



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년04월22일  
(11) 등록번호 10-2103137  
(24) 등록일자 2020년04월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 8/00 (2006.01) G01N 29/24 (2006.01)  
G06T 5/00 (2019.01)
- (21) 출원번호 10-2014-7029805
- (22) 출원일자(국제) 2013년03월26일  
심사청구일자 2018년02월22일
- (85) 번역문제출일자 2014년10월23일
- (65) 공개번호 10-2014-0143807
- (43) 공개일자 2014년12월17일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2013/033867
- (87) 국제공개번호 WO 2013/148673  
국제공개일자 2013년10월03일
- (30) 우선권주장  
61/615,735 2012년03월26일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP2002253548 A\*  
JP2006051356 A\*  
JP2007152127 A\*  
KR1020080044737 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
마우이 이미지, 인코포레이티드  
미국 캘리포니아 쉐니배일 슈트 107 지브랄타 드  
라이브 256 (우: 94089)
- (72) 발명자  
콜, 조세프, 알.  
미국 캘리포니아 쉐니배일 슈트 107 지브랄타 드  
라이브 256 (우: 94089)  
스펙트, 도날드, 에프.  
미국 캘리포니아 쉐니배일 슈트 107 지브랄타 드  
라이브 256 (우: 94089)  
브레웨, 케니스, 디.  
미국 캘리포니아 쉐니배일 슈트 107 지브랄타 드  
라이브 256 (우: 94089)
- (74) 대리인  
특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 26 항

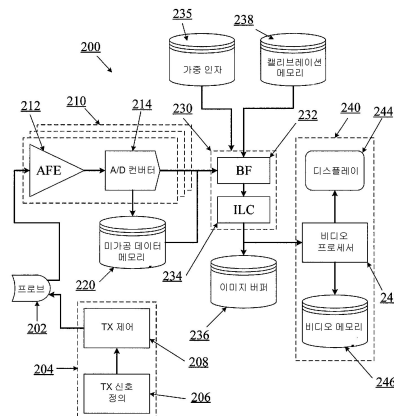
심사관 : 이종은

(54) 발명의 명칭 가중 인자들을 적용함으로써 초음파 이미지 품질을 향상시키는 시스템들 및 방법들

(57) 요약

다중의 서브-이미지들의 조합으로 이루어진 초음파 이미지들의 품질을 향상시키는 시스템들 및 방법들은 더 많은 가중치를 조합된 이미지 품질을 향상시킬 것 같은 서브-이미지 정보에 제공하는 것을 포함한다. 가중 인자 정보가 관심 영역 또는 이미지 영역 내의 특정한 포인트에 대한 하나 또는 그 초과와 특정한 트랜스듀서 엘리먼트들의 위치의 지오메트리(예를 들어, 각도 또는 경로 길이)로부터 획득될 수 있다. 일부 실시예들에서, 임의의 소정의 픽셀(또는 이미지의 다른 개별 영역)이 더 많은 가중치를 이미지를 품질을 향상시킬 것 같은 데이터를 제공하는 방식으로 수신된 에코 데이터를 조합하고, 그리고/또는 (예를 들어, 잡음을 도입하거나 점상 강도 분포를 증가시킴으로써) 이미지 품질을 감소시킬 것 같은 데이터를 디스카운트하거나 무시함으로써 형성될 수 있다.

대표도 - 도1b



**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

초음파 이미지를 형성하는 방법으로서,

포커싱되지 않은 제 1 원형 파면(wave front) 초음파 신호를 제 1 송신 어퍼처로부터 관심 영역으로 제 1 주파수에서 송신하고 상기 제 1 원형 파면 초음파 신호의 에코들(echoes)을 제 1 수신 어퍼처에서 수신하여 제 1 이미지 층을 형성하는 단계;

포커싱되지 않은 제 2 원형 파면 초음파 신호를 제 2 송신 어퍼처로부터 관심 영역으로 제 2 주파수에서 송신하고 상기 제 2 원형 파면 초음파 신호의 에코들을 상기 제 1 수신 어퍼처에서 수신하여 제 2 이미지 층을 형성하는 단계;

변형된 제 1 이미지 층을 획득하기 위해 상기 제 1 이미지 층의 적어도 하나의 픽셀에 가중 인자(weighting factor)를 적용하는 단계;

상기 제 1 주파수와 상기 제 2 주파수 사이의 차이에 기초하여 상기 제 2 이미지 층에서의 적어도 하나의 픽셀에 상기 가중 인자를 적용하는 단계; 및

상기 변형된 제 1 이미지 층을 상기 제 2 이미지 층과 조합하여 조합된 이미지를 형성하는 단계를 포함하고, 상기 제 1 주파수는 상기 제 2 주파수보다 큰, 초음파 이미지를 형성하는 방법.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 이미지 층에서의 적어도 하나의 픽셀에 상기 가중 인자를 적용하는 단계는 변형된 제 2 이미지 층을 획득하기 위해 상기 제 2 이미지 층의 적어도 하나의 픽셀에 상기 가중 인자를 적용하는 단계를 포함하는, 초음파 이미지를 형성하는 방법.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 가중 인자를 적용하는 단계 이전에, 상기 적어도 하나의 픽셀에 의해 표현된 포인트와 상기 제 1 송신 어퍼처 사이의 각도를 결정하고, 상기 가중 인자의 값을 결정된 각도의 수학적 함수로서 결정함으로써, 상기 가중 인자의 값을 결정하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 형성하는 방법.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

상기 가중 인자를 적용하는 단계 이전에, 상기 적어도 하나의 픽셀에 의해 표현된 포인트와 상기 제 1 수신 어퍼처 사이의 각도를 결정하고, 상기 가중 인자를 결정된 각도의 수학적 함수로서 결정함으로써, 상기 가중 인자의 값을 결정하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 형성하는 방법.

**청구항 5**

제 3 항에 있어서,

상기 가중 인자의 값을 결정하는 단계는, 상기 각도가 임계값을 초과하는지 결정하는 단계, 상기 각도가 상기 임계값을 초과하는 경우에 상기 가중 인자에 대한 제 1 값을 선택하는 단계, 및 상기 각도가 상기 임계값을 초과하지 않는 경우에 상기 가중 인자에 대한 제 2 값을 선택하는 단계를 포함하는, 초음파 이미지를 형성하는 방법.

**청구항 6**

제 4 항에 있어서,

상기 가중 인자의 값을 결정하는 단계는, 상기 각도가 임계값을 초과하는지 결정하는 단계, 상기 각도가 상기 임계값을 초과하는 경우에 상기 가중 인자에 대한 제 1 값을 선택하는 단계, 및 상기 각도가 상기 임계값을 초과하지 않는 경우에 상기 가중 인자에 대한 제 2 값을 선택하는 단계를 포함하는, 초음파 이미지를 형성하는 방법.

**청구항 7**

제 1 항에 있어서,

상기 가중 인자를 적용하는 단계 이전에,

상기 제 1 송신 어퍼처 또는 제 2 송신 어퍼처 중 하나로부터 상기 적어도 하나의 픽셀에 의해 표현된 포인트까지의 제 1 거리를 결정하고;

상기 포인트로부터 상기 제 1 수신 어퍼처까지의 제 2 거리를 결정하고;

상기 제 1 거리와 상기 제 2 거리를 합산하여 총 경로 길이를 획득하며; 그리고

상기 가중 인자를 상기 총 경로 길이의 수학적 함수로서 결정함으로써,

상기 가중 인자의 값을 결정하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 형성하는 방법.

**청구항 8**

제 1 항에 있어서,

상기 가중 인자를 적용하는 단계는, 상기 가중 인자를 상기 적어도 하나의 픽셀의 픽셀 강도 값으로 곱하는 단계를 포함하는, 초음파 이미지를 형성하는 방법.

**청구항 9**

제 1 항에 있어서,

상기 가중 인자를 적용하는 단계는, 임계 레벨보다 많은 잡음을 포함할 것으로 식별되는 픽셀들의 값을 감소시키는, 초음파 이미지를 형성하는 방법.

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

제 4 항에 있어서,

상기 수학적 함수는 단조 함수, 선형 함수, 정규 분포, 포물선 함수, 기하학적 함수, 지수 함수, 가우시안 분포, 및 카이제 베셀(Kaiser-Bessel) 분포로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 초음파 이미지를 형성하는 방법.

**청구항 12**

제 1 항에 있어서,

상기 가중 인자를 적용하는 단계 이전에, 상기 제 1 송신 어퍼처 및 상기 제 1 수신 어퍼처의 점상 강도 분포 함수(point-spread-function)의 품질을 평가하고, 상기 제 1 송신 어퍼처 및 상기 제 1 수신 어퍼처를 사용하여 획득된 픽셀 이미지가 이미지 품질을 향상시킬 것임을 결정하며, 그리고 상기 가중 인자에 난-제로 포지티브 값을 할당함으로써, 상기 가중 인자의 값을 결정하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 형성하는 방법.

**청구항 13**

제 1 항에 있어서,

상기 가중 인자를 적용하는 단계 이전에, 상기 제 1 송신 어퍼처 및 상기 제 1 수신 어퍼처의 점상 강도 분포 함수의 품질을 평가하고, 상기 제 1 송신 어퍼처 및 상기 제 1 수신 어퍼처를 사용하여 획득된 픽셀 이미지가 이미지 품질을 저하시킬 것임을 결정하며, 그리고 상기 가중 인자에 제로의 값을 할당함으로써, 상기 가중 인자의 값을 결정하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 형성하는 방법.

**청구항 14**

제 1 항에 있어서,

상기 관심 영역의 다른 부분으로 줌밍(zooming)하거나 패닝(panning)함으로써 이미지 윈도우를 변경하고, 변경된 이미지 윈도우에 기초하여 새로운 가중 인자 값을 결정하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 형성하는 방법.

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

삭제

**청구항 17**

삭제

**청구항 18**

삭제

**청구항 19**

삭제

**청구항 20**

초음파 이미징 시스템으로서,

제 1 포커싱되지 않은 원형 파면 초음파 신호를 관심 영역으로 제 1 주파수에서 송신하고 제 2 포커싱되지 않은 원형 파면 초음파 신호를 관심 영역으로 제 2 주파수에서 송신하도록 구성된 제 1 송신 어퍼처;

제 1 원형 파면 초음파 신호 및 제 2 원형 파면 초음파 신호의 에코들을 수신하도록 구성된 제 1 수신 어퍼처; 및

상기 제 1 원형 파면 초음파 신호의 수신된 에코들로부터 제 1 이미지 층을 형성하도록 구성되고, 그리고 상기 제 2 원형 파면 초음파 신호의 수신된 에코들로부터 제 2 이미지 층을 형성하도록 구성된 제어기

를 포함하며, 상기 제어기는 추가로, 변형된 제 1 이미지 층을 획득하기 위해 상기 제 1 이미지 층의 적어도 하나의 픽셀에 가중 인자를 적용하고, 상기 제 1 주파수와 상기 제 2 주파수 사이의 차이에 기초하여 상기 제 2 이미지 층에서의 적어도 하나의 픽셀에 상기 가중 인자를 적용하고, 그리고 상기 변형된 제 1 이미지 층을 상기 제 2 이미지 층과 조합하여 조합된 이미지를 형성하도록 구성되고,

상기 제 1 주파수는 상기 제 2 주파수보다 큰,

초음파 이미징 시스템.

**청구항 21**

제 20 항에 있어서,

상기 제어기는 변형된 제 2 이미지 층을 획득하기 위해 상기 가중 인자를 상기 제 2 이미지 층의 적어도 하나의 픽셀에 적용하도록 구성되는, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 22**

제 20 항에 있어서,

상기 제어기는 상기 적어도 하나의 픽셀에 의해 표현된 포인트와 상기 제 1 송신 어퍼처 사이의 각도를 결정함으로써 상기 가중 인자의 값을 결정하도록 구성되고,

상기 제어기는 추가로, 상기 가중 인자의 값을 상기 결정된 각도의 수학적 함수로서 결정하도록 구성되는, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 23**

제 20 항에 있어서,

상기 제어기는 상기 적어도 하나의 픽셀에 의해 표현된 포인트와 상기 제 1 수신 어퍼처 사이의 각도를 결정함으로써 상기 가중 인자의 값을 결정하도록 구성되고,

상기 제어기는 추가로, 상기 가중 인자를 결정된 각도의 수학적 함수로서 결정하도록 구성되는, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 24**

제 23 항에 있어서,

상기 가중 인자의 값을 결정하는 것은, 상기 각도가 임계값을 초과하는지 결정하는 것, 상기 각도가 상기 임계값을 초과하는 경우에 상기 가중 인자에 대한 제 1 값을 선택하는 것, 및 상기 각도가 상기 임계값을 초과하지 않는 경우에 상기 가중 인자에 대한 제 2 값을 선택하는 것을 포함하는, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 25**

제 22 항에 있어서,

상기 가중 인자의 값을 결정하는 것은, 상기 각도가 임계값을 초과하는지 결정하는 것, 상기 각도가 상기 임계값을 초과하는 경우에 상기 가중 인자에 대한 제 1 값을 선택하는 것, 및 상기 각도가 상기 임계값을 초과하지 않는 경우에 상기 가중 인자에 대한 제 2 값을 선택하는 것을 포함하는, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 26**

제 20 항에 있어서,

상기 제어기는,

상기 제 1 송신 어퍼처 또는 제 2 송신 어퍼처 중 하나로부터 상기 적어도 하나의 픽셀에 의해 표현된 포인트까지의 제 1 거리를 결정하고;

상기 포인트로부터 상기 제 1 수신 어퍼처까지의 제 2 거리를 결정하고;

상기 제 1 거리와 상기 제 2 거리를 합산하여 총 경로 길이를 획득하며; 그리고

상기 가중 인자를 상기 총 경로 길이의 수학적 함수로서 결정함으로써,

상기 가중 인자의 값을 결정하도록 구성되는, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 27**

제 20 항에 있어서,

상기 가중 인자를 적용하는 것은, 상기 가중 인자를 상기 적어도 하나의 픽셀의 픽셀 강도 값으로 곱하는 것을 포함하는, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 28**

제 20 항에 있어서,

상기 가중 인자를 적용하는 것은, 임계 레벨보다 많은 잡음을 포함할 것으로 식별되는 픽셀들의 값을 감소시키는, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 29**

삭제

**청구항 30**

제 23 항에 있어서,

상기 수학적 함수는 단조 함수, 선형 함수, 정규 분포, 포물선 함수, 기하학적 함수, 지수 함수, 가우시안 분포, 및 카이제 베셀 분포로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 31**

제 20 항에 있어서,

상기 제어기는 상기 가중 인자를 적용하기 이전에, 상기 제 1 송신 어퍼처 및 상기 제 1 수신 어퍼처의 점상 강도 분포 함수의 품질을 평가함으로써 상기 가중 인자의 값을 결정하도록 구성되고, 상기 제어기는 상기 제 1 송신 어퍼처 및 상기 제 1 수신 어퍼처를 사용하여 획득된 픽셀 이미지가 이미지 품질을 향상시킬 것임을 결정하도록 구성되며, 상기 제어기는 추가로, 널-제로 포지티브 값을 상기 가중 인자에 할당하도록 구성되는, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 32**

제 20 항에 있어서,

상기 제어기는 상기 제 1 송신 어퍼처 및 상기 제 1 수신 어퍼처의 점상 강도 분포 함수의 품질을 평가함으로써 상기 가중 인자의 값을 결정하도록 구성되고, 상기 제어기는 상기 제 1 송신 어퍼처 및 상기 제 1 수신 어퍼처를 사용하여 획득된 픽셀 이미지가 이미지 품질을 저하시킬 것임을 결정하도록 구성되며, 제어기는 추가로, 제로의 값을 상기 가중 인자에 할당하도록 구성되는, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 33**

제 20 항에 있어서,

상기 제어기는 추가로, 상기 관심 영역의 다른 부분으로 줌인하거나 패닝함으로써 이미지 윈도우를 변경하도록 구성되고,

상기 제어기는 추가로, 변경된 이미지 윈도우에 기초하여 새로운 가중 인자 값을 결정하도록 구성되는, 초음파 이미징 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

**[0001] 관련 출원들에 대한 상호 참조들**

**[0002]** [0001] 본 출원은 그 전체가 인용에 의해 참조되는 "Systems and Methods for Improving Ultrasound Image Quality by Applying Weighting Factors"이란 명칭으로 2012년 3월 26일 출원된 미국 가특허 출원 제 61/615,735호의 이익을 주장한다.

**[0003]** [0002] 본 출원은 "Method and Apparatus to Produce Ultrasonic Images Using Multiple Apertures"이란 명칭으로 2011년 8월 30일에 등록된 미국 특허 제8,007,439호, "Point Source Transmission and Speed-Of-Sound Correction Using Multiple-Aperture Ultrasound Imaging"이란 명칭으로 제2011/0201933호로서 공개된 미국 특허 출원 13/029,907호, "Universal Multiple Aperture Medical Ultrasound Probe"란 명칭으로 제2010/0262013호로서 공개되고 2010년 4월 14일 출원된 미국 특허 출원 제12/760,375호, 및 "Calibration of Ultrasound Probes"란 명칭으로 제2012/0057428호로서 공개되고 2011년 10월 21일 출원된 미국 특허 출원 13/279,110호와 관련되고, 이들 모두는 인용에 의해 여기에 통합된다.

[0004] **인용에 의한 통합**

[0005] [0003] 여기에서 다르게 특정하지 않으면, 본 명세서에서 언급한 모든 특허들, 공개물들 및 특허 출원들은, 각 개별 공개물 또는 특허 출원이 인용에 의해 통합되는 것으로 구체적으로 그리고 개별적으로 나타난 바와 같이 동일한 범위로 인용에 의해 여기에 통합된다.

[0006] [0004] 본 발명은 일반적으로 초음파 이미징에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 가중 인자들(weighting factors)을 적용함으로써 초음파 이미징 품질을 향상시키는 시스템들 및 방법들에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0007] [0005] 종래의 초음파 이미징에서, 초음파 에너지의 포커싱된 빔이 검사될 인체 조직들로 투과되고, 복귀된 에코들(echoes)이 검출되고 플로팅되어 이미지를 형성한다. 초음파가 진단 목적을 위해 광범위하게 사용되었지만, 종래의 초음파는 스캐닝의 깊이, 스펙클 잡음(speckle noise), 불량한 측면 분해능, 불투명한 조직들 및 다른 이러한 문제점들에 의해 매우 제한되었다.

[0008] [0006] 조직들에 고주파를 발사(insonify)하기 위해, 초음파 빔이 통상적으로 형성되어 위상 어레이 또는 정형 트랜스듀서(shaped transducer)에 의해 포커싱된다. 위상 어레이 초음파는 의료 초음파검사에서 이미지들을 형성하기 위해 좁은 초음파 빔을 스티어링하고 포커싱하는 일반적으로 사용되는 방법이다. 위상 어레이 프로브는, 각각이 개별적으로 펄싱될 수 있는 다수의 작은 초음파 트랜스듀서 엘리먼트들을 갖는다. 초음파 펄스들의 타이밍을 변화시킴으로써(예를 들어, 행을 따른 시퀀스에서 엘리먼트들을 하나씩 펄싱함으로써), 보강 간섭의 패턴이 셋업되어, 선택된 각도로 향하는 빔을 발생시킨다. 이것은 빔 스티어링으로서 공지되어 있다. 그 후, 이러한 스티어링된 초음파 빔은 검사되는 조직 또는 객체를 통해 스위프될 수 있다. 그 후, 다중의 빔들로부터의 데이터가 조합되어 객체를 통한 슬라이스를 나타내는 시각적 이미지를 만든다.

[0009] [0007] 통상적으로, 초음파 빔을 송신하기 위해 사용된 동일한 트랜스듀서 또는 어레이가 복귀하는 에코들을 검출하기 위해 사용된다. 이러한 설계 구성이 의료 목적을 위해 초음파 이미징을 사용하는데 있어서 가장 현저한 제한들 중 하나: 불량한 측면 분해능의 핵심을 이룬다. 이론적으로는, 측면 분해능은 초음파 프로브의 어퍼처의 폭을 증가시킴으로써 향상될 수 있지만, 어퍼처 사이즈 증가와 수반되는 실제 문제점들은 어퍼처들을 작게 유지하는 것이다. 분명히, 초음파 이미징은 이러한 제한에도 매우 유용하지만, 분해능이 더 양호하면 더욱 효과적일 수 있다.

[0010] [0008] 다중의 어퍼처 이미징의 생성으로 초음파 이미징의 분야에서 현저한 개선들이 이루어졌고, 이것의 예들이 출원인의 종래의 특허들 및 위에서 참조한 출원들에 나타나 있고 설명되어 있다. 다중의 어퍼처 이미징 방법들 및 시스템들은 초음파 신호들이 개별 어퍼처들로부터 송수신 모두가 되게 한다.

**발명의 내용**

[0011] [0009] 초음파 이미지를 형성하는 방법이 제공되고, 이 방법은 포커싱되지 않은 제 1 원형 파면(wave front) 초음파 신호를 제 1 송신 어퍼처로부터의 관심 영역으로 송신하고 제 1 원형 파면 초음파 신호의 에코들을 제 1 수신 어퍼처에서 수신하여 제 1 이미지 층을 형성하는 단계, 포커싱되지 않은 제 2 원형 파면 초음파 신호를 제 2 송신 어퍼처로부터의 관심 영역으로 송신하고 제 2 원형 파면 초음파 신호의 에코들을 제 1 수신 어퍼처에서 수신하여 제 2 이미지 층을 형성하는 단계, 변형된 제 1 이미지 층을 획득하기 위해 가중 인자를 제 1 이미지 층의 적어도 하나의 픽셀에 적용하는 단계, 및 변형된 제 1 이미지 층을 제 2 이미지 층과 조합하여 조합된 이미지를 형성하는 단계를 포함한다.

