제1 광음향 영상과 제2 광음향 영상을 결합한 광음향 영상 중 어느 하나에 상기 상관도 영상을 곱하여 상기 보정된 광음향 영상을 생성하는 단계일 수 있다.
- [0023] 여기서, 상기 융합 영상을 생성하는 단계는, 상기 보정된 광음향 영상의 픽셀과 상기 초음파 영상의 픽셀의 휘도값을 평균하여 상기 융합 영상을 생성하는 단계일 수 있다.
- [0024] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 초음파 및 광음향 융합 영상 생성 장치는, 특정 파장의 광이 제1 광인가부 또는 제2 광인가부 중 어느 하나를 통해 대상체에 조사되도록 광 인가 경로를 제어하는 광 경로 선택부, 초음파 변환자를 이용하여 초음파를 대상체에 조사하고 상기 조사된 초음파에 의해 대상체에서 반사되는 초음파 에코 신호를 수신하며 상기 제1 광인가부 및 제2 광인가부를 통해 순차적으로 인가된 광에 대응하여 대상체에서 발생

되는 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호를 상기 초음파 변환자를 이용하여 수신하는 프로브, 상기 초음파 에코 신호, 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호를 이용하여 초음파 영상, 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상을 각각 생성하는 영상 신호 처리부 및 상기 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상 간의 상호 상관도를 계산하여 상관도 영상을 생성하는 상호상관도 추정부를 포함하며, 상기 영상 신호 처리부는 상기 상관도 영상을 반영하여 보정된 광음향 영상을 생성한다.

[0025] 여기서, 상기 영상 신호 처리부는 상기 제1 광음향 영상, 제2 광음향 영상 및 제1 광음향 영상과 제2 광음향 영상을 결합한 광음향 영상 중 어느 하나에 상기 상관도 영상을 곱하여 상기 보정된 광음향 영상을 생성할 수 있다.

[0026] 여기서, 상기 영상 신호 처리부는 상기 초음파 영상 및 상기 보정된 광음향 영상을 이용하여 융합 영상을 생성할 수 있다.

[0027] 여기서, 상기 영상 신호 처리부는 상기 보정된 광음향 영상의 픽셀과 상기 초음파 영상의 픽셀의 휘도값을 평균하여 상기 융합 영상을 생성할 수 있다.

발명의 효과

[0028] 본 발명에 따르면, 초음파 변환자의 상하부에 횡 방향으로 배치된 복수의 광인가부를 이용하여 복수의 광음향 영상을 취득하고 이들로부터 구해진 상호 상관도를 기초로 횡 방향 해상도가 개선된 광영상을 취득하는 것이 가능하다.

[0029] 또한, 본 발명에 따르면, 횡 방향 해상도가 개선된 광영상을 초음파 영상과 결합하여 화질이 개선된 초음파/광 영상 융합 영상을 취득하는 것이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 및 광음향 융합 영상 장치의 세부 구성을 나타내는 블록도이다.

도 2는 도 1의 프로브의 세부 구성 및 연관된 구성 요소들을 나타내는 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 및 광음향 융합 영상 생성 방법의 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 광음향 영상 보정 방법의 흐름도이다.

도 5는 도 4의 광음향 영상 보정 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 다양한 굵기의 흑연심을 이용하여 서로 다른 매질에서의 도 4의 광음향 영상 보정 방법의 효과를 실험하기 위한 설정의 일례이다.

도 7은 도 6의 실험 설정을 이용하여 광 산란 계수가 낮은 매질에서의 종래의 방법과 도 4의 광음향 영상 보정 방법의 효과를 비교한 결과도이다.

도 8은 도 6의 실험 설정을 이용하여 광 산란 계수가 높은 매질에서의 종래의 방법과 도 4의 광음향 영상 보정 방법의 효과를 비교한 결과도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 본 발명은 다양한 변형을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 이를 상세한 설명을 통해 상세히 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변형, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0032] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 본 명세서의 설명 과정에서 이용되는 숫자(예를 들어, 제1, 제2 등)는 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위한 식별기호에 불과하다.

[0033] 또한, 본 명세서에서, 일 구성요소가 다른 구성요소와 "연결된다" 거나 "접속된다" 등으로 언급된 때에는, 상기 일 구성요소가 상기 다른 구성요소와 직접 연결되거나 또는 직접 접속될 수도 있지만, 특별히 반대되는 기재가 존재하지 않는 이상, 중간에 또 다른 구성요소를 매개하여 연결되거나 또는 접속될 수도 있다고 이해되어야 할

것이다.

