



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0056597
(43) 공개일자 2014년05월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/14 (2006.01) G06F 19/00 (2011.01)
(21) 출원번호 10-2012-0120975
(22) 출원일자 2012년10월30일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
김규홍
경기 성남시 분당구 내정로 55, 311동 1505호 (정자동, 상록마을우성아파트)
강주영
경기도 용인시 기흥구 보정동 죽전자이 2차 아파트 617호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인세립

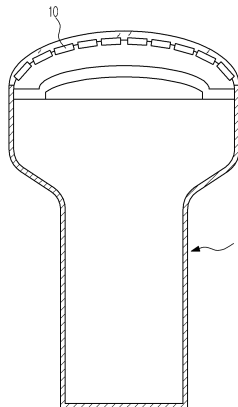
전체 청구항 수 : 총 34 항

(54) 발명의 명칭 빔 포밍 계수 결정 방법, 빔 포밍 방법 및 초음파 이미징 장치

(57) 요약

본 발명은 빔 포밍 방법, 빔 포밍 계수 결정 방법 및 초음파 이미징 장치에 관한 것으로 빔 포밍 방법은, 대상체로 초음파를 조사한 후 상기 대상체에서 반사되는 복수의 초음파 신호를 수신하는 단계, 상기 수신된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 상기 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 단계, 상기 빔 포밍 계수 후보군의 빔 포밍 계수들을 대입하여 상기 수신된 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 상기 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 상기 빔 포밍 계수 후보군 중에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하는 단계 및 상기 선택된 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 가중치로 하여 상기 복수의 초음파 신호를 빔 포밍시키는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

김정호

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

박성찬

경기도 수원시 영통구 영통2동 벽적골9단지아파트

박수현

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

특허청구의 범위

청구항 1

대상체로 초음파를 조사한 후 상기 대상체에서 반사되는 복수의 초음파 신호를 수신하는 단계;

상기 수신된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 상기 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 단계;

상기 빔 포밍 계수 후보군의 빔 포밍 계수들을 적용하여 상기 수신된 복수의 초음파 신호 또는 상기 수신된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 상기 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 상기 빔 포밍 계수 후보군 중에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하는 단계; 및

상기 선택된 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 가중치로 하여 상기 복수의 초음파 신호를 빔 포밍시키는 단계;
를 포함하는 빔 포밍 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 것은,

빔 포밍 계수 데이터베이스로부터 복수의 빔 포밍 계수를 추출하여 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 것인 빔 포밍 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 것은,

복수의 빔 포밍 계수를 적용하여 획득된 복수의 빔 포밍 연산 결과 중 분산값이 상대적으로 작은 복수의 빔 포밍 계수를 선택함으로써 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 것인 빔 포밍 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 수신된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과는,

상기 대상체의 일부 영역에서 반사되어 수신된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과인 빔 포밍 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 선택된 일부의 초음파 신호 또는 상기 수신된 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과는,

상기 선택된 일부의 초음파 신호 또는 상기 수신된 복수의 초음파 신호에 대한 축 방향 스무딩(axial smoothing)이 수행된 빔 포밍 연산 결과인 빔 포밍 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 빔 포밍 계수 후보군에 포함되는 빔 포밍 계수는,

하기의 수학식 1 또는 하기의 수학식 2에 의하여 연산된 것인 빔 포밍 방법.

[수학식 1]

$$\{w_c\} = \underset{N\text{-best } w_p}{\operatorname{argmin}} \sum_{k=-K_{\text{coarse}}}^{K_{\text{coarse}}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|$$

[수학식 2]

$$\{w_c\} = \underset{N\text{-best } w_p}{\operatorname{argmin}} \sum_{k=-K_{\text{coarse}}}^{K_{\text{coarse}}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|^2$$

여기서, w_c 는 상기 빔 포밍 계수 후보군에 포함되는 빔 포밍 계수이고,

$w_p[i]$ 는 빔 포밍 계수이고, $x_{n+k}[i]$ 은 초음파 신호이고, p 는 빔 포밍 계수 인덱스이고, i 는 제1 채널 인덱스이고, M 은 수신 초음파 채널 개수이며,

N 은 상기 빔 포밍 계수 후보군에 포함되는 빔 포밍 계수의 개수이고,

k 는 축 방향 스무딩 변수, K_{coarse} 는 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 최적화시키는 복수의 빔 포밍 계수를 획득하기 위한 축 방향 스무딩 변수의 상한 또는 하한.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 채널 인덱스 i 는,

1 또는 2와 상기 M 사이의 홀수 또는 짝수이거나, 또는 1 또는 2와 상기 M 사이의 임의의 숫자인 빔 포밍 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 상기 빔 포밍 계수 후보군 중에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하는 것은,

하기의 수학식 3 또는 하기의 수학식 4를 연산하여 빔 포밍 계수를 선택하는 것인 빔 포밍 방법.

[수학식 3]

$$\{w_f\} = \underset{w_c}{\operatorname{argmin}} \left[S_c(w_c^{(n)}) + \sum_{k \notin K_{\text{coarse}}} \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_{n+k}[j] \right| \right]$$

[수학식 4]

$$\{w_j\} = \arg \min_{w_c} [S_c(w_c^{(n)}) + \sum_{k \notin K_{coarse}} \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_{n+k}[j] \right|^2]$$

여기서, w_c 는 상기 선택된 빔 포밍 계수이고, j 는 제2 채널 인덱스, $S_c(w_c^{(n)})$ 는 상기 결정된 빔 포밍 계수 w_c 중 n 번째 계수인 $w_c^{(n)}$ 값에 대한 빔 포밍 연산 결과.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 빔 포밍 연산 결과 $S_c(w_c^{(n)})$ 은, 상기 결정된 빔 포밍 계수 w_c 중 n 번째 계수인 $w_c^{(n)}$ 값에 대한 하기의 수학식 5 또는 수학식 6의 결과값 S_c 로 결정되는 빔 포밍 방법.

[수학식 5]

$$\{S_c\} = \min_{N\text{-best } w_p} \sum_{k=-K_{coarse}}^{K_{coarse}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|$$

[수학식 6]

$$\{S_c\} = \min_{N\text{-best } w_p} \sum_{k=-K_{coarse}}^{K_{coarse}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|^2$$

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 제2 채널 인덱스 j 는 1 또는 2와 상기 M 사이의 홀수 또는 짝수이거나, 또는 1 또는 2와 상기 M 사이의 임의의 숫자이되, 상기 제1 채널 인덱스 i 로 선택되지 않은 숫자인 빔 포밍 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 복수의 초음파 신호는 신호의 시간 차가 보정된 것인 빔 포밍 방법.

청구항 12

대상체로 초음파를 조사한 후 상기 대상체에서 반사되는 복수의 초음파 신호를 수신하는 단계;

상기 수신된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 상기 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 빔 포밍 계수 후보군 및 상기 복수의 빔 포밍 계수에 대한 복수의 빔 포밍 연산 결과를 획득하는 단계;

상기 빔 포밍 계수 후보군의 빔 포밍 계수들을 대입하여 상기 수신된 복수의 초음파 신호 또는 상기 수신된 복

수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 상기 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 상기 빔 포밍 계수 후보군 중에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하고, 상기 복수의 빔 포밍 계수에 대한 복수의 빔 포밍 연산 결과를 이용하여 상기 적어도 하나의 최종 빔 포밍 계수에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하는 단계; 및

상기 선택된 적어도 하나의 최종 빔 포밍 계수를 가중치로 하여 상기 복수의 초음파 신호를 빔 포밍시키는 단계;

를 포함하는 빔 포밍 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 단계는,

빔 포밍 계수 데이터베이스로부터 복수의 빔 포밍 계수를 추출하여 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 것인 빔 포밍 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 복수의 빔 포밍 계수에 대한 빔 포밍 연산 결과는 상기 결정된 빔 포밍 계수 w_p 에 대해서 하기의 수학적식 5 또는 수학적식 6의 연산 결과인 S_c 로 획득되는 빔 포밍 방법.

[수학적식 5]

$$\{S_c\} = \min_{N\text{-best } w_p} \sum_{k=-K_{coarse}}^{k=K_{coarse}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|$$

[수학적식 6]

$$\{S_c\} = \min_{N\text{-best } w_p} \sum_{k=-K_{coarse}}^{k=K_{coarse}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|^2$$

여기서, w_c 는 상기 빔 포밍 계수 후보군에 포함되는 빔 포밍 계수이고,

$w_p[i]$ 는 빔 포밍 계수이고, $x_{n+k}[i]$ 은 초음파 신호이고, p 는 빔 포밍 계수 인덱스이고, i 는 제1 채널 인덱스이고, M 은 수신 초음파 채널 개수이며,

N 은 상기 빔 포밍 계수 후보군에 포함되는 빔 포밍 계수의 개수이고,

k 는 축 방향 스무딩 변수, K_{coarse} 는 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 최적화시키는 복수의 빔 포밍 계수를 획득하기 위한 축 방향 스무딩 변수의 상한 또는 하한.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 적어도 하나의 최종 빔 포밍 계수에 대한 빔 포밍 연산 결과는 상기 결정된 빔 포밍 계수 w_c 중 n 번째 계

수인 $w_c^{(n)}$ 값에 대해서 하기의 수학적 식 7 또는 수학적 식 8의 연산 결과인 S_c 로 결정되는 빔 포밍 방법.

[수학적 식 7]

$$\{S_f\} = \min_{w_c} [S_c(w_c^{(n)}) + \sum_{k \notin K_{coarse}} \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_{n+k}[j] \right|]$$

[수학적 식 8]

$$\{S_f\} = \min_{w_c} [S_c(w_c^{(n)}) + \sum_{k \notin K_{coarse}} \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_{n+k}[j] \right|^2]$$

여기서, w_f 는 상기 선택된 빔 포밍 계수이고, j 는 제2 채널 인덱스, $S_c(w_c^{(n)})$ 는 상기 결정된 빔 포밍 계수 w_c 중 n 번째 계수인 $w_c^{(n)}$ 값에 대한 빔 포밍 연산 결과.

청구항 16

대상체로부터 반사되어 수신된 복수의 초음파 신호 중에서 일부의 초음파 신호를 선택하고, 복수의 빔 포밍 계수를 적용하여 상기 선택된 일부의 초음파 신호에 대한 복수의 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 상기 복수의 빔 포밍 연산 결과를 기초로 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 단계; 및

상기 빔 포밍 계수 후보군의 빔 포밍 계수를 적용하여 상기 수신된 복수의 초음파 신호 또는 상기 수신된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 상기 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 상기 빔 포밍 계수 후보군 중에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하는 단계;

를 포함하는 빔 포밍 계수의 결정 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 것은,

빔 포밍 계수 데이터베이스를 열람하고, 상기 빔 포밍 계수 데이터베이스에 저장된 복수의 빔 포밍 계수를 적용하여 중 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 상기 빔 포밍 계수 데이터베이스에 저장된 복수의 빔 포밍 계수 중 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하여 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 것인 빔 포밍 계수의 결정 방법.

청구항 18

제16항에 있어서,

상기 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 것은,

복수의 빔 포밍 계수를 적용하여 획득된 복수의 빔 포밍 연산 결과 중 상기 복수의 빔 포밍 연산 결과의 분산값이 상대적으로 작은 복수의 빔 포밍 계수를 선택하고, 선택된 복수의 빔 포밍 계수로 상기 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 것인 빔 포밍 계수의 결정 방법.

청구항 19

제16항에 있어서,

상기 수신된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과는,

상기 대상체의 일부 영역에서 반사되어 수신된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과인 빔 포밍 계수의 결정 방법.

청구항 20

제16항에 있어서,

상기 선택된 일부의 초음파 신호 또는 상기 수신된 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과는, 상기 선택된 일부의 초음파 신호 또는 상기 수신된 복수의 초음파 신호에 대한 축 방향 스무딩이 수행된 빔 포밍 연산 결과인 빔 포밍 계수의 결정 방법.

청구항 21

대상체로 초음파를 조사한 후 상기 대상체에서 반사되는 복수의 초음파 신호를 수신하는 단계;

상기 수신된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대해 하기의 수학적 식 1 또는 수학적 식 2를 연산하여 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 단계;

상기 빔 포밍 계수 후보군 중에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하는 단계; 및

상기 선택된 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 가중치로 하여 상기 복수의 초음파 신호를 빔 포밍시키는 단계;

를 포함하는 빔 포밍 방법.

[수학적 식 1]

$$\{w_c\} = \underset{N\text{-best } w_p}{\operatorname{argmin}} \sum_{k=-K_{\text{coarse}}}^{k=K_{\text{coarse}}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|$$

[수학적 식 2]

$$\{w_c\} = \underset{N\text{-best } w_p}{\operatorname{argmin}} \sum_{k=-K_{\text{coarse}}}^{k=K_{\text{coarse}}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|^2$$

여기서, w_c 는 상기 빔 포밍 계수 후보군에 포함되는 빔 포밍 계수이고,

$w_p[i]$ 는 빔 포밍 계수이고, $x_{n+k}[i]$ 은 초음파 신호이고, p 는 빔 포밍 계수 인덱스이고, i 는 제1 채널 인덱스이고, M 은 수신 초음파 채널 개수이며,

N 은 상기 빔 포밍 계수 후보군에 포함되는 빔 포밍 계수의 개수이고,

k 는 축 방향 스무딩 변수, K_{coarse} 는 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 최적화시키는 복수의 빔 포밍 계수를 획득하기 위한 축 방향 스무딩 변수의 상한 또는 하한.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 빔 포밍 계수 후보군 중에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하는 것은,

상기 수신된 복수의 초음파 신호에 대해 하기의 수학식 3 또는 수학식 4를 연산하여 상기 빔 포밍 계수 후보군 중에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하는 것인 빔 포밍 방법.

[수학식 3]

$$\{w_f\} = \arg \min_{w_c} [S_c(w_c^{(n)}) + \sum_{k \notin K_{coarse}} \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_{n+k}[j] \right|]$$

[수학식 4]

$$\{w_f\} = \arg \min_{w_c} [S_c(w_c^{(n)}) + \sum_{k \notin K_{coarse}} \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_{n+k}[j] \right|^2]$$

여기서, w_f 는 상기 선택된 빔 포밍 계수이고, j 는 제2 채널 인덱스, $S_c(w_c^{(n)})$ 는 상기 결정된 빔 포밍 계수 w_c 중 n 번째 계수인 $w_c^{(n)}$ 값에 대한 빔 포밍 연산 결과.

청구항 23

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

상기 출력된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호를 선택하고, 상기 선택된 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 빔 포밍 계수 후보군을 선정하고, 상기 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 상기 빔 포밍 계수 후보군 중에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하는 빔 포밍 계수 연산부;

상기 선택된 적어도 하나의 최종 빔 포밍 계수를 가중치로 하여 상기 복수의 초음파 신호를 빔 포밍하여 빔 포밍 연산 결과를 출력하는 빔 포밍부; 및

상기 빔 포밍부에서 출력된 빔 포밍 연산 결과를 기초로 초음파 영상 데이터를 형성하는 영상처리부;

를 포함하는 초음파 이미징 장치.

청구항 24

제23항에 있어서,

복수의 빔 포밍 계수를 포함하는 빔 포밍 계수 데이터베이스;

를 더 포함하는 초음파 이미징 장치.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 빔 포밍 계수 연산부는,

상기 선택된 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 빔 포밍 계수 데이터베이스로부터 복수의 빔 포밍 계수를 선택하여 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 초음파 이미징 장치.

청구항 26

제23항에 있어서,

상기 빔 포밍 계수 연산부는,

복수의 빔 포밍 계수를 적용하여 획득된 복수의 빔 포밍 연산 결과 중 빔 포밍 연산 결과의 분산값이 상대적으로 작은 복수의 빔 포밍 계수를 선택함으로써 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 초음파 이미징 장치.

청구항 27

제23항에 있어서,

상기 빔 포밍 계수 연산부는,

상기 대상체의 일부 영역에서만 반사된 초음파 신호를 변환하여 획득된 복수의 초음파 신호 중에서 일부의 초음파 신호를 선택하여 빔 포밍 계수 후보군 및 최종 빔 포밍 계수를 결정하는 초음파 이미징 장치.

청구항 28

제23항에 있어서,

상기 빔 포밍 계수 연산부는,

상기 선택된 일부의 초음파 신호 또는 상기 수신된 복수의 초음파 신호에 대한 축 방향 스무딩이 수행된 빔 포밍 연산 결과를 최적화함으로써, 상기 선택된 일부의 초음파 신호 또는 상기 수신된 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 최적화시키는 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하는 초음파 이미징 장치.

청구항 29

제23항에 있어서,

상기 빔 포밍 계수 연산부는,

하기의 수학식 1 또는 수학식 2을 연산하여 빔 포밍 계수를 획득함으로써 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 초음파 이미징 장치.

