



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0129099
(43) 공개일자 2017년11월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/08 (2006.01) G01S 15/89 (2006.01)
G01S 7/52 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 8/5207 (2013.01)
A61B 8/085 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7020516
(22) 출원일자(국제) 2014년12월24일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2017년07월21일
(86) 국제출원번호 PCT/IB2014/003123
(87) 국제공개번호 WO 2016/102991
국제공개일자 2016년06월30일

(71) 출원인
수퍼 소닉 이매진
프랑스 에프-13857 엑스 앙 프로방스 세텍스 바티
명 이 레 자댕 드 라 뒤란느 뤼 르네 데카르트
510
(72) 발명자
베흐코프 제레미
프랑스 13090 엑스 앙 프로방스 슈맹 두 뤼 뒤 호
이 102
헨리 잔-피에르
프랑스 13001 마르세유 43 뤼 상트
(74) 대리인
방해철, 김용인

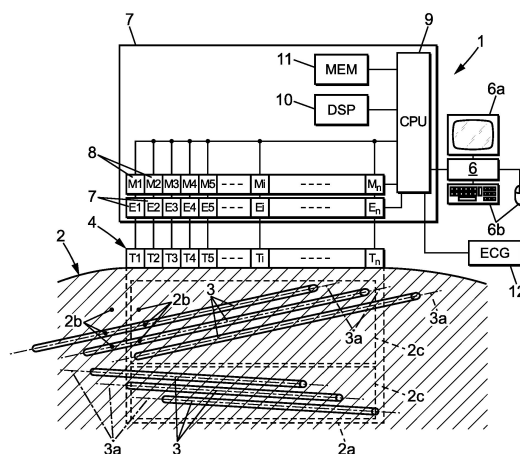
전체 청구항 수 : 총 30 항

(54) 발명의 명칭 비등방성 매질을 이미지화하기 위한 전단파 엘라스토그래피 방법 및 기기

(57) 요약

본 발명은 비등방성 매질(2)내 관찰현장(2a)을 이미지화하기 위한 전단파 엘라스토그래피 방법에 관한 것으로서, 상기 방법은 초기 물리적 파라미터가 적어도 하나의 관심영역(2c)에서 획득되는 동안의 초기 초음파 획득단계; 초기 물리적 파라미터를 기초로 비등방성 매질(2)의 공간특징 세트가 결정되는 동안의 공간특징단계; 및 상기 공간특징 세트를 기초로 비등방성 매질(2) 내부에 전단파가 생성되는 동안의 여기 서브단계와, 전단파의 전파가 관찰현장(2c)내 다수의 지점들에서 동시에 관찰되는 동안의 관찰 서브단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 8/485 (2013.01)

G01S 15/8915 (2013.01)

G01S 7/52022 (2013.01)

G01S 7/52042 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

비등방성 매질(2)내 관찰현장(2a)을 이미지화하기 위한 진단과 엘라스토그래피 방법으로서,

- a) 적어도 하나의 초기 물리적 파라미터가 비등방성 매질(2)내 적어도 하나의 관심영역(2c)에서 획득되는 동안의 초기 초음파 획득단계;
- b) 초기 물리적 파라미터를 기초로 비등방성 매질(2)의 공간특징 세트가 결정되는 동안의 공간특징단계; 및
- c) 진단과 이미징단계를 포함하고,

상기 진단과 이미징단계는:

- c1) 상기 공간특징 세트를 기초로 비등방성 매질(2) 내부에 진단파(14)가 생성되는 동안의 여기 서브단계; 및
- c2) 상기 진단파(14)의 전파가 관찰현장(2a)내 다수의 지점들에서 동시에 관찰되는 동안의 관찰 서브단계를 포함하는 진단과 엘라스토그래피 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

비등방성 매질(2)의 공간특징 세트는:

적어도 하나의 관심영역(2c)내 비등방성 지형요소(3)의 방향, 공간각도 또는 공간위치; 및

적어도 하나의 관심영역(2c)내 바람직한 여기 공간방향 중 적어도 하나를 포함하는 진단과 엘라스토그래피 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

초기 물리적 파라미터는 B-모드 초음파 이미징을 이용해 획득된 비등방성 매질(2)내 적어도 하나의 관심영역(2c)의 이미지인 진단과 엘라스토그래피 방법.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

초기 초음파 획득단계는:

- a1) 적어도 하나의 진단파 방향으로 비등방성 매질(2) 내부에 진단파가 발생하는 동안의 여기 서브단계; 및
- a2) 초기 물리적 파라미터를 획득하기 위해 상기 진단파의 전파가 적어도 한 관심영역(2c)에 있는 여러 지점들에서 동시에 관찰되는 동안의 관찰 서브단계를 포함하는 진단과 이미징단계를 포함하는 진단과 엘라스토그래피 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

초기 초음파 획득단계는 비등방성 매질내 적어도 하나의 관심영역에서 획득된 복수의 진단파 방향들 및 복수의 초기 물리적 파라미터들과 관련된 복수의 진단과 이미징단계들을 포함하고,

복수의 진단과 이미징단계들의 각 진단과 이미징단계는

- a1) 복수의 진단파 방향들의 관련된 진단파 방향과 함께 비등방성 매질(2) 내부에 진단파가 생성되는 동안의 여

기 서브단계; 및

a2) 복수의 초기 물리적 파라미터들의 관련된 초기 물리적 파라미터를 획득하기 위해 적어도 하나의 관심영역(2c)내 다수의 지점들에서 상기 전단파의 전파가 동시에 관찰되는 동안의 관찰 서브단계를 포함하는 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 6

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 초기 물리적 파라미터들은 전단파 이미징을 이용해 획득된 비등방성 매질(2)내 관심영역(2c)의 이미지들인 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 7

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 초기 물리적 파라미터들은 전단파 이미징을 이용해 적어도 하나의 관심영역(2c)내에 획득된 전단파 전파 파라미터들인 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 전단파 전파 파라미터는 전단파 속도, 전단 탄성계수(μ), 영 모듈러스(E), 전단 탄성(μ_1), 전단 점성(μ_2)에서 선택되는 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

초기 초음파 획득단계 a) 동안, 비등방성 매질(2)내 적어도 2개의 식별되는 관심영역들(2c)에 각각 관련된 적어도 2개의 초기 물리적 파라미터들이 획득되고,

공간특징단계 b) 동안, 각각 적어도 2개의 물리적 파라미터들을 기초로 그리고 비등방성 매질(2)내 적어도 2개의 식별되는 관심영역들(2c)에 각각 관련된 적어도 2개의 공간특징 세트들이 결정되며,

전단파 이미징단계 c) 동안,

여기 서브단계 c1) 중에, 각각 적어도 2개의 공간특징 세트들을 기초로, 비등방성 매질(2)내에 적어도 2개의 전단파들(14)이 생성되고,

관찰 서브단계 c2) 중에, 적어도 2개의 전단파들(14)의 전파가 관찰현장(2a)내 다수의 지점들에서 동시에 관찰되는 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

공간특징단계 b)는 초기 초음파 획득단계 a) 동안 획득된 비등방성 매질(2)의 적어도 하나의 이미지에 대한 지형요소 감지를 수행함으로써 공간특징 세트를 추출하는 단계를 포함하는 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 11

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

공간특징단계 b)는 비등방성 매질(2)내 바람직한 여기 공간방향을 결정하기 위해 초기 초음파 획득단계 a) 동안 획득된 복수의 전단파 전파 파라미터들의 전단파 전파 파라미터들을 비교하는 단계를 포함하는 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 12

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

공간특징단계 b)는 중앙처리장치(6)에 연결된 디스플레이 장치(6a)를 이용해 사용자에게 초기 초음파 획득단계 a) 동안 획득된 비등방성 매질(2)의 이미지를 디스플레이하는 단계를 포함하고, 사용자는 상기 중앙처리장치(6)에 연결된 입력장치(6b)를 이용해 비등방성 매질의 공간특징을 나타내는 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 사용자는 상기 입력장치(6b)를 이용해 상기 디스플레이 장치(6a) 상에 비등방성 매질(2)의 상기 이미지 위에 디스플레이되는 가상 라인의 위치를 이동시킴으로써 비등방성 매질(2)의 공간특징을 나타내고, 상기 라인은 비등방성 매질의 공간특징을 나타내는 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 사용자는 상기 디스플레이 장치(6a) 상에 디스플레이된 비등방성 매질(2)의 상기 이미지 상에 초음파 시스템에 의해 제공된 종래 각도측정도구를 이용해 비등방성 매질(2)의 공간특징의 수치 값을 측정함으로써 공간특징을 나타내고, 상기 사용자는 그런 후 입력장치(6b)를 이용해 중앙처리장치(6)에 상기 수치 값을 입력하는 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 15

제 1 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

전단파(14)는 중앙처리장치(6)에 의해 제어되는 트랜스듀서 어레이를 이용해 비등방성 매질(2)내 적어도 하나의 집속된 초음파를 방출함으로써 발생되고,