- [0034] 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다.
- [0035] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 대응되는 구성 요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 및 광음향 융합 영상 장치(100)의 세부 구성도이며, 도 2는 상기 초음파 및 광음향 융합 영상 장치(100)에 구비된 프로브(110)의 세부 구성도이다.
- [0037] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 및 광음향 융합 영상 생성 장치(이하, 융합 영상 생성 장치)(100)는 대상체에 대한 초음파 영상 및 광음향 영상을 생성하고 이를 개별적으로 표시하거나 또는 융합 영상을 생성하여 표시한다. 이를 위하여, 상기 융합 영상 생성 장치(100)는 초음파 변환자의 상하에 광 인가부가 배치된 융합 프로브(110)를 구비한다.
- [0038] 상기 융합 영상 생성 장치(100)는 대상체에 초음파를 방사하여 반사되는 초음파 신호를 수신하고 이를 기초로 초음파 영상을 생성할 수 있고, 대상체에 광을 인가하고 상기 인가된 광에 의해 대상체에서 발생하는 광음향 신호를 수신하고 이를 기초로 광음향 영상을 생성할 수도 있으며, 상기 생성된 초음파 영상 및 광음향 영상을 이용하여 융합 영상을 생성할 수도 있다. 이 경우, 상기 융합 영상 생성 장치(100)는 생성된 초음파 영상, 광음향 영상 및 융합 영상 중에서 선택된 한 종류의 영상을 화면에 표시할 수 있다.
- [0039] 상기 융합 영상 생성 장치(100)는 프로브(110), 광 경로 선택부(120), 레이저 인가부(130), 초음파 펄스 생성부(140), 제어부(150), 상호상관도 추정부(160), ADC(170), 영상신호 처리부(180) 및 영상 표시부(190)로 구성될 수 있다.
- [0040] 프로브(110)는 초음파 변환자(114)를 이용하여 전기적 신호를 초음파 신호로 변환하여 대상체에 전송하고, 대상체로부터 반사된 초음파 신호를 수신한다. 또한, 상기 프로브(110)는 초음파 변환자(114)의 상하에 배치된 광인가부(112, 116)를 이용하여 대상체에 특정 파장의 광을 조사하고 상기 조사된 광에 의해 대상체로부터 발생하는 광음향파를 상기 초음파 변환자(114)를 통해 수신한다.
- [0041] 일반적으로 프로브(110)는 복수 개의 초음파 변환자가 결합되어 형성된다. 프로브(110)에 의해 초음파 신호가 대상체로 방사되면, 전파 매질 중에 음향 임피던스가 서로 다른 경계면에서의 반사 현상에 의해 일부는 투과하고 일부는 반사되어 되돌아온다. 이때, 음향 임피던스가 서로 다른 경계면이 다수 존재하는 경우에는 초음파 에코 신호는 순차적으로 반사되어 되돌아오게 된다. 이때, 반사되어 되돌아온 초음파 에코 신호는 프로브(110)의 압전자기에 압력을 가하게 되고, 이 에코 강도에 비례한 전계를 발생시켜 전기적 신호로 변환한다.
- [0042] 상기 프로브(110)는 초음파 변환자(114)에 더하여 광 인가부를 더 포함한다. 상기 광 인가부(112, 116)는 초음파 변환자(114)의 상부 및 하부에 각각 배치될 수 있으며, 상부 광 인가부(112) 또는 하부 광 인가부(116)를 통해 대상체에 특정 파장의 광이 조사되면, 조사된 광을 흡수한 조직 부위에서 열탄성 팽창(thermo-elastic expansion)이 발생되어 순간적인 음향 압력이 발생하게 되고 이로 인해 음향파가 방출된다. 이렇게 생성된 음향파는 특정 주파수 대역을 갖는 초음파일 수 있으며, 프로브(110)는 초음파 변환자(114)를 이용하여 이러한 초음파들을 수신한다. 또한, 본 명세서에서는 설명의 용이함을 위하여 상기 상부 광 인가부(112) 및 하부 광 인가부(116)를 통해 조사된 광에 의해 발생되어 수신된 광음향 신호를 각각 제1 광음향 신호, 제2 광음향 신호라고 호칭하기로 한다.
- [0043] 참고로, 상기 상부 광 인가부(112) 및 하부 광 인가부(116)의 상부/하부 구분은 도 2에서와 같이 프로브(110)의 종 방향이 지면과 수평하게 프로브(110)를 배치했을 때에 광 인가부가 프로브(110) 중앙의 초음파 변환자(114)의 상부 또는 하부에 위치하는지 여부를 기준으로 구분한 것이며, 상부 광 인가부(112) 및 하부 광 인가부(114)의 구조 및 기능은 동일하므로 반대로 배치되어도 상관없으며, 초음파 변환자(114)의 좌우에 배치되는 것으로 해석되어도 무방하다.
- [0044] 레이저 인가부(130)는 광 조사용 레이저를 생성하여 출력한다. 여기서 생성되는 레이저 출력은 연속파(continuous wave) 또는 펄스파(pulsed wave)의 형태일 수 있다. 생성된 레이저 출력은 광 경로 선택부(120)를 거쳐 프로브(100)의 광 인가부(112, 116)로 전달되어 대상체에 조사된다. 이때, 상기 조사되는 레이저 광은 상기 광 경로 선택부(120)에 의해 선택된 경로를 따라 상부 광인가부(112) 또는 하부 광인가부(116) 중 어느 하나

로 전달될 수 있다.

