



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0112390

(43) 공개일자 2022년08월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 8/08 (2006.01) A61B 8/00 (2006.01)

A61B 8/06 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 8/5269 (2013.01)

A61B 8/06 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0015863

(22) 출원일자 2021년02월04일

심사청구일자 2022년03월24일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

송태경

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

김정연

서울특별시 송파구 오금로32길 10, 5동 1101호(송파동, 미성맨션)

(74) 대리인

이준영

전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치 및 이를 포함하는 초음파 영상장치

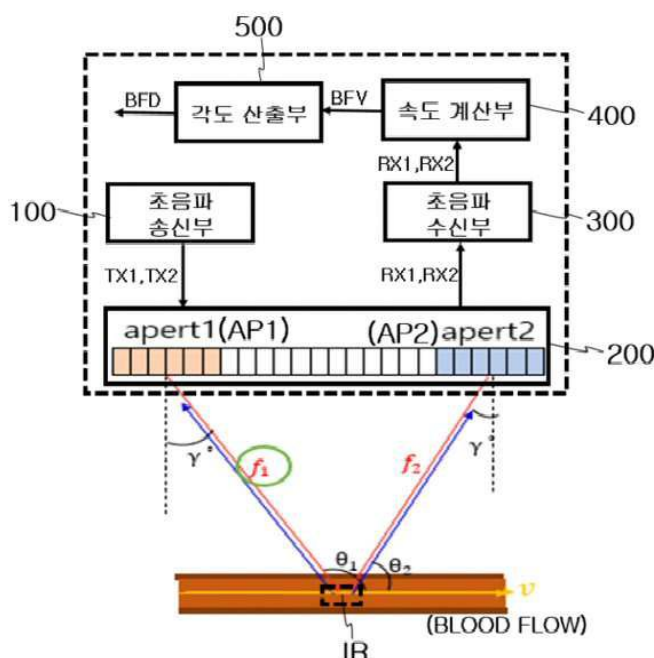
(57) 요약

본 발명의 실시예에 따른 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치는 초음파 송신부, 속도 계산부 및 각도 산출부를 포함할 수 있다. 초음파 송신부는 초음파 트랜스듀서에 포함되는 제1 어퍼처 및 제2 어퍼처를 이용하여 대상체의 관심영역에 제1 중심주파수를 갖는 제1 송신 초음파신호 및 제1 중심주파수와 상이한 제2 중심주파수를 갖는 제2

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1

10



송신 초음파신호를 동시에 송신할 수 있다. 속도 계산부는 관심영역으로부터 반사되는 제1 송신 초음파 신호에 상응하는 제1 수신 초음파 신호 및 제2 송신 초음파 신호에 상응하는 제2 수신 초음파 신호에 기초하여 관심영역의 혈류속도를 계산할 수 있다. 각도 산출부는 혈류속도에 기초하여 혈류의 각도를 산출할 수 있다.

본 발명에 따른 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치를 사용하면 초음파 트랜스듀서에 포함되는 제1 어퍼처 및 제2 어퍼처를 이용하여 대상체의 관심영역에 제1 중심주파수를 갖는 제1 송신 초음파신호 및 제1 중심주파수와 상이한 제2 중심주파수를 갖는 제2 송신 초음파신호를 어퍼처 별로 번갈아 가면서 동시에 송신하여 측정되는 혈류 속도에 따라 혈류의 각도를 산출함으로써 에일리어싱을 보정할 수 있다.

(52) CPC특허분류

A61B 8/461 (2013.01)

A61B 8/488 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	9991007022
과제번호	202011B03-02
부처명	다부처
과제관리(전문)기관명	(재단)범부처전주기의료기기연구개발사업단
연구사업명	범부처전주기의료기기연구개발사업(R&D)
연구과제명	(참여1)시장선도형 체장암 융합치료 초음파 영상유도 고강도집속초음파 치료기기 상용화 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	서강대학교산학협력단
연구기간	2020.09.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

초음파 트랜스듀서에 포함되는 제1 어퍼처 및 제2 어퍼처를 이용하여 대상체의 관심영역에 제1 중심주파수를 갖는 제1 송신 초음파신호 및 상기 제1 중심주파수와 상이한 제2 중심주파수를 갖는 제2 송신 초음파신호를 동시에 송신하는 초음파 송신부;

상기 관심영역으로부터 반사되는 상기 제1 송신 초음파 신호에 상응하는 제1 수신 초음파 신호 및 상기 제2 송신 초음파 신호에 상응하는 제2 수신 초음파 신호에 기초하여 상기 관심영역의 혈류속도를 계산하는 속도 계산부; 및

상기 혈류속도에 기초하여 혈류의 각도를 산출하는 각도 산출부를 포함하는 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 초음파 송신부는,

제1 시간에 상기 제1 어퍼처를 이용하여 상기 제1 송신 초음파신호를 송신하는 경우, 상기 제1 시간에 상기 제2 어퍼처를 이용하여 상기 제2 송신 초음파신호를 동시에 송신하고,

상기 제1 시간 이후, 제2 시간에 상기 제1 어퍼처를 이용하여 상기 제2 송신 초음파 신호를 송신하는 경우, 상기 제2 시간에 상기 제2 어퍼처를 이용하여 상기 제1 송신 초음파 신호를 동시에 송신하는 것을 특징으로 하는 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 속도 계산부는,

상기 제1 수신 초음파 신호에 따라 결정되는 제1 혈류속도 및 상기 제2 수신 초음파 신호에 따라 결정되는 제2 혈류속도를 제공하는 것을 특징으로 하는 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 각도 산출부는,

상기 제1 혈류속도, 상기 제2 혈류속도, 상기 제1 중심주파수 및 상기 제2 중심주파수에 따라 결정되는 라운드 값을 결정하는 라운드 값 결정부;

상기 라운드 값에 따라 미리 정해진 보정인자를 제공하는 보정인자 제공부를 포함하는 것을 특징으로 하는 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 각도 산출부는,

상기 보정인자 중 제1 보정인자를 이용하여 상기 제1 혈류속도를 보정하여 제1 혈류 보정속도를 제공하고, 상기 보정인자 중 제2 보정인자를 이용하여 상기 제2 혈류속도를 보정하여 제2 혈류 보정속도를 제공하는 속도 보정부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 보정인자는 상기 제1 중심주파수 및 상기 제2 중심주파수에 따라 변경되는 것을 특징으로 하는 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 각도 산출부는,

상기 제1 혈류 보정속도 및 상기 제2 혈류 보정속도에 기초하여 상기 혈류의 각도를 산출하는 각도 계산기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치.

청구항 8

초음파 트랜스듀서에 포함되는 제1 어퍼처 및 제2 어퍼처를 이용하여 대상체의 관심영역에 제1 중심주파수를 갖는 제1 송신 초음파신호 및 상기 제1 중심주파수와 상이한 제2 중심주파수를 갖는 제2 송신 초음파신호를 동시에 송신하는 초음파 송신부;

상기 관심영역으로부터 반사되는 상기 제1 송신 초음파 신호에 상응하는 제1 수신 초음파 신호 및 상기 제2 송신 초음파 신호에 상응하는 제2 수신 초음파 신호에 기초하여 상기 관심영역의 혈류속도를 계산하는 속도 계산부;

상기 혈류속도에 기초하여 혈류의 각도를 산출하는 각도 산출부; 및

상기 혈류의 각도에 기초하여 초음파 영상을 디스플레이하는 디스플레이부를 포함하는 초음파 영상장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 초음파 송신부는,

제1 시간에 상기 제1 어퍼처를 이용하여 상기 제1 송신 초음파신호를 송신하는 경우, 상기 제1 시간에 상기 제2 어퍼처를 이용하여 상기 제2 송신 초음파신호를 동시에 송신하고,

상기 제1 시간 이후, 제2 시간에 상기 제1 어퍼처를 이용하여 상기 제2 송신 초음파 신호를 송신하는 경우, 상기 제2 시간에 상기 제2 어퍼처를 이용하여 상기 제1 송신 초음파 신호를 동시에 송신하는 것을 특징으로 하는 초음파 영상장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 속도 계산부는,

상기 제1 수신 초음파 신호에 따라 결정되는 제1 혈류속도 및 상기 제2 수신 초음파 신호에 따라 결정되는 제2 혈류속도를 제공하고,

상기 각도 산출부는,

상기 제1 혈류속도, 상기 제2 혈류속도, 상기 제1 중심주파수 및 상기 제2 중심주파수에 따라 결정되는 라운드 값을 결정하는 라운드 값 결정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 영상장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 각도 산출부는,

상기 라운드 값에 따라 미리 정해진 보정인자를 제공하는 보정인자 제공부; 및

상기 보정인자 중 제1 보정인자를 이용하여 상기 제1 혈류속도를 보정하여 제1 혈류 보정속도를 제공하고, 상기 보정인자 중 제2 보정인자를 이용하여 상기 제2 혈류속도를 보정하여 제2 혈류 보정속도를 제공하는 속도 보정부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 영상장치.