상기 집속된 초음파의 초점(13a) 위치와 상기 집속된 초음파의 타이밍은 비등방성 매질(2)의 공간특징 세트를 기초로 중앙처리장치(6)에 의해 결정되는 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

전단파(14)를 발생시키는 초점(13a) 위치와 복수의 집속된 초음파의 타이밍은 상기 전단파(14)의 파 프론트가 실질적으로:

비등방성 매질(2)내 비등방성 지형요소들(3)의 방향; 및

비등방성 매질(2)내 바람직한 여기 공간방향 중 적어도 하나에 수직이도록 결정되는 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

전단파(14)를 발생시키는 초점(13a) 위치와 복수의 집속된 초음파의 타이밍은 상기 전단파(14)의 전파 방향이 실질적으로:

비등방성 매질(2)내 비등방성 지형요소들(3)의 방향; 및

비등방성 매질(2)내 바람직한 여기 공간방향 중 적어도 하나와 정렬되도록 결정되는 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 18

제 1 항 내지 제 17 항 중 어느 한 항에 있어서,

관찰 서브단계 c2)는:

c2-1) 서로 별개로 제어되는 트랜스듀서(4) 어레이가 상기 초음파들이 관찰현장(2a)내 전파하는 전단파(14)와 적어도 부분적인 공간적 및 시간적 중첩을 나타내도록 형성된 공간 커버리지 및 타이밍과 함께 일련의 초음파들

을 비등방성 매질(2)에 방출하게 하는 단계; 및

c2-2) 비등방성 매질(2)로부터 수신된 음향신호들이 상기 트랜스듀서(4) 어레이에 의해 실시간으로 감지되고 기록되게 하는 단계를 포함하고,

상기 신호들은 상기 비등방성 매질(2)내 산란체들(2b)과 상호작용하는 초음파들에 의해 생성된 에코를 포함하며,

전단파 이미징단계 c)는:

c3-1) 전단파(14)의 연이은 전단파 이미지들을 결정하기 위해 동작 c2-2) 동안 비등방성 매질(2)로부터 연이어 수신된 음향신호들이 처리되고,

c3-2) 관찰현장(2a)의 다른 지점들에서 비등방성 매질의 적어도 하나의 이동 파라미터가 결정되는 동안 적어도 하나의 처리 서브단계 c3)를 더 포함하는 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

초기 초음파 획득단계 동안, 적어도 2개의 전단파 방향들을 따라 전파하는 전단파가 비등방성 매질(2)내에 생성되고,

처리 서브단계 동안, 비등방성 매질로부터 수신된 음향신호들이 상기 적어도 하나의 초기 물리적 파라미터들을 결정하기 위해 적어도 2개의 전단파 방향들에 따라 필터되는 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 20

제 18 항 또는 제 19 항에 있어서,

상기 이동 파라미터는 비등방성 매질(2)의 변위인 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 21

제 18 항 내지 제 20 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 동작 c2-1)에서, 상기 비집속 초음파 압축파가 초당 적어도 300 샷의 속도로 방출되는 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 22

제 18 항 내지 제 21 항 중 어느 한 항에 있어서,

여기 서브단계 c1) 동안 방출된 집속된 초음파는 0.1MHz에서 100MHz 범위에 놓인 주파수(f)를 나타내고, k/f 초의 기간 동안 방출되며, k는 50에서 5000 범위에 놓인 정수이고, f는 Hz 단위로 표현되는 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 23

제 18 항 내지 제 22 항 중 어느 한 항에 있어서,

여기 서브단계 c1) 동안 방출된 집속된 초음파는 0.5MHz에서 15MHz 범위에 놓인 주파수를 나타내고, 휴식 주기에 의해 이격된 일련의 방출주기 동안 방출되며, 방출주기는 초당 10에서 1000 방출 범위에 놓인 속도로 서로 잇따르는 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 24

제 18 항 내지 제 23 항 중 어느 한 항에 있어서,

여기 서브단계 c1) 동안 방출된 집속된 초음파는 $20 \text{ Hz} \leq |f_1 - f_2| \leq 1000 \text{ Hz}$ 이도록 각각의 주파수들(f_1 및 f_2)을 갖는 2개의 단색신호들의 선형 조합(특히 합)인 전단파 엘라스토폴라피 방법.

청구항 25

제 18 항 내지 제 24 항 중 어느 한 항에 있어서,

여기 서브단계 c1) 동안 방출된 집속된 초음파는 복수의 초점들에 동시에 집속되는 전단파 엘라스토그래피 방법.

청구항 26

제 18 항 내지 제 25 항 중 어느 한 항에 있어서,

이미지 처리 서브단계 c3) 다음에 맵핑 서브단계 c4)가 잇따르고, 상기 맵핑 서브단계동안, 시간에 걸쳐 이동 파라미터의 변화를 기초로, 관찰현장(2a)에서 상기 전파 파라미터의 맵을 결정하기 위해 적어도 하나의 전단파 전파 파라미터가 관찰현장(2a)의 적어도 몇몇 지점들에서 계산되는 전단파 엘라스토그래피 방법.

청구항 27

제 26 항에 있어서,

맵핑 서브단계 c4) 동안 계산된 전단파 전파 파라미터는 전단파 속도, 전단 탄성계수, 영 모듈러스, 전단파 감쇠, 전단 탄성, 전단 점성, 기계적 이완시간 및 국소변형의 역수에서 선택되는 전단파 엘라스토그래피 방법.

청구항 28

제 26 항 또는 제 27 항에 있어서,

연이은 여기 서브단계들 c1) 동안 여러 복수의 집속된 초음파들을 방출하고, 그런 후 관찰현장(2a)의 조합 맵을 계산하기 위해 연이은 맵핑 서브단계 c4) 동안 획득된 맵을 조합하면서 서브단계 c1) 내지 c4)가 연이어 반복되는 전단파 엘라스토그래피 방법.

청구항 29

제 26 항 내지 제 28 항 중 어느 한 항에 있어서,

단계 b) 및 c)가 적어도 한번 반복되고, 반복(n)시 단계 c) 동안 획득된 관찰현장(2a)내 전파 파라미터의 맵은 반복(n+1)에서 단계 b)에 대한 초기 물리적 파라미터로서 사용되는 전단파 엘라스토그래피 방법.

청구항 30

비등방성 매질(2)내 관찰현장(2a)을 이미지화하기 위한 제 1 항 내지 제 29 항 중 어느 한 항에 따른 전단파 엘라스토그래피 방법을 실행하기 위한 이미징 기기로서,

- 비등방성 매질(2)내 적어도 하나의 관심영역(2c)에 적어도 하나의 물리적 파라미터를 획득하고,
- 초기 물리적 파라미터를 기초로 비등방성 매질(2)의 공간특징 세트를 결정하며,
- 상기 공간특징 세트를 기초로 비등방성 매질(2)내에 전단파(14)가 발생되게 하고,
- 관찰현장(2c)내 다수의 지점들에 동시에 상기 전단파(14)의 전파를 관찰하도록 형성된 적어도 하나의 중앙처리장치(6)에 의해 서로 별개로 제어되는 트랜스듀서(4) 어레이를 포함하는 전단파 엘라스토그래피 방법을 실행하기 위한 이미징 기기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전단파를 이용한 이미지화 방법 및 기기에 관한 것으로, 보다 상세하게는 비등방성 매질에 대한 전단파 엘라스토그래피(Elastography) 방법 및 기기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] US 7,252,004는 점탄성 매질을 이미지화하기 위한 전단파 엘라스토그래피 방법의 예를 기술하고 있다. 상기 US 7,252,004의 방법은 점탄성 매질이 균일한 경우에 완전히 만족스러움을 제공하나, 점탄성이 섬유를 함유한 비등방성 매질인 경우에 이미지 및 측정의 신뢰도와 재현가능성이 최적이지 않다.

- [0003] 실제로, 전단파와 엘라스토프로 얻은 이미지와 측정은 전단파를 받은 점탄성 매질에서 관찰된 변위 및/또는 왜곡으로부터 계산된다.
- [0004] 불행히, 전단파는 전파 파라미터들이 매질의 물리적 특징뿐만 아니라 섬유 방향들과 전단파 프론트의 상대 각도에 의존하기 때문에 균일한 매질에 비해 섬유를 함유한 비등방성 매질에서는 다르게 전파한다.
- [0005] 따라서, 섬유 방향과 전단파 전파방향의 상대 각도에 따라, 전단파의 전파 파라미터의 측정값이 변할 수 있고 전단파 엘라스토프에 대해 믿을 수 있고 재현가능한 측정 및 이미지를 제공할 수 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 특히 상기 상황을 개선하기 위한 목적을 갖는다.