[0012] [0010] 일부 실시예들에서, 방법은 변형된 제 2 이미지 층을 획득하기 위해 가중 인자를 제 2 이미지 층의 적어도 하나의 픽셀에 적용하는 단계를 더 포함한다.

[0013] [0011] 다른 실시예들에서, 방법은 가중 인자를 적용하는 단계 이전에, 적어도 하나의 픽셀에 의해 표현된 포인트와 제 1 송신 어퍼처 사이의 각도를 결정하고, 가중 인자의 값을 결정된 각도의 수학적 함수로서 결정함으로써 가중 인자의 값을 결정하는 단계를 더 포함한다.

[0014] [0012] 일 실시예에서, 방법은 가중 인자를 적용하는 단계 이전에, 적어도 하나의 픽셀에 의해 표현된 포인트와 제 1 수신 어퍼처 사이의 각도를 결정하고, 가중 인자의 값을 결정된 각도의 수학적 함수로서 결정함으로써 가중 인자의 값을 결정하는 단계를 더 포함한다.

- [0015] [0013] 일부 실시예들에서, 가중 인자의 값을 결정하는 단계는 각도가 임계값을 초과하는지 결정하는 단계, 각도가 임계값을 초과하는 경우에 가중 인자에 대한 제 1 값을 선택하는 단계, 및 각도가 임계값을 초과하지 않는 경우에 가중 인자에 대한 제 2 값을 선택하는 단계를 포함한다.
- [0016] [0014] 다른 실시예들에서, 가중 인자의 값을 결정하는 단계는 각도가 임계값을 초과하는지 결정하는 단계, 각도가 임계값을 초과하는 경우에 가중 인자에 대한 제 1 값을 선택하는 단계, 및 각도가 임계값을 초과하지 않는 경우에 가중 인자에 대한 제 2 값을 선택하는 단계를 포함한다.
- [0017] [0015] 일 실시예에서, 방법은 가중 인자를 적용하는 단계 이전에, 제 1 또는 제 1 송신 어퍼처들 중 하나로부터 적어도 하나의 픽셀에 의해 표현된 포인트까지의 제 1 거리를 결정하고, 포인트로부터 제 1 수신 어퍼처까지의 제 2 거리를 결정하고, 제 1 거리와 제 2 거리를 합산하여 총 경로 길이를 획득하며, 가중 인자를 총 경로 길이의 수학적 함수로서 결정함으로써 가중 인자의 값을 결정하는 단계를 더 포함한다.
- [0018] [0016] 일부 실시예들에서, 가중 인자를 적용하는 단계는 가중 인자를 적어도 하나의 픽셀의 픽셀 강도 값으로 곱하는 단계를 포함한다.
- [0019] [0017] 다른 실시예들에서, 가중 인자를 적용하는 단계는 임계 레벨보다 많은 잡음을 포함할 것으로 식별되는 픽셀들의 값을 감소시킨다.
- [0020] [0018] 일 실시예에서, 방법은 제 1 원형 파면을 제 1 주파수에서 송신하는 단계, 제 2 원형 파면을 제 2 주파수에서 송신하는 단계 - 제 1 주파수는 제 2 주파수보다 큼 -, 및 제 1 주파수와 제 2 주파수 사이의 차이에 기초하여 제 2 이미지에서의 적어도 하나의 픽셀에 가중 인자를 적용하는 단계를 더 포함한다.
- [0021] [0019] 일부 실시예들에서, 수학적 함수는 단조 함수, 선형 함수, 정규 분포, 포물선 함수, 기하학적 함수, 지수 함수, 가우시안 분포, 및 카이제 베셀(Kaiser-Bessel) 분포로 이루어진 그룹으로부터 선택된다.
- [0022] [0020] 다른 실시예에서, 방법은 가중 인자를 적용하는 단계 이전에, 제 1 송신 어퍼처 및 제 1 수신 어퍼처의 점상 강도 분포 함수(point-spread-function)의 품질을 평가하고, 제 1 송신 어퍼처 및 제 1 수신 어퍼처를 사용하여 획득된 픽셀 이미지가 이미지 품질을 향상시킬 것임을 결정하며, 널-제로 포지티브 값을 가중 인자에 할당함으로써 가중 인자의 값을 결정하는 단계를 더 포함한다.
- [0023] [0021] 일부 실시예들에서, 방법은 가중 인자를 적용하는 단계 이전에, 제 1 송신 어퍼처 및 제 1 수신 어퍼처의 점상 강도 분포 함수의 품질을 평가하고, 제 1 송신 어퍼처 및 제 1 수신 어퍼처를 사용하여 획득된 픽셀 이미지가 이미지 품질을 저하시킬 것임을 결정하며, 제로의 값을 가중 인자에 할당함으로써 가중 인자의 값을 결정하는 단계를 또한 포함한다.
- [0024] [0022] 다른 실시예에서, 방법은 관심 영역의 다른 부분으로 줌(zooming)하거나 패닝(panning)함으로써 이미지 윈도우를 변경하고, 변경된 이미지 윈도우에 기초하여 새로운 가중 인자 값을 결정하는 단계를 더 포함한다.
- [0025] [0023] 장애물에 의해 차단되지 않은 송신 엘리먼트들을 식별하는 방법이 또한 제공되고, 이 방법은 포커싱되지 않은 제 1 원형 파면 초음파 신호를 제 1 송신 어퍼처로부터 송신하고 제 1 원형 파면 초음파 신호의 에코들을 제 1 수신 어퍼처에서 수신하는 단계, 수신된 에코들과 연관된 시간 지연이 임계값을 초과하는지 식별함으로써 관심 영역내로부터의 딥 에코(deep echo) 복귀들이 수신되는지를 결정하는 단계, 및 딥 에코 복귀들이 수신되는 경우에 장애물이 없는 것으로서 제 1 송신 어퍼처를 식별하는 단계를 포함한다.
- [0026] [0024] 장애물에 의해 차단되는 트랜스듀서 엘리먼트들을 식별하는 다른 방법이 제공되고, 이 방법은 포커싱되지 않은 제 1 원형 파면 초음파 신호를 제 1 송신 어퍼처로부터 송신하고 제 1 원형 파면 초음파 신호의 에코들을 제 1 수신 어퍼처에서 수신하는 단계, 임계 강도보다 큰 강도 값들 및 임계 시간 지연보다 작은 시간 지연들을 갖는 복수의 에코 복귀들을 식별함으로써 강한 쉘로우(shallow) 에코 복귀들이 수신되는지를 결정하는 단계, 및 강한 쉘로우 에코 복귀들이 수신되는 경우에 장애물에 의해 차단되는 것으로서 제 1 송신 어퍼처를 식별하는 단계를 포함한다.
- [0027] [0025] 초음파 이미징 시스템이 또한 제공되고, 이 시스템은 포커싱되지 않은 초음파 신호들을 관심 영역으로 송신하도록 구성된 초음파 송신기, 관심 영역에서 리플렉터들에 의해 복귀된 초음파 에코 신호들을 수신하도록 구성된 초음파 수신기, 디스플레이상에 리플렉터들의 이미지들을 디스플레이하기 위해 관심 영역내의 리플렉터들의 위치를 결정하도록 구성된 빔포밍 모듈, 복수의 송신 어퍼처들 및 초음파 송신기와 초음파 수신기의 수신 어퍼처들로부터 지정된 어퍼처를 선택하도록 구성된 제 1 사용자 조정가능 컨트롤들, 및 지정된 어퍼처로 검출된 리플렉터들의 위치들을 결정하기 위해 빔포밍 모듈에 의해 사용된 음속(speed-of-sound) 값을 증가시키거나



감소시키도록 구성된 제 2 사용자 조정가능 컨트롤들을 포함한다.

- [0028] [0026] 일 실시예에서, 지정된 어퍼처는 송신 어퍼처이다. 다른 실시예에서, 지정된 어퍼처는 수신 어퍼처이다.
- [0029] [0027] 다른 초음파 이미징 시스템이 제공되고, 이 시스템은 제 1 및 제 2 포커싱되지 않은 원형 파면 초음파 신호들을 관심 영역으로 송신하도록 구성된 제 1 송신 어퍼처, 제 1 및 제 2 원형 파면 초음파 신호들의 에코들을 수신하도록 구성된 제 1 수신 어퍼처, 및 제 1 원형 파면 초음파 신호의 수신된 에코들로부터 제1 이미지 층을 형성하도록 구성되고 제 2 원형 파면 초음파 신호의 수신된 에코들로부터 제 2 이미지 층을 형성하도록 구성된 제어기를 포함하고, 이 제어기는 추가로, 변형된 제 1 이미지 층을 획득하기 위해 제 1 이미지 층의 적어도 하나의 픽셀에 가중 인자를 적용하고, 변형된 제 1 이미지 층을 제 2 이미지 층과 조합하여 조합된 이미지를 형성하도록 구성된다.
- [0030] [0028] 일부 실시예들에서, 제어기는 변형된 제 2 이미지 층을 획득하기 위해 가중 인자를 제 2 이미지 층의 적어도 하나의 픽셀에 적용하도록 구성된다.
- [0031] [0029] 다른 실시예들에서, 제어기는 적어도 하나의 픽셀에 의해 표현된 포인트와 제 1 송신 어퍼처 사이의 각도를 결정함으로써 가중 인자의 값을 결정하도록 구성되고, 제어기는 추가로, 가중 인자의 값을 결정된 각도의 수학적 함수로서 결정하도록 구성된다.
- [0032] [0030] 일부 실시예들에서, 제어기는 적어도 하나의 픽셀에 의해 표현된 포인트와 제 1 수신 어퍼처 사이의 각도를 결정함으로써 가중 인자의 값을 결정하도록 구성되고, 제어기는 추가로, 가중 인자를 결정된 각도의 수학적 함수로서 결정하도록 구성된다.
- [0033] [0031] 일 실시예에서, 가중 인자의 값을 결정하는 것은 각도가 임계값을 초과하는지 결정하는 것, 각도가 임계값을 초과하는 경우에 가중 인자에 대한 제 1 값을 선택하는 것, 및 각도가 임계값을 초과하지 않는 경우에 가중 인자에 대한 제 2 값을 선택하는 것을 포함한다.
- [0034] [0032] 다른 실시예에서, 가중 인자의 값을 결정하는 것은 각도가 임계값을 초과하는지 결정하는 것, 각도가 임계값을 초과하는 경우에 가중 인자에 대한 제 1 값을 선택하는 것, 및 각도가 임계값을 초과하지 않는 경우에 가중 인자에 대한 제 2 값을 선택하는 것을 포함한다.
- [0035] [0033] 일부 실시예들에서, 제어기는 제 1 또는 제 1 송신 어퍼처들 중 하나로부터 적어도 하나의 픽셀에 의해 표현된 포인트까지의 제 1 거리를 결정하고, 포인트로부터 제 1 수신 어퍼처까지의 제 2 거리를 결정하고, 제 1 거리와 제 2 거리를 합산하여 총 경로 길이를 획득하며, 가중 인자를 총 경로 길이의 수학적 함수로서 결정함으로써 가중 인자의 값을 결정하도록 구성된다.
- [0036] [0034] 일 실시예에서, 가중 인자를 적용하는 것은 가중 인자를 적어도 하나의 픽셀의 픽셀 강도 값으로 곱하는 것을 포함한다.
- [0037] [0035] 다른 실시예에서, 가중 인자를 적용하는 것은 임계 레벨보다 많은 잡음을 포함할 것으로 식별되는 픽셀들의 값을 감소시킨다.
- [0038] [0036] 일부 실시예들에서, 제 1 송신 어퍼처는 제 1 원형 파면을 제 1 주파수에서 송신하고, 제 2 원형 파면을 제 2 주파수에서 송신하도록 구성되고, 제 1 주파수는 제 2 주파수보다 크며, 제어기는 제 1 주파수와 제 2 주파수 사이의 차이에 기초하여 제 2 이미지에서의 적어도 하나의 픽셀에 가중 인자를 적용하도록 구성된다.
- [0039] [0037] 다른 실시예에서, 수학적 함수는 단조 함수, 선형 함수, 정규 분포, 포물선 함수, 기하학적 함수, 지수 함수, 가우시안 분포, 및 카이제 베셀 분포로 이루어진 그룹으로부터 선택된다.
- [0040] [0038] 다른 실시예에서, 제어기는 가중 인자를 적용하기 이전에, 제 1 송신 어퍼처 및 제 1 수신 어퍼처의 점상 강도 분포 함수의 품질을 평가함으로써 가중 인자의 값을 결정하도록 구성되고, 제어기는 제 1 송신 어퍼처 및 제 1 수신 어퍼처를 사용하여 획득된 픽셀 이미지가 이미지 품질을 향상시킬 것임을 결정하도록 구성되며, 제어기는 추가로,  $n$ -제로 포지티브 값을 가중 인자에 할당하도록 구성된다.
- [0041] [0039] 일부 실시예들에서, 제어기는 제 1 송신 어퍼처 및 제 1 수신 어퍼처의 점상 강도 분포 함수의 품질을 평가함으로써 가중 인자의 값을 결정하도록 구성되고, 제어기는 제 1 송신 어퍼처 및 제 1 수신 어퍼처를 사용하여 획득된 픽셀 이미지가 이미지 품질을 저하시킬 것임을 결정하도록 구성되며, 제어기는 추가로, 제로의 값을 가중 인자에 할당하도록 구성된다.

[0042] [0040] 다른 실시예에서, 제어기는 추가로, 관심 영역의 다른 부분으로 줌아웃하거나 패닝함으로써 이미지 윈도우를 변경하도록 구성되고, 제어기는 추가로, 변경된 이미지 윈도우에 기초하여 새로운 가중 인자 값을 결정하도록 구성된다.

**도면의 간단한 설명**

[0043] [0041] 본 발명의 신규한 특징들은 아래의 청구항들에서의 특징과 함께 설명된다. 본 발명의 특징들 및 이점들의 더 양호한 이해가 본 발명의 원리들이 활용되는 예시적인 실시예들을 설명하는 아래의 상세한 설명 및 첨부한 도면들을 참조하여 획득될 것이다.

[0042] 도 1a는 다중의 어퍼처 초음파 이미징 제어 시스템의 실시예의 사시도 예시이다.

[0043] 도 1b는 여기에서의 시스템들 및 방법들과 조합하여 사용될 수 있는 이미징 시스템의 일부 컴포넌트들의 실시예를 예시하는 블록도이다.

[0044] 도 2는 2개의 트랜스듀서 어레이들 및 이미징될 포인트들/픽셀들의 그리드를 갖는 다중의 어퍼처 초음파 이미징 프로브의 개략적 예시이다.

[0045] 도 3은 3개의 트랜스듀서 어레이들 및 이미징될 포인트들/픽셀들의 그리드를 갖는 다중의 어퍼처 초음파 이미징 프로브의 개략적 예시이다.

[0046] 도 4는 송신 어퍼처로부터 리플렉터로 다시 수신 어퍼처로의 총 경로 길이에 기초하여 가중 인자들을 결정하기 위해 사용될 수 있는 전달 함수의 여러 실시예들을 예시하는 그래프이다.

[0047] 도 5는 트랜스듀서 엘리먼트들의 유효 각도를 예시하는 초음파 트랜스듀서 어레이의 단면도이다.

[0048] 도 6은 선택된 포인트 및 선택된 송신 어퍼처들에 대한 2개의 예시적인 송신 각도들을 도시하는 도 2의 프로브의 개략적인 예시이다.

[0049] 도 7은 선택된 포인트 및 선택된 수신 어퍼처들에 대한 2개의 예시적인 수신 각도들을 도시하는 도 2의 프로브의 개략적인 예시이다.

[0050] 도 8은 어퍼처 송신 각도 및/또는 어퍼처 수신 각도에 기초하여 가중 인자들을 결정하기 위해 사용될 수 있는 전달 함수의 여러 실시예들을 예시하는 그래프이다.

[0051] 도 9는 프로브와 이미지 필드 사이에 장애물이 있는, 3개의 트랜스듀서 어레이들 및 이미징될 포인트들/픽셀들의 그리드를 갖는 다중의 어퍼처 초음파 이미징 프로브의 개략적 예시이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0044] [0052] 다양한 실시예들이 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명될 것이다. 특정한 예들 및 구현들에 대해 이루어진 참조들은 예시 목적이요, 본 발명의 범위 또는 청구항들을 제한하도록 의도되지 않는다.

[0045] [0053] 본 개시내용은 비교적 더 많은 가중치를 조합된 이미지의 전체 품질을 더 향상시킬 것 같은 서브-이미지 정보에 할당함으로써 다중의 서브-이미지들의 조합으로 이루어진 초음파 이미징의 품질을 향상시키는 시스템들 및 방법들을 제공한다. 일부 경우들에서, 이것은 더 높은 품질 서브-이미지 정보의 효과를 증폭시킴으로써 달성될 수 있다. 다른 실시예들에서, 이미지 최적화가 더 낮은 품질 서브-이미지 정보의 효과를 감소시킴으로써 달성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 정보는 이미지의 특정한 영역에 대한 특정한 트랜스듀서 엘리먼트의 알려진 위치로부터 결정될 수 있다. 일부 실시예들에서, 임의의 소정의 픽셀(또는 이미지의 다른 개별 영역)이 더 많은 가중치를 이미지를 품질을 향상시킬 것 같은 데이터를 제공하는 방식으로 수신된 에코 데이터를 조합하고, 그리고/또는 (예를 들어, 잡음을 도입하거나 점상 강도 분포를 증가시킴으로써) 이미지 품질을 감소시킬 것 같은 데이터를 디스카운트하거나 무시함으로써 형성될 수 있다. 이러한 향상들을 달성하는 시스템들 및 방법들의 상세사항들이 여기에 제공된다.

[0046] [0054] 다양한 실시예들이 다양한 해부학적 구조들의 초음파 이미징을 참조하여 여기에 설명되지만, 여기에 도시되고 설명된 다수의 방법들 및 디바이스들은 비해부학적 구조들 및 객체들을 이미징하고 평가하는 것과 같은, 다른 애플리케이션들에서 또한 사용될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0047] [0055] 다중의 어퍼처 초음파 시스템이 다중의 어퍼처 이미징 프로세스를 제어하는 전자장치, 하드웨어, 소프트웨어, 및 사용자 인터페이스 컴포넌트들을 포함하는 제어 유닛을 포함할 수 있다. 도 1a는 제어 패널(120)

및 디스플레이 스크린(130)을 갖는 다중의 어퍼처 초음파 이미징 제어 시스템(100)의 예를 예시한다. 이미징 제어 시스템은 다중의 어퍼처 초음파 이미징(MAUI) 프로브를 사용하여 초음파 신호들을 송신하고, 수신하며 프로세싱하도록 구성된 전자 하드웨어 및 소프트웨어를 또한 포함한다. 이러한 하드웨어 및 소프트웨어를 여기에서 MAUI 전자장치로서 일반적으로 지칭한다. 일부 실시예들에서, MAUI 제어 시스템은 캘리브레이션 유닛(미도시)을 또한 포함할 수 있다. 이러한 실시예들에서, 캘리브레이션 유닛은 임의의 유선 또는 무선 통신 시스템에 의해 MAUI 전자장치에 전자적으로 연결될 수 있다. 다른 실시예들에서, 캘리브레이션 동안 프로브를 제어하는 전자장치를 포함하는, 캘리브레이션 시스템을 제어하는 전자장치가 초음파 이미징 프로세스를 제어하기 위해 사용된 전자장치와 (물리적으로 그리고/또는 전자적으로) 완전히 독립적일 수 있다. 적합한 캘리브레이션 시스템들의 일부 예들이 인용에 의해 여기에 통합되는 미국 특허 출원 제13/279,110호(공개 번호 제2012/0057428호)에 나타나고 설명되어 있다. 일부 실시예들에서, MAUI 전자장치는 이미징 프로세스의 일부를 수행하는데 충분한 하드웨어와 소프트웨어만을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 시스템(100)은 이미지 데이터를 캡처하는 컨트롤들 및 전자장치만을 포함할 수 있지만, 이미지를 프로세싱하고 디스플레이하는 하드웨어, 소프트웨어, 전자장치 및 컨트롤들은 시스템(100)의 외부에 있을 수 있다.

[0048] [0056] 여기에서 사용되는 바와 같이, 용어들 "초음파 트랜스듀서" 및 "트랜스듀서"는 초음파 이미징 기술들에서의 당업자가 이해하는 바와 같은 일반적인 의미들을 포함할 수 있고, 전기 신호를 초음파 신호로(그리고/또는 그 반대의 경우도 가능함) 변환할 수 있는 임의의 단일 컴포넌트를 제한하지 않고 지칭할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 초음파 트랜스듀서는 압전 디바이스를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 초음파 트랜스듀서들은 초음파들을 전기 신호로 그리고 전기 신호들로부터 초음파들로 변환할 수 있는 용량성 미세가공 초음파 트랜스듀서(CMUT) 또는 임의의 다른 트랜스듀싱 디바이스를 포함할 수 있다.

