



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0129246  
(43) 공개일자 2014년11월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*A61B 8/00* (2006.01) *G01N 29/24* (2006.01)  
*G06T 5/00* (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-7026430  
(22) 출원일자(국제) 2013년02월21일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2014년09월22일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2013/027120  
(87) 국제공개번호 WO 2013/126559  
국제공개일자 2013년08월29일  
(30) 우선권주장  
61/601,482 2012년02월21일 미국(US)

(71) 출원인  
마우이 이미징, 인코포레이티드  
미국 캘리포니아 씨니베일 슈트 107 지브랄타 드  
라이브 256 (우: 94089)  
(72) 발명자  
스페츠트, 도날드, 에프.  
미국 캘리포니아 씨니베일 슈트 107 지브랄타 드  
라이브 256 (우: 94089)  
브루어, 케네쓰, 디.  
미국 캘리포니아 씨니베일 슈트 107 지브랄타 드  
라이브 256 (우: 94089)  
(74) 대리인  
특허법인 남앤드남

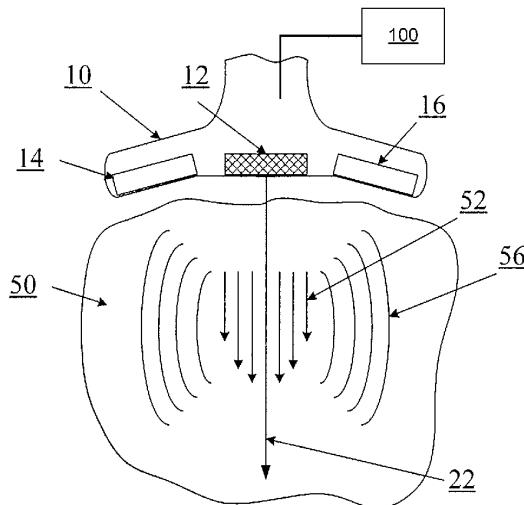
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 발명의 명칭 다중의 어퍼처 초음파를 사용한 물질 강성의 결정

### (57) 요 약

조직 강성에서의 변화들은 오랫동안 질병과 연관되었다. 초음파검사를 사용하여 조직들의 강성을 결정하는 시스템들 및 방법들은 조직에서 전파하는 전단파를 유도하고 조직 강성 및 밀도와 직접 관련되는 전파의 속도를 트래킹하는 디바이스를 포함할 수 있다. 전파하는 전단파의 속도는 고 프레임 레이트에서 조직을 이미징하고, 원상 상태에서 조직의 베이스라인 이미지에 대한 연속 이미지 프레임들에서의 섭동으로서 전파하는 파를 검출함으로써 검출될 수 있다. 일부 실시예들에서, 충분하게 높은 프레임 레이트들이 초점이 맞지 않은 전방향 평들이 관심 영역으로 (이미징 평면 또는 반구에서) 송신되는 평-기반 초음파 이미징 기법을 사용함으로써 달성을 수 있다. 다중의 수신 어퍼처로 전방향 평들의 에코들을 수신하는 것은 실질적으로 항상된 횡방향 해상도를 허용한다.

**대 표 도** - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

초음파 이미징 시스템으로서,

관심 영역에서 전파하는 전단파를 유도하는 파면을 송신하도록 구성된 제 1 초음파 트랜스듀서 어레이;

상기 관심 영역으로 원형 파형들을 송신하고 상기 원형 파형들의 에코들을 수신하도록 구성된 제 2 초음파 트랜스듀서 어레이; 및

상기 관심 영역에서 상기 전파하는 전단파를 검출하는데 충분한 프레임 레이트로 상기 원형 파형들로부터 상기 관심 영역의 복수의 B-모드 이미지들을 형성하도록 구성된 신호 프로세서를 포함하는, 초음파 이미징 시스템.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 초음파 트랜스듀서 어레이는 위상-어레이 엘리먼트들의 어레이를 포함하는, 초음파 이미징 시스템.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 초음파 트랜스듀서 어레이에는 압전 링들의 환상 어레이를 포함하고, 상기 신호 프로세서는 위상 지연들을 조정함으로써 다양한 깊이들에서 상기 파면을 포커싱(focus)하도록 더 구성되는, 초음파 이미징 시스템.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제 1 초음파 트랜스듀서 어레이에는 스위칭 링 트랜스듀서를 포함하는, 초음파 이미징 시스템.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 초음파 트랜스듀서 어레이는 단일의 압전 트랜스듀서를 포함하는, 초음파 이미징 시스템.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 프레임 레이트는 적어도 500fps인, 초음파 이미징 시스템.

### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 프레임 레이트는 적어도 1,000fps인, 초음파 이미징 시스템.

### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 프레임 레이트는 적어도 2,000fps인, 초음파 이미징 시스템.

### 청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 프레임 레이트는 적어도 4,000fps인, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 10**

제 1 항에 있어서,

상기 신호 프로세서는 상기 복수의 B-모드 이미지들의 제 1 프레임에서 상기 전단파의 제 1 위치를 식별하고, 상기 복수의 B-모드 이미지들의 제 2 프레임에서 상기 전단파의 제 2 위치를 식별하고, 상기 제 1 프레임과 상기 제 2 프레임 사이에서 상기 전단파가 이동한 거리를 결정하고, 상기 제 1 프레임과 상기 제 2 프레임 사이에서 경과된 시간을 결정하며, 상기 이동한 거리를 상기 경과된 시간으로 나눔으로써 상기 전파하는 전단파의 속도를 계산하도록 더 구성되는, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 프레임은 상기 제 2 초음파 트랜스듀서 어레이의 다중의 엘리먼트들에 의해 수신된 에코들에 의해 형성된 서브-이미지들을 조합한 결과인, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 12**

제 1 항에 있어서,

상기 신호 프로세서는 상기 관심 영역을 통해 이동하는 포인트 클라우드로서 상기 전파하는 전단파를 식별하도록 구성되는, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 13**

제 1 항에 있어서,

상기 신호 프로세서는 줌밍(zooming), 패닝(panning), 및 깊이 선택의 조합으로 상기 관심 영역의 섹션을 식별하는 이미지 윈도우를 정의하도록 구성되는, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 14**

제 14 항에 있어서,

상기 시스템은 선택된 이미지 윈도우의 동시 B-모드 이미지를 디스플레이하도록 구성되는, 초음파 이미징 시스템.

**청구항 15**

초음파로 조직의 강성을 결정하는 방법으로서,

초음파 이미징 시스템으로 관심 영역의 베이스라인 이미지를 형성하는 단계;

상기 관심 영역에서 전파하는 전단파를 유도하도록 구성된 초음파 펄스를 송신하는 단계;

상기 관심 영역의 복수의 이미지 프레임들을 형성하기 위해 상기 전파하는 전단파를 검출하는데 충분한 프레임레이트로 상기 관심 영역을 이미징하는 단계;

적어도 2개의 차이 프레임들을 획득하기 위해 상기 형성된 이미지 프레임들 중 적어도 2개로부터 상기 베이스라인 이미지를 감산하는 단계;

상기 적어도 2개의 차이 프레임들에서 상기 전파하는 전단파의 위치를 결정하는 단계; 및

상기 적어도 2개의 차이 프레임들에서의 위치들로부터 상기 관심 영역에서의 상기 전파하는 전단파의 전파 속도를 계산하는 단계를 포함하는, 초음파로 조직의 강성을 결정하는 방법.

**청구항 16**

제 15 항에 있어서,

전파 속도로부터 상기 관심 영역의 조직 강성을 계산하는 단계를 더 포함하는, 초음파로 조직의 강성을 결정하는 방법.

**청구항 17**

제 15 항에 있어서,

상기 송신하는 단계는 제 1 초음파 트랜스듀서 어레이로 초음파 펄스를 송신하는 단계를 포함하고, 상기 이미징하는 단계는 제 2 초음파 트랜스듀서 어레이로 상기 관심 영역을 이미징하는 단계를 포함하는, 초음파로 조직의 강성을 결정하는 방법.

**청구항 18**

제 15 항에 있어서,

상기 형성하는 단계는 제 1 송신 어퍼처로부터 원형 파형을 송신하는 단계 및 제 1 수신 어퍼처 상에서 에코들을 수신하는 단계를 포함하는, 초음파로 조직의 강성을 결정하는 방법.

**청구항 19**

제 18 항에 있어서,

상기 이미징하는 단계는 상기 제 1 송신 어퍼처로부터 원형 파형을 송신하는 단계 및 상기 제 1 수신 어퍼처로 상기 원형 파형의 에코들을 수신하는 단계를 포함하는, 초음파로 조직의 강성을 결정하는 방법.

**청구항 20**

제 19 항에 있어서,

상기 제 1 송신 어퍼처 및 상기 제 1 수신 어퍼처는 오버랩하는 트랜스듀서 엘리먼트들을 포함하지 않는, 초음파로 조직의 강성을 결정하는 방법.

**청구항 21**

제 15 항에 있어서,

상기 프레임 레이트는 적어도 500fps인, 초음파로 조직의 강성을 결정하는 방법.

**청구항 22**

제 15 항에 있어서,

상기 관심 영역을 통해 이동하는 포인트 클라우드로서 상기 전파하는 전단파를 식별하는 단계를 더 포함하는, 초음파로 조직의 강성을 결정하는 방법.

**청구항 23**

제 15 항에 있어서,

상기 전파하는 전단파를 유도하도록 구성된 상기 초음파 펄스의 송신의 방향을 나타내는 라인을 포함하는, 상기 관심 영역의 동시 이미지를 디스플레이하는 단계를 더 포함하는, 초음파로 조직의 강성을 결정하는 방법.

**명세서****기술 분야**

[0001]

관련 출원들에 대한 상호 참조

[0002]

[0001] 본 출원은 2012년 2월 21일 출원된 미국 가특허 출원 제61/601,482호의 이익을 주장하고, 이 출원은 인용에 의해 여기에 통합된다.

[0003]

[0002] 본 출원은 또한 하기의 미국 특허 출원들: "Method And Apparatus To Produce Ultrasonic Images Using Multiple Apertures"란 명칭으로 2007년 10월 1일 출원된 제11/865,501호; "Universal Multiple Aperture Medical Ultrasound Probe"란 명칭으로 2010년 4월 14일 출원되어 2010/026013호로서 공개된 제12/760,375호; "Multiple Aperture Ultrasound Array Alignment Fixture"란 명칭으로 2010년 4월 14일 출원된

제12/760,327호; "Calibration of Ultrasound Probes"란 명칭으로 2011년 10월 12일 출원된 제13/279,110호; "Multiple Aperture Probe Internal Apparatus and Cable Assemblies"란 명칭으로 2011년 10월 12일 출원된 제13/272,098호; "Concave Ultrasound Transducers and 3D Arrays"란 명칭으로 2011년 10월 12일 출원된 제13/272,105호; "Point Source Transmission And Speed-Of-Sound Correction Using Multi-Aperture Ultrasound Imaging"란 명칭으로 2011년 2월 17일 출원된 제13/029,907호; 및 "Motion Detection Using Ping-Based and Multiple Aperture Doppler Ultrasound"란 명칭으로 2012년 11월 30일 출원된 제13/690,989호에 관한 것이다.

#### [0004] 인용에 의한 통합

[0005] [0003] 본 명세서에서 언급한 모든 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 개시내용은 일반적으로 초음파 전단파들(ultrasonic shear waves)을 생성하고 트래킹하기 위해 다중의 어퍼처 초음파 프로브를 사용하여 물질 강성을 결정하는 이미징 방법들 및 디바이스들에 관한 것이다.

### 배경기술

[0007] [0005] 조직 강성에서의 변화들은 오랫동안 질병과 연관되었다. 통상적으로, 촉진(palpation)이 조직 병증들을 검출하고 특징화하는 주요 방법들 중 하나이다. 장기내의 딱딱한 덩어리(hard mass)는 종종 비정상의 징후라는 것이 널리 알려져 있다. 조직 강성의 비외파적(non-invasive) 특징화를 제공하기 위해 여러 진단 이미징 기법들이 최근에 개발되었다.

[0008] [0006] 조직 강성의 하나의 척도가 영률(Young's modulus)이라 칭하는 물리적 양이고, 이는 통상적으로 파스칼, 또는 더욱 일반적으로는 킬로 파스칼(kPa)의 단위로 표현된다. 외부의 균일한 압축(또는 스트레스, S)이 고체 조직에 인가되고, 이것이 조직의 변형(또는 스트레인, e)을 야기하는 경우에, 영률은 단순히 인가된 스트레스와 야기된 스트레인 사이의 비율로서 정의된다:

[0009] [0007]  $E = S/e$

[0010] [0008] 딱딱한 조직들은 부드러운 조직 보다 높은 영률을 갖는다. 조직의 영률을 측정할 수 있는 것은, 의사가 양성 종양과 악성 종양을 구별하는 것, 간 섬유증 및 간경변을 검출하는 것, 전립선암 병변을 검출하는 것 등을 돋는다.

[0011] [0009] 진단 및 이미징 방식들의 집합(collection) 및 처리 기법들이 임상의사가 초음파 검사를 사용하여 조직 강성을 평가하게 하기 위해 개발되었다. 이들 기법들은 여기에서 탄성영상법(Elastography)으로서 총칭된다. 조직 강성에 관한 정보를 제공하는 것에 부가하여, 일부 탄성영상 기법들이, 축 스트레인, 횡 스트레인, 푸아송비, 및 다른 공통 스트레인 및 스트레인 관련 파라미터들과 같은 조직의 다른 강성 특성을 나타내기 위해 또한 사용될 수 있다. 이들 또는 다른 스트레인 관련 파라미터들 중 어느 것은 이러한 스트레인 관련 파라미터들의 시각적 표현들을 제공하기 위해 음영 흑백용 또는 컬러 디스플레이들에 디스플레이될 수 있다. 이러한 정보는 2차원 또는 3차원 데이터에 관하여 디스플레이될 수 있다.