과제의 해결 수단

- [0007] 이를 위해, 본 발명에 따르면, 비등방성 매질을 이미지화하기 위한 이와 같은 전단파 엘라스토프 방법은:
- [0008] a) 적어도 하나의 초기 물리적 파라미터가 비등방성 매질내 적어도 하나의 관심영역에서 획득되는 동안의 초기 초음파 획득단계;
- [0009] b) 초기 물리적 파라미터를 기초로 비등방성 매질의 공간특징 세트가 결정되는 동안의 공간특징단계; 및
- [0010] c) 전단파 이미징단계를 포함하고,
- [0011] 상기 전단파 이미징단계는:
- [0012] c1) 상기 공간특징 세트를 기초로 비등방성 매질 내부에 전단파가 생성되는 동안의 여기 서브단계; 및
- [0013] c2) 상기 전단파의 전파가 관찰현장내 다수의 지점들에서 동시에 관찰되는 동안의 관찰 서브단계를 포함한다.
- [0014] 몇몇 실시예에서, 또한:
- [0015] - 비등방성 매질의 공간특징 세트는 적어도 하나의 관심영역내 비등방성 지형요소의 방향, 공간각도 또는 공간 위치; 및 적어도 하나의 관심영역내 바람직한 여기 공간방향 중 하나 이상을 사용할 수 있다;
- [0016] - 초기 물리적 파라미터는 B-모드 초음파 이미징을 이용해 획득된 비등방성 매질내 적어도 하나의 관심영역의 이미지이다;
- [0017] - 초기 초음파 획득단계는:
- [0018] 적어도 하나의 전단파 방향으로 비등방성 매질 내부에 전단파가 발생되는 동안의 여기 서브단계; 및
- [0019] 초기 물리적 파라미터를 획득하기 위해 상기 전단파의 전파가 적어도 한 관심영역에 있는 여러 지점들에서 동시에 관찰되는 동안의 관찰 서브단계를 포함한다;
- [0020] - 초기 초음파 획득단계는 비등방성 매질내 적어도 하나의 관심영역에서 획득된 복수의 전단파 방향들 및 복수의 초기 물리적 파라미터들과 관련된 복수의 전단파 이미징단계들을 포함하고, 복수의 전단파 이미징단계들의 각 전단파 이미징단계는 복수의 전단파 방향들의 관련된 전단파 방향과 함께 비등방성 매질 내부에 전단파가 생성되는 동안의 여기 서브단계; 및 복수의 초기 물리적 파라미터들의 관련된 초기 물리적 파라미터를 획득하기 위해 적어도 하나의 관심영역내 다수의 지점들에서 상기 전단파의 전파가 동시에 관찰되는 동안의 관찰 서브단계를 포함한다;
- [0021] - 상기 초기 물리적 파라미터들은 전단파 이미징을 이용해 획득된 비등방성 매질내 관심영역의 이미지들이다;
- [0022] - 상기 초기 물리적 파라미터들은 전단파 이미징을 이용해 적어도 하나의 관심영역내에 획득된 전단파 전파 파라미터들이다;
- [0023] - 상기 전단파 전파 파라미터는 전단파 속도, 전단 탄성계수(μ), 영 모듈러스(E), 전단 탄성(μ_1), 전단 점성(μ_2)에서 선택된다;
- [0024] - 초기 초음파 획득단계 동안, 비등방성 매질 적어도 2개의 식별되는 관심영역들에 각각 관련된 적어도 2개의

초기 물리적 파라미터들이 획득되고, 공간특징단계 동안, 각각 적어도 2개의 물리적 파라미터들을 기초로 그리고 비등방성 매질내 적어도 2개의 식별되는 관심영역들에 각각 관련된 적어도 2개의 공간특징 세트들이 결정되며, 전단파 이미징단계 동안, 여기 서브단계 중에, 각각 적어도 2개의 공간특징 세트들을 기초로, 비등방성 매질내에 적어도 2개의 전단파들이 생성되고, 관찰 서브단계 중에, 적어도 2개의 전단파들의 전파가 관찰현장내 다수의 지점들에서 동시에 관찰된다;

- [0025] - 공간특징단계는 초기 초음파 획득단계 동안 획득된 비등방성 매질의 적어도 하나의 이미지에 대한 지형요소 감지를 수행함으로써 공간특징 세트를 추출하는 단계를 포함한다;
- [0026] - 공간특징단계는 비등방성 매질내 바람직한 여기 공간방향을 결정하기 위해 초기 초음파 획득단계 동안 획득된 복수의 전단파 전파 파라미터들의 전단파 전파 파라미터들을 비교하는 단계를 포함한다;
- [0027] - 공간특징단계는 중앙처리장치에 연결된 디스플레이 장치를 이용해 사용자에게 초기 초음파 획득단계 동안 획득된 비등방성 매질의 이미지를 디스플레이하는 단계를 포함하고, 사용자는 상기 중앙처리장치에 연결된 입력장치를 이용해 비등방성 매질의 공간특징을 나타낸다;
- [0028] - 상기 사용자는 상기 입력장치를 이용해 상기 디스플레이 장치 상에 비등방성 매질의 상기 이미지 위에 디스플레이되는 가상 라인의 위치를 이동시킴으로써 비등방성 매질의 공간특징을 나타내고, 상기 라인은 비등방성 매질의 공간특징을 나타낸다;
- [0029] - 상기 사용자는 상기 디스플레이 장치 상에 디스플레이된 비등방성 매질의 상기 이미지 상에 초음파 시스템에 의해 제공된 종래 각도측정도구를 이용해 비등방성 매질의 공간특징의 수치 값을 측정함으로써 공간특징을 나타내고, 상기 사용자는 그런 후 입력장치를 이용해 중앙처리장치에 상기 수치 값을 입력한다;
- [0030] - 전단파는 중앙처리장치에 의해 제어되는 트랜스듀서 어레이를 이용해 비등방성 매질내 적어도 하나의 집속된 초음파를 방출함으로써 발생되고, 상기 집속된 초음파의 초점 위치와 상기 집속된 초음파의 타이밍은 비등방성 매질의 공간특징 세트를 기초로 중앙처리장치에 의해 결정된다;
- [0031] - 전단파를 발생시키는 초점 위치와 복수의 집속된 초음파의 타이밍은 상기 전단파의 파 프론트가 실질적으로 비등방성 매질내 비등방성 지형요소들의 방향; 및 비등방성 매질내 바람직한 여기 공간방향 중 적어도 하나에 수직이도록 결정된다;
- [0032] - 전단파를 발생시키는 초점 위치와 복수의 집속된 초음파의 타이밍은 상기 전단파의 전파 방향이 실질적으로 비등방성 매질내 비등방성 지형요소들의 방향; 및 비등방성 매질내 바람직한 여기 공간방향 중 적어도 하나와 정렬되도록 결정된다;
- [0033] - 관찰 서브단계는:
- [0034] c2-1) 서로 별개로 제어되는 트랜스듀서 어레이가 상기 초음파들이 관찰현장내 전파하는 전단파와 적어도 부분적인 공간적 및 시간적 중첩을 나타내도록 형성된 공간 커버리지 및 타이밍과 함께 일련의 초음파들을 비등방성 매질에 방출하게 하는 단계; 및
- [0035] c2-2) 비등방성 매질로부터 수신된 음향신호들이 상기 트랜스듀서 어레이에 의해 실시간으로 감지되고 기록되게 하는 단계를 포함하고, 상기 신호들은 상기 비등방성 매질내 산란체들과 상호작용하는 초음파들에 의해 생성된 에코를 포함하며,
- [0036] 전단파 이미징단계 c)는:
- [0037] c3-1) 전단파의 연이은 전단파 이미지들을 결정하기 위해 동작 c2-2) 동안 비등방성 매질로부터 연이어 수신된 음향신호들이 처리되고,
- [0038] c3-2) 관찰현장의 다른 지점들에서 비등방성 매질의 적어도 하나의 이동 파라미터가 결정되는 동안 적어도 하나의 처리 서브단계 c3)를 더 포함한다;
- [0039] - 초기 초음파 획득단계 동안, 적어도 2개의 전단파 방향들을 따라 전파하는 전단파가 비등방성 매질내에 생성되고, 처리 서브단계 동안, 비등방성 매질로부터 수신된 음향신호들이 상기 적어도 하나의 초기 물리적 파라미터들을 결정하기 위해 적어도 2개의 전단파 방향들에 따라 필터된다;
- [0040] - 상기 이동 파라미터는 비등방성 매질의 변위이다;