청구항 12

초음파 송신부가 초음파 트랜스듀서에 포함되는 제1 어퍼처 및 제2 어퍼처를 이용하여 대상체의 관심영역에 제1 중심주파수를 갖는 제1 송신 초음파신호 및 상기 제1 중심주파수와 상이한 제2 중심주파수를 갖는 제2 송신 초음파신호를 동시에 송신하는 단계;

속도 계산부가 상기 관심영역으로부터 반사되는 상기 제1 송신 초음파 신호에 상응하는 제1 수신 초음파 신호 및 상기 제2 송신 초음파 신호에 상응하는 제2 수신 초음파 신호에 기초하여 상기 관심영역의 혈류속도를 계산하는 단계; 및

각도 산출부가 상기 혈류속도에 기초하여 혈류의 각도를 산출하는 단계를 포함하는 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치의 동작방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 초음파 송신부는,

제1 시간에 상기 제1 어퍼처를 이용하여 상기 제1 송신 초음파신호를 송신하는 경우, 상기 제1 시간에 상기 제2 어퍼처를 이용하여 상기 제2 송신 초음파신호를 동시에 송신하고,

상기 제1 시간 이후, 제2 시간에 상기 제1 어퍼처를 이용하여 상기 제2 송신 초음파 신호를 송신하는 경우, 상기 제2 시간에 상기 제2 어퍼처를 이용하여 상기 제1 송신 초음파 신호를 동시에 송신하는 것을 특징으로 하는 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치의 동작방법.

청구항 14

초음파 송신부가 초음파 트랜스듀서에 포함되는 제1 어퍼처 및 제2 어퍼처를 이용하여 대상체의 관심영역에 제1 중심주파수를 갖는 제1 송신 초음파신호 및 상기 제1 중심주파수와 상이한 제2 중심주파수를 갖는 제2 송신 초음파신호를 동시에 송신하는 단계;

속도 계산부가 상기 관심영역으로부터 반사되는 상기 제1 송신 초음파 신호에 상응하는 제1 수신 초음파 신호 및 상기 제2 송신 초음파 신호에 상응하는 제2 수신 초음파 신호에 기초하여 상기 관심영역의 혈류속도를 계산하는 단계;

각도 산출부가 상기 혈류속도에 기초하여 혈류의 각도를 산출하는 단계; 및

디스플레이부가 상기 혈류의 각도에 기초하여 초음파 영상을 디스플레이하는 단계를 포함하는 초음파 영상장치의 동작방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치 및 이를 포함하는 초음파 영상장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 초음파 신호를 대상체로 송신한 후, 대상체로부터 반사된 수신 초음파 신호에 기초하여 혈류속도를 측정하는 경우, 혈류속도에서 에일리어싱(Aliasing)이 발생할 수 있다. 에일리어싱이 발생한 혈류속도를 이용하는 경우, 잘못된 혈류각도가 산출될 수 있다. 최근, 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 다양한 연구가 진행되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) (한국등록특허) 제10-0969537호 (등록일자, 2010.07.05)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 초음파 트랜스듀서에 포함되는 제1 어퍼처 및 제2 어퍼처를 이용하여 대상체의 관심영역에 제1 중심주파수를 갖는 제1 송신 초음파신호 및 상기 제1 중심주파수와 상이한 제2 중심주파수를 갖는 제2 송신 초음파신호를 어퍼처 별로 번갈아 가면서 동시에 송신하여 측정되는 혈류속도에 따라 혈류의 각도를 산출함으로써 에일리어싱을 보정할 수 있는 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 이러한 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 실시예에 따른 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치는 초음파 송신부, 속도 계산부 및 각도 산출부를 포함할 수 있다. 초음파 송신부는 초음파 트랜스듀서에 포함되는 제1 어퍼처 및 제2 어퍼처를 이용하여 대상체의 관심영역에 제1 중심주파수를 갖는 제1 송신 초음파신호 및 상기 제1 중심주파수와 상이한 제2 중심주파수를 갖는 제2 송신 초음파신호를 동시에 송신할 수 있다. 속도 계산부는 상기 관심영역으로부터 반사되는 상기 제1 송신 초음파 신호에 상응하는 제1 수신 초음파 신호 및 상기 제2 송신 초음파 신호에 상응하는 제2 수신 초음파 신호에 기초하여 상기 관심영역의 혈류속도를 계산할 수 있다. 각도 산출부는 상기 혈류속도에 기초하여 혈류의 각도를 산출할 수 있다.

[0006] 일 실시예에 있어서, 상기 초음파 송신부는 제1 시간에 상기 제1 어퍼처를 이용하여 상기 제1 송신 초음파신호를 송신하는 경우, 상기 제1 시간에 상기 제2 어퍼처를 이용하여 상기 제2 송신 초음파신호를 동시에 송신하고, 상기 제1 시간 이후, 제2 시간에 상기 제1 어퍼처를 이용하여 상기 제2 송신 초음파 신호를 송신하는 경우, 상기 제2 시간에 상기 제2 어퍼처를 이용하여 상기 제1 송신 초음파 신호를 동시에 송신할 수 있다.

[0007] 일 실시예에 있어서, 상기 속도 계산부는 상기 제1 수신 초음파 신호에 따라 결정되는 제1 혈류속도 및 상기 제2 수신 초음파 신호에 따라 결정되는 제2 혈류속도를 제공할 수 있다.

[0008] 일 실시예에 있어서, 상기 각도 산출부는 라운드 값 결정부 및 보정인자 제공부를 포함할 수 있다. 라운드 값 결정부는 상기 제1 혈류속도, 상기 제2 혈류속도, 상기 제1 중심주파수 및 상기 제2 중심주파수에 따라 결정되는 라운드 값을 결정할 수 있다. 보정인자 제공부는 상기 라운드 값에 따라 미리 정해진 보정인자를 제공할 수 있다.

[0009] 일 실시예에 있어서, 상기 각도 산출부는 속도 보정부를 더 포함할 수 있다. 속도 보정부는 상기 보정인자 중 제1 보정인자를 이용하여 상기 제1 혈류속도를 보정하여 제1 혈류 보정속도를 제공하고, 상기 보정인자 중 제2 보정인자를 이용하여 상기 제2 혈류속도를 보정하여 제2 혈류 보정속도를 제공할 수 있다.

[0010] 일 실시예에 있어서, 상기 보정인자는 상기 제1 중심주파수 및 상기 제2 중심주파수에 따라 변경될 수 있다.

[0011] 일 실시예에 있어서, 상기 각도 산출부는 각도 계산기를 더 포함할 수 있다. 각도 계산기는 상기 제1 혈류 보정속도 및 상기 제2 혈류 보정속도에 기초하여 상기 혈류의 각도를 산출할 수 있다.

[0012] 이러한 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 실시예에 따른 초음파 영상장치는 초음파 송신부, 속도 계산부, 각도 산출부 및 디스플레이부를 포함할 수 있다. 초음파 송신부는 초음파 트랜스듀서에 포함되는 제1 어퍼처 및 제2 어퍼처를 이용하여 대상체의 관심영역에 제1 중심주파수를 갖는 제1 송신 초음파신호 및 상기 제1 중심주파수와 상이한 제2 중심주파수를 갖는 제2 송신 초음파신호를 동시에 송신할 수 있다. 속도 계산부는 상기 관심영역으로부터 반사되는 상기 제1 송신 초음파 신호에 상응하는 제1 수신 초음파 신호 및 상기 제2 송신 초음파 신호에 상응하는 제2 수신 초음파 신호에 기초하여 상기 관심영역의 혈류속도를 계산할 수 있다. 각도 산출부는 상기 혈류속도에 기초하여 혈류의 각도를 산출할 수 있다. 디스플레이부는 상기 혈류의 각도에 기초하여 초음파 영상을 디스플레이할 수 있다.

[0013] 일 실시예에 있어서, 상기 초음파 송신부는 제1 시간에 상기 제1 어퍼처를 이용하여 상기 제1 송신 초음파신호를 송신하는 경우, 상기 제1 시간에 상기 제2 어퍼처를 이용하여 상기 제2 송신 초음파신호를 동시에 송신하고, 상기 제1 시간 이후, 제2 시간에 상기 제1 어퍼처를 이용하여 상기 제2 송신 초음파 신호를 송신하는 경우, 상

기 제2 시간에 상기 제2 어퍼처를 이용하여 상기 제1 송신 초음파 신호를 동시에 송신할 수 있다.