[0012] [0010] 탄성영상 기법들은 2개의 카테고리들: "준정적 탄성영상" 기법들 및 "동적 탄성영상" 기법들로 대략적으로 분리될 수 있다.

[0013] [0011] 준정적 탄성영상법에서, 조직 스트레인은 조직의 관심 영역의 기계적 압축에 의해, 예를 들어, 프로브, 손 또는 디바이스로 조직을 누름으로써 야기된다. 다른 경우들에서, 스트레인은 근육 운동 또는 인접한 장기들의 이동에 의해 초래되는 압축에 의해 야기될 수 있다. 그 후, 조직의 관심 영역의 이미지들이 2개(또는 그 초과의) 준정적 상태들, 예를 들어, 압축 없음 및 소정의 포지티브 압축에서 획득된다. 스트레인은 압축 축에 따른 이미지들에서의 상대적 로컬 시프트들 또는 변위들의 기울기들을 계산함으로써 이들 2개의 이미지들로부터 추정될 수 있다. 준정적 탄성영상법은 의사가 조직을 눌러 이러한 압력하에서 조직이 산출하는 양을 검출함으로써 강성을 결정하는 의사의 조직 촉진과 유사하다.

[0014] [0012] 동적 탄성영상법에서, 저주파수 진동이 조직에 인가되고 결과적인 조직 진동들의 속도가 검출된다. 결과적인 저주파수 파의 속도가 그 저주파수 파가 이동하는 조직의 강성과 관련되기 때문에, 조직의 강성은 파 전파 속도로부터 어렵될 수 있다.

[0015] [0013] 다수의 기존의 동적 탄성영상 기법들은 전파하는 진동들의 속도를 검출하기 위해 초음파 도플러 이미징 방법들을 사용한다. 그러나, 원하는 전파 속도를 측정하고자 할 때, 표준 도플러 이미징에서의 고유의 한계들

은 상당한 도전과제들을 제공한다. 그 이유는 적어도 부분적으로, 대부분의 관심이 있는 파들이 초기 저주파수 진도의 방향에 수직으로 방향으로 상당한 전파 성분을 갖는 경향이 있기 때문이다.

[0016] 여기에 사용되는 바와 같이, 용어 동적 탄성영상법은 음향 방사력 임펄스 이미징(ARFI); 가상 터치 이미징; 전단파 분산 초음파 진동계(SDUV); 하모닉 모션 이미징(HMI); 초음속 전단 이미징(SSI); 공간 변조 초음파 방사력(SMURF) 이미징을 포함하는 광범위한 기법들을 포함할 수 있다.

### 발명의 내용

[0017] 다중의 어퍼처 초음파 이미징(MAUI) 프로브로 탄성영상법을 수행하는 것은 종래의 시스템들 및 방법들에 비하여 고유한 이점들을 제공한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 다중의 어퍼처 프로브의 고해상도 및 고프레임-레이트 이미징 능력들은 이미지 프레임들에서의 섭동들(perturbations)로서 전파하는 전단파를 검출하기 위해 조합될 수 있다. 다른 실시예들에서, 다중의 어퍼처 도플러 이미징 기법들은 전파하는 전단파의 속도를 결정하기 위해 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이를 기법들 중 어느 하나 또는 모두는 픽셀 기반 이미징 기법들 및 점원 송신(point-source transmission) 기법들로부터 이익을 더 얻을 수 있다.

[0018] 일부 실시예들에서, 관심 영역에서 전파하는 전단파를 유도하는 파면을 송신하도록 구성된 제 1 초음파 트랜스듀서 어레이, 원형 파형들을 관심 영역으로 송신하고 원형 파형들의 에코들을 수신하도록 구성된 제 2 초음파 트랜스듀서 어레이, 및 관심 영역에서 전파하는 전단파를 검출하기에 충분한 프레임 레이트로 원형 파형들로부터 관심 영역의 복수의 B-모드 이미지들을 형성하도록 구성된 신호 프로세서를 포함하는 초음파 이미징 시스템이 제공된다.

[0019] 일부 실시예들에서, 제 1 초음파 트랜스듀서 어레이는 위상-어레이 엘리먼트들의 어레이를 포함한다. 다른 실시예들에서, 제 1 초음파 트랜스듀서 어레이는 압전 링들의 환상 어레이를 포함하고, 신호 프로세서는 위상 지연들을 조정함으로써 다양한 깊이들에서 파면을 포커싱하도록 더 구성된다. 다른 실시예들에서, 제 1 초음파 트랜스듀서 어레이에는 스위칭 링 트랜스듀서를 포함한다. 또 다른 추가의 실시예에서, 제 1 초음파 트랜스듀서 어레이는 단일 압전 트랜스듀서를 포함한다.

[0020] 일부 실시예들에서, 프레임 레이트는 적어도 500fps, 적어도 1,000fps, 적어도 2,000fps, 또는 적어도 4,000fps일 수 있다.

[0021] 일 실시예에서, 신호 프로세서는 복수의 B-모드 이미지들의 제 1 프레임에서 전단파의 제 1 위치를 식별하고, 복수의 B-모드 이미지들의 제 2 프레임에서 전단파의 제 2 위치를 식별하고, 제 1 프레임과 제 2 프레임 사이에서 전단파가 이동한 거리를 결정하고, 제 1 프레임과 제 2 프레임 사이에서 경과된 시간을 결정하며, 이동된 거리를 경과된 시간으로 나눔으로써 전파하는 전단파의 속도를 계산하도록 더 구성된다.

[0022] 일부 실시예들에서, 제 1 프레임은 제 2 초음파 트랜스듀서 어레이의 다중의 엘리먼트들에 의해 수신된 에코들에 의해 형성된 서브-이미지들을 조합한 결과이다.

[0023] 다른 실시예에서, 신호 프로세서는 관심 영역을 통해 이동하는 포인트 클라우드로서 전파하는 전단파를 식별하도록 구성된다.

[0024] 일 실시예에서, 신호 프로세서는 줌링(zooming), 패닝(panning), 및 깊이 선택의 조합으로 관심 영역의 섹션을 식별하는 이미지 윈도우를 정의하도록 구성된다.

[0025] 일부 실시예들에서, 시스템은 선택된 이미지 윈도우의 동시 B-모드 이미지를 디스플레이하도록 구성된다.

[0026] 초음파로 조직의 강성을 결정하는 방법이 제공되고, 이 방법은 초음파 이미징 시스템으로 관심 영역의 베이스라인 이미지를 형성하는 단계, 관심 영역에서 전파하는 전단파를 유도하도록 구성된 초음파 펄스를 송신하는 단계, 관심 영역의 복수의 이미지 프레임들을 형성하기 위해 전파하는 전단파를 검출하는데 충분한 프레임 레이트에서 관심 영역을 이미징하는 단계, 적어도 2개의 차이 프레임들을 획득하기 위해 형성된 이미지 프레임들 중 적어도 2개로부터 베이스라인 이미지를 감산하는 단계, 적어도 2개의 차이 프레임들에서 전파하는 전단파의 위치를 결정하는 단계, 및 적어도 2개의 차이 프레임들에서의 위치들로부터 관심 영역에서의 전파하는 전단파의 전파 속도를 계산하는 단계를 포함한다.

[0027] 일부 실시예들에서, 방법은 전파 속도로부터 관심 영역의 조직 강성을 계산하는 단계를 더 포함한다.

[0028] 일 실시예에서, 송신하는 단계는 제 1 초음파 트랜스듀서 어레이로 초음파 펄스를 송신하는 단계를 포

함하고, 이미징하는 단계는 제 2 초음파 트랜스듀서 어레이로 관심 영역을 이미징하는 단계를 포함한다.

[0029] [0027] 다른 실시예에서, 형성하는 단계는 제 1 송신 어퍼처로부터 원형 파형을 송신하는 단계 및 제 1 수신 어퍼처상에서 에코들을 수신하는 단계를 포함한다.

[0030] [0028] 또 다른 실시예에서, 이미징하는 단계는 제 1 송신 어퍼처로부터 원형 파형을 송신하는 단계 및 제 1 수신 어퍼처로 원형 파형의 에코들을 수신하는 단계를 포함한다.

[0031] [0029] 일부 실시예들에서, 제 1 송신 어퍼처 및 제 1 수신 어퍼처는 오버랩하는 트랜스듀서 엘리먼트들을 포함하지 않는다.

[0032] [0030] 다른 실시예들에서, 프레임 레이트는 적어도 500fps, 적어도 1,000fps, 적어도 2,000fps, 또는 적어도 4,000fps이다.

[0033] [0031] 일부 실시예들에서, 방법은 관심 영역을 통해 이동하는 포인트 클라우드로서 전파하는 전단파를 식별하는 단계를 더 포함한다.

[0034] [0032] 다른 실시예에서, 방법은 전파하는 전단파를 유도하도록 구성된 초음파 펄스의 송신의 방향을 나타내는 라인을 포함하는, 관심 영역의 동시 이미지를 디스플레이하는 단계를 더 포함한다.

### 도면의 간단한 설명

[0035] [0033] 본 발명의 신규한 특징들은 특히 아래의 청구항들로 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.

[0034] 도 1은 다중의 어퍼처 초음파 탄성영상 프로브 및 점탄성 매체내의 관심 영역에서의 전파하는 전단파의 일 실시예의 개략적인 예시이다.

[0035] 도 2는 하나의 전단파 개시 트랜스듀서 어레이 및 4개의 이미징 트랜스듀서 어레이들을 갖는 다중의 어퍼처 초음파 탄성영상 프로브의 실시예의 개략적인 예시이다.

[0036] 도 3은 하나의 전단파 개시 트랜스듀서 어레이 및 2개의 요면(concave curved) 이미징 트랜스듀서 어레이들을 갖는 다중의 어퍼처 초음파 탄성영상 프로브의 실시예의 개략적인 예시이다.

[0037] 도 3a는 전단파 펄스 개시 영역으로서 지정된 연속 요면 어레이의 섹션을 갖는 다중의 어퍼처 초음파 탄성영상 프로브의 실시예의 예시이다.

[0038] 도 3b는 전단파 펄스 개시 영역으로서 지정된 엘리먼트들의 하나의 그룹으로 3D 이미징을 위해 구성된 연속 2D 오목 트랜스듀서 어레이를 포함하는 다중의 어퍼처 초음파 탄성영상 프로브의 실시예의 예시이다.

[0039] 도 4는 전단파 개시 트랜스듀서 어레이 또는 이미징 트랜스듀서 어레이들 중 하나 이상의 것을 위해 사용될 수 있는 환형 어레이의 개략적인 예시이다.

[0040] 도 5는 고해상도 다중의 어퍼처 이미징 프로세스의 일 실시예를 예시하는 플로우차트이다.

[0041] 도 6은 고 프레임 레이트 다중의 어퍼처 이미징 프로세스의 일 실시예를 예시하는 플로우차트이다.

[0042] 도 7은 탄성영상 데이터 캡처 프로세스의 일 실시예를 예시하는 플로우차트이다.

[0043] 도 8은 전파하는 전단파에 의해 초래된 섭동을 나타내는 차이 프레임의 일례이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

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

[0045] 일부 실시예들에서, 전단 성분 및 압축 성분을 갖는 기계적 파가 (생물학적 조직과 같은) 점탄성 매체에서 생성되는 초음파 이미징 방법들이 제공된다. 결과적인 전단파 전파의 속도는 전단파가 매체를 통해 전파할 때 높은 프레임 레이트에서 매체를 이미징하면서 측정될 수 있다. 전파하는 전단파의 속도는 알려진 시간 간격들에서 복수의 프레임들에서의 전단파의 변화하는 위치를 식별함으로써 결정될 수 있다. 더 상세히 후술하는 바와 같이, 팽(ping)-기반 및 다중 어퍼처 초음파 이미징의 다양한 실시예들이 이들 방법들을 사용하여 조직

강성의 정확한 분석을 수행하기 위해 고해상도 및 고 프레임 레이트 이미지들을 획득하는데 특히 매우 적합하다. 일부 실시예들에서, 수신된 에코 데이터의 질적 및/또는 정량적 분석이 나머지 점탄성 매체와 비교하여 상이한 경도(hardness)의 영역들을 식별하기 위해 수행될 수 있다.

[0038] [0046] 여기에서의 실시예들은 조직의 전단 탄성계수를 결정하기 위해 초음파 탄성영상법을 수행하는 시스템들 및 방법들을 제공한다. 일부 실시예들에서, 전단 탄성계수를 결정하는 방법은 기계적 전단파를 테스트 매체에 송신한 후에, 전단파가 매체를 통해 전파할 때 고 프레임 레이트 B-모드 초음파 이미징 기법을 사용하여 테스트 매체를 이미징하는 단계를 포함한다. 전단파의 전파 동안 취해진 각 이미지 프레임을 전단파를 송신하기 이전에 생성된 레퍼런스 이미지와 비교함으로써, 전파 속도가 결정될 수 있다.

[0039] [0047] 다양한 실시예들이 다양한 해부학적 구조들의 강성을 이미징하고 평가하는 것을 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. 예를 들어, 여기에 설명된 초음파 프로브들, 시스템들 및 방법들은 용접들, 파이프들, 빔들, 플레이트들, 압력 용기들, 계층 구조들, 토양, 지면, 콘크리트 등과 같은 다양한 기계적 객체들, 구조적 객체들 또는 물질들의 비파괴 테스팅 또는 평가에서 사용에 적합할 수 있다. 따라서, 의료적 또는 해부학적 이미징 타겟들, 조직들, 또는 장기들에 대한 여기에서의 참조들은 여기에 설명하는 다양한 장치들 및 기법들을 사용하여 이미징되거나 평가될 수 있는 거의 무한의 다양한 타겟들의 제한하지 않는 예들로서 단지 제공된다.

#### 중요 용어들 및 개념들에 대한 서론

[0040] [0041] 여기에서 사용되는 바와 같이, 용어들 "초음파 트랜스듀서" 및 "트랜스듀서"는 초음파 이미징 기술들의 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 지칭할 수 있고, 이에 제한되지 않는다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 초음파 트랜스듀서는 압전 디바이스를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 초음파 트랜스듀서들은 용량성 미세가공된 초음파 트랜스듀서들(CMUT)을 포함할 수 있다.