- [0045] 상기 광 경로 선택부(120)는 레이저 인가부(130)에서 인가된 레이저의 경로를 선택할 수 있도록 전기적 또는 기계적으로 구성될 수 있으며, 예를 들어, 프리즘 등의 광학부를 모터 등의 구동 수단을 이용하여 회전시켜서 원하는 경로를 구성하도록 구현될 수 있다. 예를 들어, 상기 광 경로 선택부(120)는 미러(mirror) 등의 광학 부품들이 조합되어 구성될 수 있으며, 기계적인 조작을 통해 상기 미러 등을 일정한 각도로 회전시켜서 레이저 인가부(130)에서 방출된 레이저를 상부 광인가부(112) 및 하부 광인가부(116) 중 원하는 곳으로 입사되도록 제어할 수 있다. 일 실시예에 따라서는, 상부 광인가부(112) 및 하부 광인가부(116)에 별도의 레이저 인가부(130)를 각각 연결하여 선택된 광 인가부(112, 116)로 광이 조사되도록 두 레이저 인가부(130)의 동작을 선택 제어할 수 있으며, 이 경우, 상기 광 경로 선택부(120)는 제어부(150)에 포함되도록 구현될 수도 있다.
- [0046] 초음파 펄스 생성부(140)는 특정 주파수 대역의 초음파 펄스를 생성하여 프로브(110)의 초음파 변환자(114)를 통해 대상체에 발사한다. 대상체에 방사된 초음파가 대상체 내부로 진행하는 과정에서 서로 다른 매질 사이의 경계면에서 발생하는 반사와 및 각 매질 내의 입자들에 의해 산란되는 산란파가 초음파 변환자(114)를 통해 수신되어 초음파 영상을 구성하기 위한 기초 데이터로 사용된다.
- [0047] 제어부(150)는 레이저 인가부(130)와 초음파 펄스 생성부(140)의 동작을 제어한다. 레이저 인가부(130)의 레이저 펄스와 초음파 펄스 생성부(140)의 초음파 펄스는 순차적으로 대상체에 조사되는 것이 바람직하며, 상기 제어부(150)는 이러한 레이저 펄스 및 초음파 펄스의 조사 타이밍을 제어한다. 또한, 상기 제어부(150)는 취득한 초음파 신호 및 광음향 신호의 생성을 제어하기 위하여 영상 신호 처리부(180) 및 상호상관도 추정부(160)의 동작을 제어할 수 있다.
- [0048] 상호상관도 추정부(160)는 초음파 변환자(114)를 통해 순차적으로 수신된 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호 간의 상관관계를 추정하여 상호 상관도를 도출하고 이를 기초로 상관도 영상을 생성한다.
- [0049] 구체적으로, 초음파 변환자(114)를 통해 수신된 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호는 영상 신호 처리부(180)에 전달되어 빔 집속, 포락선 검출 및 신호 처리 과정을 거쳐서 각각 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상으로 구성된다.
- [0050] 이때, 상기 상호상관도 추정부(160)는 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호가 영상 신호 처리의 각 단계 중 어느 한 단계에서 처리된 결과 신호를 기초로 두 결과 신호 간의 상관 관계를 계산할 수 있다. 예를 들어, 상호상관도 추정부(160)는 빔 집속부(182)의 후단에서 제1 광음향 신호의 빔 집속된 수신 신호와 제2 광음향 신호의 빔 집속된 수신 신호를 비교하여 상호 상관도를 도출할 수 있으며, 또는, 포락선 검출부(184)의 후단에서 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호에 대하여 각각 포락선 검파를 수행하여 취득한 제1 포락선 신호 및 제2 포락선 신호를 비교하여 상호 상관도를 도출할 수 있다. 또한, 신호 처리부(186)의 후단에서 출력된 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상을 비교하여 상호 상관도를 도출할 수도 있다.
- [0051] 상호상관도 추정부(160)는 두 신호 또는 영상을 비교하여 영상 영역간 상관도가 높은 경우에는 해당 영역(픽셀)에 높은 상관도 값을 설정하고, 상관도가 낮은 경우에는 낮은 상관도 값을 설정하고 이를 기초로 상관도 영상을 구성할 수 있다. 이때, 상관도의 도출의 일 예는 다음과 같다. 영상에서 ROI(region of interest)를 지정 한 후, 상기 지정된 ROI window를 이동시키면서 상호 상관(cross-correlation)을 수행하고 그 결과값을 계산하고, 이 과정을 영상 전체에 대해 수행하여 전체 상호 상관도를 도출할 수 있다.
- [0052] 상기 상관도 도출 예 외에도 두 영상간의 곱 또는 평균을 구하는 등의 방법으로 두 데이터간의 상관 관계를 구하는 방법을 이용할 수도 있다. 예를 들어, 상호상관도 추정부(160)는 제1 광음향 영상과 제2 광음향 영상을 곱하여, 동일 위치(또는 픽셀)에 일정 수준 이상의 신호가 모두 존재하는 경우에는 해당 위치의 신호를 유지시키고, 일정 수준 이상의 신호가 어느 하나의 영상에만 존재하는 경우에는 해당 위치의 신호를 줄이거나 제거하여 전체 영상에 관한 상호 상관도를 도출할 수 있다.
- [0053] 상기 상호상관도 추정부(160)는 빔 집속부(182)의 후단에서 제1 광음향 신호의 빔 집속된 영상 및 제2 광음향 신호의 빔 집속된 영상을 이용하여 상관 관계를 구할 수도 있다. 이 경우, 상호상관도 추정부(160)는 빔 집속된 두 영상에 정합 인자(coherence factor)를 적용하여 상호 상관도 영상을 추산할 수 있다. 여기서, 정합 인자는 (+), (-) 위상을 갖는 배열 신호 상에서 상호 상관도를 평가하는 지표이며, 이하의 수식을 통해 얻을 수 있다.

$$CF(k) = \frac{\left| \sum_{m=1}^M x_d(m, k) \right|^2}{M \sum_{m=1}^M |x_d(m, k)|^2} = \frac{\text{Mainlobe Energy}}{\text{Total Energy}}$$

[0054] (수식 1)

[0055] 상기 수식 1에서, $x_d(m, k)$ 는 k번째 집속점에 대한 상부/하부 광 인가 영상이며, $M=2$ 가 된다. 상호상관도 추정부(160)는 두 영상의 강도(intensity)가 역 위상을 갖는 경우에는 상호 상관도를 최소화하고, 동 위상인 경우에는 상화 상관도를 최대화할 수 있다.

[0056] 이와 같이, 상호상관도 추정부(160)에서 생성된 상관도 영상은 영상신호 처리부(180)에서 상호 상관도를 추정한 신호 처리단에 다시 입력되어 신호 영상에 곱해져서 보정될 수 있다. 경우에 따라서, 상호상관도 추정부(160)에서 생성된 상관도 영상을 영상 표시부(190)를 통해 화면에 직접 표시할 수도 있다.

[0057] ADC(170)는 수신된 아날로그 초음파 신호를 디지털 초음파 신호로 변환한다. 구체적으로, ADC(170)는 수신된 초음파 신호, 제1 광음향 신호 및 제2 광음향 신호를 각각 디지털 변환하여 영상신호 처리부(180)로 전달한다.

[0058] 영상신호 처리부(180)는 빔 집속부(182), 포락선 검출부(184) 및 신호 처리부(186)로 구성된다.