[수학식 1]

$$\{w_c\} = \underset{N-best}{\operatorname{argmin}} w_p \sum_{k=-K_{coarse}}^{k=K_{coarse}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|$$

[수학식 2]

$$\{w_c\} = \underset{N-best}{\operatorname{argmin}} w_p \sum_{k=-K_{coarse}}^{k=K_{coarse}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|^2$$

여기서, w_c 는 상기 빔 포밍 계수 후보군에 포함되는 빔 포밍 계수이고,

$w_p[i]$ 는 빔 포밍 계수이고, $x_{n+k}[i]$ 은 초음파 신호이고, p 는 빔 포밍 계수 인덱스이고, i 는 제1 채널 인덱스이고, M 은 수신 초음파 채널 개수이며, N 은 상기 빔 포밍 계수 후보군에 포함되는 빔 포밍 계수의 개수이고,

k 는, 축 방향 스무딩 변수, K_{coarse} 는 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 최적화시키는 복수의 빔 포밍 계수를 획득하기 위한 축 방향 스무딩 변수의 상한 또는 하한.

청구항 30

제29항에 있어서,

상기 제1 채널 인덱스 i 는, 1 또는 2와 상기 M 사이의 홀수 또는 짝수이거나, 또는 1 또는 2와 상기 M 사이의 임의의 숫자인 초음파 이미징 장치.

청구항 31

제29항에 있어서,

상기 빔 포밍 계수 연산부는,

하기의 수학적 식 3 또는 수학적 식 4를 연산하여 적어도 하나의 최종 빔 포밍 계수를 연산하는 초음파 이미징 장치.

[수학적 식 3]

$$\{w_f\} = \arg \min_{w_c} [S_c(w_c^{(n)}) + \sum_{k \notin K_{coarse}} \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_{n+k}[j] \right|]$$

[수학적 식 4]

$$\{w_f\} = \arg \min_{w_c} [S_c(w_c^{(n)}) + \sum_{k \notin K_{coarse}} \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_{n+k}[j] \right|^2]$$

여기서, w_f 는 상기 선택된 빔 포밍 계수이고, j 는 제2 채널 인덱스, $S_c(w_c^{(n)})$ 는 상기 결정된 빔 포밍 계수 w_c 중 n 번째 계수인 $w_c^{(n)}$ 값에 대한 빔 포밍 연산 결과.

청구항 32

제29항에 있어서,

상기 빔 포밍 연산 결과 $S_c(w_c^{(n)})$ 은, 상기 결정된 빔 포밍 계수 w_c 중 n 번째 계수인 $w_c^{(n)}$ 값에 대한 하기의 수학적 식 5 또는 수학적 식 6의 결과값 S_c 로 결정되는 빔 포밍 방법.

[수학적 식 5]

$$\{S_c\} = \min_{N\text{-best } w_p} \sum_{k=-K_{coarse}}^{k=K_{coarse}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|$$

[수학적 식 6]

$$\{S_c\} = \min_{N\text{-best } w_p} \sum_{k=-K_{coarse}}^{k=K_{coarse}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|^2$$

청구항 33

제29항에 있어서,

상기 제2 채널 인덱스 j 는, 1 또는 2와 상기 M 사이의 홀수 또는 짝수이거나, 또는 1 또는 2와 상기 M 사이의 임의의 숫자이되, 상기 제1 채널 인덱스 i 로 선택되지 않은 숫자인 초음파 이미징 장치.

청구항 34

제23항에 있어서,

상기 복수의 초음파 신호는, 신호의 시간 차가 보정된 것인 초음파 이미징 장치.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 빔 포밍 계수 결정 방법, 빔 포밍 방법 및 초음파 이미징 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 초음파 이미징 장치는, 대상체, 예를 들어 인체의 표면에서 대상체 내부의 목표 부위를 향하여 초음파를 조사하고, 반사된 초음파를 수집한 후, 수집된 초음파의 정보를 이용하여 대상체 내부의 각종 조직이나 구조에 대한 단층 영상, 예를 들어 연부 조직의 단층 영상이나 혈류에 관한 영상을 획득하는 장치이다.

[0003] 초음파 이미징 장치는, 상대적으로 소형이고 저렴하며, 실시간으로 영상을 표시할 수 있으며, 엑스선 등에 의한 피폭의 위험성이 없어 심장, 복부, 비뇨기 및 산부인과 등에서 널리 이용되고 있다.

[0004] 한편 초음파 영상을 얻기 위해서 초음파 이미징 장치는, 초음파 에코 신호로부터 초음파 프로브가 수집한 채널 데이터로부터 특정 공간의 반사파 크기를 추정하기 위해 빔 포밍(beamforming)을 수행한다. 빔 포밍은 각 초음파 센서, 예를 들어 트랜스듀서(transducer)를 통해 입력된 초음파 신호의 시간차를 보정하고 각 초음파 신호마다 소정의 가중치를 부가하여 특정 위치의 신호를 강조하고, 다른 위치의 신호는 상대적으로 감쇄시켜 초음파 신호를 집속함으로써 대상체의 진단에 적합한 영상을 획득할 수 있도록 하는 것이다.

[0005] 이와 같이 초음파 이미징 장치에 있어서의 빔 포밍은, 빔 포밍에 사용되고 각 초음파 신호(초음파 채널)에 부가되는 가중치의 특징에 따라 데이터 독립형 빔 포밍(data-independent beamforming) 방식과 적응형 빔 포밍(adaptive beamforming) 방식으로 구별될 수 있다.

[0006] 데이터 독립형 빔 포밍은, 입력되는 초음파 신호와 무관하게 정해진 가중치를 빔 포밍에 이용하는 것으로, 가중치가 변화하지 않아 고정 빔 포밍(fixed beamforming)이라고 한다.

[0007] 적응형 빔 포밍은 입력되는 초음파 신호에 따라서 최적의 가중치를 결정하는 방법으로, 적응형 빔 포밍에 따르면 입력되는 초음파 신호에 따라서 빔 포밍을 위한 가중치가 변화할 수 있다. 적응형 빔 포밍은 데이터 의존형 빔 포밍(data-dependant beamforming)이라고 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 빔 포밍 계수의 연산량을 감소시켜 빔 포밍의 시간 단축, 빔 포밍 계수 연산에 사용되는 리소스(resource)의 절감, 그외 발열 등 초음파 이미징 장치의 다양한 문제점을 해결 할 수 있는 빔 포밍 계수 결정 방법, 빔 포밍 방법 및 초음파 이미징 장치를 제공하는 것이다.

[0009] 아울러 적응형 빔 포밍 방식에 있어서 빔 포밍 계수를 획득하는 과정의 연산량을 감소시킬 수 있도록 하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명은 상기와 같은 과제를 해결하기 위하여 안출된 것으로, 빔 포밍 계수 결정 방법, 빔 포밍 방법 및 초음파 이미징 장치를 제공한다.
- [0011] 빔 포밍 계수 결정 방법은, 대상체로부터 반사되어 수신된 복수의 초음파 신호 중에서 일부의 초음파 신호를 선택하고, 복수의 빔 포밍 계수를 적용하여 상기 선택된 일부의 초음파 신호에 대한 복수의 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 상기 복수의 빔 포밍 연산 결과를 기초로 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 단계 및 상기 빔 포밍 계수 후보군의 빔 포밍 계수를 적용하여 상기 수신된 복수의 초음파 신호 또는 상기 수신된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 상기 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 상기 빔 포밍 계수 후보군 중에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0012] 빔 포밍 방법은, 대상체로 초음파를 조사한 후 상기 대상체에서 반사되는 복수의 초음파 신호를 수신하는 단계, 상기 수신된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 상기 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 단계, 상기 빔 포밍 계수 후보군의 빔 포밍 계수들을 적용하여 상기 수신된 복수의 초음파 신호 또는 상기 수신된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 상기 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 상기 빔 포밍 계수 후보군 중에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하는 단계 및 상기 선택된 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 가중치로 하여 상기 복수의 초음파 신호를 빔 포밍시키는 단계를 포함한다.
- [0013] 또한 빔 포밍 방법은, 대상체로 초음파를 조사한 후 상기 대상체에서 반사되는 복수의 초음파 신호를 수신하는 단계, 상기 수신된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 상기 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 빔 포밍 계수 후보군 및 상기 복수의 빔 포밍 계수에 대한 복수의 빔 포밍 연산 결과를 획득하는 단계, 상기 빔 포밍 계수 후보군의 빔 포밍 계수들을 대입하여 상기 수신된 복수의 초음파 신호 또는 상기 수신된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 상기 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 상기 빔 포밍 계수 후보군 중에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하고, 상기 복수의 빔 포밍 계수에 대한 복수의 빔 포밍 연산 결과를 이용하여 상기 적어도 하나의 최종 빔 포밍 계수에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하는 단계 및 상기 선택된 적어도 하나의 최종 빔 포밍 계수를 가중치로 하여 상기 복수의 초음파 신호를 빔 포밍시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0014] 아울러 빔 포밍 방법은, 대상체로 초음파를 조사한 후 상기 대상체에서 반사되는 복수의 초음파 신호를 수신하는 단계, 상기 수신된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호에 대해 하기의 수학식 1 또는 수학식 2를 연산하여 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 단계, 상기 빔 포밍 계수 후보군 중에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하는 단계 및 상기 선택된 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 가중치로 하여 상기 복수의 초음파 신호를 빔 포밍시키는 단계를 포함할 수도 있다.

[0015] [수학식 1]

$$\{w_c\} = \underset{N\text{-best } w_p}{\operatorname{argmin}} \left| \sum_{k=-K_{\text{coarse}}}^{k=K_{\text{coarse}}} \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|$$

[0016]

[0017] [수학식 2]

$$\{w_c\} = \underset{N\text{-best } w_p}{\operatorname{argmin}} \sum_{k=-K_{coarse}}^{K_{coarse}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|^2$$

[0018]

[0019] 여기서, w_c 는 상기 빔 포밍 계수 후보군에 포함되는 빔 포밍 계수이고, $w_p[i]$ 는 빔 포밍 계수이고, $x_{n+k}[i]$ 은 초음파 신호이고, p 는 빔 포밍 계수 인덱스이고, i 는 제1 채널 인덱스이고, M 은 수신 초음파 채널 개수이며, N 은 상기 빔 포밍 계수 후보군에 포함되는 빔 포밍 계수의 개수이고, k 는 축 방향 스무딩 변수, K_{coarse} 는 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 최적화시키는 복수의 빔 포밍 계수를 획득하기 위한 축 방향 스무딩 변수의 상한 또는 하한이다.

[0020] 이 경우, 상기 빔 포밍 계수 후보군 중에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하는 것은, 상기 수신된 복수의 초음파 신호에 대해 하기의 수학식 3 또는 수학식 4를 연산하여 상기 빔 포밍 계수 후보군 중에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하는 것일 수 있다.

[0021] [수학식 3]

$$\{w_f\} = \underset{w_c}{\operatorname{argmin}} \left[S_c(w_c^{(n)}) + \sum_{k \notin K_{coarse}} \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_{n+k}[j] \right| \right]$$

[0022]

[0023] [수학식 4]

$$\{w_f\} = \underset{w_c}{\operatorname{argmin}} \left[S_c(w_c^{(n)}) + \sum_{k \notin K_{coarse}} \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_{n+k}[j] \right|^2 \right]$$

[0024]

[0025] 여기서, w_f 는 상기 선택된 빔 포밍 계수이고, j 는 제2 채널 인덱스, $S_c(w_c^{(n)})$ 는 상기 결정된 빔 포밍 계수 w_c 중 n 번째 계수인 $w_c^{(n)}$ 값에 대한 빔 포밍 연산 결과이다.

[0026] 초음파 이미징 장치는 대상체로 초음파를 조사하고 대상체로부터 반사되는 초음파 신호를 수신하고 수신된 초음파를 변환하여 복수의 초음파 신호를 출력하는 초음파 프로브, 상기 출력된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호를 선택하고, 상기 선택된 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 빔 포밍 계수 후보군을 선정하고, 상기 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 상기 빔 포밍 계수 후보군 중에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택하는 빔 포밍 계수 연산부, 상기 선택된 적어도 하나의 최종 빔 포밍 계수를 가중치로 하여 상기 복수의 초음파 신호를 빔 포밍하여 빔 포밍 연산 결과를 출력하는 빔 포밍부 및 상기 빔 포밍부에서 출력된 빔 포밍 연산 결과를 기초로 초음파 영상 데이터를 형성하는 영상처리부를 포함할 수 있다.

[0027] 아울러 초음파 이미징 장치는, 복수의 빔 포밍 계수를 포함하는 빔 포밍 계수 데이터베이스를 더 포함할 수도 있다.

발명의 효과

- [0028] 본 발명은 상술한 바와 같이 빔 포밍 계수 결정 방법, 빔 포밍 방법 및 초음파 이미징 장치를 제공함으로써, 빔 포밍 계수를 획득하는 과정의 연산량을 감소시킬 수 있게 된다.
- [0029] 이에 따라서 특히 적응형 빔 포밍 방식을 이용한 경우에 있어서 빔 포밍 과정의 시간 단축 효과, 다시 말해서 빔 포밍 과정의 고속화의 효과를 얻을 수 있다.
- [0030] 아울러 빔 포밍을 수행하는 각종 장치, 예를 들어 초음파 이미징 장치의 과다 연산에 따른 시간 지연, 과부화 또는 과열 등의 각종 문제점을 해결할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 대한 도면이다.
- 도 2는 초음파 프로브의 일 실시예에 대한 도면이다.
- 도 3a는 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 대한 전체 구성도이다.
- 도 3b는 빔 포밍 계수 연산부의 일 실시예에 대한 블록도이다.
- 도 4a 및 도 4b는 각각 빔 포밍 계수 데이터베이스의 일례를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 빔 포밍의 일 실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 빔 포밍 계수 연산부 및 빔 포밍부에 따라 수행되는 빔 포밍의 일 실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7은 빔 포밍 계수 연산부 및 빔 포밍부에 따라 수행되는 빔 포밍의 일 실시예를 설명하기 위한 또 다른 도면이다.
- 도 8a 내지 도 8c는 초음파 신호 선택부에 의해 초음파를 선택하는 실시예들을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9는 빔 포밍 방법의 일 실시예에 대한 흐름도이다.
- 도 10은 빔 포밍 계수 결정 방법의 일 실시예에 대한 흐름도이다.
- 도 11은 빔 포밍 계수 후보군 결정 방법의 일 실시예에 대한 흐름도이다.
- 도 12는 빔 포밍 계수 후보군 결정 방법의 다른 일 실시예에 대한 흐름도이다.
- 도 13은 빔 포밍 방법의 또 다른 일 실시예에 대한 흐름도이다.
- 도 14는 빔 포밍 방법의 또 다른 일 실시예에 대한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 본 발명을 도 1 내지 도 13의 도면을 참조하여 설명하기 위하여, 먼저 도 1 내지 도 8c를 참조하여 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 대해 설명하고, 이어서 도 9 내지 도 13을 참조하여 빔 포밍 계수 결정 방법 및 빔 포밍 방법에 대해 설명하도록 한다.
- [0033] (1) 이하 도 1 내지 도 8c를 참조하여 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 대해서 설명한다.
- [0034] 도 1은 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 대한 도면이고, 도 2는 초음파 프로브의 일 실시예에 대한 도면이다.
- [0035] 도 1에 도시된 바와 같이 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 따르면, 초음파 이미징 장치는 초음파 프로브(p)와 본체(m)를 포함한다.
- [0036] 초음파 프로브(p)는, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이 말단에 전기적 신호에 따라서 초음파를 발생시키는 복수

의 초음파 트랜스듀서(10)가 구비되어 있을 수 있다.