[0042] [0049] 트랜스듀서들은 종종 다중의 개별 트랜스듀서 엘리먼트들의 어레이들로 구성된다. 여기에서 사용되는 바와 같이, 용어들 "트랜스듀서 어레이" 또는 "어레이"는 공통 백킹 플레이트에 탑재된 트랜스듀서 엘리먼트들의 집합을 일반적으로 지칭한다. 이러한 어레이들은 1차원(1D), 2차원(2D), 1.X 차원들(예를 들어, 1.5D, 1.75D, 등) 또는 3차원(3D)을 가질 수 있다(이러한 어레이들은 2D, 3D 또는 4D 이미징 모드들에서의 이미징을 위해 사용될 수 있다). 당업자가 이해하는 바와 같이, 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.

[0043] [0050] 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 지칭할 수 있고, 이에 제한되지 않는다. 유사하게, 용어 "수신 엘리먼트"는 엘리먼트를 이미징한 초음파 신호가 전기 신호로 변환되는 수신 기능을 적어도 순간적으로 수행하는 초음파 트랜스듀서 엘리먼트를 지칭할 수 있고, 이에 제한되지 않는다. 매체로의 초음파의 송신이 여기에서 "고주파 발사(insonifying)"로 또한 지칭될 수 있다. 초음파들을 반사하는 객체 또는 구조를 "리플렉터" 또는 "스캐터"로 이 지칭될 수 있다.

[0044] [0051] 여기에서 사용되는 바와 같이, 용어 "어퍼처"는 초음파 신호들이 전송되고 그리고/또는 수신되는 개념적인 "개구"를 지칭할 수 있다. 실제로, 어퍼처는 단순히, 이미징 제어 전자기기에 의해 공통 그룹으로서 일괄적으로 관리되는 단일 트랜스듀서 엘리먼트 또는 트랜스듀서 엘리먼트들의 그룹이다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 어퍼처는 인접 어퍼처의 엘리먼트들로부터 물리적으로 분리될 수 있는 엘리먼트들의 물리적 그룹일 수 있다. 그러나, 인접 어퍼처들이 반드시 물리적으로 분리될 필요는 없다.

[0045] [0052] 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 공통 하우징내의 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 실시예들

에서, 다중의 어퍼처 초음파 이미징 시스템이 전용 기능과 동적 기능 어퍼처들의 조합을 사용할 수 있다.

[0046] 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 초파의 치수들을 지칭할 수 있다. 따라서, 총 어퍼처는 특정한 사이클 동안 송신 또는 수신 어퍼처들로서 지정된 임의의 수의 서브-어퍼처들로 구성된다. 단일 어퍼처 이미징 장치의 경우에서, 총 어퍼처, 서브-어퍼처, 송신 어퍼처, 및 수신 어퍼처는 모두 동일한 치수들을 갖는다. 다중의 어퍼처 이미징 장치의 경우에서, 총 어퍼처의 치수들은 모든 송신 및 수신 어퍼처들의 치수들의 합을 포함한다.

[0047] 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 엘리먼트들의 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.

[0048] 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 해상도 기준, 또는 다른 자동으로 결정된 기준에 기초하여 이러한 지정들을 전자적으로 작성하는 능력들을 포함한다.

#### 전단파들의 유도

[0050] 조직에서의 전단파들의 전파 속도는 하기의 수학식에 의해 조직의 강성(영률 또는 전단 탄성 계수) 및 밀도와 관련되고:

$$E = 3 \rho \cdot c^2$$

[0052] 여기서,  $c$ 는 전단파의 전파 속도이고,  $E$ 는 영률이며,  $\rho$ 는 조직 밀도이다. 조직들의 밀도가 최소로 변하는 경향이 있고, 속도 항은 제곱되기 때문에, 탄성은 어림 밀도값을 가정하고 전단파 전파의 속도만을 측정함으로써 계산될 수 있다. 일부 경우들에서, 가정된 밀도값은 알려진 장기 조직들에 대한 밀도들의 어림 범위와 같은, 이미징되는 조직에 관한 알려진 정보에 의존하여 변할 수 있다. 예를 들어, 간 조직은 대략  $1.05\text{kg}/\text{l}$ 의 밀도를 가질 수 있고, 심장 조직은 약  $1.03\text{kg}/\text{l}$ 일 수 있으며, 골격 근육 조직은 약  $1.04\text{kg}/\text{l}$ 일 수 있다. 조직 탄성에서의 변동들은 다양한 질병 상태들과 연관되는 것으로 알려져 있다. 따라서, 암들 또는 다른 병리학적 조건들이 조직을 통과하는 전단파들의 전파 속도를 측정함으로써 조직에서 검출될 수 있다.

[0053] 일부 실시예들에서, 전단파는 강한 초음파 펄스를 조직에 인가함으로써 조직내에서 생성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 전단파 생성 초음파 펄스(또한 "개시" 펄스 또는 "init" 펄스로서 여기에서 청함)는 높은 진폭 및 긴 지속기간(예를 들어, 약 100 마이크로초)을 나타낼 수 있다. 초음파 펄스는 조직을 푸쉬하기 위해 음향 방사력을 생성할 수 있어서, 조직의 충들로 하여금 초음파 펄스의 방향에 따라 슬라이딩하게 한다. 조직의 이들 슬라이딩(전단) 이동들은 저주파수(예를 들어, 10 내지  $500\text{Hz}$ )인 전단파들로 고려될 수 있고, 초음파 펄스의 방향에 수직한 방향으로 전파할 수 있다.

[0054] 통상적으로, 초음파 전단파들은 수 미크론의 조직 변위만을 발생시킨다. 이러한 양이 대부분의 이미징 시스템의 해상도 미만이기 때문에, 변위를 검출하는 것은 추가의 도전과제들을 갖는다. 일부 실시예들에서, 전단파들에 의해 유도된 조직 변위는 B-모드 이미징 에코들의 복귀의 위상 시프트와 관련하여 검출될 수 있다.

[0055] 전단파의 전파 속도는 통상적으로 약 1 내지  $10\text{m/s}$  정도(1 내지  $300\text{kPa}$ 에 대응함)이다. 그 결과, 전파하는 전단파는 약 6 내지 60 밀리초에서 6cm 폭의 초음파 이미지 평면을 크로스할 수 있다. 따라서, 6cm 폭의 이미지에서 고속 이동하는 전단파들의 적어도 3개의 이미지를 수집하기 위해, 초당 적어도 500 프레임들의 프레임 레이트가 요구될 수 있다. 가장 통용되는 방사선 초음파 시스템들은 (초당 약 58 내지 약 30 프레임들의 프레임 레이트들에 대응하는) 17 내지 33 밀리초 마다 오직 한번 완성 이미지를 리프레시하고, 이것은 전단파가 단일 프레임이 획득될 수 있기 이전에 시야에서 사라지기 때문에 너무 느려서 전파하는 전단파를 이미징하지 못한다. 전단파들을 충분하게 상세히 캡처하기 위해, 초당 수천 또는 그 초파의 이미지들의 프레임 레이트가 필요하다.

## [0056] 고 프레임 레이트 초음파 이미징

[0060] 스캔라인 기반 초음파 이미징 시스템의 프레임 레이트는 프레임 당 스캔라인들의 수로 분할된 (이미징 된 매체에서 초음파의 라운드-트립 시간에 의해 제한되는) 펄스-반복 주파수(PRF)이다. 통상의 스캔라인 기반 초음파 이미징 시스템들은 프레임 당 약 64개와 약 192개 스캔라인들 사이를 사용하고, 이것은 초당 약 50개만의 프레임들의 통상의 프레임 레이트를 발생시킨다.

[0061] 평-기반 초음파 이미징 기법들을 사용함으로써, 일부 초음파 이미징 시스템들 및 방법들은 초당 수천 프레임들 정도의 프레임 레이트를 달성할 수 있다. 이러한 시스템들 및 방법들의 일부 실시예들은 단일의 송신 펄스로부터 전체 2D 이미지를 획득할 수 있고, 180cm의 깊이로 이미징할 때 초당 4000 이상의 펄스 레이트(및 따라서, 프레임 레이트)를 달성할 수 있다. 이러한 리프레시 레이트로, 가장 빠른 파들에 대한 약 2.5mm의 이동의 증분에서, 그리고 심지어 더 느린 전단파들에 대한 더 짧은 증분에서 전단파를 캡처할 수 있다. 더 얇은 깊이들에서 이미징할 때, 더욱더 높은 프레임 레이트들이 달성될 수 있다. 예를 들어, 2cm의 깊이에서 이미징 할 때, 평-기반 초음파 이미징 시스템은 초당 약 75,000 프레임들의 펄스 레이트(및 따라서, 프레임 레이트)를 달성할 수 있다. 더욱더 높은 프레임 레이트가 (예를 들어, 후술하는 바와 같이) 오버랩하는 펄스들 또는 평들을 송신함으로써 달성될 수 있다.

[0062] 종래의 스캔라인 기반 펄스 어레이 초음파 이미징 시스템들과 반대로, 다중의 어퍼처 초음파 이미징 시스템들의 일부 실시예들은 송신 펄스 동안 점원 송신을 사용할 수 있다. ("평" 또는 초점이 맞지 않은 초음파 파면으로서 여기에서 또한 지칭되는) 점원으로부터 송신된 초음파 파면이 각 원형 또는 구형 파면으로 전체 관심 영역을 조명한다. 단일의 수신 트랜스듀서 엘리먼트에 의해 수신된 단일 평으로부터 수신된 에코들이 관심의 고주파 발사 영역의 완전한 이미지를 형성하기 위해 빔포밍될 수 있다. 넓은 프로브에 걸친 다중의 수신 트랜스듀서들로부터의 데이터와 이미지들을 조합하고, 다중의 평들로부터 데이터를 조합하며, 매우 높은 해상도의 이미지들이 획득될 수 있다. 더욱이, 이러한 시스템은 프레임 레이트가 평 반복 주파수, 즉, 송신 트랜스듀서 엘리먼트, 최대 깊이 리플렉터와 가장 먼 수신 트랜스듀서 엘리먼트 사이에서 이동하는 송신 파면의 라운드 트립 이동 시간의 역에 의해서만 제한되기 때문에 매우 높은 프레임 레이트에서의 이미징을 허용한다. 일부 실시예들에서, 평-기반 이미징 시스템의 프레임 레이트는 평 반복 주파수와 단지 동일할 수 있다. 다른 실시예들에서, 하나 보다 많은 평으로부터 프레임을 형성하는 것이 소망되는 경우에, 평-기반 이미징 시스템의 프레임 레이트는 프레임 당 평들의 수로 분할된 평 반복 주파수와 동일할 수 있다.

[0063] 여기에서 사용되는 바와 같이, 용어들 "점원 송신" 및 "평"은 단일의 공간 위치로부터 매체로의 송신 초음파 에너지의 도입을 지칭할 수 있다. 이것은 단일의 초음파 트랜스듀서 엘리먼트 또는 함께 송신하는 인접 트랜스듀서 엘리먼트들의 조합을 사용하여 수행될 수 있다. 이러한 엘리먼트(들)로부터의 단일 송신은 균일한 구형 파면을 어림할 수 있거나, 2D 슬라이스를 이미징하는 경우에는, 2D 슬라이스내에 균일한 원형 파면을 생성한다. 일부 경우들에서, 점원 송신 어퍼처로부터 원형 또는 구형 파면의 단일 송신이 여기에서 "평" 또는 "점원 펄스" 또는 초점이 맞지 않은 펄스"로 지칭될 수 있다.

[0064] 점원 송신은 에너지를 트랜스듀서 엘리먼트 어레이로부터 (스캔라인을 따른) 특정한 방향으로 포커싱하는 스캔라인 기반 "위상 어레이 송신" 또는 "직접 펄스 송신"과는 그 공간적 특징에서 상이하다. 위상 어레이 송신은 고주파 발사파를 특정한 관심 영역으로 증강하거나 조종하기 위해 트랜스듀서 엘리먼트들의 그룹의 위상을 순차적으로 조작한다.

[0065] 일부 실시예들에서, 일련의 송신 평들을 사용하는 다중의 어퍼처 이미징은 제 1 송신 어퍼처로부터 점원 평을 송신하고, 2개 또는 그 이상의 수신 어퍼처들의 엘리먼트들로 송신 평의 에코들을 수신함으로써 동작할 수 있다. 완전한 이미지가 송신 에코와 수신 에코 사이의 자연 시간들에 기초하여 리플렉터들의 위치를 삼각측량함으로써 형성될 수 있다. 그 결과, 각 수신 어퍼처는 각 송신 평의 에코들로부터 완전한 이미지를 형성할 수 있다. 일부 실시예들에서, 단일의 시간 도메인 프레임이 단일의 송신 평으로부터 2개 또는 그 이상의 수신 어퍼처들에서 수신된 에코들로부터 형성된 이미지들을 조합함으로써 형성될 수 있다. 다른 실시예들에서, 단일의 시간 도메인 프레임이 2개 또는 그 이상의 송신 평으로부터 하나 또는 그 이상의 수신 어퍼처들에서 수신된 에코들로부터 형성된 이미지들을 조합함으로써 형성될 수 있다. 일부 이러한 실시예들에서, 다중의 송신 평들은 상이한 송신 어퍼처들로부터 발신될 수 있다.