[0049] [0057] 트랜스듀서들은 종종 다중의 개별 트랜스듀서 엘리먼트들의 어레이들로 구성된다. 여기에서 사용되는 바와 같이, "트랜스듀서 어레이" 또는 "어레이"는 공통 백킹 플레이트에 탑재된 트랜스듀서 엘리먼트들의 집합을 일반적으로 지칭한다. 이러한 어레이는 1차원(1D), 2차원(2D), 1.X 차원(1.XD) 또는 3차원(3D)을 가질 수 있다. 당업자가 이해하는 바와 같은 다른 차원의 어레이들이 또한 사용될 수 있다. 동심의 원형 어레이들 및 타원형 어레이들과 같은 환형 어레이들이 또한 사용될 수 있다. 트랜스듀서 어레이의 엘리먼트가 어레이의 가장 작은 별개의 기능적 컴포넌트일 수 있다. 예를 들어, 압전 트랜스듀서 엘리먼트들의 어레이의 경우에서, 각 엘리먼트는 단일의 압전 결정 또는 압전 결정의 단일의 가공 섹션일 수 있다.

[0050] [0058] 여기에서 사용되는 바와 같이, 용어들 "송신 엘리먼트" 및 "수신 엘리먼트"는 초음파 이미징 기술들의 당업자가 이해하는 바와 같은 일반적인 의미들을 포함할 수 있다. 용어 "송신 엘리먼트"는 전기 신호가 초음파 신호로 변환되는 송신 기능을 적어도 순간적으로 수행하는 초음파 트랜스듀서 엘리먼트를 제한하지 않고 지칭할 수 있다. 송신된 초음파 신호들은 특정한 방향으로 포커싱될 수 있거나, 모든 방향들 또는 광범위한 방향들로 포커싱되지 않고 송신될 수 있다. 유사하게, 용어 "수신 엘리먼트"는 엘리먼트에 부딪히는 초음파 신호가 전기 신호로 변환되는 수신 기능을 적어도 순간적으로 수행하는 초음파 트랜스듀서 엘리먼트를 제한하지 않고 지칭할 수 있다. 매체로의 초음파의 송신을 여기에서 "고주파 발사(insonifying)"로 또한 지칭할 수 있다. 초음파들을 반사하는 객체 또는 구조물을 "리플렉터" 또는 "스캐터"로 지칭할 수 있다.

[0051] [0059] 여기에서 사용되는 바와 같이, 용어 "어퍼처"는 초음파 신호들이 전송되고 그리고/또는 수신되는 개념적인 "개구"를 지칭할 수 있다. 실제로, 어퍼처는 단순히, 이미징 제어 전자장치에 의해 공통 그룹으로서 일괄적으로 관리되는 단일 트랜스듀서 엘리먼트 또는 트랜스듀서 엘리먼트들의 그룹이다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 어퍼처는 인접 어퍼처의 엘리먼트들로부터 물리적으로 분리되고 별개일 수 있는 엘리먼트들의 그룹일 수 있다. 그러나, 인접 어퍼처들이 반드시 물리적으로 분리되거나 별개일 필요는 없다. 반대로, 단일 어퍼처는 2개 또는 그 초과로 물리적으로 분리되거나 별개인 트랜스듀서 어레이들의 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 예를 들어 또는 트랜스듀서 엘리먼트들의 별개의 그룹들(예를 들어, "좌측 어퍼처"는 물리적으로 별개의 중심 어레이의 좌측 절반과 좌측 어레이의 합으로 구성될 수 있는 반면에, "우측 어퍼처"는 물리적으로 별개의 중심 어레이의 우측 절반과 우측 어레이의 합으로 구성될 수 있다).

[0052] [0060] 용어들 "수신 어퍼처", "고주파 발사 어퍼처", 및/또는 "송신 어퍼처"는 원하는 물리적 뷰포인트 또는 어퍼처로부터 원하는 송신 또는 수신 기능을 수행하는 개별 엘리먼트, 어레이내의 엘리먼트들의 그룹 또는 심지어 전체 어레이들을 의미하는 것으로 여기에서 사용된다. 일부 실시예들에서, 이러한 송신 및 수신 어퍼처들은 전용 기능을 갖는 물리적으로 분리된 컴포넌트들로서 생성될 수 있다. 다른 실시예들에서, 임의의 수의 송신 및/또는 수신 어퍼처들이 필요한 경우에 전자적으로 동적으로 정의될 수 있다. 다른 실시예들에서, 다중의 어

퍼처 초음파 이미징 시스템이 전용 기능과 동적 기능 어퍼처들의 조합을 사용할 수 있다.

- [0053] [0061] 여기에서 사용되는 바와 같이, 용어 "총 어퍼처"는 모든 이미징 어퍼처들의 총 누적 사이즈를 지칭한다. 다시 말해, 용어 "총 어퍼처"는 특정한 이미징 사이클 동안 사용된 송신 및/또는 수신 엘리먼트의 임의의 조합의 가장 먼 트랜스듀서 엘리먼트들 사이의 최대 거리에 의해 정의된 하나 또는 그 초과와 치수들을 지칭할 수 있다. 따라서, 총 어퍼처는 특정한 사이클 동안 송신 또는 수신 어퍼처들로서 지정된 임의의 수의 서브-어퍼처들로 구성된다. 단일 어퍼처 이미징 배열의 경우에서, 총 어퍼처, 서브-어퍼처, 송신 어퍼처, 및 수신 어퍼처는 모두 동일한 치수들을 갖는다. 다중의 어퍼처 이미징 배열의 경우에서, 총 어퍼처의 치수들은 모든 송신 및 수신 어퍼처들의 치수들의 합을 포함한다.
- [0054] [0062] 일부 실시예들에서, 2개의 어퍼처들이 연속 어레이상에서 서로에 인접하여 위치될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 2개의 어퍼처는 연속 어레이상에서 서로 오버랩할 수 있어서, 적어도 하나의 엘리먼트가 2개의 개별 어퍼처들의 일부로서 기능한다. 엘리먼트들의 위치, 기능, 수, 및 어퍼처의 물리적 사이즈는 특정한 애플리케이션에 필요한 임의의 방식으로 동적으로 정의될 수 있다. 특정한 애플리케이션에 대한 이들 파라미터들에 대한 제약들이 아래에 논의되고 그리고/또는 당업자에게 명백할 것이다.
- [0055] [0063] 여기에 설명하는 엘리먼트들 및 어레이들은 또한 멀티-기능할 수 있다. 즉, 일 경우에서의 트랜스듀서 엘리먼트들 또는 어레이들의 송신기들로서의 지정은 다음의 경우에서의 수신기들로서의 그들의 직접적인 재지정을 배제하지 않는다. 더욱이, 여기에서의 제어 시스템의 실시예들은 사용자 입력들, 사전설정 스캔 또는 분해능 기준, 또는 다른 자동적으로 결정된 기준에 기초하여 이러한 지정들을 전자적으로 작성하는 능력들을 포함한다.
- [0056] [0064] 여기에서 사용되는 바와 같이, 용어 "점원 송신(point source transmission)"은 단일의 공간 위치로부터 매체로의 송신된 초음파 에너지의 도입을 지칭할 수 있다. 이것은 단일의 초음파 트랜스듀서 엘리먼트 또는 단일 송신 어퍼처로서 함께 송신하는 인접 트랜스듀서 엘리먼트들의 조합을 사용하여 수행될 수 있다. 점원 송신 어퍼처로부터의 단일 송신은 균일한 구형 파면을 어렵하거나, 2D 슬라이스를 이미징하는 경우에는, 2D 슬라이스내에 균일한 원형 파면을 어렵한다. 일부 경우들에서, 점원 송신 어퍼처로부터 원형, 반원형, 구형 또는 반구형 파면의 단일 송신이 여기에서 "포커싱되지 않은 원형 파면 초음파 신호", "핑" 또는 "점원 펄스"로 지칭될 수 있다.
- [0057] [0065] 점원 송신은 에너지를 트랜스듀서 엘리먼트 어레이로부터 특정한 방향으로 포커싱하는 "위상 어레이 송신"과는 그 공간적 특징에서 상이하다. 점원 펄스(핑(ping))가 스캐닝 평면에서 원형 파면을 생성하도록 송신될 수 있다. 그 후, 점원 송신기들로부터 방출된 파면들이 관심 영역에서 물리적으로 원형이라는 것을 가정하여 이미지들이 에코들로부터 재구성될 수 있다. 실제로, 파면은 스캐닝 평면에 수직인 치수에서 일부 관통을 또한 가질 수 있다(즉, 일부 에너지는 원하는 2차원 스캐닝 평면에 수직인 치수에 본질적으로 "누설"할 수 있고, 이는 유효 이미징 범위를 감소시킨다). 추가로, "원형" 파면은 트랜스듀싱 물질의 고유한 오프-축 특성들에 따라 트랜스듀서의 전면 앞에 180도 미만의 반원 또는 원의 일부로 실제로 제한될 수 있다. 반면에, 위상 어레이 송신은 고주파 방사파를 특정한 관심 영역으로 증강하거나 스티어링하기 위해 트랜스듀서 엘리먼트들의 그룹의 송신 위상을 순차적으로 조작한다(수학적으로 그리고 물리적으로, 이것은 다중의 오버랩하는 파면들을 따라 보강 및 상쇄 간섭에 의해 행해진다). 위상 어레이 송신은 점원 송신과 동일한 3차원 에너지 누설(오프 평면)을 또한 받는다. 짧은 지속기간의 위상 어레이 송신을 여기에서 "위상 어레이 펄스"로 지칭할 수 있다.
- [0058] [0066] 도 1b의 블록도는 여기에 설명하는 바와 같은 시스템들 및 방법들의 다양한 실시예들과 조합하여 사용될 수 있는 초음파 이미징 시스템(200)의 컴포넌트들을 예시한다. 도 1b의 시스템(200)은 여러 서브시스템들: 송신 제어 서브시스템(204), 프로브 서브시스템(202), 수신 서브시스템(210), 이미지 생성 서브시스템(230), 및 비디오 서브시스템(240)을 포함할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 시스템(200)은 하나 또는 그 초과와 초음파 이미징 단계들 동안 사용하기 위한 다양한 데이터를 포함하는 하나 또는 그 초과와 메모리 디바이스들을 또한 포함할 수 있다. 이러한 메모리 디바이스들은 미가공 에코 데이터 메모리(220), 가중 인자 메모리(235), 캘리브레이션 데이터 메모리(238), 이미지 버퍼(236) 및/또는 비디오 메모리(246)를 포함할 수 있다. 다양한 실시예들에서, (임의의 다른 프로세스를 실행하기 위한 소프트웨어 및/또는 펌웨어를 포함하는) 모든 데이터는 단일의 메모리 디바이스에 저장될 수 있다. 대안으로는, 개별 메모리 디바이스들이 하나 또는 그 초과와 데이터 타입들에 대해 사용될 수 있다. 또한, 도 1b에 표현된 임의의 모듈들 또는 컴포넌트들이 전자 하드웨어, 펌웨어 및/또는 소프트웨어의 임의의 적합한 조합을 사용하여 구현될 수 있다.
- [0059] [0067] 프로브(202)의 엘리먼트들로부터의 초음파 신호들의 송신은 송신 제어 서브시스템(204)에 의해 제어될

수 있다. 일부 실시예들에서, 송신 제어 서브시스템(204)은 원하는 이미징 알고리즘에 따라 선택된 송신 어퍼처들로부터의 원하는 주파수들 및 간격들에서 포커싱되지 않은 초음파 펄들을 송신하기 위해 프로브(202)의 트랜스듀서 엘리먼트들을 제어하는 아날로그 및 디지털 컴포넌트들의 임의의 조합을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 송신 제어 서브시스템(204)은 다양한 초음파 주파수들에서 초음파 펄들을 송신하도록 구성될 수 있다. (전부는 아니지만) 일부 실시예들에서, 송신 제어 서브시스템은 위상 어레이 모드에서 프로브를 제어하도록 또한 구성될 수 있어서, 포커싱된(즉, 송신 빔포밍된) 초음파 스캔라인 빔들을 송신한다.

[0060] [0068] 일부 실시예들에서, 송신 제어 서브시스템(204)은 송신 신호 정의 모듈(206) 및 송신 엘리먼트 제어 모듈(208)을 포함할 수 있다. 송신 신호 정의 모듈(206)은 초음파 프로브에 의해 송신될 신호의 원하는 특징들을 정의하도록 구성된 하드웨어, 펌웨어 및/또는 소프트웨어의 적합한 조합들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 송신 신호 정의 모듈(206)은 펄스 시작 시간, 펄스 길이(지속기간), 초음파 주파수, 펄스 전력, 펄스 형상, 펄스 방향(만약 있다면), 펄스 진폭, 송신 어퍼처 위치, 또는 임의의 다른 특징들과 같은 송신될 초음파 신호의 특징들을 (예를 들어, 사용자 입력들 또는 사전 결정된 인자들에 기초하여) 확립할 수 있다.

[0061] [0069] 그 후, 송신 엘리먼트 제어 모듈(208)은 원하는 송신 펄스에 관한 정보를 취할 수 있고, 지정된 초음파 신호를 생성하기 위해 적절한 트랜스듀서 엘리먼트들로 전송될 적절한 전기 신호들을 결정할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 신호 정의 모듈(206) 및 송신 엘리먼트 제어 모듈(208)은 개별 전자 컴포넌트들을 포함할 수 있거나, 하나 또는 그 초과인 공통 컴포넌트들의 부분들을 포함할 수 있다.

[0062] [0070] 관심 영역으로부터 송신 신호들의 에코들을 수신시에, 프로브 엘리먼트들은 수신된 초음파 진동들에 대응하는 시변 전기 신호를 생성할 수 있다. 수신된 에코들을 나타내는 신호들은 프로브(202)로부터 출력될 수 있고 수신 서브시스템(210)으로 전송될 수 있다. 일부 실시예들에서, 수신 서브시스템은 다중의 채널들을 포함할 수 있고, 이 채널들 각각은 아날로그 프런트-엔드 디바이스("AFE")(212) 및 아날로그-디지털 변환 디바이스(ADC)(214)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 수신 서브시스템(210)의 각 채널은 ADC(214) 이후에 디지털 필터들 및 데이터 컨디셔너들(미도시)을 또한 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, ADC(214) 이전의 아날로그 필터들이 또한 제공될 수 있다. 각 ADC(214)의 출력은 미가공 데이터 메모리 디바이스(220)로 향할 수 있다. 일부 실시예들에서, 수신 서브시스템(210)의 독립 채널이 프로브(202)의 각 수신 트랜스듀서 엘리먼트에 대해 제공될 수 있다. 다른 실시예들에서, 2개 또는 그 초과인 트랜스듀서 엘리먼트들이 공통 수신 채널을 공유할 수 있다.

[0063] [0071] 일부 실시예들에서, 아날로그 프런트-엔드 디바이스(212)(AFE)는 신호를 아날로그-디지털 변환 디바이스(214)(ADC)에 전달하기 이전에 특정한 필터링 프로세스들을 수행할 수 있다. ADC(214)는 일부 사전 결정된 샘플링 레이트에서 수신 아날로그 신호들을 일련의 디지털 데이터 포인트들로 변환하도록 구성될 수 있다. 대부분의 초음파 시스템들과 달리, 그 후, 도 3의 초음파 이미징 시스템의 일부 실시예들은 임의의 추가의 수신 빔포밍, 필터링, 이미지 층 조합 또는 다른 이미지 프로세싱을 수행하기 이전에 각 개별 수신 엘리먼트에 의해 수신된 초음파 에코 신호들의 타이밍, 위상, 진폭 및/또는 주파수를 나타내는 디지털 데이터를 미가공 데이터 메모리 디바이스(220)에 저장할 수 있다.

[0064] [0072] 캡처된 디지털 샘플들을 이미지로 변환하기 위해, 데이터는 이미지 생성 서브시스템(230)에 의해 미가공 데이터 메모리(220)로부터 검색될 수 있다. 도시된 바와 같이, 이미지 생성 서브시스템(230)은 빔포밍 블록(232) 및 이미지 층 조합("ILC") 블록(234)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 빔포머(232)가 프로브 캘리브레이션 데이터를 포함하는 캘리브레이션 메모리(238)와 연통할 수 있다. 프로브 캘리브레이션 데이터는 정밀한 위치에 관한 정보, 동작 품질, 및/또는 개별 프로브 트랜스듀서 엘리먼트들에 관한 다른 정보를 포함할 수 있다. 캘리브레이션 메모리(238)는 프로브내에, 이미징 시스템내에, 또는 프로브와 이미징 시스템 모두의 외부의 위치에 물리적으로 위치될 수 있다.

[0065] [0073] 일부 실시예들에서, 이미지 생성 블록(230)을 통과한 이후에, 이미지 데이터는 빔포밍되고 (일부 실시예들에서는) 층-조합된 이미지 프레임들을 저장할 수 있는 이미지 버퍼 메모리(236)에 저장될 수 있다. 그 후, 비디오 서브시스템(240)내의 비디오 프로세서(242)가 이미지 버퍼로부터 이미지 프레임들을 검색할 수 있고, 예를 들어, 당업계에서 "시네 루프(cine loop)"로서 지칭되는 바와 같이 디지털 비디오 클립으로서 비디오 디스플레이(244)상에 디스플레이될 수 있고 그리고/또는 비디오 메모리(246)에 저장될 수 있는 비디오 스트림으로 이미지들을 프로세싱할 수 있다.

[0066] [0074] 일부 실시예들에서, AFE(212)는 아날로그 신호를 아날로그-디지털 변환 디바이스에 전달하기 이전에 수신된 아날로그 신호에 대한 다양한 증폭 및 필터링 프로세스들을 수행하도록 구성될 수 있다. 예를 들어,

AFE(212)는 저잡음 증폭기(LNA), 가변 이득 증폭기(VGA), 대역통과 필터, 및/또는 다른 증폭 또는 필터링 디바이스들과 같은 증폭기들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, AFE 디바이스(212)는 트리거 신호의 수신시에 아날로그 신호를 ADC(214)에 전달하는 것을 시작하도록 구성될 수 있다. 다른 실시예들에서, AFE 디바이스는 아날로그 신호를 ADC에 연속적으로 전달하는 "프리 런닝(free running)"일 수 있다.

[0067] [0075] 일부 실시예들에서, 각 아날로그-디지털 컨버터(214)는 일부 일관된 사전 결정된 샘플링 레이트에서 수신 아날로그 신호를 샘플링하도록 구성된 임의의 디바이스를 일반적으로 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 아날로그-디지털 컨버터는 초 당 2500백만 샘플들 또는 40 나노초 마다 1 샘플인 25MHz에서 시변 아날로그 신호의 디지털 샘플들을 기록하도록 구성될 수 있다. 따라서, ADC에 의해 샘플링된 데이터는 단순히, 데이터 포인트들의 리스트를 포함할 수 있고, 이 포인트들 각각은 특정한 순간에서의 신호 값에 대응할 수 있다. 일부 실시예들에서, ADC(214)는 트리거 신호의 수신시에 아날로그 신호를 디지털적으로 샘플링하는 것을 시작하도록 구성될 수 있다. 다른 실시예들에서, ADC 디바이스는 수신 아날로그 신호를 연속적으로 샘플링하는 "프리 런닝"일 수 있다.

[0068] [0076] 일부 실시예들에서, 미가공 데이터 메모리 디바이스(220)는 임의의 적합한 휘발성 또는 비휘발성 디지털 메모리 저장 디바이스를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 미가공 데이터 메모리(220)는 유선 또는 무선 네트워크를 통해 미가공 디지털 초음파 데이터를 외부 디바이스에 송신하는 통신 전자장치를 또한 포함할 수 있다. 이러한 경우들에서, 송신된 미가공 에코 데이터는 임의의 원하는 포맷으로 외부 디바이스에 저장될 수 있다. 다른 실시예들에서, 미가공 데이터 메모리(220)는 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리 및 통신 전자장치의 조합을 포함할 수 있다.

[0069] [0077] 일부 실시예들에서, 미가공 데이터 메모리 디바이스(220)는 임시(휘발성 또는 비휘발성) 메모리 섹션 및 장기간 비휘발성 메모리 섹션을 포함할 수 있다. 이러한 실시예들의 예에서, 임시 메모리는 빔포머(232)가 ADC(214)로부터 풀 레이트로 데이터를 수용할 정도로 충분히 빠르게 동작할 수 없는 경우들에서 ADC(214)와 빔포머(232) 사이에서 버퍼로서 작용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 장기간 비휘발성 메모리 디바이스는 임시 메모리 디바이스로부터 또는 ADC(214)로부터 직접 데이터를 수신하도록 구성될 수 있다. 이러한 장기간 메모리 디바이스는 외부 디바이스에 대한 후속 프로세싱, 분석 또는 송신을 위해 다량의 미가공 에코 데이터를 저장하도록 구성될 수 있다.

[0070] [0078] 일부 실시예들에서, 빔포밍 블록(232) 및 이미지 층 조합 블록(234)은 (예를 들어, 후술하는 바와 같은) 특정한 프로세스들을 수행하도록 구성된 임의의 디지털 신호 프로세싱 및/또는 컴퓨팅 컴포넌트들을 각각 포함할 수 있다. 예를 들어, 다양한 실시예들에서, 빔포밍(232) 및 이미지 층 조합(234)은 단일 GPU, 다중의 GPU들, 하나 또는 그 초과 CPU들, CPU들과 GPU들의 조합들, 단일 또는 다중의 가속기 카드들 또는 모듈들, 분산 프로세싱 시스템, 또는 클러스터화된 프로세싱 시스템상에서 구동하는 소프트웨어에 의해 수행될 수 있다. 대안으로는, 이들 또는 다른 프로세스들이 FPGA 아키텍처 또는 하나 또는 그 초과 전용 ASIC 디바이스들상에 구동하는 펌웨어에 의해 수행될 수 있다.