[0014] 일 실시예에 있어서, 상기 속도 계산부는 상기 제1 수신 초음파 신호에 따라 결정되는 제1 혈류속도 및 상기 제2 수신 초음파 신호에 따라 결정되는 제2 혈류속도를 제공할 수 있다. 상기 각도 산출부는 상기 제1 혈류속도, 상기 제2 혈류속도, 상기 제1 중심주파수 및 상기 제2 중심주파수에 따라 결정되는 라운드 값을 결정하는 라운드 값 결정부를 포함할 수 있다.

[0015] 일 실시예에 있어서, 상기 각도 산출부는 보정인자 제공부 및 속도 보정부를 더 포함할 수 있다. 보정인자 제공부는 상기 라운드 값에 따라 미리 정해진 보정인자를 제공할 수 있다. 속도 보정부는 상기 보정인자 중 제1 보정인자를 이용하여 상기 제1 혈류속도를 보정하여 제1 혈류 보정속도를 제공하고, 상기 보정인자 중 제2 보정인자를 이용하여 상기 제2 혈류속도를 보정하여 제2 혈류 보정속도를 제공할 수 있다.

[0016] 이러한 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 실시예에 따른 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치의 동작방법에서는, 초음파 송신부가 초음파 트랜스듀서에 포함되는 제1 어퍼처 및 제2 어퍼처를 이용하여 대상체의 관심영역에 제1 중심주파수를 갖는 제1 송신 초음파신호 및 상기 제1 중심주파수와 상이한 제2 중심주파수를 갖는 제2 송신 초음파신호를 동시에 송신할 수 있다. 속도 계산부가 상기 관심영역으로부터 반사되는 상기 제1 송신 초음파 신호에 상응하는 제1 수신 초음파 신호 및 상기 제2 송신 초음파 신호에 상응하는 제2 수신 초음파 신호에 기초하여 상기 관심영역의 혈류속도를 계산할 수 있다. 각도 산출부가 상기 혈류속도에 기초하여 혈류의 각도를 산출할 수 있다.

[0017] 일 실시예에 있어서, 상기 초음파 송신부는 제1 시간에 상기 제1 어퍼처를 이용하여 상기 제1 송신 초음파신호를 송신하는 경우, 상기 제1 시간에 상기 제2 어퍼처를 이용하여 상기 제2 송신 초음파신호를 동시에 송신하고, 상기 제1 시간 이후, 제2 시간에 상기 제1 어퍼처를 이용하여 상기 제2 송신 초음파 신호를 송신하는 경우, 상기 제2 시간에 상기 제2 어퍼처를 이용하여 상기 제1 송신 초음파 신호를 동시에 송신할 수 있다.

[0018] 이러한 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 실시예에 따른 초음파 영상장치의 동작방법에서는, 초음파 송신부가 초음파 트랜스듀서에 포함되는 제1 어퍼처 및 제2 어퍼처를 이용하여 대상체의 관심영역에 제1 중심주파수를 갖는 제1 송신 초음파신호 및 상기 제1 중심주파수와 상이한 제2 중심주파수를 갖는 제2 송신 초음파신호를 동시에 송신할 수 있다. 속도 계산부가 상기 관심영역으로부터 반사되는 상기 제1 송신 초음파 신호에 상응하는 제1 수신 초음파 신호 및 상기 제2 송신 초음파 신호에 상응하는 제2 수신 초음파 신호에 기초하여 상기 관심영역의 혈류속도를 계산할 수 있다. 각도 산출부가 상기 혈류속도에 기초하여 혈류의 각도를 산출할 수 있다. 디스플레이부가 상기 혈류의 각도에 기초하여 초음파 영상을 디스플레이할 수 있다.

[0019] 위에서 언급된 본 발명의 기술적 과제 외에도, 본 발명의 다른 특징 및 이점들이 이하에서 기술되거나, 그러한 기술 및 설명으로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

발명의 효과

[0020] 이상과 같은 본 발명에 따르면 다음과 같은 효과가 있다.

[0021] 본 발명에 따른 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치를 사용하면 초음파 트랜스듀서에 포함되는 제1 어퍼처 및 제2 어퍼처를 이용하여 대상체의 관심영역에 제1 중심주파수를 갖는 제1 송신 초음파신호 및 상기 제1 중심주파수와 상이한 제2 중심주파수를 갖는 제2 송신 초음파신호를 어퍼처 별로 번갈아 가면서 동시에 송신하여 측정되는 혈류속도에 따라 혈류의 각도를 산출함으로써 에일리어싱을 보정할 수 있다.

[0022] 이 밖에도, 본 발명의 실시 예들을 통해 본 발명의 또 다른 특징 및 이점들이 새롭게 파악될 수도 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치를 나타내는 도면이다.

도 2 및 3은 도 1의 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치에 포함되는 제1 어퍼처 및 제2 어퍼처의 동작을 설명하기 위한 도면들이다.

도 4 및 5는 도 1의 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치에 포함되는 속도 계산부의 동작을 설명하기 위한 도면들이다.

도 6은 도 1의 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치에 포함되는 각도 산출부의 일 예를 설명하기 위한 도면이다.
 도 7 및 8은 도 6의 각도 산출부에 포함되는 라운드 값 결정부의 동작을 설명하기 위한 도면들이다.
 도 9 내지 11은 도 6의 각도 산출부에 포함되는 보정인자 제공부의 동작을 설명하기 위한 도면들이다.
 도 12 내지 14는 도 6의 각도 산출부에 포함되는 속도 보정부의 동작을 설명하기 위한 도면들이다.
 도 15는 본 발명의 실시예들에 따른 초음파 영상장치를 나타내는 도면이다.
 도 16은 본 발명의 실시예들에 따른 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치의 동작방법을 나타내는 순서도이다.
 도 17은 본 발명의 실시예들에 따른 초음파 영상장치의 동작방법을 나타내는 순서도이다.
 도 18은 도 1의 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치에 포함되는 초음파 수신부의 일 예를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 본 명세서에서 각 도면의 구성 요소들에 참조번호를 부가함에 있어서 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다.
- [0025] 한편, 본 명세서에서 서술되는 용어의 의미는 다음과 같이 이해되어야 할 것이다.
- [0026] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 정의하지 않는 한, 복수의 표현을 포함하는 것으로 이해되어야 하는 것으로, 이들 용어들에 의해 권리범위가 한정되어서는 아니 된다.
- [0027] "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0028] 이하, 첨부되는 도면을 참고하여 상기 문제점을 해결하기 위해 고안된 본 발명의 바람직한 실시예들에 대해 상세히 설명한다.
- [0029] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치를 나타내는 도면이고, 도 2 및 3은 도 1의 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치에 포함되는 제1 어퍼처 및 제2 어퍼처의 동작을 설명하기 위한 도면들이고, 도 4 및 5는 도 1의 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치에 포함되는 속도 계산부의 동작을 설명하기 위한 도면들이고, 도 18은 도 1의 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치에 포함되는 초음파 수신부의 일 예를 나타내는 도면이다.
- [0030] 도 1 내지 5를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치(10)는 초음파 송신부(100), 초음파 트랜스듀서(200), 초음파 수신부(300), 속도 계산부(400) 및 각도 산출부(500)를 포함할 수 있다. 초음파 송신부(100)는 초음파 트랜스듀서(200)에 포함되는 제1 어퍼처(AP1) 및 제2 어퍼처(AP2)를 이용하여 대상체의 관심영역(IR)에 제1 중심주파수(F1)를 갖는 제1 송신 초음파 신호(TX1) 및 제1 중심주파수(F1)와 상이한 제2 중심주파수(F2)를 갖는 제2 송신 초음파 신호(TX2)를 동시에 송신할 수 있다. 예를 들어, 초음파 트랜스듀서(200)는 복수의 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 어퍼처들의 각각은 복수의 엘리먼트들 중 일부 엘리먼트들을 이용하여 관심영역(IR)에 초음파를 송신할 수 있다. 어퍼처는 제1 어퍼처(AP1) 및 제2 어퍼처(AP2)를 포함할 수 있다.
- [0031] 일 실시예에 있어서, 초음파 송신부(100)는 제1 시간에 제1 어퍼처(AP1)를 이용하여 제1 송신 초음파 신호(TX1)를 송신하는 경우, 제1 시간에 제2 어퍼처(AP2)를 이용하여 제2 송신 초음파 신호(TX2)를 동시에 송신하고, 제1 시간 이후, 제2 시간에 제1 어퍼처(AP1)를 이용하여 제2 송신 초음파 신호(TX2)를 송신하는 경우, 제2 시간에 제2 어퍼처(AP2)를 이용하여 제1 송신 초음파 신호(TX1)를 동시에 송신할 수 있다. 예를 들어, 제1 시간은 제1 PRF(Pulse Repetition Frequency)일 수 있고, 제2 시간은 제2 PRF일 수 있다. 제1 시간에 초음파 송신부(100)는 제1 어퍼처(AP1)를 이용하여 4MHz의 중심주파수를 갖는 제1 송신 초음파 신호(TX1)를 관심영역(IR)에 송신할 수 있고, 동시에 초음파 송신부(100)는 제2 어퍼처(AP2)를 이용하여 6MHz의 중심주파수를 갖는 제2 송신 초음파 신호(TX2)를 관심영역(IR)에 송신할 수 있다. 또한, 제1 시간 이후, 제2 시간에 초음파 송신부(100)는 제1 어퍼처(AP1)를 이용하여 6MHz의 중심주파수를 갖는 제2 송신 초음파 신호(TX2)를 관심영역(IR)에 송신할 수 있고, 동시에 초음파 송신부(100)는 제2 어퍼처(AP2)를 이용하여 4MHz의 중심주파수를 갖는 제1 송신 초음파 신호(TX1)를 관심영역(IR)에 송신할 수 있다.
- [0032] 초음파 수신부(300)는 제1 송신 초음파 신호(TX1) 및 제2 송신 초음파 신호(TX2)에 의해 대상체에 포함되는 관