[0066] "빔포밍"은 다중의 개별 리셉터들에서 수신된 이미징 신호들이 완전한 코히어런트 이미지를 형성하기 위해 조합되는 프로세스인 것으로 일반적으로 이해된다. 평-기반 빔포밍의 프로세스가 이러한 이해와 일치한다. 평-기반 빔포밍의 실시예들은 일반적으로, 초음파 신호가 이동될 수 있는 경로, 사운드의 가정된 정

속도 및 송신 평과 에코가 수신되는 시간 사이의 경과 시간에 기초하여 수신 에코의 부분들에 대응하는 리플렉터들의 위치를 결정하는 것을 수반한다. 다시 말해, 평-기반 이미징은 가정된 속도 및 측정된 시간에 기초한 거리의 계산을 수반한다. 이러한 거리가 계산되면, 임의의 소정의 리플렉터의 가능한 위치들을 삼각측량하는 것이 가능하다. 이러한 거리 계산은 송신 및 수신 트랜스듀서 엘리먼트들의 상대적 위치들과 이미징된 매체에서의 초음파의 속도에 관한 정확한 정보로 가능하게 이루어진다. 위에서 참조한 출원인의 선출원들에서 논의된 바와 같이, 다중의 어퍼처 및 다른 프로브들은 각 트랜스듀서 엘리먼트의 음향 위치를 적어도 원하는 정확도로 결정하도록 시준될 수 있고, 이러한 엘리먼트 위치 정보는 이미징 또는 빔포밍 시스템에 액세스 가능한 위치에 디지털적으로 저장될 수 있다.

[0064] [0067] 도 1은 탄성영상법을 수행하도록 구성된 다중의 어퍼처 초음파 프로브(10)의 일 실시예들 개략적으로 예시한다. 도 1의 프로브(10)는 2개의 이미징 트랜스듀서 어레이들(14, 16), 및 여기여서 "init" 송신 트랜스듀서 어레이(12)로 지칭되는 하나의 전단파 개시 트랜스듀서 어레이를 포함한다. init 트랜스듀서 어레이는 상대적으로 저주파수 전단파 개시 펄스(여기에서, "init 펄스"로서 또한 지칭됨)을 송신하도록 구성될 수 있다.

[0065] [0068] 프로브(10)는 송신 및 수신 초음파 신호들을 전자적으로 제어하도록 구성된 전자 제어기(100)에 연결되도록 또한 구성될 수 있다. 제어기는 위상 어레이 또는 평 초음파 신호들을 송신하고, 이미징 트랜스듀서 어레이들에 의해 수신된 에코들을 수신하여 프로세싱하고, 수신 빔포밍 프로세스를 수행하며, 수신되어 프로세싱된 에코들로부터 B-모드 이미지들을 형성하도록 구성될 수 있다. 제어기(100)는 init 어레이로부터의 전단 파면의 송신을 제어하도록 또한 구성될 수 있고, 여기에 설명한 임의의 실시예들에 따라 관심 영역에서 전단파의 위치 및 조직의 탄성을 결정하도록 구성될 수 있다. 제어기(100)는 여기에 설명한 다양한 방법들 및 프로세스들을 포함하는, 이미지 형성, 이미지 프로세싱, 에코 데이터 저장, 또는 임의의 다른 프로세스를 제어하도록 또한 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 제어기(100) 중 일부 또는 모두가 프로브에 통합될 수 있다. 다른 실시예들에서, 제어기는 (예를 들어, 유선 또는 무선 전자 통신 방법에 의해) 프로브에 전자적으로 커플링도리 수 있지만, 프로브 자체로부터는 물리적으로 분리된다. 또 다른 실시예들에서, 하나 또는 그 초파의 개별의 추가 제어기들이 프로브(10) 및/또는 제어기(100)에 전자적으로 연결될 수 있다. 이러한 추가의 제어기들은 여기에 설명한 방법들 또는 프로세스들 중 어느 하나 또는 그 초파의 것을 실행하도록 구성될 수 있다.

[0066] [0069] 도 1에 예시된 실시예에서, init 트랜스듀서 어레이(12)는 좌측 횡방향 이미징 트랜스듀서 어레이(14)와 우측 횡방향 이미징 트랜스듀서 어레이(16) 사이에서 중심에 위치된다. 대안의 실시예들에서, init 어레이가 좌측 위치(14), 우측 위치(16) 또는 도 1에 도시된 것들 이외의 다른 위치와 같은 임의의 다른 위치에 위치될 수 있다. 다른 실시예들에서, 다중의 어퍼처 프로브에서의 여러 트랜스듀서 어레이들 중 어느 하나가 init 어레이로서 동작하도록 일시적으로 또는 영구적으로 할당되고 제어될 수 있다.

[0067] [0070] 다른 실시예들에서, init 트랜스듀서는 반드시 별개의 어레이일 필요는 없다. 오히려, 단일의 트랜스듀서 엘리먼트 또는 그렇지 않으면 이미징을 위해 사용될 수 있는 더 큰 어레이의 일부인 트랜스듀서 엘리먼트들의 그룹이 init 어레이로서 일시적으로 또는 영구적으로 지정되어 제어/동작될 수 있다.

[0068] [0071] 아래에 더 상세히 논의되는 바와 같이, 프로브(10)의 이미징 트랜스듀서 어레이들(14, 16)은 관심 영역(50)을 이미징하기 위해 사용될 수 있다. 이미징 트랜스듀서 어레이들(14, 16)은 압전 결정들 또는 CMUT 엘리먼트들의 1D, 1.XD, 2D 어레이들과 같은, 초음파 이미징에 적합한 임의의 트랜스듀서 어레이 구성을 포함할 수 있다.

[0069] [0072] 다중의 어퍼처 초음파 이미징 프로브들의 실시예들은 광범위한 물리적 장치들에서 임의의 수의 이미징 어퍼처들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 2는 중심 init 트랜스듀서 어레이(12) 및 2개의 쌍의 이미징 어레이들(14, 15, 16, 17) (이 중 모두 4개가 다중의 어퍼처 이미징 프로세스에서 사용될 수 있음)을 포함하는 다중의 어퍼처 탄성영상 프로브(11)의 실시예를 예시한다. 일부 실시예들에서, init 어레이(12)는 대안으로는, 다른 어레이들(14, 15, 16, 17) 중 어느 하나의 위치에 있을 수 있다.

[0070] [0073] 일부 실시예들에서, 다중의 어퍼처 프로브들은 일반적으로 오목한 조직-인게이징(tissue-engaging) 표면을 가질 수 있고, 복수의 이미징 어퍼처들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 다중의 어퍼처 프로브의 각 개별 어퍼처는 개별 및 별개의 트랜스듀서 어레이를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 개별 어퍼처들은 큰 연속의 트랜스듀서 어레이상에 동적으로 그리고/또는 전자적으로 할당될 수 있다.

[0071] [0074] 도 3은 중심 init 트랜스듀서 어레이(12) 및 한 쌍의 오목한 곡선 횡방향 이미징 어레이들(18, 20)을 포함하는 다중의 어퍼처 탄성영상 프로브의 실시예를 예시한다. 일부 실시예들에서, 다중의 이미징 어퍼처들은

여기에 인용에 의해 통합되는 출원인의 이전의 미국 특허 출원 제13/272,105호에 설명된 바와 같이 오목한 횡방향 어레이들(18, 20) 중 하나 또는 모두상에 동적으로 할당될 수 있다. 대안으로는, 오목한 곡선 횡방향 어레이를 각각은 개별 어퍼처로서 취급될 수 있다.

[0072] [0075] 도 3a는 단일의 연속의 오목한 곡선 트랜스듀서 어레이(19)를 포함하는 다중의 어퍼처 탄성영상 프로브의 실시예를 예시한다. 위에서 논의한 다른 실시예들과 같이, 연속의 곡선 어레이(19)의 임의의 부분이 init 어레이로서 일시적으로 또는 영구적으로 구성되고, 지정되며, 제어/동작될 수 있다.

[0073] [0076] 도 3b는 출원인의 선출원 제13/272,105호에 설명된 바와 같이 3D 어레이(25)를 포함하는 다중의 어퍼처 탄성영상 프로브의 실시예를 예시한다. 트랜스듀서 엘리먼트들(12)의 그룹이 전단파 개시 영역으로서 지정되어 도시되어 있다. 상기 실시예들과 같이, 3D 어레이(25)의 임의의 다른 영역이 init 영역으로서 지정될 수 있다.

[0074] [0077] 일부 실시예들에서, 적어도 3개의 어레이들을 갖는 프로브가 적어도 하나의 트랜스듀서 어레이를 저주파수 init 트랜스듀서 어레이로 대체함으로써 탄성영상법에 적합할 수 있다. 일부 실시예들에서, 다중의 어퍼처 프로브의 init 트랜스듀서 어레이는 적어도 2개의 다른 어레이들 사이에 위치될 수 있다. 이러한 프로브 구성은 조정가능한 프로브들, 심박(cardiac) 프로브들, 유니버설 프로브들, 정맥 초음파(IVUS) 프로브들, 질내(endo-vaginal) 프로브들, 직장내(endo-rectal) 프로브들, 경식도(transesophageal) 프로브들 또는 특정한 애플리케이션을 위해 구성된 다른 프로브들을 포함할 수 있다.

[0075] [0078] 유사하게는, 임의의 다른 다중의 어퍼처 또는 단일-어퍼처 초음파 이미징 프로브가 여기에 설명한 탄성영상 시스템들 및 방법들과의 사용에 적합할 수 있다. 또 다른 실시예들에서, init 어레이가 이미징 프로브와 완전히 독립적으로 별개 프로브상에 제공될 수 있다. 예를 들어, init 프로브에는 이미징 프로브의 하우징으로부터 개별 하우징이 제공될 수 있다. 일부 실시예들에서, 독립적인 init 어레이가 이미징 프로브에 일시적으로 부착되도록 구성될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 이러한 별개의 init 프로브는 이미징 프로브와 동일한 초음파 이미징 시스템에 의해 제어될 수 있거나, init 프로브는 이미징 시스템과 독립적으로 제어될 수 있다. 독립적으로 제어된 탄성영상 init 펄스 제어기가 init 펄스가 송신되는 시간을 나타내는 정확한 타이밍 정보를 이미징 시스템에 제공하기 위해 초음파 이미징 시스템과 동기화될 수 있다.

[0076] [0079] 대안의 실시예들에서, 유사한 프레임 레이트들이 상술한 바와 유사한 기법들을 사용하여, 평면 파면을 송신하고(예를 들어, 공통 어레이에서의 여러 트랜스듀서들로부터 동시 펄스들을 송신함으로써), 에코들을 수신하며, 핵심 위치들에 수신된 에코들을 매핑함으로써 달성을 수 있다. 이러한 평면파 송신 시스템들의 일부 실시예들은 평-기반 이미징 기법들로 달성된 것들과 유사한 프레임 레이트들을 달성할 수 있다.

### 전단파 개시 트랜스듀서들의 실시예들

[0077] [0080] 프로브 구성과 관계없이, init 어레이(12)의 실시예들은 약 1MHz와 약 10MHz 사이의 주파수들로 전단파 개시 초음파 펄스들을 송신하도록 구성될 수 있다. 다른 실시예들에서, init 어레이(12)는 약 18MHz 이상까지의 주파수로 전단파 개시 초음파 펄스들을 송신하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, init 펄스들을 생성하는 초음파 주파수는 이미징을 위해 사용된 초음파 주파수의 약 절반일 수 있다. 물질들 및 구성에 따라, 단일의 트랜스듀서 어레이가 init 펄스를 위한 저주파수 초음파 펄스들 및 이미징을 위한 상대적으로 고주파수 초음파 펄스들 모두를 생성할 수 있다. 그러나, 일부 실시예들에서, init 펄스 또는 이미징 펄스의 더욱 효율적인 제어를 허용하기 위해 상대적으로 좁은 주파수 범위에 대해 최적화된 트랜스듀서들을 사용하는 바람직 할 수 있다.

[0079] [0081] 따라서, 일부 실시예들에서, init 트랜스듀서 어레이(12)는 예를 들어, 예상된 init 주파수 범위내에서 효율적으로 기능하도록 최적화됨으로써, init 어레이로서 배타적으로 기능하도록 구성된 개별 어레이를 포함할 수 있다. 그 결과, 일부 실시예들에서, init 어레이는 개별 이미징 어레이들과는 구조적으로 상이할 수 있다. 다른 실시예들에서, init 어레이가 이미징 어레이와 물리적으로 동일할 수 있고, 그것의 동작 및 사용과 관련하여서만 상이할 수 있다.

[0080] [0082] 일부 실시예들에서, init 트랜스듀서 어레이(12)는 압전 엘리먼트들의 직사각형 또는 그렇지 않으면 다른 형상의 어레이(예를 들어, 1D, 1.xD, 2D 또는 다른 직사각형 어레이)를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, init 트랜스듀서 어레이(12)는 용량성 미세-가공된 초음파 트랜스듀서(CMUT) 엘리먼트들의 직사각형 또는 그렇지 않으면 다른 형상의 어레이를 포함할 수 있다.

[0081] [0083] 다른 실시예들에서, init 어레이(12)는 도 4의 예에 대해 도시된 바와 같은 환형 어레이(30)를 포함할 수 있다. 환형 어레이는 동심의 원형 또는 타원형 패턴들로 배열된 복수의 트랜스듀서 엘리먼트들을 포함할 수

있다. 이러한 환형 어레이들(20)은 임의의 적합한 트랜스듀서 물질을 또한 사용할 수 있다. 일부 실시예들에서, init 어레이(12)는 스위칭 링 환형 트랜스듀서 어레이를 포함할 수 있다.

[0082] 일부 실시예들에서, 스위칭 링 환형 어레이는 최내측 엘리먼트가 평면 고리 또는 완벽한 접시모양일 수 있는 복수의 중심의 환형 트랜스듀서 엘리먼트들로 분할될 수 있는 접시 형상의 초음파 트랜스듀서(예를 들어, 구의 세그먼트)일 수 있다. 일부 실시예들에서, 환형 어레이(20)의 전면(front surface)의 곡률 및 트랜스듀서와 관심 영역 표면 사이의 임의의 렌즈 또는 임피던스 매칭층이 트랜스듀서의 초점 길이를 적어도 부분적으로 결정할 수 있다. 다른 실시예들에서, 환형 어레이는 실질적으로 평면일 수 있고, 음향 렌즈가 송신된 초음파 에너지를 포커싱하기 위해 이용될 수 있다.

