



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0043403

(43) 공개일자 2015년04월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 8/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 8/587 (2013.01)

A61B 8/4477 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-7006234

(22) 출원일자(국제) 2013년08월12일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2015년03월10일

(86) 국제출원번호 PCT/US2013/054515

(87) 국제공개번호 WO 2014/026185

국제공개일자 2014년02월13일

(30) 우선권주장

61/681,986 2012년08월10일 미국(US)

(71) 출원인

마우이 이미징, 인코포레이티드

미국 캘리포니아 쉐니배일 슈트 107 지브랄타 드라이브 256 (우: 94089)

(72) 발명자

칼, 조세프, 알.

미국 캘리포니아 쉐니배일 슈트 107 지브랄타 드라이브 256 (우: 94089)

오스본, 나단, 더블유.

미국 캘리포니아 쉐니배일 슈트 107 지브랄타 드라이브 256 (우: 94089)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 남앤드남

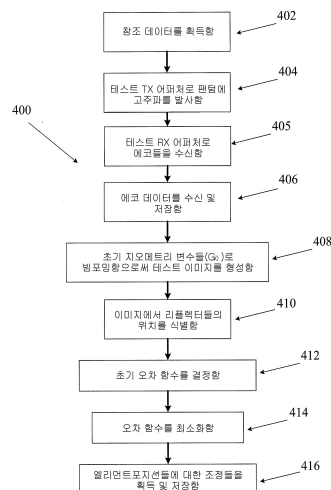
전체 청구항 수 : 총 44 항

(54) 발명의 명칭 다중 어퍼처 초음파 프로브들의 교정

(57) 요약

평-기반 초음파 이미징의 품질은 전송 및 수신 트랜스듀서 엘리먼트들의 정밀한 음향 포지션을 설명하는 정보의 정확도에 의존한다. 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터의 품질의 개선은 실질적으로 평-기반 초음파 이미징의 품질, 특히 다중 어퍼처 초음파 이미징 프로브, 즉, 임의의 예상된 최대 코히어런트 어퍼처 폭보다 큰 총 어퍼처를 갖는 프로브를 이용하여 획득된 것들을 개선할 수 있다. 프로브에 대한 엘리먼트 포지션 데이터를 교정하기 위한 다양한 시스템들 및 방법들이 설명된다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

**A61B 8/4488** (2013.01)

**A61B 8/4494** (2013.01)

**A61B 8/58** (2013.01)

(72) 발명자

**벨레비치, 아템**

미국 캘리포니아 썬니베일 슈트 107 지브랄타 드라  
이브 256 (우: 94089)

**리트지, 브루스, 알.**

미국 캘리포니아 썬니베일 슈트 107 지브랄타 드라  
이브 256 (우: 94089)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

초음파 프로브(ultrasound probe)를 교정(calibrate)하는 방법으로서,

상기 초음파 프로브의 제 1 어레이 및 제 2 어레이를, 팬텀(phantom)을 이미징(imaging)하기 위한 포지션(position)에 두는 단계 - 상기 제 1 어레이 및 제 2 어레이 각각은 복수의 트랜스듀서 엘리먼트들을 가짐 - ;

참조 이미지(reference image)를 획득하기 위해 상기 제 1 어레이로 상기 팬텀을 이미징하는 단계 - 이미징은 상기 제 1 어레이의 각각의 트랜스듀서 엘리먼트의 포지션을 설명하는 데이터에 의존함 - ;

테스트 이미지를 획득하기 위해 상기 제 2 어레이로 상기 팬텀을 이미징하는 단계 - 이미징은 상기 제 2 어레이의 각각의 트랜스듀서 엘리먼트의 포지션을 설명하는 데이터에 의존함 - ;

상기 참조 이미지와 상기 테스트 이미지 간의 제 1 오차를 수량화(quantifying)하는 단계; 및

상기 제 1 오차가 최소로 될 때까지 상기 제 2 어레이의 각각의 트랜스듀서 엘리먼트의 포지션을 설명하는 데이터를 반복적으로 최적화하는 단계

를 포함하는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 테스트 이미지를 획득하기 위해 상기 초음파 프로브의 제 3 어레이로 상기 팬텀을 이미징하는 단계 - 상기 제 3 어레이는 복수의 트랜스듀서 엘리먼트들을 가짐 - ;

상기 참조 이미지와 상기 제 2 테스트 이미지 간의 제 2 오차를 수량화하는 단계; 및

상기 제 2 오차가 최소로 될 때까지 상기 제 3 어레이의 각각의 엘리먼트의 포지션을 설명하는 데이터를 반복적으로 최적화하는 단계

를 더 포함하는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 어레이로 상기 팬텀을 이미징하는 동안 수신되는 미가공 에코 데이터(raw echo data)를 저장하는 단계

를 더 포함하는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 반복적으로 최적화하는 단계는,

제 1 조정된 포지션 데이터를 생성하기 위해, 상기 제 2 어레이의 트랜스듀서 엘리먼트들의 포지션을 설명하는 데이터를 조정하는 단계;

리플렉터들(reflectors)의 제 2 테스트 이미지를 형성하기 위해, 제 1 조정된 포지션 데이터를 이용하여 저장된 에코 데이터를 재-빔포밍(re-beamforming)하는 단계;

상기 제 2 테스트 이미지와 상기 참조 이미지 간의 제 2 오차를 수량화하는 단계; 및

상기 제 2 오차가 상기 제 1 오차보다 작은지를 결정하는 단계를 포함하는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 제 2 어레이의 트랜스듀서 엘리먼트들의 포지션을 설명하는 데이터를 조정하는 단계는,

상기 어레이의 참조 지점의 포지션 및 상기 어레이의 표면의 각도를 조정하는 단계를 포함하지만, 상기 제 2 어레이의 엘리먼트들 간의 간격을 조정하는 단계를 포함하지 않는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

제 1 반복적으로 최적화하는 단계 이후에, 제 2 반복적으로 최적화하는 단계를 수행하는 단계를 더 포함하고,

상기 제 2 반복적으로 최적화하는 단계는,

상기 제 1 조정된 포지션 데이터를 조정하는 단계 - 제 2 조정된 포지션 데이터를 생성하기 위해, 상기 제 2 어레이의 적어도 2개의 트랜스듀서 엘리먼트들 간의 간격을 조정하는 단계를 포함함 - ;

상기 리플렉터들의 제 3 테스트 이미지를 형성하기 위해, 상기 제 2 조정된 포지션 데이터를 이용하여 상기 저장된 에코 데이터를 재-빔포밍하는 단계;

상기 제 3 테스트 이미지와 상기 참조 이미지 간의 제 3 오차를 수량화하는 단계; 및

상기 제 3 오차가 상기 제 2 오차보다 작은지를 결정하는 단계를 포함하는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 반복적으로 최적화하는 단계는,

최소 스퀘어 최적화 프로세스(least squares optimization process)를 이용하여 최적화하는 단계를 포함하는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 오차를 수량화하는 단계는,

상기 참조 이미지의 리플렉터들의 포지션들 간의 거리를, 상기 테스트 이미지의 동일 리플렉터들의 포지션들에 대하여 수량화하는 단계를 포함하는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 오차를 수량화하는 단계는,

상기 참조 이미지들의 리플렉터들과 상기 테스트 이미지의 리플렉터들 간의 밝기의 차이를 수량화하는 단계를 포함하는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 오차를 수량화하는 단계는,

상기 테스트 이미지의 홀들(holes) 및 리플렉터들의 패턴에 비교하여, 상기 참조 이미지의 리플렉터들 및 홀들의 패턴 간의 차이를 수량화하는 단계를 포함하는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 참조 이미지와 상기 테스트 이미지는 리플렉터들, 홀들 또는 리플렉터들 및 홀들 둘 다의 3-차원 패턴의 3-차원 용적 이미지들(three-dimensional volumetric images)인,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 패턴은,

살아있는 조직(living tissue)을 포함하는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 패턴에서 리플렉터들의 포지션들을 식별하고 리플렉터들의 검출된 패턴에 수학적으로 정의된 커브(mathematically defined curve)를 맞추는 단계

를 더 포함하는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 커브는 직선인,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 15

제 12 항에 있어서,

상기 제 1 오차를 수량화하는 단계는,

리플렉터들의 패턴으로의 커브의 맞춤의 정도를 수량화하는 결정의 계수(coefficient of determination)를 계산하는 단계를 포함하는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 16

초음파 프로브를 교정하는 방법으로서,

상기 초음파 프로브로 팬텀의 복수의 리플렉터들에 고주파를 발사(insonify)하는 단계;

상기 초음파 프로브로 에코 데이터를 수신하는 단계;

상기 에코 데이터를 저장하는 단계;

상기 리플렉터들의 이미지를 형성하기 위해 제 1 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 이용하여, 저장된 에코 데이터를 빔포밍하는 단계;

상기 리플렉터들을 설명하는 참조 데이터를 획득하는 단계;

상기 이미지와 상기 참조 데이터 간의 오차를 수량화하는 단계; 및

수량화된 오차에 기초하여 상기 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 반복적으로 최적화하는 단계를 포함하는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 반복적으로 최적화하는 단계는,

최소 스퀘어 최적화 프로세스로 상기 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 반복적으로 최적화하는 단계를 포함하는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 반복적으로 최적화하는 단계는,

상기 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 조정하는 단계;

상기 리플렉터들의 제 2 이미지를 형성하기 위해, 조정된 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 이용하여 상기 저장된 에코 데이터를 재-빔포밍하는 단계;

상기 제 2 이미지에 기초하여 제 2 오차를 수량화하는 단계; 및

상기 조정된 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터가 상기 이미지를 개선하는지를 결정하기 위해 상기 제 2 오차를 평가하는 단계

를 포함하는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 조정하는 단계는,

어레이 수평 포지션 변수, 어레이 수직 포지션 변수 및 어레이 각도 변수를 조정하는 단계를 포함하는,

초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 조정하는 단계는,  
 공통 어레이 상의 인접한 트랜스듀서 엘리먼트들 간의 간격을 조정하는 단계를 포함하지 않는,  
 초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 21

제 16 항에 있어서,  
 상기 참조 데이터는 상기 팬텀의 물리적 측정들에 기초하는,  
 초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 22

제 16 항에 있어서,  
 상기 팬텀의 참조 이미지로부터 상기 참조 데이터를 유도(deriving)하는 단계  
 를 더 포함하는,  
 초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 23

제 22 항에 있어서,  
 상기 참조 이미지는 상기 고주파를 발사하는 단계 및 상기 수신하는 단계를 위해 이용된 트랜스듀서 엘리먼트들  
 의 그룹과 상이한, 상기 프로브의 트랜스듀서 엘리먼트들의 그룹을 이용하여 획득되는,  
 초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 24

제 16 항에 있어서,  
 상기 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 반복적으로 최적화하는 단계는,  
 최소 스쿼어 최적화 프로세스를 이용하는 단계를 포함하는,  
 초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 25

제 16 항에 있어서,  
 상기 팬텀에서 리플렉터들의 포지션을 식별하고, 리플렉터들의 검출된 패턴에 수학적으로 정의된 커브를 맞추는  
 단계  
 를 더 포함하는,  
 초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 26

제 25 항에 있어서,  
 상기 커브는 직선인,  
 초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 27

제 25 항에 있어서,  
 상기 제 1 오차를 수량화하는 단계는,

리플렉터들의 패턴으로의 커브의 맞춤의 정도를 수량화하는 결정의 계수를 계산하는 단계를 포함하는, 초음파 프로브를 교정하는 방법.

#### 청구항 28

초음파 이미징 데이터를 교정하는 방법으로서,

메모리 디바이스로부터 미가공 에코 데이터를 리트리브(retrieve)하는 단계 - 상기 미가공 에코 데이터는 복수의 에코 스트링(string)들을 포함하고, 각각의 에코 스트링은 단일 전송 어퍼처로부터 전송되고 단일 수신 엘리먼트에 의해 수신된 단일 초음파 핑(single ultrasound ping)의 에코들에 대응하는 에코 레코드들의 모음(collection)을 포함함 - ;

각각의 에코 스트링에 대응하는 각각의 수신 트랜스듀서 엘리먼트의 위치션을 설명하는 제 1 교정 데이터를 리트리브하는 단계;

각각의 에코 스트링과 연관되는 전송된 핑에 대응하는 적어도 하나의 트랜스듀서 엘리먼트의 위치션을 설명하는 제 2 교정 데이터를 리트리브하는 단계;

수신 트랜스듀서 엘리먼트들의 제 1 그룹에 대응하는 에코 스트링들의 제 1 모음을 빔포밍함으로써 참조 이미지를 형성하는 단계 - 상기 빔포밍은 상기 제 1 교정 데이터 및 제 2 교정 데이터에 기초하여 리플렉터들의 위치션을 삼각측량(triangulating)하는 것을 포함함 - ;

상기 트랜스듀서 엘리먼트들의 제 1 그룹과 동일하지 않은 트랜스듀서 엘리먼트들의 제 2 그룹에 대응하는 에코 스트링들의 제 2 모음을 빔포밍함으로써 테스트 이미지를 형성하는 단계;

상기 참조 이미지와 상기 테스트 이미지 간의 제 1 오차를 수량화하는 단계;

상기 제 2 그룹의 엘리먼트들에 대한 조정된 위치션들을 설명하도록 제 1 교정 데이터를 조정하는 단계;

제 2 테스트 이미지를 획득하기 위해 상기 제 2 그룹의 엘리먼트들에 대한 조정된 위치션들로 상기 테스트 이미지를 재-빔포밍하는 단계;

상기 제 2 테스트 이미지와 상기 참조 이미지 간의 제 2 오차를 수량화하는 단계; 및

상기 제 2 오차가 상기 제 1 오차보다 작은지를 결정하기 위해 새로운 오차를 평가하는 단계를 포함하는,

초음파 이미징 데이터를 교정하는 방법.

#### 청구항 29

제 28 항에 있어서,

상기 방법은,

상기 미가공 에코 데이터를 생성하는데 이용되는 프로브에 대한 어떠한 물리적 또는 전자적 연결 없이 수행되는,

초음파 이미징 데이터를 교정하는 방법.

#### 청구항 30

초음파 프로브 교정 시스템으로서,

복수의 전송 트랜스듀서 엘리먼트들 및 복수의 수신 트랜스듀서 엘리먼트들을 갖는 초음파 프로브;

리플렉터들의 패턴을 갖는 팬텀;

상기 팬텀의 리플렉터들의 패턴을 설명하는 참조 데이터를 포함하는 제 1 메모리 디바이스;

공통 좌표계에 대하여 각각의 전송 트랜스듀서 엘리먼트 및 각각의 수신 트랜스듀서 엘리먼트의 위치션을 설명하는 트랜스듀서 엘리먼트 위치션 데이터를 포함하는 제 2 메모리 디바이스; 및

교정 프로그램 코드를 포함하는 이미징 제어 시스템

을 포함하고,

상기 교정 프로그램 코드는, 상기 시스템에 지시하여,

상기 전송 트랜스듀서 엘리먼트들로 상기 팬텀에 고주파를 발사하고 상기 수신 트랜스듀서 엘리먼트들로 에코 데이터를 수신하고, 제 3 메모리 디바이스에 에코 데이터를 저장하고,

상기 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 이용하여 저장된 에코 데이터를 빔포밍함으로써 상기 리플렉터들의 패턴의 제 1 이미지를 형성하고,

상기 제 1 이미지에 의해 표시된 바와 같이 상기 리플렉터들의 패턴의 포지션을 설명하는 측정 데이터를 결정하고,

상기 측정 데이터와 상기 기준 데이터 간의 오차를 수량화하고, 그리고

수량화된 오차에 기초하여 상기 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 반복적으로 최적화하도록 구성되는,

초음파 프로브 교정 시스템.

### 청구항 31

제 30 항에 있어서,

상기 이미징 제어 시스템은,

상기 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 조정함으로써;

조정된 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 이용하여 상기 저장된 에코 데이터를 재-빔포밍함으로써 상기 리플렉터들의 패턴의 제 2 이미지를 형성함으로써;

상기 제 2 이미지에 기초하여 제 2 오차를 수량화함으로써; 그리고

상기 조정된 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터가 상기 이미지를 개선하는지를 결정하기 위해 상기 제 2 오차를 평가함으로써

상기 팬텀을 반복적으로 최적화하게 구성되는,

초음파 프로브 교정 시스템.

### 청구항 32

제 30 항에 있어서,

상기 참조 데이터는 상기 팬텀의 물리적 측정들에 기초하는,

초음파 프로브 교정 시스템.

### 청구항 33

제 30 항에 있어서,

상기 참조 데이터는 참조 이미지에 기초하는,

초음파 프로브 교정 시스템.

### 청구항 34

제 30 항에 있어서,

상기 이미징 제어 시스템은,

최소 스퀘어 최적화 프로세스를 이용하여 상기 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 반복적으로 최적화하도록 구성되는,

초음파 프로브 교정 시스템.

**청구항 35**

제 30 항에 있어서,  
상기 패턴은,  
초음파 신호들을 흡수하는 적어도 하나의 영역  
을 더 포함하는,  
초음파 프로브 교정 시스템.

**청구항 36**

제 30 항에 있어서,  
상기 초음파 프로브는 복수의 트랜스듀서 어레이들을 포함하는,  
초음파 프로브 교정 시스템.

**청구항 37**

제 30 항에 있어서,  
상기 초음파 프로브는 단일의 연속적인 트랜스듀서 어레이를 포함하는,  
초음파 프로브 교정 시스템.

**청구항 38**

제 30 항에 있어서,  
상기 초음파 프로브는,  
오목한 곡률을 갖는 트랜스듀서 어레이를 포함하는,  
초음파 프로브 교정 시스템.

**청구항 39**

제 30 항에 있어서,  
상기 패턴은 핀들(pins)의 패턴을 포함하는,  
초음파 프로브 교정 시스템.

**청구항 40**

제 30 항에 있어서,  
상기 패턴은 살아있는 조직을 포함하는,  
초음파 프로브 교정 시스템.

**청구항 41**

제 30 항에 있어서,  
상기 교정 프로그램 코드는,  
리플렉터들의 검출된 패턴에 커브를 맞춤으로써 측정 데이터를 결정하도록 구성되는,  
초음파 프로브 교정 시스템.

**청구항 42**

제 41 항에 있어서,

상기 교정 프로그램 코드는,

상기 커브의 맞춤의 정도를 수량화하는 결정의 계수를 결정함으로써 오차를 수량화하도록 구성되는,

초음파 프로브 교정 시스템.

#### 청구항 43

제 30 항에 있어서,

상기 제 1 메모리 디바이스, 상기 제 2 메모리 디바이스 및 상기 제 3 메모리 디바이스 중 적어도 2개는 단일의 물리적 메모리 디바이스의 논리적 부분들인,

초음파 프로브 교정 시스템.

#### 청구항 44

제 28 항에 있어서,

상기 메모리 디바이스에 연결된 초음파 프로브가 없는,

초음파 이미징 데이터를 교정하는 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 관련 출원들에 대한 상호-참조

[0002] [0001] 본 출원은 2012년 8월 10일 출원되고, 발명의 명칭이 "Calibration of Multiple Aperture Ultrasound Probes"인 미국 가특허 출원 번호 제61/681,986호를 우선권으로 주장하며, 상기 가특허의 내용물들은 본원에 인용에 의해 포함된다.