심영역(IR)으로부터 반사되는 제1 수신 초음파 신호(RX1) 및 제2 수신 초음파 신호(RX2)를 수신할 수 있다. 초음파 수신부(300)는 제1 송신 초음파 신호(TX1)에 상응하는 제1 수신 초음파 신호(RX1) 및 제2 송신 초음파 신호(TX2)에 상응하는 제2 수신 초음파 신호(RX2)를 속도 계산부(400)에 제공할 수 있다.

[0033] 도 18을 참조하면, 일 실시예에 있어서, 초음파 수신부(300)는 복수의 빔포머들(310), 퀴드러처 모듈레이션부(320), 로우패스 필터부(330) 및 클러터 필터부(340)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 복수의 빔포머들(310)은 제1 빔포머(311) 및 제2 빔포머(312)를 포함할 수 있고, 퀴드러처 모듈레이션부(320)는 제1 퀴드러처 모듈레이션부(321) 및 제2 퀴드러처 모듈레이션부(322)를 포함할 수 있다. 또한, 로우 패스부(330)는 제1 로우 패스필터(331) 내지 제4 로우 패스필터(334)를 포함할 수 있고, 클러터 필터부(340)는 제1 클러터 필터(341) 내지 제4 클러터 필터(342)를 포함할 수 있다. 제1 퀴드러처 모듈레이션부(321)를 이용하여 제1 어퍼처(AP1)에서 수신된 신호를 기저 대역으로 가져올 수 있고, 제 2 퀴드러처 모듈레이션부(322)를 이용하여 제2 어퍼처(AP2)에서 수신된 신호를 기저 대역으로 가져온다. 이 때, 디모듈레이션을 수행하는 중심주파수는 각 어퍼처에서 송신하는 신호의 중심주파수와 동일하게 한다. 도 18에 개시되는 바와 같이, 초음파 수신부(300)는 복수의 빔포머들(310), 퀴드러처 모듈레이션부(320), 로우패스 필터부(330) 및 클러터 필터부(340)를 이용해서 제1 수신 초음파 신호 및 제2 수신 초음파 신호를 속도 계산부(400)에 제공할 수 있다.

[0034] 속도 계산부(400)는 관심영역(IR)으로부터 반사되는 제1 송신 초음파 신호(TX1)에 상응하는 제1 수신 초음파 신호(RX1) 및 제2 송신 초음파 신호(TX2)에 상응하는 제2 수신 초음파 신호(RX2)에 기초하여 관심영역(IR)의 혈류 속도를 계산할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 속도 계산부(400)는 제1 수신 초음파 신호(RX1)에 따라 결정되는 제1 혈류속도(BFV1) 및 제2 수신 초음파 신호(RX2)에 따라 결정되는 제2 혈류속도(BFV2)를 제공할 수 있다.

[0035] 예를 들어, 도 4에 도시된 제1 혈류속도(BFV1)는 제1 어퍼처(AP1)에서의 제1 송신 초음파 신호(TX1)에 상응하는 제1 수신 초음파 신호(RX1)에 따라 결정될 수 있고, 도 5에 도시된 제2 혈류속도(BFV2)는 제2 어퍼처(AP2)에서의 제2 송신 초음파 신호(TX2)에 상응하는 제2 수신 초음파 신호(RX2)에 따라 결정될 수 있다. 도 4 및 5에 도시된 바와 같이, 제1 혈류속도(BFV1)의 그래프에서는 에일리어싱이 발생하지 않을 수 있고, 제2 혈류속도(BFV2)의 그래프에서는 에일리어싱이 제1 구간(P1) 및 제2 구간(P2)에서 발생할 수 있다. 이와 같은 측정된 혈류속도에서 발생하는 에일리어싱 문제를 해결하기 위하여 이하에서 보다 구체적인 내용이 개시될 수 있다.

[0036] 도 6은 도 1의 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치에 포함되는 각도 산출부의 일 예를 설명하기 위한 도면이고, 도 7 및 8은 도 6의 각도 산출부에 포함되는 라운드 값 결정부의 동작을 설명하기 위한 도면들이고, 도 9 내지 11은 도 6의 각도 산출부에 포함되는 보정인자 제공부의 동작을 설명하기 위한 도면들이다.

[0037] 도 6 내지 11을 참조하면, 각도 산출부(500)는 혈류속도에 기초하여 혈류의 각도(BFD)를 산출할 수 있다. 각도 산출부(500)는 라운드 값 결정부(510) 및 보정인자 제공부(520)를 포함할 수 있다. 라운드 값 결정부(510)는 제1 혈류속도(BFV1), 제2 혈류속도(BFV2), 제1 중심주파수(F1) 및 제2 중심주파수(F2)에 따라 결정되는 라운드 값(RV)을 결정할 수 있다. 예를 들어, 라운드 값(RV)은 아래의 [수학식1]에 따라 결정될 수 있다.

[0038] [수학식 1]

$$RV = \text{round}(q_2 \frac{V_{M2} - V_{M1}}{2V_{N1}})$$

[0039]

[0040] 여기서, RV는 라운드 값(RV), q_2 는 제1 중심주파수 및 제2 중심주파수(F2)에 따라 결정되는 값, V_{M1} 은 제1 혈류속도(BFV1), V_{M2} 은 제2 혈류속도(BFV2), V_{N1} 은 제1 혈류속도(BFV1)의 측정가능 최대값일 수 있다. 예를 들어, 제1 중심주파수(F1)가 4MHz이고, 제2 중심주파수(F2)가 6MHz인 경우, q_2 값은 제1 중심주파수(F1)를 제2 중심주파수(F2)로 나눈 값의 분모일 수 있다. 이 경우, q_2 값은 3일 수 있다. 또한, V_{N1} 은 제1 중심주파수(F1)에 따라 결정될 수 있다.

[0041] 또한, 예를 들어, 제1 혈류속도(BFV1) 및 제2 혈류속도(BFV2)가 도 7과 같이 나타날 수 있다. 도 7과 같이, 제1 혈류속도(BFV1) 및 제2 혈류속도(BFV2)가 측정되는 시간구간은 제1 시간구간(PT1) 및 제2 시간구간(PT2)을 포함할 수 있다. 제1 시간구간(PT1)에서의 제1 혈류속도(BFV1) 및 제2 혈류속도(BFV2)를 [수학식1]에 적용하여 계산되는 라운드 값(RV)은 -2일 수 있다. 또한, 제2 시간구간(PT2)에서의 제1 혈류속도(BFV1) 및 제2 혈류속도(BFV2)를 [수학식1]에 적용하여 계산되는 라운드 값(RV)은 0일 수 있다. 이와 같은 방식으로 제1 혈류속도(BFV1) 및 제2 혈류속도(BFV2)가 측정되는 시간구간 별로 라운드 값(RV)을 계산할 수 있다.

[0042] 보정인자 제공부(520)는 라운드 값(RV)에 따라 미리 정해진 보정인자를 제공할 수 있다. 예를 들어, 보정인자는

아래 [수학식 2] 및 [수학식 3]에 따라 결정될 수 있다.