- [0037] 초음파 트랜스듀서(10)는, 인가된 교류 전원에 따라서 초음파를 생성하는 장치이다. 구체적으로 초음파 트랜스듀서(10)는, 외부의 전원 공급 장치나 또는 내부의 축전 장치, 예를 들어 배터리(battery) 등으로부터 교류 전원을 공급받고, 인가된 교류 전원에 따라서 초음파 트랜스듀서(10)의 압전 진동자나 박막 등이 진동함으로써 초음파를 생성한다.
- [0038] 초음파 트랜스듀서(10)로는, 예를 들어 종래 초음파 프로브 장치에 주로 사용되던 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(Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer, 이하 cMUT으로 약칭한다) 등 다양한 종류의 초음파 트랜스듀서(10)가 사용될 수 있다.
- [0039] 복수의 초음파 트랜스듀서(10)는, 초음파 프로브(p)의 말단에 설치된 평면 형상이나, 만곡 형상 또는 이외 다양한 형상의 고정 프레임에 착설되어 고정 프레임의 외형에 상응하는 형상으로 배열되어 있을 수 있다. 고정 프레임은 복수의 초음파 트랜스듀서(10)를 고정하는 것으로 실리콘과 같은 유연한 소재로 이루어져 있을 수도 있으며, 그외 일반적으로 초음파 트랜스듀서(10)의 고정을 위해 사용되는 다양한 소재로 이루어질 수도 있다.
- [0040] 초음파 이미징 장치는, 이와 같이 초음파 트랜스듀서(10)에 의해 생성된 초음파를 외부의 대상체, 예를 들어 인체에 조사한다. 조사된 초음파는 대상체 내부의 여러 깊이로 위치한 내부 물질, 즉 타겟(target)에 의해 반사되고, 반사된 초음파 에코 신호를 트랜스듀서(10)가 수신하여 이를 전기적 신호를 변환한다. 그리고 초음파 프로브(p) 또는 본체(m)는, 이와 같이 변환된 전기적 신호에 대해 일정한 프로세스를 수행하여, 초음파 영상을 생성하고, 이를 본체(m)에 착설된 또는 본체(m)와 유무선 통신망으로 연결되어 데이터를 송수신할 수 있는 디스플레이부(420)에 표시하여, 초음파 이미징 장치의 사용자, 예를 들어 의사나 간호사가 대상체, 예를 들어 환자를 영상을 통해 진단할 수 있게 한다.
- [0041] 이하 도 3a를 참조하여 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 대해서 구체적으로 설명한다. 도 3a는 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 대한 전체 구성도이다.
- [0042] 본 발명인 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 따르면, 초음파 이미징 장치는 초음파 발생부(10a), 초음파 수신부(10b), 빔 포밍부(100), 빔 포밍 계수 연산부(200), 빔 포밍 계수 데이터베이스(300) 및 영상처리부(400)를 포함할 수 있다.
- [0043] 이중 초음파 발생부(10a) 및 초음파 수신부(10b)는 초음파 프로브(p)에 형성되어 있을 수 있다.
- [0044] 그리고 빔 포밍부(100), 빔 포밍 계수 연산부(200), 빔 포밍 계수 데이터베이스(300) 및 영상처리부(400)는 실시예에 따라서 초음파 프로브(p)에 형성되어 있을 수도 있고, 또는 본체(m)에 형성되어 있을 수도 있다. 또한 빔 포밍부(100), 빔 포밍 계수 연산부(200), 빔 포밍 계수 데이터베이스(300) 및 영상처리부(400) 중 일부는 초음파 프로브(p)에, 나머지 일부는 본체(m)에 형성하도록 하는 것도 가능하다.
- [0045] 초음파 발생부(10a)는 초음파 발생 제어부(11)의 제어 명령에 따라서 초음파를 발생시켜 대상체(ob)로 조사한다.
- [0046] 초음파 수신부(10b)는 대상체(ob) 내부의 대상체 내부 물질(ob1), 즉 타겟으로부터 반사된 초음파 에코 신호를 수신하여 입력받고, 초음파 에코 신호를 전기적 신호(이하 초음파 신호라 칭함)로 변환하여 출력한다. 출력된 초음파 신호는 빔 포밍부(100) 및/또는 빔 포밍 계수 연산부(200)로 전달한다.
- [0047] 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 따르면, 초음파 발생부(10a) 및 초음파 수신부(10b)는 상술한 바와 같은 초음파 프로브(p)에 설치된 트랜스듀서(10)일 수 있으며, 개별 트랜스듀서(10)가 초음파 발생부(10a) 및 초음파 수신부(10b)의 기능을 모두 수행할 수도 있다.

- [0048] 이와 같이 초음파 수신부(10b), 예를 들어 초음파 트랜스듀서(10)에 의해 변환된 초음파 신호는 빔 포밍부(100)로 전달된다.
- [0049] 빔 포밍부(100)는 복수의 초음파 수신부(10b), 예를 들어 복수의 트랜스듀서(10)에 의해 출력되는 복수의 초음파 신호를 집속하여 초음파 집속 신호를 출력한다. 출력된 집속 신호는 영상처리부(400)로 전달된다.
- [0050] 빔 포밍부(100)는, 일 실시예에 따르면, 각 트랜스듀서(10)에서 출력되는 각각의 초음파 채널의 초음파 신호에 대해서 시간차를 보정하고, 초음파 채널마다 소정의 가중치, 즉 빔 포밍 계수를 부가하여 특정 위치의 초음파 신호를 강조하거나 또는 특정 위치의 초음파 신호를 상대적으로 감쇄시켜 초음파 신호를 집속하도록 할 수도 있다.
- [0051] 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 따르면, 초음파 이미징 장치는 빔 포밍 계수 연산부(200)를 포함할 수 있다.
- [0052] 빔 포밍 계수 연산부(200)는, 초음파 수신부(10b)에서 수신한 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호를 선택하고, 선택된 일부의 초음파 신호에 대한 최적의 빔 포밍 계수를 결정하여 빔 포밍 계수 후보군을 선정한다. 아울러 빔 포밍 계수 연산부(200)는, 빔 포밍 계수 후보군의 복수의 빔 포밍 계수 중에서 수신된 모든 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 최적화시키는 적어도 하나의 최종 빔 포밍 계수를 선택하여, 빔 포밍부(100)에서 빔 포밍을 위해 각 채널마다 부가하는 빔 포밍 계수를 연산하도록 한다.
- [0053] 아울러 빔 포밍 계수 연산부(200)는, 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 의하면, 후술하는 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)를 열람하여 빔 포밍 계수 후보군을 결정하도록 할 수도 있다.
- [0054] 이 경우 빔 포밍 계수 연산부(200)는, 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)를 열람하여 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)에 저장된 복수의 빔 포밍 계수 중에서 일부 빔 포밍 계수를 추출하여 빔 포밍 계수 후보군을 결정한다. 이때 빔 포밍 계수 연산부(200)에 의해 추출되는 복수의 빔 포밍 계수는, 기저장된 설정이나 또는 사용자의 입력에 따라서, 빔 포밍 계수 연산부(200)에 의해 선택된 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 하여 선택될 수 있다.
- [0055] 도 3b는 빔 포밍 계수 연산부의 일 실시예에 대한 블록도이다.
- [0056] 구체적으로 빔 포밍 계수 연산부(200)는, 일 실시예에 따르면 도 3b에 도시된 바와 같이 초음파 신호 선택부(210), 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220) 및 빔 포밍 계수 선택부(230)를 포함할 수 있다.
- [0057] 여기서 초음파 신호 선택부(210)는 입력되는 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호를 선택하여, 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)로 전달한다.
- [0058] 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)는 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 기초로 빔 포밍 계수 후보군을 선택한다.
- [0059] 예를 들어 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)는 후술하는 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)의 빔 포밍 계수 중에서 일부의 초음파 신호의 빔 포밍을 위해 적절한 빔 포밍 계수를 검색한다. 이때 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)는, 하나의 최적의 빔 포밍 계수를 검출할 수도 있지만, 일부의 초음파 신호의 빔 포밍을 위해 적절한 수의 빔 포밍 계수를 검출하도록 할 수도 있다. 이때 검출되는 빔 포밍 계수의 숫자는 미리 설정되어 있을 수도 있고, 사용자의 조작에 따라 변경될 수도 있다.
- [0060] 빔 포밍 계수 선택부(230)는, 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)에 의해 생성된 빔 포밍 계수 후보군에서 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선정하도록 하되, 이 때 선정된 적어도 하나의 빔 포밍 계수는 복수의 초음파 신호 또는 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호의 빔 포밍에 있어서 가장 적절한 빔 포밍 계수일 수 있다.
- [0061] 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)는 수신된 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호를 이용하여 최적의 빔 포밍 계수를 선정하고, 빔 포밍 계수 선택부(230)는 모든 초음파 신호를 이용하거나 또는 일부의 초음파 신호, 예를 들

어 빔 포밍 계수 후보군 선정부(200)에서 이용되지 않은 일부의 초음파 신호를 이용하여 빔 포밍 계수를 선정하도록 할 수 있다.

[0062] 또한 초음파 이미징 장치는, 일 실시예에 따르면, 복수의 빔 포밍 계수로 구축된 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)를 포함하고 있을 수 있다.

[0063] 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)는, 초음파 빔 포밍에 있어서 사용될 수 있는, 예를 들어 초음파 빔 포밍 연산 결과를 최적화시키는 다양한 빔 포밍 계수들로 구축된다.

[0064] 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)는, 대상체(ob)나 또는 대상체 내부 조직(ob1), 예를 들어 인체 내부의 실제 조직 데이터를 추출한 후, 상기 실제 조직 데이터를 기초로 하여 획득된 빔 포밍 계수들로 구축된 것일 수 있다. 이 경우, 예를 들어 다른 컴퓨팅 장치를 이용하여, 대상체(ob)나 대상체 내부 조직(ob1)의 실제 조직 데이터를 기초로 복수의 빔 포밍 계수를 미리 연산한 후, 연산 결과를 이용하여 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)를 구축하는 것도 가능하다.

[0065] 또한 일 실시예에 따라서는 빔 포밍 계수 데이터베이스(400)는, 상술한 바와 같이 다양한 실제 조직 데이터를 기초로 하여 획득된, 빔 포밍 연산 결과를 최적화시키는 복수의 빔 포밍 계수들 중 일반적으로 흔히 사용되는 빔 포밍 계수들을 대표값으로 하여 저장하도록 하는 것도 가능하다.

[0066] 도 4a 및 도 4b는 각각 빔 포밍 계수 데이터베이스의 일례를 설명하기 위한 도면이다.

[0067] 빔 포밍 계수는, 도 4a 및 도 4b에 도시된 바와 같이, 일정한 구간의 신호의 진폭이나 위상 등을 변화시키는 다양한 모양의 윈도우(window)로 생성된 것일 수도 있다. 또한 이와 같은 윈도우를 회전시키거나, 또는 윈도우의 역의 값, 예를 들어 역수나 역함수를 연산하여 다양한 모양의 윈도우를 생성하고 이를 이용하여 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)를 구축하도록 할 수도 있다.

[0068] 또한 이들을 모두 이용하여 빔 포밍 계수 데이터베이스(400)를 구축하는 것도 가능하다.

[0069] 예를 들어 빔 포밍 계수 데이터베이스(400)의 설계의 일례로 도 4a에 도시된 바를 참조하면, 빔 포밍 계수는 다양한 빔폭(beamwidth)과 사이드 로브(side lobe) 특성을 구비하도록 설계된 윈도우에 따라서 획득될 수 있으며, 이들을 이용하여 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)를 구축하도록 할 수 있다.

[0070] 또한 도 4b에 도시된 바와 같이 도 4a에 도시된 복수의 곡선을 일정 방향, 예를 들어 우측 방향으로 이동시키고 도 4a의 우측의 하강 곡선을 도 4b의 곡선의 좌측에 연결하여 새로운 윈도우를 설계하여, 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)를 구축하도록 할 수도 있다.

[0071] 초음파 이미징 장치는, 일 실시예에 따르면, 빔 포밍된 초음파 신호를 기초로 영상을 생성하는 영상 처리부(400)를 포함할 수 있다. 다시 말해서, 영상 처리부(400)는, 초음파 수신부(10b), 예를 들어 트랜스듀서(10)에 의해 수신되고 빔 포밍부(100)에 의해 빔 포밍된 초음파 신호를 이용하여 초음파 영상을 생성하여 저장부(410)나 디스플레이부(420)로 전달하도록 한다.

[0072] 초음파 이미징 장치는, 일 실시예에 따르면, 도 3a에 도시된 바와 같이 초음파 발생 및 조사를 위한 제어 명령을 생성하여 이를 초음파 발생부(10a)에 전달하는 초음파 발생 제어부(11)를 더 포함할 수 있다.

[0073] 또한 초음파 이미징 장치는, 도 1 및 도 2a에 도시된 바와 같이, 영상 처리부(400)에서 생성된 초음파 영상을 저장하는 저장부(410), 저장부(410)에 저장되거나, 또는 영상 처리부(400)로부터 출력되는 초음파 영상을 외부로 출력하여 사용자가 초음파 영상을 시청할 수 있도록 하는 디스플레이부(420)를 더 포함할 수도 있다.

- [0074] 초음파 이미징 장치는, 이상 설명한 바와 같은 초음파 발생 제어부(11), 빔 포밍부(100), 빔 포밍 계수 연산부(200), 영상처리부(400), 저장부(410) 및/또는 디스플레이부(420) 등과 같은 각 구성요소에 대한 소정의 제어 명령을 생성하고 이를 각 구성요소에 전달하여 각 구성요소를 제어하는 시스템 제어부(430)를 더 포함할 수 있다. 이 경우 시스템 제어부(430)는 도 1 및 도 3a에 도시된 입력부(440)를 통하여 사용자로부터 소정의 명령을 입력받을 수 있으며, 입력된 명령에 따라서 상술한 각 구성요소를 제어하는 제어 명령을 생성 및 전달하도록 할 수도 있다.
- [0075] (2) 이하 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 대해서 좀 더 구체적으로 설명하도록 한다.
- [0076] 도 5는 초음파 이미징 장치에 의한 빔 포밍의 일 실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- [0077] 도 5에 도시된 바와 같이 초음파 이미징 장치는, 대상체(ob) 또는 대상체 내부의 물질이나 조직(ob1)으로부터 반사된 복수의 초음파 에코 신호를, 복수의 초음파 수신부(10b), 예를 들어 복수의 트랜스듀서(10)를 통하여 수신한다.
- [0078] 그러면 각각의 초음파 수신부(10b), 예를 들어 T1 내지 T6은 수신된 초음파 에코 신호에 따라서 초음파 에코 신호에 상응하는 전기적 신호, 즉 초음파 신호를 출력하여 빔 포밍부(100)으로 전달한다. 이 때 초음파 수신부(10b), 예를 들어 T1 내지 T6는, 상기 복수의 초음파 수신부(10b), 예를 들어 T1 내지 T6에 상응하는 복수의 채널로 초음파 신호를 출력하도록 한다.
- [0079] 빔 포밍부(100)는, 도 5에 도시된 바와 같이, 일 실시예에 따르면 시간지연부(110)와 집속부(120)를 포함하고 있을 수 있다.
- [0080] 각각의 초음파 수신부(10b), 예를 들어 T1 내지 T6가 초음파 에코 신호를 수신할 때, 각각의 초음파 수신부 T1 내지 T6와 초음파가 반사되는 조직(ob1) 간의 거리 차이로 인하여, 각 초음파 수신부 T1 내지 T6는 동일한 지점에서 반사된 초음파를 서로 상이한 시간에 수신하게 된다. 따라서 각 초음파 수신부 T1 내지 T6에서 출력되는 초음파 신호 역시 동일한 반사 위치에서 수신된 초음파 에코 신호라고 하더라도 다른 시간에 출력하게 된다. 즉, 각 초음파 수신부 T1 내지 T6에서 출력되는 초음파 신호 사이에는 시간 차이가 존재하게 된다.
- [0081] 그러므로 각 초음파 수신부 T1 내지 T6에서 출력되는 초음파 신호를 집속하기 전에 각 초음파 신호에 대해서 상술한 바와 같은 시간 차이를 보정하여야 한다.
- [0082] 시간 지연부(110)는, 초음파 수신부(10b)에서 출력되는 복수의 초음파 신호의 시간 차이(채널 지연값)를 보정하여 동일한 위치, 즉 동일한 대상체(ob) 또는 대상체 내부의 조직(ob1)에서 반사된 초음파 에코 신호를 집속할 수 있도록 한다.
- [0083] 일 실시예에 따르면 시간 지연부(110)는, 초음파 수신부(10b)에서 출력되는 초음파 신호를 각각 상응하는 시간만큼 지연시켜, 각각의 초음파 수신부 T1 내지 T6에서 출력되는 초음파 신호의 시차가 보정된 초음파 신호, 예를 들어 도 5의 s1 내지 s6를 출력시킨다.
- [0084] 시간지연부(110)를 통하여 시간차가 보정된 복수의 초음파 신호, 예를 들어 s1 내지 s6는 집속부(120)로 전달된다.
- [0085] 집속부(120)는, 전달된 복수의 초음파 신호, s1 내지 s6를 특정 위치로 집속하여 빔 포밍을 수행하도록 한다.
- [0086] 집속부(120)는, 복수의 초음파 신호를 빔 포밍하기 위해서 각 초음파 신호마다 소정의 가중치를 가하여 몇몇 특정의 초음파 수신부(10b)에 의해서 수집된 특정 초음파 신호는 강조하고, 이외의 다른 초음파 수신부(10b)에 의해 수집된 초음파 신호는 상대적으로 감쇄시켜 합산함으로써 빔 포밍을 수행하도록 할 수 있다.
- [0087] 집속부(120)는, 일 실시예에 의하면, 빔 포밍을 위하여 별도의 저장 매체에 저장된 데이터베이스로부터 초음파

집속을 위해 필요한 소정의 가중치, 구체적으로 빔 포밍 계수를 읽어들이어 각 초음파 신호에 부여하도록 할 수도 있다.

[0088] 이 경우 빔 포밍 계수는, 도 4a 및 도 4b에 도시된 바와 같이, 일정한 구간의 신호의 진폭이나 위상 등을 변화시키는 다양한 모양의 윈도우(window)로 생성된 것일 수도 있다.

[0089] 집속부(120)는, 일 실시예에 따르면, 빔 포밍 계수를 이용하여 하단의 식을 이용하여 빔 포밍을 수행할 수 있다.

[0090] 집속부(120)는 시간차가 보정된 복수의 초음파 신호를 집속하여 집속 신호를 출력하고 이를 영상처리부(400)로 전달한다. 영상처리부(400)는 집속 신호를 기초로 초음파 영상을 생성하여 디스플레이부(420)에 표시되도록 한다.

