



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0091803
(43) 공개일자 2014년07월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/00 (2006.01) G06F 17/10 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0003268
(22) 출원일자 2013년01월11일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
한림대학교 산학협력단
강원도 춘천시 한림대학길 1, 한림대학교(옥천동)

(72) 발명자
김규홍
서울 강남구 남부순환로363길 30, 103동 1202호
(도곡동, 쌍용에가아파트)
김윤태
경기 화성시 영통로27번길 35, 303동 701호 (반월동, 신영통현대3차아파트)
(뒷면에 계속)

(74) 대리인
특허법인세림

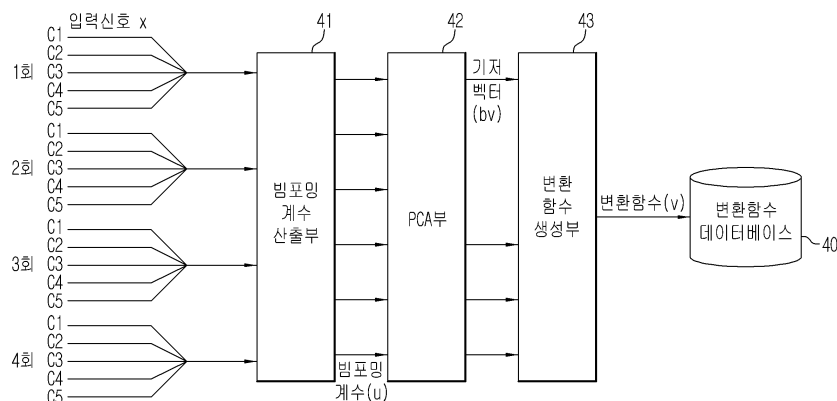
전체 청구항 수 : 총 39 항

(54) 발명의 명칭 빔 포밍 모듈, 상기 빔 포밍 모듈을 이용하는 초음파 이미징 장치, 상기 빔 포밍 모듈을 이용한 빔 포밍 방법 및 상기 빔 포밍 모듈을 이용한 초음파 이미징 장치의 제어 방법

(57) 요약

빔 포밍을 수행하는 빔 포밍 모듈은, 적어도 하나의 변환 함수를 이용하여 입력 신호에 대한 변환 신호를 생성하는 변환부, 상기 변환 신호에 대한 가중치인 변환 신호 가중치를 연산하는 가중치 연산부 및 상기 변환부에서 생성된 변환 신호 및 상기 가중치 연산부에서 연산한 변환 신호 가중치를 이용하여 결과 신호를 생성하는 합성부를 포함한다. 여기서 변환 신호 가중치는, 상기 적어도 하나의 변환 함수에 가중되어 상기 입력 신호에 대한 입력 신호 가중치의 최적값을 연산하기 위한 가중치일 수 있다. 또한 변환 함수는 입력 신호의 차원을 감소시키는 함수일 수 있다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

박성찬

경기도 수원시 영통구 영통2동 벽적골9단지아파트

박수현

경기 화성시 동탄지성로 42, 222동 604호 (반송동, 시범한빛마을동탄아이파크아파트)

강주영

경기도 용인시 기흥구 보정동 죽전자이 2차 아파트 617호

김정호

경기 용인시 수지구 심곡로 16, 503동 903호 (상현동, 금호베스트빌5차아파트)

배무호

서울 송파구 올림픽로35길 104, 19동 808호 (신천동, 장미아파트)

특허청구의 범위

청구항 1

적어도 하나의 변환 함수를 이용하여 입력 신호에 대한 변환 신호를 생성하는 변환부;
상기 변환 신호에 대한 가중치인 변환 신호 가중치를 연산하는 가중치 연산부; 및
상기 변환부에서 생성된 변환 신호 및 상기 가중치 연산부에서 연산한 변환 신호 가중치를 이용하여 결과 신호를 생성하는 합성부;
를 포함하는 빔 포밍 모듈.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 변환 신호 가중치는, 상기 입력 신호에 대한 입력 신호 가중치의 최적값을 연산하기 상기 적어도 하나의 변환 함수에 부가되는 가중치인 빔 포밍 모듈.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 가중치 연산부는, 상기 입력 신호 및 상기 적어도 하나의 변환 함수를 기초로 상기 변환 신호에 대한 변환 신호 가중치를 연산하는 빔 포밍 모듈.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 가중치 연산부는 하기의 수학식 1에 따라 상기 변환 신호에 대한 변환 신호 가중치를 연산하는 빔 포밍 모듈.

[수학식 1]

$$\beta = \frac{R_1^{-1} v_1}{v_1^H R_1^{-1} v_1}$$

여기서 β 는 가중치, R_1 은 상기 입력 신호에 대한 공분산, v_1 은 조향 벡터.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 공분산 R_1 은, 하기의 수학식 2에 의해 상기 입력 신호에 대한 공분산을 변환시킨 변환된 공분산인 빔 포밍 모듈.

[수학식 2]

$$R_1 = V^H R V$$

여기서 V 는 상기 적어도 하나의 변환 함수, R 은 상기 입력 신호에 대한 공분산.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 조향 벡터 v_1 은, 조향 벡터를 상기 적어도 하나의 변환 함수 V 로 변환한 변환된 조향 벡터인 빔 포밍 모듈.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 변환 신호는 하기의 수학식 3에 따라 주어지는 빔 포밍 모듈.

[수학식 3]

$$u = V^H x$$

여기서 u 는 변환 신호이고, V 는 변환 함수이며, x 는 입력 신호.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 결과 신호는 하기의 수학식 4에 따라 주어지는 빔 포밍 모듈.

[수학식 4]

$$z = \beta^H u$$

여기서 u 는 변환 신호, β 는 가중치이고, 상기 가중치 β 는 하기의 수학식 1에 의함.

[수학식 1]

$$\beta = \frac{R_1^{-1} v_1}{v_1^H R_1^{-1} v_1}$$

R_1 은 상기 입력 신호에 대한 변환된 공분산, v_1 은 변환된 조향 벡터.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 변환 함수는, 최소 분산(minimum variance)에 따라 연산된 상기 입력 신호에 대한 가중치인 입력 신호 가중치의 최적값에 대한 주성분 분석을 통해 획득된 기저 벡터의 조합으로 형성된 빔 포밍 모듈.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 변환 함수는, 상기 입력 신호의 차원을 감소시키는 빔 포밍 모듈.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 변환 함수는, 적어도 하나의 직교 기저 벡터를 기초로 형성된 빔 포밍 모듈.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 적어도 하나의 직교 기저 벡터는 고유 벡터(eigenvector) 또는 푸리에 기저 벡터(Fourier basis vector)인 빔 포밍 모듈.

청구항 13

대상체로 초음파를 조사하고 대상체로부터 반사되는 초음파 신호를 수신하고 수신된 초음파를 변환하여 복수의 초음파 신호를 출력하는 초음파 탐침부; 및

적어도 하나의 변환 함수를 이용하여 복수의 초음파 신호를 변환하고 복수의 변환된 초음파 신호에 대한 변환 초음파 신호 가중치를 연산한 후 상기 복수의 변환된 초음파 신호 및 상기 변환 초음파 신호 가중치를 이용하여 상기 복수의 초음파 신호를 빔 포밍하는 빔 포밍부;

를 포함하는 초음파 이미징 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 빔 포밍부는, 상기 초음파 탐침부에서 출력된 복수의 초음파 신호 사이의 시간차를 보정하여 시간차가 보정된 복수의 초음파 신호를 생성하고, 상기 시간차가 보정된 복수의 초음파 신호를 변환하여 복수의 변환된 초음파 신호를 생성하는 초음파 이미징 장치.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 변환 초음파 신호 가중치는, 상기 초음파 신호에 대한 빔 포밍 계수의 최적값을 연산하기 위해 상기 적어도 하나의 변환 함수에 추가되는 가중치인 초음파 이미징 장치.

청구항 16

제13항에 있어서,

상기 빔 포밍부는, 상기 복수의 초음파 신호 및 상기 적어도 하나의 변환 함수를 기초로 상기 변환된 초음파 신호에 대한 변환 초음파 신호 가중치를 연산하는 초음파 이미징 장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 빔 포밍부는, 하기의 수학식 1에 따라 상기 변환된 초음파 신호에 대한 변환 초음파 신호 가중치를 연산하는 초음파 이미징 장치.

[수학식 1]

$$\beta = \frac{R_1^{-1} v_1}{v_1^H R_1^{-1} v_1}$$

여기서 β 는 변환 초음파 신호 가중치, R_1 은 하기 수학식 2에 따라 상기 초음파 신호에 대한 공분산을 변환시킨 변환된 공분산, v_1 은 조향 벡터를 상기 적어도 하나의 변환 함수 V 로 변환한 변환된 조향 벡터.

[수학식 2]

$$R_1 = V^H R V$$

여기서 V 는 상기 적어도 하나의 변환 함수, R 은 상기 초음파 신호에 대한 공분산.

청구항 18

제13항에 있어서,

상기 변환된 초음파 신호는 하기의 수학식 3에 따라 주어지는 초음파 이미징 장치.

[수학식 3]

$$u = V^H x$$

여기서 u 는 변환된 초음파 신호이고, V 는 변환 함수이며, x 는 복수의 초음파 신호.

청구항 19

제13항에 있어서,

상기 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 결과는 하기의 수학식 4에 따라 주어지는 초음파 이미징 장치.

[수학식 4]

$$z = \beta^H u$$

여기서 u 는 변환된 초음파 신호, β 는 변환 초음파 신호 가중치이고, 상기 변환 초음파 신호 가중치 β 는 하기 수학식 1에 의함.

[수학식 1]

$$\beta = \frac{R_1^{-1} v_1}{v_1^H R_1^{-1} v_1}$$

R_1 은 상기 복수의 초음파 신호에 대한 변환된 공분산, v_1 은 변환된 조향 벡터.

청구항 20

제13항에 있어서,

상기 적어도 하나의 변환 함수는, 상기 복수의 초음파 신호의 차원을 감소시키는 초음파 이미징 장치.

청구항 21

제13항에 있어서,

상기 적어도 하나의 변환 함수는, 적어도 하나의 직교 기저 벡터를 기초로 형성된 초음파 이미징 장치.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 적어도 하나의 직교 기저 벡터는 고유 벡터 또는 푸리에 기저 벡터인 초음파 이미징 장치.

청구항 23

적어도 하나의 변환 함수를 이용하여 입력 신호에 대한 변환 신호를 생성하는 단계;

상기 변환 신호에 대한 변환 신호 가중치를 연산하는 단계; 및

상기 변환부에서 생성된 변환 신호 및 상기 가중치 연산부에서 연산한 변환 신호 가중치를 이용하여 결과 신호를 생성하는 단계;

를 포함하는 빔 포밍 방법.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 변환 신호 가중치는, 상기 입력 신호에 대한 입력 신호 가중치의 최적값을 연산하기 상기 적어도 하나의

변환 함수에 부가되는 가중치인 빔 포밍 방법.

청구항 25

제23항에 있어서,

상기 변환 신호에 대한 변환 신호 가중치를 연산하는 단계는, 상기 입력 신호 및 상기 적어도 하나의 변환 함수를 기초로 상기 변환 신호에 대한 변환 신호 가중치를 연산하는 단계인 빔 포밍 방법.

청구항 26

제23항에 있어서,

상기 변환 신호에 대한 변환 신호 가중치를 연산하는 단계는, 하기의 수학적 식 1에 따라 상기 변환 신호에 대한 변환 신호 가중치를 연산하는 단계인 빔 포밍 방법.

[수학적 식 1]

$$\beta = \frac{R_1^{-1} v_1}{v_1^H R_1^{-1} v_1}$$

여기서 β 는 가중치, R_1 은 상기 입력 신호에 대한 공분산, v_1 은 조향 벡터.

청구항 27

제26항에 있어서,

상기 공분산 R_1 은, 하기의 수학적 식 2에 의해 상기 입력 신호에 대한 공분산을 변환시킨 변환된 공분산인 빔 포밍 방법.

[수학적 식 2]

$$R_1 = V^H R V$$

여기서 V 는 상기 적어도 하나의 변환 함수, R 은 상기 입력 신호에 대한 공분산.

청구항 28

제26항에 있어서,

상기 조향 벡터 v_1 은, 조향 벡터를 상기 적어도 하나의 변환 함수 V 로 변환한 변환된 조향 벡터인 빔 포밍 방법.

청구항 29

제23항에 있어서,

상기 변환 신호는 하기의 수학적 식 3에 따라 주어지는 빔 포밍 방법.

[수학식 3]

$$\mathbf{u} = \mathbf{V}^H \mathbf{x}$$

여기서 $\mathbf{u}$ 는 변환 신호이고, $\mathbf{V}$ 는 변환 함수이며, $\mathbf{x}$ 는 입력 신호.

청구항 30

제29항에 있어서,

상기 결과 신호는 하기의 수학식 4에 따라 주어지는 빔 포밍 방법.

[수학식 4]

$$\mathbf{z} = \beta^H \mathbf{u}$$

여기서 $\mathbf{u}$ 는 변환 신호, β 는 가중치이고, 상기 가중치 β 는 하기의 수학식 1에 의함.