- [0041] - 상기 동작 c2-1)에서, 상기 비집속 초음파 압축파가 초당 적어도 300 샷의 속도로 방출된다;
- [0042] - 여기 서브단계 동안 방출된 집속된 초음파는 0.1MHz에서 100MHz 범위에 놓인 주파수(f)를 나타내고, k/f 초의 기간 동안 방출되며, k는 50에서 5000 범위에 놓인 정수이고, f는 Hz 단위로 표현된다;
- [0043] - 여기 서브단계 동안 방출된 집속된 초음파는 0.5MHz에서 15MHz 범위에 놓인 주파수를 나타내고, 휴식 주기에 의해 이격된 일련의 방출주기 동안 방출되며, 방출주기는 초당 10에서 1000 방출 범위에 놓인 속도로 서로 잇따른다.
- [0044] - 여기 서브단계 c1) 동안 방출된 집속된 초음파는 $20 \text{ Hz} \leq |f_1 - f_2| \leq 1000 \text{ Hz}$ 이도록 각각의 주파수들(f_1 및 f_2)을 갖는 2개의 단색신호들의 선형 조합이다;
- [0045] - 여기 서브단계 동안 방출된 집속된 초음파는 복수의 초점들에 동시에 집속된다;
- [0046] - 이미지 처리 서브단계 다음에 맵핑 서브단계가 잇따르고, 상기 맵핑 서브단계동안, 시간에 걸쳐 이동 파라미터의 변화를 기초로, 관찰현장에서 상기 전파 파라미터의 맵을 결정하기 위해 적어도 하나의 전단파 전파 파라미터가 관찰현장의 적어도 몇몇 지점들에서 계산된다;
- [0047] - 맵핑 서브단계 동안 계산된 전단파 전파 파라미터는 전단파 속도, 전단 탄성계수, 영 모듈러스, 전단파 감쇠, 전단 탄성, 전단 점성, 기계적 이완시간 및 국소변형의 역수에서 선택된다;
- [0048] - 연이은 여기 서브단계들 동안 여러 복수의 집속된 초음파들을 방출하고, 그런 후 관찰현장의 조합 맵을 계산하기 위해 연이은 맵핑 서브단계 동안 획득된 맵을 조합하면서 서브단계들이 연이어 반복된다;
- [0049] - 단계 b) 및 c)가 적어도 한번 반복되고, 반복(n)시 단계 c) 동안 획득된 관찰현장내 전파 파라미터의 맵은 반복(n+1)에서 단계 b)에 대한 초기 물리적 파라미터로서 사용된다;
- [0050] 본 발명은 또한 비등방성 매질내 관찰현장을 이미지화하기 위한 상술한 바와 같은 전단파 엘라스토그래피 방법을 실행하기 위한 물체, 즉 이미징 기기로서, 상기 기기는:
- [0051] - 비등방성 매질내 적어도 하나의 관심영역에 적어도 하나의 물리적 파라미터를 획득하고,
- [0052] - 초기 물리적 파라미터를 기초로 비등방성 매질의 공간특징 세트를 결정하며,
- [0053] - 상기 공간특징 세트를 기초로 비등방성 매질내에 전단파가 발생되게 하고,
- [0054] - 관찰현장내 다수의 지점들에 동시에 상기 전단파의 전파를 관찰하도록 형성된 적어도 하나의 중앙처리장치에 의해 서로 별개로 제어되는 트랜스듀서 어레이를 포함한다.
- [0055] 이들 특징들과 함께, 전단파 특징 및 특히 전단파 프론트 및 전단파의 전파 방향은 비등방성 매질의 공간특징을 기초로 결정될 수 있다. 이는 전단파 엘라스토그래피 및 이미징에 의해 얻은 이미지와 측정의 품질, 신뢰도 및 재현가능성을 크게 향상시킨다.

발명의 효과

- [0056] 본 발명의 내용에 포함됨.

도면의 간단한 설명

- [0057] 본 발명의 다른 특징 및 이점은 첨부도면과 함께 비제한적인 예로써 제시된 하기의 일실시예의 상세한 설명으로부터 명백해진다.

도면에서,

도 1은 본 발명의 실시예에서 전단파 이미징 장치의 개략도이다.

도 2a, 2b, 및 2c는 여러 가지 복수의 집속된 초음파들에 의해 비등방성 매질에서 발생된 다수의 전단파들의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0058] 도 1에 도시된 기기(1)는 비등방성 매질(2)에서 관찰현장(2a)을 이미지화하도록 형성된다.

- [0059] 비등방성 매질(2)은 식별가능한 공간확장방향(3a)을 나타내는 비등방성 지형요소들(3)을 포함한다. 비등성 지형요소(3)는 가령 섬유, 조직 인터페이스 또는 비등방성 조직, 혈관, 신경, 기다란 세포 또는 세포기관과 같은 비등방성 구성물질 및 보다 일반적으로 조직, 특히 살아있는 조직의 임의의 공간상으로 지향된 구성물질일 수 있다.
- [0060] 비등방성 매질(2)은 가령 근육 또는 힘줄을 포함한 살아있는 환자의 일부분일 수 있다. 이런 조직은 섬유(3), 가령 근주막으로 둘러싸인 근속(muscles fascicles) 또는 힘줄, 인대, 및 근막에서 콜라겐 섬유들의 어레이 형태의 비등방성 지형요소들(3)을 포함한다. 이런 섬유들(3)은 매우 비등방성이며 식별가능한 공간확장방향(3a)을 나타내므로, 매질(2)을 비등방성이게 한다. 몇몇 섬유들(3)은 또한 대개 평행한 방향(3a)을 따라 뻗어 있는 섬유다발들로 그룹화될 수도 있다.
- [0061] 보다 정확하게, 기기(1)는 비등방성 매질(2)의 전단파 엘라스토폴리그래피를 수행해 관찰현장(2a)에서 전단파 전파 파라미터들의 이미지 또는 측정을 얻는데 사용된다.
- [0062] 종래 전단파 엘라스토폴리그래피 측정 또는 이미징화는:
- [0063] - 비등방성 매질(2), 특히 관찰현장(2a)을 통해 전파하는 기계 전단파(14); 및
- [0064] - 초음파에 의해 반사되고 생체조직에 자연스럽게 포함된 산란체들(2b)에 대한 초음파의 반사를 통해 관찰현장(2a)에서 이 전단파(14)의 전파를 관찰함으로써 수행된다.
- [0065] 입자들(2b)은 비등방성 매질(2)에 있는 임의의 불균일도, 가령, 콜라겐 입자들 또는 보다 일반적으로 둘러싸인 매질의 밀도에 대해 다른 밀도를 갖는 임의의 불균일도로 구성될 수 있다.
- [0066] 그런 후, 전단파가 침투했을 때, 관찰된 변위 및/또는 조직의 왜곡을 기초로 전단파 엘라스토폴리그래피 측정 및 이미징이 처리된다.
- [0067] 상술한 바와 같이, 전단파는 균일한 매질에 비해 비등방성 매질에서 다르게 전파한다.
- [0068] 특히, 전단파의 전파는 매질(2)의 물리적 특징뿐만 아니라 비등방성 매질(2a)에서 선호 방향(3a)과 함께 전단파 프론트의 또는 전단파 전파방향(14a)의 각도에 따른다.
- [0069] 따라서, 가령, 비등방성 지형요소(3)을 갖는 전단파 전파방향(14a)의 상대 각도에 따라, 전단파(14)의 전파 파라미터의 측정값이 변할 수 있어 신뢰할 수 있고 재현가능한 전단파 엘라스토폴리그래피 측정 및 이미지를 제공하지 못한다.
- [0070] 기기(1)에 의해 수행된 방식과 같은 전단파 이미징단계 c)의 동작 구조 및 전반적인 방식이 참조문헌 US-B2-7 252 004에 상세히 기술되어 있고 하기에 간략히 언급한다.
- [0071] 기기(1)는 가령:
- [0072] - 초음파 트랜스듀서 어레이(4), 가령, 통상의 초음파 검사기 프로브에 이미 잘 알려진 바와 같이 축을 따라 나란한 n개의 초음파 트랜스듀서들(T_1 - T_n)을 포함한 선형 어레이(상기 어레이(4)는 관찰현장의 2차원(2D) 이미징을 수행하도록 형성되나, 어레이(4)는 또한 관찰현장의 3D 이미징을 수행하도록 형성된 2차원 어레이일 수 있다);
- [0073] - 트랜스듀서 어레이(4)를 컨트롤하고 이로부터 신호들을 획득하는 전자베이(5);
- [0074] - 전자베이(5)를 컨트롤하고 상기 전자베이로부터 얻은 초음파 이미지를 보기 위해, 디스플레이 유닛(6a), 가령 스크린, 및 키보드, 마우스 또는 기타 사용자 인터페이스와 같은 입력장치들(6b)을 포함한 마이크로컴퓨터(6)를 포함할 수 있고,
- [0075] 트랜스듀서의 개수(n)는 1 이상, 가령 수 십개(예컨대, 100개에서 300개)이다; 트랜스듀서(T_1 - T_n)는 초음파 펄스를 전달하고, 펄스들은 주파수가 0.5MHz에서 100MHz 범위, 바람직하게는 0.5MHz에서 15MHz 범위, 가령, 약 2.5MHz에 놓인 통상적으로 초음파 검사에 사용되는 타입이다.
- [0076] 전자베이(5)와 마이크로컴퓨터(6)를 본 명세서에서 기기(1)의 컨트롤 시스템이라 한다. 이런 컨트롤 시스템은 2 이상의 장치들로 구성될 수 있거나 하나의 단일 전자장치에 의해 전자베이(5)와 마이크로컴퓨터(6)의 모든 기능들을 수행할 수 있다.
- [0077] 전자베이(5)는 가령:

- [0078] - 트랜스듀서 어레이(4)의 n 개 트랜스듀서들(T_1 - T_n)에 개별적으로 연결된 n 개의 아날로그/디지털 컨버터들(7)(E_1 - E_n);
- [0079] - n 개의 아날로그/디지털 컨버터들(7)에 각각 연결된 n 개 버퍼 메모리들(8)(M_1 - M_n);
- [0080] - 버퍼 메모리(8) 및 마이크로컴퓨터(6)와 통신하는 중앙처리장치(9)(CPU);
- [0081] - 중앙처리장치(9)에 연결된 디지털 신호 프로세서(11)(DSP);
- [0082] - 중앙처리장치(9)에 연결된 메모리(10)(MEM)를 포함할 수 있다.
- [0083] 트랜스듀서들(T_1 - T_n)은 중앙처리장치(9)에 의해 서로 독립적으로 제어된다. 따라서, 트랜스듀서들(T_1 - T_n)은 선택적으로:
- [0084] - 비집속 초음파; 또는
- [0085] - 관찰현장(2a)의 하나 이상의 지점들에 집속되는 집속된 초음파를 방출할 수 있다.
- [0086] "비집속 초음파"라는 용어는 본 명세서에서 이해되는 바와 같이 전체 관찰현장(2a)을 비추는 임의의 비집속파, 가령:
- [0087] - "평면"인 초음파 압축파(즉, 파의 프론트가 X, Y 면에서 직선인 파), 또는 임의의 다른 타입의 비집속파;
- [0088] - 랜덤한 음향신호들이 다양한 트랜스듀서들(T_1 - T_n)에 의해 방출되게 함으로써 생성된 파;
- [0089] - 발산파, 가령 구형파;
- [0090] - 다수의 초점에 동시에 집속되는 파;
- [0091] - (초점거리/개구 비가 2.5보다 큰 "fat" 트랜스미트 포커싱으로 알려진) 약하게 집속되는 파; 또는
- [0092] - 단일 초점위치를 사용하고 초점거리/개구 비가 2.5미만인 종래 포커싱과 일치하지 않는 보다 일반적인 임의의 종류의 송신파를 의미한다.
- [0093] 기기(1)의 동작 동안, 트랜스듀서 어레이(4)는 비등방성 매질(2), 가령 환자의 피부와 접촉하게 배치된다.
- [0094] 기기(1)의 동작 방법은 컨트롤 시스템, 즉, 이런 동작 방식을 위해 프로그램된 중앙처리장치(9) 및/또는 컴퓨터(6)에 의해 제어된다, 이들 2개의 장치들을 이하 기기(1)의 컨트롤 시스템이라 한다(물론, 컨트롤 시스템은 본 명세서에 기술된 특정 예와 다를 수 있고 특히 상술한 하나의 전자장치로 또는 2개 이상의 전자장치들로 구성될 수 있다).
- [0095] 진단파 이미징을 수행하기 위한 기기(1)의 동작은 진단파 이미징단계 c)와 관련해 설명할 것이나 또한, 하기에 더 상세히 기술된 바와 같이, 초기 물리적 파라미터들이 진단파 이미징 또는 엘라스토그래피에 의해 획득되는 초기 초음파 획득단계 a)의 실시예에도 적용된다.
- [0096] 기기(1)의 컨트롤 시스템(6,9)은 컨트롤 시스템(6,9)으로 인해 비등방성 매질(2)의 초점(13a)에 집속된 적어도 하나의 집속된 초음파(13)가 어레이(4)에 의해 방출되게 함으로써 진단파(14)가 관찰현장(2a)에서 발생하는 동안 여기 서브단계 c1)로 시작해, 연이어 다수의 서브단계들을 수행하도록 프로그램된다(이 집속파(13)는 트랜스듀서들(T_1 - T_n) 중 일부 또는 모두에 의해 방출될 수 있다).
- [0097] 특히 및 하기에 더 상세히 기술된 바와 같이, 여기 서브단계 c1) 동안 방출된 집속 초음파(13)는 발생된 바로서 진단파(14)가 소정의 과정을 나타내도록 동시에 또는 다른 시간에 복수의 점들(13a)에 집속될 수 있다.
- [0098] 따라서, 평면인 진단파(14) 또는, 반대로, 집속된 진단파를 발생할 수 있고 비등방성 매질(2)의 관찰현장(2a)에 있는 소정의 지역들을 비춘다.
- [0099] 특히, 진단파(14)는 초점(13a)의 위치와 집속된 초음파(13)의 방출 타이밍에 의해 제어될 수 있는 진단파 프론트와 진단파 방향(14a)을 나타낼 수 있다.
- [0100] 따라서, 도 2a를 참조로, 동시에 또는 짧은 시간주기 내에 다수의 집속된 초음파들(13)의 방출에 의해 구형파(14)가 발생할 수 있고, 상기 초음파(13)는 비등방성 매질(2)내 라인을 따라 정렬된 초점들(13a)을 갖는다.

- [0101] 최종 발생한 전단파(14)는 초점(13a)의 정렬라인에 실질적으로 나란한 전단파 프론트와 상기 라인에 실질적으로 수직한 전파방향(14a)을 갖는다.
- [0102] 도 2b를 참조로, 각 방출에서 이격된 더 긴 시간주기로 다수의 집속된 초음파들(13)의 방출에 의해 발생된 특정 구형파(14)가 도시되어 있고, 상기 초음파(13)는 비등방성 매질(2)내 라인을 따라 정렬된 초점들(13a)을 갖는다.
- [0103] 최종 발생한 전단파(14)는 도 2a에 도시된 상기 전단파보다 초점(13a)의 정렬 아인에 대해 더 큰 각도를 갖는 전단파 프론트를 갖는다.
- [0104] 도 2c를 참조하면, 비등방성 매질(2)내 라인을 따라 정렬된 초점들(13a)을 갖는 다수의 집속된 초음파들(13)의 방출에 의해 발생되는 또 다른 특정 구형파(14)가 도시되어 있고, 상기 라인은 어레이(4)에 직각인 수직방향에 대해 상대적으로 경사져 있다.
- [0105] 따라서, 도 2a, 2b, 및 2c는 집속된 초음파(13)의 초점(13a)의 위치와 집속된 초음파(13)의 방출 타이밍을 바꿈으로써 기기(1)의 컨트롤 시스템(6,9)에 의해 발생할 수 있는 다양한 전단파(14)의 일부를 도시한 것이다.
- [0106] 다른 타입의 전단파(14)도 또한, 가령, 집속된 초음파(13)의 초점(13a)의 위치와 집속된 초음파(13)의 방출 타이밍을 바꿈으로써 발생할 수 있고, 기기(1)의 컨트롤 시스템(6,9)은 2개 이상의 전단파 방향을 따라 전파하는 전단파(14)를 발생할 수 있다. "2개의 전단파 방향"이란 상기 전단파 방향들이 콜리니어(collinear)가 아닌 것을 말한다.
- [0107] 여기 서브단계 c1) 동안 방출된 집속된 초음파는 단색파의 주파수(f)가 k/f 초의 기간동안 방출되는 0.5MHz에서 15MHz 범위, 가령 약 2.5MHz에 놓일 수 있고, k 는 50에서 5000(가령, 약 500) 범위에 놓이는 정수이고, f 는 Hz 단위로 표현된다. 이런 파는 가능하게는 휴지 주기만큼 이격된 일련의 방출주기 동안 방출될 수 있고, 방출주기는 초당 5에서 1000 방출 범위에 놓인 비율로 서로 잇따른다.
- [0108] 변형으로, 여기 서브단계 c1) 동안 방출된 집속된 초음파는 $20 \text{ Hz} \leq |f_1 - f_2| \leq 1000 \text{ Hz}$ 이고, 따라서, 변조 주파수 $|f_1 - f_2|$ 를 갖는 진폭 변조파를 발생하도록 각각의 주파수(f_1 및 f_2)의 2개의 단색신호들의 선형 조합(특히 합)이다.
- [0109] 그런 후 기기(1)는 전단파(14)의 전파가 관찰현장(2a)의 여러 지점들에서 동시에 관찰되는 동안 관찰 서브단계 c2)를 수행하고, 이 관찰단계는 다음 동작을 포함한다:
- [0110] c2-1) 컨트롤 시스템(6,9)은 어레이(4)가 비등방성 매질에 초당 적어도 300샷, 가령, 적어도 500 샷/초의 속도로 일련의 비집속 초음파 압축파(이들 비집속파들은 트랜스듀서들(T_1 - T_n) 중 일부 또는 모두에 의해 방출될 수 있음)을 방출하게 한다(단계 a에서 방출된 집속된 초음파의 포커싱과 타이밍, 및 상기 비집속 초음파의 타이밍은 상기 비집속 초음파들 중 적어도 일부가 관찰현장을 통해 전단파의 전파 동안 관찰현장에 도달하도록 형성된다);
- [0111] c2-2) 컨트롤 시스템(6,9)은 어레이(4)가 비등방성 매질(2)로부터 수신된 음향신호를 감지하게 하고(이 감지는 어레이(4)의 트랜스듀서들 중 일부 또는 모두에 의해 수행될 수 있음), 상기 신호들은 관찰현장에서 산란체들(2b)과 상호작용하는 비집속 초음파 압축파에 의해 발생된 에코를 포함하며, 이들 에코들은 비등방성 매질(2)의 변위에 대한 연속 이미지들에(직간접적으로) 해당하고; 감지된 신호들은 버퍼 메모리(M_1 - M_n)에 실시간으로 기록된다;
- [0112] 기기(1)는 그런 후 하기의 단계 동안 적어도 하나의 처리 서브단계 c3)를 수행한다:
- [0113] c3-1) 컨트롤 시스템(6,9)은 연이은 전파 이미지들을 판단하기 위해 동작 c2-2) 동안 비등방성 매질(2)로부터 수신된 음향신호를 처리한다;
- [0114] c3-2) 컨트롤 시스템(6,9)은 관찰현장(2a)에서 다양한 지점들에서 비등방성 매질(2)에 대한 적어도 하나의 이동 파라미터를 결정한다.
- [0115] 상기 동작 c3-1)이 생략될 수 있음에 유의해야 한다; 보다 일반적으로, 본 발명의 방법은 전파 이미지들을 결정하는 것을 필요로 하지 않고, 컨트롤 시스템(6,9)이 임의의 다른 수단에 의해 상기 이동 파라미터를 결정할 수 있다;
- [0116] 가령 0.1초에서 180초간 지속될 수 있는 동작 c2-1) 동안, 초당 500에서 10,000 샷 범위, 바람직하게는 초당