[0043] [수학식 2]

$$|N_i| \leq \text{ceiling}\left(\frac{p_2 * q_i}{2 * p_i} - \frac{1}{2}\right)$$

[0044]

[0045] [수학식 3]

$$|q_i * N_1 - p_i * N_i| < \frac{1}{2}(p_i + q_i)$$

[0046]

[0047] 여기서, i는 1 또는 2의 정수 값이 들어갈 수 있다. 제2 중심주파수(F2)가 제 1 중심주파수(F1)보다 큰 값을 갖는 경우에, q2는 제1 중심주파수(F1)를 제2 중심주파수(F2)로 나눈 값의 분모, p2는 제1 중심주파수(F1)를 제2 중심주파수(F2)로 나눈 값의 분자일 수 있다. q1과 p1는 1에 해당할 수 있다.

[0048] 도 9에 도시되는 보정인자는 라운드 값(RV) 별로 [수학식 2] 및 [수학식 3]에 따라 산출될 수 있다. 예를 들어, 라운드 값(RV)이 -2인 경우, 제1 보정인자(N1)는 0일 수 있고, 제2 보정인자(N2)는 1일 수 있다. 또한, 라운드 값(RV)이 0인 경우, 제1 보정인자(N1)는 0일 수 있고, 제2 보정인자(N2)는 0일 수 있다.

[0049] 도 10에 도시되는 바와 같이, 제1 혈류속도(BFV1)의 시간구간은 제1 시간구간(PT1) 및 제2 시간구간(PT2)을 포함할 수 있다. 제1 시간구간(PT1)동안 라운드 값(RV)은 -2일 수 있다. 라운드 값(RV)은 -2인 경우, 제1 시간구간(PT1)동안 제1 혈류속도(BFV1)에 상응하는 제1 보정인자(N1)는 0일 수 있다. 또한, 제2 시간구간(PT2)동안 라운드 값(RV)은 0일 수 있다. 라운드 값(RV)은 0인 경우, 제1 시간구간(PT1)동안 제1 혈류속도(BFV1)에 상응하는 제1 보정인자(N1)는 0일 수 있다.

[0050] 동일한 방식으로, 제2 혈류속도(BFV2)의 시간구간은 제1 시간구간(PT1) 및 제2 시간구간(PT2)을 포함할 수 있다. 제1 시간구간(PT1)동안 라운드 값(RV)은 -2일 수 있다. 라운드 값(RV)은 -2인 경우, 제1 시간구간(PT1)동안 제2 혈류속도(BFV2)에 상응하는 제2 보정인자(N2)는 1일 수 있다. 또한, 제2 시간구간(PT2)동안 라운드 값(RV)은 0일 수 있다. 라운드 값(RV)은 0인 경우, 제1 시간구간(PT1)동안 제2 혈류속도(BFV2)에 상응하는 제2 보정인자(N2)는 0일 수 있다.

[0051] 도 12 내지 14는 도 6의 각도 산출부에 포함되는 속도 보정부의 동작을 설명하기 위한 도면들이다.

[0052] 도 1 내지 14를 참조하면, 각도 산출부(500)는 속도 보정부(530)를 더 포함할 수 있다. 속도 보정부(530)는 보정인자 중 제1 보정인자(N1)를 이용하여 제1 혈류속도(BFV1)를 보정하여 제1 혈류 보정속도(RFV1)를 제공하고, 보정인자 중 제2 보정인자(N2)를 이용하여 제2 혈류속도(BFV2)를 보정하여 제2 혈류 보정속도(RFV2)를 제공할 수 있다. 예를 들어, 도 13 및 14에 도시되는 바와 같이, 제1 혈류속도(BFV1) 및 제2 혈류속도(BFV2)의 시간구간동안 시간구간별로 산출되는 제1 보정인자(N1) 및 제2 보정인자(N2)에 따라 혈류속도를 보정하여 제1 혈류 보정속도(RFV1) 및 제2 혈류 보정속도(RFV2)가 산출될 수 있다.

[0053] 일 실시예에 있어서, 보정인자는 제1 중심주파수(F1) 및 제2 중심주파수(F2)에 따라 변경될 수 있다.

[0054] 일 실시예에 있어서, 각도 산출부(500)는 각도 계산기(540)를 더 포함할 수 있다. 각도 계산기(540)는 제1 혈류 보정속도(RFV1) 및 제2 혈류 보정속도(RFV2)에 기초하여 혈류의 각도(BFD)를 산출할 수 있다.

[0055] 본 발명에 따른 백터 도플러의 에일리어싱 방지장치(10)를 사용하면 초음파 트랜스듀서(200)에 포함되는 제1 어퍼처(AP1) 및 제2 어퍼처(AP2)를 이용하여 대상체의 관심영역(IR)에 제1 중심주파수(F1)를 갖는 제1 송신 초음파 신호(TX1) 및 제1 중심주파수(F1)와 상이한 제2 중심주파수(F2)를 갖는 제2 송신 초음파 신호(TX2)를 어퍼처 별로 번갈아 가면서 동시에 송신하여 측정되는 혈류속도에 따라 혈류의 각도(BFD)를 산출함으로써 에일리어싱을 보정할 수 있다.

[0056] 도 15는 본 발명의 실시예들에 따른 초음파 영상장치를 나타내는 도면이다.

[0057] 도 1 내지 15를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 초음파 영상장치(20)는 초음파 송신부(100), 속도 계산부(400), 각도 산출부(500) 및 디스플레이부(600)를 포함할 수 있다. 초음파 송신부(100)는 초음파 트랜스듀서(200)에 포함되는 제1 어퍼처(AP1) 및 제2 어퍼처(AP2)를 이용하여 대상체의 관심영역(IR)에 제1 중심주파수(F1)를 갖는 제1 송신 초음파 신호(TX1) 및 제1 중심주파수(F1)와 상이한 제2 중심주파수(F2)를 갖는 제2 송신

초음파 신호(TX2)를 동시에 송신할 수 있다. 속도 계산부(400)는 관심영역(IR)으로부터 반사되는 제1 송신 초음파 신호(TX1)에 상응하는 제1 수신 초음파 신호(RX1) 및 제2 송신 초음파 신호(TX2)에 상응하는 제2 수신 초음파 신호(RX2)에 기초하여 관심영역(IR)의 혈류속도를 계산할 수 있다. 각도 산출부(500)는 혈류속도에 기초하여 혈류의 각도(BFD)를 산출할 수 있다. 디스플레이부(600)는 혈류의 각도(BFD)에 기초하여 초음파 영상을 디스플레이할 수 있다.

[0058] 일 실시예에 있어서, 초음파 송신부(100)는 제1 시간에 제1 어퍼처(AP1)를 이용하여 제1 송신 초음파 신호(TX1)를 송신하는 경우, 제1 시간에 제2 어퍼처(AP2)를 이용하여 제2 송신 초음파 신호(TX2)를 동시에 송신하고, 제1 시간 이후, 제2 시간에 제1 어퍼처(AP1)를 이용하여 제2 송신 초음파 신호(TX2)를 송신하는 경우, 제2 시간에 제2 어퍼처(AP2)를 이용하여 제1 송신 초음파 신호(TX1)를 동시에 송신할 수 있다.

[0059] 일 실시예에 있어서, 속도 계산부(400)는 제1 수신 초음파 신호(RX1)에 따라 결정되는 제1 혈류속도(BFV1) 및 제2 수신 초음파 신호(RX2)에 따라 결정되는 제2 혈류속도(BFV2)를 제공할 수 있다. 각도 산출부(500)는 제1 혈류속도(BFV1), 제2 혈류속도(BFV2), 제1 중심주파수(F1) 및 제2 중심주파수(F2)에 따라 결정되는 라운드 값(RV)을 결정하는 라운드 값 결정부(510)를 포함할 수 있다.

[0060] 일 실시예에 있어서, 각도 산출부(500)는 보정인자 제공부(520) 및 속도 보정부(530)를 더 포함할 수 있다. 보정인자 제공부(520)는 라운드 값(RV)에 따라 미리 정해진 보정인자를 제공할 수 있다. 속도 보정부(530)는 보정인자 중 제1 보정인자(N1)를 이용하여 제1 혈류속도(BFV1)를 보정하여 제1 혈류 보정속도(RFV1)를 제공하고, 보정인자 중 제2 보정인자(N2)를 이용하여 제2 혈류속도(BFV2)를 보정하여 제2 혈류 보정속도(RFV2)를 제공할 수 있다.

[0061] 도 16은 본 발명의 실시예들에 따른 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치의 동작방법을 나타내는 순서도이다.