[수학식 1]

$$\beta = \frac{\mathbf{R}_1^{-1} \mathbf{v}_1}{\mathbf{v}_1^H \mathbf{R}_1^{-1} \mathbf{v}_1}$$

$\mathbf{R}_1$ 은 상기 입력 신호에 대한 변환된 공분산, $\mathbf{v}_1$ 은 변환된 조향 벡터.

청구항 31

제23항에 있어서,

상기 적어도 하나의 변환 함수는, 최소 분산법에 따라 연산된 상기 입력 신호에 대한 가중치인 입력 신호 가중치의 최적값에 대한 주성분 분석을 통해 획득된 기저 벡터의 조합으로 형성된 빔 포밍 방법.

청구항 32

제23항에 있어서,

상기 적어도 하나의 변환 함수는, 상기 입력 신호의 차원을 감소시키는 빔 포밍 방법.

청구항 33

제23항에 있어서,

상기 적어도 하나의 변환 함수는, 적어도 하나의 직교 기저 벡터를 기초로 형성된 빔 포밍 방법.

청구항 34

제33항에 있어서,

상기 적어도 하나의 직교 기저 벡터는 고유 벡터 또는 푸리에 기저 벡터인 빔 포밍 방법.

청구항 35

목표 부위로 초음파를 조사하고 목표 부위에서 반사되는 에코 초음파를 수신하고 수신된 에코 초음파를 변환하여 복수의 초음파 신호를 획득하는 단계;

상기 획득한 복수의 초음파 신호 사이의 시간차를 보정하여 시간차가 보정된 복수의 초음파 신호를 생성하는 단계;

상기 시간차가 보정된 복수의 초음파 신호를 변환하는 단계;

상기 변환에 따라 획득한 복수의 변환된 초음파 신호에 대한 변환 초음파 신호 가중치를 연산하는 단계; 및

상기 복수의 변환된 초음파 신호와 상기 변환 초음파 신호 가중치를 이용하여 빔 포밍된 초음파 신호를 생성하는 단계;

를 포함하는 초음파 이미징 장치의 제어 방법.

청구항 36

제35항에 있어서,

상기 시간차가 보정된 복수의 초음파 신호를 변환하여 복수의 변환된 초음파 신호를 생성하는 단계는, 하기의 수학적 식 3에 따라 복수의 변환된 초음파 신호를 생성하는 단계인 초음파 이미징 장치의 제어 방법.

[수학적 식 3]

$$u = V^H x$$

여기서 u 는 변환된 초음파 신호이고, V 는 변환 함수이며, x 는 복수의 초음파 신호.

청구항 37

제35항에 있어서,

상기 복수의 변환된 초음파 신호에 대한 변환 초음파 신호 가중치를 연산하는 단계는, 상기 복수의 초음파 신호 및 상기 적어도 하나의 변환 함수를 기초로 상기 복수의 변환된 초음파 신호에 대한 변환 초음파 신호 가중치를 연산하는 단계인 초음파 이미징 장치의 제어 방법.

청구항 38

제35항에 있어서,

상기 복수의 변환된 초음파 신호에 대한 변환 초음파 신호 가중치를 연산하는 단계는, 하기의 수학적 식 1에 따라 상기 변환된 초음파 신호에 대한 변환 초음파 신호 가중치를 연산하는 단계인 초음파 이미징 장치의 제어 방법.

[수학식 1]

$$\beta = \frac{R_1^{-1} v_1}{v_1^H R_1^{-1} v_1}$$

여기서 β 는 변환 초음파 신호 가중치, R_1 은 상기 복수의 초음파 신호의 공분산, v_1 은 조향 벡터이고, 상기 공분산 R_1 은, 하기의 수학식 2에 의해 상기 복수의 초음파 신호에 대한 공분산을 변환시킨 변환된 공분산이며, 상기 조향 벡터 v_1 은, 조향 벡터를 상기 적어도 하나의 변환 함수 V 로 변환한 변환된 조향 벡터.

[수학식 2]

$$R_1 = V^H R V$$

여기서 V 는 상기 적어도 하나의 변환 함수, R 은 상기 복수의 초음파 신호에 대한 공분산.

청구항 39

제35항에 있어서,

상기 복수의 변환된 초음파 신호와 상기 변환 초음파 신호 가중치를 이용하여 빔 포밍된 초음파 신호를 생성하는 단계는, 하기의 수학식 4에 따라 상기 복수의 변환된 초음파 신호와 상기 변환 초음파 신호 가중치를 기초로 연산하여 빔 포밍된 초음파 신호를 연산하는 단계인 초음파 이미징 장치의 제어 방법.

[수학식 4]

$$z = \beta^H u$$

여기서 u 는 변환된 초음파 신호, β 는 변환 초음파 신호 가중치이고, 상기 변환 초음파 신호 가중치 β 는 하기의 수학식 1에 의함.

[수학식 1]

$$\beta = \frac{R_1^{-1} v_1}{v_1^H R_1^{-1} v_1}$$

R_1 은 상기 복수의 초음파 신호에 대한 변환된 공분산, v_1 은 변환된 조향 벡터.

명세서

기술분야

빔 포밍 모듈과 빔 포밍 방법 및 초음파 이미징 장치와 초음파 이미징 장치를 제어하는 방법이 개시된다.

배경기술

[0001]

[0002] 초음파 이미징 장치(Ultrasonic imaging apparatus)는, 초음파를 이용하여 대상체, 예를 들어 인체 내부의 각종 조직이나 구조에 대한 단층 영상, 예를 들어 연부 조직의 단층 영상이나 혈류에 관한 영상을 획득하는 장치이다. 이와 같은 초음파 이미징 장치는, 상대적으로 소형이고 저렴하며, 실시간으로 영상을 표시할 수 있으며, 엑스선 등에 의한 피폭의 위험성이 없어 의료 분야, 예를 들어 심장, 복부, 비뇨기 및 산부인과 등에서 널리 이용되고 있다.

[0003] 초음파 이미징 장치는 대상체 내부의 목표 부위를 향하여 초음파를 조사하고, 목표 부위에서 반사된 에코 초음파를 수집한 후, 수집된 초음파의 정보를 기초로 초음파 영상을 생성하도록 한다. 이를 위해서 초음파 이미징 장치는, 초음파 프로브(ultrasonic probe)가 수집한 에코 초음파에 기인한 복수의 채널 데이터에 대해서 특정 공간의 반사와 크기를 추정하기 위한 빔 포밍(beamforming)을 수행한다. 빔 포밍은 복수의 초음파 센서, 예를 들어 트랜스듀서(transducer)를 통해 입력된 초음파 신호의 시간차를 보정하고, 입력된 각 초음파 신호마다 소정의 가중치, 즉 빔 포밍 계수를 부가하여 특정 위치의 신호를 강조하거나 다른 위치의 신호는 상대적으로 감쇠시켜 초음파 신호를 집중하도록 하는 것이다. 빔 포밍에 의하여 초음파 이미징 장치는 대상체의 내부 구조 파악에 적절한 초음파 영상을 생성하여 사용자에게 표시할 수 있다.

[0004] 빔 포밍에 사용되는 빔 포밍 계수의 특성에 따라서, 빔 포밍은 데이터 독립형 빔 포밍(data-independent beamforming) 방식과 적응형 빔 포밍(adaptive beamforming) 방식으로 구별될 수 있다. 데이터 독립형 빔 포밍은, 입력되는 초음파 신호와 무관하게 정해진 가중치를 이용하는 방식의 빔 포밍이고, 적응형 빔 포밍은 입력되는 초음파 신호를 기초로 최적의 가중치를 연산하여 결정하는 빔 포밍이다. 따라서 적응형 빔 포밍에서의 가중치는 입력되는 초음파 신호에 따라서 변하게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 적응형 빔 포밍에 있어서 빔 포밍에 필요한 연산량을 감소시켜 빔 포밍에 필요한 빔 포밍 장치의 리소스(resource) 사용량을 절감하고 아울러 연산 속도를 개선시킬 수 있도록 하는 빔 포밍 모듈, 초음파 이미징 장치, 빔 포밍 방법과 초음파 이미징 장치의 제어 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 상술한 과제의 해결을 위하여 빔 포밍 모듈, 상기 빔 포밍 모듈을 이용하는 초음파 이미징 장치, 상기 빔 포밍 모듈을 이용한 빔 포밍 방법 및 상기 빔 포밍 모듈을 이용한 초음파 이미징 장치의 제어 방법이 제공된다.

[0007] 빔 포밍 모듈은, 적어도 하나의 변환 함수를 이용하여 입력 신호에 대한 변환 신호를 생성하는 변환부, 상기 변환 신호에 대한 가중치인 변환 신호 가중치를 연산하는 가중치 연산부 및 상기 변환부에서 생성된 변환 신호 및 상기 가중치 연산부에서 연산한 변환 신호 가중치를 이용하여 결과 신호를 생성하는 합성부를 포함한다. 여기서 변환 신호 가중치는, 상기 적어도 하나의 변환 함수에 가중되어 상기 입력 신호에 대한 입력 신호 가중치의 최적값을 연산하기 위한 가중치일 수 있다. 또한 변환 함수는 입력 신호의 차원을 감소시키는 함수일 수 있다.

[0008] 연산부는, 상기 입력 신호 및 상기 적어도 하나의 변환 함수를 기초로 상기 변환 신호에 대한 변환 신호 가중치를 연산하도록 할 수 있으며, 또한 가중치 연산부는 하기의 수학적 식 1에 따라 상기 변환 신호에 대한 변환 신호 가중치를 연산하도록 할 수 있다. 여기서 β 는 가중치, R_1 은 상기 입력 신호에 대한 공분산, v_1 은 조향 벡터이다.

[0009] [수학식 1]

$$\beta = \frac{R_1^{-1} v_1}{v_1^H R_1^{-1} v_1}$$

[0010]

[0011] 이 경우 공분산 R_1 은, 하기의 수학식 2에 의해 상기 입력 신호에 대한 공분산을 변환시킨 변환된 공분산일 수 있다. 여기서 V 는 상기 적어도 하나의 변환 함수, R 은 상기 입력 신호에 대한 공분산이다.

[0012] [수학식 2]

$$R_1 = V^H R V$$

[0013]

[0014] 또한 조향 벡터 v_1 은, 조향 벡터를 상기 적어도 하나의 변환 함수 V 로 변환한 변환된 조향 벡터일 수 있다.

[0015] 변환부에서 생성된 변환 신호는 하기의 수학식 3에 따라 주어질 수 있다. 여기서 u 는 변환 신호이고, V 는 변환 함수이며, x 는 입력 신호를 의미한다.

[0016] [수학식 3]

$$u = V^H x$$

[0017]

[0018] 합성부에서 생성되는 결과 신호는 하기의 수학식 4에 따라 주어질 수 있는데, u 는 변환 신호, β 는 가중치이다.

[0019] [수학식 4]

$$z = \beta^H u$$

[0020]

[0021] 여기서 가중치 β 는 하기의 수학식 1에 따라 얻을 수 있다.

[0022] [수학식 1]

$$\beta = \frac{R_1^{-1} v_1}{v_1^H R_1^{-1} v_1}$$

[0023]

[0024] 상기 적어도 하나의 변환 함수는, 최소 분산(minimum variance)에 따라 연산된 상기 입력 신호에 대한 가중치의 최적값을 주성분 분석을 통해 획득된 복수의 기저 벡터의 조합으로 형성될 수 있으며, 이 경우 복수의 기저 벡터는 서로 직교하는 것일 수 있다. 구체적으로 적어도 하나의 직교 기저 벡터는 고유 벡터(eigenvector) 또는

푸리에 기저 벡터(Fourier basis vector)일 수 있다.

[0025] 초음파 이미징 장치는, 대상체로 초음파를 조사하고 대상체로부터 반사되는 초음파 신호를 수신하고 수신된 초음파를 변환하여 복수의 초음파 신호를 출력하는 초음파 탐침부 및 적어도 하나의 변환 함수를 이용하여 복수의 초음파 신호를 변환하고 복수의 변환된 초음파 신호에 대한 변환 초음파 신호 가중치를 연산한 후 상기 복수의 변환된 초음파 신호 및 상기 변환 초음파 신호 가중치를 이용하여 상기 복수의 초음파 신호를 빔 포밍하는 빔 포밍부를 포함할 수 있으며, 이 경우 빔 포밍부는, 상기 초음파 탐침부에서 출력된 복수의 초음파 신호 사이의 시간차를 보정하여 시간차가 보정된 복수의 초음파 신호를 생성하고, 상기 시간차가 보정된 복수의 초음파 신호를 변환하여 복수의 변환된 초음파 신호를 생성하도록 할 수 있다.