1000에서 5000 샷에 놓인 속도로 비집속 초음파 압축파들을 방출할 수 있다(이 속도는 환자의 신체(2)를 통해 압축파에 대한 왕복 이동시간으로 제한된다: 압축파에 의해 발생된 모든 에코들은 새 압축파가 보내지기 전에 프로브(6)에 의해 반드시 수신되어야 한다).

- [0117] 초기 초음파 획득단계 동안 방출된 전단파가 2 이상의 전단파 방향을 따라 전파하는 실시예에서, 비등방성 매질로부터 수신된 음향신호는 처리 서브단계 동안 상기 초기 물리적 파라미터를 결정하기 위해 전단파 방향에 따라 필터될 수 있다.
- [0118] 일실시예로, 비등방성 매질로부터 수신된 음향신호는 2 이상의 전단파 방향들에 각각 관련된 2 이상의 초기 물리적 파라미터들을 결정하기 위해 필터된다.
- [0119] 이런 필터링 동작은 가령 동작 c2-2) 동안 비등방성 매질(2)로부터 연속 음향신호들 또는 동작 c3-2) 동안 결정된 이동 파라미터들의 시간 또는 공간 필터링일 수 있다.
- [0120] 각 비집속 초음파 압축파는 전단파의 속도(가령, 인간 신체에서 약 1500m/s)보다 훨씬 더 큰 전파속도로 환자의 신체(2)를 통해 전파되고, 반사 입자들(2b)과 상호작용함으로써, 초음파 검사 분야에서 "스펙클 잡음(speckle noise)"라는 이름하에서 그 자체로 알려진 신호에서의 에코 또는 기타 유사 외란(disturbance)을 일으킨다.
- [0121] 스펙클 잡음은 서브단계 b2) 동안 비집속 초음파 압축파의 각 샷 후에 트랜스듀서들(T_1-T_n)에 의해 픽업된다. 이런 식으로 샷 No. j 후에 픽업된 것으로서 신호 $s_{ij}(t)$ 는 초기에 고주파수(가령, 30MHz에서 100MHz)에서 샘플화되고 트랜스듀서(T_i)에 해당하는 아날로그/디지털 컨버터(E_i)에 의해 실시간으로 (가령, 12비트로)디지털화된다.
- [0122] 이런 식으로 샘플화되고 디지털화된 바로서 신호 $s_{ij}(t)$ 는 마찬가지로 실시간으로 트랜스듀서(T_i)에 해당하는 버퍼 메모리(M_i)에 저장된다.
- [0123] 예로써, 각 메모리(M_i)는 약 128 메가바이트(MB) 용량을 나타낼 수 있고, 샷 j=1에서 p에 대해 연속으로 수신된 모든 신호들 $s_{ij}(t)$ 을 포함한다.
- [0124] 뒤늦은 시간에, 전단파의 동일 전파에 해당하는 모든 신호들 $s_{ij}(t)$ 이 저장된 후에, 중앙처리장치(9)는 서브단계 c1)에 해당하는 종래 경로형성 단계를 이용해 이들 신호들을 처리한다(또는 덧셈회로와 같은 또 다른 회로에 의해 신호들을 처리하거나 컴퓨터(6)가 신호 그 자체를 처리할 수 있다).
- [0125] 이는 샷 No. j 후에 관찰현장의 이미지에 각각 해당하는 신호 $S_j(x,y)$ 를 생성한다.
- [0126] 예컨대, 하기의 식으로 $S_j(t)$ 를 결정할 수 있다:
- $$S_j(t) = \sum_{i=1}^n \alpha_i(x,y) \cdot s_{ij}[t(x,y) + d_i(x,y)/V]$$
- [0127] 여기서:
- [0128] - s_{ij} 는 초음파 압축파 샷 No. j 후에 트랜스듀서 No. i가 감지한 미가공(raw) 신호이고,
- [0130] - $t(x,y)$ 는 샷 No. j의 시작시 $t=0$ 에서, 초음파 압축파가 좌표(x,y)를 갖는 관찰현장의 지점에 도달하는데 걸리는 시간이며,
- [0131] - $d_i(x,y)$ 는 좌표(x,y)를 갖는 관찰현장의 지점과 트랜스듀서 No.i 간의 거리, 또는 상기 거리까지 근사이고,
- [0132] - V는 관찰하에 있는 점탄성 매질에서 초음파 압축파의 평균전파속도이며,
- [0133] - $\alpha_i(x,y)$ 는 아포다이징 관계를 고려한 가중치 계수이다(실제로, 수많은 경우, $\alpha_i(x,y)=1$ 이라 가정할 수 있다).
- [0134] 상기 공식은 관찰현장이 3차원인 경우 필요한 부분만 약간 수정하여 공간좌표(x,y)를 (x,y,z)로 대체해 적용된다.

- [0135] 선택적 경로형성 단계 후에, 중앙처리장치(9)는 중앙 메모리(M)에 각각 샷 No. j에 해당하는 이미지 신호 $S_j(x,y)$ (또는 이미지가 1차원에만 있다면 $S_j(x)$, 또는 3D 이미지인 경우에 $S_j(x,y,z)$)를 저장한다. 이들 신호들은 컴퓨터 그 자체가 이미지 처리를 수행할 경우 컴퓨터(6)에 또한 저장될 수 있다.
- [0136] 이들 이미지들은 그런 후 늦은 시간에 동작 c3-2)에서 상관에 의해 그리고 이점적으로 쌍들 중 어느 하나의 교차상관에 의해 또는 바람직하게는 US-B2-7 252 004에 설명된 바와 같이 기준 이미지와 함께 처리된다.
- [0137] 상술한 교차상관은 가령 디지털 신호 프로세서(11)에서 수행될 수 있거나, 중앙처리장치(9) 또는 컴퓨터(6)에 프로그램될 수 있다.
- [0138] 이 교차상관 프로세스 동안, 교차상관 함수 $\langle S_j(x,y), S_{j+1}(x,y) \rangle$ 는 초음파 에코를 야기하는 각 입자(2b)가 받았던 변위를 결정하기 위해 최대화된다.
- [0139] 이런 교차상관의 예가 US-B2-7 252 004에 제시되어 있다.
- [0140] 이는 전단파의 영향 하에 비등방성 매질(2)의 관찰현장(2a)의 각 점($\vec{r}$)에서 전단파에 의해 발생된 변위벡터 세트 $\vec{u}(\vec{r}, t)$ 를 생성한다(이들 변위벡터들은 선택적으로 본 명세서에 기술된 예에서는 한 성분으로 감소될 수 있다).
- [0141] 이 변위벡터 세트는 컴퓨터(6)의 메모리(M)에 저장되고, 가령, 변위 값들이 그레이 레벨 또는 컬러 레벨과 같은 선택적 파라미터에 의해 나타내진 슬로우 모션픽처 형태로, 특히 컴퓨터의 스크린(4a)에 의해 디스플레이될 수 있다.
- [0142] 따라서, 비등방성 매질(2)내 다른 특징들을 가진 영역들 간에 전단파의 전파 차이를 명확히 볼 수 있다.
- [0143] 전단파 전파의 모션픽처는 또한 상술한 기기(1)에 의해 또한 발생될 수 있는 종래 에코그래피 이미지에 중첩될 수 있다.
- [0144] 더욱이, 이는, 변위 대신에, 관찰현장(2a)에서 각각의 점들에 대해 비등방성 매질(2)의 왜곡, 즉, 성분이 각각 공간 변수(기술된 예에서 X 및 Y 좌표)에 대한 변위벡터들의 도함수인 벡터들을 또한 계산할 수 있다. 이들 왜곡벡터들은 모션픽처의 형태로 전단파의 전파를 명확히 보여주기 위한 변위벡터들처럼 사용될 수 있고, 이들은 또한 관찰 중인 환자의 신체에 대해 트랜스듀서 어레이(4)의 변위를 제거하는 이점을 나타낸다.
- [0145] 변위 또는 왜곡 필드로부터, 컴퓨터(6)(또는 보다 일반적으로 컨트롤 시스템(6,9))은 그런 후 이점적으로 맵-제작 서브단계 c4)로 진행될 수 있고, 상기 서브단계 동안, 이동 파라미터(변위 또는 왜곡)가 관찰현장(X,Y)(또는 2차원 트랜스듀서 어레이를 갖는 X,Y,Z)에서 시간에 걸쳐 변하는 방식을 기초로, 컴퓨터(6) 상에 사용자가 동작해 선택한 바와 같이 관찰현장(2a)내 소정 지점들(적어도 한 점)에서 또는 관찰현장(2a) 전체에서 전단파의 적어도 하나의 전파 파라미터를 계산한다.
- [0146] 맵-제작 서브단계 c4) 동안 계산된 전단파의 전파 파라미터는 가령 다음 중에서 선택된다: 전단 탄성계수(μ) 또는 영 모듈러스($E=3\mu$), 또는 전단파의 전파속도(c_s)(
$$c_s = \sqrt{\frac{E}{3\rho}}$$
, 여기서, ρ 는 조직의 밀도), 또는 US-B2-7 252 004에 더 상세히 설명된 바와 같이 전단 탄성(μ 1), 또는 국소변형의 역수. 이런 전파 파라미터는 관찰현장(2a)을 구성하는 비등방성 매질의 탄성을 나타낸다.
- [0147] 이 전파 파라미터는 가령 컴퓨터(6)에 의해 반복해서 여러 다른 순간들에서, 초당 수 회(가령, 초당 적어도 5회의 속도, 가령 초당 적어도 10회의 속도)로 계산될 수 있다.
- [0148] 전단파 이미징단계 c)의 예비로, 기기(1)는 더 설명되는 여러 단계들을 수행한다.
- [0149] 초기 이미징단계 a) 동안, 비등방성 매질(2)에서 적어도 한 관심영역(2c)에 대해 적어도 하나의 초기 물리적 파라미터가 획득된다.
- [0150] 제 1 실시예로, B-모드 초음파 이미징을 이용해 초기 물리적 파라미터가 획득된다. 초기 물리적 파라미터는, 특히, 비등방성 매질(2)에서 관심영역(2c)의 이미지일 수 있다.
- [0151] 이를 위해, 컨트롤 시스템(6,9)은 표준 초음파 방식으로 트랜스듀서 어레이(4)를 이용해 관찰현장(2a)의 종래 B-모드 초음파 이미지를 수행할 수 있다. 표준 초음파 이미징은 소정의 한 점에 집속하는 실린더 파를 이용한