[0003] 인용에 의한 포함

[0004] [0002] 본 출원에 언급되는 모든 공보들 및 특허 출원들은, 각각의 개별 공보들 또는 특허 출원이 구체적으로 그리고 개별적으로 인용에 의해 포함되도록 표시한 것과 동일한 정도로, 인용에 의해 본원에 포함된다.

[0005] 분야

[0006] [0003] 본 개시는 일반적으로 초음파 이미징 시스템들에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 다중 어퍼처 초음파 프로브를 교정하기 위한 시스템들 및 방법들에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0007] [0004] 종래의 초음파 이미징에서, 초음파 에너지의 포커싱된 빔은 검사될 신체 조직들 내로 전송되고, 리턴된 에코들이 검출되고 이미지를 형성하도록 플로팅된다. 초음파가 진단 목적들을 위해 광범위하게 이용되지만, 종래의 초음파는 스캐닝의 깊이, 스펙클 노이즈(speckle noise), 열등한 측면 분해능(poor lateral resolution), 모호한 조직들 및 다른 이러한 문제들에 의해 크게 제한되었다.

[0008] [0005] 신체 조직들에 고주파를 발사(insonify)하기 위해, 초음파 빔은 통상적으로 위상 어레이(phased array) 또는 형상화된 트랜스듀서 중 어느 하나에 의해 형성되고 포커싱된다. 위상 어레이 초음파는 의료 초음파에서 이미지들을 형성하기 위한 좁은 초음파 빔을 스티어링 및 포커싱하기 위해 흔히 이용되는 방법이다. 위상 어레이 프로브는, 각각이 개별적으로 펄싱(pulse)될 수 있는 다수의 작은 초음파 트랜스듀서 엘리먼트들을 갖는다. 초음파 펄스들의 타이밍을 변동시킴으로써(예를 들어, 행을 따라 시퀀스대로 하나씩 엘리먼트들을 펄싱함으로써), 보강적 간섭(constructive interference)의 패턴이 셋업되며, 이는 선택된 각도로 빔이 지향되게 한다. 이는 빔 스티어링(beam steering)으로서 알려져 있다. 이러한 스티어링된 초음파 빔은 이후 검사되는 객체 또는 조직을 통해 스위핑(sweep)될 수 있다. 이후 다수의 빔들로부터의 데이터는 결합되어 객체를 통한 슬라이스(slice)를 보여주는 시각적 이미지를 형성한다.

- [0009] [0006] 통상적으로, 초음파 빔을 전송하는데 이용되는 동일한 트랜스듀서 또는 어레이는 리턴하는 에코들을 검출하는데 이용된다. 이 설계 구성은 의료 목적들을 위한 초음파 이미징의 이용에 있어 가장 중요한 제한들 중 하나에 핵심(열등한 측면 분해능)을 둔다. 이론적으로, 측면 분해능은 초음파 프로브의 어퍼처의 폭을 증가시킴으로써 개선될 수 있지만, 어퍼처 크기 증가에 수반되는 실제적 문제들은 어퍼처 크기들을 작게 유지시킨다. 확실히, 초음파 이미징은 이 제한들을 가질지라도 매우 유용했었지만, 이것은 더 양호한 분해능으로 보다 효과적이 될 수 있다.
- 발명의 내용**
- [0010] [0007] 초음파 프로브를 교정(calibrate)하는 방법이 제공되며, 이 방법은, 초음파 프로브의 제 1 어레이 및 제 2 어레이를, 팬텀(phantom)을 이미징(imaging)하기 위한 포지션(position)에 두는 단계 - 상기 제 1 및 제 2 어레이들 각각은 복수의 트랜스듀서 엘리먼트들을 가짐 - ; 참조 이미지(reference image)를 획득하기 위해 제 1 어레이로 팬텀을 이미징하는 단계 - 이미징은 제 1 어레이의 각각의 트랜스듀서 엘리먼트의 포지션을 설명하는 데이터에 의존함 - ; 테스트 이미지를 획득하기 위해 제 2 어레이로 상기 팬텀을 이미징하는 단계 - 이미징은 제 2 어레이의 각각의 트랜스듀서 엘리먼트의 포지션을 설명하는 데이터에 의존함 - ; 참조 이미지와 테스트 이미지 간의 제 1 오차를 수량화(quantifying)하는 단계; 및 제 1 오차가 최소로 될 때까지 제 2 어레이의 각각의 트랜스듀서 엘리먼트의 포지션을 설명하는 데이터를 반복적으로 최적화하는 단계를 포함한다.
- [0011] [8] 몇몇 실시예들에서, 이 방법은, 제 2 테스트 이미지를 획득하기 위해 초음파 프로브의 제 3 어레이로 팬텀을 이미징하는 단계 - 상기 제 3 어레이는 복수의 트랜스듀서 엘리먼트들을 가짐 - ; 참조 이미지와 제 2 테스트 이미지 간에 제 2 오차를 수량화하는 단계; 및 제 2 오차가 최소로 될 때까지 제 3 어레이의 각각의 엘리먼트의 포지션을 설명하는 데이터를 반복적으로 최적화하는 단계를 더 포함한다.
- [0012] [9] 몇몇 실시예들에서, 이 방법은, 제 2 어레이로 팬텀을 이미징하는 동안 수신되는 미가공 에코 데이터(raw echo data)를 저장하는 단계를 더 포함한다.
- [0013] [10] 일 실시예에서, 반복적으로 최적화하는 단계는, 제 1 조정된 포지션 데이터를 생성하도록 제 2 어레이의 트랜스듀서 엘리먼트들의 포지션을 설명하는 데이터를 조정하는 단계; 리플렉터들(reflectors)의 제 2 테스트 이미지를 형성하도록 제 1 조정된 포지션 데이터를 이용하여 저장된 에코 데이터를 재-빔포밍(re-beamforming)하는 단계; 제 2 테스트 이미지와 참조 이미지 간에 제 2 오차를 수량화하는 단계; 및 제 2 오차가 제 1 오차보다 작음을 결정하는 단계를 포함한다.
- [0014] [11] 일 실시예에서, 제 2 어레이의 트랜스듀서 엘리먼트들의 포지션을 설명하는 데이터를 조정하는 단계는, 어레이의 참조 지점의 포지션 및 어레이의 표면의 각도를 조정하는 단계를 포함하지만, 제 2 어레이의 엘리먼트들 간의 간격을 조정하는 단계를 포함하지 않는다.
- [0015] [12] 몇몇 실시예들에서, 제 1 반복적 최적화 단계 이후에, 제 2 반복적 최적화 단계를 수행하는 단계를 더 포함하고, 제 2 반복적 최적화 단계는, 제 1 조정된 포지션 데이터를 조정하는 단계 - 제 2 조정된 포지션 데이터를 생성하도록 제 2 어레이의 적어도 2개의 트랜스듀서 엘리먼트들 간의 간격을 조정하는 단계를 포함함 - ; 리플렉터들의 제 3 테스트 이미지를 형성하도록 제 2 조정된 포지션 데이터를 이용하여, 저장된 에코 데이터를 재-빔포밍하는 단계; 제 3 테스트 이미지와 참조 이미지 간의 제 3 오차를 수량화하는 단계; 및 제 3 오차가 제 2 오차보다 작음을 결정하는 단계를 포함한다.
- [0016] [13] 일 실시예에서, 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 반복적으로 최적화하는 단계는, 최소 제곱 최적화 프로세스(least squares optimization process)를 이용하여 최적화하는 단계를 포함한다.
- [0017] [14] 다른 실시예들에서, 제 1 오차를 수량화하는 단계는, 테스트 이미지 내의 리플렉터들의 포지션들에 대하여 참조 이미지 내의 동일 리플렉터들의 포지션들 간의 거리를 수량화하는 단계를 포함한다. 다른 실시예들에서, 제 1 오차를 수량화하는 단계는, 참조 이미지들 내의 리플렉터들과 테스트 이미지 내의 리플렉터들 간의 밝기의 차이를 수량화하는 단계를 포함한다. 부가적인 실시예들에서, 제 1 오차를 수량화하는 단계는, 테스트 이미지 내의 홀들(holes) 및 리플렉터들의 패턴과 비교하여, 참조 이미지 내의 리플렉터들 및 홀들의 패턴 간의 차이를 수량화하는 단계를 포함한다.
- [0018] [15] 일 실시예에서, 참조 이미지와 테스트 이미지는 리플렉터들, 홀들 또는 리플렉터들 및 홀들 둘 다의 3-차

원 패턴의 3-차원 용적 이미지들(three-dimensional volumetric images)이다.

- [0019] [16] 다른 실시예들에서, 팬텀은 살아있는 조직(living tissue)을 포함한다.
- [0020] [17] 몇몇 실시예들에서, 이 방법은 팬텀에서 리플렉터들의 위치선들을 식별하고 리플렉터들의 검출된 패턴에 수학적으로 정의된 커브(mathematically defined curve)를 맞추는 단계를 더 포함한다.
- [0021] [18] 일 실시예에서, 커브는 직선이다.
- [0022] [19] 다른 실시예들에서, 제 1 오차를 수량화하는 단계는 리플렉터들의 패턴으로의 커브의 맞춤의 정도를 수량화하는 결정의 계수(coefficient of determination)를 계산하는 단계를 포함한다.
- [0023] [20] 초음파 프로브를 교정하는 방법이 제공되며, 이 방법은, 초음파 프로브로 팬텀의 복수의 리플렉터들에 고주파를 발사(insonify)하는 단계; 초음파 프로브로 에코 데이터를 수신하는 단계; 에코 데이터를 저장하는 단계; 리플렉터들의 이미지를 형성하도록 제 1 트랜스듀서 엘리먼트 위치선 데이터를 이용하여, 저장된 에코 데이터를 빔포밍하는 단계; 리플렉터들을 설명하는 참조 데이터를 획득하는 단계; 이미지와 참조 데이터 간의 오차를 수량화하는 단계; 및 수량화된 오차에 기초하여 트랜스듀서 엘리먼트 위치선 데이터를 반복적으로 최적화하는 단계를 포함한다.
- [0024] [21] 몇몇 실시예들에서, 반복적으로 최적화하는 단계는 최소 스퀘어 최적화 프로세스로 트랜스듀서 엘리먼트 위치선 데이터를 반복적으로 최적화하는 단계를 포함한다.
- [0025] [22] 일 실시예에서, 반복적으로 최적화하는 단계는, 트랜스듀서 엘리먼트 위치선 데이터를 조정하는 단계; 리플렉터들의 제 2 이미지를 형성하도록 조정된 트랜스듀서 엘리먼트 위치선 데이터를 이용하여, 저장된 에코 데이터를 재-빔포밍하는 단계; 제 2 이미지에 기초하여 제 2 오차를 수량화하는 단계; 및 조정된 트랜스듀서 엘리먼트 위치선 데이터가 이미지를 개선하는지를 결정하기 위해 제 2 오차를 평가하는 단계를 포함한다.
- [0026] [23] 몇몇 실시예들에서, 트랜스듀서 엘리먼트 위치선 데이터를 조정하는 단계는, 어레이 수평 위치선 변수, 어레이 수직 위치선 변수 및 어레이 각도 변수를 조정하는 단계를 포함한다. 다른 실시예들에서, 트랜스듀서 엘리먼트 위치선 데이터를 조정하는 단계는 공통 어레이 상의 인접한 트랜스듀서 엘리먼트들 간의 간격을 조정하는 단계를 포함하지 않는다.
- [0027] [24] 일 실시예에서, 참조 데이터는 팬텀의 물리적 측정들에 기초한다.
- [0028] [25] 몇몇 실시예들에서, 이 방법은 팬텀의 참조 이미지로부터 참조 데이터를 유도하는 단계를 더 포함한다.
- [0029] [26] 일 실시예에서, 참조 이미지는, 고주파를 발사하는 단계 및 수신하는 단계를 위해 이용된 트랜스듀서 엘리먼트들의 그룹과 상이한 프로브의 트랜스듀서 엘리먼트들의 그룹을 이용하여 획득된다.
- [0030] [27] 부가적인 실시예들에서, 트랜스듀서 엘리먼트 위치선 데이터를 반복적으로 최적화하는 단계는 최소 스퀘어 최적화 프로세스를 이용하는 단계를 포함한다.
- [0031] [28] 몇몇 실시예들에서, 이 방법은 팬텀에서 리플렉터들의 위치선을 식별하고, 리플렉터들의 검출된 패턴에 수학적으로 정의된 커브를 맞추는 단계를 더 포함한다. 일 실시예에서, 커브는 직선이다.
- [0032] [29] 몇몇 실시예들에서, 제 1 오차를 수량화하는 단계는 리플렉터들의 패턴으로의 커브의 맞춤의 정도를 수량화하는 결정의 계수를 계산하는 단계를 포함한다.
- [0033] [30] 초음파 이미징 데이터를 교정하는 방법이 또한 제공되며, 이 방법은, 메모리 디바이스로부터 미가공 에코 데이터를 리트리브(retrieve)하는 단계 — 미가공 에코 데이터는 복수의 에코 스트링(string)들을 포함하고, 각각의 에코 스트링은 단일 전송 어퍼처로부터 전송되고 단일 수신 엘리먼트에 의해 수신된 단일 초음파 핑(single ultrasound ping)의 에코들에 대응하는 에코 레코드들의 모음(collection)을 포함함 — ; 각각의 에코 스트링에 대응하는 각각의 수신 트랜스듀서 엘리먼트의 위치선을 설명하는 제 1 교정 데이터를 리트리브하는 단계; 각각의 에코 스트링과 연관되는 전송된 핑에 대응하는 적어도 하나의 트랜스듀서 엘리먼트의 위치선을 설명하는 제 2 교정 데이터를 리트리브하는 단계; 수신 트랜스듀서 엘리먼트들의 제 1 그룹에 대응하는 에코 스트링들의 제 1 모음을 빔포밍함으로써 참조 이미지를 형성하는 단계 — 상기 빔포밍은 제 1 및 제 2 교정 데이터에 기초하여 리플렉터들의 위치선을 삼각측량(triangulating)하는 것을 포함함 — ; 트랜스듀서 엘리먼트들의 제 1 그룹과 동일하지 않은 트랜스듀서 엘리먼트들의 제 2 그룹에 대응하는 에코 스트링들의 제 2 모음을 빔포밍함으로써 테스트 이미지를 형성하는 단계; 참조 이미지와 테스트 이미지 간의 제 1 오차를 수량화하는 단계; 제 2

그룹의 엘리먼트들에 대한 조정된 포지션들을 설명하도록 제 1 교정 데이터를 조정하는 단계; 제 2 테스트 이미지를 획득하도록 제 2 그룹의 엘리먼트들에 대한 조정된 포지션들로 테스트 이미지를 재-빔포밍하는 단계; 제 2 테스트 이미지와 참조 이미지 간의 제 2 오차를 수량화하는 단계; 및 제 2 오차가 제 1 오차보다 작은지를 결정하도록 새로운 오차를 평가하는 단계를 포함한다.

- [0034] [31] 몇몇 실시예들에서, 이 방법은 미가공 에코 데이터를 생성하는데 이용되는 프로브에 대한 어떠한 물리적 또는 전자적 연결도 없이 수행된다.
- [0035] [32] 몇몇 실시예들에서, 메모리 디바이스에 연결된 초음파 프로브는 없다.
- [0036] [33] 초음파 프로브 교정 시스템이 제공되며, 이 시스템은 복수의 전송 트랜스듀서 엘리먼트들 및 복수의 수신 트랜스듀서 엘리먼트들을 갖는 초음파 프로브; 리플렉터들의 패턴을 갖는 팬텀; 팬텀의 리플렉터들의 패턴을 설명하는 참조 데이터를 포함하는 제 1 메모리 디바이스; 공통 좌표계에 대하여 각각의 전송 트랜스듀서 엘리먼트 및 각각의 수신 트랜스듀서 엘리먼트의 포지션을 설명하는 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 포함하는 제 2 메모리 디바이스; 및 교정 프로그램 코드를 포함하는 이미징 제어 시스템을 포함하고, 교정 프로그램 코드는, 시스템에 지시하여, 전송 트랜스듀서 엘리먼트들로 팬텀에 고주파를 발사하고 수신 트랜스듀서 엘리먼트들로 에코 데이터를 수신하고, 제 3 메모리 디바이스에 에코 데이터를 저장하고, 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 이용하여 저장된 에코 데이터를 빔포밍함으로써 리플렉터들의 패턴의 제 1 이미지를 형성하고, 제 1 이미지에 의해 표시된 바와 같이 리플렉터들의 패턴의 포지션을 설명하는 측정 데이터를 결정하고, 측정 데이터와 기준 데이터 간의 오차를 수량화하고, 그리고 수량화된 오차에 기초하여 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 반복적으로 최적화하도록 구성된다.
- [0037] [34] 몇몇 실시예들에서, 이미징 제어 시스템은, 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 조정하고; 조정된 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 이용하여 저장된 에코 데이터를 재-빔포밍함으로써 리플렉터들의 패턴의 제 2 이미지를 형성하고; 제 2 이미지에 기초하여 제 2 오차를 수량화하고; 그리고 조정된 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터가 이미지를 개선하는지를 결정하도록 제 2 오차를 평가함으로써 팬텀을 반복적으로 최적화하게 구성된다.
- [0038] [35] 일 실시예에서, 참조 데이터는 팬텀의 물리적 측정들에 기초한다.
- [0039] [36] 다른 실시예들에서, 참조 데이터는 참조 이미지에 기초한다.
- [0040] [37] 몇몇 실시예들에서, 이미징 제어 시스템은 최소 스쿼어 최적화 프로세스를 이용하여 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 데이터를 반복적으로 최적화하도록 구성된다.
- [0041] [38] 다른 실시예들에서, 팬텀은 초음파 신호들을 흡수하는 적어도 하나의 영역을 더 포함한다.
- [0042] [39] 몇몇 실시예들에서, 초음파 프로브는 복수의 트랜스듀서 어레이들을 포함한다. 다른 실시예에서, 초음파 프로브는 단일의 연속적인 트랜스듀서 어레이를 포함한다. 일 실시예에서, 초음파 프로브는 오목한 곡률을 갖는 트랜스듀서 어레이를 포함한다.
- [0043] [40] 몇몇 실시예들에서, 팬텀은 핀들의 패턴을 포함한다.
- [0044] [41] 일 실시예에서, 팬텀은 살아있는 조직을 포함한다.
- [0045] [42] 몇몇 실시예들에서, 교정 프로그램 코드는 리플렉터들의 검출된 패턴에 커브를 맞춤으로써 측정 데이터를 결정하도록 구성된다.
- [0046] [43] 일 실시예에서, 교정 프로그램 코드는 커브의 맞춤의 정도를 수량화하는 결정의 계수를 결정함으로써 오차를 수량화하도록 구성된다.
- [0047] [44] 다른 실시예에서, 제 1 메모리 디바이스, 제 2 메모리 디바이스 및 제 3 메모리 디바이스 중 적어도 2개는 단일의 물리적 메모리 디바이스의 논리적 부분들이다.

### 도면의 간단한 설명

- [0048] [00045] 본 발명의 신규한 특징들은, 특히 하기 청구항들에서 제시된다. 본 발명의 특징들 및 이점들의 더 양호한 이해는, 본 발명의 원리들이 활용되는 예시적인 실시예들을 제시하는 하기 상세한 설명 및 다음의 첨부 도

면을 참조하여 획득될 것이다.

[00046] 도 1은 3-어퍼처 초음파 이미징 프로브 및 이미징되는 팬텀 객체의 실시예의 개략도이다.