[0062] 도 1 내지 16을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 벡터 도플러의 에일리어싱 방지장치(10)의 동작방법에서는, 초음파 송신부(100)가 초음파 트랜스듀서(200)에 포함되는 제1 어퍼처(AP1) 및 제2 어퍼처(AP2)를 이용하여 대상체의 관심영역(IR)에 제1 중심주파수(F1)를 갖는 제1 송신 초음파 신호(TX1) 및 제1 중심주파수(F1)와 상이한 제2 중심주파수(F2)를 갖는 제2 송신 초음파 신호(TX2)를 동시에 송신할 수 있다(S100). 속도 계산부(400)가 관심영역(IR)으로부터 반사되는 제1 송신 초음파 신호(TX1)에 상응하는 제1 수신 초음파 신호(RX1) 및 제2 송신 초음파 신호(TX2)에 상응하는 제2 수신 초음파 신호(RX2)에 기초하여 관심영역(IR)의 혈류속도를 계산할 수 있다(S200). 각도 산출부(500)가 혈류속도에 기초하여 혈류의 각도(BFD)를 산출할 수 있다(S300).

[0063] 일 실시예에 있어서, 초음파 송신부(100)는 제1 시간에 제1 어퍼처(AP1)를 이용하여 제1 송신 초음파 신호(TX1)를 송신하는 경우, 제1 시간에 제2 어퍼처(AP2)를 이용하여 제2 송신 초음파 신호(TX2)를 동시에 송신하고, 제1 시간 이후, 제2 시간에 제1 어퍼처(AP1)를 이용하여 제2 송신 초음파 신호(TX2)를 송신하는 경우, 제2 시간에 제2 어퍼처(AP2)를 이용하여 제1 송신 초음파 신호(TX1)를 동시에 송신할 수 있다.

[0064] 도 17은 본 발명의 실시예들에 따른 초음파 영상장치의 동작방법을 나타내는 순서도이다.

[0065] 도 1 내지 17을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 초음파 영상장치(20)의 동작방법에서는, 초음파 송신부(100)가 초음파 트랜스듀서(200)에 포함되는 제1 어퍼처(AP1) 및 제2 어퍼처(AP2)를 이용하여 대상체의 관심영역(IR)에 제1 중심주파수(F1)를 갖는 제1 송신 초음파 신호(TX1) 및 제1 중심주파수(F1)와 상이한 제2 중심주파수(F2)를 갖는 제2 송신 초음파 신호(TX2)를 동시에 송신할 수 있다(S110). 속도 계산부(400)가 관심영역(IR)으로부터 반사되는 제1 송신 초음파 신호(TX1)에 상응하는 제1 수신 초음파 신호(RX1) 및 제2 송신 초음파 신호(TX2)에 상응하는 제2 수신 초음파 신호(RX2)에 기초하여 관심영역(IR)의 혈류속도를 계산할 수 있다(S210). 각도 산출부(500)가 혈류속도에 기초하여 혈류의 각도(BFD)를 산출할 수 있다(S310). 디스플레이부(600)가 혈류의 각도(BFD)에 기초하여 초음파 영상을 디스플레이할 수 있다(S410).

[0066] 본 발명에 따른 초음파 영상장치(20)의 동작방법에서는, 초음파 트랜스듀서(200)에 포함되는 제1 어퍼처(AP1) 및 제2 어퍼처(AP2)를 이용하여 대상체의 관심영역(IR)에 제1 중심주파수(F1)를 갖는 제1 송신 초음파 신호(TX1) 및 제1 중심주파수(F1)와 상이한 제2 중심주파수(F2)를 갖는 제2 송신 초음파 신호(TX2)를 어퍼처 별로 번갈아 가면서 동시에 송신하여 측정되는 혈류속도에 따라 혈류의 각도(BFD)를 산출함으로써 에일리어싱을 보정할 수 있다.

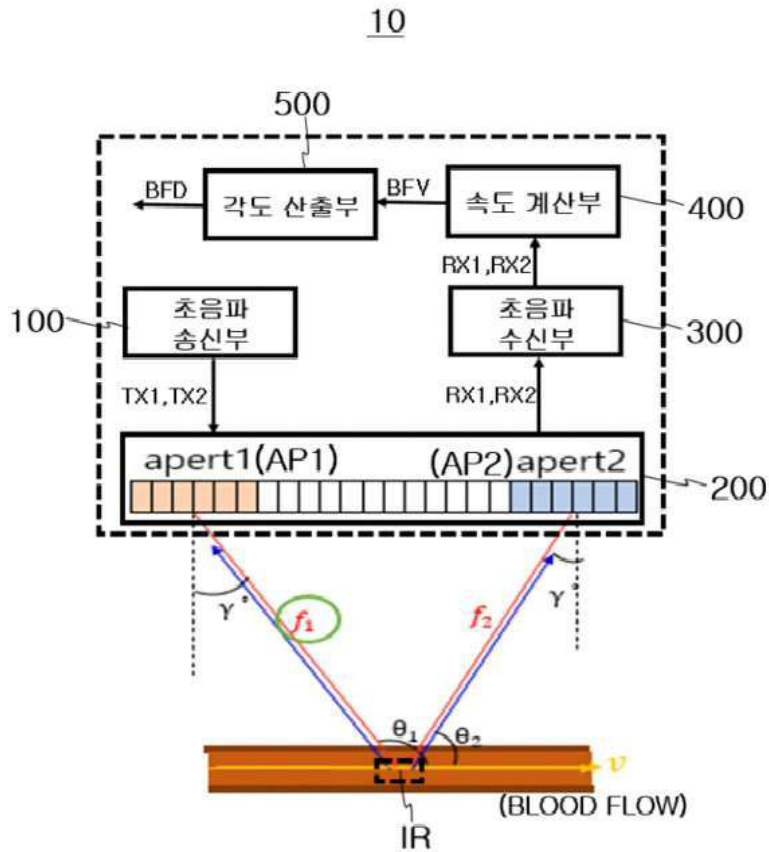
부호의 설명

[0067] 10: 에일리어싱 방지장치 20: 초음파 영상장치

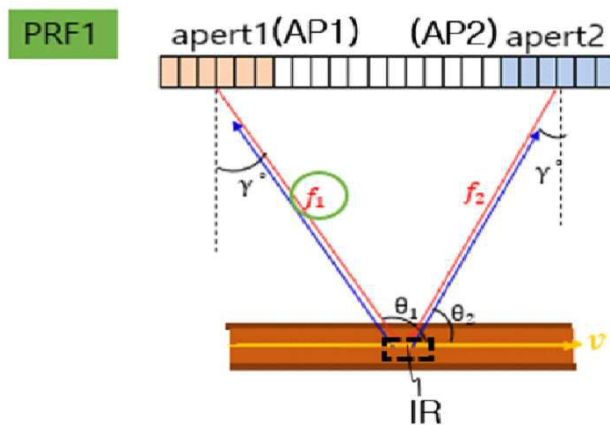
100: 초음파 송신부 200: 트랜스듀서
 300: 초음파 수신부 400: 속도 계산부
 500: 각도 산출부