[0071] [0079] 일부 실시예들에서, 비디오 프로세서(242)는 이미지 프레임들을 디스플레이 및/또는 저장을 위해 비디오 스트림으로 어셈블링하도록 구성될 수 있는 임의의 비디오 프로세싱 하드웨어, 펌웨어 및 소프트웨어 컴포넌트들을 포함할 수 있다.

[0072] [0080] 가중 인자 메모리 디바이스가 원하는 경우에 빔포밍, 이미지 층 조합, 이미지 프로세싱, 또는 이미지 형성의 임의의 다른 스테이지 동안 적용될 가중 인자 값들을 정의하는 데이터를 포함할 수 있다. 다양한 타입의 가중 인자들의 예들이 아래에 제공된다.

[0073] [0081] 도 2는 다중의 어퍼처 초음파 이미징 프로브(10) 및 그리드로서 표현된 이미징될 관심 영역(20)의 실시예를 예시한다. (여기에서 약칭 지시들  $L_n$ ,  $L_j$  및  $L_k$ 로서 지칭될 수 있는) 'n', 'j', 및 'k'로 라벨링된 3개의 송신 어퍼처들을 포함하는 좌측 트랜스듀서 어레이(12)를 갖는 프로브(10)가 도시되어 있다. 우측 트랜스듀서 어레이(14)가 (여기에서 약칭 지시들  $R_n$ ,  $R_j$  및  $R_k$ 로서 지칭될 수 있는) 3개의 송신 어퍼처들('n', 'j', 및 'k')을 또한 포함한다. 좌측 트랜스듀서 어레이(12)의 엘리먼트들 중 일부 또는 모두가 좌측 수신 어퍼처(13)로서 또한 지정될 수 있다. 유사하게는, 우측 트랜스듀서 어레이(14)의 엘리먼트들 중 일부 또는 모두가 우측 수신 어퍼처(15)로서 지정될 수 있다.

[0074] [0082] 도 3은 3-어레이 다중의 어퍼처 초음파 이미징 프로브(11)의 실시예를 예시한다. 2-어레이 프로브의 좌측 및 우측 어레이들에 추가하여, 3-어레이 프로브는 (여기에서 약칭 지시들  $C_n$ ,  $C_j$  및  $C_k$ 로서 지칭될 수 있

는) 'n', 'j', 및 'k'로 라벨링된 3개의 송신 어퍼처들을 포함하는 중심 트랜스듀서 어레이(16)를 포함한다. 중심 트랜스듀서 어레이(16)의 엘리먼트들 중 일부 또는 모두가 중심 수신 어퍼처(17)로서 또한 지정될 수 있다. 다른 실시예들에서, 임의의 다른 다중의 어퍼처 프로브 구성이 여기에 설명한 시스템들 및 방법들과 또한 사용될 수 있다. 예를 들어, 출원인의 종래의 출원들은 4개, 5개 또는 그 초과와 어레이들을 갖는 프로브들, 하나 또는 그 초과와 조정가능한 어레이들을 갖는 프로브들, 임의의 수의 어퍼처들로 전자적으로 서브-분할될 수 있는 하나 또는 그 초과와 대형 어레이들을 갖는 프로브들, 및 단일-어퍼처 프로브들과 같은 여러 대안의 프로브 구성들을 설명하고, 이들 중 임의의 것(또는 다른 것들은) 여기에 설명한 시스템들 및 방법들과 관련하여 사용될 수 있다.

[0075] [0083] 일부 실시예들에서, 수신 어퍼처의 폭은 평균 음속이 스캐터로부터 수신 어퍼처의 각 엘리먼트로의 모든 경로에 대해 대략 동일하다는 가정에 의해 제한될 수 있다. 충분히 좁은 수신 어퍼처를 가정하면, 이러한 단순한 가정이 수용가능하다. 그러나, 수신 어퍼처 폭이 증가할수록, 티핑 포인트(tipping point)(여기에서 "최대 간섭성(coherent) 어퍼처 폭" 또는 "최대 가간섭성(coherence) 폭"으로서 지칭됨)이 도달되고, 이것을 넘어, 에코 복귀 경로들이 본질적으로 상이한 음속을 갖는 조직의 상이한 타입들을 반드시 통과한다. 이러한 차이가 180도에 접근하거나 그를 초과하는 수신 파면 위상 시프트들을 발생시킬 때, 최대 간섭성 수신 어퍼처 폭을 넘어 확장된 추가의 수신 엘리먼트들이 이미지를 향상시키기 보다는 이미지를 실제로 저하시킨다.

[0076] [0084] 따라서, 최대 간섭성 어퍼처 폭 보다 훨씬 큰 총 어퍼처 폭을 갖는 넓은 프로브의 고유 이점들을 실현하기 위해, 전체 프로브 폭이 다중의 어퍼처들로 물리적으로 또는 논리적으로 분할될 수 있고, 다중의 어퍼처들 각각은 최대 간섭성 어퍼처 폭 이하의 유효 폭으로 제한될 수 있어서, 수신 신호들의 위상 소거를 회피하기에 충분히 작다. 최대 가간섭성 폭은 상이한 환자들에 대해 그리고 동일한 환자에 대한 상이한 프로브 위치들에 대해 상이할 수 있다. 일부 실시예들에서, 절충 폭이 소정의 프로브 시스템에 대해 결정될 수 있다. 다른 실시예들에서, 다중의 어퍼처 초음파 이미징 제어 시스템이 다중의 어퍼처들에서의 가용 엘리먼트들을 현저한 이미지 저하 위상 소거를 회피하기에 충분히 작은 그룹들로 서브분할하기 위해 동적 알고리즘으로 구성될 수 있다.

[0077] [0085] 일부 실시예들에서, 엘리먼트들을 최대 가간섭성 폭 미만의 폭을 갖는 어퍼처들로 그룹화하면서 추가의 설계 제약들을 충족시키는 것은 어렵거나 불가능할 수 있다. 예를 들어, 물질이 매우 작은 면적들에 대해 너무 이종이면, 최대 가간섭성 폭 미만이라도 충분히 작게 어퍼처들을 형성하는 것은 비현실적일 수 있다. 유사하게는, 시스템이 상당한 깊이에서 매우 작은 타겟을 이미징하도록 설계되면, 최대 가간섭성 폭 보다 큰 폭을 갖는 어퍼처가 필요할 수 있다. 이러한 경우들에서, 최대 가간섭성 폭 보다 큰 폭을 갖는 수신 어퍼처가 상이한 경로들을 따라 음속에서의 차이들을 설명하기 위해 추가의 조정들 또는 보상들을 함으로써 수용될 수 있다. 이러한 음속 조정들의 일부 예들이 여기에 제공되지만, 추가의 예들은 "Universal Multiple Aperture Medical Ultrasound Probe"이란 명칭의 미국 특허 출원 공개 제2010/0201933호에 제공된다. 일부 실시예들에서, 최대 가간섭성 폭이 단일의 환자에 대해서도 환자간에 그로 위치간에 궁극적으로 가변이기 때문에, 사용자가 이미지 세션 동안 또는 저장된 미가공 에코 데이터의 사후 프로세싱 동안 최대 가간섭성 폭을 선택적으로 증가시키거나 감소시키게 하도록 구성된 사용자-인터페이스 조정을 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 조정된 최대 가간섭성 폭은 빔포밍 동안 사용될 수신 어퍼처들(즉, 트랜스듀서 엘리먼트 그룹들)의 사이즈를 대응하게 증가시키거나 감소시킴으로써 적용될 수 있다.

[0078] **이미지 총 조합**

[0079] [0086] 일부 실시예들에서, 일련의 송신 펄스들을 사용하는 다중의 어퍼처 이미징은 제 1 송신 어퍼처로부터 점원 펄스를 송신하고, 2개 또는 그 초과와 수신 어퍼처들의 엘리먼트들로 에코들을 수신함으로써 동작할 수 있다. 완전한 이미지가 펄 송신과 에코 수신 사이의 지연 시간들에 기초하여 스캐터들의 위치를 삼각측량함으로써 형성될 수 있다. 그 결과, 완전한 이미지가 각 송신 펄스의 에코들로부터 각 수신 어퍼처에서 수신된 데이터로부터 제어기 또는 제어 시스템에 의해 형성될 수 있다. 펄스 수신 어퍼처의 상이한 고유 조합들로부터 획득된 이미지들을 여기에서 이미지 총들로 지칭할 수 있다. 다중의 이미지 총들이 최종 조합된 이미지의 전체 품질을 향상시키기 위해 조합될 수 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 생성된 이미지 총들의 총 수는 수신 어퍼처들의 수와 송신 어퍼처들의 수의 곱일 수 있다(여기서, "송신 어퍼처"는 단일 송신 엘리먼트 또는 송신 엘리먼트들의 그룹일 수 있다).

[0080] [0087] 예를 들어, 일부 실시예들에서, 단일의 시간 도메인 프레임이 단일의 송신 펄스로부터 2개 또는 그 초과와 수신 어퍼처들에서의 에코들로부터 형성된 이미지 총들을 조합함으로써 형성될 수 있다. 다른 실시예들에

서, 단일의 시간 도메인 프레임이 2개 또는 그 초과인 송신 핑들로부터 하나 또는 그 초과인 수신 어퍼처들에서의 에코들로부터 형성된 이미지 층들을 조합함으로써 형성될 수 있다. 일부 이러한 실시예들에서, 다중의 송신 핑들은 상이한 송신 어퍼처들로부터 발신될 수 있다.

[0081] [0088] 예를 들어, 도 2를 참조한 일 실시예에서, (그리드(20)에서의 모든 포인트들, 또는 특정한 관심 타겟(30)으로 패닝/줌하는 경우에 그리드(20)의 섹션만을 나타내는) 제 1 이미지 층이 제 1 송신 어퍼처(Ln)로부터 제 1 핑을 송신하고 좌측 수신 어퍼처(13)에서 제 1 핑의 에코들을 수신함으로써 형성될 수 있다. 제 2 이미지 층이 우측 수신 어퍼처(15)에서 수신된 제 1 핑의 에코들로부터 형성될 수 있다. 제 3 및 제 4 이미지 층들이 제 2 송신 어퍼처(Lj)로부터 제 2 핑을 송신하고 좌측 수신 어퍼처(13) 및 우측 수신 어퍼처(15)에서 제 2 핑의 에코들을 수신함으로써 형성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 그 후, 모든 4개의 이미지 층들이 단일의 시간 도메인 이미지 프레임을 형성하기 위해 조합될 수 있다. 다른 실시예들에서, 단일의 시간 도메인 이미지 프레임이 임의의 수의 송신 어퍼처들에 의한 임의의 수의 송신 핑들로부터 임의의 수의 수신 어퍼처들에서 수신된 에코들로부터 획득될 수 있다. 그 후, 시간 도메인 이미지 프레임들은 연속 이동 이미지로서 디스플레이 스크린상에 순차적으로 디스플레이될 수 있다. 스틸 이미지들이 임의의 상기 기법들을 사용하여 이미지 층들을 조합함으로써 또한 형성될 수 있다.

[0082] [0089] 디스플레이 스크린들 및 그에 디스플레이되는 이미지들은 일반적으로 픽셀들의 그리드로 분할될 수 있다. 일부 경우들에서, 픽셀은 디스플레이 스크린의 가장 작은 개별적으로 제어가능한 면적이다. 이미지 픽셀들과 디스플레이 픽셀들 사이의 관계들이 일반적으로 당업계에 널리 이해되어 있고, 여기에 설명하지 않는다. 본 설명의 목적을 위해, 도면들에 도시된 그리드들(20)의 정사각형 셀들을 픽셀들로서 지칭한다. 여기에서의 다수의 실시예들에서, 픽셀들의 그룹이 공통 그룹으로서 함께 취급될 수 있다. 따라서, 용어 "픽셀"의 사용은 임의의 특정한 사이즈로 제한되도록 의도되는 것이 아니라, 이미지의 별개 섹션을 설명하기 위한 편리한 용어로서 사용된다.

[0083] [0090] 단색 디스플레이에서, 각 픽셀에는 하나의 값: 픽셀이 얼마나 많은 광을 디스플레이해야 하는지를 정의하는 스칼라 값인 "강도"만이 할당된다. 컬러 디스플레이에서, 강도 값에 부가하여, 각 픽셀에는 레드, 그린, 및 블루; 또는 시안, 마젠타, 옐로우, 및 블랙과 같은 다중의 컬러 컴포넌트 값들이 할당될 수 있다. 아래의 설명은 다중의 소스들로부터의 픽셀의 강도에 다양한 기여들에 대한 가중 인자들을 적용하는 것을 주로 언급한다. 그러나, 일부 실시예들에서, 일부 또는 모든 컬러 값들이 동일하거나 관련 기법들을 사용하여 또한 가중될 수 있다.

[0084] [0091] 점원 송신 이미징 기법을 사용하는 다중의 어퍼처 프로브로, 각 이미지 픽셀은 수신 엘리먼트 마다에 기초하여 수신 에코 데이터를 빔포밍하고, 다중의 수신 어퍼처들 각각 내의 다중의 수신 엘리먼트들 각각에서 수신된 에코들로부터의 정보를 조합함으로써 어셈블링될 수 있다(에코들은 다중의 송신 어퍼처들 각각 내의 다중의 송신기 각각으로부터 송신된 핑들로부터 발생한다). 점원 송신을 갖는 다중의 어퍼처 이미징의 일부 실시예들에서, 수신 빔포밍은 검사된 객체에서 스캐터로부터의 수신 트랜스듀서 엘리먼트들에 대한 시간 지연 에코 복귀들을 합산함으로써 재구성된 이미지의 픽셀을 형성하는 것을 포함한다. 각 수신기에 기록된 스캐터의 에코들의 시간 지연들은 이미징된 매체를 통과한 음속에 대한 가중값과 조합된, 프로브 엘리먼트들의 고유한 지오메트리의 함수이다. 중요한 고려사항은, 합산이 간섭성(위상 감지) 또는 비간섭성(신호 크기들만을 합산하고 위상 정보를 무시)이어야 하는지이다. 핑 기반 빔포밍의 추가의 상세사항들이 인용에 의해 여기에 통합되는 출원인의 특허 출원 제13/029,907호에 설명되어 있다.

[0085] [0092] 다중의 송신 핑들로부터 발생하는 이미지 층들의 합산 또는 평균화는 간섭성 가산, 비간섭성 가산, 또는 2개의 조합에 의해 달성될 수 있다. (이미지 층 합산 동안 위상 및 크기 정보 모두를 통합한) 간섭성 가산은 측면 분해능을 최대화시키는 경향이 있는 반면에, (크기들만을 합산하고 위상 정보를 무시한) 비간섭성 가산은 스펙클 잡음을 평균화하고 이미징된 매체를 통한 음속에서의 작은 변동들에 의해 초래될 수 있는 이미지 층 정렬 에러들의 영향들을 최소화시키는 경향이 있다. 스펙클 잡음은 각 이미지 층이 자신의 독립적 스펙클 패턴을 전개하는 경향이 있기 때문에 비간섭성 합산을 통해 감소되고, 패턴들을 비간섭적으로 합산하는 것은 이들 스펙클 패턴들을 평균화하는 효과를 갖는다. 대안으로는, 패턴들이 간섭적으로 가산되는 경우에, 이들은 서로를 강화시키고, 하나의 강한 스펙클 패턴만이 발생한다. 비간섭성 가산은 스펙클 잡음을 억제하기 위한 수단으로서 오랫동안 알려진 순간 복합 이미징과 유사한 것으로 여겨질 수 있다.

[0086] [0093] 음속의 변동들은 아래와 같이 비간섭성 가산에 의해 허용될 수 있다: 파장의 지연(예를 들어, 3MHz 프로브에 대해 대략 0.25mm)의 절반만을 발생시키는 음속 변동과 2개의 픽셀들을 간섭적으로 합산하는 것은 상쇄



위상 소거를 발생시키고, 이는 현저한 이미지 데이터 손실을 초래하고; 픽셀들이 비간섭적으로 가산되는 경우에, 동일하거나 심지어 더 큰 지연이 이미지 층에서 사소한 공간 왜곡만을 초래하고 이미지 데이터의 손실은 초래하지 않는다. 이러한 이미지 층들의 비간섭성 가산이 최종 이미지의 일부 평활화를 발생시킬 수 있다 (일부 실시예들에서, 이러한 평활화는 이미지를 더욱 관독가능하게 만들기 위해 의도적으로 추가될 수 있다).

[0087] [0094] 이미지 층 조합은 간섭성 대 비간섭성 합산의 결정이 이루어질 수 있는 3개의 이미지 층 레벨들과 관련하여 설명될 수 있다. 이들 3개의 경우들은 제 1 레벨 이미지 층들, 제 2 레벨 이미지 층들 및 제 3 레벨 이미지 층들을 포함한다. (1) 제 1 레벨 이미지 층은 단일의 송신 어퍼처로부터의 단일의 핑으로부터 발생하는 단일의 수신 어퍼처에서 수신된 예코들로부터 형성될 수 있다. 단일의 핑과 단일의 수신 어퍼처의 고유한 조합에 대해, 수신 어퍼처에서의 모든 수신 엘리먼트들에 의해 수신된 지연 예코들이 제 1 레벨 이미지 층을 획득하기 위해 합산될 수 있다. (2) 단일의 수신 어퍼처에서 수신된 (동일하거나 상이한 송신 어퍼처들로부터의) 다중의 송신 핑들의 예코들로부터 발생하는 다중의 제 1 레벨 이미지 층들이 제 2 레벨 이미지 층을 생성하기 위해 함께 합산될 수 있다. 제 2 레벨 이미지 층들이 정렬 또는 다른 이미지 특징들을 향상시키기 위해 더 프로세싱될 수 있다. (3) 제 3 레벨 이미지들이 다중의 수신 어퍼처들로부터의 데이터로 형성된 제 2 레벨 이미지 층들을 조합함으로써 획득될 수 있다. 일부 실시예들에서, 제 3 레벨 이미지들이 동영상을 형성하기 위해 순차적 시간 도메인 프레임들로서 디스플레이될 수 있다.

[0088] [0095] 모든 3개의 이미지 층 레벨들에서, 간섭성 가산은 프로브 엘리먼트들의 지오메트리가 원하는 예측 정도로 알려져 있고 모든 경로들에 걸친 일정한 음속의 가치가 유효한 경우에 다중의 어퍼처 시스템의 측면 분해능의 최대화를 이룰 수 있다. 유사하게, 모든 이미지 층 레벨들에서, 비간섭성 가산은 스펙클 잡음의 최상의 평균화 및 이미징된 매체를 통한 음속에서의 사소한 변동들의 허용오차를 이끈다.

[0089] [0096] 일부 실시예들에서, 간섭성 가산은 위상 소거가 문제가 될 것 같지 않은 어퍼처들로부터 발생한 이미지 층들을 조합하기 위해 사용될 수 있고, 그 후, 비간섭성 가산은 일부 임계치를 초과하는 거리 만큼 분리된 상이한 수신 어퍼처들에서 수신된 예코들로부터 형성된 이미지들을 조합할 때와 같이 위상 소거가 문제를 더욱 제공할 것 같은 경우에 사용될 수 있다.

[0090] [0097] 일부 실시예들에서, 모든 제 1 레벨 이미지들은 사용된 수신 어퍼처들이 최대 간섭성 어퍼처 폭 미만의 폭을 갖도록 선택된다는 것을 가정하는 간섭성 가산을 사용함으로써 형성될 수 있다. 제 2 및 제 3 레벨 이미지 층들에 대해, 간섭성 및 비간섭성 합산의 다수의 조합들이 가능하다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 제 2 레벨 이미지 층들은 기여하는 제 1 레벨 이미지 층들을 간섭적으로 합산함으로써 형성될 수 있지만, 제 3 레벨 이미지 층들은 기여하는 제 2 레벨 이미지 층들을 비간섭적으로 합산함으로써 형성될 수 있다.

[0091] **스펙클 사전설정 제어**

[0092] [0098] 다른 실시예들에서, 간섭성 및 비간섭성 합산의 조합들을 사용하여 임의의 광범위한 알고리즘들을 통해 이미지 층들을 조합하는 것이 바람직할 수 있다. 일부 실시예들에서, 이미지 제어 시스템은 특정한 이미징 애플리케이션들을 위해 설계될 수 있는 복수의 선택가능한 사전 프로그래밍된 합산 알고리즘들을 저장하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 저장된 합산 알고리즘들은 예를 들어, 수동 사용자 인터페이스 컨트롤을 동작 시킴으로써 수동으로 선택가능할 수 있다. 대안으로는, 저장된 합산 알고리즘들은 제어 시스템에 이용가능한 다른 데이터 또는 정보에 기초하여 자동으로 선택가능할 수 있다.