[0091] 도 6은 빔 포밍 계수 연산부 및 빔 포밍부에 따라 수행되는 빔 포밍의 일 실시예를 설명하기 위한 도면이다.

[0092] 도 6에 도시된 바와 같이 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 따르면, 초음파 이미징 장치는 빔 포밍 계수 연산부(200)를 포함할 수 있으며, 또한 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)을 더 포함할 수 있다.

[0093] 빔 포밍 계수 연산부(200)는, 상술한 시간 지연부(110)에 의해서 시간차가 보정된 복수의 초음파 신호를, 집속부(120)와는 별도로 전달받고, 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)를 열람하여 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 결정하고, 결정된 빔 포밍 계수를 집속부(120)로 전달한다. 그러면 집속부(120)는 전달받은 빔 포밍 계수를 기초로 빔 포밍을 수행하도록 한다.

[0094] 도 7은 빔 포밍 계수 연산부 및 빔 포밍부에 따라 수행되는 빔 포밍의 일 실시예를 설명하기 위한 또 다른 도면이다.

[0095] 빔 포밍 계수 연산부(200)를 더욱 구체적으로 설명하면, 도 7에 도시된 바와 같이 빔 포밍 계수 연산부(200)는 상술한 바와 같이 초음파 신호 선택부(210), 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220), 빔 포밍 계수 선택부(230)를 포함하고 있을 수 있다.

[0096] 초음파 신호 선택부(210)는, 시간지연부(110)에 의해서 시간차가 보정된 복수의 초음파 신호를 전달받고, 전달받은 복수의 초음파 신호 중에서 소정의 기준에 따라서 일부의 초음파 신호를 선택하도록 한다. 선택된 일부의 초음파 신호는 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)로 전달된다.

[0097] 도 8a 내지 도 8c는 초음파 신호 선택부에 의해 초음파를 선택하는 실시예들을 설명하기 위한 도면이다.

[0098] 초음파 신호 선택부(210)의 일 실시예에 따르면, 초음파 신호 선택부(210)는, 도 8a 내지 도 8c에 도시된 바와 같이 입력되는 복수의 초음파 신호 s_i ($1 \leq i \leq n$, 여기서 n 은 자연수이다) 중에서 채널 인덱스(channel index) i 가 소정의 기준에 해당하는 초음파 신호만을 선택하여 빔 포밍 계수 후보군 선정부(200)로 전달하도록 할 수 있다. 여기서 채널 인덱스 i 는, 복수의 초음파 신호의 채널 각각을 식별하기 위하여 복수의 초음파 신호의 채널 각각에 할당되는 인덱스를 의미한다.

[0099] 예를 들어 초음파 신호 선택부(210)는, 도 8a에 도시된 바와 같이 입력되는 복수의 초음파 신호 s_i 중에서 채널 인덱스 i 가 홀수인 초음파 신호만을 선택하여 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)으로 전달하도록 할 수 있다. 다

시 말해서 도 8a에 도시된 바와 같이, n 이 짝수라 가정하는 경우에, s_1 내지 s_n 의 입력 초음파 신호 중에서 채널 인덱스 i 가 홀수인 초음파 신호, 예를 들어 $s_1, s_3, s_5 \dots s_{(n-1)}$ 을 선택하여 출력하도록 할 수도 있다.

[0100] 또한 다른 예로 초음파 신호 선택부(210)는, 입력되는 초음파 신호 s_i 중에서 도 8b에 도시된 바와 같이 채널 인덱스 i 가 짝수인 초음파 신호만을 선택하여 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)으로 전달하도록 할 수도 있다. 즉, 도 8b에 도시된 바와 같이, n 이 짝수라 가정하는 경우, 입력 초음파 신호 s_1 내지 s_n 중 $s_2, s_4, \dots s_{(n-2)}, s_n$ 을 선택하여 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)로 전달하도록 할 수도 있다.

[0101] 뿐만 아니라 또 다른 예로 초음파 신호 선택부(210)는, 도 8c에 도시된 바와 같이 입력되는 복수의 초음파 신호 s_i 중에서 몇몇 초음파 신호를 랜덤하게 선택하도록 할 수도 있다. 즉, 채널 인덱스 i 와 무관하게 입력 초음파 신호 s_1 내지 s_n 중 일부의 초음파 신호를 임의로 선택하여, 예를 들어 $s_1, s_2, s_4, \dots s_{(n-2)}, s_{(n-1)}$ 과 같은 초음파 신호를 출력하도록 할 수도 있다.

[0102] 이외 다양한 방법, 예를 들어 채널 인덱스가 소수인 경우 초음파 신호나 채널 인덱스가 3의 배수인 초음파 신호를 선택하는 방법 등을 통해서 초음파 신호 선택부(210)는 입력되는 복수의 초음파 신호 중에서 일부의 초음파 신호를 선택할 수 있게 된다.

[0103] 한편 초음파 신호 선택부(210)에 의해 선택되지 않은 초음파 신호에 대한 정보는 별도로 저장될 수 있다. 빔 포밍 계수 결정 방법, 빔 포밍 방법 또는 초음파 이미징 장치의 일 실시예에 따르면, 초음파 신호 선택부(210)에 의해 선택되지 않은 초음파 신호에 대한 정보는 후술하는 빔 포밍 계수 선택부(230)에 의해서 빔 포밍 계수를 선택하거나 또는 빔 포밍 연산 결과를 연산하기 위하여 사용될 수 있다.

[0104] 이하 초음파 신호 채널을 식별하기 위한 채널 인덱스 중에서 초음파 신호 선택부(210)에 의해서 선택된 채널에 대한 인덱스는 제1 채널 인덱스라 하고, 선택되지 않은 채널에 대한 인덱스를 제2 채널 인덱스라고 하도록 한다.

[0105] 이상 상술한 바와 같이 복수의 초음파 신호, 예를 들어 s_1 내지 s_6 중에서 선택된 일부의 초음파 신호는 도 7에 도시된 바와 같이 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)로 전달될 수 있으며, 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)는 선택된 초음파 신호를 이용하여 빔 포밍을 최적화시키는 빔 포밍 계수를 선택하도록 할 수 있다.

[0106] 도 7에 도시된 바와 같이 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)는, 초음파 수집부(10b)로부터 수집된 복수의 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호를 이용하여, 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 획득한 후 획득된 적어도 하나의 빔 포밍 계수로 빔 포밍 계수 후보군을 선정한다.

[0107] 빔 포밍 계수 후보군 선정부(200)는, 일 실시예에 따르면, 미리 정해진 복수의 빔 포밍 계수로 구축된 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)를 열람하여, 복수의 빔 포밍 계수를 추출하고, 추출된 복수의 빔 포밍 계수 중에서 빔 포밍 계수 후보군을 결정하도록 할 수 있다.

[0108] 빔 포밍 계수 후보군 선정부(200)는, 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)로부터 추출된 개개의 빔 포밍 계수마다 개개의 빔 포밍 연산 결과를 획득하도록 할 수 있다. 이 경우에 있어서 빔 포밍 연산 결과는, 초음파 신호 선택부(210)에 의해 선택된 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 의미한다. 이와 같이 빔 포밍 계수 후보군 선정부(200)는, 빔 포밍 계수마다 복수의 초음파 신호에 대한 복수의 빔 포밍 연산 결과를 획득한 후, 획득한 복수의 빔 포밍 연산 결과를 기초로 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 결정함으로써, 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 포함하는 빔 포밍 계수 후보군을 선정하도록 할 수 있다.

[0109] 빔 포밍 계수 후보군 선정부(200)는, 일 실시예에 의하면, 각각의 빔 포밍 계수를 적용하여 획득한 복수의 빔

포밍 연산 결과 중에서 빔 포밍 연산 결과가 최소 분산값(variance)를 갖도록 하는 빔 포밍 계수를 선택하도록 할 수 있다.

[0110] 또한 빔 포밍 계수 후보군 선정부(200)는, 오직 빔 포밍 연산 결과가 최소 분산값을 갖는 빔 포밍 계수만을 선택하는 것이 아니라, 두 번째로 작은 분산값을 갖는 빔 포밍 계수, 세 번째로 작은 분산값을 갖는 빔 포밍 계수 등 복수의 빔 포밍 계수를 선택하도록 할 수도 있다.

[0111] 다시 말해서 빔 포밍 계수 후보군 선정부(200)는, 빔 포밍 계수를 적용하여 획득된 빔 포밍 연산 결과 중에서 다른 빔 포밍 연산 결과에 비해 분산값이 상대적으로 작은 복수의 빔 포밍 계수를 선택함으로써 빔 포밍 계수 후보군을 결정하도록 할 수도 있다.

[0112] 일 실시예에 의하면 빔 포밍 계수 후보군 선정부(200)는, 다음의 수학적 식 1을 연산하여 빔 포밍 계수 후보군을 선정하도록 할 수 있다.

[0113] [수학적 식 1]

$$\{w_c\} = \underset{N\text{-best } w_p}{\operatorname{argmin}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_n[i] \right|$$

[0115] 여기서, w_c 는 빔 포밍 계수 후보군으로 결정된 빔 포밍 계수이고, $w_p[i]$ 는 빔 포밍 데이터베이스(300)로부터 추출된 빔 포밍 계수, p 는 빔 포밍 계수 인덱스이고, i 는 제1 채널 인덱스, M 은 수신 초음파 채널 개수, N 은 빔 포밍 계수 후보군에 포함될 빔 포밍 계수의 개수이다. 여기서 M 과 N 은 자연수이며 1과 같거나 1보다 크다.

[0116] 여기서 빔 포밍 계수의 인덱스 p 는 빔 포밍 데이터베이스(300)로부터 획득한 복수의 빔 포밍 계수 각각을 구별할 수 있도록 하는 인덱스이다.

[0117] 채널 인덱스는 상술한 바와 같이 초음파 수신부(10b)를 통해 수신된 복수의 초음파 신호에 대한 초음파 신호 채널을 구별하기 위한 인덱스이고, 제1 채널 인덱스는 초음파 신호 선택부(210)에 의해 선택된 초음파 신호 채널에 대한 인덱스이다.

[0118] 제1 채널 인덱스 i 는, 상술한 바와 같이 홀수일 수도 있고, 짝수일 수도 있으며, 임의적으로 선택된 것일 수도 있다. 다시 말해서 제1 채널 인덱스 i 는, 1 내지 M 사이의 홀수이거나 1 내지 M 사이의 짝수일 수도 있고, 또한 1 또는 2와 상기 M 사이의 임의의 숫자일 수도 있다. 이와 같은 제1 채널 인덱스 i 는 상술한 초음파 신호 선택부(210)에서 선택된다.

[0119] 수학적 식 1을 살펴보면, 빔 포밍 데이터베이스(300)로부터 획득한 빔 포밍 계수 $w_p[i]$ 가 복수의 초음파 신호 x_n [i]에 대한 가중치로 사용됨을 알 수 있다. 수학적 식 1에 기재된 바와 같이 초음파 신호 선택부(210)에 의해 선택된 복수의 채널의 초음파 신호 $x_n[i]$ 각각을 복수의 초음파 신호 $x_n[i]$ 와 대응되는 빔 포밍 계수 $w_p[i]$ 와 곱한 후, 빔 포밍 계수 $w_p[i]$ 와 초음파 신호 $x_{n+k}[i]$ 의 곱을 모든 초음파 채널에 대해서 합산하여 빔 포밍 연산 결과를 획득한다.

[0120] 빔 포밍 데이터베이스(300)에서 추출된 복수의 빔 포밍 계수 $w_p[i]$ 모두에 대해서, 복수의 빔 포밍 계수 $w_p[i]$ 를 상기 수식에 적용한 빔 포밍 연산 결과를 연산하여 복수의 빔 포밍 연산 결과를 획득하도록 한다.

[0121] 이어서 복수의 빔 포밍 계수 중에서, 획득한 복수의 빔 포밍 연산 결과가 일정 범위 내에 해당하는 경우의 빔 포밍 계수를 선택하도록 한다.

[0122] 이 때 선택되는 빔 포밍 계수는, 복수의 빔 포밍 연산 결과 중 빔 포밍 연산 결과를 최소화시키는 빔 포밍 계수

일 수 있다.

[0123] 또한 획득한 복수의 빔 포밍 연산 결과 중에서 가장 작은 빔 포밍 연산 결과값부터 N 번째로 작은 빔 포밍 연산 결과값까지 총 N개의 빔 포밍 연산 결과를 추출하고, 총 N개의 빔 포밍 연산 결과의 연산에 사용된 N개의 빔 포밍 계수가 선택되는 빔 포밍 계수일 수도 있다.

[0124] 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)는, 이와 같은 연산을 수행하여 얻어진 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 기초로 빔 포밍 계수 후보군을 결정하도록 한다.

[0125] 한편 빔 포밍 계수 후보군 선정부(200)는, 다른 일 실시예에 따르면, 다음의 수학적 2를 연산하여 빔 포밍 계수 후보군을 선정하도록 할 수 있다.

[0126] [수학적 2]

$$\{w_c\} = \underset{N\text{-best } w_p}{\operatorname{argmin}} \sum_{k=-K_{\text{coarse}}}^{k=K_{\text{coarse}}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|$$

[0127]

[0128] 여기서, w_c 는 상기 빔 포밍 계수 후보군에 포함되는 빔 포밍 계수이고, $w_p[i]$ 는 빔 포밍 계수이고, $x_{n+k}[i]$ 은 초음파 신호이고, p 는 빔 포밍 계수 인덱스이고, i 는 제1 채널 인덱스이고, M 은 수신 초음파 채널 개수이며, N 은 상기 빔 포밍 계수 후보군에 포함되는 빔 포밍 계수의 개수이고, k 는, 축 방향 스무딩 변수, K_{coarse} 는 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 최적화시키는 복수의 빔 포밍 계수를 획득하기 위한 축 방향 스무딩 변수의 상한 또는 하한이다.

[0129] 일 실시예에 따르면 빔 포밍 계수 선정을 위해 사용되는 빔 포밍 연산 결과는, 복수의 초음파 신호에 대한 축 방향 스무딩(axial smoothing)이 수행된 빔 포밍 연산 결과일 수도 있다.

[0130] 이와 같이 빔 포밍 연산 결과가 축 방향 스무딩이 수행된 경우에 수학적 1은 상술한 수학적 2와 같이 다시 쓰여질 수 있다.

[0131] 수학적 2에 따르면 빔 포밍 계수 및 초음파 신호의 곱의 절대값에 대한 합산 이후에, 축 방향 스무딩을 위해서 k 가 K_{coarse} 인 경우부터 $-K_{\text{coarse}}$ 인 경우까지 더 합산하도록 할 수 있다.

[0132] 이 경우 K_{coarse} 는 후술하는 빔 포밍 계수 선택부(230)에서 사용되는 K_{fine} 는 보다 작거나 같을 수 있다. 또한 K_{coarse} 는 0의 값을 가질 수도 있다. ($0 \leq K_{\text{coarse}} \leq K_{\text{fine}}$)

[0133] 따라서 위의 수학적 2에 따르면, 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)에서 빔 포밍 계수 후보군을 선정하는 경우, 축 방향 스무딩 계수를 연산할 때 전체의 축 방향 스무딩 계수 중 일부의 축 방향 스무딩 계수, 예를 들어 축 방향 스무딩 변수가 $-K_{\text{coarse}}$ 인 경우부터 K_{coarse} 에 해당하는 범위 내에서만 연산하도록 할 수 있다.

[0134] 이에 따라 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)에서는, 축 방향 스무딩을 적용한 빔 포밍에서의 빔 포밍 계수 후보군을 선정하는 경우에서도, 일부의 범위 내에서만 빔 포밍 계수를 연산하여 빔 포밍 계수 후보군을 선정하기 때문에 빔 포밍 계수 후보군 선정에 필요한 연산량을 감소시킬 수 있게 된다.

[0135] 또한 빔 포밍 계수 후보군 선정부(200)는, 또 다른 일 실시예에 따르면 수학적 2로 표현된 것과 같이 축 방향 스무딩을 수행한 빔 포밍 연산 결과를 이용하지 않고, 대신에 이미징을 위한 근처의 Tx 빔 데이터를 활용하여 스무딩을 수행한 빔 포밍 연산 결과를 이용하여 빔 포밍 계수 후보군을 선정도록 할 수도 있다.

[0136] 한편 빔 포밍 계수 후보군 선정부(200)의 일 실시예에 따르면 빔 포밍 계수 후보군 선정부(200)는, 상술한 수학식 1 대신에 다음의 수학식 3을 이용하여 빔 포밍 계수 후보군을 선정하도록 할 수 있다.

[0137] [수학식 3]

$$\{w_c\} = \underset{N\text{-best } w_p}{\operatorname{argmin}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_n[i] \right|^2$$

[0138]

[0139] 뿐만 아니라 또 다른 일 실시예에 의하면 빔 포밍 계수 후보군 선정부(200)는, 상술한 수학식 2 대신에 다음의 수학식 4를 이용하여, 복수의 초음파 신호에 대한 축 방향 스무딩이 수행된 빔 포밍 연산 결과를 기초로 빔 포밍 계수 후보군을 선정하도록 할 수도 있다.