[0026] 빔 포밍 방법은, 적어도 하나의 변환 함수를 이용하여 입력 신호에 대한 변환 신호를 생성하는 단계, 상기 변환 신호에 대한 변환 신호 가중치를 연산하는 단계 및 상기 변환부에서 생성된 변환 신호 및 상기 가중치 연산부에서 연산한 변환 신호 가중치를 이용하여 결과 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0027] 초음파 이미징 장치를 제어하는 방법은, 목표 부위로 초음파를 조사하고 목표 부위에서 반사되는 에코 초음파를 수신하고 수신된 에코 초음파를 변환하여 복수의 초음파 신호를 획득하는 단계, 상기 획득한 복수의 초음파 신호 사이의 시간차를 보정하여 시간차가 보정된 복수의 초음파 신호를 생성하는 단계, 상기 시간차가 보정된 복수의 초음파 신호를 변환하는 단계, 상기 변환에 따라 획득한 복수의 변환된 초음파 신호에 대한 변환 초음파 신호 가중치를 연산하는 단계 및 상기 복수의 변환된 초음파 신호와 상기 변환 초음파 신호 가중치를 이용하여 빔 포밍된 초음파 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0028] 상술한 바와 같은 빔 포밍 모듈, 초음파 이미징 장치, 빔 포밍 방법과 초음파 이미징 장치의 제어 방법을 통하여 입력 신호를 빔 포밍하여 결과 신호를 획득하는 과정에 있어서 필요한 연산량을 감소시킬 수 있게 된다. 이에 따라서 빔 포밍을 수행하는 각종 장치, 예를 들어 초음파 이미징 장치가 빔 포밍을 위해 요구하는 리소스를 절감할 수 있다.

[0029] 또한 입력 신호에 대한 빔 포밍 속도를 신속하게 할 수 있게 되어 빔 포밍 과정의 시간을 단축시킬 수 있게 된다.

[0030] 뿐만 아니라 빔 포밍 장치의 경우, 시간 지연된 초음파 영상의 출력, 장치의 과부하나 과열과 같은 각종 문제점을 해결하는 효과도 얻을 수 있다.

[0031] 또한 빔 포밍 장치의 리소스 사용량의 감소에 기인하여 빔포밍 장치에서 소비하는 소비 전력의 감소, 저사양의 연산 장치의 이용 등에 기인한 비용 절감의 효과도 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 빔 포밍 모듈의 일 실시예에 대한 구성도이다.

도 2는 변환 함수 데이터베이스에 저장되는 변환 함수의 획득을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 빔 포밍 모듈의 다른 실시예에 대한 구성도이다.

도 4는 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 대한 사시도이다.

도 5는 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 대한 구성도이다.

도 6은 초음파 탐침부의 일 실시예에 대한 평면도이다.

도 7 내지 도 9는 빔 포밍부를 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 종래 기술에 의해 획득한 초음파 영상의 일례를 도시한 도면이다.

도 11은 초음파 이미징 장치에 의해 획득한 초음파 영상의 일례를 도시한 도면이다.

도 12는 빔 포밍 방법의 일 실시예에 대한 흐름도이다.

도 13 및 도 14는 초음파 이미징 장치 제어 방법의 일 실시예에 대한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] (1) 이하 도 1 내지 도 3을 참조하여 빔 포밍 모듈의 실시예에 대해서 설명한다.

[0034] 도 1은 빔 포밍 모듈의 일 실시예에 대한 구성도이다. 도 1에 도시된 바와 같이 빔 포밍 모듈은 변환부(10), 가중치 연산부(20) 및 합성부(30)를 포함할 수 있다. 아울러 변환 함수 데이터베이스(50)를 더 포함할 수도 있다.

[0035] 변환부(10)는 입력 신호(x)를 변환 신호(u)로 변환하고, 가중치 연산부(20)는 변환 신호(u)에 대한 가중치(β)를 연산하며, 합성부는 변환 신호(u)와 가중치(β)를 합성하여 결과 신호(x')를 생성하도록 한다. 변환 함수 데이터베이스(50)는 변환부(10)나 가중치 연산부(20)가 신호의 변환이나 가중치 연산에 필요한 적어도 하나의 변환 함수(V)로 이루어져 있다.

[0036] 이하 각 구성요소에 대해 상세히 설명하도록 한다.

[0037] 변환부(10)는 도 1에 도시된 바와 같이 외부로부터 입력 신호(x)를 전달받고, (①) 전달받은 입력 신호(x)를 소정의 변환 함수(V)를 이용하여 변환하도록 하여 입력 신호가 변환된 변환 신호(u)를 출력하도록 한다.

[0038] 변환부(10)는, 일 실시예에 의하면 사용자 또는 시스템 설계자 등에 의해 미리 설정된 변환 함수(V)에 따라서 입력 신호(x)를 변환할 수도 있다. 또한 다른 실시예에 의하면 변환부(10)는 적어도 하나의 변환 함수(V)로 구축된 변환 함수 데이터베이스(50)로부터 입력 신호(x)의 변환을 위한 변환 함수(V)를 전달받고, (③) 전달받은 변환 함수를 이용하여 입력 신호(x)를 변환하도록 할 수도 있다. 한편 변환부(10)에 의해 생성된 변환 신호(u)는 합성부(30)로 전달된다.

[0039] 변환부(10)의 일 실시예에 따르면 변환부(10)는 다음의 수학식 1에 따라 변환 신호(u)를 연산하도록 할 수 있다.

[0040] [수학식 1]

$$u = V^H x$$

[0041]

[0042] 여기서 x는 입력 신호이고, V는 소정의 변환 함수이고, u는 입력 신호를 소정의 변환 함수(V)를 이용하여 변환하여 획득한 변환 신호를 의미한다.

[0043] 구체적으로 입력 신호 x 및 변환 신호 u는 (A×B)의 행렬로 표현될 수 있다. 여기서 A와 B는 자연수이다. 특히 B가 1이면 입력 신호 x 및 변환 신호 u는 (A×1)의 행렬로 표현된다. 이를 수학식으로 표현하면 다음의 수학식 2 및 수학식 3과 같다.

[0044] [수학식 2]

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \end{pmatrix}$$

[0045]

[0046] [수학식 3]

$$u = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix}$$

[0047]

[0048] m 과 n 은 양의 정수이며, 수학식 2 및 수학식 3과 같이 입력 신호 x 와 변환 신호 u 가 주어지는 경우 입력 신호 x 의 차원은 m 차원이고, 변환 신호 u 의 차원은 n 차원이다. 입력 신호 x 는 복수의 채널을 통해 입력되는 복수의 입력 신호로 이루어져 있을 수 있다. 즉 복수 채널의 입력 신호들의 집합일 수도 있다. 아울러 변환 신호 u 역시 마찬가지로 복수의 채널로 출력되는 복수 채널의 변환 신호들의 집합일 수도 있다. 수학식 2 및 수학식 3의 입력 신호 x 및 변환 신호 u 에 대한 행렬의 각 성분, 즉 x_1 내지 x_m 과 u_1 내지 u_n 은 이와 같이 각 채널로 입력 또는 출력되는 개개의 입력 신호 또는 변환 신호를 의미한다. 입력 신호 x 및 변환 신호 u 에 대한 행렬의 각 성분 역시 소정의 행렬, 예를 들어 $(1 \times a)$ 행렬로 주어질 수 있다. 이와 같이 입력 신호 x 와 변환 신호 u 가 행렬의 형태로 표현된 경우, 양 신호의 차원은 동일할 수도 있지만, 서로 상이할 수도 있다.

[0049] 수학식 1에서 변환 함수(V)가 적절히 주어지는 경우 변환 신호 u 의 차원은 입력 신호 x 의 차원보다 작다. 구체적으로 만약 변환 함수가 $(M \times N)$ 의 행렬로 주어지고, $M > N$ 의 수식이 성립되며 입력 신호가 $(M \times 1)$ 로 주어진다면, 즉 입력 신호 x 의 차원이 M 차원인 경우 그 연산 결과인 변환 신호 u 는 $(N \times 1)$ 으로 주어져 변환 신호 u 의 차원이 입력 신호 x 보다 작아진다. 이와 같이 차원이 작아지면 상대적으로 연산량이 감소하여 연산의 편의 및 속도가 개선될 수 있다.

[0050] 변환 함수(V)는 미리 정의될 수 있다. 이 경우 경험적으로 또는 이론적으로 얻을 수 있는 다양한 입력 신호(x)를 기초로 적어도 하나의 변환 함수(V)를 별도로 미리 계산하여, 다양한 입력 신호(x)에 대입되거나 또는 적용될 수 있는 적어도 하나의 변환 함수(V)들을 정의해놓는 것도 가능하다. 이와 같이 미리 정의된 적어도 하나의 변환 함수(V)들을 기초로 변환 함수 데이터베이스(40)가 구축될 수 있다.

[0051] 도 2는 변환 함수 데이터베이스에 저장되는 변환 함수의 획득을 설명하기 위한 도면으로, 최적의 빔 포밍 계수를 연산하기 위한 변환 함수를 정의하여 변환 함수 데이터베이스(40)에 저장하는 구성에 대해 도시되어 있다.

[0052] 도 2에 도시된 바와 같이 입력 신호 x 는 복수의 채널, 예를 들어 채널 c_1 내지 채널 c_5 를 통해서 복수 회 입력되거나 또는 입력 가능할 수 있다. 이와 같이 복수 회 복수 채널을 통해 입력되거나 또는 입력 가능한 입력 신호(x)를 기초로 빔 포밍 계수 산출부(41)는 최적의 빔 포밍 계수(w)를 연산하도록 한다.

[0053] 빔 포밍 계수(w)는, 빔 포밍 단계에서 입력 신호, 예를 들어 초음파 이미징 장치의 초음파 신호에 부가되는 가중치로, 특정 채널의 입력 신호를 상대적으로 강조하거나 또는 특정 채널의 입력 신호를 상대적으로 감쇠시켜 초음파 신호를 집속할 수 있도록 하는 것이다. 즉, 빔 포밍 계수(w)는 입력되는 입력 신호(x)의 특정 채널, 예를 들어 채널 c_1 내지 c_5 의 신호 중 선택된 일부 또는 전부의 신호를 강조하거나 감쇠시키도록 한다.

[0054] 빔 포밍 계수 산출부(41)는, 예를 들어 최소 분산법(minimum variance)에 의해 빔 포밍 계수(w)를 산출할 수 있

으며, 이 경우 빔 포밍 계수(w)는 입력 신호에 대한 빔 포밍에 있어서 최적의 빔 포밍 계수(w^*)가 될 수 있다. 이때 최적의 빔 포밍 계수(w^*)는 채널 별 또는 서브 어레이(sub array) 별로 산출될 수 있다.

[0055] 연산된 빔 포밍 계수(w 또는 w^*)는 소정 차원의 벡터 형태로 표현될 수 있다.

[0056] PCA부(42)는, 빔 포밍 계수 산출부(41)에서 획득된 빔 포밍 계수(w 또는 w^*)에 대해 주 성분 분석(PCA, Principle Component Analysis)를 수행하여 벡터 형태로 표현된 빔 포밍 계수(w 또는 w^*)의 차원을 감소시킨다. 주성분 분석이란 대량의 변수나 축으로 표현되는 데이터가 존재하는 경우, 데이터를 유의미하게 표현할 수 있는 변수나 축만을 추출하도록 하는 방법이다. 예를 들어 만약 획득하고자 하는 빔 포밍 계수(w 또는 w^*)의 분포가 특정 일부 영역들에만 집중되고 다른 영역에서는 희박하다면, 빔 포밍 계수(w 또는 w^*)가 분포하지 않는 다른 영역에 대한 연산을 하지 않는다고 해도 빔 포밍을 하는데 큰 오차를 야기하지 않는다. 따라서 이와 같이 빔 포밍 계수(w 또는 w^*)가 집중된 특정 일부 영역만을 추출하거나, 다른 말로 빔 포밍 계수(w 또는 w^*)가 희박한 영역을 제거하면 빔 포밍과 관련된 연산의 복잡함을 해소하고 그 양을 감소시킬 수 있다.

[0057] PCA부(42)는 전달받은 빔 포밍 계수(w 또는 w^*)에 대해 주성분 분석을 수행하여 적어도 하나의 기저 벡터(bv, basis vector)들을 획득한다. 이 때 연산의 편의를 위해 복수의 기저 벡터(bv)는 서로 직교하도록 할 수 있다. 이와 같이 직교하는 기저 벡터(bv)는 예를 들어 고유 벡터(eigenvector)일 수 있고, 또한 푸리에 기저 벡터(Fourier basis vector)일 수도 있다.

[0058] 변환 함수 생성부(43)는 PCA부(42)에서 획득된 적어도 하나의 기저 벡터(bv)를 기초로 적어도 하나의 변환 함수(V)를 생성하도록 한다. 이 경우 복수의 기저 벡터(bv)를 조합하여 변환 함수(V)를 생성할 수도 있다. 예를 들어 변환 함수 생성부(43)는, 복수의 기저 벡터(bv)를 조합하여 소정의 변환 행렬을 생성하도록 할 수도 있다. 이때 조합되는 기저 벡터(bv)의 개수는 변환 함수 생성부(43)에 미리 저장된 소정의 설정에 따라 결정될 수도 있고, 또한 외부의 사용자에게 의하여 임의적으로 결정될 수도 있다. 생성된 변환 함수(V)는 직접 변환 함수 데이터베이스(40)에 저장된다. 물론 오직 하나의 기저 벡터(bv)가 변환 함수(V)를 이룰 수도 있다. 이 경우 별도의 조합 과정 없이 기저 벡터(bv) 그 자체가 변환 함수(V)로 인정되어 변환 함수 데이터베이스(40)에 저장되는 것도 가능하다.

[0059] 이와 같은 방법을 통해서 다양한 입력 신호(x)에 대해서 다양한 변환 함수(V)를 획득하여 변환 함수 데이터베이스(40)를 구축할 수 있게 된다.