[00047] 도 2는 팬텀 위에 포지셔닝되고 클램프 매커니즘에 의해 적소에 유지되는 연속적인 곡선적 어레이를 갖는 다중 어퍼처 초음파 프로브의 일 실시예의 단면도이다.

[00048] 도 3은 팬텀 위에 포지셔닝되는 조정 가능한 다중 어퍼처 이미징 프로브의 실시예의 단면도이다.

[00049] 도 4a는 경식도 초음파 이미징(trans-esophageal ultrasound imaging)을 위해 구성되는 다중 어퍼처 초음파 이미징 프로브의 세로 단면도이다.

[00050] 도 4b는 경직장(trans-esophageal) 초음파 이미징을 위해 구성되는 다중 어퍼처 초음파 이미징 프로브의 세로 단면도이다.

[00051] 도 4c는 정맥 초음파를 위해 구성되는 다중 어퍼처 초음파 이미징 프로브의 세로 단면도이다.

[00052] 도 4d는 경질적(trans-vaginal) 초음파 이미징을 위해 구성되는 다중 어퍼처 초음파 이미징 프로브의 세로 단면도이다.

[00053] 도 4e는 둥근 구조들 또는 피쳐들을 이미징하기 위해 구성되는 다중 어퍼처 초음파 이미징 프로브의 단면도이다.

[00054] 도 4f는 3-차원 이미징을 위해 구성되는 트랜스듀서 엘리먼트들의 방사형 어레이를 갖는 다중 어퍼처 초음파 이미징 프로브의 평면도이다.

[00055] 도 5a는 교정될 초음파 프로브들을 수용하고 보유하기 위한 수용 슬롯들을 갖는 도킹 섹션을 갖는 초음파 프로브 교정 팬텀의 단면도이다.

[00056] 도 5b는 도 5a의 초음파 프로브 교정 팬텀 도킹 섹션의 상부 평면도이다.

[00057] 도 6은 정적 팬텀을 이용하여 다중 어퍼처 초음파 프로브를 교정하기 위한 프로세스의 일 실시예의 프로세스 흐름도이다.

[00058] 도 7은 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 변수들을 조정함으로써 오차 함수를 최소화하기 위한 반복적 최적화 프로세스의 일 실시예를 예시하는 프로세스 흐름도이다.

[00059] 도 8은 몇몇 실시예들에 따른 초음파 이미징 시스템의 컴포넌트들을 예시하는 블록도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0049] 다양한 실시예들은 첨부 도면들을 참조하여 상세히 설명될 것이다. 특정한 예들 및 구현들에 대해 이루어지는 참조들은 예시 목적들을 위한 것이며, 청구항 또는 본 발명의 범위를 제한하도록 의도되는 것은 아니다.

[0050] [00061] 본 명세서에서의 다양한 실시예들은 정적인 팬텀을 이용하여 다중 어퍼처 초음파 프로브를 동적으로 교정하기 위한 시스템들 및 방법들을 제공한다. 다중 어퍼처 초음파 이미징 프로브의 교정은 일반적으로 프로브의 각각의 트랜스듀서 엘리먼트의 음향 포지션을 결정하는 것을 포함할 수 있다. 동적 교정 프로세스의 몇몇 실시예들은 일반적으로 알려진 패턴의 리플렉터들(reflector)로 교정 팬텀(calibration phantom)을 이미징하는 단계, 팬텀에 관한 알려진 정보와 이미징으로부터 획득된 정보 간의 오차를 수량화(quantify)하는 단계, 및 개선된 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 변수들을 획득하기 위해 오차 함수를 최소화하도록 반복적 최적화 루틴을 수행하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 개선된 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 변수들은 이후 교정된 프로브를 이용한 후속 이미징 동안 이용을 위해 저장될 수 있다.

[0051] 서론 & 정의들

[0052] [00062] 다양한 실시예들은 다양한 해부 구조들의 초음파 이미징을 참조하여 본 명세서에서 설명되지만, 본 명세서에서 도시되고 설명되는 방법들 및 디바이스들 중 다수는 또한 비-해부 구조들 및 객체들의 이미징 및 평가와 같은 다른 애플리케이션들에서 이용될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 예를 들어, 본 명세서에서 설명된 프로브들, 시스템들 및 방법들은 용접들, 파이프들, 빔들, 플레이트들, 압력 용기들 등과 같은 다양한 기계적 객

체들, 구조적 객체들 또는 물질들의 비-파괴 테스트 또는 평가에 이용될 수 있다.

- [0053] [00063] 본 명세서에서 이용된 바와 같이, "초음파 트랜스듀서(ultrasound transducer)" 및 "트랜스듀서"란 용어들은 초음파 이미징 기술들의 당업자들에 의해 이해되는 바와 같은 그의 보통의 의미들을 가질 수 있으며, 전기 신호를 초음파 신호로 및/또는 그 반대로 변환할 수 있는 임의의 단일 컴포넌트를 (제한 없이) 지칭할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시예들에서, 초음파 트랜스듀서는 압전 디바이스를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 초음파 트랜스듀서들은 용량성 마이크로기계화 초음파 트랜스듀서(capacitive micromachined ultrasound transducer; CMUT)들을 포함할 수 있다.
- [0054] [00064] 트랜스듀서들은 종종 다수의 개별 트랜스듀서 엘리먼트들의 어레이들로 구성된다. 본 명세서에서 이용된 바와 같이, "트랜스듀서 어레이" 또는 "어레이"란 용어들은 일반적으로 공통 후면 플레이트에 장착되는 트랜스듀서 엘리먼트들의 모음을 지칭한다. 이러한 어레이들은 1차원(1D), 2차원(2D), 1.X 차원들(1.XD) 또는 3차원들(3D)을 가질 수 있다. 당업자들에 의해 이해될 바와 같은 다른 차원화된 어레이들이 또한 이용될 수 있다. 동심 원형 어레이(concentric circular array)들 및 타원형 어레이들과 같은 환형 어레이들이 또한 이용될 수 있다. 트랜스듀서 어레이의 엘리먼트는 어레이의 최소 이산적 기능 컴포넌트(smallest discretely functional component)일 수 있다. 예를 들어, 압전 트랜스듀서 엘리먼트들의 어레이의 경우에, 각각의 엘리먼트는 단일의 압전 크리스탈 또는 압전 크리스탈의 단일 머시닝된 섹션일 수 있다.
- [0055] [00065] 본 명세서에서 이용된 바와 같이, "전송 엘리먼트" 및 "수신 엘리먼트"란 용어들은 초음파 이미징 기술의 당업자들에 의해 이해되는 바와 같이 그의 보통의 의미를 가질 수 있다. "전송 엘리먼트"란 용어는 전기 신호가 초음파 신호로 변환되는 전송 기능을 적어도 잠깐(momentarily) 수행하는 초음파 트랜스듀서 엘리먼트를 제한 없이 지칭할 수 있다. 유사하게, "수신 엘리먼트"란 용어는 엘리먼트에 부딪친 초음파 신호가 전기 신호로 변환되는 수신 기능을 적어도 잠깐 수행하는 초음파 트랜스듀서 엘리먼트를 제한 없이 지칭할 수 있다. 매질로의 초음파의 전송은 또한 "고주파를 발사하는(insonifying)" 것으로서 본 명세서에서 지칭될 수 있다. 초음파들을 반사하는 객체 또는 구조는 "리플렉터(reflector)" 또는 "스캐터러(scatterer)"로서 지칭될 수 있다.
- [0056] [00066] 본 명세서에서 이용된 바와 같이, "어퍼처"란 용어는 초음파 신호들이 송신 및/또는 수신될 수 있는 개념적인 "개구"를 지칭할 수 있다. 실제 실행에서, 어퍼처는 단순히, 단일 트랜스듀서 엘리먼트 또는 이미징 제어 전자기기에 의해 공통 그룹으로서 총체적으로 관리되는 트랜스듀서 엘리먼트의 그룹이다. 예를 들어, 몇몇 실시예들에서, 어퍼처는 인접한 어퍼처의 엘리먼트들로부터 물리적으로 분리될 수 있는 엘리먼트들의 물리적 그룹핑일 수 있다. 그러나 인접한 어퍼처들이 반드시 물리적으로 분리될 필요는 없다.
- [0057] [00067] "수신 어퍼처", "고주파 발사 어퍼처" 및/또는 "전송 어퍼처"란 용어들은 원하는 물리적 관점 또는 어퍼처로부터 원하는 전송 또는 수신 기능을 수행하는, 개별 엘리먼트, 어레이 내의 엘리먼트들의 그룹 또는 심지어 공통 하우징 내의 전체 어레이들을 의미하도록 본 명세서에서 이용된다는 것이 주의되어야 한다. 몇몇 실시예들에서, 이러한 전송 및 수신 어퍼처들은 전용 기능성을 갖는, 물리적으로 별개의 컴포넌트들로서 생성될 수 있다. 다른 실시예들에서, 임의의 수의 송신 및/또는 수신 어퍼처들은 필요에 따라, 전자적으로 동적으로 한정될 수 있다. 다른 실시예들에서, 다중 어퍼처 초음파 이미징 시스템은 전용-기능 및 동적-기능 어퍼처들의 결합을 이용할 수 있다.
- [0058] [00068] 본 명세서에서 이용된 바와 같이, "총 어퍼처"란 용어는 모든 이미징 어퍼처들의 총 누적 크기를 지칭한다. 즉, "총 어퍼처"란 용어는 특정한 이미징 사이클에 이용되는 송신 및/또는 수신 엘리먼트들의 임의의 결합의 가장 멀리있는(furthest-most) 트랜스듀서 엘리먼트들 간의 최대 거리에 의해 정의되는 하나 또는 그 초과 차원들을 지칭할 수 있다. 따라서, 총 어퍼처는 특정한 사이클에 대한 송신 또는 수신 어퍼처들로서 지정된 임의의 수의 서브-어퍼처들로 구성된다. 단일-어퍼처 이미징 어레이먼트(single-aperture imaging arrangement)의 경우에, 총 어퍼처, 서브-어퍼처, 전송 어퍼처, 및 수신 어퍼처는 모두 동일한 차원들을 가질 것이다. 다중 어레이 프로브의 경우에, 총 어퍼처의 차원들은 모든 어레이들의 차원들의 합을 포함할 수 있다.
- [0059] [00069] 몇몇 실시예들에서, 2개의 어퍼처들은 연속적인 어레이 상에 서로 인접하게 로케이팅될 수 있다. 또 다른 실시예들에서, 2개의 어퍼처들은 연속적인 어레이 상에 서로 오버랩할 수 있어서, 적어도 하나의 엘리먼트는 2개의 별개의 어퍼처들의 부분으로서 기능하게 된다. 엘리먼트의 위치, 기능, 수 및 어퍼처의 물리적 크기는 특정한 애플리케이션에 대해 요구되는 임의의 방식으로 동적으로 한정될 수 있다. 특정한 애플리케이션에 대한 이들 파라미터들에 관한 제약들은 아래에서 논의될 것이고 그리고/또는 당업자들에게 자명하게 될 것이다.

- [0060] [00070] 본 명세서에서 설명되는 엘리먼트들 및 어레이들은 또한 다중-기능일 수 있다. 즉, 하나의 인스턴스에서 전송기들로서 트랜스듀서 엘리먼트들 또는 어레이들의 지정은 다음 인스턴스에서 수신기들로서 그들의 즉각적인 재지정을 배제하지 않는다. 또한, 본 명세서에서의 제어 시스템의 실시예들은 사용자 입력들, 사전-세팅된 스캔 또는 분해능 기준들, 또는 다른 자동으로 결정된 기준들에 전자적으로 기초하여 이러한 지정들을 구성하기 위한 능력들을 포함한다.
- [0061] [00071] 본 명세서에서 이용된 바와 같이, "지점 소스 전송(point source transmission)"은 단일의 공간적 위치로부터 매질 내로 전송되는 초음파 에너지의 도입을 지칭할 수 있다. 이는 단일 초음파 트랜스듀서 엘리먼트, 또는 단일 전송 어퍼처로서 함께 전송하는 인접한 트랜스듀서 엘리먼트들의 결합을 이용하여 달성될 수 있다. 지점 소스 전송 어퍼처로부터의 단일 전송은 균일한 구면파 프론트(spherical wave front), 또는 2D 슬라이스를 이미징하는 경우에, 2D 슬라이스 내의 균일한 원형과 프론트를 근사화한다. 몇몇 경우들에서, 지점 소스 전송 어퍼처로부터의 원형 또는 구면파 프론트의 단일 전송은 본 명세서에서 "핑(ping)" 또는 "지점 소스 펄스"로서 지칭될 수 있다.
- [0062] [00072] 지점 소스 전송은 그의 공간적 특성들 면에서, 트랜스듀서 엘리먼트 어레이로부터 특정한 방향으로 에너지를 포커싱하는 "위상 어레이 전송"과 상이하다. 위상 어레이 전송은, 고주파 발사파(insonifying wave)를 강화하거나 특정한 관심의 영역으로 스티어링하기 위해, 시퀀스대로 트랜스듀서 엘리먼트들의 그룹의 위상을 조작한다. 짧은 지속시간 위상 어레이 전송은 "위상 어레이 펄스"로서 본 명세서에서 지칭될 수 있다.
- [0063] [00073] 몇몇 실시예들에서, 일련의 전송 핑들(pings)을 이용하는 다중 어퍼처 이미징은 제 1 전송 어퍼처로부터 지점-소스 핑을 전송하고 2개 또는 그 초과 수신 어퍼처들의 엘리먼트들로 에코들을 수신함으로써 동작할 수 있으며, 이들 중 하나 또는 그 초과 전송 어퍼처 중 일부 또는 모든 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 완전한 이미지는 에코들의 핑 전송 및 수신 간의 지연 시간들, 사운드(sound)의 속도, 전송 및 수신 트랜스듀서 엘리먼트들의 상대적 포지션들에 기초하여 스캐터러들의 포지션을 삼각측량(triangulating)함으로써 형성될 수 있다. 그 결과, 각각의 수신 어퍼처는 각각의 전송된 핑의 에코들로부터 완전한 이미지를 형성할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 단일 시간 도메인 프레임은 단일 전송된 핑으로부터 2개 또는 그 초과 수신 어퍼처들에서의 에코들로부터 형성되는 이미지들을 결합함으로써 형성될 수 있다. 다른 실시예들에서, 단일 시간 도메인 프레임은 2개 또는 그 초과 전송된 핑들로부터 하나 또는 그 초과 수신 어퍼처들에서 수신된 에코들로부터 형성되는 이미지들을 결합함으로써 형성될 수 있다. 몇몇 이러한 실시예들에서, 다수의 전송된 핑들은 상이한 전송 어퍼처들로부터 발생할 수 있다.
- [0064] [00074] 도 1은 3-차원 다중 어퍼처 초음파 이미징 프로브(10) 및 이미징되는 팬텀(20)의 실시예를 예시한다. 팬텀(20)은 일반적으로 고체 또는 액체 매질(35) 내의 리플렉터들(30)의 패턴을 포함한다. 몇몇 실시예들에서, 팬텀(20)은 또한 하나 또는 그 초과 "홀들" - 상당한 초음파 신호들을 반사하지 않고 실질적으로 흡수하는 영역들 또는 객체들 - 을 포함할 수 있다. 프로브(10)는 'n', 'j', 및 'k'로 라벨링된 3개의 전송 어퍼처들(이들은 약칭 표기들(Ln, Lj 및 Lk)로 본 명세서에서 지칭될 수 있음)을 포함할 수 있는 좌측 트랜스듀서 어레이(12)를 갖게 도시된다. 우측 트랜스듀서 어레이(14)는 또한 'n', 'j', 및 'k'로 라벨링된 3개의 전송 어퍼처들(이들은 약칭 표기들(Rn, Rj 및 Rk)로 본 명세서에서 지칭될 수 있음)을 포함할 수 있다. 좌측 트랜스듀서 어레이(12)의 엘리먼트들 중 일부 또는 모두는 또한 좌측 수신 어퍼처(13)로서 표기될 수 있다. 유사하게, 우측 트랜스듀서 어레이(14)의 엘리먼트들 중 일부 또는 모두는 우측 수신 어퍼처(15)로서 표기될 수 있다. 좌측 및 우측 어레이들 외에도, 다중 어퍼처 초음파 프로브(10)는 'n', 'j', 및 'k'로 라벨링된 3개의 전송 어퍼처들(이들은 약칭 표기들(Cn, Cj 및 Ck)로 본 명세서에서 지칭될 수 있음)을 포함할 수 있는 중심 트랜스듀서 어레이(16)를 포함할 수 있다. 중심 트랜스듀서 어레이(16)의 엘리먼트들 중 일부 또는 모두는 또한 중심 수신 어퍼처(17)로서 표기될 수 있다. 3개의 어퍼처들 각각은 1, 2, 또는 3차원들로 서로 이격될 수 있는 임의의 수의 트랜스듀서 엘리먼트들을 포함할 수 있다는 것이 이해되어야 한다.
- [0065] [00075] 다른 실시예들에서, 임의의 다른 다중 어퍼처 초음파 이미징 프로브는 아래에서 설명되는 시스템들 및 방법들을 이용하여 교정될 수 있다. 예를 들어, 도 2는 팬텀(20) 위에 포지셔닝되는 단일의 큰(즉, 의도된 이미징 애플리케이션에 대한 예상된 코히어런스 폭보다 더 큰) 연속적인 커브드(curved) 어레이(18)를 갖는 다중 어퍼처 초음파 프로브(55)를 예시한다. 아래의 교정 방법들 및 디바이스들의 몇몇 실시예들은 도 3에서 예시된 것과 같은 조정 가능한 프로브들과 관련하여 특히 유용할 수 있다. 도 3은 팬텀(20) 위에 포지셔닝되는 조정 가능한 다중 어퍼처 초음파 프로브(11)를 예시한다. 도 4a는, 경식도(transesophageal) 포지셔닝 및 이미징을

위해 구성되고 사이징(size)된 내시경(104)의 말단부에 포지셔닝되는 하나 또는 그 초과와 트랜스듀서 어레이들(102)을 갖는 다중 어퍼처 초음파 프로브(100)를 예시한다. 도 4b는, 경직장 포지셔닝 및 이미징을 위해 구성되고 사이징되는 하나 또는 그 초과와 트랜스듀서 어레이들(112) 및 하우징(114)을 갖는 다중 어퍼처 초음파 프로브(110)를 예시한다. 도 4c는, 모두가 정맥 포지셔닝 및 이미징을 위해 구성되고 사이징될 수 있는, 도관(126)의 말단부에 포지셔닝되는 하나 또는 그 초과와 트랜스듀서 어레이들(122) 및 하우징(124)을 포함하는 다중 어퍼처 초음파 프로브(120)를 예시한다. 도 4d는 경질적(trans-vaginal) 포지셔닝 및 이미징을 위해 구성되고 사이징되는 하나 또는 그 초과와 트랜스듀서 어레이들(132) 및 하우징(134)을 갖는 다중 어퍼처 초음파 프로브(130)를 예시한다. 도 4e는, 팔들 및 다리들과 같은 커브드 해부 구조들 위에 포지셔닝하도록 구성되고 사이징되는 연속적인 커브드 트랜스듀서 어레이(142) 및 하우징(144) 및 측면-장착식 케이블(146)을 갖는 다중 어퍼처 초음파 프로브(140)를 예시한다. 도 4f는 2개의 축들을 중심으로 오목한 곡물을 가질 수 있는 큰 원형 어레이(152)를 갖는 다중 어퍼처 초음파 프로브(150)를 예시한다. 도 4f의 프로브 및 다른 프로브들은 직교하는 축들을 따른 상당한 변위를 갖는 트랜스듀서 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 이러한 프로브들은 3-차원 볼륨으로부터 에코 데이터를 직접 획득하는데 특히 적합할 수 있다. 이들 또는 다른 초음파 프로브들 중 임의의 것(단일-어퍼처 초음파 프로브들을 포함함)은 본 명세서에서의 시스템들 및 방법들을 이용하여 교정될 수 있다.