도면

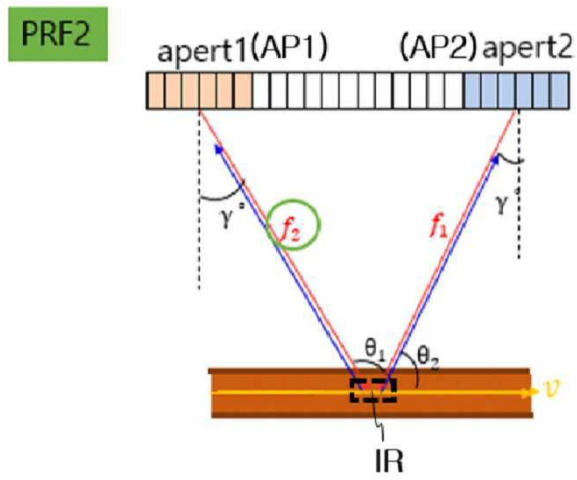
도면1



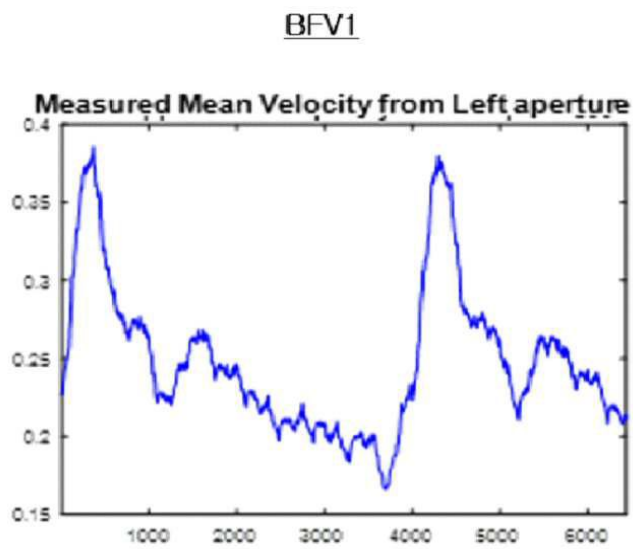
도면2



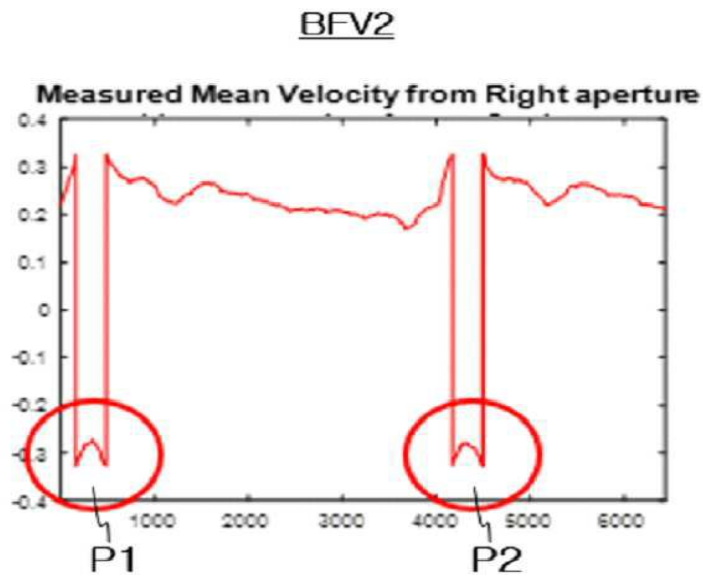
도면3



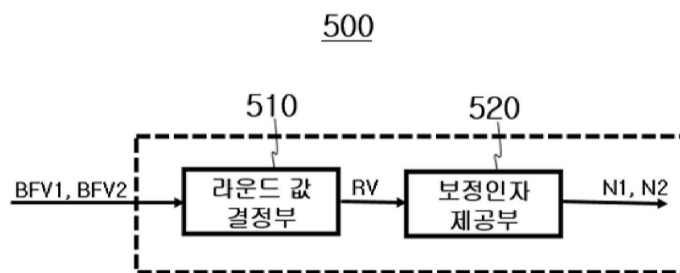
도면4



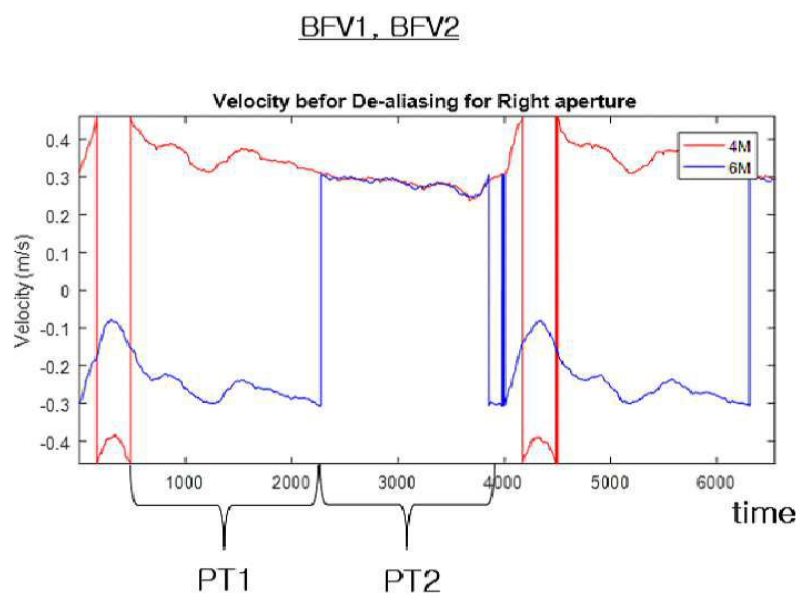
도면5



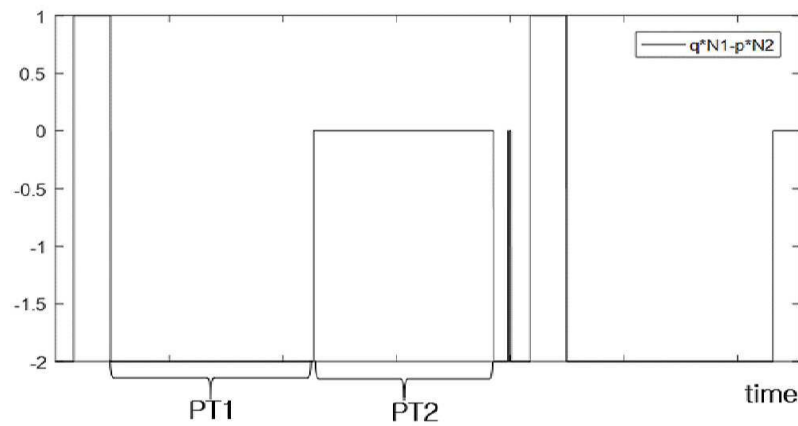
도면6



도면7



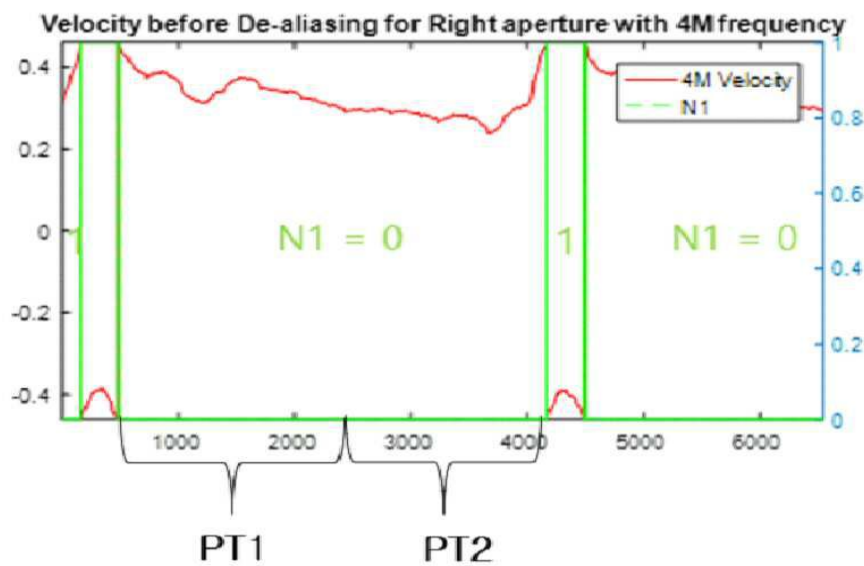
도면8



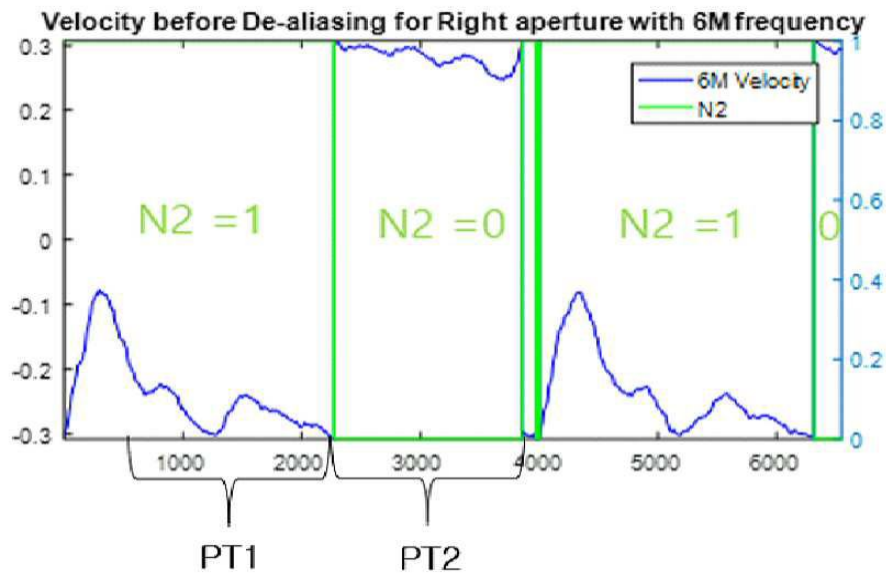
도면9

(RV)	$\text{round}(q_2 \frac{V_{M1} - V_{M2}}{V_{N1}})$	N_1	N_2
	-2	0	1
	-1	-1	-1
	0	0	0
	1	1	1
	2	0	-1