[0060] 변환부(10)는 변환 함수 데이터베이스(40)로부터 이와 같은 과정을 통해 획득된 소정의 변환 함수(V)를 수신하고, 수신된 소정의 변환 함수(V)를 이용하여 변환 신호(u)를 생성한다. 이 경우 변환 함수(V)는 변환 함수 데이터베이스(40)에 저장된 복수의 기저 벡터(bv) 중 사용자의 선택에 따라서 선택된 복수의 기저 벡터(bv)의 조합일 수 있다. 즉, 변환부(10)는 변환 함수(V)를 수신하는 과정에 있어서 복수의 기저 벡터(bv)를 수신하고 수신된 기저 벡터(bv)의 조합으로 생성된 변환 함수(V)를 입력 신호(x)의 변환에 이용할 수 있다.

[0061] 생성된 변환 신호(u)는 합성부(30)로 전달되고, 후술하는 가중치 연산부(20)에 의해 연산된 변환 신호 가중치(β)와 조합된다.

[0062] 한편 변환부(10)는 실시예에 따라서 상술한 바와 같이 전달받은 입력 신호(x) 및 변환 함수(V) 중 적어도 하나를 후술하는 가중치 연산부(20)로 전달하도록 할 수도 있다.

[0063] 가중치 연산부(20)는 변환부(10)에서 출력되는 변환 신호(u)에 부가되는 가중치인 변환 신호 가중치(β)를 연산한다. 가중치 연산부(20)는 입력 신호(x)나 변환 함수(V) 중 어느 하나 또는 양자를 모두 이용하여 변환 신호(u)에 대한 변환 신호 가중치(β)를 연산하도록 할 수 있다. 이 경우 가중치 연산부(20)는, 일례로 트랜스듀서와 같이 신호를 생성하는 신호 생성부(도면상 도시되지 않음)나 변환 함수 데이터베이스(50)로부터 직접 입력

신호(x)나 변환 함수(V)를 전달받을 수도 있다.(도 1의 ②,④) 뿐만 아니라 변환부(10)로부터 상술한 입력 신호(x)나 변환 함수(V)를 전달받는 것도 가능하다.(⑤)

[0064] 가중치 연산부(20)의 일 실시예에 따르면 가중치 연산부(20)는 입력 신호(x)와, 사용자 등에 의해 미리 정해지거나 또는 별도의 변환 함수 데이터베이스(50)에서 전달되는 변환 함수(V)를 기초로 변환 신호 가중치(β)를 연산한 후 생성된 변환 신호 가중치(β)를 합성부(30)로 전달한다.

[0065] 이 경우 가중치 연산부(20)는 다음의 수학적 식 4에 따라 변환 신호 가중치(β)를 연산하도록 할 수 있다.

[0066] [수학적 식 4]

$$\beta = \frac{R^{-1}a}{a^H R^{-1}a}$$

[0067]

[0068] 여기서 β 는 연산된 변환 신호 가중치이다. R은 복수의 채널로 입력되는 각각의 입력 신호(x)에 대한 공분산(covariance)을 의미한다. a는 조향 벡터이다.

[0069] 공분산 R은 하기의 수학적 식 5처럼 표현될 수 있다.

[0070] [수학적 식 5]

$$R = E(XX^T)$$

[0071]

[0072] 여기서 X는 상술한 입력 신호(x)에 대한 행렬, 예를 들어 ($1 \times m$) 벡터이다.

[0073] 일 실시예에 의하면 공분산 R은 수학적 식 5에 따라 연산된 입력 신호(x)에 대한 공분산을 변환한 변환된 공분산 R_1 일 수도 있다. 즉, 입력 신호(x)에 대한 변환된 공분산일 수 있다. 이 경우 공분산 R의 변환을 위해서 변환 함수 데이터베이스(50)에서 전달된 변환 함수(V)가 이용될 수 있다. 이를 수학적 식으로 표현하면 하기의 수학적 식 6과 같다.

[0074] [수학적 식 6]

$$R_1 = V^H R V$$

[0075]

[0076] 조향 벡터는 신호의 위상을 제어하기 위한 것이다. 수학적 식 4의 조향 벡터 a 역시 일 실시예에 의하면 상술한 공분산 R과 마찬가지로 변환된 조향 벡터 v_1 일 수 있다. 이 경우 조향 벡터 a의 변환을 위해서 공분산 R을 변환하기 위한 변환 함수(V)와 동일한 변환 함수(V)가 이용될 수 있다. 그러면 구체적으로 변환된 조향 벡터 v_1 는 다음의 수학적 식 7에 의해 연산될 수 있다.

[0077] [수학식 7]

$$v_1 = V^H a$$

[0078]

[0079] 수학식 4에 변환된 공분산 R_1 과 변환된 조향 벡터 v_1 을 대입하면 변환 신호 가중치(β)는 다음의 수학식 8에 의해 연산될 수 있다.

[0080] [수학식 8]

$$\beta = \frac{R_1^{-1} v_1}{v_1^H R_1^{-1} v_1}$$

[0081]

[0082] 상술한 수학식 4 또는 수학식 8에 따라 변환 신호 가중치(β)가 연산된다. 수학식 4 내지 수학식 8에 기재된 바와 같이 실시예에 따라서 변환 신호 가중치(β)는 입력되는 입력 신호(x)에 따라 달라질 수 있고, 또한 이용하는 변환 함수(V)에 따라서도 달라질 수 있다. 변환 함수(V)는 사전에 미리 연산되어 정의되어 있고 입력 신호(x)에 따라서 선택되어 사용될 수 있으므로 변환 신호 가중치(β)는 입력 신호(x)에 따라 주로 달라질 수 있다.

[0083] 변환 신호 가중치(β)는 소정의 열벡터(column vector)로 주어질 수 있으며, 만약 변환 함수(V)가 (MxN)의 행렬로 표현되는 경우에는 변환 신호 가중치(β)는 (Nx1)행렬, 즉 (Nx1) 열벡터로 주어진다.

[0084] 합성부(30)는 변환부(10)에서 생성되어 출력되는 변환 신호(u) 및 가중치 연산부(20)에서 연산한 변환 신호 가중치(β)를 기초로 결과 신호(x')를 생성하도록 한다. 이 경우 합성부(30)는 변환 신호(u)와 변환 신호 가중치(β)를 조합하여 결과 신호(x')를 생성할 수 있는데, 예를 들어 변환 신호(u)와 변환 신호 가중치(β)를 가중합하여 결과 신호(x')를 생성할 수도 있다. 결과적으로 빔 포밍 모듈은 소정의 입력 신호(x)에 대해 빔 포밍이 수행된 결과 신호(x')를 생성하여 출력할 수 있게 된다.

[0085] 합성부(30)의 일 실시예에 의하면 합성부(30)는 하기의 수학식 9에 따라 변환 신호(u) 및 변환 신호 가중치(β)를 기초로 결과 신호(x')를 연산하도록 할 수 있다.

[0086] [수학식 9]

$$z = \beta^H u$$

[0087]

[0088] z는 결과 신호이고, β 는 가중치 연산부(20)에서 연산된 변환 신호 가중치이며, u는 변환부(10)에서 입력 신호(x)를 변환시킨 변환 신호이다.

[0089] 도 3은 빔 포밍 모듈의 다른 실시예에 대한 구성도이다. 도 3에 도시된 바와 같이 빔 포밍 모듈은 일 실시예에 있어서 변환 함수 선택부(40)를 더 포함할 수 있다. 변환 함수 선택부(40)는 변환 함수 데이터베이스(50)에 저장된 복수의 변환 함수(V_1 내지 V_n) 중에서 적어도 하나의 변환 함수(V)를 선택하도록 한다. 선택된 변환 함수(V)는 변환부(10)나 가중치 연산부(20) 또는 양자 모두에게 전달된다.

[0090] 변환 함수 선택부(40)는 미리 정해진 소정의 기준이나 또는 사용자 등으로부터 입력되는 지시에 따라 적어도 하나의 변환 함수(V)를 선택하도록 할 수 있다. 이 경우 변환 함수 선택부(40)는 입력되는 입력 신호(x)에 따라서

적절한 변환 함수(V)를 선택하도록 하는 것도 가능하다.

- [0091] 구체적으로 변환 함수 선택부(40)는 도 3에 도시된 바와 같이 변환부(10)나 가중치 연산부(20)와 동일하게 입력 신호(x)를 전달받고, 입력 신호(x)를 분석한 후 변환 함수 데이터베이스(50)를 열람하여 변환 함수 데이터베이스(50)에 저장된 적어도 하나의 변환 함수 중에서 전달받은 입력 신호(x)에 상응하는 최적의 변환 함수(V)를 선택하도록 할 수 있다.
- [0092] 변환 함수 선택부(40)는 상술한 방법으로 선택한 변환 함수(V)에 대한 정보를 변환부(10)나 가중치 연산부(20) 또는 양자 모두로 전달하고, 변환부(10)나 가중치 연산부(20) 또는 양자 모두는 전달받은 변환 함수(V)에 대한 정보에 따라서 변환 함수 데이터베이스(50)로부터 변환 함수(V)를 호출하도록 한다. 물론 변환 함수 선택부(40)가 변환 함수 데이터베이스(50)로부터 변환 함수(V)를 호출하고 호출된 변환 함수(V)를 변환부(10)나 가중치 연산부(20) 또는 양자 모두에 전달하도록 하는 것도 가능하다. 변환부(10) 또는 가중치 연산부(20)는 전달받은 변환 함수(V)를 기초로 변환 신호(u) 또는 변환 신호 가중치(β)를 연산하여 합성부(30)로 전달한다.
- [0093] (2) 이하 도 4 내지 도 11을 참조하여 초음파 이미징 장치의 실시예들에 대해 설명하도록 한다.
- [0094] 도 4는 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 대한 사시도이고, 도 5는 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 대한 구성도이다.
- [0095] 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이 초음파 이미징 장치는, 대상체(ob)에 초음파를 조사하고 대상체(ob)로부터 에코 초음파를 수신하여 전기적 신호, 즉 초음파 신호로 변환하는 초음파 탐침부(p)와, 초음파 신호를 기초로 초음파 영상을 생성하는 본체부(m)를 포함한다. 도 4에 도시된 것처럼 초음파 탐침부(p)는 초음파 이미징 장치의 초음파 프로브일 수 있고, 본체부(m)는 초음파 프로브와 연결되어 입력 수단(i)과 디스플레이 수단(d)을 구비한 워크 스테이션일 수 있다. 그러나 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 초음파 신호를 기초로 초음파 영상을 생성하기 위한 각종 구성, 예를 들어 도 7의 빔 포밍부(100)나 영상 처리부(220) 등이 초음파 프로브에 형성되어 있는 실시예도 가능하다. 다만 이하에서는 설명의 편의를 위해서 초음파 프로브가 초음파 탐침부(p)의 역할을 하고 빔 포밍이나 영상 처리 등은 본체부(m)에서 수행되는 초음파 이미징 장치의 일 실시예를 기초로 설명하도록 한다.
- [0096] 도 5에 도시된 바와 같이 초음파 영상 장치는 일 실시예에 있어서 초음파 발생부(p11) 및 초음파 수신부(p12)를 포함하는 초음파 탐침부(p)와, 빔 포밍부(100), 초음파 발생 제어부(210), 영상 처리부(220), 저장부(221), 입력부(i) 및 디스플레이부(d)를 포함하고 있을 수 있다.
- [0097] 초음파 탐침부(p)는 초음파를 이용하여 대상체(ob)의 목표 부위(ob1)에 대한 정보를 수집한다.
- [0098] 도 5를 참조하면 초음파 탐침부(p)는 초음파를 발생시켜 대상체(ob) 내부의 목표 부위(ob1)에 조사하는 초음파 발생부(p11) 및 에코 초음파를 수신하는 초음파 수신부(p12)를 포함할 수 있다. 초음파 발생부(p11)는 초음파 발생 제어부(210)의 제어에 따라서 초음파 발생부(p11)는 인가되는 펄스 신호 또는 교류 신호에 따라서 초음파를 생성한다. 초음파 발생부(p11)에서 발생된 초음파는 대상체 내부의 목표 부위(ob1)에서 반사된다. 초음파 수신부(p12)는 반사된 초음파 즉, 에코 초음파를 수신하고 에코 초음파의 주파수에 따라 소정의 교류 전류를 생성한다. 그 결과 초음파 신호(x)가 생성된다.
- [0099] 도 6은 초음파 탐침부의 일 실시예에 대한 평면도이다. 도 6에 도시된 바를 참조하면 초음파 탐침부(p)는 일 말단에 복수의 초음파 트랜스듀서(p10)가 설치되어 있을 수 있다. 초음파 트랜스듀서(p10)는, 인가되는 신호나 전원에 따라서 상응하는 초음파를 생성하여 대상체(ob)로 조사하고, 대상체(ob)에서 반사되어 돌아오는 에코 초음파를 수신하여 전기적 신호로 변환한다.
- [0100] 구체적으로 초음파 트랜스듀서(p10)는, 외부의 전원 공급 장치나 또는 내부의 축전 장치, 예를 들어 배터리(battery) 등으로부터 전원을 공급받고, 인가되는 전원에 따라서 초음파 트랜스듀서(p10)의 압전 진동자나 박막 등이 진동함으로써 초음파를 생성한다. 아울러 초음파 트랜스듀서(p10)는 초음파의 수신에 따라 압전 물질이나 박막이 진동하면서 진동 주파수에 대응하는 주파수의 교류 전류를 생성하여 초음파를 전기적 신호(x, 이하 초음파 신호)로 변환한다. 그리고 생성한 초음파 신호(x)를 도 6에 도시된 것과 같이 복수의 채널(c1 내지 c10)을

통하여 본체부(m)의 빔 포밍부(도 7의 100)로 전달한다.