[0066]

[00076] 본 명세서에서 이용된 바와 같이, "팬텀(phantom)"이란 용어는 초음파 프로브에 의해 이미징되는 임의의 실질적으로 정적인 객체를 지칭할 수 있다. 예를 들어, 소노그래퍼(sonographer) 트레이닝을 위해 설계된 임의의 수의 팬텀들은 Gammex, Inc.(gammex.com)와 같은, 의료 장비의 다양한 공급자들로부터 폭넓게 상업적으로 입수 가능하다. 몇몇 상업적으로 입수 가능한 팬텀들은 특정 또는 일반 인간 조직들과 같이 이미징되는 객체들의 이미징 특성들을 모방하도록 이루어진다. 이러한 특성들은 아래에서 추가로 설명되는 바와 같이 본 발명의 다양한 실시예들에 의해 요구되거나 요구되지 않을 수 있다. "팬텀"이란 용어는 또한 실질적으로 정적인 강한 리플렉터(strong reflector)를 갖는 인간 또는 동물 신체의 영역과 같이 실질적으로 정적인 리플렉터들을 갖는 다른 객체들을 포함할 수 있다. 객체는 본 명세서에서 설명되는 교정 프로세스들을 위한 팬텀처럼 이용될 팬텀으로서 특별히 만들어질 필요는 없다.

[0067]

[00077] 도 1을 참조하면, 다중 어퍼처 이미징 프로세스의 하나의 예시적인 실시예에서, 제 1 이미지는 제 1 전송 어퍼처(Ln)로부터 제 1 평을 전송하고 좌측 수신 어퍼처(13)에서 제 1 평의 에코들을 수신함으로써 형성될 수 있다. 제 2 이미지는 우측 수신 어퍼처(15)에서 수신되는 제 1 평의 에코들로부터 형성될 수 있다. 제 3 및 제 4 이미지들은 제 2 전송 어퍼처(Lj)로부터 제 2 평을 전송하고 좌측 수신 어퍼처(13) 및 우측 수신 어퍼처(15)에서 제 2 평의 에코들을 수신함으로써 형성될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 모든 4개의 이미지들은 이후 단일 시간 도메인 프레임의 형성하도록 결합될 수 있다. 다른 실시예들에서, 단일 시간 도메인 프레임은 임의의 수의 전송 어퍼처들에 의해 전송된 임의의 수의 평들로부터, 임의의 수의 수신 어퍼처들에서 수신된 에코들로부터 획득될 수 있다. 시간 도메인 프레임들은 이후 연속적인 이동하는 이미지로서 디스플레이 스크린 상에 순차적으로 디스플레이될 수 있다. 정지 이미지들은 또한 위의 기법들 중 임의의 것을 이용하여 형성될 수 있다.

[0068]

[00078] 몇몇 실시예들에서, 수신 어퍼처의 폭은, 사운드의 속도가 스캐터러로부터 수신 어퍼처의 각각의 엘리먼트로의 각각의 경로에 대해 동일하다는 가정에 의해 제한될 수 있다. 충분히 좁은 수신 어퍼처에서, 이러한 단순화 가정이 허용 가능하다. 그러나 수신 어퍼처 폭이 증가함에 따라, 변곡점(inflexion point)("최대 코히어런트 어퍼처 폭(maximum coherent aperture width)" 또는 "코히어런스 폭"으로서 본 명세서에서 지칭됨)이 도달될 것이며, 이 변곡점에서, 에코 리턴 경로들은 반드시 상이한 사운드 속도들을 갖는 상이한 타입들의 조직을 통과할 것이다. 이 차이가 180도를 초과하는 위상 시프트들을 초래할 때, 최대 코히어런트 수신 어퍼처 폭을 넘는 부가적인 수신 엘리먼트들은 실제로 이미지를 개선하기 보단 오히려 이미지를 저하시킬 것이다. 코히어런스 폭은 의도된 이미징 애플리케이션에 의존하여 변동될 것이며, 미리 예측하는 것이 불가능하지 않지만 어렵다.

[0069]

[00079] 그러므로, 최대 코히어런트 폭보다 더 큰 총 어퍼처 폭을 갖는 와이드 프로브(wide probe)를 이용하기 위해, 전체(full) 프로브 폭이 다중 어퍼처들로 물리적으로 또는 논리적으로 분할될 수 있으며, 다중 어퍼처들 각각은 수신된 신호들의 위상 상쇄(phase cancellation)를 방지하기 충분히 작고 최대 코히어런트 어퍼처 폭 미만의 폭으로 제한될 수 있다. 최대 코히어런트 폭은 상이한 환자들에 대해 그리고 동일한 환자에 대한 상이한 프로브 포지션들에 대해 상이할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 절충 폭(compromise width)은 주어진 프로브 시스템에 대해 결정될 수 있다. 다른 실시예들에서, 다중 어퍼처 초음파 이미징 제어 시스템은 상당한 위상 상쇄를 방지하기에 충분히 작은 그룹들로 다중 어퍼처들의 이용 가능한 엘리먼트들을 세분화하도록 하는 동적인 알고

리즘을 통해 구성될 수 있다.

- [0070] [00080] 몇몇 실시예들에서, 최대 코히어런트 폭 미만의 폭을 갖는 어퍼처들로 엘리먼트들을 그룹핑하면서 부가적인 설계 제약들을 충족하는 것은 어렵거나 불가능할 수 있다. 예를 들어, 물질이 매우 작은 영역들에 걸쳐서 지나치게 이질적인 경우, 최대 코히어런트 폭 미만이 되기에 충분히 작은 어퍼처들을 형성하는 것은 비현실적일 수 있다. 유사하게, 시스템이 상당한 깊이의 매우 작은 타겟을 이미징하도록 설계되는 경우, 최대 코히어런트 폭보다 더 큰 폭을 갖는 어퍼처가 필요할 수 있다. 이러한 경우에, 최대 코히어런트 폭보다 더 큰 폭을 갖는 수신 어퍼처는 부가적인 조정들을 행함으로써 수용될 수 있거나, 또는 상이한 경로를 따른 사운드-속도에서의 차이들을 참작하기 위한 보정들이 이루어질 수 있다. 이러한 사운드-속도 조정들의 몇몇 예들이 본 명세서에서 제공된다.
- [0071] [00081] 지점-소스 전송 이미징 기법(평-기반 이미징으로서 또한 지칭됨)을 이용하는 다중 어퍼처 프로브에 있어서, 각각의 이미지 픽셀은 다중 전송 어퍼처들 각각으로부터의 그리고 다중 수신 어퍼처들 각각에서 수신된 에코들로부터의 정보를 결합하도록, 수신된 에코 데이터를 빔포밍(beamforming)함으로써 어셈블리될 수 있다. 지점-소스 전송을 갖는 다중 어퍼처 이미징의 몇몇 실시예들에서, 수신 빔포밍은 검사되는 객체의 스캐터러로부터 수신 트랜스듀서 엘리먼트들 상의 시간-지연된 에코 리턴들을 합산함으로써, 재구성된 이미지의 픽셀을 형성하는 것을 포함한다. 시간 지연들은 이미징되는 매질을 통해 사운드의 속도에 대해 가해진 값 및 프로브 엘리먼트들의ジオ메트리에 의해 결정될 수 있다.
- [0072] [00082] 단일 리플렉터의 위치(locus)는 전송 트랜스듀서 엘리먼트(들)의 포지션의 제 1 포커스 및 수신 트랜스듀서 엘리먼트의 포지션의 제 2 포커스를 갖는 타원을 따라 놓일 것이다. 몇 개의 다른 가능한 리플렉터들이 동일한 타원을 따라 놓이지만, 동일한 리플렉터의 에코들은 또한 수신 어퍼처의 다른 수신 트랜스듀서 엘리먼트들 각각에 의해 수신될 것이다. 각각의 수신 트랜스듀서 엘리먼트의 약간의 상이한 포지션들은, 각각의 수신 엘리먼트가 주어진 리플렉터에 대해 미묘하게 상이한 타원을 정의할 것임을 의미한다. 공통 수신 어퍼처의 모든 엘리먼트들에 대한 타원들을 코히어런트하게 합산함으로써 결과들을 누적하는 것은 리플렉터에 대한 타원들의 교차를 나타낼 것이고, 그에 의해, 리플렉터를 표현하는 픽셀을 디스플레이할 지점을 향해 수렴하게 된다. 이로써, 임의의 수의 수신 엘리먼트들에 의해 수신된 에코 진폭들이 각각의 픽셀 값으로 결합될 수 있다. 다른 실시예들에서, 실질적으로 동일한 이미지에 도달하기 위한 계산이 상이하게 구성될 수 있다.
- [0073] [00083] 각각의 전송 및 수신 엘리먼트의 포지션은 평-기반 초음파 이미징 동안 이미지를 생성하는데 중요한 역할을 하기 때문에, 평-기반 이미징으로부터 생성된 이미지의 품질은 실질적으로 트랜스듀서 엘리먼트들의 상대적 포지션들을 설명하는 정보의 정확도에 의존한다.
- [0074] [00084] 다양한 알고리즘들은 별개의 수신 엘리먼트들에 의해 수신되는 각각의 신호들을 결합하기 위해 이용될 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시예들은 개별적으로 에코-신호들을 프로세싱할 수 있으며, 각각의 에코 신호는 그의 타원을 따른 모든 가능한 위치들에 플로팅되며, 그 다음 다음 에코 신호로 진행하게 된다. 대안적으로, 각각의 픽셀 위치는 개별적으로 프로세싱될 수 있으며, 다음 픽셀 위치로 진행하기 이전의 해당 픽셀 위치에 잠재적으로 기여하는 모든 에코들이 식별되고 프로세싱된다.
- [0075] [00085] 이미지 품질은 동일하거나 상이한 지점 소스(또는 다수의 상이한 지점 소스들)로부터 전송된, 하나 또는 그 초과 후속의 전송된 평들로부터 빔포머에 의해 형성되는 이미지들을 결합함으로써 추가로 개선될 수 있다. 이미지 품질에 대한 또 다른 개선들은 하나 초과 수신 어퍼처에 의해 형성되는 이미지들을 결합함으로써 획득될 수 있다. 상이한 평들, 상이한 전송-지점 소스들 또는 상이한 수신 어퍼처들로부터의 이미지들의 합산이 코히어런트 합(위상 민감성) 또는 인코히어런트 합(incoherent summation)(위상 정보 없이 신호들의 크기의 합)이 되어야 하는지가 중요한 고려사항이다.
- [0076] [00086] 몇몇 실시예들에서, 일련의 전송된 평들을 이용한 다중 어퍼처 이미징은 제 1 전송 어퍼처로부터의 지점-소스 평을 전송하고 (전송 어퍼처와 오버랩할 수 있는) 하나 또는 그 초과 수신 어퍼처들의 엘리먼트로 에코들을 수신함으로써 동작할 수 있다. 완전한 이미지는 각각의 지점-소스 전송 어퍼처에 대한 각각의 수신 엘리먼트의 알려진 포지션 및 전송 및 수신 에코들 간의 지연 시간들에 기초하여 스캐터러의 포지션을 삼각측량함으로써 형성될 수 있다. 그 결과, 완전한 이미지는 각각의 전송된 평의 에코들로부터 각각의 수신 어퍼처에서 수신된 데이터로부터 형성될 수 있다.
- [0077] [00087] 수신 어퍼처 및 평의 서로 다른 고유한 결합들로부터 획득된 이미지들은 이미지 층들로서 본 명세서에서 지칭될 수 있다. 다수의 이미지 층들은 최종 결합된 이미지의 전체 품질을 개선하도록 결합될 수 있다. 따

라서, 몇몇 실시예들에서, 이미지 층들의 수는 수신 어퍼처의 수와 전송 어퍼처들의 수의 곱일 수 있다(여기서 "전송 어퍼처"는 단일 전송 엘리먼트 또는 전송 엘리먼트들의 그룹일 수 있음). 다른 실시예들에서, 동일한 평 이미징 프로세스들은 또한 단일 수신 어퍼처를 이용하여 수행될 수 있다.

[0078]

팬텀 교정 실시예들

[0079]

[00088] 팬텀을 이용한 초음파 프로브 교정 방법들의 몇몇 실시예들은 일반적으로 몇몇 알려진 기준 참조 데이터를 이용하여 팬텀을 특징화하는 단계, 및 이후, 교정될 프로브로 팬텀을 이미징하는 단계를 포함할 수 있다. 알려진 참조 데이터와 생성된 이미지로부터 획득된 데이터 간의 오차가 이후 수량화되고, 개선된 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 정보를 획득하기 위해 반복적 최적화 루틴이 이용될 수 있다. 이러한 개선된 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 변수들은 이후 교정된 프로브를 이용한 후속 이미징 동안 이용을 위해 저장될 수 있다.

[0080]

[00089] 도 1은 다중 어퍼처 프로브를 교정하기 위해 이용될 수 있는 팬텀(20)의 일 실시예를 예시한다. 몇몇 실시예들에서, 다중 어퍼처 프로브를 교정하기 위한 팬텀(20)은 일관되고 알려진 사운드-속도를 갖는 고체, 액체 또는 겔(gel) 물질(35) 내의, 2-차원 패턴으로 배열되는 복수의 리플렉터들(30)을 포함할 수 있다. 리플렉터들은 임의의 물질, 예컨대 플라스틱, 금속, 나무, 세라믹, 또는 주변 매질에 비해 초음파들을 상당히 고도로 반사하는 임의의 다른 고체 물질로 이루어질 수 있다.

[0081]

[00090] 몇몇 실시예들에서, 리플렉터들(30)은 교정 프로세스를 용이하게 하도록 선택된 특성들을 가질 수 있는 패턴으로 팬텀(20)에 배열될 수 있다. 예를 들어, 비-반복 리플렉터 패턴은 교정 프로세스가 혼동 없이 리플렉터들의 이미징된 포지션을 인지하도록 허용할 것이다. 예를 들어, 완전한 그리드 패턴은, 패턴의 부분들이 단지, 하나의 전체(full) 그리드 포지션을 시프트함으로써 동일하게 복제되기 때문에 매우 반복적이다. 몇몇 실시예들에서, 리플렉터들의 패턴은 또한 Y 축(47)을 따른 변위를 갖는 리플렉터들의 수와 대략 동일한, X 축(46)을 따른 변위를 갖는 리플렉터들의 수를 포함할 수 있다. 따라서, 몇몇 실시예들에서, 십자가 또는 더하기 부호의 형상의 패턴이 이용될 수 있다. 다른 실시예들에서, 리플렉터들은 랜덤하게, 또는 X-형상, 별표(asterisk), 선버스트(sunburst), 나선 또는 임의의 다른 패턴과 같은 다른 패턴들로 포지셔닝될 수 있다.

[0082]

[00091] 몇몇 실시예들에서, 리플렉터들은 또한 z-방향(48)으로의 깊이 또는 구별 가능한 세부사항을 가질 수 있다. 예를 들어, 리플렉터들(30)은 z-방향(48)을 따른 세로 축들을 갖는 막대(rod)일 수 있다. 대안적으로, 리플렉터들은 실질적으로 구면 또는 균일한 3-차원 형상들일 수 있다. 다른 실시예들에서, 교차하는 와이어 또는 막대들의 어레이먼트는 팬텀 내의 3-차원 공간에 구별 가능한 패턴을 형성하는데 이용될 수 있다.

[0083]

[00092] 교정 팬텀(20)의 리플렉터들(30)은 임의의 크기 또는 원하는 형상으로 이루어질 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 리플렉터들(30)은 이용되는 초음파 신호들의 파장과 동일한 정도의 크기인 원지름(circular diameter)을 가질 수 있다. 일반적으로 더 작은 리플렉터들은 더 나은 교정을 제공할 수 있지만, 몇몇 실시예들에서, 리플렉터들의 정밀한 크기가 중요한 팩터일 필요는 없다. 몇몇 실시예들에서, 팬텀의 모든 리플렉터들(30)은 서로 동일한 크기일 수 있지만, 다른 실시예들에서, 리플렉터들(30)은 다양한 크기로 제공될 수 있다.

[0084]

[00093] 몇몇 실시예들에서, 팬텀(20)에서 리플렉터들의 물리적 크기 및 위치는 팬텀의 구성 이전에, 팬텀 구성 중간에 또는 팬텀 구성 이후에 팬텀의 기계적 측정에 의해(또는 알려진-교정된 시스템을 이용한 광학 측정 또는 초음파 측정과 같은 다른 방법들에 의해) 결정될 수 있다. 리플렉터 포지션 참조 데이터는 이후 교정 프로세스를 수행하는 소프트웨어 또는 펌웨어에 의해 액세스 가능한 메모리 디바이스 내에 리플렉터 위치 정보를 저장함으로써 획득될 수 있다. 이러한 참조 데이터는 포지션, 크기, 배향, 어레이먼트 또는 팬텀의 홀들 및/또는 리플렉터들에 관한 다른 정보와 같은 정보를 포함할 수 있다. 참조 데이터는 일련의 데이터 지점으로서 또는 참조 이미지로서 표현되거나 저장될 수 있다. 대안적으로, 참조 데이터는 참조 초음파 이미지로부터 추출될 수 있다.

[0085]

[00094] 몇몇 실시예들에서, 팬텀의 참조 이미지는 프로브 또는 잘 교정된 것으로 알려진 프로브 내의 어레이를 이용하여 획득될 수 있다. 다른 실시예들에서, 팬텀의 참조 이미지는 프로브의 엘리먼트들의 선택된 그룹을 이용하여 획득될 수 있다. 리플렉터 크기 및/또는 위치 정보는 이후 프로브의 잔여 엘리먼트들 또는 상이한 프로브를 교정하는데 이용하기 위해 참조 이미지로부터 결정될 수 있다.

[0086]

[00095] 그러므로, 몇몇 실시예들에서, 참조 이미지는 메모리 디바이스로부터 이전에-결정된 리플렉터 포지션 데이터를 리트리브함으로써 획득될 수 있다. 다른 실시예들에서, 참조 이미지는 프로브 내의 모든 엘리먼트들의 서브-세트를 이용하여 팬텀을 이미징함으로써 획득될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, (상술된 바와 같이) 가

정된 최대 코히어런스 폭보다 더 넓지 않은 어퍼처를 이용하여 참조 이미지를 획득하는 것이 바람직할 수 있다. 이는 상이한 초음파 경로를 따른 사운드-속도의 변동들을 보정할 필요 없이 참조 이미지가 형성되도록 허용한다. 팬텀이 (리플렉터들 및/또는 홀들을 제외하고) 균일한 사운드-속도를 갖는 것으로 알려진 경우, 코히어런스 폭은 다중 어퍼처 프로브의 전체 총 어퍼처 만큼 크게 될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 의도된 이미징 애플리케이션에 대한 코히어런스 폭보다 더 작은 수신 어퍼처로 참조 이미지를 획득하는 것은 시작 지점으로서 유용할 수 있다.