[0093] [0099] 예를 들어, 일부 실시예들에서, 대안의 알고리즘이 간섭성 가산에 의해 모든 제 2 레벨 및 제 3 레벨 이미지 층들을 형성하는 것을 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 모든 제 2 레벨 및/또는 제 3 레벨 이미지 층들은 비간섭성 가산에 의해 형성될 수 있다. 추가 실시예들에서, 오직 제 2 레벨 이미지들의 선택된 조합들만이 제 3 레벨 이미지들을 형성하기 위해 간섭적으로 또는 비간섭적으로 조합될 수 있다. 다른 실시예들에서, 오직 제 1 레벨 이미지 층들의 선택된 조합들만이 제 2 레벨 이미지 층들을 형성하기 위해 간섭적으로 조합될 수 있다.

[0094] [00100] 일부 실시예들에서, 제 1 레벨 이미지 층이 각 수신 어퍼처 엘리먼트에 대해 동위상 및 직교 예코 데이터를 합산함으로써(즉, 각 예코를 1/4 파장 지연된 예코와 합산함으로써) 또한 형성될 수 있다. 대부분의 실시예들에서, 단일의 수신 어퍼처의 엘리먼트들에 의해 수신된 예코들은 통상적으로 간섭적으로 조합된다. 일부 실시예들에서, 수신 어퍼처들의 수 및/또는 각 수신 어퍼처의 사이즈는 측면 분해능, 음속 변동 허용오차, 스펙클 잡음 감소 등과 같은 이미지 품질 메트릭들의 일부 원하는 조합을 최대화하기 위해 변화될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 대안의 배열들이 사용자에게 의해 선택가능할 수 있다. 다른 실시예들에서, 이러한 배열들

은 자동으로 선택될 수 있거나 이미징 시스템에 의해 전개될 수 있다.

- [0095] [00101] 이미지 층이 비간섭성 합산에 의해 형성되면, 그 이미지 층에 대한 임의의 위상 정보가 분실된다. 따라서, 비간섭성 합산에 의해 형성된 이미지 층을 사용하는 임의의 후속 이미지 층들은 자체적으로 반드시 비간섭적으로 조합된다. 따라서, 일부 실시예들에서, 위상 정보가 이미지 층 조합 프로세스에서 원하는 한 보유될 수 있다.
- [0096] **음속 제어**
- [0097] [00102] 위에서 논의한 바와 같이, 음속 값은 송신 시간과 수신 시간 사이의 시간 지연들에 기초하여 ROI 포인트들의 위치 및 대응하는 픽셀들을 결정하기 위해 빔포밍 동안 통상적으로 가정된다. 부드러운 인간의 조직에서, 음속은 약 1540m/s인 것으로 통상적으로 가정된다. 그러나, 음속은 환자들 중에서 그리고 단일의 환자내의 부드러운 조직의 상이한 타입들 중에서 10% 또는 그 초과 만큼 많이 변하는 것으로 알려져 있다. 특정한 스캐터 경로에 대한 가정된 음속과 실제 값 사이의 변동은 빔포밍 동안 에러들을 초래할 수 있고, 이것은 이미징에서 블러링(blurring) 또는 공간 변위 효과를 초래할 수 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 다중의 어퍼처 초음파 이미징 시스템은 스캐터 경로들 중 일부 또는 모두에 대한 가정된 음속 값의 자동 및/또는 수동 조정을 허용하도록 구성될 수 있다.
- [0098] [00103] 일부 실시예들에서, 다중의 어퍼처 이미징 시스템은 모든 스캐터 경로들(즉, 송신 어퍼처와 수신 어퍼처의 모든 조합들)에 대한 빔포밍하는데 사용된 음속의 가정된 값을 증가시키거나 감소키는 "코오스(coarse)" 음속 조정을 포함할 수 있다. 일부 경우들에서, 이러한 조정은 단일의 어퍼처 초음파 이미징 시스템들에 대해 또한 제공될 수 있다. 코오스 음속 조정은 시스템이 사용자에게 수용가능한 결과를 생성할 때까지 초음파검사자 또는 다른 사용자가 가정된 음속 값을 직접 증가시키거나 감소시키게 하기 위해 수동(예를 들어, 다이얼, 슬라이더 또는 임의의 다른 물리적 또는 시각적 사용자 인터페이스 디바이스)일 수 있다. 다른 실시예들에서, "코오스" 음속 조정은 이미징 제어 시스템에 의해 자동으로 제어될 수 있다. 따라서, 코오스 음속 조정은 단일의 조정을 모든 이미지 층들에 적용할 수 있다.
- [0099] [00104] "미세한(fine)" 음속 조정들의 다양한 실시예들이 또한 제공될 수 있다. 일부 실시예들에서, 미세한 음속 조정은 단일의 수신 어퍼처에 대한 가정된 음속 값을 조정하도록 구성될 수 있다. 다른 실시예들에서, 미세한 음속 조정은 단일의 송신 어퍼처에 대한 가정된 음속 값을 조정하도록 구성될 수 있다. 다른 실시예들에서, 미세한 음속 조정은 송신 어퍼처와 수신 어퍼처의 하나 또는 그 초과와 특정한 조합들에 대한 가정된 음속 값을 조정하도록 구성될 수 있다. 따라서, 미세한 음속 컨트롤들이 조정들을 특정한 제 1 레벨 또는 제 2 레벨 이미지 층들에 효과적으로 적용하도록 구성될 수 있다. 코오스 음속 조정들과 같이, 미세한 음속 조정들은 수동, 자동 또는 2개의 조합일 수 있다.
- [0100] [00105] 일부 실시예들에서, 코오스 음속 조정은 사용자에게 의해 수동으로 이루어질 수 있고, 미세한 음속 조정들은 초음파 이미징 제어 시스템에 의해 자동으로 이루어질 수 있다. 다른 실시예들에서, "코오스" 및 미세한 음속 조정들 모두는 자동으로 제어될 수 있다. 일부 실시예들에서, 초음파 이미징 제어 시스템은 결과 이미지(또는 이미지들)의 원하는 이미지 품질 메트릭(예를 들어, 에지들 또는 포인트들의 선명도, 최대 콘트라스트, 최대 동적 범위 등)이 임계값을 초과할 때까지 상이한 코오스 및/또는 미세한 음속 값들을 시험하도록 구성될 수 있다. 대안으로는, 임의의 다른 "오토포커싱" 알고리즘이 이미지 품질 메트릭이 향상되거나 최적화될 때까지 음속 값을 조정하기 위해 적용될 수 있다.
- [0101] [00106] 일부 경우들에서, 송신 어퍼처와 수신 어퍼처의 각 고유 쌍을 여기에서 "뷰(view)"로 지칭할 수 있다. 다른 경우들에서, 뷰는 단일의 송신 트랜스듀서 엘리먼트와 단일의 수신 트랜스듀서 엘리먼트의 고유 조합을 또한 지칭할 수 있다. 수신 어퍼처가 복수의 트랜스듀서 엘리먼트들을 포함하는 실시예들에서, 수신 엘리먼트들의 그룹들은 아래의 설명의 목적을 위해 일괄적으로 취급될 수 있다. 대안으로는, 수신 어퍼처 그룹의 일부의 경우에도, 일부 실시예들에서는, 개별 수신 엘리먼트들이 개별적으로 취급될 수 있다. 예를 들어, 다중의 어퍼처 이미징 시스템이 30개의 송신 어퍼처 및 3개의 수신 어퍼처를 활용하는 경우에, 각 이미지 픽셀은 90개의 상이한 뷰들로부터 이미지 데이터의 조합에 의해 잠재적으로 형성된다. 대안으로는, 개별 송신 엘리먼트 및 개별 수신 엘리먼트의 조합으로서 각 뷰를 취급하고, 48개의 송신 엘리먼트들 및 144개의 수신 엘리먼트들을 갖는 프로브를 고려하여, 각 픽셀은 6,912개의 별개의 뷰들로부터 이미지 데이터의 조합에 의해 잠재적으로 형성될 수 있다. 이러한 뷰들로부터 획득된 이미지들은 더 작은 수의 이미지들 또는 이미지 프레임들을 생성하기 위해(예를 들어, 상술한 바와 같은) 이미지 층 조합들을 통해 모아질 수 있다.

- [0102] [00107] 다르게 특정하지 않으면, 도 2, 도 3, 도 6, 도 7, 및 도 9의 그리드(20)는 디스플레이 픽셀들의 그리드 및 이미징된 객체에서의 관심 영역("ROI")내의 대응하는 포인트들의 그리드를 동시에 표현한다. 용어 "ROI 포인트들"은 프로브에 대한 고정 위치들에서 스캔 평면(또는 3D 스캔 체적)내의 포인트들을 설명하기 위해 여기에서 사용된다. 아래의 설명으로부터 명백해지는 바와 같이, ROI 포인트들이 픽셀 위치들에 직접적으로 반드시 항상 상관하지는 않는다. 예를 들어, 이미지가 더 작은 면적(30)을 표현하기 위해 "줌 인"되는 경우에, 디스플레이 픽셀들의 그리드(20)는 관심 영역의 줌된 면적(30)내의 포인트들에만 대응한다. 그러나, 임의의 줌 레벨에서, 소정의 이미지 픽셀에 의해 표현된 ROI 포인트의 물리적 위치는 높은 정확도로 (프로브에 대해) 결정될 수 있다.
- [0103] [00108] 일부 실시예들에서, 빔포밍 동안 사용된 음속 값이 다수의 상이한 물질들을 통한 평균 음속의 계산에 기초할 수 있고, 각 물질은 알려진 평균 음속을 갖는다. 예를 들어, 인간 환자를 이미징할 때, 초음파들은 다중의 상이한 조직 타입들을 통과하고 그로부터 반사될 수 있다. 조직의 각 타입은 약간 상이한 기본 음속을 통상적으로 갖는다. 송신 트랜스듀서 엘리먼트와 리플렉터 사이 그리고 리플렉터와 수신 트랜스듀서 엘리먼트 사이에서 소정의 음파가 통과하는 모든 조직들의 어림 치수들을 식별함으로써, 평균 음속이 완전한 음파 경로에 대해 계산될 수 있다. 일부 실시예들에서, 가중 평균이 사용될 수 있고, 여기에서, 각 물질 특정 음속 값이 이미지 평면에서 물질의 두께에 비례하는 가중 인자에 의해 가중된다. 일부 실시예들에서, 이러한 계산을 수행하는 것은 일반 평균 음속 값을 사용하여 획득된 결과들에 대하여 품질 빔포밍 결과들을 향상시킬 수 있는 빔포밍 프로세스 동안 사용을 위해 더욱 정확한 평균 음속 값을 제공할 수 있다.
- [0104] [00109] 일부 실시예들에서, 컴퓨터 자동 검출 기법들(예를 들어, 다양한 휴리스틱(heuristic) 모델들)이 조직(들)의 형상, 위치, 반사도, 또는 다른 특징들과 같은 정보에 기초하여, 환자내의 하나 또는 그 초과 조직 타입들을 자동으로 식별하기 위해 사용될 수 있다. 대안으로는, 사용자가 전문적 지식에 기초하여 그리고 (예를 들어, 가정된 음속 값을 사용하여 빔포밍함으로써 획득된 초음파 이미지에서 장기를 제한함으로써) 적합한 사용자 인터페이스의 사용을 통해 조직들을 식별할 수 있다.
- [0105] [00110] 다른 실시예들에서, 이러한 기법들은 산업적인 비파괴 검사와 같은 비의료적 이미징 상황들에서 사용될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 이미징될 객체의 치수들, 구조들 및 물질들은 실질적으로 알려져 있을 수 있다. 따라서, 평균 음속 값들은 객체의 알려진 구조 및 객체에 대한 트랜스듀서의 알려진 위치에 기초하여 계산될 수 있다.
- [0106] **가중 인자들의 도입**
- [0107] [00111] 여기에 설명하는 임의의 다양한 실시예들에서, 가중 인자들은 최종 이미지 프레임들을 생성하기 위해 이미지 층 조합을 통한 아날로그 에코 신호들의 수신으로부터, 이미지 형성의 프로세스 동안 임의의 적절한 포인트에서 적용될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 일부 가중은 아날로그 에코 신호들이 AFE(도 1b의 212)에 의해 수신될 때, A/D 컨버터(도 1b의 214)에 의한 에코 신호들의 아날로그-디지털 변환 동안, 빔포밍 모듈(도 1b의 232)에 의해 수행된 빔포밍 동안, 또는 이미지 층 조합 모듈(도 1b의 234)에 의해 수행된 바와 같은 이미지 층 조합 동안 하나 또는 그 초과 트랜스듀서 엘리먼트들로부터 수신된 신호들에 적용될 수 있다.
- [0108] [00112] 일부 실시예들에서, 가중 인자들은 각 픽셀이 수신 에코들로부터 형성될 때 대응하는 가중 인자로 개별 픽셀 값들을 곱함으로써 빔포밍 동안 적용될 수 있다. 대안으로는, 단일의 가중 인자는, 가중 인자가 식별된 송신 또는 수신 트랜스듀서 엘리먼트를 수반하는 모든 픽셀들에 적용되어야 할 때와 같이, 빔포밍 동안 전체 이미지에서의 모든 픽셀들에 적용될 수 있다. 빔포밍 동안 가중 인자들을 적용하는 것은, 가장 기본적인 이미지 층이 가중 인자들을 사용하여 향상될 수 있다는 것을 의미한다. 일부 경우들에서, 빔포밍 동안 가중 인자들을 적용하는 것은 이미지 층 조합 프로세스에서 가중 인자들을 나중에 적용하는 것 보다 더욱 계산 집중적일 수 있지만, 이러한 저레벨 이미지 층들은 더욱 본래의 정보를 또한 보유할 수 있다. 일부 실시예들에서, 계산 엄격성(computational intensity)은 특정한 시스템을 사용한 결과를 최대화시키기 위해 이미지 품질에 대해 밸런싱될 필요가 있을 수 있다.
- [0109] [00113] 상술한 임의의 3개의 레벨들에서 이미지 층들을 조합하기 이전에, 임의의 개별 이미지 층이 전체 이미지 층 또는 이미지 층의 일부만의 기여를 증가시키거나 감소시키기 위해 하나 또는 그 초과 가중 마스크들을 최종 조합 이미지에 적용함으로써 조정될 수 있다. 일부 실시예들에서, 가중 마스크를 적용한 이후에 그리고/또는 이미지 층들을 조합한 이후에, 최종 이미지(예를 들어, 제 3-레벨 이미지)의 모든 영역들로 하여금 일관된 평균 강도를 갖게 하도록 정규화 단계가 적용될 수 있다.

[0110] [00114] 임의의 소정의 ROI 포인트 및 대응하는 픽셀에 대해, 일부 뷰들은 더 높은 품질 이미지 데이터를 제공하지만, 다른 뷰들은 더 낮은 품질 데이터를 픽셀에 제공할 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 또는 그 초과와 가장 인자들이 디스플레이된 픽셀에 대한 높은 품질 뷰들의 효과를 증가시키고 그리고/또는 디스플레이된 픽셀에 대한 낮은 품질 뷰들의 효과를 감소시키기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 이미지 프로세싱 동안, 임의의 픽셀( $I_p$ )의 강도 크기는 각 기여 이미지 층으로부터의 픽셀 강도 값들을 하나 또는 그 초과와 대응하는 가장 인자들로 곱한 후, 곱들을 합산함으로써 획득될 수 있다. 예를 들어:  $I_p = \sum w * I_v$ 이다. 여기서,  $w$ 는 가장 인자이고,  $I_v$ 는 특정한 뷰( $v$ )에 의해 획득된 강도이다. 이러한 개별 가장 인자들은 전체 이미지 층에 적용될 마스크로 조합될 수 있다.

[0111] [00115] 일부 실시예들에서, 가장 인자들은 픽셀-뷰 조합들, ROI 포인트-뷰 조합들, 송신 어퍼처와 픽셀 또는 ROI 포인트의 조합들, 또는 수신 어퍼처(또는 수신 엘리먼트)와 픽셀 또는 ROI 포인트의 조합들의 소정의 세트에 대해 사전 계산될 수 있다. 이러한 사전 계산된 가장 인자들은 예를 들어, 이미징 동안 테이블 록업 동작에 의한, 추후 검색을 위해 저장될 수 있다. 다른 실시예들에서, 가장 인자들은 이미징 동안 "온-더-플라이(on-the-fly)"로 계산되거나 그렇지 않으면 결정될 수 있다. 일부 실시예들에서, 상이한 가장 인자가 각 고유 픽셀-뷰 쌍(및/또는 ROI 포인트-뷰 쌍)에 대해 획득될 수 있다. 일부 실시예들에서, 소정의 픽셀/ROI 포인트에 관하여 뷰에 의해 제공된 이미징 데이터의 품질은 복수의 인자들에 관련하여 평가될 수 있고, 복수의 인자들의 2개의 예들이 신호 대 잡음(S/N)비 및 점상 강도 분포 함수(PSF)를 포함한다.

[0112] **S/N비에 기초한 가장 인자들**

[0113] [00116] 여기에서 사용된 바와 같이, S/N비는 초음파 신호가 이미징된 매체를 통과할 때 초음파 신호의 감쇠의 함수이다. 따라서, 일부 실시예들에서, 신호 대 잡음비(S/N)는 경로 길이의 함수로서 예측될 수 있다. 경로 길이는 송신 어퍼처로부터 ROI 포인트로 그리고 다시 수신 어퍼처로의 총 거리를 지칭한다. 일반적으로, 초음파 신호는 매체를 통해 이동된 각 길이의 단위에 대해 다소 일정한 레이트로 감쇠한다. 감쇠 레이트들은 당업자에 의해 널리 이해되고, 이미징 매체, 초음파 주파수, 신호 경로와 송수신 엘리먼트들 모두의 표면들 사이의 각도, 및 다른 인자들의 함수일 수 있다.

[0114] [00117] 따라서, 다른 사정이 같다면, 엘리먼트에 근접한 객체들로부터의 에코들은 더 강한 경향이 있고, 엘리먼트로부터 멀리 떨어진 객체들로부터의 에코들 보다 양호한 신호 대 잡음비들을 갖는다. 따라서, 일부 실시예들에서, 송신 및/또는 수신 어퍼처들과 디스플레이 픽셀에 대응하는 ROI 포인트 사이의 총 거리가 결정될 수 있고, 가장 인자들의 테이블이 이러한 총 거리의 함수로서 또한 계산될 수 있다. 예를 들어, 도 4는 디스플레이된 픽셀들에 적용될 수 있는 S/N 가장 인자들(40)(수직축)과 총 경로 길이(42)(수평축) 사이의 관계들의 예들을 예시한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, S/N 가장 인자(40)는 경로 길이의 함수로서 선형적으로 변화한다(44). 다른 실시예들에서, S/N 가장 인자(40)는 지수적으로(46), 기하학적으로 또는 포물선 함수들, 정규 분포들, 로그 정규 분포들, 가우시안 분포들, 카이제 베셀 분포들 등과 같은 임의의 다른 전달 함수 곡선에 따라 경로 길이(42)의 함수로서 변할 수 있다. 일부 실시예들에서, 총 경로 거리와 원하는 S/N 가장 인자 사이의 관계들이 하나 또는 그 초과와 전달 함수들을 사용하여 사전 컴퓨팅될 수 있고 록업 테이블에 저장될 수 있어서, 이미징 동안, 이미지 시스템은 실질적으로 계산들을 수행하지 않고 결정된 경로 길이에 기초하여 가장 인자를 록업할 수 있다.

[0115] [00118] 일부 실시예들에서, 경로 길이는 뷰 및 ROI 포인트의 각 조합에 대해 사전 계산될 수 있다. 그 후, 이러한 경로 길이들 및/또는 원하는 가장 인자들은 이미징 동안 가장 인자들을 획득하기 위해 액세스될 수 있는 록업 테이블에 저장될 수 있다. 다른 실시예들에서, 경로 길이는 이미징되는 매체에서의 가정된 음속을 사용하여 평의 송신과 에코의 수신 사이의 시간 지연에 기초하여 추정되거나 계산될 수 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 가장 인자는 빔포밍 동안 결정된 시간 지연들에 기초하여 동적으로 결정될 수 있다.

[0116] **점상 강도 분포에 기초한 가장 인자들**

[0117] [00119] 다른 실시예들에서, 가장 인자들은 이미징 시스템의 전체 점상 강도 분포 함수(또는 임펄스 응답)를 향상시키기 위해 사용될 수 있다. 점상 강도 분포 함수(PSF)는 초음파 이미징의 당업자에게 널리 알려져 있다. PSF는 음향, 광학, 또는 다른 전자기 방출이든 임의의 이미징 시스템의 일반화된 "임펄스 응답"이다. 다시 말해, 임의의 이미징 시스템에 대한 성능 지수는 검사 필드에서의 "포인트"(임펄스)가 컴포넌트(이미지 층들) 및/또는 최종 이미지들에서 스미어링(smear)되는 정도이다. 본 설명의 목적을 위해, 점상 강도 분포는 이미징 시스템이 포인트로서 나타나야 하는 객체의 표현을 '스미어링'하거나 확산하는 정도를 지칭한다. 임의의 소정의

ROI 포인트(또는 픽셀에 의해 표현됨)에 대한 점상 강도 분포 함수는 소정의 ROI 포인트에 대한 송신 각도 및/또는 수신 각도의 함수로서 결정될 수 있다. 점상 강도 분포에 영향을 미치는 다른 인자들은 ROI의 깊이, 간섭성의 정도, 총 어퍼처 폭, 개별 어퍼처의 폭들, 초음파 주파수, 및 다른 인자들을 포함할 수 있다.