[0101] 이상 설명한 초음파 트랜스듀서(p10)는, 자성체의 자왜효과를 이용하는 자왜 초음파 트랜스듀서(Magnetostrictive Ultrasonic Transducer)나, 압전 물질의 압전 효과를 이용한 압전 초음파 트랜스듀서(Piezoelectric Ultrasonic Transducer), 미세 가공된 수백 또는 수천 개의 박막의 진동을 이용하여 초음파를 송수신하는 정전용량형 미세가공 초음파 트랜스듀서(cMUT, Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer) 등이 이용될 수 있다. 또한 이외에 전기적 신호에 따라 초음파를 생성하거나 또는 초음파에 따라 전기적 신호를 생성할 수 있는 다른 종류의 트랜스듀서들 역시 이상 설명한 초음파 트랜스듀서(p10)의 일례에 해당할 것이다.

[0102] 도 5에 도시된 바와 같이 초음파 탐침부(p)는 일 실시예에 따르면 초음파를 발생시키는 수단, 즉 초음파 발생부(p11) 및 초음파를 수신하는 수단, 즉 초음파 수신부(p12)를 각각 별도로 구비할 수도 있으나, 도 6에 도시된 바와 같이 초음파 발생부(p11) 및 초음파 수신부(p12)의 기능을 모두 수행하는 적어도 하나의 초음파 트랜스듀서(p10)를 포함할 수도 있다. 다시 말해서 도 5를 통해 설명한 초음파 발생부(p11) 및 초음파 수신부(p12)는 결합되어 있을 수도 있다.

[0103] 초음파 트랜스듀서(p10)가 초음파 탐침부(p)의 말단에 일례로 64개 또는 128개가 설치되어 있을 수 있다. 따라서 초음파 프로브(p)를 통해 전달되는 초음파 신호 역시 복수의 채널, 예를 들어 64개 또는 128개의 채널로 전달된다.

[0104] 본체부(m)의 빔 포밍부(100)는 초음파 탐침부(p)로부터 복수 채널의 초음파 신호를 전달받고, 초음파 신호(x)를 빔 포밍한다.

[0105] 도 7은 빔 포밍부의 일 실시예를 도시한 도면이다.

[0106] 도 7에 도시된 바와 같이 목표 부위(ob1)에서 반사되어 돌아오는 에코 초음파는 상술한 바와 같이 초음파 수신부(p11), 일례로 초음파 트랜스듀서(p10)에 의해 수신된다. 그런데 동일한 목표 부위(ob1)에서 반사되어 돌아오는 에코 초음파라고 해도 초음파 탐침부(p)에 설치된 각각의 초음파 트랜스듀서(p10)가 동일 목표 부위(ob1)에서 전달된 에코 초음파를 수신하는 시간은 서로 상이하다. 즉, 동일한 목표 부위(ob1)의 에코 초음파들의 수신에 있어서 각각 소정의 시간차가 존재한다. 왜냐하면 목표 부위(ob1)와 에코 초음파를 수신하는 각 초음파 트랜스듀서(T1 내지 T6) 사이의 거리는 모두 동일한 것은 아니기 때문이다. 따라서 각각의 초음파 트랜스듀서(T1 내지 T6)가 서로 다른 시간에 수신한 에코 초음파라고 하더라도 동일한 목표 부위(ob1)에서 반사되어 돌아오는 에코 초음파 일 수 있다. 이에 따라 각 초음파 트랜스듀서(T1 내지 T6)에 의해 발생된 초음파 신호 사이의 시간차를 먼저 보정해주어야 한다.

[0107] 시차보정부(110)는 이와 같은 초음파 신호 간의 시간 차를 보정한다. 예를 들어 시차보정부(110)는 도 7에 도시된 바와 같이 특정 채널로 입력되는 초음파 신호의 전송을 일정한 수준으로 지연시켜 각 채널로 입력되는 초음파 신호(x)가 동일한 시간에 집속부(120)로 전달되도록 한다.

[0108] 집속부(120)는 시간차가 보정된 초음파 신호(x)를 집속하도록 한다.

[0109] 보통 초음파 영상 장치에서 빔 포밍된 스캔 라인(scan line)을 추출하기 위하여 수행되는 빔 포밍 프로세스는 일반적으로 다음의 수학적 식 10과 같이 표현될 수 있다.

[0110] [수학적 식 10]

$$z[n] = \sum_{m=0}^{M-1} w_m[n] x_m[n - \Delta_m[n]]$$

[0111]

[0112] 여기서 n은 목표 부위(ob1)의 위치를 의미하는 값이고, m은 목표 부위(ob1)의 위치(n)에서 m번째 채널의 초음파 신호에 추가되는 빔 포밍 계수(w)를 의미한다.

- [0113] 한편 Δ_m 은 특정 채널로 입력되는 초음파 신호의 전송 시간을 일정 정도로 지연시키는 시간 지연값이다. 다시 말해서 $x_m[n - \Delta_m[n]]$ 은 시차가 보정된 각 채널의 초음파 신호를 의미한다.
- [0114] 만약 입력 신호가 시간차가 이미 보정된 것이라고 가정한다면 상술한 수학식 10은 하기의 수학식 11과 같이 다시 쓰여질 수 있다.
- [0115] [수학식 11]
- [0116]
$$x' = w^H x$$
- [0117] 즉, 일반적인 초음파 빔 포밍은 수학식 10 및 수학식 11에 기재된 바와 같이 각 채널의 초음파 신호(x)의 시간차를 보정한 후 시간차가 보정된 신호(x-Δx)에 소정의 가중치를 부가하여 집속된 초음파 신호(x')를 출력한다.
- [0118] 이하 도 8 및 도 9를 참조하여 집속부(120)에 대해 더욱 구체적으로 설명하도록 한다. 도 8 및 도 9는 빔 포밍부(100)의 일 실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- [0119] 도 8 및 도 9에 도시된 바와 같이 집속부(120)는 변환부(121), 가중치 연산부(122), 합성부(123) 및 변환 함수 선택부(124)를 포함할 수 있다.
- [0120] 변환부(121)는, 도 8 및 도 9에 도시된 바와 같이 시차보정부(110)에 의해 시간차가 보정된 복수의 초음파 신호(x)를 입력받고, 입력된 복수의 초음파 신호(x)를 변환하여 변환 초음파 신호(u)를 생성한 후 생성된 변환 초음파 신호(u)를 합성부(123)로 전달한다. 이 경우 변환부(121)는 소정의 변환 함수(V)를 이용하여 변환 초음파 신호(u)를 생성하도록 할 수 있다. 예를 들어 변환부(121)는 초음파 신호(x)와 소정의 변환 함수(V)를 곱하여 변환 초음파 신호(u)를 연산할 수 있다. 즉, 변환부(121)는 상술한 수학식 1을 이용하여 변환 초음파 신호(u)를 산출할 수 있다.
- [0121] 한편 변환부(121)는 별도의 변환 함수 데이터베이스(130)에 저장된 변환 함수(V)를 이용하여 변환 초음파 신호(u)를 산출할 수 있다. 변환 함수 데이터베이스(130)는 미리 정의된 적어도 하나의 변환 함수(V_1 내지 V_n)로 구성된 데이터베이스이다. 변환 함수 데이터베이스(130)의 포함된 적어도 하나의 변환 함수(V)는, 일 실시예에 의하면 경험적으로 또는 이론적으로 얻을 수 있는 다양한 형태의 초음파 신호(x)를 기초로 미리 계산하여 획득된 것일 수 있다. 이 경우 개개의 변환 함수(V)는 다양한 형태의 초음파 신호(x) 각각에 상응하도록 연산된 것일 수 있다. 또한 변환 함수 데이터베이스(130)에 포함된 변환 함수(V)들은, 입력되거나 또는 입력 가능한 초음파 신호(x)를 기초로 연산된 빔 포밍 계수(w)를 기초로 획득한 기저 벡터(bv)이거나 또는 복수의 기저 벡터(bv)의 조합으로 생성된 것일 수 있다. 이 경우 복수의 기저 벡터(bv)는 서로 직교하는 직교 벡터일 수 있으며, 더욱 구체적으로는 고유 벡터이거나 푸리에 기저 벡터일 수 있다. 한편 입력되거나 또는 입력 가능한 초음파 신호(x)를 기초로 연산된 빔 포밍 계수(w)는 일 실시예에 의하면 도 9에 도시된 바와 같이 복수의 채널의 초음파 신호에 대해 최소 분산법을 적용하여 얻은 최적의 빔 포밍 계수(w^*)일 수 있다. 또한 빔 포밍 계수(w)를 기초로 획득한 기저 벡터(bv)는 일 실시예에 의하면 빔 포밍 계수(w 또는 w^*)에 대해 주 성분 분석을 수행하여 획득한 기저 벡터(bv)일 수도 있다.
- [0122] 가중치 연산부(122)는, 변환부(121)에서 출력되는 변환 초음파 신호(u)에 부가되는 변환 초음파 신호 가중치(β)를 계산하도록 한다. 이 경우 가중치 연산부(122)는 초음파 신호(x)나 변환 함수(V) 중 어느 하나 또는 양자를 모두 이용하여 변환 초음파 신호(u)에 대한 변환 초음파 신호 가중치(β)를 연산하도록 할 수 있다. 즉, 가중치 연산부(122)는 도 9에 도시된 바와 같이 복수의 채널로 입력되는 초음파 신호를 별도로 입력받고, 변환 함수 데이

터베이스(130)로부터 변환 함수(V)를 독출할 수 있다. 이때 독출되는 변환 함수(V)는 변환부(121)에서 변환 초음파 신호(u)를 연산하기 위해 사용한 변환 함수(V)와 동일한 변환 함수(V)일 수도 있고, 필요에 따라서 다른 변환 함수(V)가 이용될 수도 있을 것이다.

[0123] 구체적으로 가중치 연산부(20)는 상술한 수학식 4 또는 수학식 8에 따라 변환 초음파 신호 가중치를 연산하도록 할 수 있다. 따라서 변환 초음파 신호 가중치(β)는 입력되는 초음파 신호(x)에 따라 달라질 수 있고, 또한 이용하는 변환 함수(V)에 따라서도 달라질 수 있다. 한편 가중치 연산부(20)에서 변환 초음파 신호 가중치(β)를 연산하는 경우에 있어서, 수학식 4 및 수학식 7에 기재된 조향 벡터는 초음파 발생부(p11)에서 대상체(ob)의 목표 부위(ob1)으로 조사되는 초음파의 위상을 제어하기 위한 것이다. 만약 시차 보정부(110)에 의해 보정되는 시차가 미리 방향에 따라 보정된 것이라고 가정한다면 조향 벡터 a는 1이 될 것이다.

[0124] 합성부(123)는 변환 초음파 신호(u)와 변환 초음파 신호 가중치(β)를 합성하여 빔 포밍된 초음파 신호(x')를 생성한다. 합성부(123)는 예를 들어 변환 초음파 신호(u)와 변환 초음파 신호 가중치(β)를 가중합하여 빔 포밍된 초음파 신호(x')를 생성할 수 있으며, 이 경우 일 실시예에 의하면 합성부(123)는 상술한 수학식 9 따라 빔 포밍된 초음파 신호(x')를 연산할 수 있다.

[0125] 한편 상술한 수학식 9는 다음의 수학식 12와 같이 다시 쓰여질 수 있다.

[0126] [수학식 12]

$$\begin{aligned} x' &= \beta^H u \\ &= \beta^H V^H x \\ &= (V\beta)^H x \end{aligned}$$

[0127]

[0128] 여기서 w를 다음의 수학식 13과 같이 정의한다면 결국 수학식 12는 수학식 14와 같이 표현될 수 있다.

[0129] [수학식 13]

$$w = V\beta$$

[0130]

[0131] [수학식 14]

$$x' = \beta^H u = w^H x$$

[0132]

[0133] 수학식 14를 살펴보면 수학식 14의 우변은 수학식 11과 동일함을 알 수 있다. 즉, 수학식 9는 수학식 11로 표현될 수도 있다는 것이다.

[0134] 다시 말해서 만약 빔 포밍 계수(w)가 수학식 13과 같이 정의된다면 수학식 9에 의해서 합성부(30)에서 출력되는 빔 포밍된 초음파 신호(x')는, 결국 초음파 신호(x)에 소정의 가중치, 즉 빔 포밍 계수(w)를 가중합한 것과 동일한 결과값을 출력하게 된다.

[0135] 따라서 합성부(30)는 초음파 신호(x)에 빔 포밍 계수(w)를 부가하여 획득한 빔 포밍된 초음파 신호(x')와 동일한 신호를 출력할 수 있다는 것이다.