매질의 인소니피케이션(insonification)으로 구성된다. 이 단일 인소니피케이션의 후방산란된 에코들을 이용해, 동적 수신 빔형성 프로세스를 이용한 이미지의 완전한 라인이 계산된다.

- [0152] 본 발명의 제 2 실시예로, 전단파 엘라스토그래피 또는 이미징을 이용해 초기 물리적 파라미터가 획득된다.
- [0153] 이 제 2 실시예에서, 초기 물리적 파라미터는 전단파 이미징에 의해 획득된 이미지 또는 전단파 전파 파라미터일 수 있다.
- [0154] 컨트롤 시스템(6,9)은 특히 상술한 전단파 이미징단계 c)와 유사한 전단파 엘라스토그래피 또는 이미징을 수행함으로써 이미지를 획득할 수 있다.
- [0155] 따라서, 초기 물리적 파라미터 획득단계는:
- [0156] a1) 적어도 하나의 전단파 방향으로 비등방성 매질 내부에 전단파가 발생하는 동안의 여기 서브단계; 및
- [0157] a2) 초기 물리적 파라미터를 획득하기 위해 상기 전단파의 전파가 적어도 한 관심영역에 있는 여러 지점들에서 동시에 관찰되는 동안의 관찰 서브단계를 포함한 전단파 이미징단계를 포함할 수 있다.
- [0158] 이점적으로, 초기 이미징단계 a)는 각각 단계 a1) 및 a2)를 포함한 여러 물리적 파라미터의 획득을 포함할 수 있다.
- [0159] 따라서, 여러 전단파 전파 파라미터들이 하나 또는 여러 관심지점(2b)들에서 또는 비등방성 매질의 관심영역(2c) 내에서 측정될 수 있다.
- [0160] 비등방성 매질의 관심영역이 여러 이미지들도 또한 획득될 수 있다.
- [0161] 전단파 전파 파라미터들은 가령 전단파 속도, 전단 탄성계수(μ) 또는 영 모듈러스(E), 전단 탄성($\mu 1$), 전단 점성($\mu 2$)에서 선택될 수 있다.
- [0162] 그런 후, 공간특징단계 b)에서, 비등방성 매질내 관심영역의 공간특징 세트는 초기 물리적 파라미터 또는 복수의 초기 물리적 파라미터들을 기초로 결정된다.
- [0163] 공간특징 세트는 가령 트랜스듀서 어레이(4)의 확장방향과 같이 기준면 또는 기준선과 함께 비등방성 지형요소(3)의 방향 또는 비등방성 지형요소(3)의 공간각도, 예컨대, 트랜스듀서 어레이(4)의 확장방향과 함께 섬유 방향(3a)의 공간각도를 포함할 수 있다. 공간특징 세트는 또한 비등방성 매질(2)내 비등방성 지형요소(3)의 공간위치 또는 장소, 특히, 관심영역의 2차원(2D) 또는 3차원(3D) 이미징에서 상기 비등방성 지형요소들의 공간위치를 포함할 수 있다. 공간특징 세트는 또한 관심영역내 바람직한 여기 공간방향을 포함할 수 있다.
- [0164] 이점적으로, 본 발명의 제 1 실시예에서, 초기 물리적 파라미터는 B-모드 또는 전단파 이미지이며, 공간특징단계 b)는 자동으로 수행될 수 있다. 따라서, 특히, 단계 b)는 초기 초음파 획득단계 동안 획득된 비등방성 매질내 관찰현장의 적어도 하나의 이미지에 대한 특징 감지를 수행함으로써 공간특징 세트의 추출을 포함할 수 있다.
- [0165] 본 발명의 제 1 실시예의 변형으로, 공간특징단계 b)는 수동으로 수행될 수 있다.
- [0166] 이를 위해, B-모드 또는 전단파 이미지는 사용자, 가령, 기기(1)를 사용하는 조작자 또는 의료 시술자가 보는 디스플레이 장치(6a) 상에 디스플레이될 수 있다.
- [0167] 상기 사용자는 상기 중앙처리장치(6,9)에 연결된 입력장치(6b)를 이용해 섬유(3)의 공간특징들을 나타낼 수 있다.
- [0168] 본 발명의 제 1 변형으로, 사용자는 상기 디스플레이 장치상에 비등방성 매질의 이미지 위로 디스플레이되는 가상의 라인의 위치를 이동시킴으로써 섬유(3)의 공간특징을 나타내며, 상기 라인은 섬유방향을 나타낸다. 사용자는 입력장치(6b), 가령 마우스와 키보드를 이용해 예컨대 상기 라인을 이동시킬 수 있다.
- [0169] 또 다른 변형으로, 사용자는 디스플레이 장치 상에 디스플레이된 비등방성 매질의 이미지에 섬유의 공간각도의 수치 값을 측정한다. 사용자는 모든 표준 초음파 시스템에 제공된 가령 종래 각도 측정공구를 이용해 이 측정을 수행할 수 있다.
- [0170] 그런 후, 사용자는 섬유(3)의 공간특징을 나타내도록 입력장치를 이용해 중앙처리장치에 측정된 수치 값을 입력할 수 있다.