[0118] [00120] 초음파 트랜스듀서 엘리먼트들은 엘리먼트의 표면에 수직인 방향으로(즉, 도 5에서 라인(50)을 따라) 송신 및 수신 초음파 신호들에서 일반적으로 가장 효과적이다. 초음파 엘리먼트의 감도는 송신 또는 수신 각도( $\theta$ )의 각도가 증가함에 따라 감소하는 경향이 있다. 일부 각도( $\theta$ )에서, 엘리먼트로부터 획득된 이미지 데이터는 너무 작은 신호 강도를 가져 유용하지 못하고 그리고/또는 너무 많은 잡음 또는 점상 강도 분포를 가져 유용한 이미지 데이터를 제공하지 못할 수 있다. 이것은 송신 각도들 및 수신 각도들 모두에 대해 그러하다. (송신 각도들 및 수신 각도들을 여기에서 일반적으로 "관찰 각도들(look angles)"로 지칭할 수 있다). 그 결과, 일부 실시예들에서, 소정의 픽셀에 대해, 특정한 송신 어퍼처, 특정한 수신 어퍼처 또는 특정한 뷰(즉, 송신 어퍼처와 수신 어퍼처의 특정한 조합)으로부터의 데이터가 픽셀의 이미지를 형성하는데 유용할 수 있지만, 픽셀의 이미지에 기여할 수 있는 다른 어퍼처들 또는 뷰들로부터의 데이터 보다는 덜 유용할 수 있다. 이러한 경우들에서, 분수 가중 인자가 이미지 또는 이미지의 하나 또는 그 초과 픽셀들에 대한 전체 기여를 감소시키기 위해 이러한 더 낮은 품질 이미지 데이터에 적용될 수 있다. 다른 실시예들에서, 정수 가중 인자들이 또한 사용될 수 있다.

[0119] [00121] 일부 경우들에서, 송신 및/또는 수신 각도의 이상적인 범위가 트랜스듀서 어레이의 물질, 트랜스듀서 엘리먼트들의 사이즈 또는 형상, 제조 방법들, 엘리먼트 절단 형상들, 어레이의 연령, 송신될 초음파 주파수, 초음파 신호 송신 동안 인가된 전압 또는 전력, 또는 다른 인자들과 같은 인자들에 의존할 수 있다. 일부 경우들에서, 가중 인자들은 송신 각도 또는 수신 각도가 특정한 임계값을 초과하는지에 기초하여 적용될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 초음파 신호들이 특정한 임계치 보다 큰 각도들( $\theta$ )에서 송신되거나 수신될 때, 신호 전력은 신호가 송신기로부터 ROI 포인트로 그리고 다시 수신기로 이동되는 비교적 작은 총 거리들에 대해서도 랜덤 잡음에 의해 압도되는 포인트로 극적으로 강해질 수 있다. 이러한 경우들에서, 경로 길이 감소로 인한 S/N비가 매우 높을 수 있지만, 임계치 이상의 송신 또는 수신 각도들에서 트랜스듀서들의 기여들로 인한 S/N비가 매우 낮을 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 임계 각도의 값은 특정한 트랜스듀서 타입에 대한 실험에 의해 결정될 수 있다. 다른 실시예들에서, 임계 각도의 값은 송신 주파수, 송신 전력, 송신된 전력 형상, 또는 다른 인자들과 같은 하나 또는 그 초과 동작 파라미터들에 부분적으로 기초하여 선택될 수 있다. 일부 실시예들에서, 일부 트랜스듀서들은 약  $60^\circ$ ,  $75^\circ$ , 또는  $80^\circ$ 의 임계 각도를 가질 수 있다. 다른 트랜스듀서들은 더 크거나 더 작은 품질 임계 각도들을 가질 수 있다.

[0120] [00122] 일부 경우들에서, 가중 인자들은 소정의 ROI 포인트에 대한 송신 각도 또는 수신 각도가 임계값을 초과하는지에 기초하여 이진 방식으로 적용될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, "1"의 가중 인자가 ROI 포인트와 트랜스듀서 엘리먼트의 모든 조합들에 대해 사용될 수 있는데, 이 조합들에 대해, 각도( $\theta$ )(TX 또는 RX)는 임계 각도 이하이고, "0"의 가중 인자가 임의의 조합들에 대해 사용될 수 있는데, 이 조합들에 대해, 각도( $\theta$ )는 임계치를 초과한다. 다른 실시예들에서, 이러한 효과들은 각도( $\theta$ )에 비례하는 가중 인자들을 사용하여 상쇄될 수 있다. 다른 실시예들에서, 이러한 접근방식들의 조합이 예를 들어, 아래에 더욱 상세히 설명하는 바와 같은 전달 함수를 사용함으로써 사용될 수 있다.

[0121] [00123] 도 6은 픽셀 'A'에 대한 2개의 송신 각도들을 예시한다. 예시된 예에서, 제 1 송신 각도( $\theta_{T1}$ )가 송신 어퍼처(Lj)와 포인트 'A' 사이에 도시되어 있다. 제 2 송신 각도( $\theta_{T2}$ )가 송신 어퍼처(Lj)와 포인트 'A' 사이에 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 제 1 송신 각도( $\theta_{T1}$ )는 제 2 송신 각도( $\theta_{T2}$ ) 보다 실질적으로 크다. 송신 각도에서의 이러한 차이의 결과로서, 송신 각도( $\theta_{T2}$ )가 송신 각도( $\theta_{T1}$ ) 보다 작기 때문에, 송신 어퍼처(Ln)로부터의 평들에 의해 형성된 포인트 'A'의 이미지가 송신 어퍼처(Lj)로부터의 평들에 의해 형성된 포인트 'A'의 이미지 보다 높은 품질이다. 따라서, 이러한 예를 사용하는 일부 실시예들에서, 송신 어퍼처(Ln)로부터의 평들에 의해 형성된 이미지 층들은 어퍼처(Lj)로부터의 평들에 의해 형성된 이미지 층들보다 포인트 'A'에 대한 더 큰 가중 인자를 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 가중 인자들의 실제 그리고 상대적 값들은 전달 함수(이것의 예들이 후술됨)에 기초하여 관련 송신 각도들의 함수로서 결정될 수 있다. 일부 실시예들에서, 송신 각도가 송신 어퍼처의 중심에 대해 측정될 수 있다.

[0122] [00124] 유사한 방식으로, 다중의 어퍼처 이미징 시스템의 일부 실시예들은 수신 각도들에 기초하여 가중 인자들을 적용할 수 있다. 도 7은 포인트 'A'에서 리플렉터의 에코들을 수신하는 2개의 상이한 수신 각도들을 예시

한다. 제 1 수신 각도( $\theta_{R1}$ )가 좌측 트랜스듀서 어레이(12)의 엘리먼트와 포인트 'A' 사이에 도시되어 있고, 제 2 수신 각도( $\theta_{R2}$ )가 포인트 'A'와 중심 트랜스듀서 어레이(17)상의 엘리먼트 사이에 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 제 1 수신 각도( $\theta_{R1}$ )는 제 2 수신 각도( $\theta_{R2}$ ) 보다 실질적으로 작다. 수신 각도에서의 이러한 차이의 결과로서, 수신 각도( $\theta_{R1}$ )가 수신 각도 ( $\theta_{R2}$ ) 보다 작기 때문에, 좌측 수신 어퍼처(13)에서 수신된 에코들에 의해 형성된 포인트 'A'의 이미지가 중심 수신 어퍼처(17)에서 수신된 에코들에 의해 형성된 포인트 'A'의 이미지 보다 높은 품질이다.

[0123] [00125] 예시된 실시예들에서, 각 수신 어퍼처는 복수의 수신 엘리먼트들을 포함하는 상당한 폭을 갖는다. 따라서, 예를 들어, 포인트 'A'와 중심 수신 어퍼처(17)의 극좌 에지에서 수신 엘리먼트 사이의 수신 각도가 포인트 'A'와 동일한 중심 수신 어퍼처(17)의 극우 에지에서 수신 엘리먼트 사이의 수신 각도 보다 작다. 따라서, 일부 실시예들에서, 수신 각도에 기초하여 가중 인자를 결정할 때, 수신 각도는 소정의 ROI 포인트와 수신 어퍼처의 중심 사이의 각도로서 정의될 수 있다. 다른 실시예들에서, 수신 각도는 어퍼처에서의 트랜스듀서 엘리먼트들의 그룹에 의해 경험되는 최대 수신 각도로서 정의될 수 있다. 유사하게는, 이들 방법들 중 어느 것이 하나 보다 많은 송신 트랜스듀서 엘리먼트를 포함하는 송신 어퍼처들에 대한 송신 각도를 선택하기 위해 또한 사용될 수 있다.

[0124] [00126] 다른 실시예들에서, 가중 인자들은 송신 및 수신 어퍼처들의 조합들(즉, "뷰들")을 보상하기 위해 사용될 수 있다. 불량하게 기여하는 뷰들의 영향은 여러 방식으로 경감될 수 있다. 일부 경우들에서, 불량하게 기여하는 뷰가 예를 들어, 제로의 가중 인자를 사용함으로써 특정한 뷰로부터 수신된 에코 데이터를 무시함으로써 완벽하게 제거될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 송신 어퍼처( $C_k$ ) 및 (예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같은) 우측 수신 어퍼처(15)에 의해 정의된 뷰가  $C_k$  송신 어퍼처에 의해 송신된 펄로부터 우측 수신 어퍼처(15)에 의해 수신된 에코 데이터를 사용하지 않음으로써 단순히 무시될 수 있다. 대안으로는, 송신 어퍼처( $C_k$ )를 수반하는 모든 뷰들이 무시되어야 한다는 것이 결정되는 경우에, 시스템은 송신 어퍼처들을 통해 사이클링하면서 송신 어퍼처( $C_k$ )를 단순히 스킵할 수 있다. 대안으로는, 어퍼처( $C_k$ )에 의해 송신된 펄들로부터 수신된 모든 에코 데이터가 제로(또는 거의 제로)의 가중 인자를 수신할 수 있다.

[0125] [00127] 일부 실시예들에서, 송신 및/또는 수신 각도들은 각 ROI 포인트에 대해 사전에 결정될 수 있고, 이러한 록업 각도들은 메모리 디바이스에 저장될 수 있다. 줌 레벨이 선택될 때, 이미징 시스템은 이미지 픽셀들에 대응하는 ROI 포인트들을 식별할 수 있고, 그 후, 대응하는 송신 또는 수신 각도들을 식별할 수 있다. 송신 또는 수신 각도들이 특정한 제 1 레벨 이미지 층에서 소정의 ROI 포인트에 대해 알려지면, 가중 인자는 최종 픽셀값에 대한 소정의 뷰의 영향을 증가시키거나 감소시키기 위해 송신 및 수신 각도들 중 하나 또는 모두의 함수로서 결정될 수 있다.

[0126] [00128] 도 8은 뷰와 ROI 포인트의 임의의 소정의 조합에 대한 특정한 관찰 각도(62)(즉, 송신 각도, 수신 각도, 또는 이들 2개의 최대값)에 기초하여 가중 인자(60)(수직축)를 결정하기 위해 사용될 수 있는 전달 함수들의 예를 예시한다. 관찰 각도(62)와 가중 인자(60) 사이의 관계는 임의의 광범위한 패턴들에 따를 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 또는 그 초과 단계 함수들(예를 들어, 임계 각도에서 가중치의 단계적 증감을 갖는 함수들)이 사용될 수 있다. 예를 들어, 도 8의 곡선(64)에 도시된 바와 같이, 가중 인자들은 관찰 각도의 단조 함수일 수 있고, 여기서, 임계 각도(예를 들어, 예시된 예에서 약  $60^\circ$ , 또는  $\pi/3$  라디안) 보다 큰 적어도 하나의 관찰 각도를 갖는 임의의 픽셀-뷰 쌍에는 제로의 가중값이 제공될 수 있는 반면에, 임계 각도 보다 작은 관찰 각도들을 모두가 갖는 모든 픽셀-뷰 쌍들은 1의 가중치를 가질 수 있다. 다른 실시예들에서, 가중 인자들(60)은 절대 관찰 각도(62)가 증가함에 따라 제로로부터 1로 변화하는, 관찰 각도의 선형 함수(66)일 수 있다. 다른 실시예들에서, 곡선(65)에 도시된 바와 같이, 전달 함수는 임계 각도(예를 들어, 예시된 예에서  $60^\circ$ ) 이하의 모든 관찰 각도들에 대해 1의 가중 인자들을 할당할 수 있고, 가중 인자들은 임계 각도 보다 큰 관찰 각도들에 대해 1로부터 제로로 선형적으로 변할 수 있다. 다른 실시예들에서, 가중 인자들은 지수적으로, 기하학적으로 또는 포물선 함수들, (예를 들어, 곡선(68)에 의해 도시된 바와 같은) 정규 분포들, 로그 정규 분포들, 가우시안 분포들, 카이제 베셀 분포들 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 임의의 다른 전달 함수 곡선에 따라 변할 수 있다. 일부 실시예들에서, 초음파 이미징 제어 시스템은 사용자에게 의해 수동으로 또는 이미징 시스템에 의해 자동으로 선택될 수 있는 복수의 선택가능한 관찰 각도-가중 인자 전달 함수들을 포함하도록 구성될 수 있다.

[0127] [00129] 일부 실시예들에서, 이러한 전달 함수들은 록업 테이블들로 구현될 수 있다. 예를 들어, 록업 테이블은 선택된 전달 함수를 사용하여 구성될 수 있고, 가중 인자들은 관련 입력 변수들(예를 들어, TX 각도, RX 각

도, 경로 길이, 또는 시간 지연)의 여러 가능한 개별 값들에 대해 계산될 수 있다. 그 후, 이미징 동안, 이미징 제어 시스템은 입력 가변량을 단순히 결정할 수 있고 록업 테이블에서 가장 가까운(또는 보간된) 결과값에 기초하여 가중 인자 값을 록업할 수 있다.

[0128] [00130] 일부 다른 실시예들에서, 송신 및/또는 수신 각도로부터 가중 인자를 결정하는 대신에, 각 뷰에 의한 이미지 픽셀에 대응하는 임의의 소정의 ROI 포인트에 대한 점상 강도 분포는 모델링함으로써 예측될 수 있거나 팬텀(phantom)을 경험적으로 사용하여 결정될 수 있다. 일부 실시예들에서, 각 뷰는 각 뷰가 이미지 품질을 향상시키는지 또는 악화시키는지를 결정하기 위해 소정의 픽셀에 대해 테스트될 수 있다. 각 뷰 및 각 픽셀 위치에 대해 이러한 프로세스를 반복하여, 가중 인자들의 테이블이 어셈블링될 수 있다. 예를 들어, 도 3을 참조하면, 픽셀 'A'는 송신 어퍼처(Ln)로부터 제 1 펄스 송신하고 중심 수신 어퍼처(17)상에서 에코들을 수신한 후, 송신 어퍼처(Lj)로부터 제 2 펄스 송신하고 중심 수신 어퍼처(17)상에서 에코들을 수신함으로써 테스트될 수 있다. 그 후, 2개의 뷰들의 결과들은 어느 뷰가 픽셀 A를 형성하기 위해 더 높은 품질 데이터를 제공하는지를 결정하기 위해 비교될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 테스트 방법은 소정의 이미징 시스템 및 소정의 다중의 어퍼처 프로브의 조건들을 모델링함으로써 자동으로 수행될 수 있다.

[0129] [00131] 일부 실시예들에서, 록업 테이블은 각 픽셀에 대한 각 뷰를 테스트한 결과를 표현하기 위해 어셈블링될 수 있다. 예를 들어, 록업 테이블은 (픽셀-뷰 쌍으로서 여기에서 지칭되는) 픽셀과 뷰의 각 고유 조합에 대한 가중 값을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 가중 값들은 이진수일 수 있어서, 각 뷰로부터의 데이터는 픽셀에 기여하거나 무시된다. 다른 실시예들에서, 가중 값들은 분수 값들일 수 있어서, 각 뷰는 가중 인자에 비례하여 픽셀에 기여한다(예를 들어, 각 뷰에 대해 획득된 데이터의 0% 내지 100%가 소정의 픽셀의 디스플레이된 값에 기여할 수 있다). 일부 실시예들에서, 이러한 분수 가중 인자들은 예상된 점상 강도 분포의 정도에 관한 임의의 적합한 변수에 기초한 전달 함수를 사용하여 결정될 수 있다.

[0130] [00132] 각 픽셀-뷰 쌍에 대한 가중 값들의 록업 테이블을 유지하는데 있어서 하나의 도전과제는, 고주파 발사 영역들의 상이한 부분들을 디스플레이하기 위해 이미지가 "줌"되거나 "패닝"될 때, 픽셀-뷰 관계들이 변화한다는 것이다. 예를 들어, 픽셀 그리드(20)가 완벽한 고주파 발사 영역인 것으로 가정되고, 사용자가 고주파 발사 영역의 특정한 영역(30)에 대해 "줌 인"하는 경우에, 줌된 영역(30)내의 정보가 전체 디스플레이 픽셀 그리드(20)를 점유하기 위해 확장된다. 이 경우에, 디스플레이된 픽셀들에 대응하는 ROI 포인트들이 전체적으로 줌 아웃된 이미지와 비교하여 프로브의 송신 및 수신 어퍼처들에 대하여 실질적으로 상이하다. 그 결과, 각 새로운 픽셀에 대한 각 뷰의 기여는 원래의 "줌되지 않은(un-zoomed)" 이미지에서 보다 실질적으로 상이할 수 있다. 예를 들어, 선택된 줌된 영역이 충분히 작고 프로브로부터 충분히 멀리 있는 경우에, 가중 마스크의 모든 값이 단순히 1일 수 있다.

[0131] [00133] 일부 실시예들에서, 이러한 도전과제는 복수의 개별 줌 레벨들 또는 팬 위치들에 대한 픽셀-뷰 가중 값들을 컴퓨팅하고 저장함으로써 다루어질 수 있다. 이러한 실시예들에서, 개별 가중 값 테이블들이 각 사전 컴퓨팅된 줌 레벨에 대해 필요하다. 일부 실시예들에서, 사전 컴퓨팅된 줌 레벨들 사이에 있는 줌 레벨들에 대한 가중 값들은 보간될 수 있거나, 가장 가까운 테이블이 사용될 수 있다. 다른 실시예들에서, 가중 인자들은 상술한 바와 같이 송신 각도 또는 수신 각도와 같은 측정가능 또는 검출가능 가변량에 기초하여 가중 인자를 식별하기 위해 전달 함수를 사용하여 온-더-플라이로 결정될 수 있다.

[0132] **가중 인자들의 조합**

[0133] [00134] 일부 실시예들에서, S/N 가중 인자들이 점상 강도 분포 인자들, 관찰 각도 임계 가중 인자들, 송신 주파수 가중 인자들 및/또는 임의의 다른 타입의 가중 인자들과 조합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 다중의 별개의 가중 인자들이 단순한 산술 평균에 의해 조합될 수 있다. 다른 실시예들에서, 가중된 산술 평균은 하나 또는 그 초과인 다른 타입에 대한 가중 인자의 일 타입의 상대적 영향을 증가시키거나 감소시키기 위해 사용될 수 있다. 위에서 논의한 바와 같이, 임의의 소정의 픽셀( $I_p$ )의 강도 크기는  $I_p = \sum w * I_v$ 에 의해 획득될 수 있다. 여기서,  $w$ 는 가중 인자이고,  $I_v$ 는 특정한 뷰(v)에 의해 획득된 강도이다. 따라서, 일부 실시예들에서, 가중 인자('w')는  $w = Aw_1 + Bw_2$ 에 의해 결정될 수 있고, 여기서, A 및 B는 가중 평균 계수들이며,  $w_1$  및  $w_2$ 는 상이한 타입들의 가중 인자들이다. 예를 들어, 계수들(A 및 B)이 모두 0.5이면, 동일한 가중치가 가중 인자들( $w_1$  &  $w_2$ )에 제공된다. 반면에, 예를 들어, A가 0.75이고, B가 0.25이면,  $w_1$ 에는  $w_2$ 의 가중치의 3배가 제공된다. 다른 실시예들에서, 다중의 타입들의 가중 인자들은 가중 인자의 타입, 픽셀들의 위치, 또는 다른 인자들과 같은 인자들에 기초할 수 있는 더욱 복잡한 정규화 알고리즘들에 의해 조합될 수 있다. 임의의 다른 조합 또는 정규

화 알고리즘들이 또한 사용될 수 있다. 가중 인자들을 조합하는 위에서의 접근방식들 중 어느 것이 가중 인자들의 픽셀-특정 테이블들, 어레이-특정 테이블들, 또는 스칼라 가중 인자들에 적용될 수 있다.

[0134] [00135] 다른 실시예들에서, 공통 가중 인자가 하나 또는 그 초과와 제 1 레벨 이미지 층들의 모두 또는 임의의 부분에 적용될 수 있다. 예를 들어, 소정의 송신 어퍼처가 낮은 품질 이미징 데이터를 제공한다는 것이 결정되는 경우에, 모든 픽셀들은 그 송신 어퍼처로부터 획득된 데이터를 포함하는 모든 뷰들 또는 이미지 층들에 대해 제로의 가중 인자를 가질 수 있다.