[0136] 여기서 만약 적응형 빔 포밍 방법에 있어서 초음파 신호(x)에 따라 최적의 빔 포밍 계수(w)를 직접 계산하려고 하면, 먼저 초음파 신호(x)를 기초로 변환 함수(V)를 선택하고, 선택한 변환 함수(V)를 이루는 기저 벡터(bv)에

초음파 신호(x)를 투영하고, 투영된 초음파 신호(x)를 이용하여 변환 신호 가중치(β)를 연산한 후 다시 변환 함수(V)에 가중치(β)를 부가하여 최종적인 빔 포밍 계수(w)를 연산하도록 해야 한다. 따라서 빔 포밍의 연산 과정이 장기화되고, 아울러 연산량이 증가하게 된다.

[0137] 그러나 상술한 변환부(10), 가중치 연산부(20) 및 합성부(30)를 포함하는 집속부(120)를 포함하는 초음파 이미징 장치에 의하면 더 짧은 연산 과정과 더 적은 연산량으로도 동일한 빔 포밍된 초음파 신호(x')를 획득할 수 있게 된다.

[0138] 변환 함수 선택부(124)는 미리 결정된 설정 또는 입력부(i)를 통해 입력되는 사용자의 선택에 따라서 변환 함수 데이터베이스(130)로부터 변환부(121) 및 가중치 연산부(122) 중 어느 하나 또는 양자 모두에서 사용되는 변환 함수(V)를 선택하도록 한다. 실시예에 따라서 시스템 제어부(200)가 미리 결정된 설정 또는 입력부(i)를 통해 입력되는 사용자의 선택에 따라서 적절한 제어 명령을 생성하여 변환 함수 선택부(124)로 전달하고 변환 함수 선택부(124)는 제어 명령에 따라서 변환 함수(V)를 선택할 수 있다. 변환부(121) 및 가중치 연산부(122) 중 어느 하나 또는 양자 모두는 변환 함수 선택부(124)의 선택에 따라서 변환 함수 데이터베이스(130)로부터 변환 함수(V)를 전달받아 변환 초음파 신호(u) 또는 변환 초음파 신호 가중치(β)를 연산하여 합성부(123)으로 전달한다.

[0139] 상술한 변환부(121), 가중치 연산부(122) 및 합성부(123) 등을 이용하여 집속부(120)는 시차 보정된 초음파 신호(x)를 기초로 빔 포밍된 초음파 신호(x')를 생성하여 출력할 수 있게 된다. 빔 포밍부(100)에서 출력되는 빔 포밍된 초음파 신호(x')는 도 7에 도시된 바와 같이 영상처리부(220)로 전달된다.

[0140] 초음파 이미징 장치는, 일 실시예에 따르면, 빔 포밍된 초음파 신호(x')를 기초로 영상을 생성하는 영상 처리부(400)를 포함할 수 있다. 영상처리부(220)는 빔 포밍된 초음파 영상을 기초로 사용자, 예를 들어 의사나 환자 등이 시각적으로 대상체, 예를 들어 인체의 내부를 확인할 수 있도록 영상화하도록 한다. 즉, 영상 처리부(400)는, 초음파 수신부(p10), 예를 들어 트랜스듀서(p10)에 의해 수신되고 빔 포밍부(100)에 의해 빔 포밍된 초음파 신호를 이용하여 초음파 영상을 생성하여 저장부(221)나 디스플레이부(d)로 전달하도록 한다.

[0141] 또한 영상처리부(220)는 실시예에 따라서 초음파 영상에 대해 별도의 추가적인 영상 처리를 더 수행할 수 있다. 예를 들어 영상처리부(220)는 초음파 영상의 대조(contrast)나 명암(brightness), 선예도(sharpness)를 보정하거나 또는 재조정하는 것 등과 같은 영상 후처리(post-processing)을 더 수행하도록 할 수 있다. 필요에 따라서 초음파 영상의 특정 부위를 더 강조하도록 할 수도 있다. 또한 복수의 초음파 영상을 생성한 후 복수의 초음파 영상을 이용하여 입체 초음파 영상을 생성하도록 하는 것도 가능하다. 이와 같은 영상처리부(220)의 추가적인 영상 처리는 기정해진 설정에 따라 수행될 수도 있고, 입력부(i)를 통해 입력되는 사용자의 지시 또는 명령에 따라 더 수행될 수도 있다.

[0142] 저장부(221)는 영상처리부(220)에서 생성하거나 초음파 영상 또는 별도의 후처리가 수행된 초음파 영상을 저장하고, 사용자 등의 요청에 따라 초음파 영상을 디스플레이부(d)에 표시하도록 할 수 있다.

[0143] 디스플레이부(d)는 영상처리부(220)에서 생성된 초음파 영상이나 저장부(221)에서 저장된 초음파 영상을 표시하여 사용자가 대상체(ob) 내부의 구조나 조직 등을 시각적으로 확인할 수 있도록 한다.

[0144] 또한 초음파 영상 장치의 본체부(m)는 초음파 발생 제어부(210)를 포함하고 있을 수 있다. 초음파 발생 제어부(210)는 시스템 제어부(220) 등의 명령에 따라서 펄스 신호를 생성하여 초음파 발생부(p11)에 전달하여 초음파 발생부(p11)가 펄스 신호에 따라 초음파를 생성하여 대상체(ob)로 조사하도록 한다. 또한 초음파 발생 제어부(210)는 전원(211)에 대한 별도의 제어 신호를 생성하여 전원(211)이 초음파 발생부(p11)로 소정의 교류 전류를 인가하도록 할 수도 있다.

[0145] 시스템 제어부(220)는 상술한 빔 포밍부(100), 초음파 발생 제어부(210), 영상처리부(220), 저장부(221) 및 디스플레이부(d) 등의 초음파 이미징 장치의 전반적인 동작을 제어하도록 한다.

[0146] 실시예에 따라서 시스템 제어부(220)는 기정해진 설정에 따라서 초음파 이미징 장치의 동작을 제어할 수도

있고, 별도의 입력부(i)를 통해 입력되는 사용자의 지시 또는 명령에 따라서 소정의 제어 명령을 생성한 후 초음파 이미징 장치의 동작을 제어하도록 할 수 있다.

[0147] 입력부(i)는 초음파 이미징 장치의 제어를 위해 사용자로부터 소정의 지시나 명령을 입력받는다. 입력부(i)는 예를 들어 키보드(keyboard), 마우스(mouse), 트랙볼(trackball), 터치스크린(touch screen) 또는 패들(paddle) 등과 같은 사용자 인터페이스를 포함하고 있을 수 있다.

[0148] 도 10은 종래 기술에 의해 복원된 초음파 영상의 일례를 도시한 도면이고, 도 11은 상술한 초음파 이미징 장치에 의해 복원된 초음파 영상의 일례를 도시한 도면이다. 도 10 및 도 11에서 상측의 도면은 B 모드(B mode, brightness mode)의 초음파 영상이고, 하측의 그림은 특정 목표 부위(예를 들어 상측 도면의 A나 B)에 대한 그림을 확대한 도면이다. 또한 도 10 및 도 11에서 세로축은 목표 부위(ob1)의 깊이를 의미한다.

[0149] 도 10의 (a)는 헨 윈도우(Hann window)를 이용하여 빔 포밍을 수행하는 해닝 아포다이제이션(Hanning apodization) 방법에 의한 빔 포밍 결과를 도시한 것이다. 도 10의 (b)는 직사각형 조리개(rectangular apertures)를 이용하여 빔 포밍을 수행한 직사각형 아포다이제이션(rectangular apodization) 방법에 의한 빔 포밍 결과를 도시하고 있다. 해닝 아포다이제이션 방법 및 직사각형 아포다이제이션 방법은 데이터 독립형 빔 포밍 방법이다. 아울러 도 10의 (c)는 적응형 빔 포밍 방법의 일종인 최소 분산 빔 포밍 방법(MV beam-forming)을 이용하여 획득한 초음파 영상에 대한 것이다.

[0150] 도 10의 (a) 내지 도 10(c)에 도시된 바와 같이 동일한 목표 부위(ob1)라고 하더라도 복원되는 영상 간에는 차이가 존재한다. 예를 들어 해닝 아포다이제이션 방법을 이용한 경우(도 10의 (a))에는 대조도가 높으나 상대적으로 해상도(resolution)가 저하된다. 따라서 목표 부위(ob1)의 폭(하측 그림의 d)이 다른 방법을 이용하여 빔 포밍한 것보다 두껍게 나타난다. 직사각형 아포다이제이션을 이용한 경우에는 도 10에 도시된 바와 같이 해상도가 해닝 아포다이제이션을 이용한 경우보다 개선되나 반대로 대조도가 저하된다. 또한 특유의 노이즈, 도 10의 (b) 하단 그림에 도시된 X자형 노이즈가 발생되어 있다. 도 10의 (c)에 도시된 적응형 빔 포밍 방법에 의해 복원된 초음파 영상은 해상도 및 대조도가 모두 높다. 그러나 적응형 빔 포밍 방법을 이용하여 빔 포밍하는 경우에는 초음파 신호에 추가되는 빔 포밍 계수(w)가 고정된 것이 아니고 입력되는 초음파 신호에 따라 가변적인 것이어서 앞선 두 가지 방법에 비해서 연산량이 많아질 수밖에 없다.

[0151] 도 11의 (a)는 상술한 초음파 이미징 장치에 있어서 가중치의 차원을 2차원으로 변환하는 방법으로 집속하여 복원된 영상이다. 다시 말해서, 상술한 변환 함수 데이터베이스(130)에서 추가되는 빔 포밍 계수의 차원을 2차원으로 감소시키는 변환 함수(V)를 선택한 후 변환 함수(V)를 이용하여 초음파 신호(x)를 변환시키고 변환된 초음파 신호(u)에 대한 가중치를 연산한 후 합성하여 빔 포밍한 결과 획득한 초음파 영상이다.

[0152] 도 11의 (a)에 도시된 바와 같이 빔 포밍 계수의 차원을 2차원으로 감소시켰음에도 불구하고 도 10의 (a) 및 (b)의 해닝 아포다이제이션 및 직사각형 아포다이제이션을 통해 복원된 초음파 영상보다 해상도 및 대조도가 개선된 것을 알 수 있다. 도 10의 (c)에 도시된 적응형 빔 포밍 방법에 의해 복원된 초음파 영상과 동일할 정도로 높은 해상도와 대조도를 보이고 있다.

[0153] 도 11의 (b)는 빔 포밍 계수의 차원을 3차원으로 감소시키는 변환 함수(V)를 선택한 경우이다. 이 역시 마찬가지로 도 10의 (a) 및 (b)의 해닝 아포다이제이션 및 직사각형 아포다이제이션을 통해 복원된 초음파 영상보다 해상도 및 대조도가 개선되었으며, 도 10의 (c)에 도시된 적응형 빔 포밍 방법에 의해 복원된 초음파 영상과 거의 동일한 해상도와 대조도를 구비하고 있다. 이 경우 도 10 및 도 11에 도시된 각 위치(A, B)에서의 해상도(단위 mm)는 다음의 표 1과 같다.

표 1

[0154]

구분	지점 A	지점 B	평균
해닝 아포다이제이션(도 10 (a))	0.476	0.658	0.567
직사각형 아포다이제이션(도 10 (b))	0.295	0.385	0.340
2차원으로 차원을 감소시킨 경우(도 11 (a))	0.159	0.295	0.227
3차원으로 차원을 감소시킨 경우(도 11 (b))	0.159	0.181	0.170
4차원으로 차원을 감소시킨 경우	0.159	0.159	0.159
표준 최소 분산법에 의한 경우(도 10 (c))	0.159	0.159	0.159

[0155] 도 10 및 도 11에 도시된 각 위치(A, B)에서의 CNR(단위 dB)는 표 2와 같다.

표 2

구분	Hyperechoic	anechoic	평균
해닝 아포다이제이션(도 10 (a))	2.698	2.107	2.403
직사각형 아포다이제이션(도 10 (b))	2.720	1.346	2.033
2차원으로 차원을 감소시킨 경우(도 11 (a))	2.736	2.097	2.417
3차원으로 차원을 감소시킨 경우(도 11 (b))	2.726	2.134	2.430
4차원으로 차원을 감소시킨 경우	2.733	2.141	2.437
표준 최소 분산법에 의한 경우(도 10 (c))	2.719	2.157	2.438

[0157] 상술한 표 1 및 표 2의 내용을 참조하면, 상술한 빔 포밍부(100)를 이용하는 초음파 이미징 장치의 경우 데이터 독립형 빔 포밍 방법보다 해상도가 개선되어 있음을 알 수 있다. 또한 적응형 빔 포밍에 따라 복원된 영상과 거의 동일함을 알 수 있다. 따라서 상술한 빔 포밍부(100)를 이용하는 초음파 이미징 장치는 적응형 빔 포밍의 경우보다 연산량을 감소시키면서도 적응형 빔 포밍 방법에 의한 초음파 영상과 실질적으로 동일하게 초음파 영상을 복원할 수 있다.

[0158] (3) 이하 도 12 내지 도 14를 참조하여 빔 포밍 방법과 초음파 이미징 장치 제어 방법의 실시예들에 대해 설명한다.

[0159] 도 12는 빔 포밍 방법의 일 실시예에 대한 흐름도이다. 도 12에 도시된 바와 같이 빔 포밍 방법의 일 실시예에 따르면 먼저 외부로부터 빔 포밍 모듈로 빔 포밍시킬 신호(x)가 입력된다.(s500) 그러면 빔 포밍 모듈은 입력된 신호(x)에 대한 변환 신호(u)를 생성한다.(s510) 이 경우 상술한 수학적 식 1에 따라 입력 신호(x)와 변환 함수(V)를 곱하여 변환 신호(u)를 연산 및 생성하도록 할 수 있다.