[0140] [수학식 4]

$$\{w_c\} = \underset{N\text{-best } w_p}{\operatorname{argmin}} \sum_{k=-K_{coarse}}^{k=K_{coarse}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|^2$$

[0141]

[0142] 수학식 3 및 수학식 4의 각 변수 및 기호의 의미는 상술한 수학식 1 및 수학식 2와 동일하다.

[0143] 상술한 바와 같이 수학식 1을 이용하여 획득된 적어도 하나의 빔 포밍 계수 w_c 에 대한 빔 포밍 연산 결과 S_c 는 다음과 같은 수학식 5로 주어질 수 있다.

[0144] [수학식 5]

$$\{S_c\} = \underset{N\text{-best } w_p}{\operatorname{min}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_n[i] \right|$$

[0145]

[0146] 수학식 5의 각 기호는 수학식 1에서 설명된 바와 같다.

[0147] 수학식 5를 살펴보면, 수학식 5의 좌변인 S_c 는 수학식 1에 의해서 획득된 빔 포밍 계수 w_c 와 획득된 빔 포밍 계수에 대응되는 초음파 신호와의 곱을 합산한 결과의 절대값을 최소화하거나 또는 다른 결과에 대해 상대적으로 작은 N 개의 빔 포밍 연산 결과를 의미함을 알 수 있다.

[0148] 이와 같은 빔 포밍 연산 결과 S_c 는 상술한 빔 포밍 계수 w_c 를 연산하는 과정에서 자연스럽게 도출될 수 있다.

[0149] 일 실시예에 따르면 이와 같이 연산된 복수의 빔 포밍 계수 및 복수의 빔 포밍 연산 결과는 별도의 저장부(410)에 저장될 수도 있으며, 또한 초음파 이미징 장치의 저장 공간, 예를 들어 램(RAM)에 일시적으로 저장될 수도 있다.

[0150] 수학식 1 외에도 수학식 2 내지 수학식 4를 이용하여 획득된 적어도 하나의 빔 포밍 계수 w_c 에 대한 빔 포밍 연산 결과 S_c 역시 아래의 수학식 6 내지 수학식 8과 같이 주어질 수 있다.

[0151] [수학식 6]

$$\{S_c\} = \min_{N\text{-best } w_p} \sum_{k=-K_{coarse}}^{k=K_{coarse}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|$$

[0152]

[0153] [수학식 7]

$$\{S_c\} = \min_{N\text{-best } w_p} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_n[i] \right|^2$$

[0154]

[0155] [수학식 8]

$$\{S_c\} = \min_{N\text{-best } w_p} \sum_{k=-K_{coarse}}^{k=K_{coarse}} \left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_p[i] x_{n+k}[i] \right|^2$$

[0156]

[0157] 수학식 6 내지 수학식 8의 각 기호는 수학식 2 내지 수학식 4에서 설명된 바와 같다. 수학식 6 및 수학식 8의 빔 포밍 연산 결과 S_c 는 축 방향 스무딩이 적용된 경우의 빔 포밍 연산 결과를 의미한다.

[0158] 이상 상술한 바와 같이 빔 포밍 계수 후보군이 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)에 의해서 결정되면, 도 7에 도시된 바와 같이 빔 포밍 계수 선택부(230)는 빔 포밍 계수 후보군 중에서 빔 포밍을 위한 최적의 빔 포밍 계수를 선택하도록 한다.

[0159] 빔 포밍 계수 선택부(230)는, 일 실시예에 의하면 도 7에 도시된 바와 같이 빔 포밍 계수 후보군의 빔 포밍 계수들을 이용하여 초음파 수신부(10b)에 의해 수신된 복수의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하도록 한다.

[0160] 상술한 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)가 초음파 신호 선택부(210)에 의해 선택된 일부의 초음파 신호를 이용하여, 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)로부터 추출된 복수의 빔 포밍 계수에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 이렇게 연산된 빔 포밍 연산 결과를 기초로 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)로부터 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 것과는 다르게, 빔 포밍 계수 선택부(230)는 시간지연부(110)에 의해 시간차가 보정된 모든 초음파 신호 또는 일부의 초음파 신호를 이용하여, 빔 포밍 계수 후보군으로부터 추출된 적어도 하나의 빔 포밍 계수가 적용된 빔 포밍 연산 결과를 획득하고, 이렇게 획득된 빔 포밍 연산 결과를 기초로 빔 포밍을 위한 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 결정한다.

[0161] 빔 포밍 계수 선택부(230)의 일 실시예에 따르면, 빔 포밍 계수 선택부(230)는 하단의 수학식 9를 연산하여 빔

포밍 계수를 선택하도록 할 수 있다.

[0162] 하단의 수학식 9가 이용되는 경우는 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)에서 수학식 1을 이용하는 경우에 일반적으로 사용될 수 있을 것이나, 수학식 2 내지 수학식 4를 이용하여 빔 포밍 계수 후보군을 선택하는 경우에도 사용될 수 있을 것이다.

[0163] [수학식 9]

$$\{w_f\} = \underset{w_c}{\operatorname{argmin}} [S_c(w_c^{(n)}) + \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_n[j] \right|]$$

[0165] 여기서, w_f 는 최종적으로 선택되는 빔 포밍 계수이고, $S_c(w_c^{(n)})$ 는 빔 포밍 후보군의 빔 포밍 계수 w_c 중 n 번째 빔 포밍 계수인 $w_c^{(n)}$ 값에 대한 빔 포밍 연산 결과를 의미한다.

[0166] 특히 $S_c(w_c^{(n)})$ 는 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)에서 수학식 1을 이용하는 경우, 상술한 수학식 5에 $w_c^{(n)}$ 값을 대입한 결과값일 수도 있다.

[0167] 여기서 제2 채널 인덱스 j 는 상술한 제1 채널 인덱스와 동일하게 초음파 신호 채널을 식별하기 위한 채널 인덱스로, 제2 채널 인덱스 j 는 1과 M 사이의 홀수 또는 2와 M 사이의 짝수일 수도 있고, 또한 1 또는 2와 M 사이의 임의의 숫자일 수도 있다.

[0168] 한편 제2 채널 인덱스는, 초음파 수신부(10b)에 의해 수신된 복수의 초음파 신호에 대한 복수의 초음파 채널 중에서 제1 채널 인덱스 i 에 해당하지 않는 초음파 채널에 대한 채널 인덱스이다. 즉, 제2 채널 인덱스 j 는 상술한 바와 같이 초음파 신호 선택부(210)에서 선택되지 않은 나머지 초음파 신호들에 대한 채널 인덱스를 의미한다.

[0169] 따라서 제1 채널 인덱스 i 와 제2 채널 인덱스 j 의 채널들은 서로 중복되지 않는다. 다시 말해서 제1 채널 인덱스 i 의 집합과 제2 채널 인덱스 j 의 집합은 서로 소이다.

[0170] 아울러 제1 채널 인덱스 i 들과 제2 채널 인덱스 j 들을 모두 합치면 모든 초음파 채널에 대한 채널 인덱스를 이룰 수도 있다. 즉, 제1 채널 인덱스 i 의 집합과 제2 채널 인덱스 j 의 집합의 합집합은 초음파 수신부(10b)로부터 전달되거나 또는 시간지연부(110)에 의해 시간 차이가 보정된 모든 초음파 신호에 대한 초음파 채널을 포함하는 초음파 채널의 집합이 될 수 있다.

[0171] 예를 들어 제1 채널 인덱스 i 가 1, 3, 5... 등과 같이 홀수들의 집합이라면, 제2 채널 인덱스 j 는 2, 4, 6... 등과 같이 짝수들의 집합일 수 있으며, 역으로 제1 채널 인덱스 i 가 짝수들의 집합이라면, 제2 채널 인덱스 j 는 홀수의 집합일 수 있다.

[0172] 따라서 상술한 수학식 9에서 절대값 기호 안의 수학식, 즉 하단의 수학식 9a는, 초음파 신호 선택부(210)에서 선택되지 않은 나머지 초음파 신호에 대해서 가중치, 즉 빔 포밍 계수를 곱하여 합산하는 것을 의미한다.

[0173] [수학식 9a]

$$\left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_n[j] \right|$$

[0174]

[0175] 한편 빔 포밍 연산 결과 $S_c(w_c^{(n)})$ 가 수학식 5에 $w_c^{(n)}$ 값을 대입한 결과값이라고 한다면, 이는 이미 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)에 의해서 연산되었다. 왜냐하면 빔 포밍 계수 $w_c^{(n)}$ 는 빔 포밍 후보군의 빔 포밍 계수 w_c 중 n 번째 빔 포밍 계수이기 때문이다.

[0176] 여기서 수학식 5를 다시 한번 살펴보면 빔 포밍 연산 결과 $S_c(w_c^{(n)})$ 는 제1 채널 인덱스 i 에 해당하는 초음파 신호와 상기 초음파 신호의 빔 포밍 계수를 곱한 결과의 합산에 대한 절대값임을 알 수 있고, 따라서 수학식 9는 다음과 같이 수학식 10으로 다시 쓰여질 수 있다.

[0177] [수학식 10]

$$\{w_f\} = \underset{w_c}{\operatorname{argmin}} \left[\left| \sum_{i=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[i] x_n[i] \right| + \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_n[j] \right| \right]$$

[0178]

[0179](1)(2)

[0180] 수학식 10을 참조하면 모든 초음파 채널 M 중 일부는 전단의 절대값 내의 수식 (1)에 의해서 연산되고, 나머지 일부는 후단의 절대값 내의 수식 (2)에 의해서 연산됨을 알 수 있다. 그 결과 빔 포밍 계수 선택부(230)에서는 모든 초음파 채널, 다시 말해서 모든 초음파 신호에 대해서 빔 포밍 연산 결과를 획득할 수 있게 되고 그 결과를 기초로 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 선택할 수 있게 된다. 물론 빔 포밍 계수 선택부(230)는 수식 (1)을 연산할 필요가 없다. 왜냐하면 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)에 의해 이미 연산된 것이기 때문이다. 그러므로 빔 포밍 계수 선택부(230)에서의 연산량이 감축될 수 있다.

[0181] 따라서 빔 포밍 계수 선택부(230)는 빔 포밍 계수 후보군의 적어도 하나의 빔 포밍 계수들을 이용하여 수식 (2)를 연산하고, 연산 결과에 빔 포밍 연산 결과 $S_c(w_c^{(n)})$ 를 합산하여 최종적인 빔 포밍 연산 결과 S_f 를 획득하고, 최종적인 빔 포밍 연산 결과 S_f 를 최소화시키는 빔 포밍 계수 w_f 를 빔 포밍 후보군의 빔 포밍 계수 w_c 중에서 선택하도록 한다.

[0182] 다른 실시예에 따르면 빔 포밍 계수 선택부(230)는, 하단의 수학식 11을 연산하여 빔 포밍 계수를 선택하도록 할 수 있다. 하단의 수학식 11은 일반적으로 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)에서 수학식 2를 이용하여 빔 포밍 계수 후보군을 선정하는 경우에 사용될 수 있을 것이다. 다만 실시예에 따라서는 수학식 1, 수학식 3 또는 수학식 4를 이용하여 빔 포밍 계수 후보군을 선정하는 경우에도 사용될 수 있을 것이다.

[0183] [수학식 11]

$$\{w_f\} = \underset{w_c}{\operatorname{argmin}} \left[S_c(w_c^{(n)}) + \sum_{k \notin K_{\text{coarse}}} \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_{n+k}[j] \right| \right]$$

[0184]

[0185] 수학식 11은 축 방향 스무딩이 적용된 경우에 있어서 최종적으로 빔 포밍 계수를 선택하는 경우에 사용될 수 있을 것이다. 수학식 11의 각 기호는 상술한 수학식 1 내지 수학식 4와 수학식 9에서 설명한 바와 동일하다.

[0186] 한편 수학식 11을 참조하면 축 방향 스무딩이 수행되는 경우에 있어서 일부의 축 방향 스무딩 계수에 대해서나 연산하도록 할 수 있다. 예를 들어 수학식 11에 기재된 바와 같이 수학식 2에서 사용된 범위의 축 방향 스무딩 변수 k를 제외한 나머지 범위로 합산하도록 할 수도 있다.

[0187] 또한 다른 실시예에서는 수학식 11은 축 방향 스무딩 변수 k가 $-K_{\text{fine}}$ 인 경우부터 K_{fine} 인 경우까지 절대값 연산 결과를 합산하는 것일 수도 있다. 이 경우 K_{fine} 는 K_{coarse} 보다 같거나 더 클 수도 있다. ($0 \leq K_{\text{coarse}} \leq K_{\text{fine}}$)

[0188] 또 다른 실시예에 따르면 빔 포밍 계수 선택부(230)는 하단의 수학식 12 또는 수학식 13을 이용하여 빔 포밍에 사용될 빔 포밍 계수를 연산할 수도 있다.

[0189] 수학식 12는 일반적으로 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)에서 수학식 3을 이용하는 경우에, 수학식 13은 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)에서 수학식 4를 이용하는 경우에 사용될 수 있을 것이다. 다만 필요에 따라서는 다른 수학식을 이용하는 경우에도 하단의 수학식 12 또는 수학식 13이 빔 포밍 계수 연산을 위해 사용될 수도 있다.

[0190] [수학식 12]

$$\{w_f\} = \underset{w_c}{\operatorname{argmin}} \left[S_c(w_c^{(n)}) + \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_n[j] \right|^2 \right]$$

[0191]

[0192] [수학식 13]

$$\{w_f\} = \underset{w_c}{\operatorname{argmin}} \left[S_c(w_c^{(n)}) + \sum_{k \notin K_{\text{coarse}}} \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_{n+k}[j] \right|^2 \right]$$

[0193]

[0194] 수학식 13은 축 방향 스무딩이 적용된 경우에 있어서 최종적으로 빔 포밍 계수를 선택하는 경우에 사용될 수 있을 것이다. 수학식 12 및 수학식 13의 각 기호는 상술한 수학식 1 내지 수학식 4와 수학식 9에서 설명한 바와 동일하다.

[0195] 한편 빔 포밍 계수 선택부(230)가, 상술한 바와 같은 수학식 9를 이용하여 빔 포밍 계수 후보군으로부터 빔 포밍 계수를 연산하여 빔 포밍에 사용될 빔 포밍 계수를 선택하는 경우에, 빔 포밍 계수 선택부(230)에 의해서 연산된 빔 포밍 연산 결과는 다음의 수학식 14와 같다.

[0196] [수학식 14]

$$\{S_f\} = \min_{w_c} [S_c(w_c^{(n)}) + \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_n[j] \right|]$$

[0197]

[0198] 수학식 14 좌변의 빔 포밍 연산 결과 S_f 는, 빔 포밍 계수 후보군 중 수학식 9에 의해 연산된 빔 포밍 계수를 하단의 수학식 14-1에 대입한 결과이다. 다시 말해서 수학식 14a의 최소값이다.

[0199] [수학식 14a]

$$[S_c(w_c^{(n)}) + \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_n[j] \right|]$$

[0200]

[0201] 또한 실시예에 따라서 빔 포밍 계수 선택(230)부가 수학식 11을 이용하여 빔 포밍 계수를 선택하는 경우에는 빔 포밍 연산 결과는, 다음의 수학식 15와 같다.

[0202] [수학식 15]

$$\{S_f\} = \min_{w_c} [S_c(w_c^{(n)}) + \sum_{k \notin K_{coarse}} \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_{n+k}[j] \right|]$$

[0203]

[0204] 또한 다른 실시예에 따라서 빔 포밍 계수 선택부(230)가 수학식 12를 이용하여 빔 포밍 계수를 선택하는 경우에는 빔 포밍 연산 결과는, 다음의 수학식 16과 같다.

[0205] [수학식 16]

$$\{S_f\} = \min_{w_c} [S_c(w_c^{(n)}) + \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_n[j] \right|^2]$$

[0206]

[0207] 또 다른 실시예에 따라서 빔 포밍 계수 선택부(230)가 수학식 13을 이용하여 빔 포밍 계수를 선택하는 경우에는 빔 포밍 연산 결과는, 다음의 수학식 17과 같다.