[0059] 빔 집속부(182)는 디지털 초음파 신호를 이용하여 빔 집속을 수행한다. 집속점으로부터 반사되어 들어온 초음파 신호는 복수의 초음파 변환자(114)를 통해 프로브(110)에 서로 다른 시간에 도달하게 되는데, 도달하는 시간 차이만큼 지연 값을 보정한 후에 합하면 집속점으로부터 온 초음파 신호들 간의 위상이 일치하여 가장 큰 진폭을 갖게 된다.

[0060] 빔 집속시 높은 해상도의 영상을 얻기 위해서는 프로브(110)에 주는 가변시간지연 값을 변환자 중심 주파수(f_0)의 16배로 표본화하여 계산할 수 있다. 그러나 ADC(170)의 성능과 빔 집속에 사용하는 메모리의 크기 등을 고려하여 낮은 표본화 주파수로 표본화한 다음 이를 보간하여 $16f_0$ 의 효과를 갖는 디지털 빔 집속을 할 수도 있다.

[0061] 포락선 검출부(184)는 빔 집속된 초음파 신호를 기초로 상기 신호들의 크기를 검출하는 포락선 검파 처리를 수행하여 포락선 신호(envelope signal)를 형성한다. 여기서, 상기 포락선 신호는 각 주사선 상에 존재하는 다수의 점의 X-Y 좌표계 상의 좌표, 수직 주사선에 대한 각 주사선의 각도 정보 및 각 점에서 얻어지는 데이터 등을 포함할 수 있다.

[0062] 신호 처리부(186)는 포락선 검출부(184)를 거친 초음파 영상 신호를 사용자가 원하는 형태의 초음파 영상으로 영상 표시부(190)의 디스플레이 영역에 출력될 수 있도록 조정한다. 구체적으로, 상기 신호 처리부(186)는 검출된 포락선 신호를 로그 압축(log compression)하여 다이내믹 레인지(dynamic range)를 압축하고, 신호의 좌표 위치를 영상 표시부(190)의 디스플레이 영역의 영상 표현 좌표 위치로 스캔 변환(scan conversion) 할 수 있다. 상기 영상 표시부(190)는 스캔 변환된 초음파 영상 데이터를 영상 표시부(190)의 디스플레이 영역에 출력할 수 있다.

[0063] 한편, 상기 영상신호 처리부(180)는 상호상관도 추정부(160)에서 생성된 상관도 영상을 반영하여 광음향 영상을 보정할 수 있다. 이때, 영상신호 처리부(180)는 제1 광음향 영상이나 제2 광음향 영상 중 어느 하나를 기초로 상기 상관도 영상을 반영하여 보정된 광음향 영상을 생성할 수 있으며, 상기 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상 간의 평균, 곱 연산에 의하여 결합된 광음향 영상을 기초로 상기 상관도 영상을 반영하여 보정된 광음향 영상을 생성할 수도 있다.

[0064] 또한, 상기 영상신호 처리부(180)는 생성된 초음파 영상 및 광음향 영상을 이용하여 융합 영상을 생성할 수 있다. 이때, 상기 영상신호 처리부(180)는 상기 보정된 광음향 영상의 픽셀과 상기 초음파 영상의 픽셀의 휘도값을 평균하여 융합 영상을 생성할 수 있다.

[0065] 이와 관련하여, 도 5에는 상기 프로브(110)를 이용한 광음향 영상의 보정 방법이 도시되어 있다.

[0066] 도 5를 참조하면, 상기 프로브(110)는 종 방향으로 중앙에 배치된 초음파 변환자(114)와, 상기 초음파 변환자(114)의 양 측에 배치된 제1 광인가부(112) 및 제2 광인가부(116)로 구성되어 있으며, 상기 제1 광인가부(112) 및 제2 광인가부(116)는 대상체 방향으로 임의의 경사각도 θ 로 배치될 수 있다.