[0083] 환형 어레이(20)는 도 4에 도시된 바와 같은 중심 디스크에 부가하여 3개의 링들과 같은 임의의 수의 링들을 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 환형 어레이는 중심 디스크 또는 접시에 부가하여 2개, 4개, 5개, 6개, 7개, 8개, 9개, 10개 또는 그 초과의 링들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 링들은 링들을 각 링내의 복수의 링 엘리먼트들로 에칭하고, 스크라이빙하고, 완벽하게 컷팅하거나 또는 그렇지 않으면 분할함으로써 더 디커플링될 수 있다. 일부 실시예들에서, 25mm의 두께로 동작하기 위한 환형 어레이 트랜스듀서는 40mm의 직경을 가질 수 있고, 외부 링은 222mm<sup>2</sup>의 표면적을 제공하는 대략 1.85mm의 폭을 가질 수 있고; 내부 링은 0.55mm<sup>2</sup>의 표면적을 제공하기 위해 대략 0.8mm의 폭을 가질 수 있고 대략 10.6mm의 반경에 놓인다.

[0084] 일부 실시예들에서, 각 링(또는 링내의 각 링 엘리먼트)은 각 링(또는 링 엘리먼트)이 제어 시스템에 의해 개별 트랜스듀서 엘리먼트로서 개별적으로 제어될 수 있도록 개별 전기적 연결들을 가질 수 있어서, 링들은 전단파 개시 펄스를 관심 영역내의 원하는 깊이로 향하게 하도록 페이징될 수 있다. 인가된 에너지의 진폭은 환형 어레이(20)의 면으로부터 떨어져 이동하는 방사된 전단파의 진폭을 결정할 수 있다.

[0085] 일부 실시예들에서, init 어레이의 엘리먼트들의 사이즈 및/또는 수는 생성될 전단파의 형상 또는 다른 특성들에 의해 결정될 수 있다.

[0086] 일부 실시예들에서, init 트랜스듀서 어레이(12)에 의해 생성된 전단파 개시 펄스는 관심 영역에서 최대 전력을 제공하기 위해 송신 동안 포커싱될 수 있다. 일부 실시예들에서, init 펄스는 (예를 들어, 도 1, 도 2, 및 도 3에 도시된 바와 같이) init 라인(22)상에 포커싱될 수 있다. Init 펄스는 원하는 깊이에서 최대 붕괴 전력(disruptive power)을 생성하기 위해 원하는 깊이에 더 포커싱될 수 있다. 일부 실시예들에서, 축방향 초점 라인 및 포커싱된 깊이 포인트가 적합한 지연들의 세트에서(즉, "위상 어레이" 기법들을 사용하여) 복수의 트랜스듀서 엘리먼트들로부터 펄스들을 송신함으로써 결정될 수 있다. 일부 실시예들에서, 송신 지연들은 위에서 논의한 바와 같은 일련의 스위칭 링들을 갖는 환형 어레이를 사용할 때 생략될 수 있다.

[0087] 일부 실시예들에서, init 펄스는 전자적으로 조종가능할 필요는 없다. 이러한 실시예들에서, 프로브는 프로브에 대해 일관된 라인을 따라 init 펄스를 항상 송신하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, init 펄스의 예상된 라인이 이미징된 관심 영역에 대한 init 펄스의 경로의 시각적 표시를 오퍼레이터에게 제공하도록 (예를 들어, 관심 영역의 동시 B-모드 이미지를 오버레이하는) 초음파 디스플레이상에 디스플레이될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 초음파검사자는 디스플레이가 탄성영상법에 의해 평가될 객체를 통과하는 대표적인 init 라인을 나타낼 때까지 프로브를 조작할 수 있다.

[0088] 대안의 실시예들에서, init 펄스는 오퍼레이터에 의해 표시된 방향으로 전자적으로 조종될 수 있다. 이러한 실시예들에서, init 펄스의 라인은 프로브를 이동시킬 필요없이 임의의 적절한 사용자 인터페이스 상호작용을 통해 오퍼레이터에 의해 선택될 수 있다. 일부 실시예들에서, 사용자 인터페이스 상호작용은 (예를 들어, 관심 영역의 동시 B-모드 이미지를 오버레이하는) 디스플레이 스크린상의 init 라인의 시각적 디스플레이를 포함할 수 있다. 원하는 init 펄스 방향이 선택되면, init 펄스는 선택된 라인을 따라 이동하도록 전자적으로 조종될 수 있다.

#### 전단파 전파 레이트를 검출하는 실시예들

[0089] 도 1로 돌아가서, 전단파 전파의 예가 설명될 것이다. 전단파는 다중의 어퍼처 탄성영상 프로브(10) (또는 임의의 다른 적합하게 구성된 탄성영상 프로브)로부터의 init 펄스로부터 관심 영역(50)에서 개시될 수 있다. 위에서 논의한 바와 같이, init 펄스는 init 트랜스듀서 어레이(12)로부터 관심 영역으로 적어도 원하는 깊이로 연장하는 라인(22)을 따라 포커싱될 수 있다. 일부 실시예들에서, 라인(22)은 init 트랜스듀서 어레이(12)에 수직할 수 있다. init 라인(22)을 따라 송신된 init 펄스(52)는 이미지 평면내에서 라인(22)으로부터

외부로 전파하는 파면(56)을 유도하는 경향이 있다. init 펄스에 의해 유도된 전파하는 파면(56)은 전파 방향으로 조직을 푸쉬한다. 인간의 조직과 같은 탄성 매체가 조직에서 라인(22)으로부터 횡으로 전파하는 전단파들을 포함하는 기계적 파들을 유도하는 복원력에 의해 이러한 푸쉬에 반응한다.

[0091] 이제, 탄성영상 이미징 프로세스들의 실시예들을 도 1의 프로브 구성 및 도 5 내지 도 7의 플로우차트들을 참조하여 설명할 것이다. 이들 프로세스들은 상술한 바와 같은 임의의 적합하게 구성된 프로브와 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 좌측 및 우측 횡방향 트랜스듀서 어레이들(14, 16)은 고 프레임 레이트 초음파 이미징 기법 및 고 해상도 다중의 어퍼처 초음파 이미징 기법 중 어느 하나, 모두, 또는 이들의 조합으로 관심 영역(50)을 이미징하기 위해 사용될 수 있다. 이들 기법들은 아래에 요약되고, 이들 기법들의 추가의 상세사항들은 (핑-기반 이미징 기법들로 또한 지칭되는) 각 펄스 또는 "핑"으로부터 전체 이미지를 생성하기 위해 원형 파면의 송신을 사용하고 수신-전용 범포밍을 사용하는 이미징 기법들의 실시예들을 예시하는 미국 특허 출원 제 13/029,907호에 제공된다.

[0092] 용어들 "고 해상도 이미징" 및 "고 프레임 레이트 이미징"은 대안의 이미징 프로세스들에 대한 약칭들로서 여기에서 사용된다. 이들 용어들은, "고 해상도 이미징" 프로세스가 다른 이미징 기법들에 비해 고 프레임 레이트에서 또한 동작될 수 있고, "고 프레임 레이트 이미징" 프로세스가 다른 이미징 기법들 보다 실질적으로 높은 해상도의 이미지들을 또한 생성할 수 있기 때문에, 제한하거나 배타적인 것으로 의도되지 않는다. 또한, 전단파 전파의 레이트는 여기에 설명되거나 참조되는 것들 이외의 고 프레임 레이트 이미징 기법들 및/또는 고 해상도 이미징 기법들을 사용하여 검출될 수 있다.

[0093] 도 5는 도 1에 도시된 바와 같은 다중의 어퍼처 초음파 이미징 프로브를 사용할 수 있는 고 해상도 다중의 어퍼처 이미징 프로세스(60)의 실시예를 예시한다. 일부 실시예들에서, 이미징 어레이들(14, 16) 중 하나 또는 모두는 송신 엘리먼트들(T1 내지 Tn)로서 일시적으로 또는 영구적으로 지정된 하나 또는 그 초파의 트랜스듀서 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 이미징 어레이들(14, 16) 중 하나 또는 모두의 나머지 트랜스듀서 엘리먼트들은 수신 엘리먼트들로서 지정될 수 있다.

[0094] 일부 실시예들에서, 고 해상도 다중의 어퍼처 초음파 이미징 프로세스(60)는 일련의 상이한 송신 어퍼처들(T1 … Tn)로부터 일련의 연속 펄스들을 송신하는 단계(62), 수신 어퍼처상에서 복수의 엘리먼트들로 각 펄스로부터의 에코들을 수신하는 단계(64), 및 각 송신 펄스로부터 수신된 에코들로부터 완전한 이미지를 획득하는 단계(66)를 포함할 수 있다. 그 후, 이들 이미지들은 최종의 고 해상도 이미지로 조합될 수 있다(68). 이러한 고 해상도 다중의 어퍼처 이미징 프로세스의 실시예들은 위에서 참조한 출원인의 이전의 미국 특허 출원 제 13/029,907호에 도시되고 설명한 프로세스와 실질적으로 유사할 수 있다.

[0095] 도 5에 나타낸 바와 같이, 고 해상도 이미징 프로세스의 제 1 사이클 동안, 초음파 신호를 송신하는 단계(62A), 에코들을 수신하는 단계(64A), 및 이미지를 형성하는 단계(66A)는 제 1 수신 트랜스듀서(T1)를 사용하여 수행될 수 있다. 제 2 사이클 동안, 신호들이 상이한 송신 트랜스듀서(Ti)로부터 송신될 수 있고(62B), 에코들이 수신될 수 있으며(64B), 제 2 이미지가 형성될 수 있다(66B). 단계들(62x 내지 66x)의 프로세스는 초음파 프로브내의 임의의 원하는 위치에 각각 위치될 수 있는 n개의 상이한 송신 트랜스듀서들을 사용하여 반복될 수 있다. (이미지 층들로 또한 지칭되는) 원하는 수의 이미지가 형성되면, 이러한 이미지 층들은 단일의 이미지 프레임으로 조합될 수 있어서(68), 이미지 품질을 향상시킨다. 원하는 경우에, 프로세스(60)는 사용자에게 연속적으로 디스플레이될 수 있는 다중의 시간-도메인 프레임들을 획득하기 위해 반복될 수 있다.

[0096] 도 6은 고 프레임 레이트 이미징 프로세스(70)의 실시예를 예시한다. 일부 실시예들에서, 고 프레임 레이트 초음파 이미징 프로세스(70)는 연속 핑들을 송신 어퍼처(Tx)로부터 송신하는 단계(72), 각 송신된 핑(72)으로부터 수신된(74) 에코들로부터 완전한 이미지를 형성하는 단계(76), 및 각 이미지(76)를 연속 시간 도메인 프레임으로서 취급하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 관심 영역(50)에서의 리플렉터들의 위치에서의 약간의 변화들이 매우 높은 프레임 레이트로 샘플링될 수 있다.

[0097] 도 6에 나타낸 바와 같이, 제 1 사이클 동안, 핑이 선택된 송신 트랜스듀서(Tx)로부터 송신될 수 있고(72A), 에코들이 수신될 수 있으며(74A), 제 1 프레임이 형성될 수 있다(76A). 그 후, 송신하는 단계(72B) 및 수신하는 단계(74B)의 동일한 사이클이 제 2 프레임을 생성하고(76B), 제 3 프레임을 생성하고(단계들(72C, 74C, 76C)), 여기에서 어디에서 설명한 바와 같이 원하거나 필요한 만큼 많은 후속 프레임들을 생성하기 위해 반복될 수 있다.

[0098] 일부 실시예들에서, 핑-기반 이미징 기법들을 사용하는 이미징 시스템의 최대 프레임 레이트는 핑 반복

주파수(즉, 연속 평들이 송신되는 주파수)가 라운드 트립 시간(즉, 송신 트랜스듀서로부터 그 트랜스듀서로부터 원하는 거리에 있는 리플렉터로 이동하기 위한 초음파에 대한 시간과 동일한 경로 또는 상이한 경로를 따라 리플렉터로부터 수신 트랜스듀서로 복귀하기 위한 에코에 대한 시간의 합)의 역과 동일할 때 도달될 수 있다. 다른 실시예들에서, 오버랩하는 평들이 코딩된 여기(excitation) 또는 오버랩하는 에코들을 구별하는 다른 방법들과 사용될 수 있다. 즉, 제 2 평은 제 1 평으로부터의 모든 에코들이 수신되기 이전에 송신될 수 있다. 이것은 제 1 평의 에코들이 제 2 평의 에코들과 별개로 인식될 수 있도록 송신된 평 신호들이 코딩될 수 있거나 그렇지 않으면 구별될 수 있는 한은 가능하다. 여러 코딩된 여기 기법들이 당업자에게 공지되어 있고, 이 중 임의의 것이 접원 다중의 어퍼처 이미징 프로브와 사용될 수 있다. 대안으로는, 오버랩하는 평들은 상이한 주파수들에서 평들을 송신하거나 어떤 다른 적합한 기법들을 사용함으로써 또한 구별될 수 있다. 오버랩하는 평들을 사용하여, 더욱더 높은 이미징 프레임 레이트들이 달성될 수 있다.

[0099]

[00100] 일부 실시예들에서, 탄성영상 이미징 프로세스를 개시하기 이전에, 이미징 원도우가 B-모드 이미징 프로세스 동안 정의될 수 있다. 정의된 이미지 원도우는 탄성영상법이 수행된 관심 영역의 섹션일 수 있다. 예를 들어, 이미지 원도는 프로브 포지셔닝, 깊이-선택, 줌밍, 패닝 등의 임의의 조합 이후에 정의될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이미지 원도우는 전체 고주파 발사 관심 영역 만큼 클 수 있다. 다른 실시예들에서, 이미지 원도우는 완전한 관심 영역의 단지 더 작은 섹션(예를 들어, "줌-인된" 섹션)일 수 있다. 일부 실시예들에서, 이미지 원도우는 미가공 데이터 메모리 디바이스로부터 검색된 에코 데이터를 사용하는 이미징 세션 이후에 정의될 수 있다.