[0208] [수학식 17]

$$\{S_f\} = \min_{w_c} [S_c(w_c^{(n)}) + \sum_{k \notin K_{coarse}} \left| \sum_{j=1 \text{ or } 2}^M w_c^{(n)}[j] x_{n+k}[j] \right|^2]$$

[0209]

- [0210] 상술한 바와 같이 빔 포밍 계수 선택부(230)에 의해서 빔 포밍 계수 W_f 가 결정되면 빔 포밍부(100) 중 집속부(120)로 전달되고, 집속부(120)는 빔 포밍 계수 W_f 를 가중치로 하여 복수의 초음파 신호를 빔 포밍시킨다. 빔 포밍된 초음파 신호는 영상 처리부(400)로 전달되고 영상 처리부는 빔 포밍된 초음파 신호를 기초로 초음파 영상을 생성한 후 이를 디스플레이부(420)에 표시하도록 한다.
- [0211] 이상 상술한 바와 같이 빔 포밍 계수 연산부(200)는, 대상체로부터 반사되고 초음파 수신부(10b), 예를 들어 트랜스듀서(10)에서 수신된 복수의 초음파 신호를 기초로 빔 포밍 계수를 결정하여 집속부(120)로 전달함으로써, 초음파 영상에 표시되는 모든 영역에 대한 초음파 신호에 대해 빔 포밍이 수행되도록 할 수도 있다.
- [0212] 한편 다른 일 실시예에 따르면, 빔 포밍 계수 연산부(200)는, 초음파 영상에 표시되는 일부 영역에 대한 초음파 신호에 대해서만 빔 포밍 계수를 결정하여 집속부(120)로 전달하도록 할 수 있다. 다시 말해서 빔 포밍 계수 연산부(200)의 초음파 신호 선택부(210)는, 대상체(ob)로부터 반사된 초음파 신호 중에서 대상체(ob) 내의 일부 영역에서만 반사되어 수신된 복수의 초음파 신호 중에서 일부의 초음파 신호를 선택하도록 할 수 있으며, 빔 포밍 계수 후보군 선정부(220)는 이와 같이 선택된 초음파 신호를 기초로 빔 포밍 계수 후보군을 선정하고, 빔 포밍 계수 선택부(230)는 이와 같이 선정된 빔 포밍 계수 후보군으로부터 빔 포밍 계수를 결정하도록 할 수 있다.
- [0213] 이에 따라서 빔 포밍부(100)는, 대상체(ob) 내의 일부 영역에서만 반사되어 수신된 복수의 초음파 신호에 대해서는 빔 포밍 계수 연산부(200)에 의해서 결정된 빔 포밍 계수에 의하여 빔 포밍을 수행하도록 하고, 다른 영역에서 반사되어 수신된 복수의 초음파 신호에 대해서는 기설정된 빔 포밍 계수를 이용하거나 또는 종래의 알려진 다양한 빔 포밍 방법을 이용하여 빔 포밍을 수행하도록 할 수도 있다.
- [0214] 한편 본 발명의 일 실시예에 따르면, 콤파운딩(compounding) 방식이나 신세틱 애퍼처(synthetic aperture) 방식을 이용하는 경우에 있어서 동일한 위치에 대해서는 상술한 바와 같이 획득된 빔 포밍 계수를 공유하도록 할 수도 있다.
- [0215] (3) 이하 도 9 내지 도 13을 참조하여 빔 포밍 방법의 일 실시예에 대해서 설명하도록 한다.
- [0216] 도 9는 빔 포밍 방법의 일 실시예에 대한 흐름도이다.
- [0217] 도 9에 도시된 바와 같이 빔 포밍 방법의 일 실시예에 따르면, 먼저 초음파 신호가 출력되어 빔 포밍 계수 연산부(200)로 전달된다.(s500)
- [0218] 이 경우 초음파 신호는 초음파 수신부(10b)에 의해 출력된 신호일 수도 있고, 또는 여타의 다른 초음파 신호를 출력하는 장치에 의해서 출력된 초음파 신호일 수도 있다.
- [0219] 빔 포밍 계수 연산부(200)는 출력된 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호를 이용하여 빔 포밍 연산 결과를 최적화시키는 빔 포밍 계수 후보군을 결정하도록 한다.(s510)
- [0220] 이 경우 실시예에 따라서 일부의 초음파 신호는, 출력된 초음파 신호 중에서 소정의 기준, 예를 들어 초음파 채널 인덱스의 홀수 또는 짝수 여부 등에 따라서 선택될 수도 있고, 또한 랜덤하게 선택될 수도 있다.
- [0221] 또한 실시예에 따라서는 수학식 1 내지 수학식 4가 빔 포밍 계수 후보군을 결정하기 위해서 사용될 수도 있다.
- [0222] 빔 포밍 계수 연산부(200)는 상술한 방법에 따라서 빔 포밍 계수 후보군을 결정한 후, 출력된 초음파 신호를 기초로 빔 포밍 계수 후보군 중 최적의 빔 포밍 계수를 선택하도록 한다.(s520) 빔 포밍 방법의 실시예에 따라서는 이 경우에 있어서도 출력된 모든 초음파 신호를 기초로 빔 포밍 계수를 선택할 수도 있고, 출력된 모든 초음파 신호 중 일부의 초음파 신호를 기초로 빔 포밍 계수를 선택하도록 할 수도 있을 것이다.

- [0223] 이와 같이 선택된 최적의 빔 포밍 계수가 빔 포밍부(100)에서 빔 포밍에 사용할 빔 포밍 계수로 결정된다.(s530)
- [0224] 빔 포밍부(100)는 상술한 방법으로 결정된 빔 포밍 계수를 이용하여 빔 포밍을 수행하고 빔 포밍 결과 데이터를 출력하여 영상 처리부(400)로 전달한다.(s540) 그러면 영상 처리부(400)는, 빔 포밍부(100)에서 출력된 결과 데이터를 기초로 초음파 영상을 생성한다.(s550)
- [0225] 이하 빔 포밍을 위한 빔 포밍 계수 결정 방법의 다양한 일 실시예에 대해서 설명하도록 한다.
- [0226] 도 10은 빔 포밍 계수 결정 방법의 일 실시예에 대한 흐름도이다.
- [0227] 도 10에 도시된 바와 같이 빔 포밍 계수 결정 방법의 일 실시예에 따르면, 먼저 초음파 발생부(10a)가 초음파를 발생시켜 대상체로 조사하고, 초음파 수신부(10b)는 대상체로부터 반사된 초음파 에코 신호를 수신한다.(s600) 초음파 수신부(10b)는 수신된 초음파 에코 신호로부터 초음파 신호를 출력하여 빔 포밍 계수 연산부(200)로 전달된다.(s610)
- [0228] 빔 포밍 계수 연산부(200)는, 먼저 출력된 초음파 신호 중에서 일부의 초음파 신호를 선택하고(s620), 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)를 열람한 후(s630)에, 빔 포밍 계수 데이터베이스(300) 중에서 선택된 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 연산 결과를 최적화시키는 빔 포밍 계수를 추출하도록 한다.(s640),
- [0229] 추가로 빔 포밍 계수를 더 추출하려는 경우에는 상술한 단계 s630 및 s640을 반복하도록 하고(s650), 추가로 빔 포밍 계수를 더 추출하지 않는 경우에는 추출된 빔 포밍 계수로 빔 포밍 계수 후보군을 결정하도록 한다.(s660)
- [0230] 이어서 빔 포밍 계수 연산부(200)는, 상술한 단계 s660에서 결정된 빔 포밍 계수 후보군을 열람하고(s670), 열람한 빔 포밍 계수 후보군으로부터 모든 초음파 신호 또는 일부의 초음파 신호에 대한 빔 포밍 결과를 최적화시키는 빔 포밍 계수를 추출하여 빔 포밍 계수를 결정하도록 할 수 있다.(s680)
- [0231] 이하 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 방법의 다양한 실시예에 대해서 설명하도록 한다.
- [0232] 도 11은 빔 포밍 계수 후보군 결정 방법의 일 실시예에 대한 흐름도이다.
- [0233] 도 11에 도시된 바와 같이 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 방법의 일 실시예에 의하면, 먼저 빔 포밍 계수 데이터베이스로부터 빔 포밍 계수가 추출될 수 있다.(s700)
- [0234] 이어서 추출된 빔 포밍 계수를 빔 포밍 계수를 선정하기 위한 빔 포밍 연산 방정식, 예를 들어 상술한 수학식 1 내지 수학식 4에 대입하여 빔 포밍 연산 결과를 획득한다.(s701)
- [0235] 그리고 먼저 연산된 빔 포밍 연산 결과가 새로 획득된 빔 포밍 연산 결과를 비교하여 어느 것이 더 큰 값을 갖는지 여부를 결정한다.(s702)
- [0236] 비교 결과 만약 기연산된 빔 포밍 연산 결과가 새로 획득된 빔 포밍 연산 결과보다 큰 경우 기연산된 빔 포밍 계수를 삭제하고, 새로 추출된 빔 포밍 계수를 저장하도록 하고(s703), 만약 기연산된 빔 포밍 연산 결과가 새로 획득된 빔 포밍 연산 결과보다 작은 경우에는 새로 추출된 빔 포밍 계수를 폐기하고 기연산된 빔 포밍 계수는 유지하도록 한다.(s704)
- [0237] 그리고 상술한 단계 s701 내지 s704를 일정 회수 반복하여 최종적으로 저장된 빔 포밍 계수, 다시 말해서 빔 포밍 연산 결과를 최소화시키는 빔 포밍 계수를 빔 포밍 계수 후보군에 해당하는 빔 포밍 계수로 결정하도록 한다.(s705 내지 s706)
- [0238] 이에 따라서 빔 포밍 계수 후보군이 선정될 수 있다.

- [0239] 도 12는 빔 포밍 계수 후보군 결정 방법의 다른 일 실시예에 대한 흐름도이다.
- [0240] 도 12에 도시된 바와 같이 빔 포밍 계수 후보군을 결정하는 일 실시예에 따르면, 먼저 빔 포밍 계수 데이터베이스로부터 N 개의 빔 포밍 계수가 추출될 수 있다.(s710)
- [0241] 그러면 빔 포밍 계수 연산부(200)는, N 개의 빔 포밍 계수를 빔 포밍 연산을 위한 빔 포밍 연산 방정식, 예를 들어 상술한 수학식 1 내지 수학식 4 중 적어도 하나의 수학식에 대입하여 총 N 개의 빔 포밍 연산 결과를 획득한다.(s711)
- [0242] 이어서 빔 포밍 계수 연산부(200)는, 빔 포밍 계수 데이터베이스(300)로부터 빔 포밍 계수를 추출하고(s712), 추출된 빔 포밍 계수를 빔 포밍 연산 방정식, 예를 들어 상술한 수학식 1 내지 수학식 4 중 미리 설정된 어느 하나의 수학식(일반적으로 단계 s711에서 이용된 수학식과 동일할 것이다)에 대입하여 추출된 빔 포밍 계수에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득한다.(s713)
- [0243] 이어서 단계 s711에서 획득된 N 개의 빔 포밍 연산 결과와 단계 s712 및 s713을 통해 새로 획득된 빔 포밍 연산 결과를 비교하여(s714), 새로 획득된 빔 포밍 연산 결과가 미리 결정된 N 개의 빔 포밍 연산 결과 중 적어도 하나보다 작은지 여부를 판단하도록 한다.(s715)
- [0244] 판단 결과 단계 s712 및 s713을 통해 새로 획득된 빔 포밍 연산 결과가 단계 s711에서 미리 결정된 N 개의 빔 포밍 연산 결과 중 적어도 하나보다 작은 경우에는, N 개의 빔 포밍 연산 결과 중 그 값이 가장 큰 빔 포밍 연산 결과의 빔 포밍 계수를 삭제하도록 하고,(s716) 새로 추출된 빔 포밍 계수를 삭제된 빔 포밍 계수 대신에 저장하도록 한다.(s717)
- [0245] 만약 단계 s712 및 s713을 통해 새로 획득된 빔 포밍 연산 결과가 단계 s711에서 미리 결정된 N 개의 빔 포밍 연산 결과들보다 큰 경우에는 새로 추출된 빔 포밍 계수 폐기하고, 종래의 N 개의 빔 포밍 연산 결과는 유지한다.(s717-1)
- [0246] 이후 빔 포밍 데이터베이스(300)에서 추가로 새로운 빔 포밍 계수를 추출하여 상술한 단계 s712 내지 단계 s717을 반복할지 여부를 결정하고, 반복할 경우에는 단계 s712 내지 단계 s717을 반복하도록 한다.(s718) 만약 더 이상 반복하지 않는 경우, 즉 새로운 빔 포밍 계수를 빔 포밍 데이터베이스(300)에서 추출하지 않는 경우에는 단계 s712 내지 단계 s717-1를 통하여 최종적으로 획득한 N 개의 빔 포밍 계수를 빔 포밍 계수 후보군에 해당하는 빔 포밍 계수로 결정하도록 한다.(s719)
- [0247] 그 결과 빔 포밍 계수 후보군이 선정될 수 있게 된다.
- [0248] 이하 빔 포밍 방법의 다양한 실시예에 대해서 더 설명하도록 한다.
- [0249] 도 13은 빔 포밍 방법의 다른 일 실시예에 대한 흐름도이다.
- [0250] 도 13에 도시된 바를 참조하면 빔 포밍 방법의 일 실시예는, 먼저 초음파를 대상체로 조사하고 초음파 에코 신호를 수신하고(s720), 수신된 초음파 에코 신호로부터 초음파 신호를 출력하도록 한다.(s721)
- [0251] 그리고 출력된 초음파 신호 중에서 대상체(ob) 내의 특정한 일부 영역에서 반사된 일부 영역에 대한 초음파 신호를 선택하도록 한다.(s722) 여기서 특정한 일부 영역은 초음파 영상으로 표시될 모든 영역 중에서 미리 설정되거나 또는 사용자가 선택한 일부 영역일 수 있다.
- [0252] 빔 포밍 계수 연산부(200)는, 이와 같이 미리 설정되거나 또는 사용자에게 의해 선택된 일부 영역에 대한 초음파 신호 중에서 일부의 초음파 신호를 선택하도록 한다.(s723) 그리고 선택된 일부의 초음파 신호를 이용하여, 빔 포밍 결과를 최적화시키는 빔 포밍 계수 후보군을 결정한다.(s724)
- [0253] 빔 포밍 계수 연산부(200)는, 미리 설정되거나 또는 사용자가 선택한 일부 영역에 대한 모든 초음파 신호 또는 일부의 초음파 신호를 이용하여 최적의 빔 포밍 계수를 빔 포밍 계수 후보군에서 선택하여 결정하도록 한다.(s725)
- [0254] 빔 포밍부(100)는, 미리 설정되거나 또는 사용자에게 의해 선택된 일부 영역에 대해서는 단계 720 내지 단계 725에 의하여 결정된 빔 포밍 계수를 이용하여 빔 포밍을 수행하고 일부 영역 외의 다른 영역에 대해서는 단계 720 내지 단계 725와는 다른 방법, 예를 들어 종래의 빔 포밍 계수 결정 방법에 따라서 결정된 빔 포밍 계수를 이용하여 빔 포밍을 수행하도록 한다. 그리고 빔 포밍 결과 데이터를 출력하여 영상 처리부(400)로 전달한다.(s726)

- [0255] 영상 처리부(400)는, 출력된 데이터를 기초로 초음파 영상과 영상을 생성하여 사용자에게 표시한다.(s727)
- [0256] 이 방법에 의하면 초음파 영상의 일정 관심 영역에 대한 빔 포밍은 본 발명에 의하여 수행하도록 하고, 다른 영역에 대해서는 다른 빔 포밍 방법, 예를 들어 종래의 빔 포밍 방법에 따라서 수행하도록 하여, 초음파 영상의 일부 영역과 다른 영역을 차별적으로 처리하도록 할 수 있다.
- [0257] 도 14는 빔 포밍 방법의 또 다른 일 실시예에 대한 흐름도이다.
- [0258] 도 14에 따르면 빔 포밍 방법의 또 다른 일 실시예는 먼저 초음파를 대상체로 조사하고, 초음파 에코 신호를 수신하고(s730), 수신된 초음파 에코 신호로부터 복수의 초음파 신호를 출력하여 빔 포밍 계수 연산부(200)로 전달한다.(s731)
- [0259] 빔 포밍 계수 연산부(200)는, 복수의 초음파 신호 중에서 소정의 기준에 따라서 일부의 초음파 신호를 선택하도록 한다.(s732)
- [0260] 빔 포밍 계수 연산부(200)는, 선택된 일부의 초음파 신호에 대해서 상술한 바와 같은 방법, 예를 들어 수학적 1 내지 수학적 4를 이용하여 빔 포밍 계수 후보군을 선정하고, 아울러 상술한 방법, 예를 들어 수학적 5 내지 수학적 8를 이용하여 빔 포밍 연산 결과를 획득한다.(s733)
- [0261] 이어서 빔 포밍 계수 연산부(200)는, 빔 포밍 계수 후보군 중에서, 예를 들어 수학적 9, 수학적 11 내지 수학적 13을 이용하여 빔 포밍에 사용될 적어도 하나의 빔 포밍 계수를 결정하고, 예를 들어 수학적 5 내지 수학적 8에 의한 빔 포밍 연산 결과를 이용하여 결정된 최종 빔 포밍 계수에 대한 빔 포밍 연산 결과를 획득하도록 한다.(s734) 이 경우 실시예에 따라서 예를 들어 수학적 14, 수학적 15 내지 수학적 17 등이 최종 빔 포밍 계수에 대한 빔 포밍 연산 결과 획득을 위해서 사용될 수 있다.
- [0262] 이후 결정된 빔 포밍 계수를 이용하여 빔 포밍부(100)는 초음파 신호에 대해서 빔 포밍을 수행하고, 초음파 신호에 대한 빔 포밍 결과 데이터를 출력하도록 한다.(s736)
- [0263] 영상 처리부(400)는, 출력된 빔 포밍 결과 데이터를 기초로 초음파 영상을 생성한다.(s737)
- [0264] (4) 이와 같이 본 발명의 실시예에 따라서 빔 포밍 계수를 결정하고, 결정된 빔 포밍 계수를 이용하여 빔 포밍을 수행하는 경우, 다른 빔 포밍 방식, 특히 적응형 빔 포밍 방식에 비하여 그 연산량을 매우 감축할 수 있게 된다.
- [0265] 본 발명에 따른 빔 포밍 방법과, 예를 들어 카폰(capon) 빔 포밍 방법이나, 풀 서치(full search) 빔 포밍 방법과 같은 다른 적응형 빔 포밍 방법을 비교하도록 한다.
- [0266] 카폰 빔 포밍 방법에 의한 곱셈의 수는 수신 초음파 채널 M 의 세제곱(Capon 방식의 곱셈의 수 = M^3)으로 결정된다. 아울러 풀 서치 빔 포밍 방법에서는 곱셈의 수는 공식 $P \times (2K+1) \times M$ 로 결정된다. 여기서 P는 빔 포밍 계수 데이터베이스의 크기, 즉 데이터베이스에 저장된 빔 포밍 계수의 개수, K는 축 방향 스무딩의 계수, M은 채널의 개수이다.
- [0267] 본 발명의 방법에 의하면 곱셈 수는 하단의 수학적 18에 따라서 결정된다.
- [0268] [수학적 18]
- [0269]
$$P \times (2K_{coarse} + 1) \times M_{coarse} + N \times 2K_{fine} \times M_{fine}$$
- [0270] 여기서 빔 포밍 윈도우 종류, 즉 데이터베이스의 크기 또는 빔 포밍 계수의 개수 P는 10이라 하고, 빔 포밍 계수 후보군의 빔 포밍 계수의 개수 N은 10이라 하며, 채널 개수 M은 128, M_{coarse} 는 64, M_{fine} 은 M_{coarse} 와 동일하다

고 가정한다. 아울러 축 방향 스무딩 계수 $K = 15$, $K_{\text{coarse}} = 1$, $K_{\text{fine}} = K_{\text{coarse}}$ 라 가정하도록 한다.