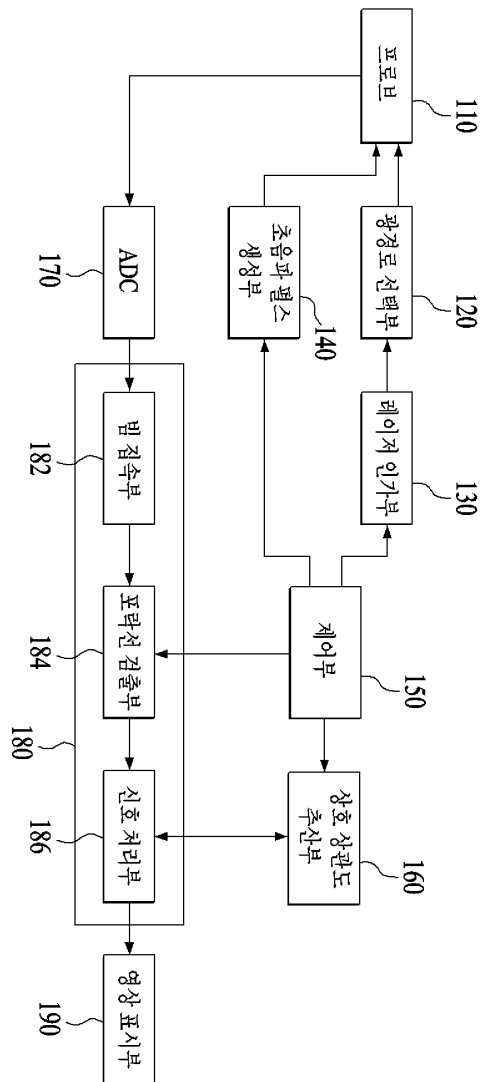
- [0067] 대상체에 인가된 광은 그림 도 5(a)와 같이 조직 내에서의 광 산란 계수에 의해 주변으로 산란된다. 이로 인해 영상화하고자 하는 단면의 횡 방향 바깥에서 유입되는 원하지 않는 광음향 신호를 필요한 광음향 신호와 구분할 수 없어서 횡방향 해상도 및 신호대잡음비(signal-to-noise ratio)를 저하시키는 원인이 된다.
- [0068] 이와 관련하여, 본 발명의 융합 영상 생성 장치(100)는 도 5(a) 및 도 5(b)에서와 같이, 제1 광 인가부(112) 및 제2 광 인가부(116)를 순차적으로 이용하여 대상체에 광을 조사하고, 조사된 광에 의해 발생하는 광음향 신호를 수신하여 제1 광음향 영상, 제2 광음향 영상을 각각 생성한 후, 생성된 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상의 상호 관계를 도출하여 도 5(d)와 같은 보정된 광음향 영상을 생성한다.
- [0069] 여기서, 제1 광 인가부(112) 및 제2 광 인가부(116)를 이용하여 취득한 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상은 도 5(a), (b)와 같이 영상화하고자 하는 단면(점선 화살표로 표시된 단면)에서는 비슷한 값을 가지게 되므로 높은 상호 상관도를 갖게 되며, 상기 영상화하고자 하는 단면에서 멀어질수록 두 영상에서의 값이 서로 차이가 나게 되므로 낮은 상호 상관도를 갖게 된다.
- [0070] 상기 상호 상관도를 반영하여 상관도 영상이 생성되면, 도 5(c)에 도시된 것과 같은 제1 광음향 영상과 제2 광음향 영상을 합한 광음향 영상에 상기 상관도 영상을 곱하여 도 5(d)와 같은 영상화하고자 하는 단면에 대하여 향상된 횡방향 해상도 및 신호 민감도를 가지는 광음향 영상을 얻을 수 있다.
- [0071] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 융합 영상 생성 방법의 흐름도이다.
- [0072] 상기 융합 영상 생성 방법은, 대상체에 특정 파장의 광을 인가하여 발생된 광음향 신호를 수신하여 광음향 영상을 생성하는 단계 S100과, 상기 대상체에 초음파 펄스를 조사하여 반사된 초음파 신호를 수신하고 이를 기초로 초음파 영상을 생성하는 단계 S200 및 상기 생성된 광음향 영상 및 초음파 영상을 이용하여 융합 영상을 생성하는 단계 S300을 포함한다.
- [0073] 단계 S100에서, 융합 영상 생성 장치(100)는 제1 광 인가부(112) 및 제2 광 인가부(116)를 통해 짧은 레이저 펄스를 대상체에 순차적으로 발사한다. 인가된 레이저 광은 대상체에 흡수되고, 이는 급격한 온도 증가 및 열 팽창을 야기하며, 이러한 열 팽창으로 인해 발생된 광음향파를 초음파 변환자(114)를 통해 수신한다. 이후, 융합 영상 생성 장치(100)는 수신된 두 광음향파 신호를 빔 포밍, 포락선 검출, 로그 압축 및 주사선 변환을 하여 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상을 생성한다.
- [0074] 단계 S200에서, 융합 영상 생성 장치(100)는 초음파 변환자(114)를 통해 초음파 펄스를 대상체에 방사하고, 대상체로부터 반사된 초음파 신호를 수신한 후, 빔 포밍, 포락선 검출, 로그 압축 및 주사선 변환을 통해 초음파 영상을 생성한다.
- [0075] 단계 S300에서, 융합 영상 생성 장치(100)는 상기 초음파 영상 및 보정된 광음향 영상을 이용하여 융합 영상을 생성한다.
- [0076] 도 4는 상기 단계 S100의 광음향 영상 보정 방법에 관한 흐름도이다.
- [0077] 단계 S110에서, 융합 영상 생성 장치(100)는 광 경로 선택부(120)를 이용하여 제1 광 인가부(112)를 통해 대상체에 광 인가하고, 인가된 광에 의해 발생된 제1 광음향 신호를 초음파 변환자(114)를 통해 수신한다(S120).
- [0078] 다음으로, 융합 영상 생성 장치(100)는 수신된 제1 광음향 신호를 이용하여 제1 광음향 영상을 생성한다(S130).
- [0079] 동일하게, 융합 영상 생성 장치(100)는 광 경로 선택부(120)를 이용하여 제2 광 인가부(116)를 통해 대상체에 광을 인가하고(S140), 상기 인가된 광에 의해 대상체의 조직 내에서 발생된 제2 광음향 신호를 초음파 변환자(114)를 통해 수신한다(S150).
- [0080] 다음으로, 융합 영상 생성 장치(100)는 수신된 제2 광음향 신호를 이용하여 제2 광음향 영상을 생성한다(S160).
- [0081] 이후, 융합 영상 생성 장치(100)는 생성된 제1 광음향 영상 및 제2 광음향 영상을 이용하여 두 영상 간의 상관 관계를 계산하여 상호 상관도를 도출하고 이를 기초로 상관도 영상을 생성한다(S170).
- [0082] 이후, 융합 영상 생성 장치(100)는 생성된 상관도 영상을 반영하여 보정된 광음향 영상을 생성한다(S180).