[0100]

[00101] 도 7은 도 1에 도시된 바와 같은 프로브를 사용하는 탄성영상 프로세스(80)의 실시예를 예시한다. 예시된 실시예에서, 탄성영상 프로세스(80)는 일반적으로, 베이스라인 이미지를 획득하고(82) 저장하는 단계(84), 전단파 개시 펄스(init 펄스)를 관심 영역(50)으로 송신하는 단계(86), 고 프레임 레이트 이미징 프로세스를 사용하여 관심 영역(50)을 이미징하는 단계(88), 및 고 프레임 레이트 이미징 프로세스(88) 동안 획득된 각 프레임으로부터 베이스라인 이미지를 감산하는 단계(90)를 수반할 수 있다. 그 후, 나머지 일련의 "차이 프레임들"이 관심 영역(50)의 조직을 통해 전파하는 전단파(56)에 의해 변위된 조직에 관한 정보를 획득하기 위해 분석될 수 있다. 전단파(56)의 전파 속도는 차이 프레임들의 시계열적 차이 프레임들에서 조직의 섭동의 분석을 통해 획득될 수 있다.

[0101]

[00102] 일부 실시예들에서, 탄성영상-인에이블된 초음파 프로브로 관심 영역내의 선택된 이미지 원도우를 이미징하는 동안, (도 1에 도시된) init 라인(22)이 타겟 영역의 이미지를 오버레이하는 초음파 이미지 디스플레이 스크린상에 디스플레이될 수 있다. 일부 실시예들에서, 초음파 이미징 시스템은 도 5를 참조하여 위에서 논의한 바와 같이 고 해상도 이미징 프로세스로 관심 영역을 연속적으로 이미징할 수 있다. 대안으로는, 임의의 다른 원하는 초음파 이미징 프로세스가 탄성영상 프로세스에 의해 분석된 영역의 이미지를 획득하기 위해 사용될 수 있다.

[0102]

[00103] init 라인(22)이 관심 영역의 원하는 타겟 객체 또는 부분과 교차하도록 프로브(10)가 원하는 배향에 있으면, 탄성영상 경로가 선택될 수 있고, 탄성영상 프로세스(80)가 개시될 수 있다. 일부 실시예들에서, 탄성영상 깊이는 적합한 사용자 인터페이스 액션을 통해 오퍼레이터에 의해 선택될 수 있다. 다른 실시예들에서, 탄성영상 깊이는 초음파 이미징 제어 시스템에 의해 자동으로 선택될 수 있다. 일부 실시예들에서, 탄성영상 프로세스는 초음파 시스템의 오퍼레이터에 의해 수동으로 개시될 수 있다. 다른 실시예들에서, 탄성영상 프로세스(80)는 검사될 구조의 자동 식별시에 초음파 시스템에 의해 자동으로 개시될 수 있다.

[0103]

[00104] 도 7의 실시예에 나타낸 바와 같이, 도 1에 도시된 바와 같은 프로브(또는 임의의 다른 적합하게 구성된 프로브)를 사용하는 탄성영상 프로세스(80)가 관심 영역(50)의 타겟의 베이스라인 이미지를 저장(82)하고 저장(84)함으로써 획득될 수 있다. 일부 실시예에서, 베이스라인 이미지는 상술한 바와 같은 고 프레임 레이트 이미징 프로세스를 사용하여 단일의 프레임을 획득함으로써 형성될 수 있다. 이러한 실시예에서, 베이스라인 이미지는 횡방향 트랜스듀서 어레이들(14, 16) 중 제 1 트랜스듀서 어레이(예를 들어, 우측 어레이(16))로부터의 단일의 트랜스듀서 엘리먼트(Tx)로부터의 이미징 펄스를 송신하고, 횡방향 트랜스듀서 어레이들(14, 16) 중 제 2 트랜스듀서 어레이(예를 들어, 좌측 어레이(14))의 다중의 엘리먼트들상에서 에코들을 수신함으로써 형성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 송신 펄스로부터의 에코들이 제 1 트랜스듀서 어레이(예를 들어, 우측 어레이(16))상에서 수신 엘리먼트들에 의해 또한 수신될 수 있다. 그 후, 베이스라인 이미지는 후속 단계들에서의 사용을 위해 형성되어 저장될 수 있다(84). 대안의 실시예에서, 베이스라인 이미지는 상술한 바와 같은 고 해상도 이미징 프로세스를 사용하여 획득될 수 있다(82).

- [0104] [00105] 베이스라인 이미지를 획득(82)한 이후에, 트랜스듀서 어레이는 전단파 개시 펄스를 관심 영역으로 송신(86)하도록 동작될 수 있다. init 펄스는 상술한 바와 같은 임의의 적합한 디바이스들 및 방법들에 의해 생성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 전단파 개시 펄스는 디스플레이된 init 라인(22)을 따라 포커싱될 수 있고, 관심 영역내의 특정한 깊이에 포커싱될 수 있다.
- [0105] [00106] init 펄스가 송신(86)된 이후에, 시스템은 횡방향의 이미징 어레이들(14, 16)을 사용하여 고 프레임 레이트에서 관심 영역의 이미징을 시작할 수 있다(88). 일부 실시예들에서, 고 프레임 레이트 이미징 프로세스는 단일의 송신 어퍼처(Tx)로부터 일련의 송신 펄스들을 송신하는 단계 및 적어도 하나의 수신 어퍼처상의 복수의 엘리먼트들에서 에코들을 수신하는 단계를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 고 프레임 레이트 이미징(88)은 베이스라인 이미지를 획득하는 단계(82)에서 사용된 것과 동일한 송신 엘리먼트(또는 어퍼처)로부터 초음파 펄스들을 송신함으로써 수행될 수 있다. 일부 실시예들에서, 고 프레임 레이트 이미징은 유도된 전단파의 전파가 중지되거나 원하는 정도로 진행될 때까지 적어도 지속될 수 있다. 고 프레임 레이트 이미징 시간의 지속기간은 예상된 최소 전파 속도 및 이미지 사이즈에 기초하여 사전에 계산될 수 있다. 대안으로는, 고 프레임 레이트 이미징(88)은 이미징 프레임의 범위에서 전단파의 전파를 검출시에 중지될 수 있다.
- [0106] [00107] 일부 실시예들에서, 고 프레임 레이트 이미징 프로세스(88) 동안 단일의 프레임을 형성하는 것은 상이한 수신 트랜스듀서 엘리먼트들에서 수신된 에코들로부터 획득된 이미지 충돌을 조합하는 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, 개별 이미지들이 단일의 향상된 이미지를 형성하기 위해 수신 어퍼처의 각 개별 트랜스듀서 엘리먼트에 의해 수신된 에코들로부터 형성될 수 있다. 그 후, 제 1 수신 어퍼처의 모든 엘리먼트들에 의해 수신된 에코들에 의해 생성된 제 1 이미지가 결과적인 이미지의 품질을 더 향상시키기 위해 제 2 수신 어퍼처의 모든 엘리먼트에 의해 수신된 에코들에 의해 생성된 제 2 이미지와 조합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 조합들로부터 발생한 이미지는 그 후, 고 프레임 레이트 이미징 프로세스(88)에서 단일의 프레임으로서 사용될 수 있다. 이러한 이미지 조합의 다른 예가 위에서 참조한 미국 특허 출원 제13/029,907호에 설명된다.
- [0107] [00108] 일부 실시예들에서, 베이스라인 이미지는 그 후, 고 프레임 레이트 이미징 프로세스(88)에서 획득된 각 개별 프레임으로부터 감산될 수 있다(90). 예를 들어, 단일의 프레임의 각 픽셀값이 베이스라인 이미지에서의 각 대응하는 픽셀의 값으로부터 감산될 수 있다. 이러한 감산으로부터 발생하는 이미지가 "차이 이미지" 또는 "차이 프레임"으로 지칭될 수 있다. 이와 같이 획득된 차이 이미지들은 전단파형과 임의의 잡음의 합만을 실질적으로 나타내는 픽셀값들을 포함한다.
- [0108] [00109] 일부 실시예들에서, 베이스라인 이미지를 획득하는 단계(82), init 펄스를 송신하는 단계(86), 고 프레임 레이트에서 연속적으로 이미징하는 단계(88), 및 차이 이미지 프레임을 획득하는 단계(90)는 원하는 만큼 많은 횟수 반복될 수 있다. 이러한 다중의 사이클들로부터의 차이 이미지들은 신호 대 잡음 레벨을 향상시키기 위해 평균되거나 그렇지 않으면 조합될 수 있다.
- [0109] [00110] 전파하는 전단파는 후속 차이 프레임들에서 섭동(즉, 다른 '정상' 패턴에서의 작은 변화들)을 검출함으로써 (예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이) init 펄스의 방향을 가로지르는 라인들을 따라 검출될 수 있다. 전단파의 전파의 속도는 알려진 시간 간격들에서 획득된 다중의 이미지 프레임들에서 전단파의 위치를 결정함으로써 획득될 수 있다.
- [0110] [00111] 일부 경우들에서, 전파하는 전단파에 의해 초래된 섭동은 전파하는 파면의 비교적 분배된 이미지를 생성할 수 있다. 예를 들어, 섭동은 도 8에 도시된 바와 같이 반점(speckle) 패턴(92)으로서 차이 프레임에서 보일 수 있다. 포인트 클라우드(92)의 대략의 중심이 전파하는 전단 파면의 위치의 대표로서 결정되어 취급될 수 있다. 일부 실시예들에서, 라인, 곡선 또는 다른 경로(94)가 임의의 적합한 경로 피팅 알고리즘(path fit algorithm)을 사용하여 포인트 클라우드(92)에 피팅될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 차이 프레임의 절대값이 계산될 수 있고, 전단파의 로컬 위치가 가장 가까운 x개 포인트들의 위치를 평균함으로써 결정될 수 있다.
- [0111] [00112] 일부 실시예들에서, 분석은 포인트 클라우드(92)(및/또는 대응하는 중심 라인(94))의 일부에만 제한될 수 있다. 예를 들어, (시각 검사 또는 자동화 분석에 의해) 전단 파면의 작은 세그먼트가 인접한 세그먼트들보다 빠르게 전파하고 있다는 것이 결정되는 경우에, 명백하게 더 높거나 낮은 전파 속도의 영역(들)이 선택될 수 있고, 전파의 속도는 전단 파면의 그 부분에 대해서만 계산될 수 있다.
- [0112] [00113] 소정의 차이 프레임에서의 포커싱된 init 라인(22)과 피팅 라인(94) 사이의 거리를 계산함으로써, 소정

의 차이 프레임에서의 전단파의 대략 위치가 계산될 수 있다. 임의의 2개의 프레임들 사이의 파면의 레이트는 2개의 프레임들의 획득 사이에서 경과한 시간에 의해 전단파가 이동한 거리를 나눔으로써 계산될 수 있다. 대안의 실시예들에서, 임의의 소정의 프레임에서의 전단파의 위치는 임의의 다른 적합한 자료에 대해 측정될 수 있다.

- [0113] [00114] 다양한 실시예들에서, 전단파의 전파 속도를 측정하기 위해 필요한 프레임들의 수는 변할 수 있다. 일부 실시예들에서, 어림 속도 측정치가 알려진 시간 간격들에서 획득된 2개 또는 3개만의 프레임으로부터 획득될 수 있다. 다른 실시예들에서, 알려진 시간 간격들에서 획득된 적어도 10개의 프레임들이 충분하게 정확한 시간 측정치를 획득하기 위해 필요할 수 있다. 다른 실시예들에서, 알려진 시간 간격들에서 획득된 적어도 100개의 프레임들이 더욱 정확한 시간 측정치를 획득하기 위해 사용될 수 있다. 또 다른 실시예들에서, 200개 이상의 프레임들이 사용될 수 있다. 일반적으로, 전단파 전파 속도 측정치들의 정확도는 이러한 측정이 이루어지는 프레임들의 수에 따라 증가할 수 있다. 프레임들의 수가 증가할수록, 계산적 복잡성도 증가하여, 사용될 프레임들의 수가 가용 프로세싱 능력들과 벨런싱될 수 있다.
- [0114] [00115] 2개 보다 많은 프레임들이 전파 속도를 측정하기 위해 사용되도록 이용가능한 경우에, 임의의 수의 알고리즘들이 사용될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 전단파 위치는 각 가용 프레임에서 검출될 수 있고, 속도는 각 연속하는 쌍의 프레임들 사이에서 계산될 수 있으며, 모든 이러한 속도 측정의 결과들이 단일의 속도 값을 획득하기 위해 평균될 수 있다. 다른 실시예들에서, 속도 측정치들은 상이하고 그리고/또는 가변하는 수의 프레임들 사이의 시간 간격들 및 상대적 전단파 위치들에 기초하여 계산될 수 있다. 예를 들어, 전파 속도는 3개의 프레임들 마다, 5개의 프레임들 마다, 10개의 프레임들 마다 사이 등에서 계산될 수 있다. 그 후, 이러한 측정치들은 서로 그리고/또는 연속하는 프레임 쌍들로부터 획득된 측정치들과 평균될 수 있다. 또한, 일부 실시예들에서는 가중 평균화가 또한 사용될 수 있다.
- [0115] [00116] 일부 실시예들에서, 전체 탄성영상 프로세스(80)(도 7)는 init 트랜스듀서 어레이(12)에 비하여 상이한 초점 깊이들에서 반복될 수 있다. 일부 실시예들에서, 다양한 깊이들에서 획득된 빔포밍되지 않은(un-beamformed) 탄성영상 에코가 추가의 사후 프로세싱 및/또는 나중의 뷰잉 및 분석을 위해 저장되어 단일의 2D 또는 3D 데이터 세트로 조합될 수 있다. 다양한 실시예들에서, 빔포밍되지 않은 탄성영상 에코가 이미징 시스템 또는 임의의 다른 적합 컴퓨팅 하드웨어에 대한 나중의 프로세싱을 위해 캡쳐되어 저장될 수 있다.
- [0116] [00117] 대안의 실시예에서, 전단파의 전파 속도는 "Motion Detection Using Ping-Based And Multiple Aperture Doppler Ultrasound"이란 명칭으로 2012년 11월 30일 출원된 출원인의 공동 계류중인 미국 특허 출원 제13/690,989호에 설명된 다중의 어퍼처 도플러 기법들을 사용하여 이동/변위된 조직들의 속도를 검출함으로써 측정될 수 있다.
- [0117] [00118] 전단파가 캡쳐되고 그것의 전파 속도가 측정되면, 영률(E)에 의해 정량화된 것으로서 관심 영역에서의 조직의 경도가 제어기, 신호 프로세서 또는 컴퓨터에 의해 측정되거나 결정될 수 있다. 탄성(E) 및 전단파 전파 속도(c)는 단순한 공식을 통해 직접적으로 관련된다:
- [0118] [00119]  $E=3 \rho c^2$
- [0119] [00120] 여기서,  $\rho$ 는  $\text{kg}/\text{m}^3$  단위로 표현되는 조직의 밀도이다. 조직들의 밀도는 최소로 변하는 경향이 있기 때문에, 어림 밀도값이 측정된 전파 속도값을 사용하여 탄성을 계산하기 위한 목적으로 가정될 수 있다. 속도 항이 제곱된다는 사실은 가정된 밀도값에서의 임의의 에러의 영향을 더 최소화한다. 따라서, 조직의 탄성은 전단파 전파 속도(c) 및 조직 밀도에 대한 가정된 어림값만을 측정한 이후에 계산될 수 있다.
- [0120] [00121] 일부 실시예들에서, 밀도값은 제어기내에 있거나 제어기에 의해 전자적으로 액세스 가능한 디지털 메모리 디바이스에 저장될 수 있다. 다른 실시예들에서, 밀도값은 임의의 적합한 사용자 인터페이스 디바이스를 통해 사용자에 의해 수동으로 입력되거나 편집될 수 있다. 전단파 전파의 속도가 관심 영역내의 원하는 면적에 대해 측정되면, 제어기는 밀도값을 검색할 수 있고 원하는 면적에 대한 탄성을 계산할 수 있다.
- [0121] [00122] 일부 실시예들에서, 탄성 추정치들이 관심 영역의 이미지상에 오버레이될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 오버레이이는 컬러 코딩된 음영 이미지로서 제공될 수 있고, 이는 상대적으로 저탄성의 면적들에 대해 반대 컬러들로 고탄성의 면적을 나타낸다. 대안으로는, 전파하는 전단파가 이미지상에 디스플레이될 수 있다. 일부 실시예들에서, 전파하는 전단파는 애니메이팅된 이동 라인으로서, 변화하는 컬러들로서, 이동 포인트 클라우드로서, 또는 다른 방식으로 디스플레이될 수 있다. 다른 실시예들에서, 전단파 전파 속도의 수치값이 디스플