[0160] 변환 신호(u)의 연산 및 생성과 별도로 변환 신호(u)에 대한 변환 신호 가중치(β)를 연산한다.(s520) 변환 신호 가중치(β)의 연산은 변환 신호(u)의 연산과 동시에 또는 이시에 수행될 수 있으며, 필요에 따라서는 순차적으로 수행될 수도 있다. 이 경우 변환 신호 가중치(β)의 연산은 상술한 수학적 식 4 또는 수학적 식 8에 따라 수행될 수 있다.

[0161] 그리고 연산된 변환 신호(u) 및 변환 신호 가중치(β)를 합성하여 결과 신호(x')를 생성한다.(s530) 이 경우 상술한 수학적 식 9가 이용될 수 있다.

[0162] 도 13는 초음파 이미징 장치 제어 방법의 일 실시예에 대한 흐름도이다.

[0163] 도 13에 도시된 바와 같이 초음파 이미징 장치 제어 방법의 일 실시예에 따르면 먼저 초음파 탐침부(p)가 인가되는 전원에 따라서 초음파를 발생시키고, 대상체(ob)의 목표 부위(ob1)로 초음파를 조사한다. 이어서 초음파 탐침부(p)는 목표 부위(ob1)에서 반사되어 돌아오는 에코 초음파를 수신한다.(s700) 초음파 탐침부(p)는 수신한 에코 초음파를 전기적 신호로 변환하여 에코 초음파에 상응하는 초음파 신호(x)를 복수의 채널을 통해 출력한다.(s710)

[0164] 복수 채널의 초음파 신호(x)가 출력되면 복수 채널의 초음파 신호(x)에 대한 시간 지연 등의 방법을 통해 각 채널의 초음파 신호(x)의 시간차가 보정된다.(s720)

[0165] 이어서 시간차가 보정된 초음파 신호(x)에 대한 소정의 변환 함수가 결정된다.(s730) 소정의 변환 함수는 미리 정해진 변환 함수(V)일 수도 있다. 이 경우 변환 함수(V)는 변환 함수 데이터베이스(130)에서 호출된 변환 함수(V)일 수도 있다.

[0166] 변환 함수(V)에 따라서 초음파 신호(x)가 변환된다.(s740) 상술한 수학적 식 1이 초음파 신호(x)의 변환을 위해 사

용될 수 있다.

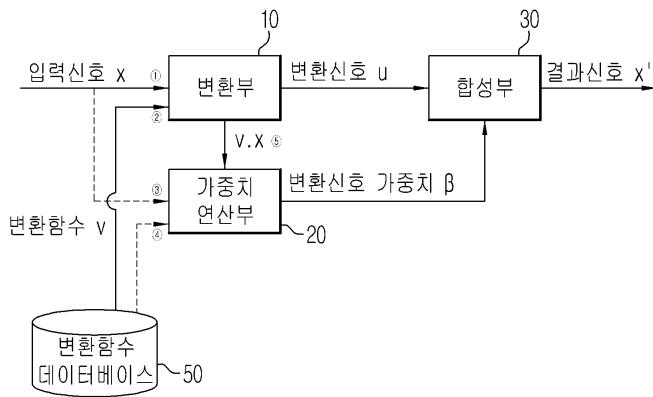
- [0167] 한편으로 초음파 신호(x) 및 변환 함수(V)에 따라 변환 초음파 신호 가중치(β)가 연산된다.(s750) 이 경우 상술한 수학적식 4 또는 수학적식 8이 이용될 수 있다.
- [0168] 그리고 변환 초음파 신호 가중치(β)와 변환된 초음파 신호(u)가 합성된다. 이 경우 수학적식 9에 표현된 것처럼 변환 초음파 신호 가중치(β)와 변환된 초음파 신호(u)를 가중합시키는 방법을 이용할 수도 있다.(s760)
- [0169] 합성 결과 빔 포밍된 초음파 신호(x')가 생성되어 출력된다.(s770)
- [0170] 그리고 출력된 빔 포밍된 초음파 신호(x')를 기초로 초음파 영상이 생성되고, 생성된 초음파 영상은 디스플레이부(d)를 통해 표시된다.(s780) 따라서 사용자는 초음파 이미징 장치 제어 방법의 일 실시예에 따라 복원된 초음파 영상을 볼 수 있게 된다.
- [0171] 도 14는 초음파 이미징 장치 제어 방법의 다른 실시예에 대한 흐름도이다.
- [0172] 도 14에 도시된 바와 같이 초음파 이미징 장치 제어 방법의 다른 실시예에 따르면, 먼저 상술한 바와 동일하게 초음파 탐침부(p)가 대상체(ob)로 조사된 후 반사되어 돌아오는 에코 초음파를 수신하고,(s800) 수신한 에코 초음파에 따라 복수 채널의 초음파 신호(x)를 출력한다.(s810)
- [0173] 이어서 빔 포밍부(100)의 시차보정부(110)에 의해 복수 채널의 초음파 신호(x)의 시간차가 시간 지연 등의 방법을 통해서 보정된다.(s820)
- [0174] 변환 함수 선택부(124)는 시간차가 보정된 초음파 신호(x)에 상응하는 변환 함수(V)를 선택하고,(s830) 변환부(121)는 변환 함수(V)에 따라 초음파 신호(x)를 변환하여 변환된 초음파 신호(u)를 생성한다.(s840) 이 경우 변환부(121)는 상술한 수학적식 1에 따라서 초음파 신호(x)를 변환할 수 있다. 변환부(121)는 이어서 초음파 신호 변환에 이용한 변환 함수(V) 및 시간차가 보정된 초음파 신호(x)를 가중치 연산부(122) 및 합성부(123)으로 전달한다.(s850)
- [0175] 가중치 연산부(122)는 수신받은 변환 함수(V) 및 초음파 신호(x)를 이용하여 변환 초음파 신호 가중치(β)를 연산한다.(s860) 상술한 수학적식 4 및 수학적식 8이 변환 초음파 신호 가중치(β)의 연산에 이용될 수 있다. 연산된 변환 초음파 신호 가중치(β)는 합성부(123)으로 전달된다.
- [0176] 합성부(123)는 변환부(121)에서 전달받은 변환된 초음파 신호(u)와 가중치 연산부(122)로부터 전달받은 변환 초음파 신호 가중치(β)를 수학적식 9와 같이 가중합하는 방법을 통하여 합성하여(s870) 빔 포밍된 초음파 신호(x')를 생성하여 출력한다.(s880)
- [0177] 영상처리부(220)는 출력된 빔 포밍된 초음파 신호(x')를 기초로 초음파 영상을 생성하고 디스플레이부(d)에 표시한다.(s890) 그 결과 사용자는 초음파 이미징 장치 제어 방법의 다른 실시예에 의해 복원된 초음파 영상을 볼 수 있게 된다.

부호의 설명

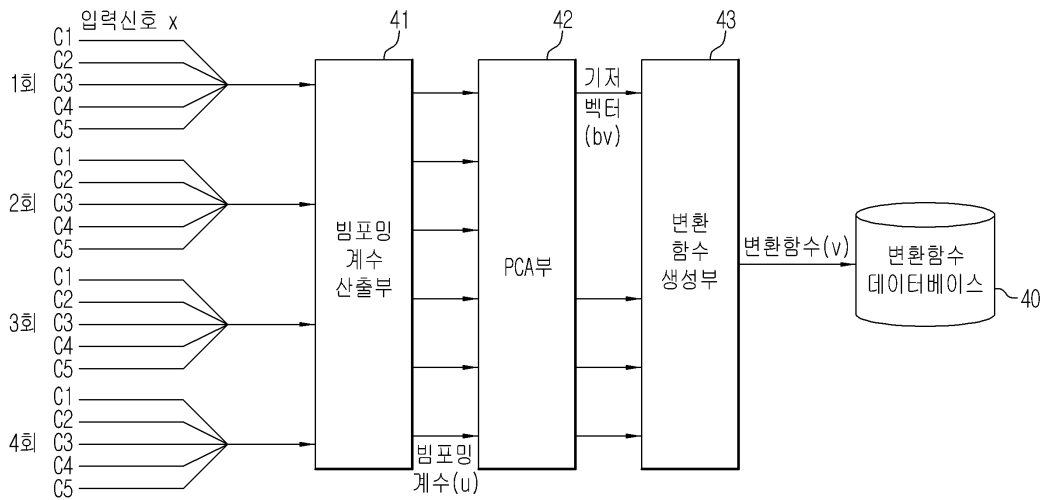
- [0178]
- | | |
|-------------------|----------------|
| 10 : 변환부 | 20 : 가중치 연산부 |
| 30 : 합성부 | 40 : 변환 함수 선택부 |
| 50 : 변환 함수 데이터베이스 | 100 : 빔 포밍부 |
| 110 : 시차 보정부 | 120 : 집속부 |
| 121 : 변환부 | 122 : 가중치 연산부 |
| 123 : 합성부 | 200 : 시스템 제어부 |
| 210 : 초음파 발생 제어부 | 220 : 영상처리부 |
| 221 : 저장부 | |