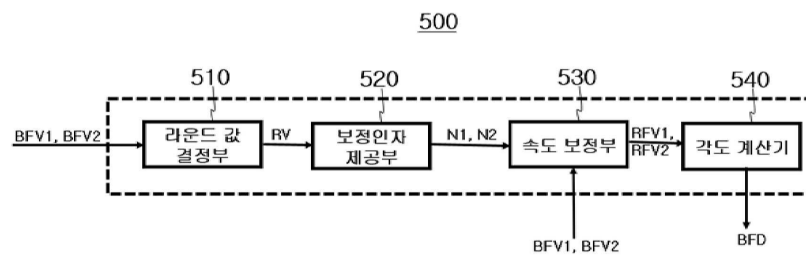
도면10



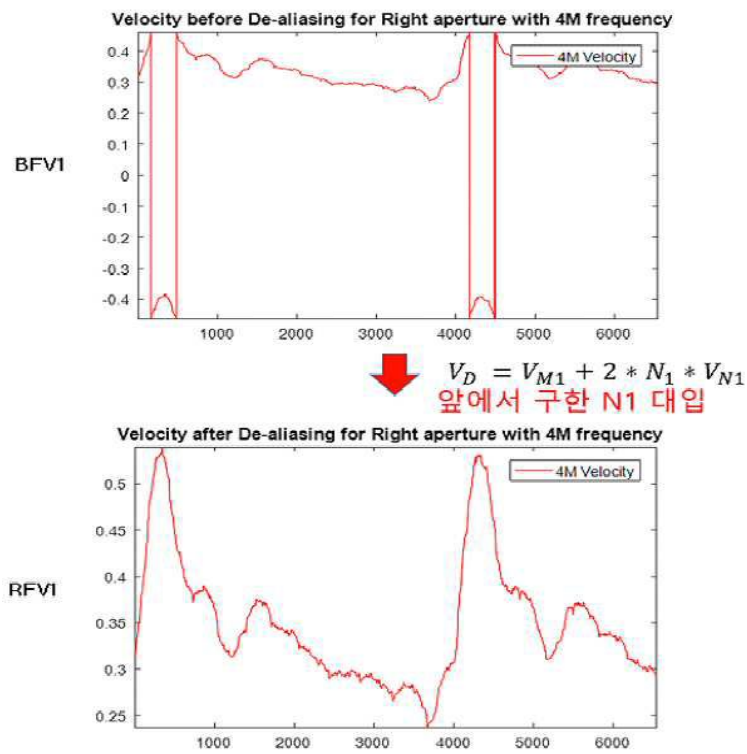
도면11



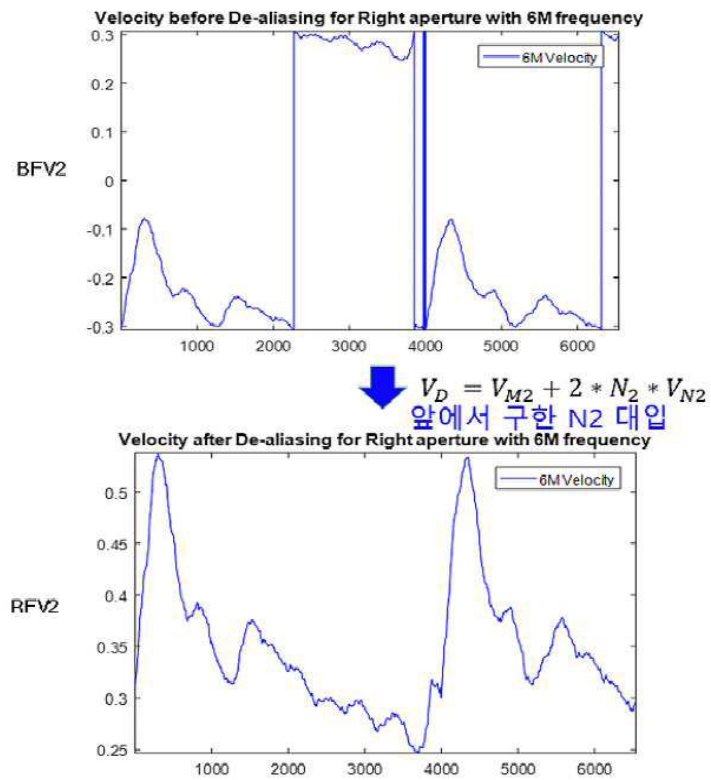
도면12



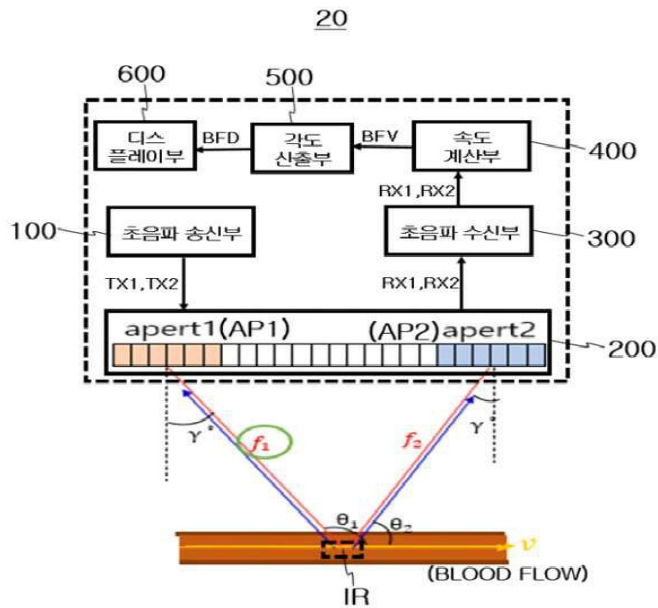
도면13



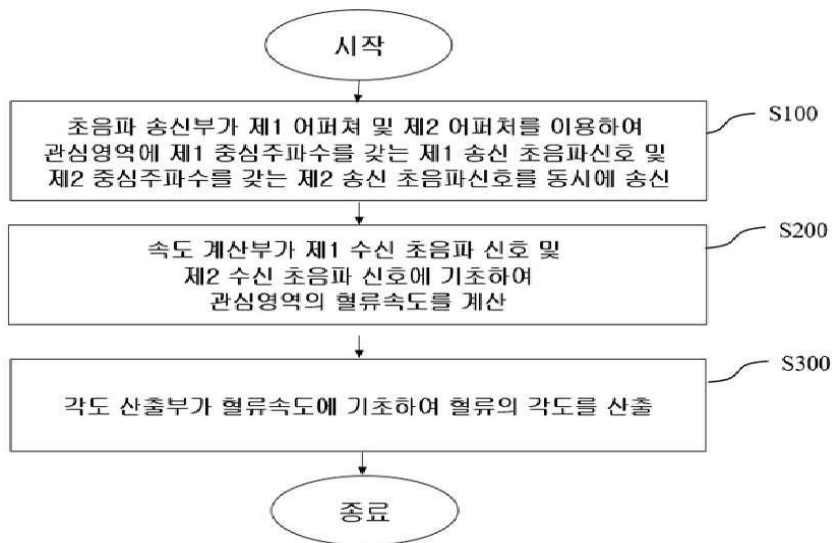
도면14



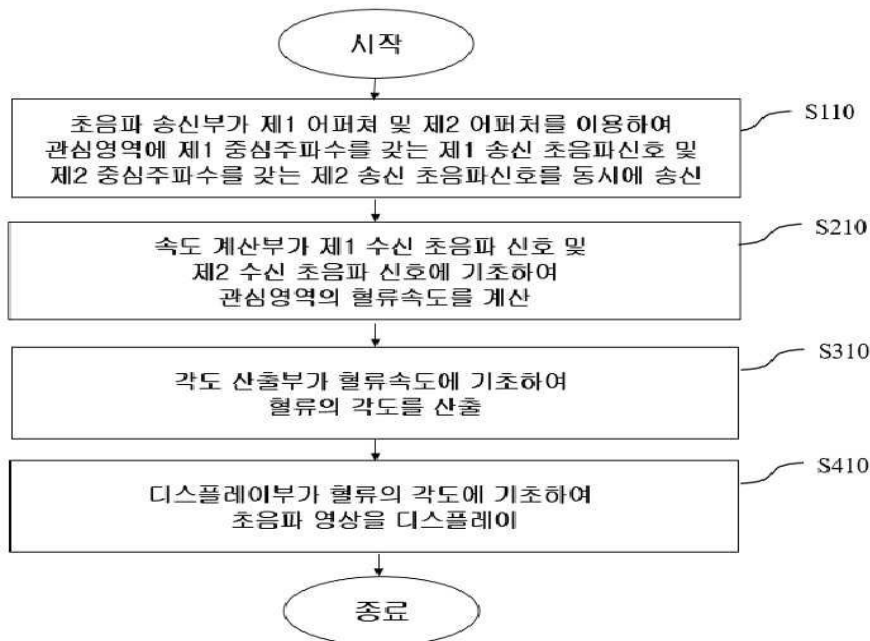
도면15



도면16



도면17



도면18