[0271] 그러면 본 발명에 따른 빔 포밍 방법과, 카본 빔 포밍 방법이나, 풀 서치 빔 포밍 방법 한 개의 빔 포밍 계수를 획득하기 위한 연산의 개수는 다음의 표 1과 같이 결정된다.

표 1

[0272]

	카본 빔 포밍 방법	풀 서치 빔포밍 방법	본 발명
연산수	2,097,152	396,800	37,120

[0273]

즉, 상술한 표에 기재된 바와 같이 본 발명의 빔 포밍 방법에 의하면, 카본 빔 포밍 방법에 비하여 연산량이 1/56 정도로 줄어들고, 또한 풀 서치 빔 포밍 방법과 비교하는 경우에는 연산량이 1/10 정도로 감소하게 됨을 알 수 있다. 이에 따라서 본 발명에 의하면 빔 포밍에 필요한 빔 포밍 계수 연산량을 대폭 감소시키는 효과를 얻을 수 있게 되는 것이다.

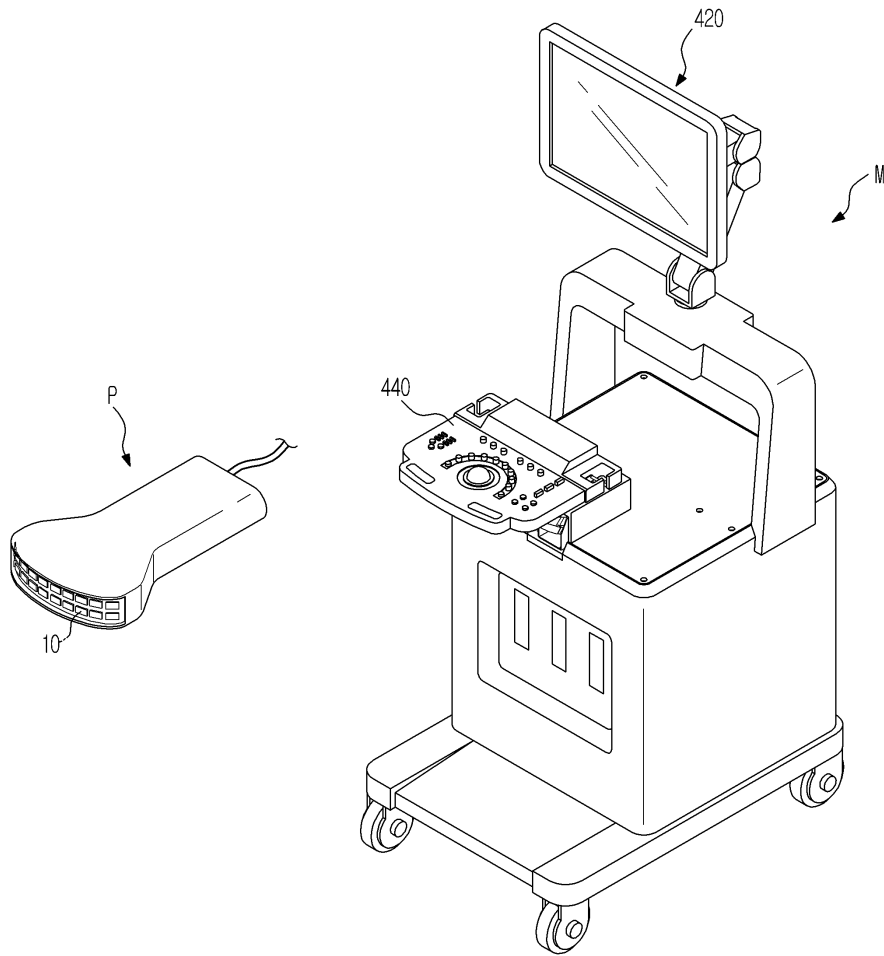
부호의 설명

[0274]

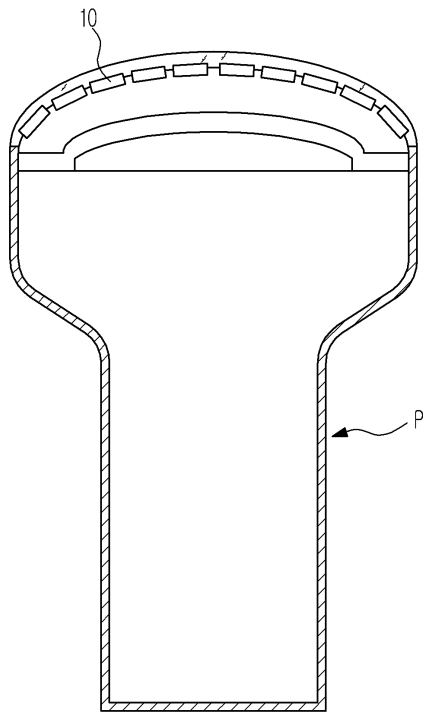
P : 초음파 프로브	M : 초음파 이미징 장치 본체
10 : 트랜스듀서	100 : 빔 포밍부
200 : 빔 포밍 계수 연산부	300 : 빔 포밍 계수 데이터베이스
400 : 영상처리부	410 : 저장부
420 : 디스플레이부	430 : 시스템 제어부
440 : 입력부	

도면

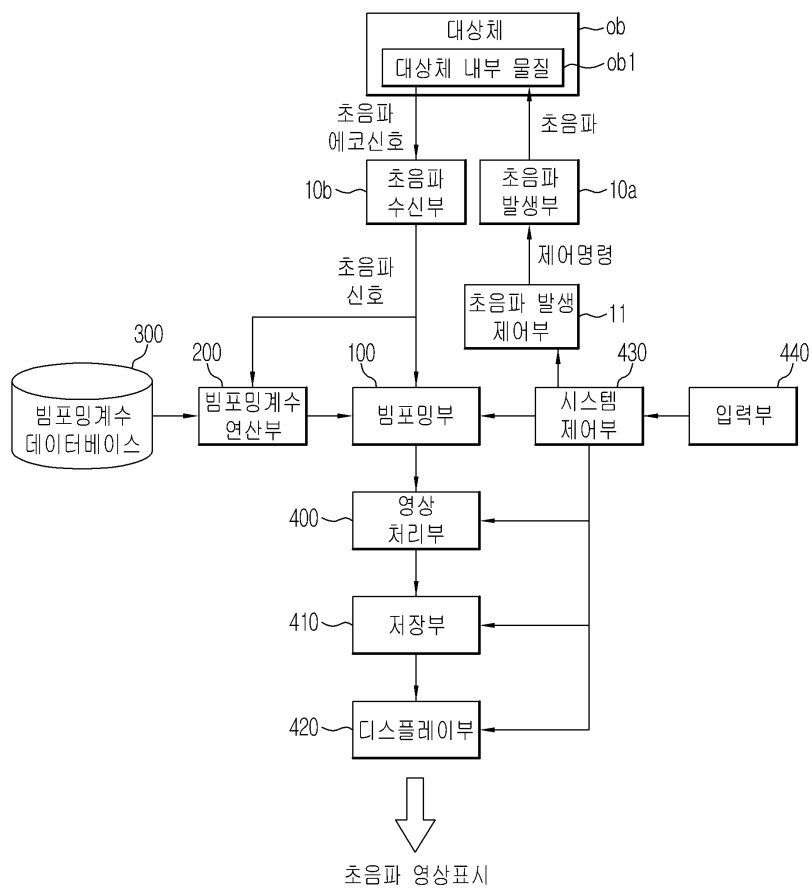
도면1



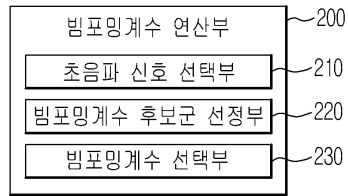
도면2



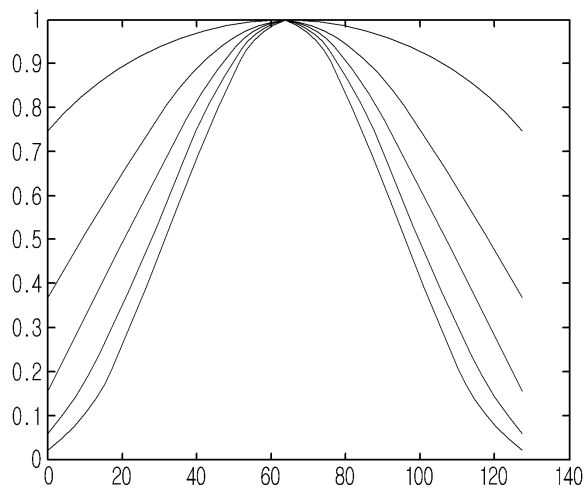
도면3a



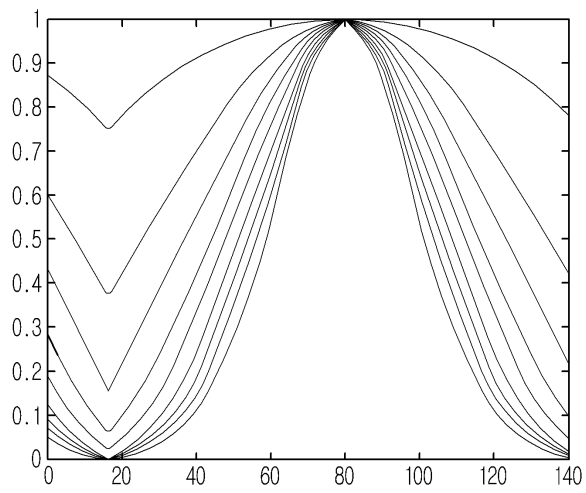
도면3b



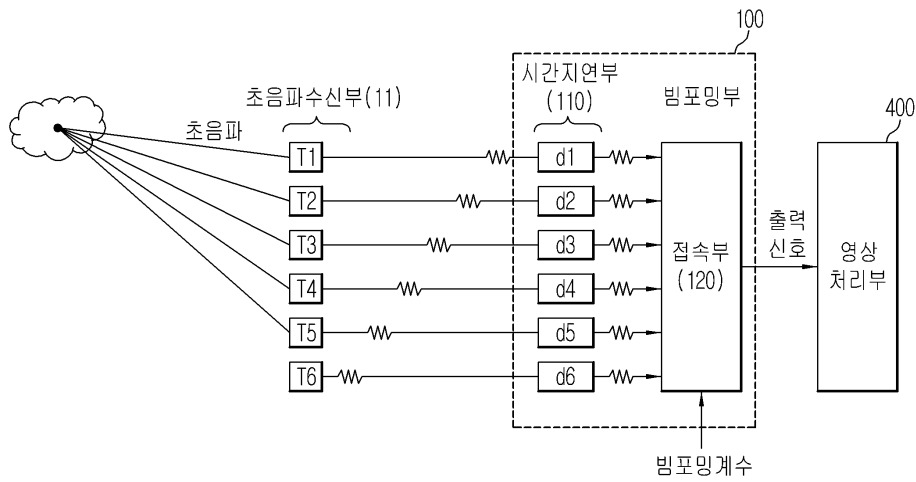
도면4a



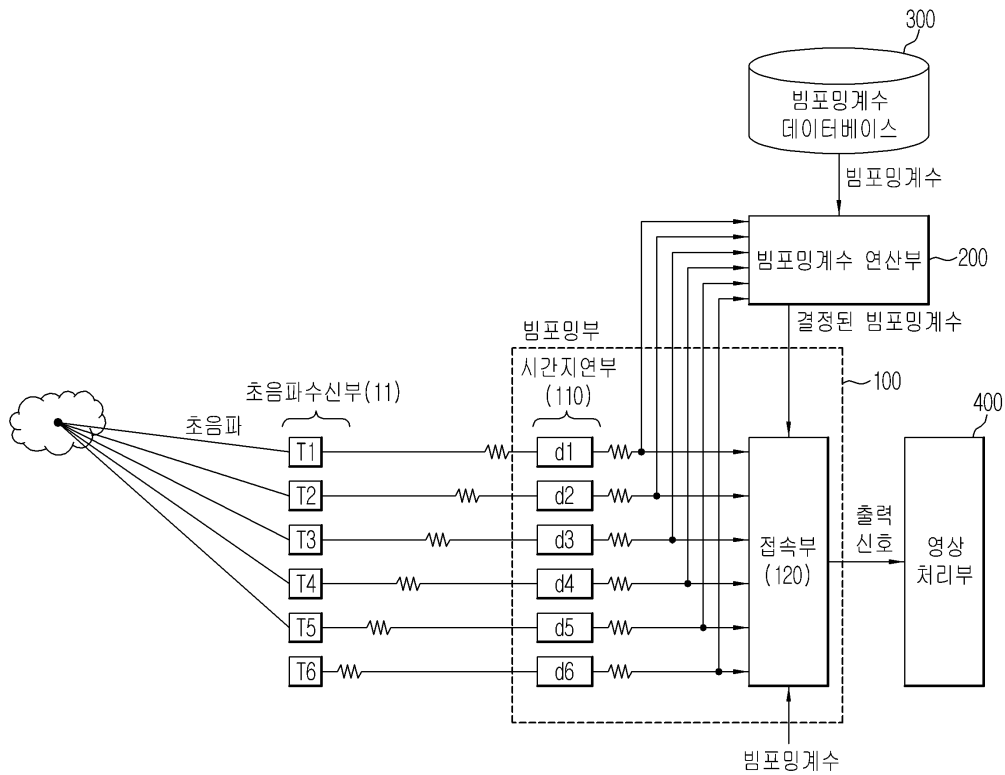
도면4b



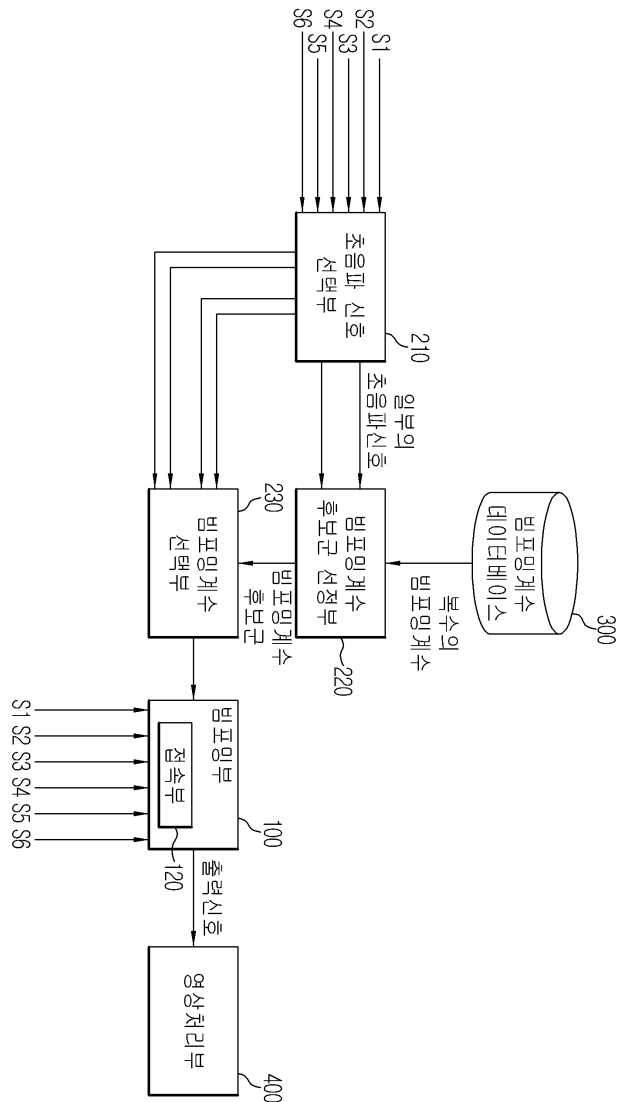
도면5



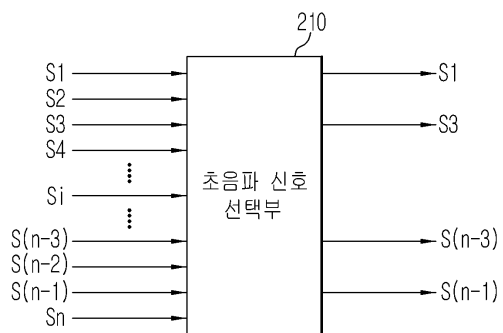
도면6



도면7

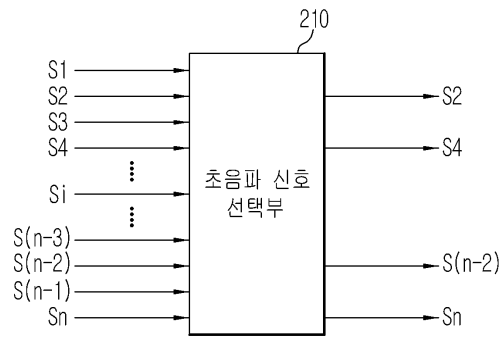


도면8a



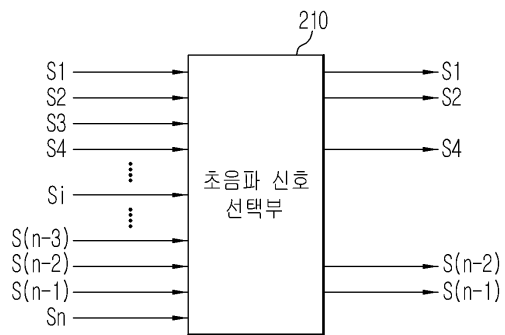
i가 홀수인 신호선택(n은 짝수라 가정)