- [0083] 이와 같이, 본 발명의 융합 영상 생성 장치(100)는 횡방향 해상도가 개선된 광음향 영상을 생성할 수 있으며, 이를 초음파 영상과 결합하여 횡 방향 해상도가 개선된 융합 영상을 얻을 수 있다. 서로 다른 광 산란 계수의 매질에서의 광음향 영상의 차이를 통해 본 발명의 효과를 확인한다.
- [0084] 도 6은 본 발명의 광음향 영상 보정 방법의 효과를 실험하기 위한 실험 환경의 일례를 도시하고 있다.
- [0085] 도 6에서, 대상체로서 다양한 굵기의 흑연심을 선택하였으며, 상기 흑연심을 기울여 고정하고 그 상부에 횡방향으로 초음파 영상 및/또는 광음향 영상을 기존 방법과 본 발명의 방법에 대해 번갈아 실험하였다.
- [0086] 도 6(b)에 나타난 바와 같이, 실험에 사용되는 흑연심은 굵기가 0.3mm, 0.5mm, 0.7mm, 0.9mm의 네 종류를 사용하였고, 상기 흑연심을 광 산란 계수가 비교적 낮은 증류수와 광 산란 계수가 비교적 큰 우유 회석액에 담겨서 실험을 각각 실시하였다.
- [0087] 상기 증류수에서의 해상도 비교 실험 결과는 도 7에 상세히 도시되어 있다.
- [0088] 도 7(a)는 대상체인 흑연심에 대한 초음파 영상이며, 도 7(b)는 종래와 같이 제1 광 인가부(112) 및 제2 광 인가부(116)에서 광을 동시에 인가한 경우의 광음향 영상이며, 도 7(c) 및 도 7(d)는 제1 광 인가부(112) 및 제2 광 인가부(116)의 어느 하나에서 광을 인가한 경우의 광음향 영상이다.
- [0089] 또한, 도 7(e)는 상기 도 7(c)의 영상 및 도 7(d)의 영상 간의 상관도 영상이며, 도 7(f)는 상기 도 7(e)의 상관도 영상을 도 7(b)의 광음향 영상에 반영하여 보정된 광음향 영상을 도시하고 있다.
- [0090] 상기 도 7에서 알 수 있듯이, 상기 도 7(b)의 영상은 신호가 상하 방향으로 퍼져서 나타나는 것을 확인할 수 있으며, 또한, 각 광 인가부의 어느 하나만을 이용하여 광음향 영상을 구한 경우에 상기 도 7(c)와 같이 아래쪽 방향으로 영상이 퍼져 나타나거나, 상기 도 7(d)와 같이 위쪽 방향으로 영상이 퍼져서 나타나는 것을 볼 수 있다.
- [0091] 또한, 도 7(c) 및 도 7(d)의 두 영상에서 동일하게 에너지가 인가된 영역에서도 신호가 나타나며, 이를 이용하여 도 7(e)와 같이 상호 상관도 영상을 구하고, 이를 도 7(b)에 곱하면 도 7(f)와 같이 선명하고 불필요한 신호가 제거된 광음향 영상을 얻을 수 있다.
- [0092] 한편, 상기 우유 회석액에서의 해상도 비교 실험 결과는 도 8에 도시되어 있다.
- [0093] 도 8(a)는 대상체인 흑연심에 대하여 제1 광 인가부(112) 및 제2 광 인가부(116)에서 광을 동시에 인가한 경우의 광음향 영상이며, 도 8(b)는 제1 광 인가부(112)에서 광을 인가한 경우의 광음향 영상을, 도 8(c)는 제2 광 인가부(116)에서 광을 인가한 경우의 광음향 영상을 각각 도시하고 있다.
- [0094] 또한, 도 8(d)는 상기 도 8(b)의 영상 및 도 8(c)의 영상 간의 상관도 영상이며, 도 8(e)는 상기 도 8(d)의 상관도 영상을 도 8(a)의 광음향 영상에 반영하여 보정한 광음향 영상을 도시하고 있다.
- [0095] 상기 도 8의 영상을 도 7의 영상과 비교하여 보면, 매질이 우유 회석액으로 바뀌면서 광 산란 계수가 증가하여, 광음향 영상의 SNR이 급격히 떨어진 것을 알 수 있다. 하지만, 도 8(b)의 영상과 도 8(c)의 영상을 이용하여 도 8(d)의 상관도 영상을 생성하고 이를 도 8(a)의 광음향 영상에 반영하면 도 8(e)와 같이 신호대잡음비(SNR)와 횡방향 해상도 및 영상 전체의 신호 민감도가 향상된 광음향 영상을 취득할 수 있음을 확인할 수 있었다.
- [0096] 이상에서, 본 발명의 실시예를 구성하는 모든 구성 요소들이 하나로 결합하거나 결합하여 동작하는 것으로 설명되었다고 해서, 본 발명이 반드시 이러한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 즉, 본 발명의 목적 범위 내라면, 그 모든 구성 요소들이 하나 이상으로 선택적으로 결합하여 동작할 수도 있다. 또한, 그 모든 구성 요소들이 각각 하나의 독립적인 하드웨어로 구현될 수 있지만, 각 구성 요소들의 그 일부 또는 전부가 선택적으로 조합되어 하나 또는 복수 개의 하드웨어에서 조합된 일부 또는 전부의 기능을 수행하는 프로그램 모듈을 갖는 컴퓨터 프로그램으로서 구현될 수도 있다. 그 컴퓨터 프로그램을 구성하는 코드들 및 코드 세그먼트들은 본 발명의 기술 분야의 당업자에 의해 용이하게 추론될 수 있을 것이다. 이러한 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터가 읽을 수 있는 저장매체(Computer Readable Media)에 저장되어 컴퓨터에 의하여 읽혀지고 실행됨으로써, 본 발명의 실시예를 구현할 수 있다. 컴퓨터 프로그램의 저장매체로서는 자기 기록매체, 광 기록매체, 캐리어 웨이브 매체 등이 포함될 수 있다.
- [0097] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에