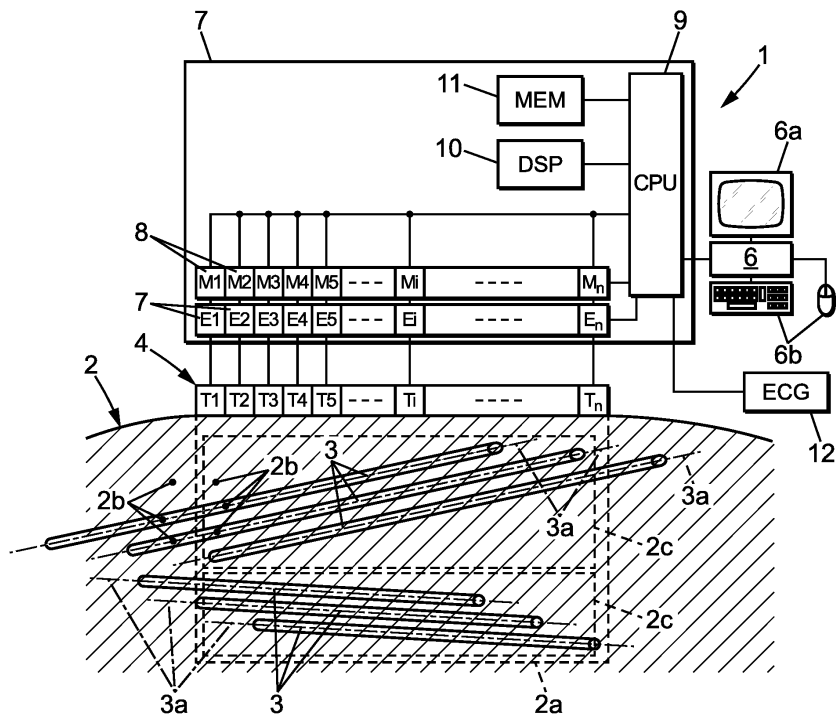
- [0171] 본 발명의 제 3 실시예로, 초기 물리적 파라미터는 전단과 전파 파라미터이고 공간특징단계 b)는 다음과 같이 자동으로 또한 수행될 수 있다.
- [0172] 이 실시예에서, 초기 초음파 획득단계 a)는 이점적으로 비등방성 매질내 관찰현장에서 적어도 한 관심영역에서 획득된 복수의 전단파 방향들과 관련되고 복수의 초기 물리적 파라미터와 관련된 복수의 전단파 이미징단계들을 포함할 수 있다.
- [0173] 보다 상세하게, 각 전단파 이미징단계는 전단파 이미징단계 c)와 관련해 상술한 바와 같이 실질적으로 연이어 수행된다. 따라서, 각 전단파 이미징단계는 먼저 복수의 전단파 방향들의 관련된 전단파 방향과 함께 비등방성 매질 내부에 전단파가 생성되는 동안 여기 서브단계 a1)를 포함한다. 따라서, 구별되는 전단파 방향들을 갖는 다수의 전단파들이 생성된다.
- [0174] 각 전단파 이미징단계는 이점적으로 이 실시예에서 전단파 전파 파라미터인 관련된 초기 물리적 파라미터를 획득하기 위해 관찰현장내 다수의 지점들에서 전단파의 전파가 동시에 관찰되는 동안 관찰 서브단계 a2)를 더 포함한다.
- [0175] 이 초기 초음파 획득단계 a)에 이어, 공간특징단계 b)는 비등방성 매질내 바람직한 여기 공간방향을 결정하기 위해 함께 획득된 전단파 전파 파라미터들의 비교를 포함한다.
- [0176] 예컨대, 획득된 전단파 전파 파라미터가 전단파 속도인 경우, 복수의 획득된 전단파 속도들 가운데 획득된 전단파 속도의 가장 높은 값은 이점적으로 초기 초음파 획득단계 a) 동안 이용된 복수의 여기 전단파 방향들 가운데 비등방성 지형요소(3)와 가장 잘 정렬된 여기 전단파 방향과 상관될 수 있다. 따라서, 비등방성 매질(2)내 바람직한 여기 공간방향을 결정할 수 있다.
- [0177] 단계 a) 및 b)는 또한 2 이상의 관심지점들 및 2 이상의 관심영역들에 대해 수행될 수 있다. 이는 가령 비등방성 매질의 관찰현장이 식별되는 공간 속성들을 갖는 다수의 영역들을 나타내는 경우에 이점적일 수 있다. 예컨대, 관찰현장의 제 1 영역은 제 1 방향을 따라 지향된 섬유를 포함할 수 있는 한편 관찰현장의 제 2 영역은 제 2 방향을 따라 지향된 혈관을 포함할 수 있다.
- [0178] 따라서, 이 경우, 관찰현장의 제 1 및 제 2 영역내에 각각 포함된 제 1 및 제 2 관심영역을 정의하는 것이 이점적이다.
- [0179] 그런 후, 단계 b) 동안 결정된 비등방성 매질의 공간특징 세트는 제 1 관심영역과 관련된 제 1 공간특징 세트와 제 2 관심영역과 관련된 제 2 공간특징 세트를 포함할 수 있다.
- [0180] 비등방성 매질(2)에 따라 2 이상의 관심영역들이 정의될 수 있다.
- [0181] 공간특징 세트가 결정되면, 기기(1)의 컨트롤 시스템(6,9)은 서브단계 c1)와 관련해 상술한 바와 같이 집속된 초음파(13)의 초점(13a) 위치 및 집속된 초음파(13)의 방출 타이밍을 바꿈으로써 비등방성 매질(2)의 공간특징에 맞는 전단파(14)를 생성할 수 있다.
- [0182] 특히, 기기(1)의 컨트롤 시스템(6,9)은 전파방향이 비등방성 지형요소(3)의 공간 여기방향들(3a)과 실질적으로 정렬되는 전단파를 생성할 수 있다.
- [0183] 기기(1)의 컨트롤 시스템(6,9)은 또한 전단파 프론트가 비등방성 지형요소(3)의 공간 여기방향들(3a)에 실질적으로 수직한 전단파를 생성할 수 있다.
- [0184] 2 이상의 관심영역들이 정의되면, 전단파의 전파 특징, 특히 전단파 전파 방향은 각 관심영역에 대해 맞춰질 수 있다. 따라서, 적어도 2개의 전파방향을 갖는 전단파가 생성될 수 있다. 이런 전단파는 가령 구형파이고, 따라서 특히 평면파가 아니라 복합파인 파일 수 있다.
- [0185] 대안으로, 관심영역과 관련된 공간특징을 기초로 다수의 전단파들이 각각 방출될 수 있다.
- [0186] 공간특징단계 b) 및 전단파 이미징단계 c)는 또한 공간특징 세트를 더 개선하기 위해 반복될 수 있다.
- [0187] 반복(n) 단계 c) 동안 얻은 이미지, 가령, 맵-제작 서브단계 c4)에 의해 결정된 전파 파라미터의 맵은 반복(n+1)시 단계 b)에 대한 초기 물리적 파라미터로서 사용될 수 있다.
- [0188] 본 발명의 방법은 비등방성 매질(2)(특히, 비등방성 지형요소(3))의 왜곡 및 변위를 추적하기 위한 추적단계 또는 서브단계를 더 포함할 수 있어 초음파 파라미터의 측정들이 비등방성 매질(2)내 동일 위치에서 행해지게 된

다.

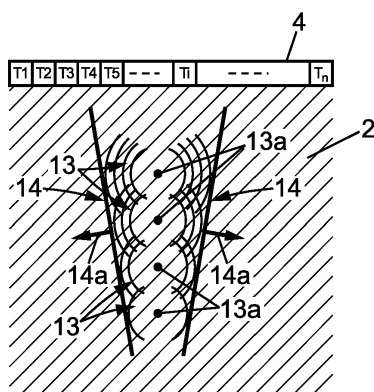
[0189] 게다가, 상술한 바와 같이 진단과 이미징은 동일 기기에 의해 실시간으로 제공된 종래 초음파와 이미징과 결합될 수 있다.

도면

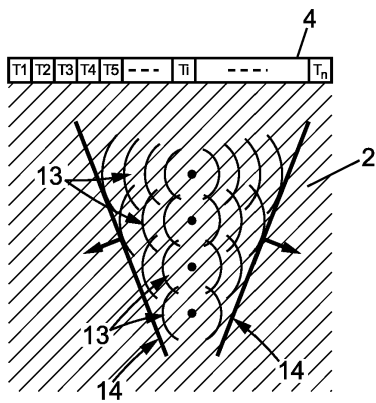
도면1



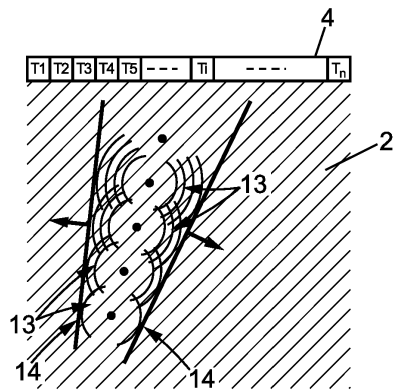
도면2a



도면2b



도면2c



专利名称(译)	标题：用于成像各向异性介质的剪切波弹性成像的方法和设备		
公开(公告)号	KR1020170129099A	公开(公告)日	2017-11-24
申请号	KR1020177020516	申请日	2014-12-24
[标]申请(专利权)人(译)	超声成像公司 超声清		
申请(专利权)人(译)	试想超级索尼克		
[标]发明人	BERCOFF JEREMY HENRY JEAN PIERRE		
发明人	베흐코프제레미 헨리잔 피에르		
IPC分类号	A61B8/08 G01S15/89 G01S7/52		
CPC分类号	A61B8/5207 G01S7/52022 A61B8/085 G01S7/52042 A61B8/485 G01S15/8915 A61B8/463 G01S15/8918		
代理人(译)	铁干扰 Gimyongin		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明涉及一种用于对各向异性介质 (2) 中的观察位置 (2a) 成像的剪切波弹性成像方法，其特征在于，在至少一个感兴趣区域中获取初始超声波，同时获取初始物理参数。空间特征步骤，在该空间特征步骤期间，基于初始物理参数确定各向异性介质 (2) 的空间特征集;并且基于空间特征集在各向异性介质 (2) 内产生剪切波的激励子步骤和在观察点的多个点同时观察剪切波的传播的观察子步骤它包括。