[0135] [00136] 일부 실시예들에서, 초음파 이미징 시스템은 어퍼처에 의한 가중 인자들의 수동 또는 자동 조정을 허용하도록 구성된 수동 또는 자동 컨트롤들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 초음파 이미징 시스템은 슬라이더들의 어레이(또는 다른 물리적 또는 시각적 제어 디바이스들)을 포함할 수 있고, 여기서 각 송신 어퍼처에 대해 하나의 슬라이더이다. 이러한 슬라이더들을 조정하는 것은 모든 뷰들에 대한 특정한 송신 어퍼처에 대한 가중 인자를 증가시키거나 감소시킬 수 있다. 유사하게는, 이러한 컨트롤들은 각 수신 어퍼처에 대해 제공될 수 있다. 예를 들어, 관심 영역을 이미징하는 동안, 적합한 또는 최적의 이미지가 획득된다는 것을 사용자가 결정할 때까지 디스플레이된 이미지에 대한 어퍼처의 기여를 증가시키거나 감소시키기 위해 사용자는 소정의 어퍼처 컨트롤을 조정할 수 있다.

[0136] [00137] 다른 실시예들에서, 다중의 어퍼처 이미징 시스템은 원하는 이미지 품질 메트릭이 최적화될 때까지 개별 송신 및/또는 수신 어퍼처들 또는 엘리먼트들에 대한 가중 인자들을 자동으로 증가시키거나 감소시키기 위해 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 가중 인자들을 조정함으로써 최적화될 수 있는 이미지 품질 메트릭들은 이미지 선명도, 콘트라스트, 동적 범위, 점상 강도 분포, 또는 다른 메트릭들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 최적화는 선택된 이미지 품질 변수를 최대화시키는 가중 인자들의 그룹을 식별하는 것을 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 최적화는 선택된 이미지 품질 변수를 최소화시키는 가중 인자들의 그룹을 식별하는 것을 포함할 수 있다. 또 다른 실시예들에서, 최적화는 추가의 제약들내에 남아 있으면서 이미지 품질 변수들의 그룹을 최대화시키거나 최소화시키는 것을 포함할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 트랜스듀서 엘리먼트들(또는 어퍼처들)의 집합에 가중 인자들을 적용할 때, 가중 인자들의 테이블을 저장하고 적용하기 보다는 오히려 단일의 스칼라가 모든 관련 픽셀들에 저장되고 적용될 수 있다.

[0137] **다중의 펄스 주파수들의 송신**

[0138] [00138] 다른 실시예들에서, 가중 인자들은 그렇지 않으면 일부 송신 또는 수신 엘리먼트들로 하여금 최종 이미지에 대한 왜곡 효과를 갖게 할 수 있는 다른 인자들의 효과를 정규화하도록 전개될 수 있다. 예를 들어, 일부 경우들에서, 초음파 프로브는 다른 송신(및/또는 수신) 트랜스듀서 엘리먼트들에 비하여 상이한 전력 레벨들, 상이한 기본 주파수들, 상이한 펄스 형상들, 및/또는 상이한 펄스 길이들을 갖는 초음파 신호들을 송신하도록 구성된 하나 또는 그 초과와 송신 트랜스듀서 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 이러한 경우들에서, 이러한 트랜스듀서 엘리먼트들로부터 최종 조합된 이미지로의 에코들의 상대적 기여를 증가시키거나 감소시키는 것이 바람직할 수 있다. 이전의 실시예들과 같이, 이러한 송신 및/또는 수신 엘리먼트들은 수동 컨트롤들 또는 자동 알고리즘들에 따라 개별적으로 또는 그룹들로 가중될 수 있다. 이러한 추가의 가중 인자들은 상술한 바와 같이 다른 타입의 가중 인자들과 또한 조합될 수 있다.

[0139] [00139] 예를 들어, 당업자가 일반적으로 이해하는 바와 같이, 높은 주파수 펄스들이 더 높은 품질 이미지들을 생성할 수 있지만, 인체 안으로까지는 관통할 수 없다. 반면에, 더 낮은 주파수 펄스들이 깊게 관통할 수 있고, 따라서, 더 깊은 조직의 더 높은 품질 이미지들을 생성할 수 있지만, 더 높은 주파수 펄스들에 비하여 웰로우 조직의 더 낮은 품질 이미지들을 생성하는 경향이 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 초음파 이미징 시스템은 이미지 프레임의 깊은 영역들을 이미징하기 위해 저주파수 펄스들을 송신하고 수신하도록 구성될 수 있다. 동일한 시스템이 이미지 프레임의 상대적으로 웰로우 영역들을 이미징하기 위해 고주파수 펄스들을 송신하고 수신하도록 또한 구성될 수 있다. 이러한 시스템에서, 저주파수 이미지 층들은 조합된 이미지의 모든 영역들의 품질을 향상시키기 위해 고주파수 이미지 층들과 조합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 가중 인자들은 저주파수 이미지 층의 딥 영역들의 기여를 증가시키고, 고주파수 이미지 층의 웰로우 영역들의 기여를 증가시키고, 딥 영역과 웰로우 영역 사이의 차이를 평활화하기 위해 사용될 수 있다.

[0140] [00140] 유사한 방식들로, 추가 실시예들은 이미지 프레임의 하나 또는 그 초과와 선택된 영역들을 최적화하기 위해 (예를 들어, 송신 펄스 주파수, 형상, 시간 길이 등을 조정함으로써) 송신 신호를 조정하도록 구성될 수 있고, 결과적으로 생성되는 지역적으로 최적화된 이미지 층은 상이한 영역들에서 최적화될 수 있는 다른 이미지 층들과 조합될 수 있다. 다른 예들에서, 지역적으로 최적화된 이미지 층들은 지역적으로 최적화되지 않은 이미



지 층들과 조합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 가중 인자들은 천이들을 평활화하거나 그렇지 않으면 조합된 이미지의 품질을 향상시키기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 가중 인자들은 최적화되지 않은 이미지 영역들의 기여를 감소시키면서 이미지의 최적화된 영역내의 픽셀들의 기여를 증가시키도록 사용될 수 있다. 다른 실시예들에서, 가중 인자들은 하나의 이미지 층의 최적화된 영역과 다른 이미지 층들의 인접 영역들 사이의 천이를 평활화하기 위해 사용될 수 있다.

[0141] [00141] 일부 실시예들에서, 임의의 가중 마스크들을 적용한 이후에 그리고/또는 이미지 층들을 조합한 이후에, 최종 이미지(예를 들어, 제 3-레벨 이미지)의 모든 영역들로 하여금 일관된 평균 강도를 갖게 하도록 정규화 단계가 적용될 수 있다. 예를 들어, 픽셀 강도들을 정규화하지 않고, 최종 이미지의 측면 및/또는 코너 영역들은 가중 인자들의 적용으로 인해 이미지의 중심 영역 보다 실질적으로 덜 밝을 수 있다. 따라서, 더욱 일관된 이미지를 제공하기 위해, 전체 이미지에서의 모든 픽셀들에 대한 강도 레벨들은 원하는 범위내에 있도록 정규화될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 정규화는 표준 초음파 이미징 시스템의 측면 이득 컨트롤에 의해 이용된 기법들과 유사한 기법들에 의해 달성될 수 있고, 이것은 그렇지 않으면, 이미지의 측면 에지들에서 상대적으로 "어두운(dim)" 픽셀들의 밝기를 증가시킨다.

[0142] **장애물들을 회피하기 위한 가중 인자들**

[0143] [00142] 도 9는 초음파 이미징 시나리오를 예시하고, 여기에서, 다중의 어퍼처 프로브(11)의 일부 송신 트랜스듀서들이 장애물(70)에 의해 부분적으로 또는 완벽하게 가려진다. 일부 실시예들에서, 장애물(70)은 인간 또는 동물 대상의 늑골 또는 다른 뼈일 수 있다. 다른 실시예들에서, 장애물은 이미징되는 주위 물질에 대해 매우 높거나 매우 낮은 고유 음속을 갖는 물질일 수 있다. 예를 들어, 뼈는 조직에 비하여 높은 고유 음속을 갖고, 폐와 같은 공기 충전 장기가 주위 조직들 보다 훨씬 낮은 음속을 통상적으로 갖는다. 대안으로는, 원하는 이미지와 간섭하는 임의의 다른 구조물이 장애물로서 해석될 수 있다. 다중의 어퍼처 초음파 이미징 시스템들은 도 9의 시나리오에서 변형되지 않은 다중의 어퍼처 이미징 기법을 사용하여 이미지를 생성할 수 있지만, 장애물은 딱딱한 장애물이 장애물을 향해 송신된 초음파 에너지 모두를 실질적으로 반향하기 때문에, 근거리장에서 밝은 "할로(halo)" 효과 및 장애물 너머의 그림자를 통상적으로 초래한다. 대조적으로, 단일의 어퍼처(및 특히 위상 어레이) 이미징 시스템들을 사용하면, 임의의 장애물은 장애물 너머의 이미지 데이터의 실질적 섹션을 전체적으로 가리는 경향이 있어서, 가려진 영역에 대한 이미지 데이터의 널 세트를 발생시킨다. 따라서, 일부 실시예들에서, 장애물에 의해 전체적으로 또는 부분적으로 가려지는 송신 어퍼처들로부터의 송신 펄스의 효과를 무시하거나 감소시키는 것이 바람직할 수 있다. 일부 실시예들에서, 장애물 방해의 정도가 결정될 수 있고, 그 후, 가중 인자는 방해의 정도의 함수로서 선택될 수 있다.

[0144] [00143] 일례로서, 늑골들과 같은 장애물 너머의 조직을 이미징하려 할 때, 펄 기술을 사용하는 이미징 시스템은 딥 조직들로부터 복귀하는 신호들을 사용하도록 구성될 수 있고, 차단되는 신호들을 대부분 무시할 수 있다. 그러나, 빔포머가 차단된 송신 이후에 수신되는 신호들을 통합할 때, 채널 잡음이 이미지에 통상적으로 추가된다. 이러한 이유로, 차단된 송신기들을 검출하고, 대부분 잡음인 대응하는 수신 신호들을 사용하지 않는 것이 바람직하다.

[0145] [00144] 일부 실시예들에서, 시험 및 에러 프로세스가 장애물들에 의해 가려지지 않는 송신 어퍼처들을 식별하기 위해 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 소정의 송신 어퍼처들이 그 송신 어퍼처로부터의 펄스를 송신하고 하나 또는 그 초과수의 수신 어퍼처들에서 복귀 에코들을 청취함으로써 테스트될 수 있다. 상대적으로 긴 시간 지연들 이후에 발생하는, 일부 특정한 임계값 보다 큰 크기들을 갖는 수신 에코들은, 초음파 신호들이 관심 영역내의 상당한 깊이로 관통한다는 것을 나타낼 수 있고, 따라서, 테스트 송신 어퍼처가 차단하는 장애물들이 본질적으로 없는 것으로서 여겨질 수 있다. 일부 실시예들에서, 딥 에코들을 전혀 복귀시키지 않는 송신 어퍼처들은 장애물에 의해 전체적으로 차단되는 것으로 해석될 수 있다. 그러나, 이것은 딥 에코들의 부족이 테스트 깊이에서 어떠한 상당한 리플렉터들을 단순히 포함하지 않는 매우 해부학적으로 그리고 음향적으로 균일한 물질 또는 일부 다른 물질을 또한 나타낼 수 있기 때문에 불완전한 방법이다.

[0146] [00145] 다른 실시예들에서, 차단되지 않는 송신 어퍼처들을 식별하는 것을 시도하기 보다는 차단된 송신 어퍼처들을 직접적으로 식별하는 것이 바람직할 수 있다. 일부 경우들에서, 송신 어퍼처는 피부면에서 또는 바로 위에서 발생하는 예상된 강한 에코들로 인한 잠재적 잘못된 긍정 결과들을 제거하기 위해 예를 들어, 시간적 게이팅 또는 윈도잉 메커니즘을 사용하여 근접장에서 펄스를 송신하고 복귀 에코들을 평가함으로써 차단에 대해 테스트될 수 있다. 이것은 트랜스듀서-렌즈 계면, 렌즈-겔 계면, 및 겔-피부 계면으로부터 수신될 강한 에코들이 차단 장애물들로서 잘못 해석되는 것을 방지하는데 중요할 수 있다. 따라서, 테스트 깊이는 검사될 복귀 에코

들에 대한 시간적 "시작 포인트"를 확립함으로써 제한될 수 있고, 윈도우의 시작 이전에 도달하는 샘플들이 안전하게 무시될 수 있는 에코들과 인터페이싱할 가능성이 있다. 유사하게는, 복귀 에코들을 저장하는 시간적 "종료 포인트"가 관심 영역 아래의 딥 구조물이 차단 장애물들로서 분류되는 것을 배제하도록 확립될 수 있고; 검출된 임의의 이러한 에코들이 또한 무시될 수 있다. 테스트 펄스로부터 수신된 에코들이 적절하게 정의된 게이트 또는 윈도우내에서 발생하는 시간 지연들을 갖는 실질적으로 강한 에코들인 경우에, 딱딱한 차단 장애물이 프로브와 관심 영역 사이에 존재할 가능성이 있고, 테스트 송신 어퍼처는 이러한 장애물에 의해 잠재적으로 차단되는 것으로 분류될 수 있다. 테스트 펄스 적절하게 정의된 테스트 깊이내에서 어떠한 실질적으로 강한 에코들을 복귀시키지 않는 경우에, 그 송신 어퍼처는 차단 장애물들이 없는 것으로 가정될 수 있다. 일부 실시예들에서, 차단의 정도 또는 범위는 다중의 수신 어퍼처들에서 발생하는 강한 웰로우 에코들 및 더 깊은 에코들의 패턴들을 분석함으로써 평가될 수 있다.

[0147] [00146] 일부 실시예들에서, 장애물이 예상되는 테스트 깊이는 검사중인 인체 또는 객체의 가변성에 기초하여 상이할 수 있다. 예를 들어, 한 명의 환자로부터 다른 환자로의 늑골들 위의 지방층의 두께의 상당한 변동은 이미징 시스템이 장애물들을 식별하기 위해 에코들을 평가할 수 있는 테스트 깊이에서 현저한 변동을 초래할 수 있다. 일부 실시예들에서, 가변 윈도우/깊이 컨트롤이 장애물들을 식별하는 평가 깊이의 수동 또는 자동 조절을 허용하기 위해 제공될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 테스트 깊이 컨트롤은 프로브 아래에서 1mm와 1cm(또는 그 초과) 사이의 깊이들에서 에코들을 평가하도록 설정될 수 있다. 이러한 컨트롤은 장애물의 존재를 나타내는 강한 에코들을 복귀시키는 깊이들의 범위를 위치시키기 위해 다양한 깊이들에서 에코들을 평가하도록 조정될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 테스트 윈도우의 폭은 다양한 깊이들에서 에코들을 찾으려는 일정하게 유지될 수 있다. 일부 실시예들에서, 시스템이 장애물들을 탐색할 수 있는 깊이의 범위가 자동으로 결정될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 프로브가 알려진(또는 예상된) 장애물 위에 배치될 수 있고, 이미징 제어 시스템이 펄스 송신하고 특정한 깊이 범위내에서 강한 에코들을 청취하는 프로세스가 개시될 수 있다.

[0148] [00147] 일부 실시예들에서, 가중 인자는 각 송신 어퍼처가 장애물에 의해 가려지는 정도에 기초하여 송신 어퍼처들에 적용될 수 있다. 예를 들어, 장애물에 의해 전체적으로 가려지는 송신 어퍼처가 제로(또는 실질적으로 제로 근처의 값)의 가중 인자를 수신할 수 있다. 전체적으로 클리어한(즉, 어떠한 장애물들에 의해 전혀 가려지지 않는) 송신 어퍼처가 1(또는 실질적으로 1에 근처)의 가중 인자를 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 부분적으로 또는 전체적으로 차단된 송신 어퍼처들이 모든 수신 어퍼처들에 관하여 적용된 가중 인자들을 가질 수 있다. 다른 실시예들에서, 부분적으로 또는 전체적으로 차단된 송신 어퍼처들이 일부 수신 어퍼처들에만 관하여 적용된 가중 인자들을 가질 수 있다. 또 다른 실시예들에서, 가중 인자들은 장애물 아래의(즉, 장애물에 의해 차단된) 영역들에 대해 차단 장애물 위의 웰로우 ROI 영역들에 대해 상이한 가중치들을 적용하는 것과 같이, ROI 포인트 위치에 기초하여 적용될 수 있다. 예를 들어, 장애물 위의 ROI 포인트들은 약 1의 가중 인자들을 수신할 수 있지만, 장애물 아래의 ROI 포인트들은 약 제로의 가중치를 수신할 수 있다.

[0149] [00148] 일부 실시예들에서, 단지 부분적으로 가려지는 송신 어퍼처들은 차단의 정도에 비례하여 제로와 1 사이의 가중 인자들을 가질 수 있다. 도 9를 참조하면, 송신 어퍼처(Lj)는 어퍼처(Lj)에 의해 송신된 거의 모든 에너지가 장애물(70)에 의해 반사되기 때문에, 장애물(70)에 의해 전체적으로 차단되는 것으로 해석될 수 있다. 그러나, 어퍼처(Lk)는 장애물(70)에 의해 단지 부분적으로 차단되고, 어퍼처(Lk)에 의해 송신된 에너지의 일부 실질적인 양은 관심 영역을 통과하며 적어도 중심 어퍼처(17) 및 우측 수신 어퍼처(15)에 반사된다. 송신 어퍼처(Ln)는, 일부 초음파 에너지가 장애물(70) 주위의 관심 영역을 여전히 통과하기 때문에 장애물(70)에 의해 부분적으로 차단된다. 일부 실시예들에서, 가중 인자들은 검출된 장애물의 면적에서 이미지 품질을 향상시키기 위해 송신 어퍼처들에만 적용될 수 있다. 예를 들어, 도 9에 예시된 상황에서, 모든 이미지 픽셀들에 대한 가중 인자가 아래와 유사할 수 있다.

[0150] [00149] 테이블 1: 차단된 TX 어퍼처에 대한 가중 인자들

	RX 좌측
TX Ln	0.3
TX Lj	0
TX Lk	.5
TX Cn	1
TX Cj	1
TX Ck	1
TX Rn	1
TX Rj	1
TX Rk	1

[0151]

[0152] [00150] 다른 실시예들에서, 개별 송신 엘리먼트들 및 개별 수신 엘리먼트들 모두가 검출된 장애물들을 다루기 위해 가중될 수 있다. 예를 들어, 도 9에 예시되고(엘리먼트들(Ln, Lj, Lk, Cn, Cj, Ck, Rn, Rj, 및 Rk)이 수신 엘리먼트들로서 또한 사용될 수 있다는 것을 가정하는) 상황에서, 모든 이미지 픽셀들에 대한 가중 인자 테이블은 다음과 유사할 수 있다.

[0153] [00151] 테이블 2: 차단된 TX 어퍼처에 대한 TX 및 RX 가중 인자들

	RX Ln	RX Lj	RX Lk	RX Cn	RX Cj	RX Ck	RX Rn	RX Rj	RX Rk
TX Ln	0.3	0.0	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
TX Lj	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TX Lk	0.4	0.0	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
TX Cn	0.5	0.0	0.7	1	1	1	1	1	1
TX Cj	0.5	0.0	0.7	1	1	1	1	1	1
TX Ck	0.5	0.0	0.7	1	1	1	1	1	1
TX Rn	0.5	0.0	0.7	1	1	1	1	1	1
TX Rj	0.5	0.0	0.7	1	1	1	1	1	1
TX Rk	0.5	0.0	0.7	1	1	1	1	1	1

[0154]

[0155] [00152] 일부 실시예들에서, 일반 평활화 함수가 특정한 타입의 장애물의 예상된 지오메트리에 기초하여 적용될 수 있다. 예를 들어, 예상된 장애물들이 늑골들이라는 것이 알려진 경우에, 특정한 가정들이 예상된 늑골 사이의 범위, 늑골들 사이의 간격, 늑골들이 발견될 수 있는 깊이의 범위들 등과 같은 검출된 장애물들의 지오메트리에 관하여 이루어질 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 정보는 측정 에러들을 보상하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 표면상으로 차단되지 않은 송신 어퍼처가 2개 또는 그 초과와 근접하게 이격된 차단 어퍼처들 사이에 위치된다는 표시가 에러로서 안전하게 해석될 수 있다. 그 결과, 표면상으로 차단되지 않은 송신 어

퍼처는 무시될 수 있고 "차단"된 것으로서 취급될 수 있다. 유사하게는, 늑골들 사이의 간격이 알려진 범위내에 있는 것으로 가정되는 경우에, 차단된 송신 어퍼처가 2개 또는 그 초과에 근접하게 이격된 클리어 어퍼처들 사이에 위치된다는 표시는 에러로서 또한 해석될 수 있다.

[0156] [00153] 다른 실시예들에서, 관심 영역내의 장애물들의 지오메트리에 관한 알려지거나 가정된 정보는 "차단"된 송신 어퍼처와 "차단되지 않은" 송신 어퍼처 사이의 천이를 평활화하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, B-모드 이미징 동안, 장애물의 에지에 위치되는 송신 어퍼처들은 일부 경우들에서 초음파 신호의 굴절 및/또는 회절을 경험할 수 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 검출된 장애물의 에지에 인접한 송신 어퍼처들에는 단계적으로 (차단된 어퍼처들에 대한) 제로로부터 (전체적으로 클리어한 어퍼처들에 대한) 1로 증가하는 가중 인자들이 할당될 수 있어서, 장애물에 여전히 인접할 수 있는(그리고/또는 장애물에 의해 부분적으로 차단될 수 있는) 송신 어퍼처의 효과를 최소화시킨다. 다른 실시예들에서, 단지 부분적으로 차단되거나, 검출된 장애물들에 너무 근접한 것으로 결정되는 송신 어퍼처들이 무시될 수 있다.