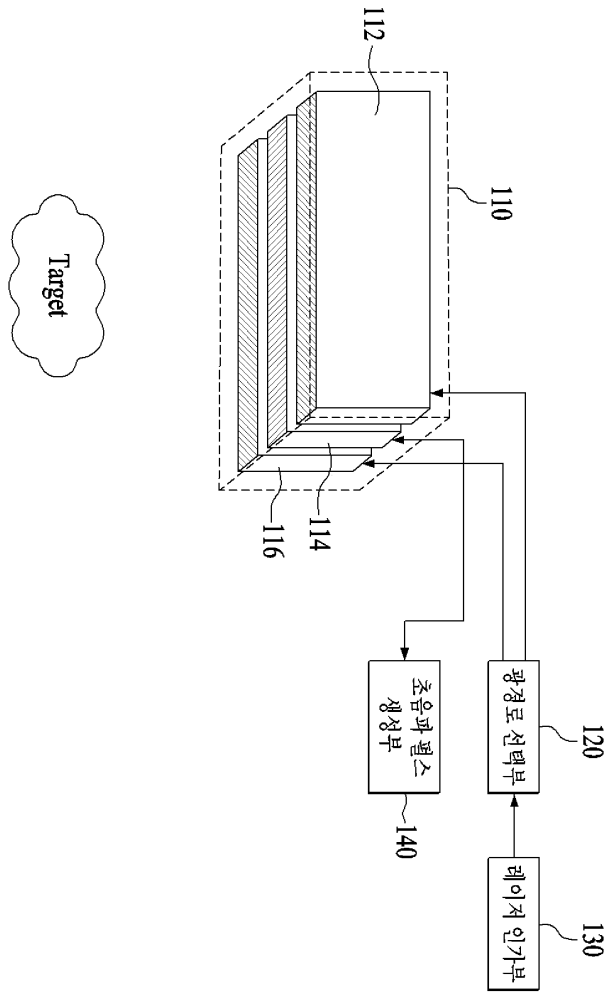
서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 또한, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 따라서, 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