[00087] [00096] 예를 들어, 도 1에서 도시된 것과 같이 3-어레이 프로브를 교정할 때, 참조 이미지는 어레이들 중 단지 하나(예를 들어, 중심 어레이(16), 좌측 어레이(12) 또는 우측 어레이(14))만을 이용하여 팬텀(20)을 이미징함으로써 획득될 수 있다. 다른 실시예들에서, 예컨대, 도 2에서 도시된 것과 같이 연속적으로 블록한 트랜스듀서 어레이(18)로 프로브를 교정할 때, 참조 이미지는 어레이의 트랜스듀서 엘리먼트들의 작은 그룹만을 이용하여 팬텀(20)을 이미징함으로써 획득될 수 있다. 예를 들어, 커브드 어레이의 중심 근처의 엘리먼트들의 그룹이 참조 이미지를 획득하기 위한 전송 및/또는 수신 엘리먼트들로서 이용될 수 있다. 유사하게, 참조 이미지는 도 3에서 도시된 것과 같이 조정 가능한 프로브(11)의 단일의 조정 가능한 어레이(19)를 이용하여 획득될 수 있다. 참조 이미지들은 유사한 방식으로 임의의 다중 어퍼처 초음파 이미징 프로브를 이용하여 획득될 수 있다.

[00088] [00097] 예를 들어, 도 2에서 도시된 바와 같이, 몇몇 실시예들에서, 팬텀은 프로브-보유 부분(50)을 포함하는 인클로저에 장착될 수 있다. 장착 브라킷(52)은 또한 교정 프로세스 동안 팬텀(20)에 대해 일관적 포지션으로 프로브(55)를 고정되게 유지하기 위해 제공될 수 있다. 임의의 기계적 브라킷이 이용될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 커플링 젤 및/또는 젤 또는 유체-충전 스탠드오프(42)는 초음파 신호들이 통과하는 연속적인 매질을 제공하는데 이용될 수 있다. 커플링 젤 및/또는 스탠드오프(42)는 팬텀 매질과 대략 동일한 사운드-속도를 가져야 한다. 몇몇 실시예들에서, 스탠드오프(42)는 액체 또는 젤-충전 백(bag)일 수 있다.

[00089] [00098] 도 5a는 특정한 형상들의 프로브들을 수용하도록 설계된 복수의 수용 슬롯들(310)을 갖는 도킹 섹션(342)을 포함하는 대안적인 어레이먼트를 예시한다. 도킹 섹션(342)은 팬텀(20)의 물질과 동일한 물질로 이루어질 수 있다. 대안적으로, 도킹 섹션(342)은 팬텀(20)과 동일한 사운드-속도 특성들을 갖는 물질로 이루어질 수 있다. 도 5b에서 도시된 바와 같이, 다수의 프로브 수용 슬롯들(310)이 단일 도킹 섹션(342)에 제공될 수 있다. 다양한 실시예들에서, 각각의 프로브 수용 슬롯(310)은 하나 또는 그 초과 특정한 초음파 프로브들을 수용하도록 사이징되고, 형상화되고 그렇지 않으면 구성될 수 있다.

[00090] [00099] 도 6은 팬텀을 이용하여 다중 어퍼처 프로브를 교정하기 위한 프로세스(400)의 실시예를 예시하는 프로세스 흐름도이다. 일반적으로, 프로세스(400)의 몇몇 실시예들은 팬텀에 관한 알려진 정보(예컨대, 리플렉터 또는 홀 포지션들, 크기들 등)를 특징화하는 참조 데이터를 획득하는 단계(402), 테스트 전송(TX) 어퍼처로 팬텀에 고주파를 발사하는 단계(404), 테스트 수신(RX) 어퍼처로 에코들을 수신하는 단계(405), 수신된 에코 데이터를 적어도 일시적으로 저장하는 단계(406), 에코 데이터를 빔포밍함으로써 리플렉터들의 테스트 이미지를 형성하는 단계(408), 생성된 이미지 및 참조 데이터의 비교에 기초하여 오차 함수를 결정하는 단계(412), 오차 함수를 최소화(414)하여 개선된 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 변수들을 획득하는 단계(416)를 포함할 수 있다. 결과적인 개선된 엘리먼트 포지션 정보는 빔포밍 프로세스에 의한 후속적인 이용을 위해 메모리 디바이스에 저장될 수 있다. 단계들(404-416)은 이후 프로브의 각각의 부가적인 전송 및/또는 수신 어퍼처에 대해 반복될 수 있고, 프로브 내 각각의 전송 및/또는 수신 어퍼처의 각각의 트랜스듀서 엘리먼트의 포지션이 공통 좌표계에 대해 결정될 수 있다.

[00091] [00100] 몇몇 실시예들에서, 프로세스(400)는 소프트웨어 또는 펌웨어에서 완전히 자동화될 수 있다. 다른 실시예들에서, 적어도 몇몇 단계들은 예컨대, 획득된 이미지와 참조 이미지 간의 오차를 수량화하기 위해 또는 식별하기 위해 인간 참여를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 인간 사용자는 또한 결과적인 이미지가 "충분히 양호"한지, 또는 교정 프로세스가 반복되거나 지속되어야 하는지를 결정하도록 요청받을 수 있다.

[00092] [00101] 다양한 실시예들에서, 프로세스(400)는 하나 또는 그 초과 테스트 전송 어퍼처들, 하나 또는 그 초과 테스트 수신 어퍼처들 또는 둘 다의 포지션을 교정하는데 이용될 수 있다. 어떤 타입의 어퍼처를 교정할지에 관한 선택은 팩터들 예컨대, 프로브의 구성, 전송 또는 수신 어퍼처들의 수 또는 다른 팩터들에 의존할 수 있다. 교정 프로세스에 대해 이용되는 테스트 전송 어퍼처들 및 테스트 수신 어퍼처들의 정의들은, 프로브에 의한 정상 이미징을 위해 이용되는 어퍼처들의 정의와 동일할 수 있지만, 반드시 동일할 필요는 없다. 그러므로 본 명세서에서 이용된 바와 같은 "테스트 어퍼처"란 문구는 달리 특정되지 않으면 전송 테스트 어퍼처 또는 수신 테스트 어퍼처 중 어느 하나를 지칭할 수 있다.

- [0093] [000102] 몇몇 실시예들에서, 도 6의 프로세스(400) 동안 이용되는 테스트 전송 어퍼처 및 테스트 수신 어퍼처는 실질적으로 서로 근접할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시예들에서, 테스트 전송 어퍼처 및 테스트 수신 어퍼처는 서로에 대해, 의도된 이미징 애플리케이션의 예상된 코히어런스 폭 내에 있을 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시예들에서, 수신 어퍼처는 공통 어레이 상의 모든 엘리먼트들(예를 들어, 공통 후면 블록을 공유하는 엘리먼트)을 포함할 수 있다. 대안적으로, 수신 어퍼처는 2개 또는 그 초과와 별개의 어레이들로부터의 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 추가의 실시예들에서, 수신 어퍼처는 큰 연속적인 어레이를 따른 트랜스듀서 엘리먼트들의 선택된 그룹을 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 테스트 전송 어퍼처 및 테스트 수신 어퍼처는 서로 근접할 필요는 없고, 임의의 예상된 코히어런스 폭보다 더 먼 거리만큼 서로 이격될 수 있다. 추가의 실시예들에서, 팬텀이 균일한 사운드 속도를 갖는 것으로 알려진 경우, 코히어런스 폭이 중요한 고려사항일 필요는 없다.
- [0094] [000103] 몇몇 실시예들에서, 단일 전송 테스트 어퍼처는 테스트 이미지가 형성될 수 있는 참조 이미지 및 데이터 둘 다를 획득하기 위해 이용될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 제 1 수신 어퍼처는 참조 이미지를 형성하는데 이용될 수 있고, 제 2 (또는 제 3, 등) 수신 어퍼처는 테스트 이미지 데이터를 획득하는데 이용될 수 있다. 유사하게, 단일 수신 어퍼처는, 상이한 전송 어퍼처들이 참조 이미지 및 테스트 이미지 데이터에 대해 이용되는 경우, 테스트 이미지에 대한 참조 이미지 및 데이터 둘 다를 획득하기 위해 이용될 수 있다. 따라서, 테스트 전송 어퍼처 및 테스트 수신 어퍼처가 반드시 서로 가까이 있을 필요는 없다. 다른 실시예들에서, 참조 이미지들은 제 1 어레이의 전송 및 수신 엘리먼트들을 이용하여 획득될 수 있는 반면에, 테스트 이미지들에 대한 데이터는 제 2 어레이의 전송 및 수신 엘리먼트들을 이용하여 획득될 수 있으며, 여기서 제 2 어레이는 교정될 테스트 어레이이다.
- [0095] [000104] 위에서 설명된 바와 같이, 몇몇 실시예들에서, 참조 데이터를 획득하는 단계(402)는 데이터 저장 디바이스로부터 참조 데이터를 리트리브하는 것을 포함할 수 있다. 이러한 데이터 저장 디바이스는 물리적으로 고정 제어기 내에, 초음파 이미징 시스템 내에, 프로브 내에, 또는 유선 또는 무선 네트워크 연결을 통해 액세스 가능할 수 있는 별개의 저장 디바이스 상에 로케이팅될 수 있다. 대안적으로, 참조 데이터를 획득하는 단계(402)는 트랜스듀서 엘리먼트들의 참조 그룹으로 팬텀을 이미징하는 것을 포함할 수 있다.
- [0096] [000105] 몇몇 실시예들에서, 테스트 전송 어퍼처로 팬텀에 고주파를 발사하는 단계(404)는 전송 어퍼처의 하나 또는 그 초과와 전송 엘리먼트들로부터 하나 또는 그 초과와 펄들을 전송하는 것을 포함할 수 있다. 단일 전송 어퍼처는 통상적으로 1, 2, 3, 또는 적은 수의 인접한 엘리먼트들을 포함할 수 있다.
- [0097] [000106] 각각의 전송된 펄 이후에, 리턴 에코들은 테스트 수신 어퍼처의 모든 수신 엘리먼트들에 의해 수신될 수 있고, 에코 데이터는 디지털 메모리 디바이스에서 디지털화되고 저장(406)될 수 있다. 메모리 디바이스는 이미징 및 교정 프로세스들을 수행하는 컴퓨팅 디바이스에 의해 전자적으로 액세스 가능한 임의의 물리적 위치에 있는 임의의 휘발성 또는 비-휘발성 디지털 메모리 디바이스일 수 있다.
- [0098] [000107] 수신된 에코 데이터는 이후 빔포밍되고 프로세싱되어 테스트 이미지를 형성할 수 있다(408). 몇몇 실시예들에서, 테스트 전송 어퍼처로 팬텀에 고주파를 발사하는 단계(404) 및 테스트 수신 어퍼처로 에코들을 수신하는 단계(405)는 상이한 전송 어퍼처들 및/또는 수신 어퍼처들의 다수의 결합들을 이용하여 반복될 수 있으며, 이러한 전송 및 수신으로부터 획득되는(408) 이미지들은 프로세스(400)의 후속 단계들로 진행하기 이전에 이미지 층 결합으로써 지칭되는 프로세스에서 결합될 수 있다.
- [0099] [000108] 다양한 실시예들에서, 오차 함수는 팬텀 참조 데이터(예를 들어, 팬텀 내의 리플렉터들의 위치선에 관해 알려진 정보)와 테스트 수신 어퍼처로 획득된 팬텀의 이미지 간의 약간의 차이로부터 결정될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 오차 함수의 선택은 이용된 팬텀의 특성들, 이용 가능한 프로세싱 능력들, 선택된 최적화 방법 또는 다수의 다른 팩터들에 기초할 수 있다.
- [0100] [000109] 몇몇 실시예들에서, 변형된 최소 스퀘어 최적화 방법(least squares optimization method)은 예상된 리플렉터 중심과 이미징된 리플렉터 중심 간의 어그리게이팅된 직선 오차 거리(agggregated straight-line error distance)의 제공에 기초하여 오차 함수를 최소화하는데 이용될 수 있다. 예를 들어, 테스트 수신 어퍼처에서 수신된 에코들로 팬텀의 이미지를 형성한 이후, 시스템은 각각의 알려진 리플렉터의 대략적으로 예상된 위치에서 대략적으로 예상된 크기의 이미지의 가장 밝은 지점을 식별함으로써 이미지에서 각각의 리플렉터의 위치를 식별할 수 있다. 각각의 리플렉터가 식별되면, 각각의 리플렉터의 예상된 위치선과 이미징된 위치선 간의 오차가 결정될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 이들 개별 리플렉터-위치선 오차들은 이후 예컨대, 모든 개별 리플렉터 오차들을 합산함으로써 집합적 리플렉터 패턴 오차로 어그리게이팅될 수 있다. 대안적으로, 개별 오차들은 예컨대, 개별 오차들의 최대 오차, 평균, 또는 가중화된 합을 구함으로써 임의의 다른 기능을 이용하여 어그리

게이팅될 수 있다. 예를 들어, 팬텀이 다른 것들보다 검출하기 더 어려운 몇몇 리플렉터들을 갖는 경우, 검출하기 어려운 리플렉터들에는 보다 밸런싱된 결과를 획득하도록 어그리게이트 오차 함수에서 더 적은 가중치가 주어질 수 있다. 다양한 실시예들에서, 이러한 개별 및/또는 어그리게이트 오차들은 스칼라 또는 벡터 수량들 중 어느 하나일 수 있다.

[0101]

[000110] 몇몇 실시예들에서, 리플렉터 이미지들은 각각의 리플렉터의 예상된 위치를 둘러싸는 미리 결정된 검색 영역 내에서 발견될 수 있다. 검색 영역의 형상 및 크기는 리플렉터들의 알려진 패턴 및 리플렉터들 간의 거리에 기초하여 정의될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 리플렉터들의 이미지들은 근처의 리플렉터들에 관한 정보 및 리플렉터들의 알려진 패턴을 이용하여 인공 지능 또는 확률 분석에 의해 식별될 수 있다. 다른 실시예들에서, 각각의 리플렉터 주위의 검색 영역은 원형, 직사각형 또는 예상된 리플렉터 포지션의 중심점에 중심을 둔 다른 지오메트리 영역을 포함할 수 있다. 검색 영역의 크기는 이미징된 리플렉터들보다 더 크게 되도록 선택될 수 있지만, 통상적으로 인접한 검색 영역들이 오버랩하지 않도록 충분히 작다.

[0102]

[000111] 몇몇 실시예들에서, 팬텀 내의 리플렉터들의 실제 포지션들이 알려질 때, 이 지식은 팬텀의 이미지를 형성하는 프로세스를 상당히 단순화시키는데 이용될 수 있다. 예를 들어, 이미지를 형성하는 단계(408)는 (전체 이미지 필드를 빔포닝하기 보단 오히려) 팬텀 내의 리플렉터들의 예상된 포지션들 주위의 검색 영역들을 표현하는 에코들만을 빔포밍하는 것으로 제한될 수 있다. 다른 실시예들에서, 빔포밍은 리플렉터들의 전체 패턴을 정의하는 검색 영역으로 제한될 수 있다. 예를 들어, 이는 몇몇 실시예들에서, 도 1의 핀들의 예상된 포지션보다 약간 더 넓은 수직 및 수평 픽셀 대역들을 빔포밍함으로써 달성될 수 있다.

[0103]

[000112] 몇몇 실시예들에서, 오차 함수는 하나 또는 그 초과와 단순화 가정들에 기초하여 정의될 수 있다. 예를 들어, 각각의 개별 리플렉터의 2-차원 또는 3-차원 포지션에 기초하여 검출 및 최적화하는 대신, 선 또는 커브(curve)가 일련의 리플렉터들에 맞춰질 수 있다. 예를 들어, 도 1에서 도시된 팬텀 레이아웃을 이용하면, 수직선은 Y 축을 따라 이격되는 핀들을 통하게 그려질 수 있다. 실제로, 수직 핀들의 가까운 위치에 있는 리플렉터들이 검출되고, 검출된 리플렉터들을 통해 맞춤선(fit line)이 계산될 수 있고, 맞춤선의 품질은 결정의 계수( $R^2$  값)와 같은 팩터를 이용하여 평가될 수 있다. 예러 함수는 이후 수직 핀들을 연결하는 선의  $R^2$  값에 기초하여 정의될 수 있다. 유사한 접근법이 수평 핀들에 대해 행해질 수 있다. 선에 대한 핀 맞춤의 단순화 가정은 맞춤선을 따른 핀들 간의 간격을 무시할 수 있고, 그에 따라 각각의 핀의 2-차원 포지션에 기초하여 오차 함수를 정의하는 방법들보다 덜 정밀하게 될 수 있다. 그러나 단일 라인 세그먼트에 기초한 최적화는 복수의 개별 핀 리플렉터 포지션들에 기초한 최적화보다 프로세싱 견지에서 상당히 더 빠를 수 있다. 그러므로 이러한 단순화는 더 빠른 프로세싱 시간을 대가로 귀중한 정보를 여전히 제공할 수 있다. 대안적인 실시예들에서, 다항 커브들, 원들 또는 다른 수학적으로-정의된 지오메트리 형상들은 팬텀 내의 리플렉터들의 패턴을 표현하기 위한 단순화로서 이용될 수 있다.

[0104]

[000113] 다른 실시예들에서, 오차 함수는 리플렉터 포지션 이외의 다른 어떤 양으로서 정의될 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시예들에서, 오차 함수는 참조 이미지에 대한 개별 이미징된 리플렉터들의 밝기에 있어 절댓값 차이들의 합으로서 정의될 수 있다. 다른 실시예에서, 오차 함수는 완전한 집합적 리플렉터 패턴에 기초하여 정의될 수 있다. 예를 들어, 팬텀은 이진 형태의 참조 번호를 표현하는 리플렉터들의 어레이를 포함하도록 설계될 수 있다(즉, 리플렉터는 '1'을 표현할 수 있고, 그리드 포지션에서 리플렉터의 부재는 '0'을 표현할 수 있음). 몇몇 실시예들에서, 교정 프로세스는 이진 값들을 '판독'하도록 구성될 수 있고, 오차 함수는 예상된 참조 번호와 상이한 비트들의 수로서 정의될 수 있다. 추가의 실시예들에서, 오차 함수는 "홀들"(초음파 에너지를 흡수하는 팬텀의 영역들)의 패턴에 적어도 부분적으로 기초할 수 있다. 다수의 다른 오차 함수들이 또한 이용될 수 있다.

[0105]

[000114] 도 7은 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 변수들을 조정함으로써 오차 함수를 최소화하기 위한 반복적 최적화 프로세스(414)의 일 실시예를 예시한다. 단계(412)에서 초기 오차 함수( $E_0$ )를 결정한 이후, 프로세스(414)는 테스트 전송 및/또는 수신 어퍼처의 엘리먼트들의 포지션을 설명하는 하나 또는 그 초과와 변수들에 대한 점진적 조정들(incremental adjustments)을 행함으로써 최소의 오차 함수를 반복적으로 찾도록 진행할 수 있다. 따라서, 제 1 반복 동안, 프로세스는 새로운 테스트 어퍼처 엘리먼트 포지션 변수들( $P_1$ )을 획득하기 위해 하나 또는 그 초과와 초기 테스트 어퍼처 엘리먼트 포지션 변수들( $P_0$ )을 조정할 수 있다(452). 팬텀에 고주파를 재발사할 필요 없이, 저장된 수신된 에코 데이터(도 6의 406으로부터)는 이후 팬텀의 새로운 이미지를 형성하도록 조정된 엘리먼트 포지션 파라미터들( $P_1$ )을 이용하여 재-빔포밍될 수 있다(454)(이미지 층들은 또한 이 단계 동

안 필요에 따라 결합될 수 있음). 새로운 이미지로부터, 새로운 오차 함수( $E_1$ )가 수량화되고(456) 이후 제 2 반복을 위해 단계(452)로 리턴하기 이전에 평가 또는 저장(460)될 수 있다. 조정들(452) 및 오차 평가들(460)의 특성은 이용되는 최적화 루틴의 타입에 의존할 수 있다.