레이될 수 있다. 다른 실시예들에서, 탄성의 수치값이 관심 영역의 이미지상에 디스플레이될 수 있다. 소프트 조직들은 상대적으로 작은 값들의 탄성을 갖는 경향이 있고, 액체로 채워진 면적들은 전단파들을 전혀 통과시키지 않는다.

#### [0122] 미가공 에코 데이터 메모리

[00123] 상술한 시스템들 및 방법들의 다양한 실시예들이 이미징 세션 동안 디지털화된 에코 과형들을 저장하도록 구성된 초음파 이미징 시스템을 사용함으로써 더 강화될 수 있다. 이어서, 이러한 디지털 에코는 에코 데이터를 빔포밍하고 프로세싱하여 이미지들을 형성하도록 구성된 이미징 시스템 또는 독립 컴퓨터 또는 다른 워크스테이션상에서 프로세싱될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 워크스테이션 디바이스는 상술한 임의의 기법들을 사용하여 에코 데이터를 동적으로 빔포밍하고 프로세싱하는 소프트웨어를 갖는 임의의 디지털 프로세싱 시스템을 포함할 수 있다. 예를 들어, 이러한 프로세싱은 초음파 신호들을 송신하고 수신하기 위해 사용된 초음파 이미징 시스템과 완전히 독립적인 데이터 프로세싱 하드웨어를 사용하여 수행될 수 있다. 이러한 대안의 프로세싱 하드웨어는 데스크탑 컴퓨터, 태블릿 컴퓨터, 랩톱 컴퓨터, 스마트폰, 서버 또는 임의의 다른 범용 데이터 프로세싱 하드웨어를 포함할 수 있다.

[00124] 다양한 실시예들에서, (고 프레임 레이트 이미징 프로세스 동안 수신된 에코들을 포함하는) 수신된 에코 데이터는 순수한 아날로그 에코 신호들로부터 완전하게 프로세싱된 디지털 이미지들 또는 심지어 디지털 비디오로의 다양한 스테이지들에서 저장될 수 있다. 예를 들어, 순수한 미가공 아날로그 신호는 아날로그 자기 테이프와 같은 아날로그 기록 매체를 사용하여 저장될 수 있다. 프로세싱의 약간 더 높은 레벨에서, 디지털 데이터는 아날로그-디지털 컨버터를 통해 아날로그 신호를 패스한 직후에 저장될 수 있다. 대역통과 필터링, 보간, 다운-샘플링, 업-샘플링, 다른 필터링 등과 같은 다른 프로세싱이 디지털화된 에코 데이터에 대해 수행될 수 있고, 미가공 데이터는 이러한 추가의 필터링 또는 프로세싱 단계들 이후에 저장될 수 있다. 그 후, 이러한 미가공 데이터는 각 수신된 에코에 대한 팩셀 위치를 결정하기 위해 빔포밍되어, 이미지를 형성할 수 있다. 개별 이미지들이 프레임들로서 조합되어 비디오를 형성할 수 있다. 일부 실시예들에서, 매우 적은 프로세싱을 수행한 이후에(예를 들어, 디지털 에코 데이터의 일부 필터링 및 컨디셔닝 이후이지만, 임의의 빔포밍 또는 이미지 프로세싱 이전에) 디지털화된 에코 데이터를 저장하는 것이 바람직할 수 있다. 일부 초음파 시스템들은 빔포밍된 에코 데이터 또는 완전하게 프로세싱된 이미지 데이터를 저장한다. 그럼에도 불구하고, 여기에서 사용된 바와 같이, 어구들 "미가공 에코 데이터" 및 "미가공 데이터"는 빔포밍 이전의 프로세싱의 임의의 레벨에서의 수신된 초음파 에코들(RX 데이터)을 설명하는 저장된 에코 정보를 지칭할 수 있다. 미가공 에코 데이터는 B-모드 평들, 도플러 평들, 또는 임의의 다른 초음파 송신 신호로부터 발생하는 에코 데이터를 포함할 수 있다.

[00125] 수신된 에코 데이터에 부가하여, 특정한 세트의 에코 데이터를 생성한 하나 또는 그 초과의 초음파 송신 신호들에 관한 정보를 저장하는 것이 또한 바람직할 수 있다. 예를 들어, 상술한 바와 같이, 다중의 어퍼처 평 초음파 방법으로 이미징할 때, 특정한 세트의 에코들을 생성한 송신된 평에 관한 정보를 아는 것이 바람직하다. 이러한 정보는 송신된 초음파 신호를 설명하는 주파수, 크기, 필스 길이, 지속기간 또는 다른 정보 뿐만 아니라 하나 또는 그 초과의 송신 엘리먼트들의 아이덴티티 및/또는 위치를 포함할 수 있다. 송신 데이터가 여기에서 "TX 데이터"로서 일괄적으로 지칭된다.

[00126] 일부 실시예들에서, TX 데이터는 전단파 개시 필스가 송신되는 라인을 정의하는 정보, 및 이러한 전단파 개시 필스가 수신된 에코 데이터에 대해 송신되는 시간을 나타내는 타이밍 정보를 또한 포함할 수 있다.

[00127] 일부 실시예들에서, 이러한 TX 데이터는 미가공 에코 데이터가 저장되는 동일한 미가공 데이터 메모리 디바이스에 명시적으로 저장될 수 있다. 예를 들어, 송신된 신호를 설명하는 TX 데이터는 송신된 신호에 의해 생성된 미가공 에코 데이터의 세트 이전의 헤더로서 또는 그 이후의 푸터(footer)로서 저장될 수 있다.

[00128] 다른 실시예들에서, TX 데이터는 빔포밍 프로세스를 수행하는 시스템에 또한 액세스 가능한 개별 메모리 디바이스에 명시적으로 저장될 수 있다. 송신 데이터가 명시적으로 저장되는 실시예들에서, 어구들 "미가공 에코 데이터" 또는 "미가공 데이터"는 이러한 명시적으로 저장된 TX 데이터를 또한 포함할 수 있다. 또 다른 실시예들에서, 트랜스듀서 엘리먼트 위치 정보가 동일하거나 개별 메모리 디바이스에 명시적으로 저장될 수 있다. 이러한 엘리먼트 위치 데이터는 "시준 데이터" 또는 "엘리먼트 위치 데이터"로서 지칭될 수 있고, 일부 실시예들에서는, "미가공 데이터"에 일반적으로 포함될 수 있다.

[00129] TX 데이터는 또한 묵시적으로 저장될 수 있다. 예를 들어, 이미징 시스템이 일관되거나 알려진 시퀀스로 일관되게 정의된 초음파 신호들(예를 들어, 일관된 크기, 형상, 주파수, 지속기간 등)을 송신하도록 구성되

는 경우에, 이러한 정보는 빔포밍 프로세스 동안 가정될 수 있다. 이러한 경우에서, 에코 데이터와 연관될 필요가 있는 정보만이 송신 트랜스듀서(들)의 위치(또는 아이덴티티)이다. 일부 실시예들에서, 이러한 정보는 미가공 데이터 메모리에서의 미가공 에코 데이터의 구성에 기초하여 목시적으로 획득될 수 있다. 예를 들어, 시스템은 에코 평에 후속하여 고정된 수의 에코 기록들을 저장하도록 구성될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 제1 평으로부터의 에코들은 메모리 위치들(0 내지 'n')(여기서 'n'은 각 평에 대해 저장된 기록들의 수임)에서 저장될 수 있고, 제2 평으로부터의 에코들은 메모리 위치들(n+1 내지 2n+1)에서 저장될 수 있다. 다른 실시예들에서, 하나 또는 그 초과의 빈(empty) 기록들은 에코 세트들 사이에 남아 있을 수 있다. 일부 실시예들에서, 수신된 에코 데이터는 수신된 평과 수신된 에코 데이터 포인트(또는 에코들의 그룹) 사이의 관계를 암시하기 위해 다양한 메모리 인터리빙 기법들을 사용하여 저장될 수 있다. 유사하게는, 데이터가 일관된 알려진 샘플링 레이트로 샘플링된다고 가정하면, 에코 데이터 포인트가 수신되는 시간은 메모리에서의 그 데이터 포인트의 위치로부터 추론될 수 있다. 일부 실시예들에서, 동일한 기법들이 단일의 미가공 데이터 메모리 디바이스에 다중의 수신 채널들로부터의 데이터를 목시적으로 저장하기 위해 또한 사용될 수 있다.

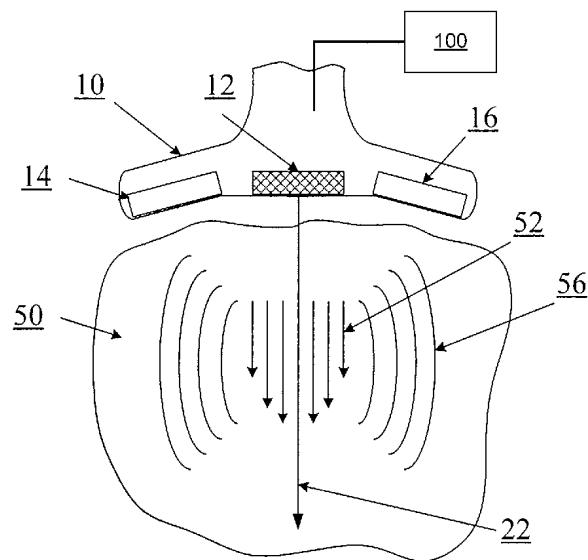
[00130] 일부 실시예들에서, 미가공 TX 데이터 및 미가공 에코 데이터는 탄성영상 프로세스가 수행되는 이미징 세션 동안 캡처되고 저장될 수 있다. 그 후, 이러한 데이터는 메모리 디바이스로부터 추후에 검색될 수 있고, 빔포밍 단계, 이미징 프로세싱 단계, 및 전단파 속도 측정 단계가 결과들을 더 향상시키기 위해 상이한 가정들, 입력들 또는 알고리즘들을 사용하여 반복될 수 있다. 예를 들어, 이러한 저장된 데이터의 재프로세싱 동안, 조직 밀도 또는 사운드의 속도의 가정된 값들이 사용될 수 있다. 빔포밍, 이미지 층 조합, 또는 속도 측정 평균화 알고리즘들이 실시간 이미징 세션에 대한 이러한 재프로세싱 동안 또한 변형될 수 있다. 일부 실시예들에서, 저장된 데이터를 재프로세싱하는 동안, 가정된 상수들 및 알고리즘들은 에코 데이터의 특정한 세트에 대한 파라미터들의 최적의 세트를 식별하기 위해 반복적으로 변형될 수 있다.

[00131] 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 변형들 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 적정한 판독에 의해서만 결정되어야 한다는 것이 의도된다.