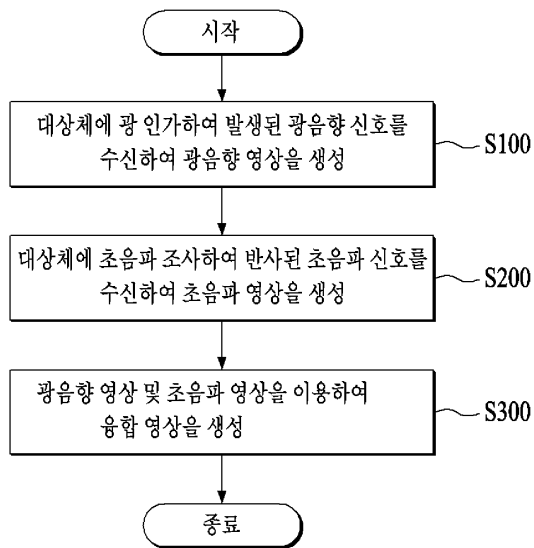
도면1



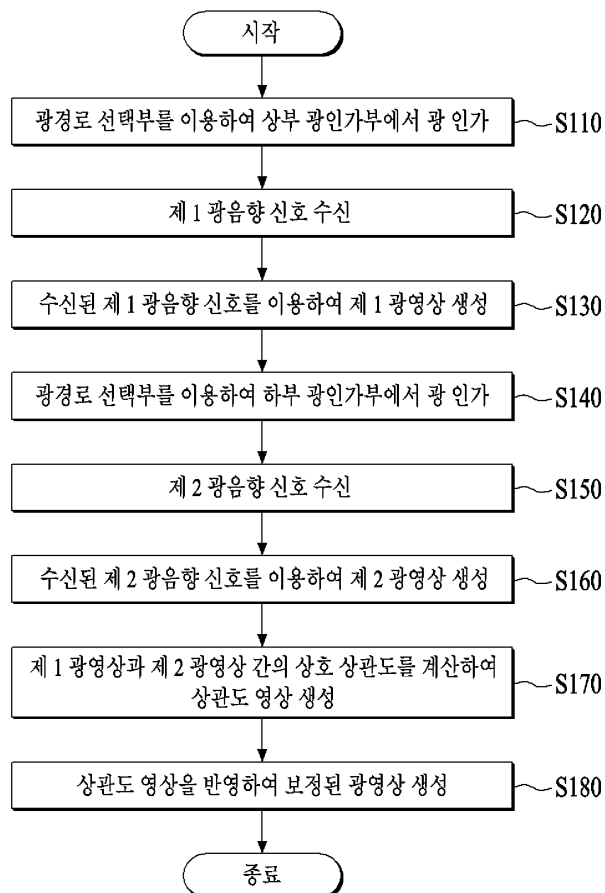
도면2



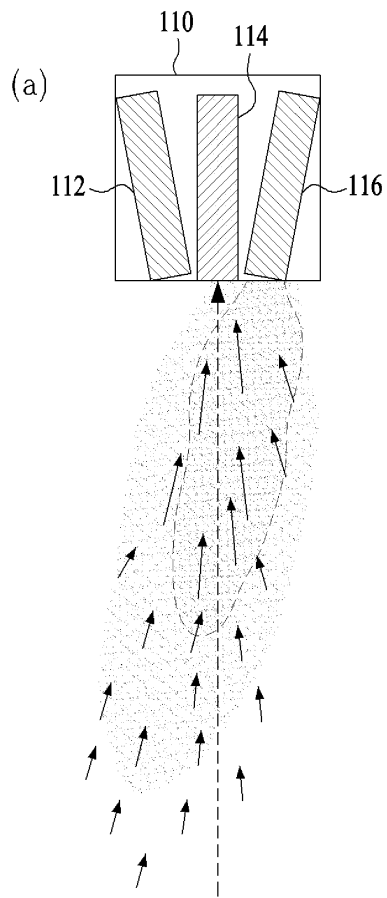
도면3



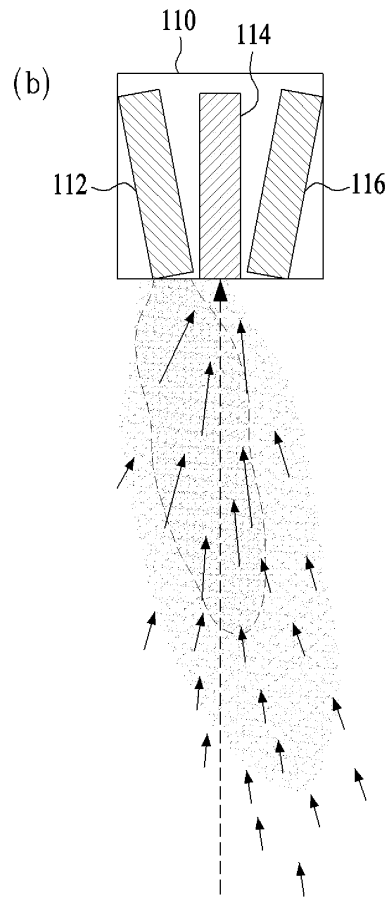
도면4



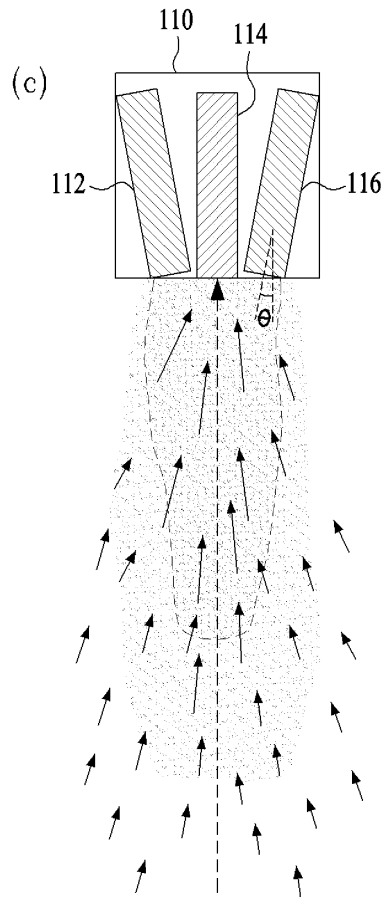
도면5a



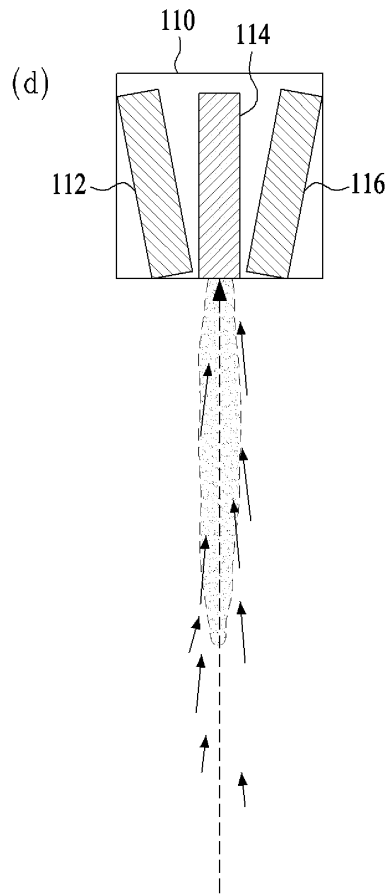
도면5b



도면5c



도면5d

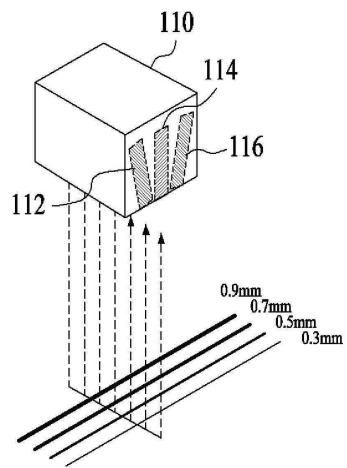


도면6

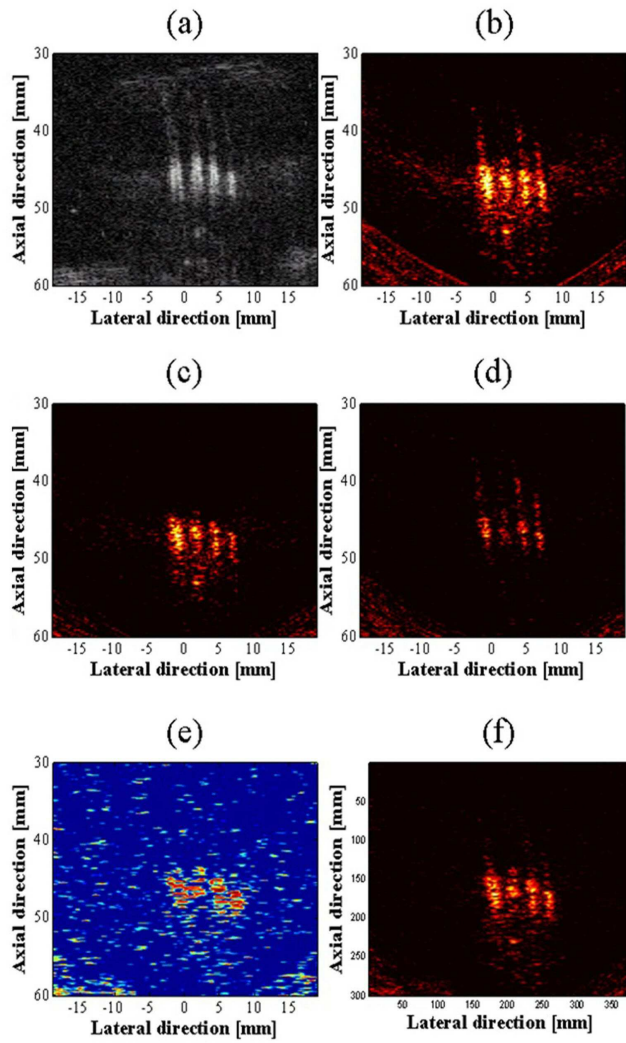
(a)



(b)



도면7



도면8