도면

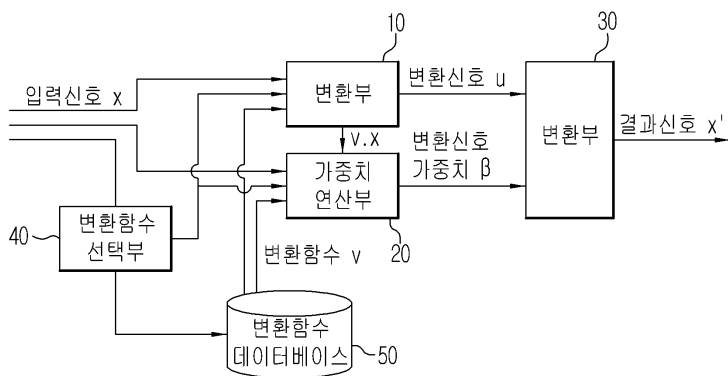
도면1



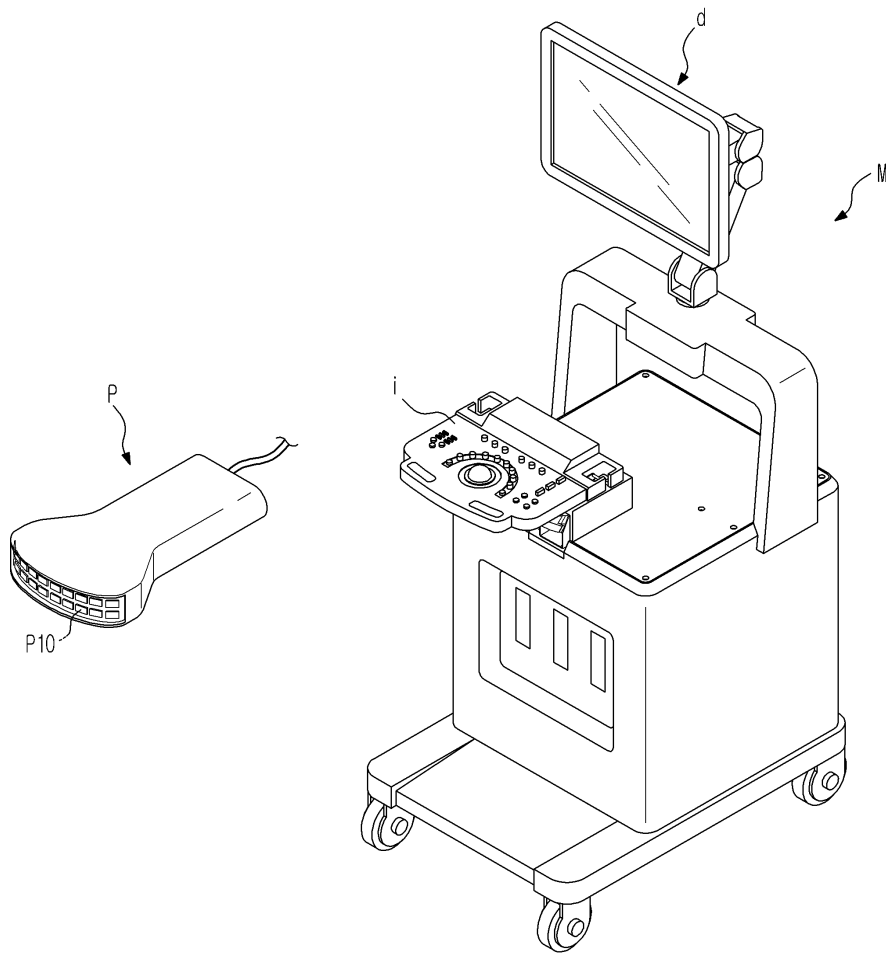
도면2



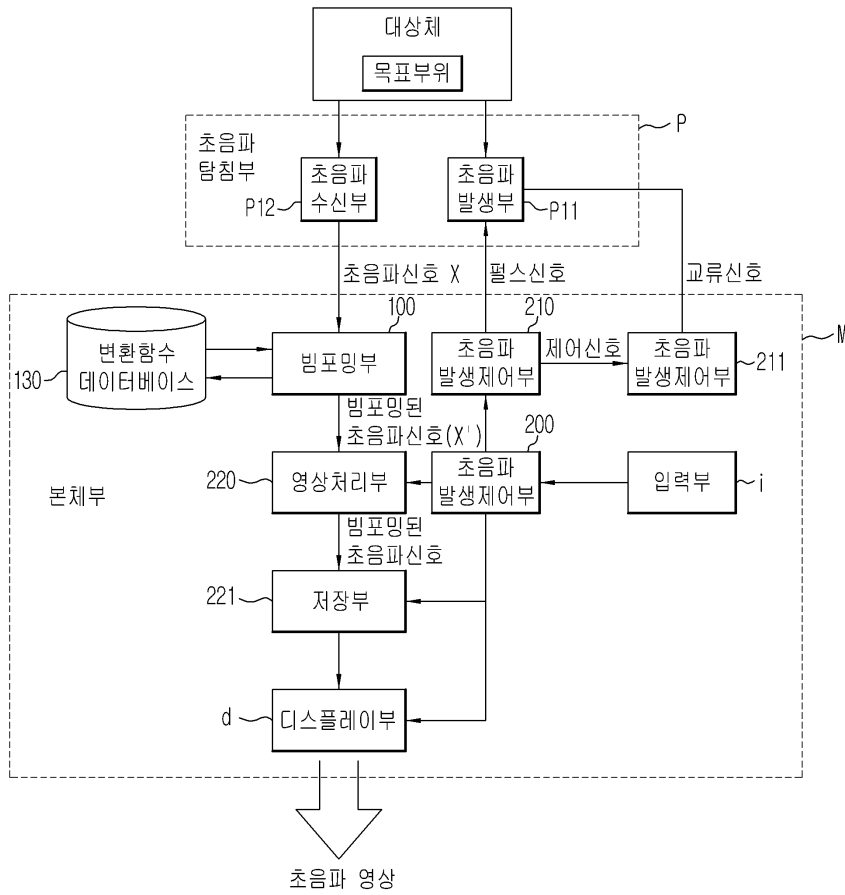
도면3



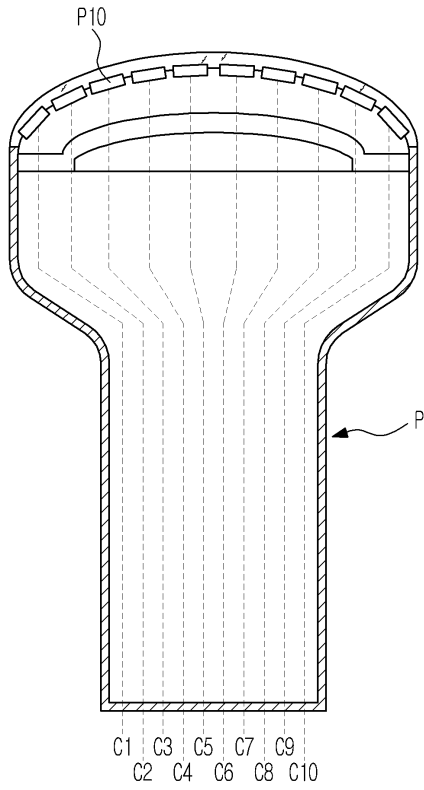
도면4



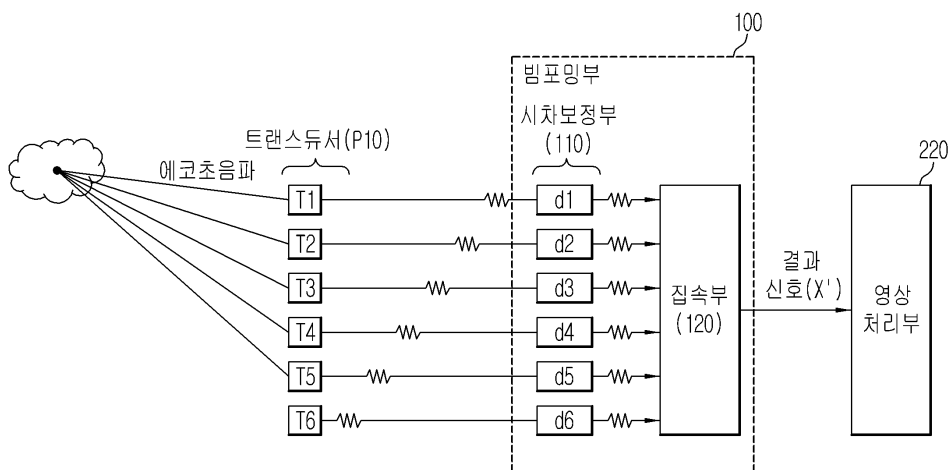
도면5



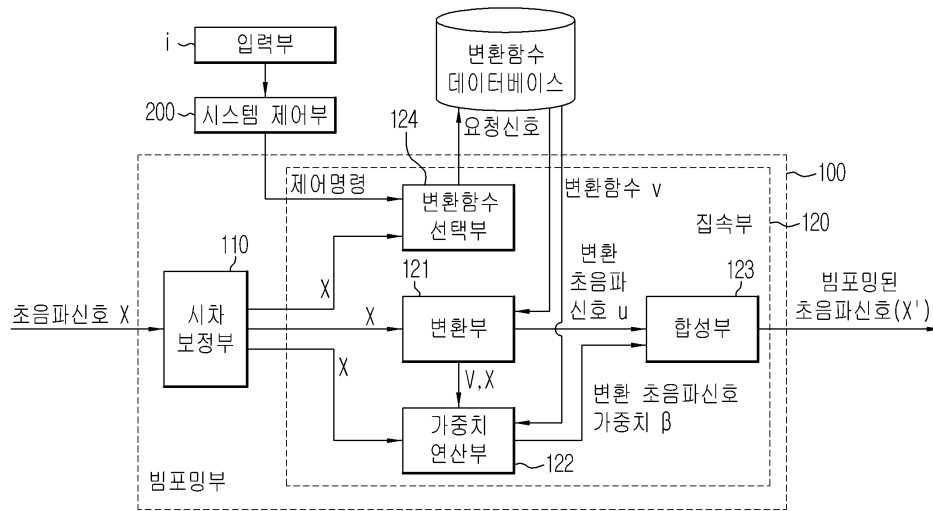
도면6



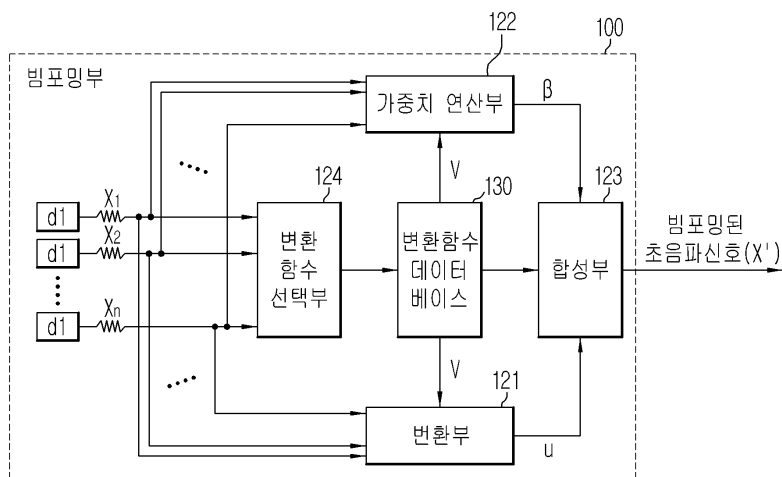
도면7



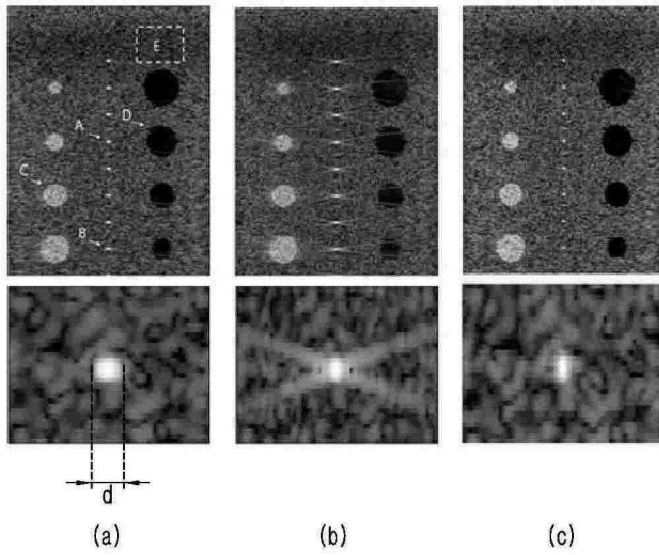
도면8



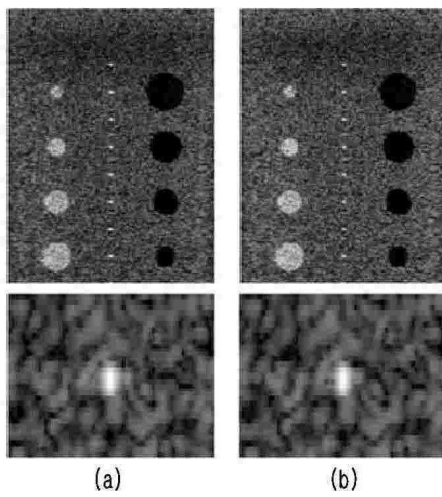
도면9



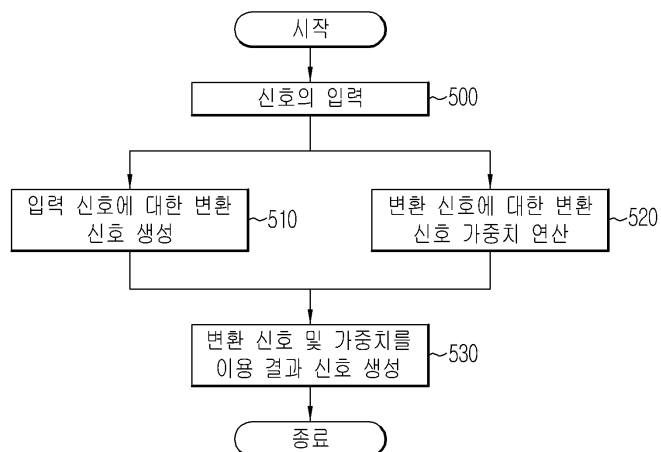
도면10



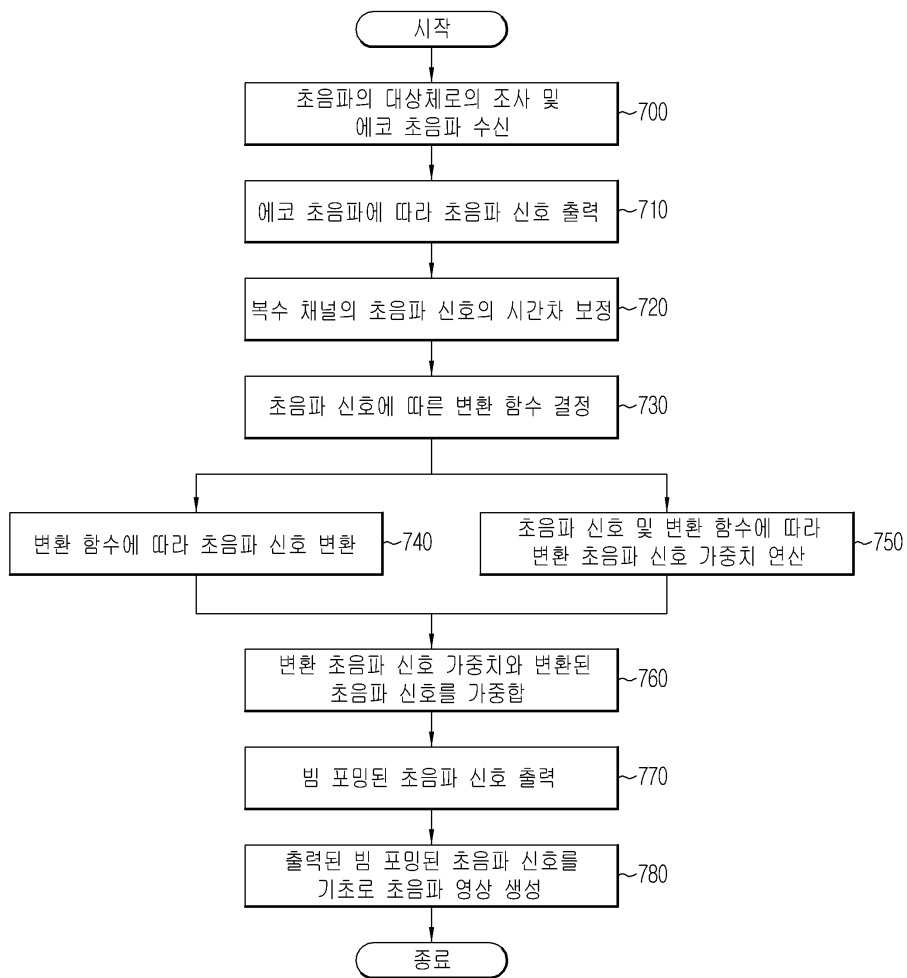
도면11



도면12



도면13



도면14