도면8b



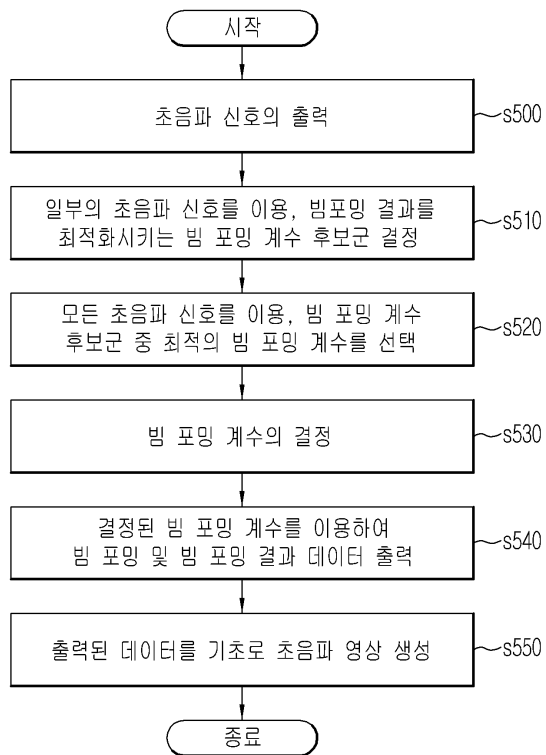
i가 짝수인 신호선택(n은 짝수라 가정)

도면8c

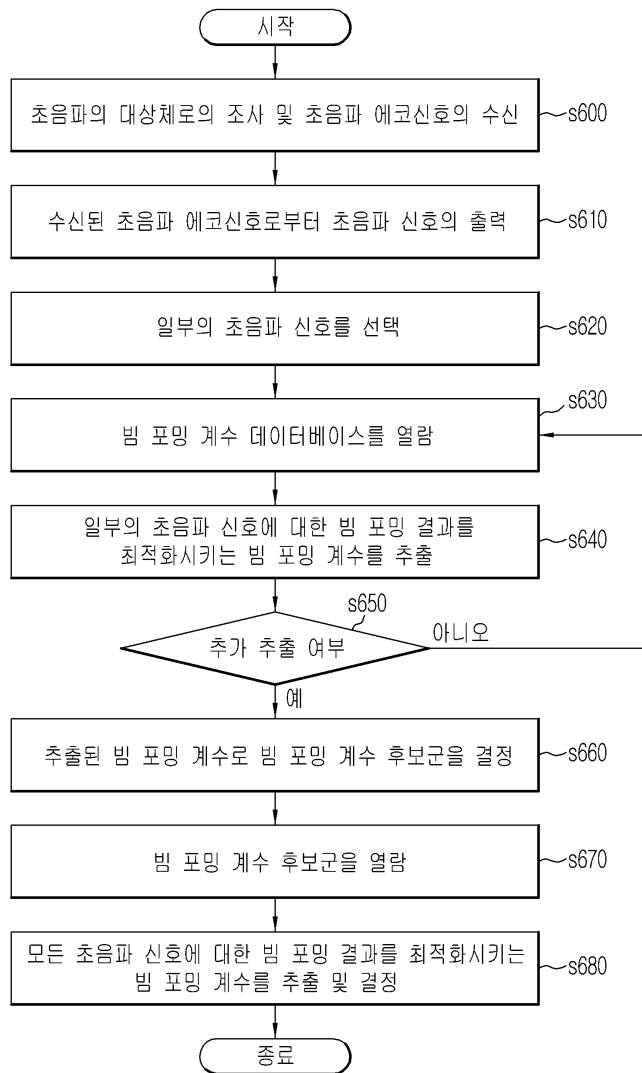


i가 임의의 수인 신호선택

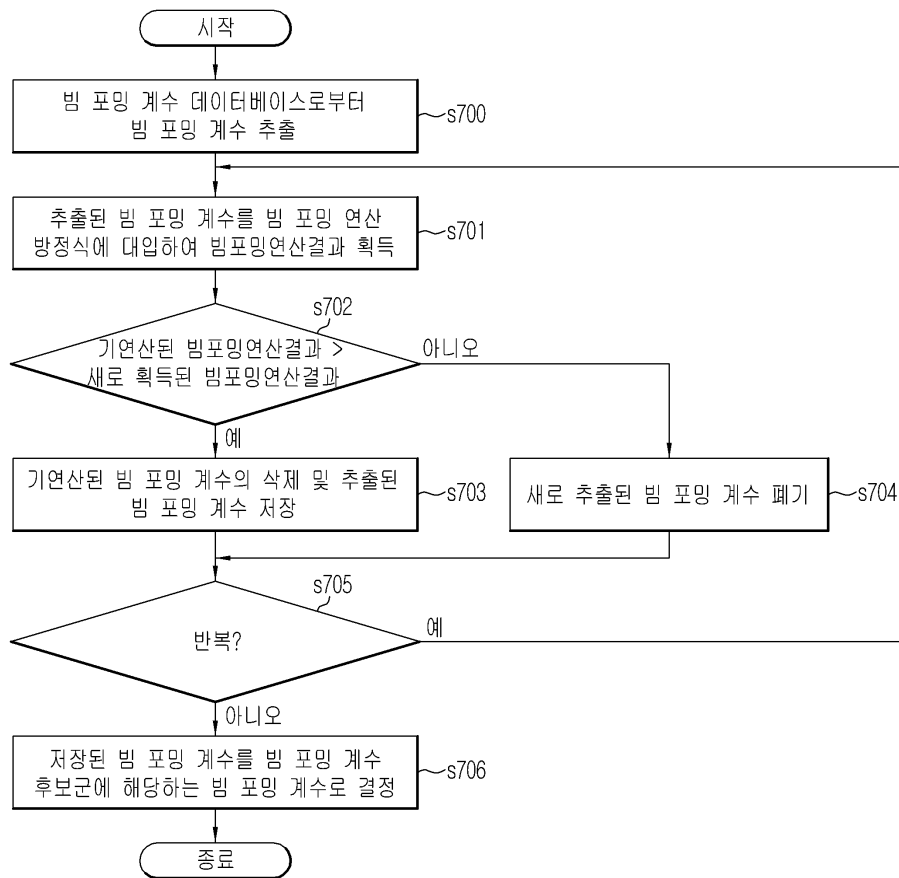
도면9



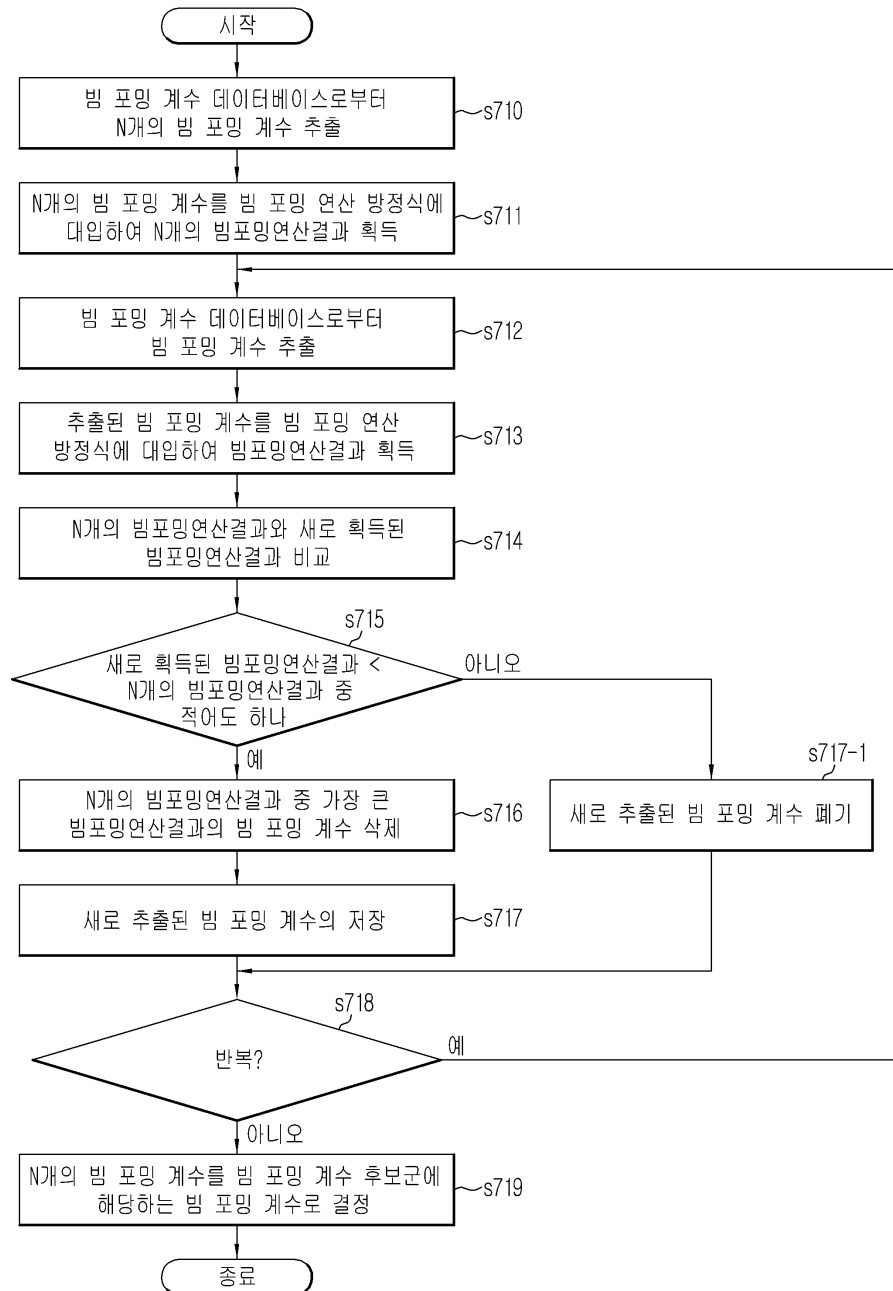
도면10



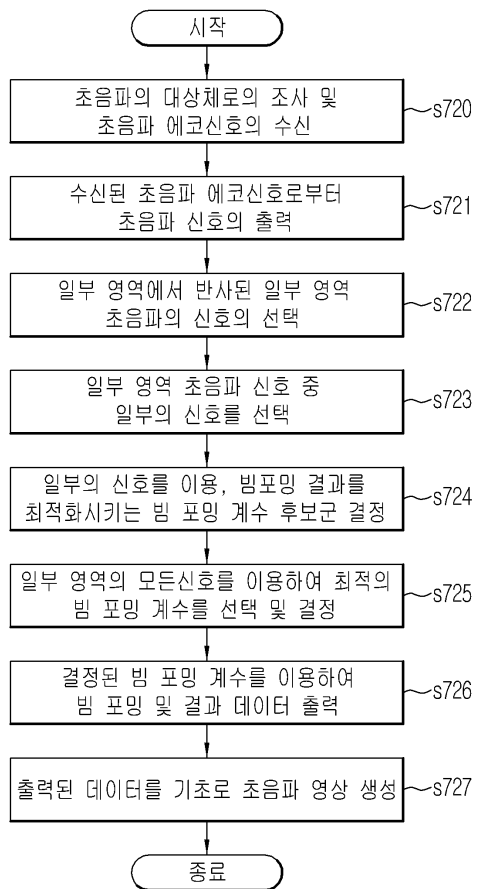
도면11



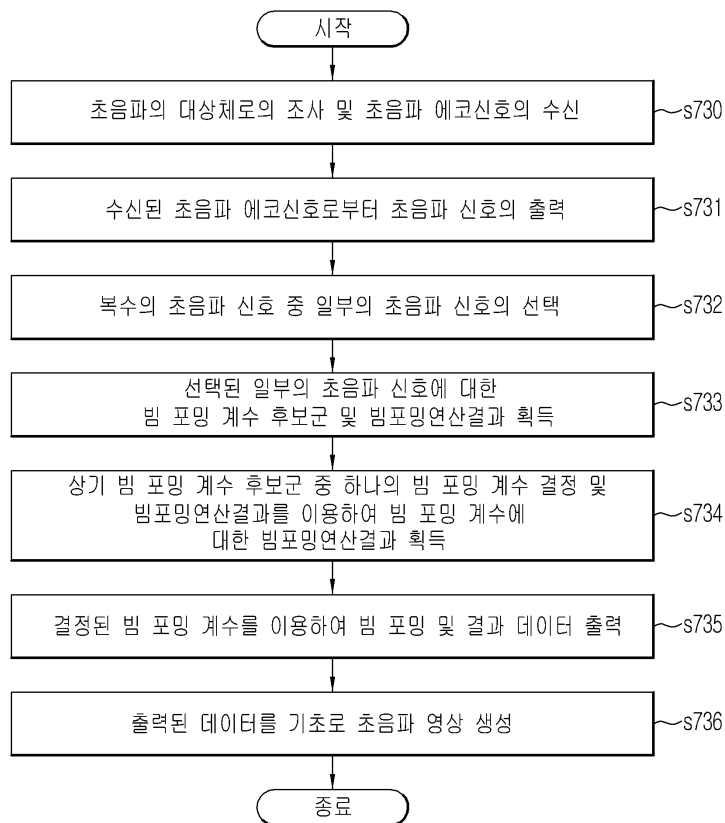
도면12



도면13



도면14



专利名称(译)	确定波束形成系数的方法，波束形成方法和超声成像设备		
公开(公告)号	KR1020140056597A	公开(公告)日	2014-05-12
申请号	KR1020120120975	申请日	2012-10-30
[标]申请(专利权)人(译)	三星电子株式会社		
申请(专利权)人(译)	三星电子有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	三星电子有限公司		
[标]发明人	KIMKYUHONG 김규홍 KANGJOORYOUNG 강주영 KIMJUNGHO 김정호 PARKSUNGCHAN 박성찬 PARKSUHYUN 박수현		
发明人	김규홍 강주영 김정호 박성찬 박수현		
IPC分类号	A61B8/14 G06F19/00		
CPC分类号	A61B8/5207 A61B8/4405 A61B8/4483 G01S7/52047 G01S15/8915 G01S15/8995 G01S15/8997 G10K11/346		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明涉及一种波束形成方法，一种确定波束形成系数的方法和一种超声波成像装置。波束形成方法包括以下步骤：在将超声波辐射到物体之后接收从物体反射的多个超声波信号；获得所接收的超声信号的一部分的波束形成计算结果，以基于所接收的超声信号的一部分的波束形成计算结果来确定波束形成系数候选组；通过在波束形成系数候选组中应用波束形成系数，基于接收到的超声波信号的波束形成计算结果，在波束形成系数候选组中选择至少一个波束形成系数，获得接收到的超声波信号的波束形成计算结果；通过使用所选择的至少一个波束形成系数作为权重来波束形成超声波信号。COPYRIGHT KIPO 2014