[0106]

[000115] 몇몇 실시예들에서, 엘리먼트 포지션 변수들에 대한 조정들은 각각의 반복에서 본질적으로 랜덤일 수 있다(즉, 이전의 반복들에서 행해진 조정들과 관련이 없음). 이러한 랜덤 조정들은 기존의 엘리먼트 포지션 데이터에 대한 가능한 정도의 오-교정(mis-calibration) 예상들에 기초하여 현재 엘리먼트 포지션 데이터에 대하여 미리 결정된 값들의 범위 내에서 이루어질 수 있다. 랜덤 조정들의 경우에, 각각의 반복으로부터 획득된 오차 함수가 저장될 수 있고, 모든 반복들의 결과들을 비교함으로써 최소 오차 함수가 식별될 수 있다.

[0107]

[000116] 다른 실시예들에서, 조정들은 오차 값의 변화의 크기 및/또는 방향의 평가와 같이 이전의 반복들로부터의 정보에 직접 기초할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시예들에서, 새로운 오차 함수( $E_1$ )가 초기 오차 함수( $E_0$ )보다 작은 경우, 단계(452)에서 행해진 조정은 양호한 조정으로 결정될 수 있고 프로세스는 포지션 변수(들)에 대한 추가의 점진적 조정들을 행하는 추가의 반복들을 위해 반복될 수 있다. 제 1 반복에서 획득된 새로운 오차 함수( $E_1$ )가 초기 오차 함수( $E_0$ )보다 작지 않은 경우(즉  $E_1 \geq E_0$ ), 단계(452)의 조정은 틀린 방향으로 이루어졌다는 것이 가정될 수 있다. 따라서, 제 2 반복에서, 단계(452) 동안, 원래의 엘리먼트 포지션 변수(들)( $P_0$ )는 제 1 반복 동안 시도된 것과 반대의 방향으로 조정될 수 있다. 결과적인 새로운 오차 함수( $E_2$ )가 여전히 초기 오차 함수( $E_0$ )보다 더 작지 않은 경우, 오차 함수는 (적어도 조정된 엘리먼트 포지션 변수(들)에 관하여) 최소치이다. 이러한 경우에, 오차 최소화 프로세스가 중단되고, 마지막 양호한 포지션 변수들은 새로운 트랜스듀서 엘리먼트 포지션들로서 저장될 수 있다.

[0108]

[000117] 몇몇 실시예들에서, 프로세스(414)는 오차 함수가 최소화될 때까지 필요한 만큼 다수의 반복들을 통해 반복될 수 있다. 다른 실시예들에서, 프로세스(414)는 고정된 수의 반복들 이후에 중단될 수 있다. 당업자에게 자명하게 될 바와 같이, 다수의 '최적의' 해결책들이 존재할 수 있다. 그 결과, 몇몇 실시예들에서, 반복적 교정 프로세스는 여러 번 반복될 수 있고, 몇 개의 교정들의 결과들은 적합한 해결책을 식별하기 위해 (이미지 프로세싱 기법들을 이용하여 자동으로 또는 사람에 의해 수동으로) 비교될 수 있다. 좌우간에, 절대 최적의 결과를 식별하는 것이 필수적이진 않다.

[0109]

[000118] 다양한 실시예들에서, 트랜스듀서 엘리먼트들의 포지션은 다수의 가변 가능한 양들에 의해 설명될 수 있다. 궁극적으로, 몇몇 알려진 좌표계에 대해 각각의 트랜스듀서 엘리먼트의 음향 포지션(엘리먼트의 명백한 기계적 포지션과 상이할 수 있음)을 아는 것이 바람직할 수 있다. 따라서, 몇몇 실시예들에서, 각각의 트랜스듀서 엘리먼트의 음향 포지션은 (예를 들어, 도 1 내지 도 3에서 도시된 것과 같이 데카르트 좌표계(45)를 참조하여)  $x$ ,  $y$ , 및  $z$  포지션에 의해 정의될 수 있다. 최적화 프로세스(414) 동안 이러한 양들의 조정에 있어서, 포지션 변수들은 개별적으로 또는 그룹들로 조정될 수 있다.

[0110]

[000119] 각각의 트랜스듀서 엘리먼트의  $x$ ,  $y$ , 및  $z$  포지션을 조정함으로써 최적화 프로세스를 수행하는 것은 다소 계산 집중적일 수 있는데, 그 이유는 단일 어퍼처는 수 백개의 개별 엘리먼트들을 포함할 수 있기 때문이다. 이는 수천개는 아니라 하더라도 수백개의 변수들의 반복적 조정을 초래할 수 있다. 이는 특히 2D 어레이들(즉,  $X$  및  $Z$  방향들에서 서로로부터 이격된 트랜스듀서 엘리먼트들을 갖는 것들), 커브드 1D 또는 2D 어레이들(즉,  $X$  또는  $Z$  축 중 어느 하나를 중심으로 한 곡률을 갖는 어레이들) 및 3D 어레이들(즉, 2개의 축들에 중심으로 한 곡률을 갖는 프로브들)을 갖는 프로브들에 대해 참이다. 잠재적으로 계산 집중적이지만, 본 명세서에서의 다양한 실시예들은 큰 연속적인 평면 또는 커브드 1D 또는 2D 어레이들은 물론, 2개의 축들 중심으로 한 곡률을 갖는 큰 연속적인 3D 어레이들로 임의의 초음파 프로브를 교정하는데 이용될 수 있다.

[0111]

[000120] 대안으로서, 몇몇 실시예들은 하나 또는 그 초과와 단순화 가정들을 이용할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시예들에서, 공통 후면 블록을 갖는 어레이가 단지 이동하고 균일하게 팽창하거나 또는 수축하도록, 단일 어레이 내의 엘리먼트 포지션 관계들이 서로에 대해 고정된 채로 유지된다는 것이 가정될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 엘리먼트들은 어레이에 걸쳐 균일하게 분포된다는 것이 또한 가정될 수 있다. 이러한 가정을 이용하면, 알려진 데이터에 대해 어레이의 중심 지점, 어레이의 폭 및 어레이 표면의 각도를 로케이팅하는 것은 각각의 엘리먼트의 음향 포지션에 관한 충분한 정보를 제공할 수 있다. 예를 들어, (도 1을 참조하면), 좌측 어레이(12)의 모든 엘리먼트들의 포지션들은 (어레이 폭('w')), 스캔 평면(즉,  $X$ - $Y$  평면)에서 어레이의 중심의 포지션( $i$ ) 및 몇몇 기준에 대하여 스캔 평면에서 어레이 표면의 각도( $\theta$ )를 포함할 수 있는 전체 어레이 포지션 변수들에 기초하여 가정될 수 있다. 엘리먼트들의 음향 중심들이 1D 어레이에 대해  $X$  방향에서, 또는 2D 어레이

에 대해  $X$  및  $Z$  방향들에서 일관된 간격을 갖고 어레이에 걸쳐 균일하게 분포된다는 것이 가정되는 경우, 각각의 트랜스듀서 엘리먼트의 음향 포지션은 위의 4개의 변수들(중심- $X$ , 중심- $Y$ , 폭 및 각도)의 견지에서 수학적으로 표현될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 어레이가 2D 어레이인 경우,  $Z$  방향에서 어레이의 중심의 포지션(중심- $Z$ )을 설명하는 5번째 변수가 또한 이용될 수 있다. 대안적으로, 이들 변수들 중 하나 또는 그 조합은 몇몇 실시예들에서 고정된 것으로서 취급될 수 있다. 이러한 단순화들을 이용하여, 오차 함수 최소화 프로세스는 단지 4개 또는 5개의 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 변수들만을 반복적으로 최적화할 필요가 있다. 상이한 프로브 구성들의 경우에, 상이한 단순화 가정들이 또한 이용될 수 있다.

[0112]

[000121] 몇몇 실시예들에서, 2개 또는 그 조합의 최적화 프로세스들은 프로세싱 효율, 교정 정밀도 또는 둘 다를 개선하기 위해 병렬 또는 순차적인 프로세스들로 결합될 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에서, 2-스테이지 최적화 프로세스가 이용될 수 있는데, 여기서 제 1 스테이지는 하나 또는 그 조합의 단순화 가정들에 의존하면서 엘리먼트 포지션 변수들에 대강의(coarse) 개선을 제공한다. 제 2 스테이지는 이후, 더 적은 단순화 가정들에 의존하지만, 제 1 스테이지 동안 획득된 개선된 정보로부터 시작하여, 엘리먼트 포지션 변수들에 대한 보다 상세한 개선을 제공할 수 있다. 일 예시적인 실시예의 제 1 스테이지 동안, 다수의 리플렉터들은 선과 같은 단일 지오메트리 형상으로 표현될 수 있고, 트랜스듀서 엘리먼트들 간의 간격은 고정된 것으로(즉, 이러한 값들은 최적화 동안 변동되지 않음) 취급될 수 있다. 제 2 스테이지 프로세스가 이후 수행될 수 있으며, 여기서 각각의 핀의 포지션은 트랜스듀서 엘리먼트들 간의 간격을 포함하는 엘리먼트 포지션 변수들을 변동시킴으로써 최적화된다.

[0113]

[000122] 몇몇 실시예들에서, 도 2에서 예시된 것과 같은 큰 연속적인 어레이(18)로 프로브(55)를 교정하는 데 유사한 교정 프로세스가 이용될 수 있다. 연속적인 어레이(18)는 물리적인 분리들이 없기 때문에, 도 1의 프로브에 관하여 위에서 논의된 동일한 단순화 가정들이 적용되지 않을 수도 있다. 대신, 도 2의 프로브(55)는 큰 어레이의 형상에 관한 단순화 가정을 행함으로써 교정될 수 있고, 어퍼처들은 어레이에 따른 다양한 포지션들에서 엘리먼트들의 비교적 작은 그룹들을 이용함으로써 정의될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 어퍼처 내의 각각의 엘리먼트의  $x$ - $y$  포지션은 최적화되는 엘리먼트 포지션 파라미터들로서 이용될 수 있다. 이러한 선택된 어퍼처들은 이후 위에서 설명된, 실질적으로 동일한 방식으로 교정될 수 있다.

[0114]

[000123] 반복적 오차 함수 최소화 프로세스(414)에서 최적화될 변수들의 수와 무관하게, 엘리먼트 포지션 변수들은 연속하여 또는 동시에 조정될 수 있다(452). 예를 들어, 포지션 변수들이 연속해서 조정되는 실시예들에서, 단지 하나의 변수만이 각각의 반복 동안 조정될 수 있다. 연속 최적화의 몇몇 실시예들에서, 단일 변수는 다음 변수로 진행하기 이전에 최적화될 수 있다(즉, 오차 함수가 그 단일 변수만을 조정함으로써 최적화될 수 있음). 2개 또는 그 조합의 포지션 변수들이 동시에 조정되는 실시예들에서, 2개 또는 그 조합의 변수들은 각각의 반복 동안 각각 조정될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 이들 2개의 변수들은 다른 변수들의 최적화로 진행하기 이전에 최적화될 수 있다. 대안적으로, 모든 변수들이 동시에 최적화될 수 있다. 다른 실시예들에서, 포지션 변수들은 연속 및 동시 접근법의 결합을 이용하여 최적화될 수 있다. 연속 및 동시 최적화 접근법들 간의 이러한 차이점은 동시 컴퓨터 프로세싱과 혼동되지 않아야 한다는 것이 주의되어야 한다. 이용되는 컴퓨팅 하드웨어에 의존하여, 위에서 설명된 바와 같이 연속해서 수행되는 최적화들조차도 동시 프로세서들의 별개의 스레드들을 이용하여 동시에 컴퓨팅될 수 있다.

[0115]

[000124] 제 1 어레이 또는 어퍼처의 교정을 완료한 이후, 도 6의 프로세스는 각각의 잔여 어레이 또는 어퍼처에 대해 개별적으로 반복될 수 있다. 예를 들어, 도 1의 3-어레이 프로브를 이용하여, 교정 프로세스는 우측 어레이(14)에 대해 그리고 이후 재차 좌측 어레이(12)에 대해 반복될 수 있다. 제 1 어레이에 대한 업데이트된 엘리먼트 포지션 데이터를 결정한 이후, 각각의 후속적으로-테스트된 어레이에 대한 업데이트된 엘리먼트 포지션 데이터는, 프로브 내의 임의의 엘리먼트의 포지션이 서로에 대해 결정될 수 있도록 공통 좌표계에 대해 결정되고 저장될 수 있다. 예를 들어, 교정 프로세스는 중심 어레이의 중심을 결정할 수 있으며, 이는 다른 어레이들에 대한 좌표계의 중심으로서 이용될 수 있다. 중심 어레이의 각도는 또한 다른 어레이들의 각도들을 정의할 수 있는 데이터로서 이용될 수 있다. 다른 실시예들에서, 어퍼처들의 포지션들 및 배향들은 임의의 어레이에 독립적인 몇몇 다른 데이터에 대해 결정될 수 있다. 다른 실시예들에서, 엘리먼트 포지션들은 궁극적으로 프로브에 대하여 임의의 지점 부근에 중심을 둔 임의의 좌표계를 이용하여 정의될 수 있다.

[0116]

[000125] 몇몇 실시예들에서, 트랜스듀서 엘리먼트 포지션 조정들이 새로운 정정된 엘리먼트 포지션 좌표들의 형태로 획득되고 저장될 수 있다. 다른 실시예들에서, 포지션 조정들은 이전의 엘리먼트 포지션 좌표들에 더해 지거나 곱해지는 계수들로서 획득되고 저장될 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시예들에서, "팩토리" 엘리먼트 포지션 데이터는 프로브 하우징 내의 ROM 칩과 같이, 초음파 시스템에 의해 판독 가능한 위치의 판독-전용 메모리

디바이스에 저장될 수 있다. 이러한 팩토리 포지션 데이터는 프로브의 제조 시에 설정될 수 있고, 후속 교정 데이터는 팩토리 포지션 데이터에 대한 조정들로서 적용될 수 있는 계수들로서 저장될 수 있다.

[0117] [000126] 몇몇 실시예들에서, 프로브 내의 각각의 트랜스듀서 엘리먼트에 대한 조정된 엘리먼트 포지션 데이터는 프로브 하우징 내에 로케이팅되는 비-휘발성 메모리 디바이스에 저장될 수 있다. 다른 실시예들에서, 조정된 엘리먼트 포지션 데이터는 이미징 시스템 내에, 원격 서버 상에, 또는 정보가 이미지 빔포밍 동안 이미징 시스템에 의해 리트리브될 수 있는 임의의 다른 위치에 로케이팅되는 비-휘발성 메모리 디바이스에 저장될 수 있다.

[0118] [000127] 몇몇 실시예들에서, 위에서 설명된 방법들을 이용하는 교정 프로세스는, 도 3에서 예시된 것과 같은 조정 가능한 프로브를 빠르게 재-교정하는데 특히 유용할 수 있다. 일반적으로, "조정 가능한 프로브"는, 하나 또는 그 초과와 트랜스듀서 어레이들 또는 트랜스듀서 엘리먼트들의 포지션 및/또는 배향이 하나 또는 그 초과와 다른 트랜스듀서 어레이들 또는 엘리먼트에 대해 변할 수 있는 임의의 초음파 이미징 프로브일 수 있다. 도 3에서 도시된 것 이외의 다수의 조정 가능한 프로브 구성들이 가능하며 특정한 이미징 애플리케이션들에 대해 설계될 수 있다.

[0119] [000128] 몇몇 실시예들에서, 조정 가능한 프로브 내의 어레이들 중 하나 또는 그 초과(예를 들어, 중심 어레이 또는 좌측 또는 우측 단부 어레이)는 고정된 배향 및 포지션으로 하우징에 영구적으로 고정될 수 있는 반면에, 잔여 어레이들은 이미징될 객체의 형상에 따르도록 이동 가능할 수 있다. 고정된 어레이 와운드(fixed array wound)는 이후 영구적으로 알려진 포지션 및 배향에 있을 수 있다. 대안적으로, 하나 또는 그 초과와 어레이들의 포지션 및 배향은 조정 가능한 프로브 내의 하나 또는 그 초과와 포지션 센서들에 기초하여 알려질 수 있다. 알려진-포지션 어레이(들)는 이후 팬텀(또는 심지어 이미징될 객체 또는 환자의 영역)의 참조 이미지를 획득하는데 이용될 수 있고 최적화 프로세스는 이동 가능한 어레이들의 조정된 포지션을 결정하는데 이용될 수 있다. 예를 들어, 소노그래퍼는 환자의 해부학적 구조(anatomy)에 따르도록 조정 가능한 프로브의 조정 가능한 어레이들을 조정할 수 있다. 이후, 정규 이미징 동안, 참조 이미지는 알려진 어레이를 이용하여 획득될 수 있고, 잔여 어레이들의 포지션들은 중심 어레이로부터 획득된 참조 이미지와 각각의 조정 가능한 어레이로부터 획득된 이미지들 간의 오차를 정의하는 오차 함수를 (예를 들어, 위에서 설명된 바와 같은 최적화 루틴을 이용하여) 최소화하도록 구성된 최적화 루틴에 의해 결정될 수 있다.

[0120] [000129] 다른 실시예들에서, 소노그래퍼는 환자의 해부학적 구조에 따르도록 조정 가능한 프로브의 어레이들을 조정할 수 있다. 소노그래퍼는 이후 그 조정된 포지션에서 프로브를 수용하도록 구성된 컨포머한 섹션(conformable section)을 포함하는 팬텀에 프로브를 배치할 수 있다. 예를 들어, 컨포머한 섹션은 팬텀의 물질과 실질적으로 동일한 사운드 속도로 초음파 신호들을 전송하도록 선택된 액체 또는 젤을 포함하는 플렉서블 백(flexible bag)을 포함할 수 있다. 교정 프로세스가 이후 개시되고, 각각의 조정 가능한 어레이의 포지션은, 팬텀을 설명하는 참조 데이터가 각각의 어레이를 통해 획득된 팬텀의 이미지들에 비교되는 반복적 최적화 루틴에 의해 결정될 수 있다.

[0121] [000130] 몇몇 실시예들에서, 엘리먼트-포지션 정보는 교정 동작의 수행과 미가공(raw) 초음파 데이터의 캡처 간에 변할 수 있다. 예를 들어, 프로브는 미가공 샘플 데이터 캡처 세션 이전에 또는 그 중간에 (예컨대, 상당한 온도 변화로 인한 열 팽창 또는 수축에 의해) 드롭(drop)되고, 손상될 수 있거나, 그렇지 않으면 변경될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 프로브는 아래에서 설명되는 바와 같이 캡처되고 저장된 미가공 에코 데이터를 이용하여 재-교정될 수 있다.