[0157] [00154] 일부 실시예들에서, B-모드 초음파 이미징의 품질을 향상시키는 것에 부가하여, "클리어"한 송신 어퍼처들의 식별은 다중의 어퍼처 프로브로 도플러 이미징 또는 탄성초음파영상을 수행하는데 유익할 수 있다. 도플러 이미징 및 탄성초음파영상의 일부 실시예들은 극도로 높은 프레임 레이트들(예를 들어, 초당 수백 또는 수천의 프레임들)에서 다중의 이미지들을 획득하는 단일의 송신 어퍼처를 활용한다. 이러한 실시예들에서, 상기 방법들은 어떠한 검출된 장애물들이 충분히 없는 하나 또는 그 초과에 적합한 송신 어퍼처들을 식별하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, (2개의 인접한 늑골들과 같은) 2개의 인접한 장애물들이 식별되는 경우에, 이미징 제어 시스템은 2개의 장애물들 사이에 있는 송신 어퍼처를 선택할 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 선택된 송신 어퍼처는 검출된 장애물들 모두로부터 등거리일 수 있다.

[0158] [00155] 상술한 실시예들 중 임의의 것이 임의의 원하는 구성의 다중의 어퍼처 이미징 프로브와 결합하여 사용될 수 있다. 다중의 어퍼처 초음파 이미징 프로브들의 예들이 아래의 미국 특허 출원들을 포함하는 출원인의 종래의 특허 출원들에 제공된다: "Method And Apparatus To Produce Ultrasonic Images Using Multiple Apertures"란 명칭으로 2007년 10월 1일 출원된 미국 특허 출원 제11/865,501호(현재는 미국 특허 제8,007,439호); "Universal Multiple Aperture Medical Ultrasound Probe"란 명칭으로 제2010/0268503호로서 공개되고 2010년 4월 14일 출원된 미국 특허 출원 제12/760,327호; "Calibration of Ultrasound Probes"란 명칭으로 제2012/0057428호로서 공개되고 2011년 10월 21일 출원된 미국 특허 출원 제13/279,110호; "Multiple Aperture Probe Internal Apparatus and Cable Assemblies"란 명칭으로 제2012/0095347호로서 공개되고 2011년 10월 12일 출원된 미국 특허 출원 제13/272,098호; "Concave Ultrasound Transducers and 3D Arrays"란 명칭으로 제2012/0095343호로서 공개되고 2011년 10월 12일 출원된 미국 특허 출원 제13/272,105호; 및 "Point Source Transmission And Speed-Of-Sound Correction Using Multi-Aperture Ultrasound Imaging"이란 명칭으로 제2012/0201933호로서 공개되고 2011년 2월 17일 출원된 미국 특허 출원 제13/029,907호. 이들 특허들 및 특허 출원들 각각의 전체 내용이 인용에 의해 여기에 통합된다.

[0159] [00156] 상술한 시스템들 및 방법들의 실시예들은 점원 송신 펄스들(펄들) 보다는 포커싱된 위상 어레이 위상 펄스들을 활용하는 다중의 어퍼처 초음파 이미징 시스템들에 유익하게 또한 적용될 수 있다. 유사하게는, 상술한 시스템들 및 방법들의 실시예들은 펄 송신을 위해 다중의 서브-어퍼처들을 사용하는 단일-어퍼처 이미징 시스템들에 또한 유익하게 적용될 수 있다. 또 다른 실시예들에서, 상술한 방법들은 단일-어퍼처 프로브로부터의 위상 어레이 송신들을 사용하는 종래의 초음파 시스템들에 또한 적용될 수 있다.

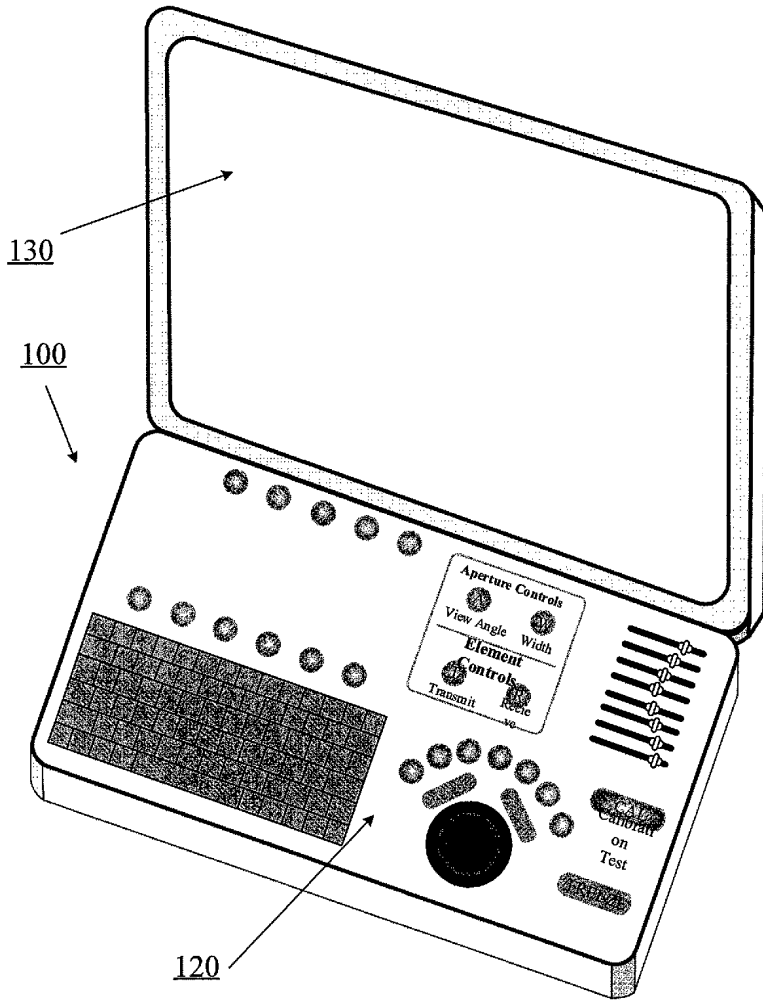
[0160] [00157] 본 발명이 특정한 바람직한 실시예들 및 예들과 관련하여 개시되었지만, 당업자는 본 발명이 구체적으로 개시된 실시예들을 넘어 다른 대안의 실시예들 및/또는 발명의 용도들 및 명백한 변경물들 및 그것의 등가물들로 확장된다는 것을 이해할 것이다. 상기 실시예들에 대한 다양한 변형들이 당업자에게 용이하게 명백할 것이고, 여기에 정의된 일반 원리들은 본 발명의 사상 또는 범위를 벗어나지 않고 다른 실시예들에 적용될 수 있다. 따라서, 여기에 개시된 본 발명의 범위는 상술한 특정하게 개시된 실시예들에 제한되는 것이 아니라, 아래의 청구항들의 적절한 관독에 의해서만 결정되어야 한다.

[0161] [00158] 특허, 물질들 및 제조 기법들은 종래 기술에서 당업자의 레벨 내에 있는 것으로서 이용될 수 있다. 또한, 단수 아이টে에 대한 참조는 복수의 동일한 아이টে에 존재하는 가능성을 포함한다. 더욱 구체적으로, 여기에서 사용되는 바와 같이 그리고 첨부한 청구항들에서, 단수 형태들("a", "and" "said", 및 "the")은 문맥이 명확하게 다르게 나타내지 않으면, 복수의 지시대상들을 포함한다. 여기에서 사용되는 바와 같이, 명시적으로 다르게 언급되지 않으면, 용어 "또는"은 모든 존재하는 대안들을 포함하고, 일반적으로 사용된 어구 "및/또는"

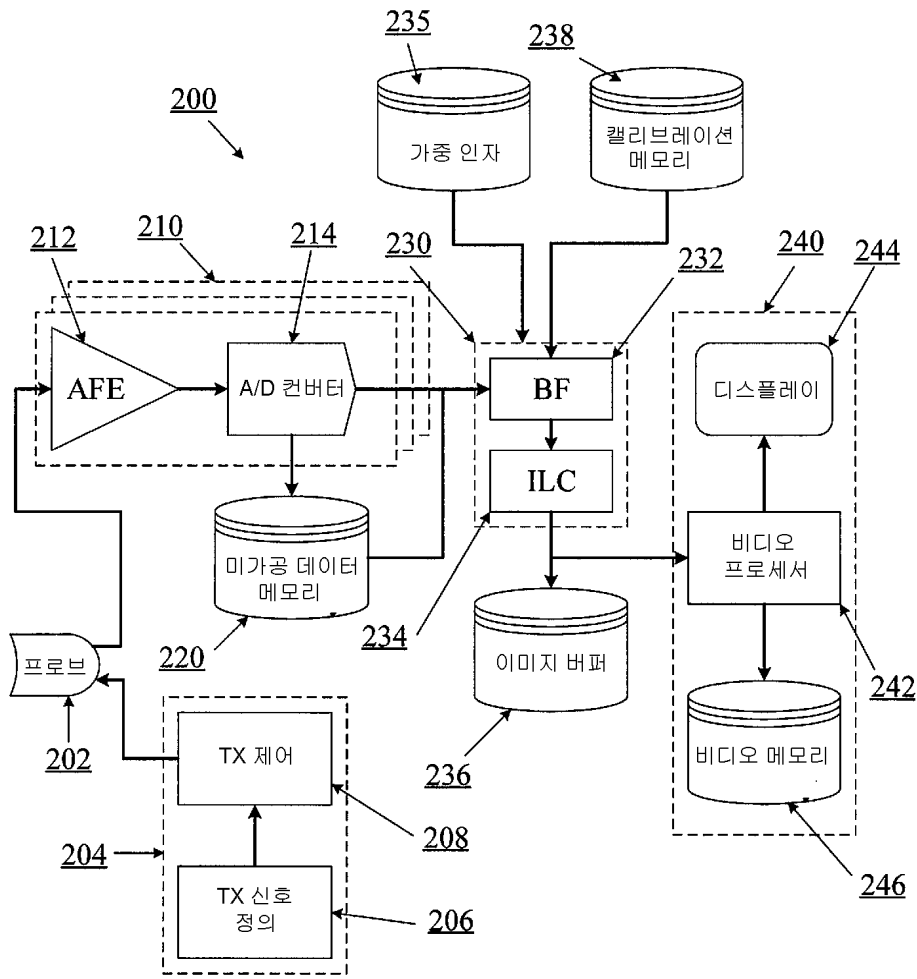
과 본질적으로 동일한 것을 의미한다. 청구항들이 임의의 옵션의 엘리먼트들을 실행하도록 드래프트될 수 있다는 것에 더 유의한다. 이와 같이, 이러한 서술은 청구항 엘리먼트들의 인용 또는 "네거티브" 제한의 사용과 관련하여 "단독으로", "오직" 등과 같은 이러한 배타적 용어의 사용을 위한 선행 기반으로 작용하도록 의도된다. 여기에 다르게 정의되지 않으면, 여기에서 사용되는 모든 기술적 및 과학적 용어들은 본 발명이 속하는 기술의 당업자가 일반적으로 이해하는 바와 동일한 의미를 갖는다.

도면

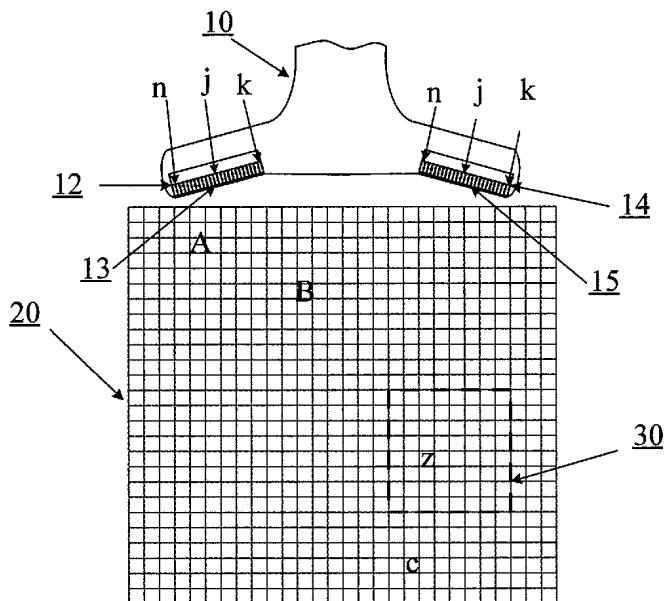
도면1a



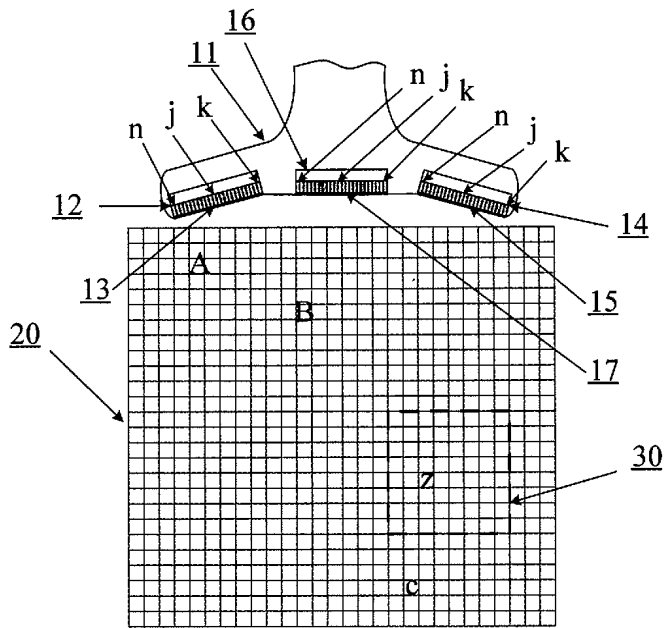
도면1b



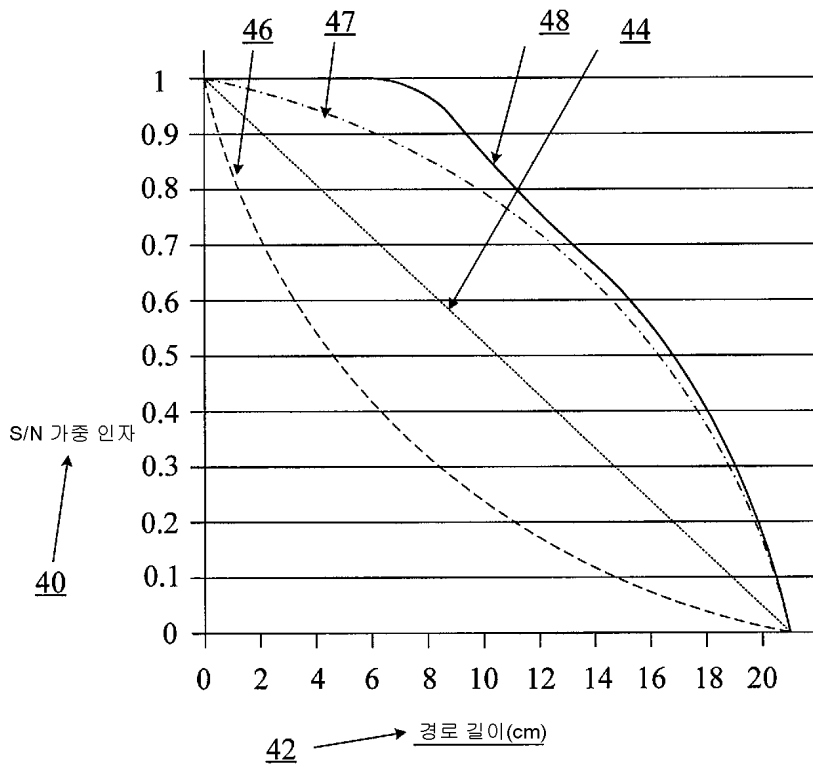
도면2



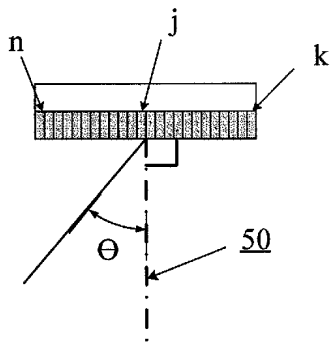
도면3



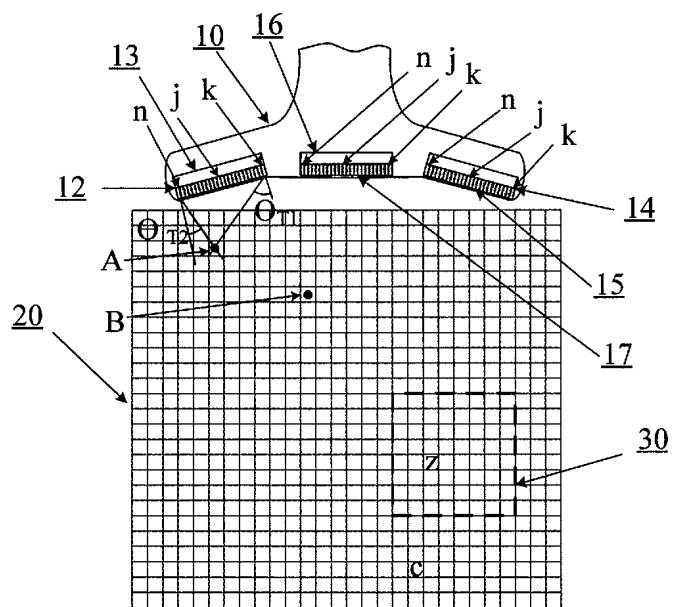
도면4



도면5

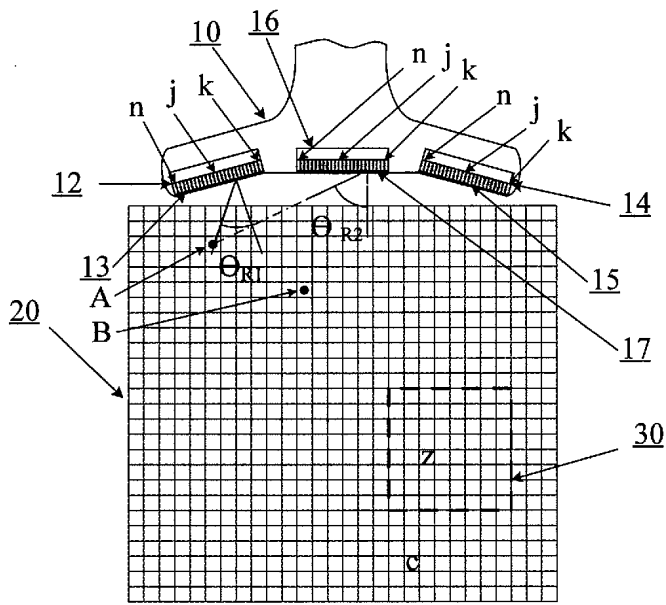


도면6

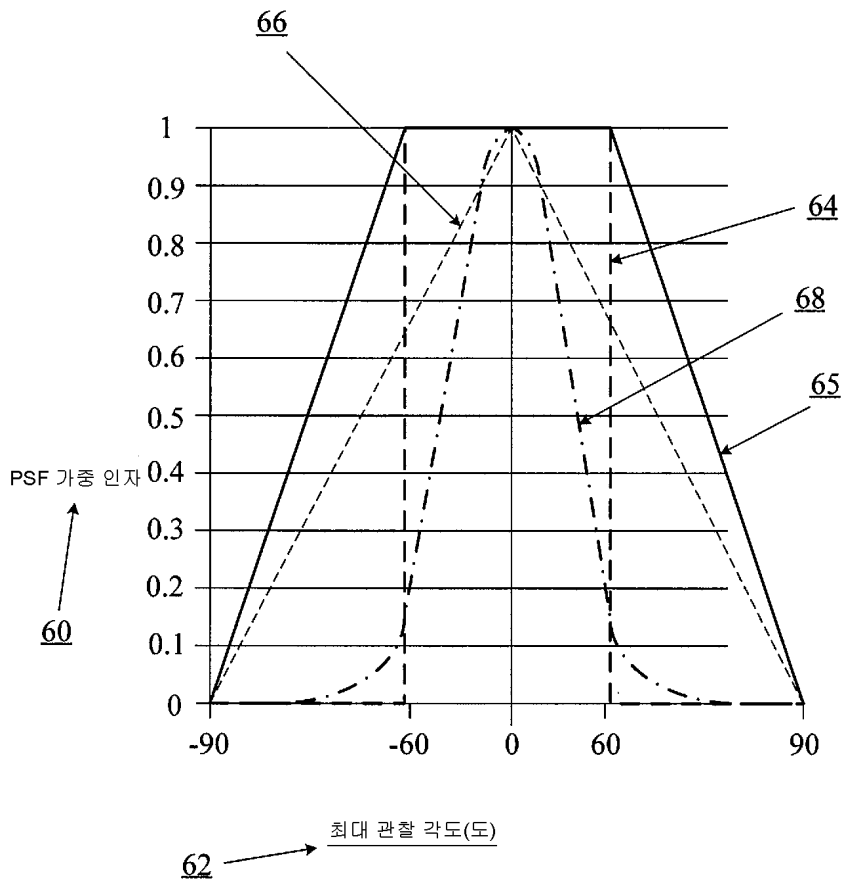




도면7



도면8



도면9