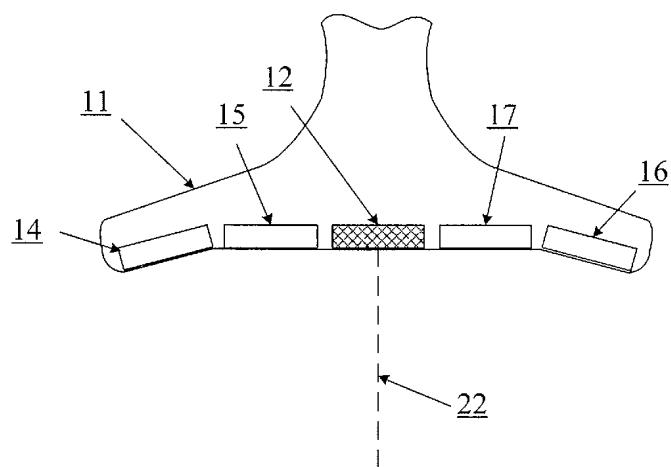
[00132] 특히, 물질들 및 제조 기법들은 종래 기술에서 당업자의 레벨 내에 있는 것으로서 이용될 수 있다. 또한, 단수 아이템에 대한 참조는 복수의 동일한 아이템이 존재하는 가능성을 포함한다. 더욱 구체적으로, 여기에서 사용되는 바와 같이 그리고 첨부한 청구항들에서, 단수 형태들 "a", "and" "said", 및 "the"는 문맥이 명확하게 다르게 나타내지 않으면, 복수의 지시대상들을 포함한다. 여기에서 사용되는 바와 같이, 명시적으로 다르게 언급되지 않으면, 용어 "또는"은 모든 존재하는 대안들을 포함하고, 일반적으로 사용된 어구 "및/또는"과 본질적으로 동일한 것을 의미한다. 따라서, 예를 들어, 어구 "A 또는 B가 블루일 수 있다"는 다음 중 어느 하나를 포함할 수 있다: A 단독으로 블루이고, B 단독으로 블루이고, A와 B 모두가 블루이며, A, B, 및 C가 블루이다. 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 기반으로서 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

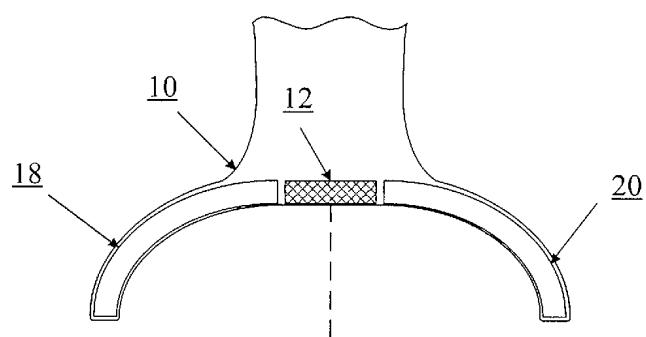
도면1



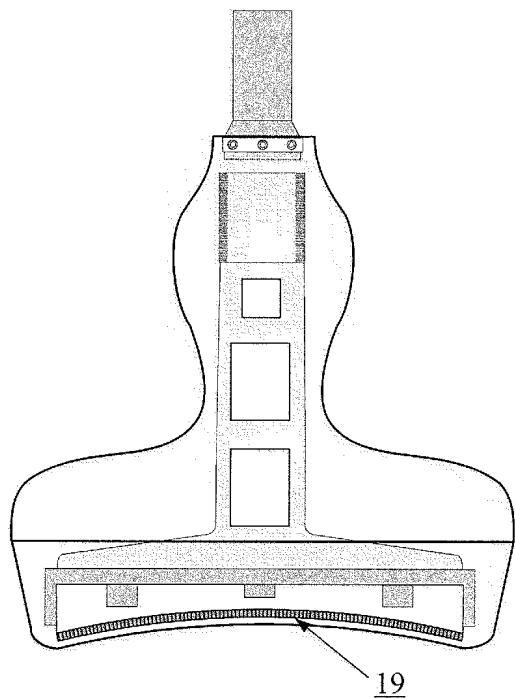
도면2



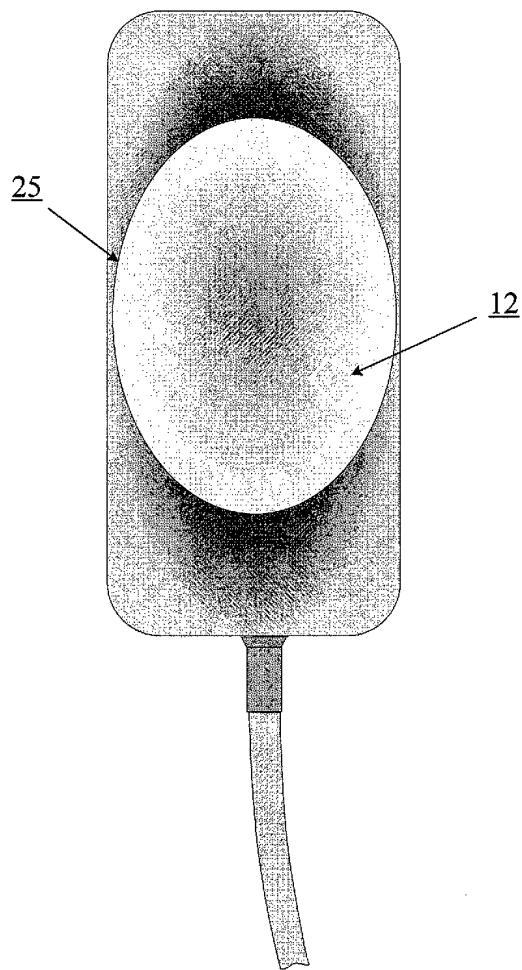
도면3



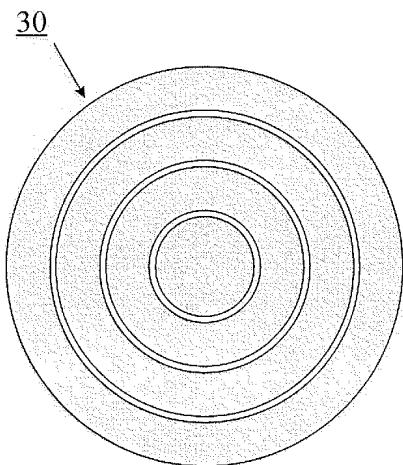
도면3a



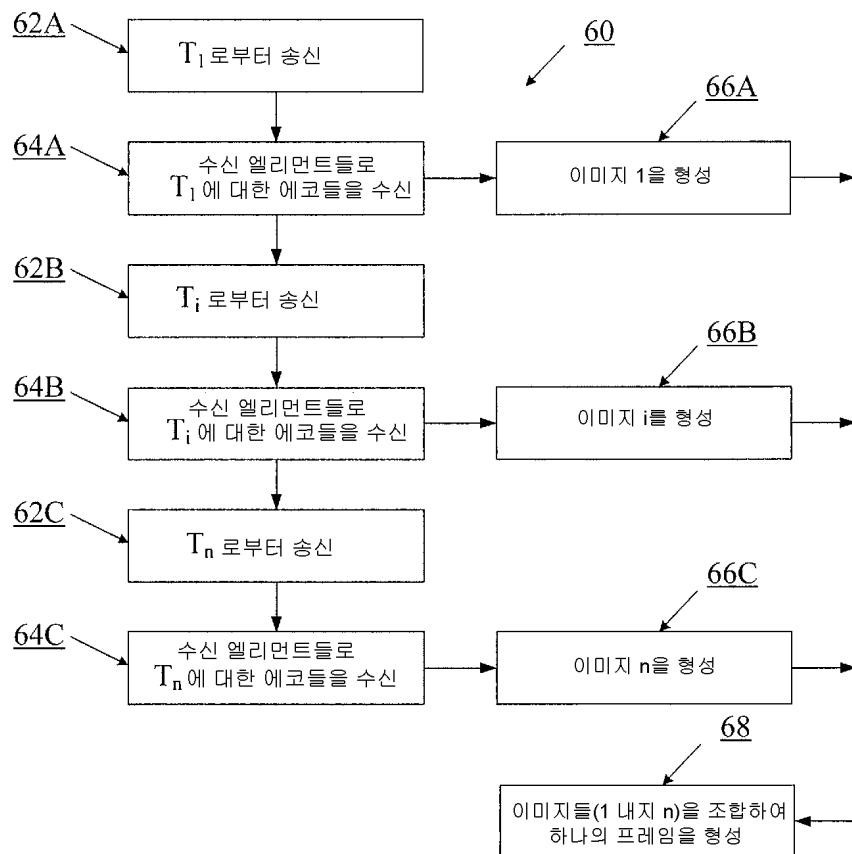
도면3b



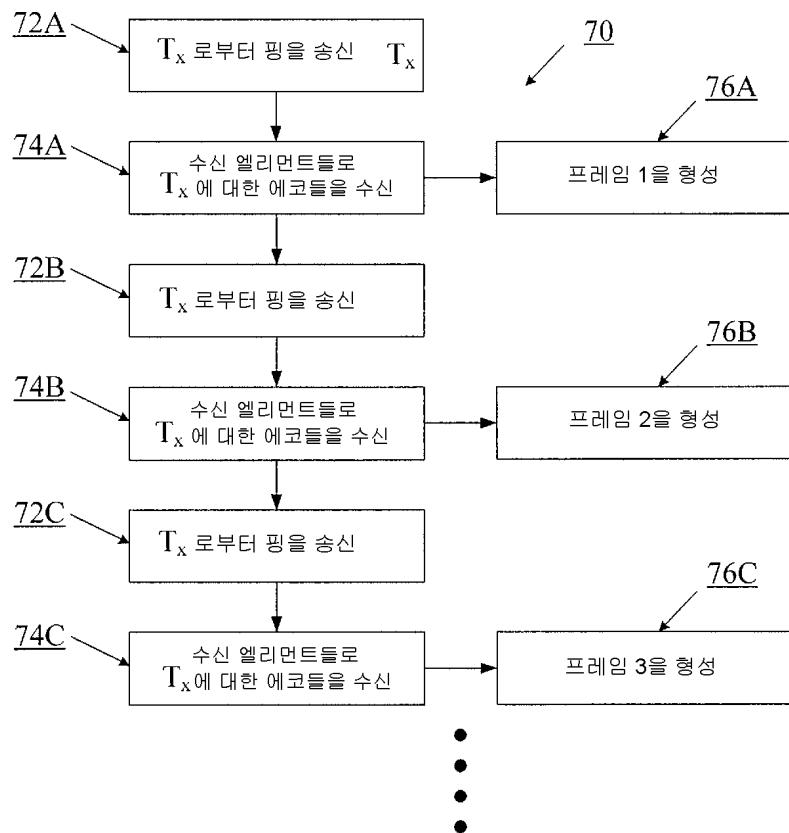
## 도면4



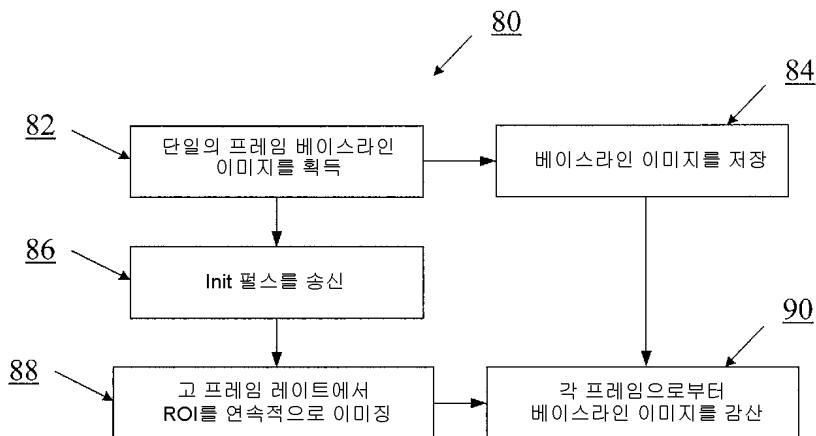
## 도면5



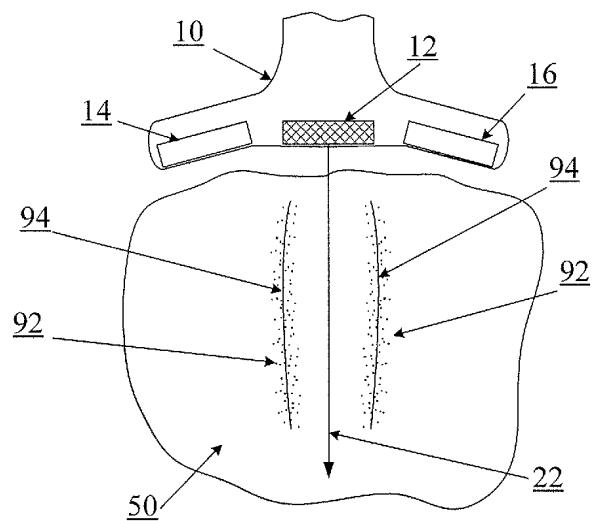
## 도면6



## 도면7



도면8



专利名称(译)	多孔径超声波测定材料刚度		
公开(公告)号	<a href="#">KR1020140129246A</a>	公开(公告)日	2014-11-06
申请号	KR1020147026430	申请日	2013-02-21
[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	SPECHT DONALD F BREWER KENNETH D 브루어케네쓰디		
发明人	스페흐트,도날드,에프. 브루어,케네쓰,디.		
IPC分类号	A61B8/00 G01N29/24 G06T5/00		
CPC分类号	A61B8/145 G03B42/06 A61B8/4488 A61B8/4444 A61B8/488 A61B8/485 G01S7/52022 A61B8/4477 G01S7/52042 G01S15/8915 G01S15/8922 G01S15/8929 G01S15/8959 G01S15/8979 G01S15/8993 G01S15/8997 A61B8/461 A61B8/5207 A61B8/5246		
优先权	61/601482 2012-02-21 US		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

### 摘要(译)

组织僵硬度的变化长期以来与疾病有关。使用超声波检查确定组织硬度的系统和方法可以包括用于在组织中诱导传播剪切波并跟踪传播速度的装置，其直接与组织硬度和密度相关。可以通过以高帧速率对组织成像并且将传播波检测为相对于处于未受干扰状态的组织的基线图像的连续图像帧中的扰动来检测传播剪切波的速度。在一些实施例中，可以通过使用基于ping的超声成像技术来实现足够高的帧速率，其中未聚焦的全向ping（在成像平面中或在半球中）发送到感兴趣的区域中。接收具有多个接收孔的全向ping的回波允许显著改善的横向分辨率。