[0122] [000131] 다른 실시예들에서, 교정 시스템은 초음파 이미징 시스템 내에 통합될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 도 8의 예에 대해 도시된 바와 같이, 초음파 이미징 시스템(500)은 미가공의 빔포밍되지 않은 에코 데이터를 캡처하고 저장하도록 구성된 미가공 데이터 메모리 디바이스(502)를 포함할 수 있다. 도 8에서 도시된 바와 같이, 최적화-기반 교정을 수행하도록 구성된 초음파 이미징 시스템은 전송 제어 서브시스템(504), 프로브 서브시스템(506), 수신 서브시스템(508), 이미지 생성 서브시스템(510), 비디오 서브시스템(512), 교정 메모리(530) 및 교정 프로세서(540)를 포함할 수 있다. 이미지 생성 서브시스템은 빔포머(520)(하드웨어 또는 소프트웨어) 및 이미지-충 결합 블록(522)을 포함할 수 있다.

[0123] [000132] 몇몇 실시예들에서, 교정 시스템은 이미징 시스템에 독립적으로 제공될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 비디오 서브시스템(512)과 같은 컴포넌트들이 생략될 수 있다. 도 8에서 도시된 다른 컴포넌트들이 또한 실현 가능한 경우 생략될 수 있다.

- [0124] [000133] 실제로, 전송 제어 서브시스템(504)은 초음파 신호들을 팬텀에 전송하도록 프로브에 지시할 수 있다. 프로브에 리턴된 에코들은 수신 서브시스템(508)에 공급되고, 아날로그 프론트 엔드(analog front end)에 의해 프로세싱되고 아날로그-디지털 변환기에 의해 디지털 데이터로 변환되는 전기 신호들을 생성할 수 있다. 디지털 에코 데이터는 이후 미가공 데이터 메모리 디바이스(502)에 저장될 수 있다. 디지털 에코 데이터는 이후 이미지를 형성하도록 각각의 리플렉터의 위치를 결정하기 위해 빔포머(520)에 의해 프로세싱될 수 있다. 빔포밍 계산들을 수행하는데 있어, 빔포머는 교정 메모리(530)로부터의 교정 데이터를 리트리브할 수 있다. 교정 데이터는 프로브의 각각의 트랜스듀서 엘리먼트의 포지션을 설명할 수 있다. 새로운 교정을 수행하기 위해, 교정 프로세서는 단일 이미지 프레임들 및/또는 개별 이미지 층들을 저장할 수 있는 이미지 버퍼 메모리 디바이스(526)로부터 또는 이미지 형성 블록(520)으로부터 이미지 데이터를 수신할 수 있다.
- [0125] [000134] 교정 프로세서는 이후 최적화-기반 교정 루틴을 수행할 수 있다. 교정 프로세스가 완료되면, 새로운 교정 정보는 후속 이미징 프로세스들에서 또는 부가적인 교정 프로세스들에서 이용하기 위해 교정 메모리 디바이스(530)에 저장될 수 있다.
- [0126] [000135] 이러한 시스템을 이용하면, 팬텀의 미가공 에코 데이터는 (예를 들어, 환자에 관련하여) 타겟 객체 이미징 세션으로부터의 미가공 에코 데이터와 함께 캡처되고 저장될 수 있다. 이미징 세션 이전 및/또는 이후 팬텀의 미가공 에코 데이터를 캡처 및 저장하는 것은 이미징-세션 데이터의 추후의 최적화를 허용할 수 있다. 이러한 최적화는 위에서 설명된 방법들 및 저장된 미가공 데이터를 이용한 이미징 세션 이후 임의의 지점에서 적용될 수 있다.
- [0127] [000136] 도 8에서 도시된 바와 같이, 초음파 이미징 시스템(500)은 복수의 개별 초음파 트랜스듀서 엘리먼트들을 포함할 수 있는 초음파 프로브(506)를 포함할 수 있으며, 상기 복수의 개별 초음파 트랜스듀서 엘리먼트들 중 일부는 전송 엘리먼트들로서 지정될 수 있고, 상기 복수의 개별 초음파 트랜스듀서 엘리먼트들 중 다른 것들은 수신 엘리먼트들로서 지정될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 각각의 프로브 트랜스듀서 엘리먼트는 시변 전기 신호들(time-varying electrical signals)로 초음파 진동들을 변환할 수 있고 그 반대로 가능하다. 몇몇 실시예들에서, 프로브(506)는 임의의 원하는 구성으로 임의의 수의 초음파 트랜스듀서 어레이들을 포함할 수 있다. 본 명세서에서 설명된 시스템들 및 방법들과 함께 이용되는 프로브(506)는 단일 어퍼처 및 다중 어퍼처 프로브들을 포함하여 원하는 임의의 구성을 가질 수 있다.
- [0128] [000137] 프로브(506)의 엘리먼트들로부터의 초음파 신호들의 전송은 전송 제어기(504)에 의해 제어될 수 있다. 전송 신호들의 에코들을 수신하면, 프로브 엘리먼트들은 수신된 초음파 진동들에 대응하는 시변 전기 신호들을 생성할 수 있다. 수신된 에코들을 표현하는 신호들은 프로브(506)로부터 출력되고 수신 서브시스템(508)으로 송신될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 수신 서브시스템(508)은 다수의 채널들을 포함할 수 있다. 각각의 채널은 아날로그 프론트-엔드 디바이스("AFE")(509) 및 아날로그-디지털 변환 디바이스(ADC)(511)를 포함할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 수신 서브시스템(508)의 각각의 채널은 또한 ADC(511) 이후 디지털 필터들 및 데이터 컨디셔너들(도시되지 않음)을 포함할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, ADC(511) 이전의 아날로그 필터들이 또한 제공될 수 있다. 각각의 ADC(511)의 출력은 미가공 데이터 메모리 디바이스(502)로 지향될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 수신 서브시스템(508)의 하나의 독립적인 채널이 프로브(506)의 각각의 수신 트랜스듀서 엘리먼트에 제공될 수 있다. 다른 실시예들에서, 2개 또는 초과 채널의 트랜스듀서 엘리먼트들은 공통 수신 채널을 공유할 수 있다.
- [0129] [000138] 몇몇 실시예들에서, 초음파 이미징 시스템은, 임의의 추가의 빔포밍, 필터링, 이미지 층 결합 또는 다른 이미지 프로세싱을 수행하기 이전에, 미가공 데이터 메모리 디바이스(502)의 각각의 개별 수신 엘리먼트에 의해 수신된 초음파 에코 신호들의 타이밍, 위상, 크기 및/또는 주파수를 표현하는 디지털 데이터를 저장할 수 있다.
- [0130] [000139] 수신된 에코 데이터에 추가하여, 각각의 데이터의 특정한 세트를 생성한 하나 또는 그 초과 채널의 초음파 전송 신호들에 관한 정보는 또한 미가공 데이터 메모리 디바이스(502) 또는 다른 메모리 디바이스와 같은 메모리 디바이스에 저장될 수 있다. 예를 들어, 위에서 설명된 바와 같이 다중 어퍼처 펄스 초음파 방법으로 이미징할 때, 에코들의 특정한 세트를 생성한 전송된 펄스에 관한 정보를 아는 것이 바람직할 수 있다. 이러한 정보는 하나 또는 그 초과 채널의 전송 엘리먼트들의 아이덴티티 및/또는 포지션은 물론, 주파수, 크기, 지속기간 또는 전송된 초음파 신호를 설명하는 다른 정보를 포함할 수 있다. 전송 데이터는 집합적으로 "TX 데이터"로서 본 명세서에서 지칭된다. 몇몇 실시예들에서, 이러한 TX 데이터는 미가공 에코 데이터가 저장된 동일한 미가공 데이터 메모리 디바이스에 명시적으로 저장될 수 있다. 예를 들어, 전송 신호를 설명하는 TX 데이터는 전송 신호에 의

해 생성된 미가공 에코 데이터의 세트 이전의 헤더(header)로서 또는 이후의 푸터/footer)로서 저장될 수 있다. 다른 실시예들에서, TX 데이터는 빔포밍 프로세스를 수행하는 시스템에 또한 액세스 가능한 별개의 메모리 디바이스에 명시적으로 저장될 수 있다. 전송 데이터가 명시적으로 저장되는 실시예들에서, "미가공 에코 데이터" 또는 "미가공 데이터"라는 문구들은 또한 이러한 명시적으로 저장된 TX 데이터를 포함할 수 있다.

[0131] [000140] TX 데이터는 또한 함축적으로 저장될 수 있다. 예를 들어, 이미징 시스템이 일관적 또는 알려진 시퀀스로, 일관되게 정의되는 초음파 신호들(예를 들어, 일관된 크기, 형상, 주파수, 지속기간 등)을 전송하도록 구성된 경우, 빔포밍 프로세스 동안 이러한 정보가 가정될 수 있다. 이러한 경우들에서, 각각의 데이터와 연관될 필요가 있는 유일한(only) 정보는 전송 트랜스듀서(들)의 포지션(또는 아이덴티티)이다. 몇몇 실시예들에서, 이러한 정보는 미가공 데이터 메모리 내의 미가공 에코 데이터의 구조(organization)에 기초하여 암시적으로 획득될 수 있다.

[0132] [000141] 예를 들어, 시스템은 각각의 핑에 이어 고정된 수의 에코 레코드들을 저장하도록 구성될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 제 1 핑으로부터의 에코들은 메모리 포지션들(0 내지 'n')(여기서 'n'은 각각의 핑에 대해 저장된 레코드들의 수임)에 저장될 수 있고 제 2 핑으로부터의 에코들은 메모리 포지션들(n+1 내지 2n+1)에 저장될 수 있다. 다른 실시예들에서, 하나 또는 그 초과 빈(empty) 레코드들은 에코 세트들 사이에서 남겨질 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 수신된 에코 데이터는, 전송된 핑과 수신된 에코 데이터 지점(또는 에코들의 그룹) 간의 관계를 나타내는 다양한 메모리 인터리빙 기법들(various memory interleaving techniques)을 이용하여 저장될 수 있다. 일반적으로, 단일 수신 엘리먼트에 의해 수신되는 단일 전송된 핑의 에코들에 대응하는 각각의 레코드들의 모음은 단일 "에코 스트링"으로서 본 명세서에서 지칭될 수 있다. 완전한 에코 스트링은 수신 엘리먼트에 의해 수신되는 단일 핑의 모든 에코들을 지칭할 수 있는 반면에, 부분적인 스트링은 수신 엘리먼트에 의해 수신된 단일 핑의 모든 에코들의 서브-세트를 지칭할 수 있다.

[0133] [000142] 유사하게, 데이터가 일관적인 알려진 샘플링 레이트로 샘플링된다고 가정하여, 각각의 에코 데이터 지점이 수신된 시간은 메모리 내의 그 데이터 지점의 포지션으로부터 추론될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 동일한 기법들은 또한 다수의 수신 채널들로부터의 데이터를 단일 미가공 데이터 메모리 디바이스에 암시적으로 저장하는데 이용될 수 있다.

[0134] [000143] 다른 실시예들에서, 미가공 데이터 메모리 디바이스(502)에 저장된 미가공 에코 데이터는, 어느 에코 신호들이 어느 수신 트랜스듀서 엘리먼트에 그리고 어느 전송된 핑들에 대응하는지를, 에코 데이터를 리트리브하는 시스템이 결정할 수 있다면, 원하는 임의의 다른 구조일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 각각의 수신 트랜스듀서 엘리먼트의 포지션을 설명하는 포지션 데이터는 그 동일한 엘리먼트에 의해 수신된 각각의 데이터에 링크될 수 있는 정보와 함께 교정 메모리 디바이스에 저장될 수 있다. 유사하게, 각각의 전송 트랜스듀서 엘리먼트의 포지션을 설명하는 포지션 데이터는 각각의 전송된 핑을 설명하는 TX 데이터에 링크될 수 있는 정보와 함께 교정 메모리 디바이스에 저장될 수 있다.

[0135] [000144] 몇몇 실시예들에서, 미가공 데이터 메모리 디바이스 내의 각각의 에코 스트링은 에코들을 수신하는 수신 트랜스듀서 엘리먼트의 포지션을 설명하는 포지션 데이터와 그리고 에코들을 생성한 핑을 전송한 전송 어퍼처의 하나 또는 그 초과 전송 엘리먼트들의 포지션을 설명하는 데이터와 연관될 수 있다. 각각의 에코 스트링은 또한 전송된 핑의 특성들을 설명하는 TX 데이터와 연관될 수 있다.

[0136] [000145] 몇몇 실시예들에서, 프로브는, 팬텀 이미지의 미가공 데이터 없이 메모리 디바이스에 저장된 미가공 에코 데이터를 이용하여 교정될 수 있다. 적어도 하나의 어레이(또는 어레이의 하나의 부분)가 알려져 있거나, 잘 교정된 것으로 가정된다고 가정하면, 강한 리플렉터들의 패턴을 갖는 거의 모든(nearly any) 이미지 데이터는 제 2, 제 3 또는 추가의 어레이들 또는 어레이 세그먼트들을 교정하는데 이용될 수 있다. 예를 들어, 알려진-교정된 어퍼처, 어레이 또는 어레이 세그먼트로부터의 에코 데이터는 참조 이미지를 획득하도록 빔포밍될 수 있다. 잔여 어퍼처들/어레이들로부터의 저장된 에코 데이터는 이후 최초의 것에 대하여 잔여 어레이들, 어퍼처들 또는 어레이 세그먼트들의 포지션을 교정하기 위해 위에서 설명된 방법들 중 임의의 것을 이용하여 교정될 수 있다. 저장된 에코 데이터를 이용하여 교정 프로세스를 수행함으로써, 프로브는, 프로브 그 자체 또는 환자(또는 다른 이미징된 객체) 중 어느 것도 재-빔포밍 및 이미지 프로세싱을 수행하는 디바이스 부근에 물리적으로 존재하지 않을 때조차도, 교정될 수 있다. 이러한 실시예들은 팬텀에 고주파를 발사하는 단계(404) 및 에코들을 수신하는 단계(405)가 교정 프로세스 시에 도 6의 프로세스(400)로부터 생략될 수 있는데, 그 이유는 이러한 단계들이 미가공 데이터가 캡처된 이미징 세션 동안 수행되었기 때문이다.

[0137] [000146] 본 발명이 특정한 바람직한 실시예들 및 예들의 맥락에서 개시되었지만, 본 발명은, 특별히 개시된 실

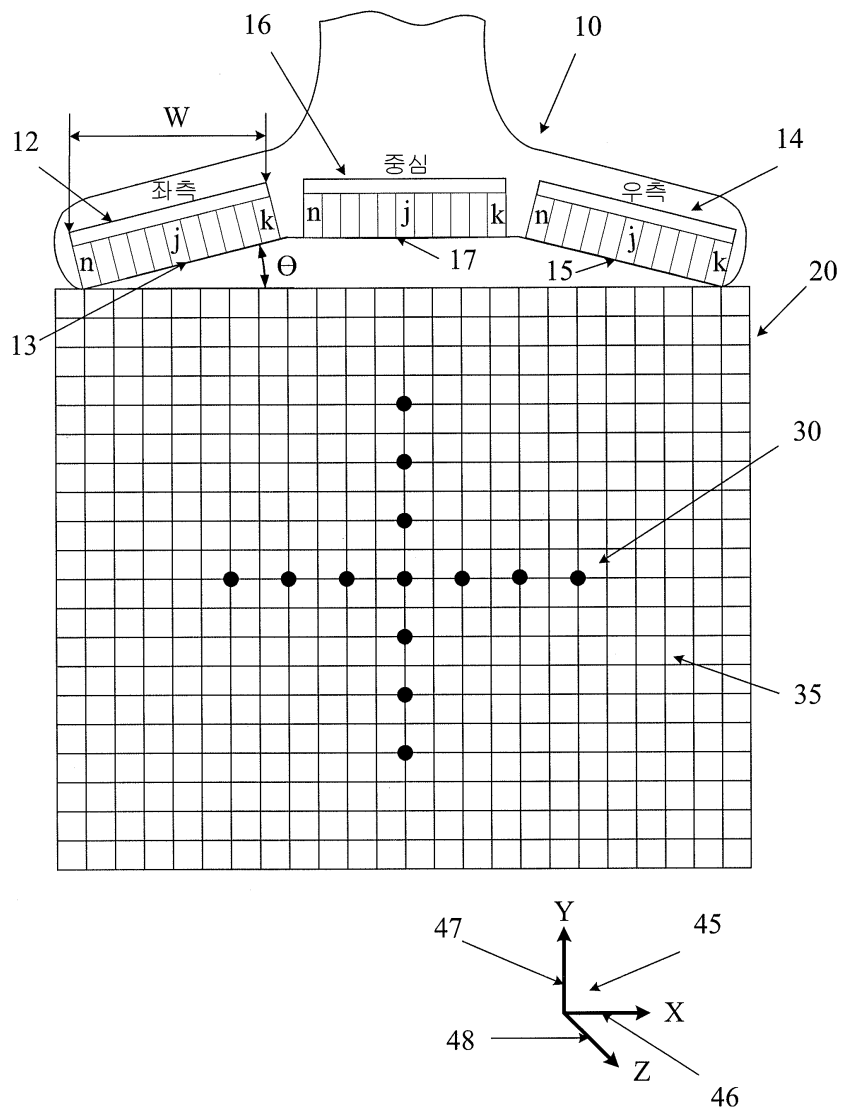
시예들 외에도, 본 발명의 다른 대안적인 실시예들 및/또는 이용들 및 이의 명료한 변형들 및 등가물들로 확장한다는 것이 당업자들에 의해 이해될 것이다. 위의 실시예들에 대한 다양한 변형들은 당업자들에게 쉽게 자명하게 될 것이고, 본 명세서에서 정의된 일반적인 원리들은 본 발명의 사상 또는 범위로부터 벗어남 없이 다른 실시예들에 적용될 수 있다. 따라서 본 명세서에서 개시된 본 발명의 범위는 위에서 설명된 특정한 개시된 실시예들에 의해 제한되는 것이 아니라, 하기의 청구항들의 공정한 관독에 의해서만 결정되어야 한다는 것이 의도된다.

[0138]

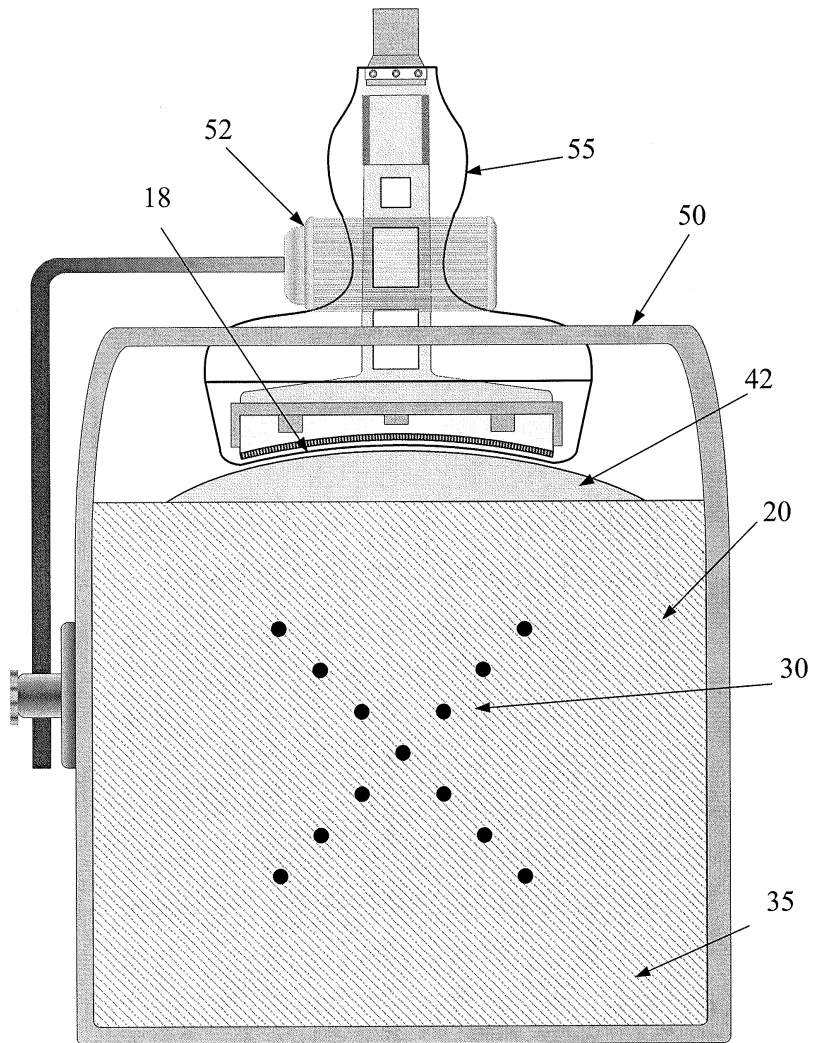
[000147] 특히, 관련 기술의 당업자들의 수준 내에서, 물질들 및 제조 기법들이 이용될 수 있다. 또한, 단수 아이템에 대한 참조는 제시된 복수의 동일한 아이템이 존재하는 가능성을 포함한다. 보다 구체적으로, 본 명세서 및 첨부된 청구항들에서 이용된 바와 같이, 단수 형태("a", "and", "said" 및 "the")는 문맥이 명확히 달리 기술하지 않으면 복수의 참조물을 포함한다. 본 명세서에서 이용된 바와 같이, 명시적으로 달리 언급되지 않으면, "또는"이란 용어는 모든 제시된 대안들을 포함하며 본질적으로 흔히 이용되는 문구인 "및/또는"과 동일하다는 것을 의미한다. 따라서, 예를 들어, "A 또는 B는 청색일 수 있음"라는 문구는 A만 청색임, B만 청색임, A 및 B 둘다 청색임, 및 A, B, 및 C가 청색임 중 임의의 것을 의미한다. 또한 청구항들은 임의의 선택적인 엘리먼트들을 배제하도록 작성(draft)되었을 수 있다는 것에 주의한다. 따라서, 이러한 언급은 "부정적"한정의 이용 또는 청구항 엘리먼트들의 인용과 관련하여 "단독으로", "단지" 등으로서의 이러한 배타적인 용어의 이용을 위한 선행사(antecedent basis)로서 역할하도록 의도된다. 본 명세서에서 달리 정의되지 않으면, 본 명세서에서 이용된 모든 기술적 및 과학적 용어들은 본 발명이 속하는 분야의 당업자에 의해 공통적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 갖는다.

도면

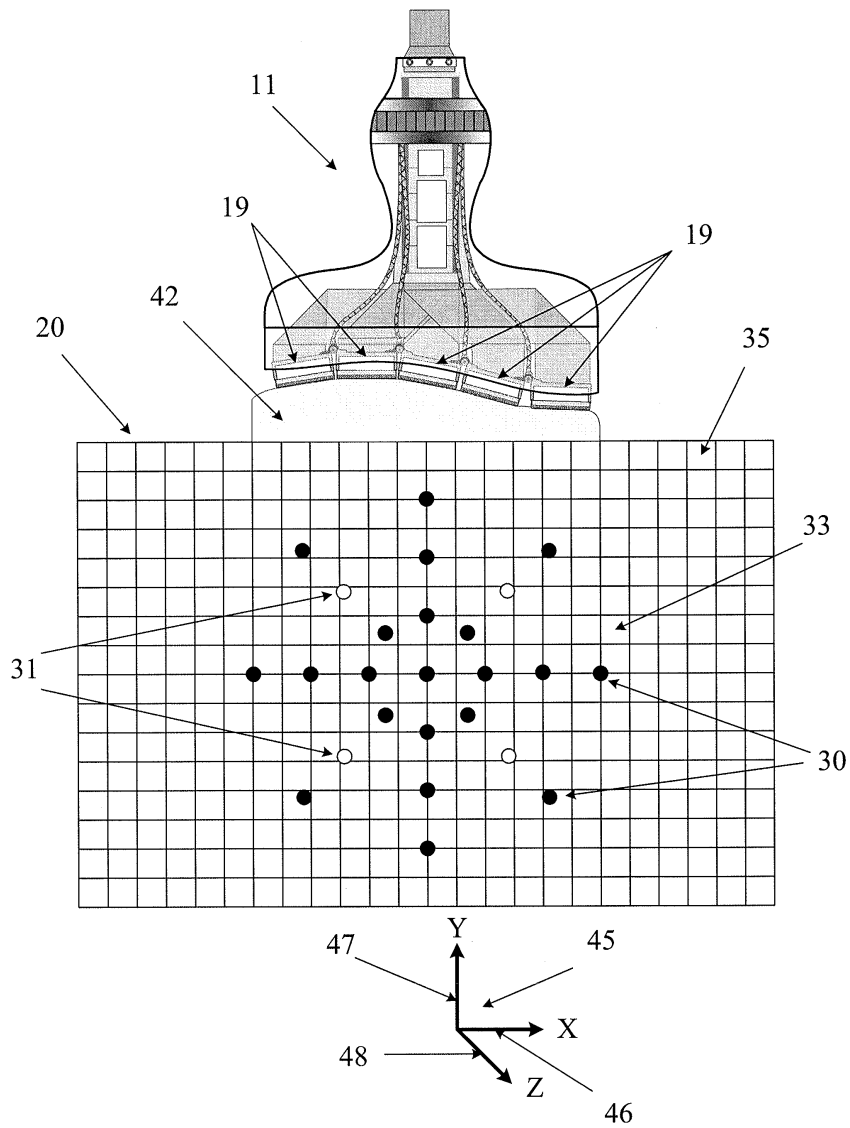
도면1



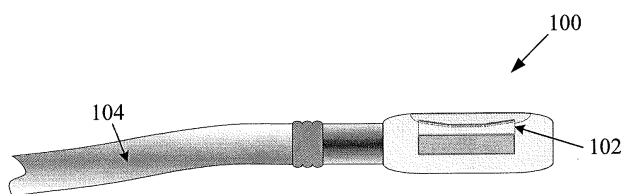
도면2



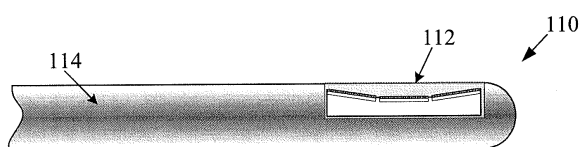
도면3



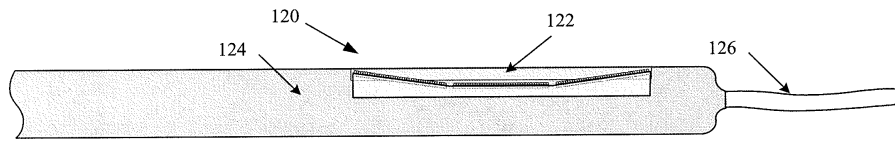
도면4a



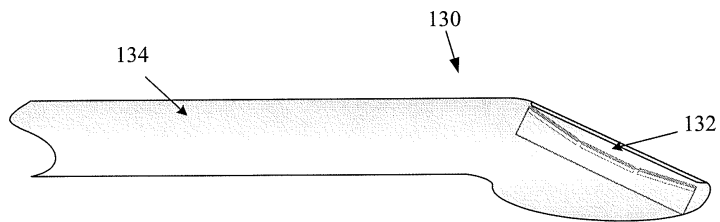
도면4b



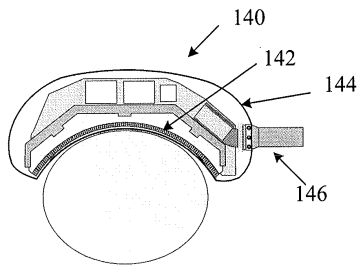
도면4c



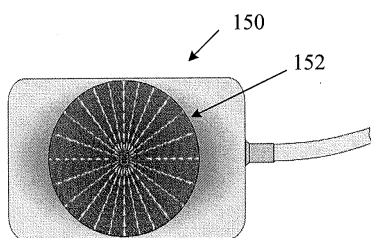
도면4d



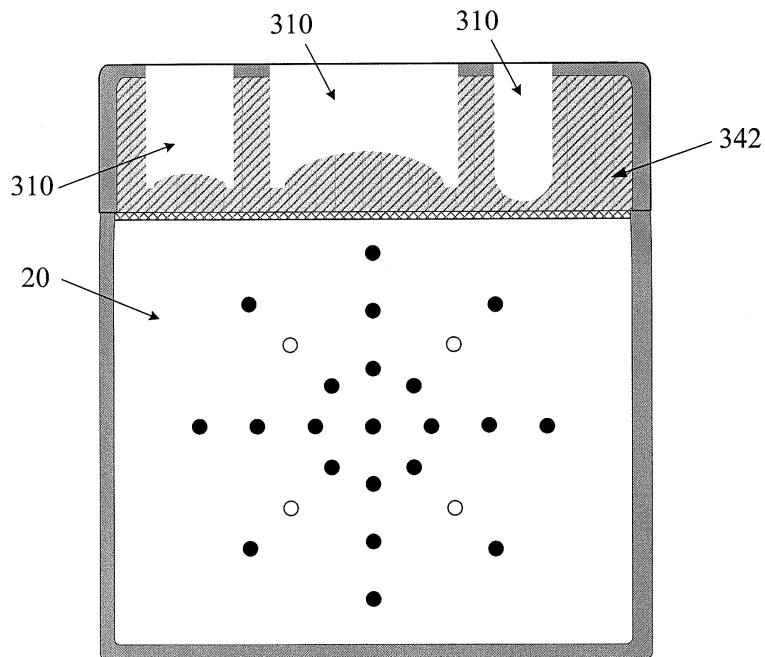
도면4e



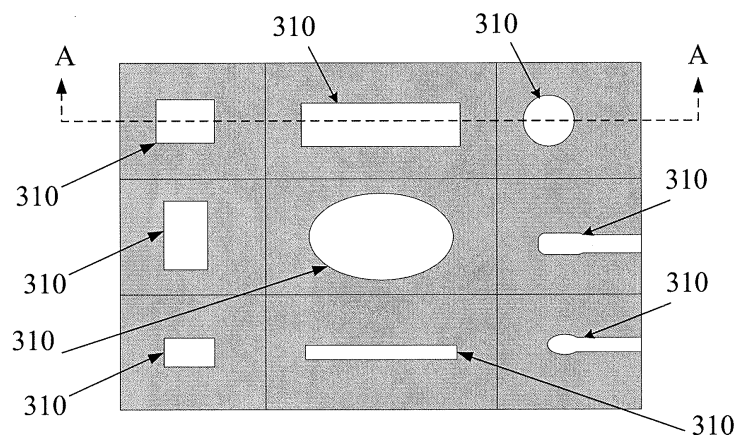
도면4f



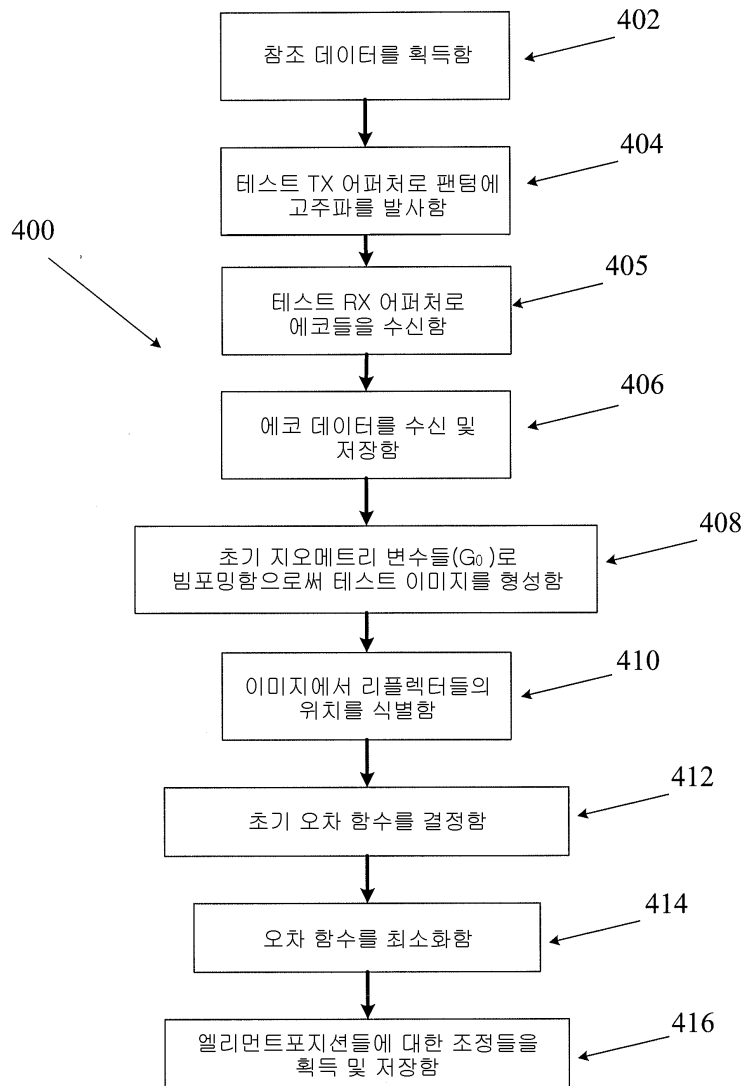
도면5a



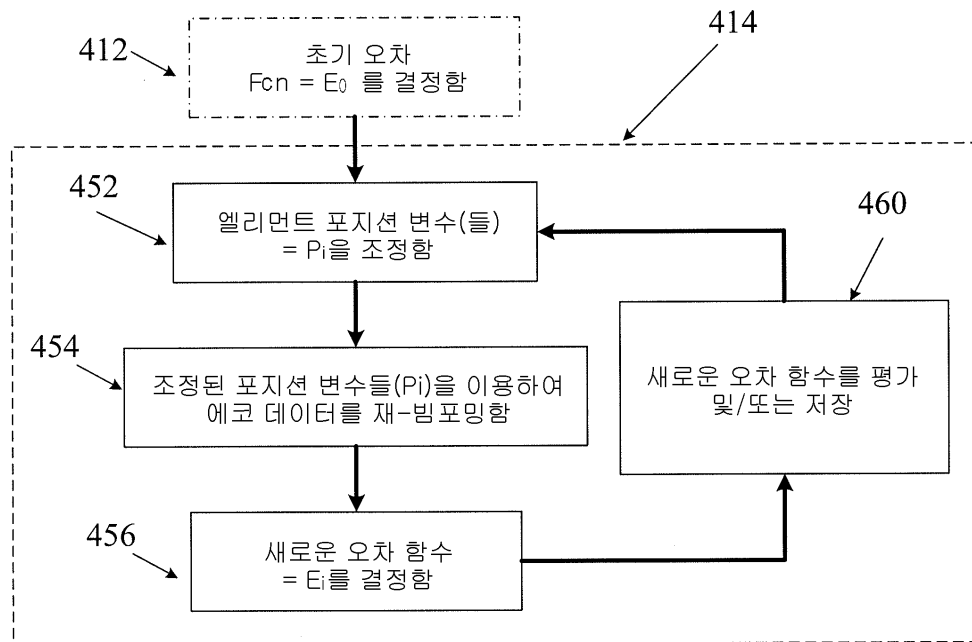
도면5b



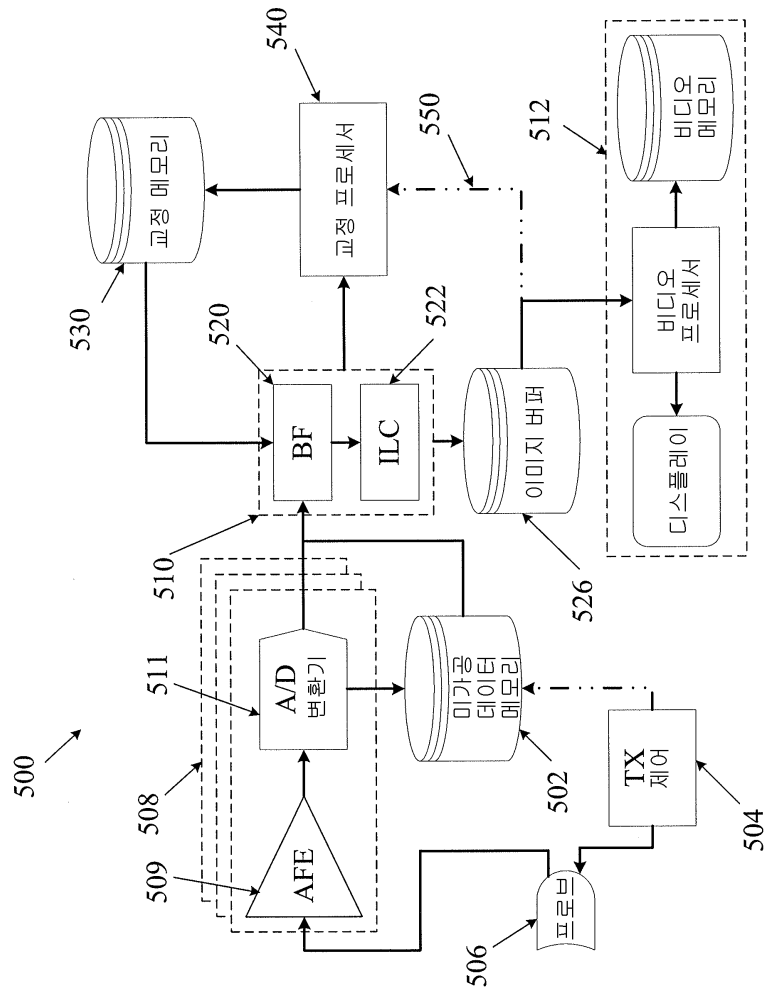
도면6



도면7



도면8



专利名称(译)	标题：多孔超声探头的校准		
公开(公告)号	<a href="#">KR1020150043403A</a>	公开(公告)日	2015-04-22
申请号	KR1020157006234	申请日	2013-08-12
[标]申请(专利权)人(译)	茂伊成像股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	毛伊岛成像公司		
当前申请(专利权)人(译)	毛伊岛成像公司		
[标]发明人	CALL JOSEF R 칼조세프알 OSBORN NATHAN W 오스본나단더블유 BELEVICH ARTEM 벨레비치아템 RITZI BRUCE R 리트지브루스알		
发明人	칼,조세프,알. 오스본,나단,더블유. 벨레비치,아템 리트지,브루스,알.		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/587 A61B8/4488 A61B8/4477 A61B8/4494 A61B6/584 A61B8/12 A61B8/483 G01S7/52052		
优先权	61/681986 2012-08-10 US		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

## 摘要(译)

基于ping的超声成像的质量取决于描述发射和接收换能器元件的精确声学位置的信息的准确性。提高换能器元件位置数据的质量可以显著改善基于ping的超声图像的质量，特别是使用多孔径超声成像探头获得的那些，即，总孔径大于任何预期的最大相干孔径宽度的探头。描述了用于校准探针的元件位置数据的各种系统和方法。

