



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0010892
(43) 공개일자 2013년01월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/14 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7024410
(22) 출원일자(국제) 2011년02월17일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2012년09월18일
(86) 국제출원번호 PCT/US2011/025263
(87) 국제공개번호 WO 2011/103303
국제공개일자 2011년08월25일
(30) 우선권주장
61/305,784 2010년02월18일 미국(US)

(71) 출원인
마우이 이미징, 인코포레이티드
미국 캘리포니아 쉐니배일 슈트 107 지브랄타 드라이브 256 (우: 94089)
(72) 발명자
스펙트, 도날드 에프.
미국 94089 캘리포니아 쉐니배일 지브랄타 드라이브 256 슈트107
브루어, 케네쓰 디.
미국 94089 캘리포니아 쉐니배일 지브랄타 드라이브 256 슈트 107
(74) 대리인
남상선

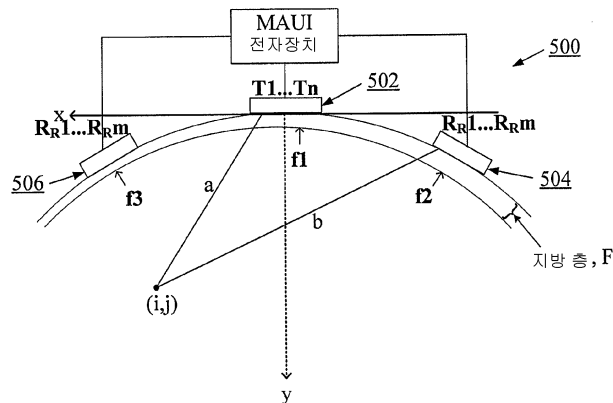
전체 청구항 수 : 총 41 항

(54) 발명의 명칭 다중-개구 초음파 이미징을 사용하는 포인트 소스 송신 및 음속 보정

(57) 요약

다수의 개구 초음파 이미징 시스템 및 사용 방법들에 임의의 개수의 피쳐들이 제공된다. 몇몇 실시예들에서, 다중-개구 초음파 이미징 시스템은 개별 물리적 초음파 개구들로 초음파 에너지를 송신하고, 개별 물리적 초음파 개구들로부터 초음파 에너지를 수신하도록 구성된다. 몇몇 실시예들에서, 다중-개구 초음파 이미징 시스템의 송신 개구는 타겟 구역을 통해 제1 포인트 소스에 가까운 전방향성 비집속성 초음파 파형을 송신하도록 구성된다. 몇몇 실시예들에서, 초음파 에너지는 단일 수신 개구로 수신된다. 다른 실시예들에서, 초음파 에너지는 다수의 수신 개구들로 수신된다. 고해상도 초음파 이미지들을 형성하기 위하여 하나 또는 그 초과수의 수신 개구들에 의해 수신되는 에코들을 조합할 수 있는 알고리즘들이 설명된다. 부가적인 알고리즘들은 조직 음속의 변화들을 해결할 수 있어, 초음파 시스템이 사실상 신체 내의 또는 신체 상의 어디에서든 사용되도록 허용한다.

대표도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

초음파 이미지를 구성하는 방법으로서,

타겟 구역을 통해 제1 어레이 상에서 송신 개구 내에 제1 포인트 소스에 가까운(approximating) 전방향성 비집속성 초음파 파형(omni-directional unfocused ultrasound waveform)을 송신하는 단계;

제2 어레이 상의 제1 수신 개구 상에 배치된 제1 및 제2 수신 엘리먼트들로 상기 타겟 구역으로부터 초음파 에코들을 수신하는 단계 - 상기 제1 어레이는 제2 어레이로부터 물리적으로 분리됨 - ;

상기 제1 수신 엘리먼트에 대해, 상기 파형이 상기 제1 포인트 소스로부터 상기 제1 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제1 시간을 결정하고, 상기 제2 수신 엘리먼트에 대해, 상기 파형이 상기 제1 포인트 소스로부터 상기 타겟 구역의 상기 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제2 시간을 결정하는 단계; 및

상기 제1 시간에 상기 제1 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코를 상기 제2 시간에 상기 제2 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코와 조합함으로써, 상기 제1 픽셀의 제1 초음파 이미지를 형성하는 단계

를 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 타겟 구역의 부가적인 픽셀 위치들에 대해 상기 결정하는 단계 및 형성하는 단계를 반복하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 부가적인 픽셀 위치들은 주사-변환(scan-conversion) 없이 그리드(grid) 상에 위치되는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 시간 및 상기 제2 시간을 결정하는 단계는 균일한 음속을 추정하는 단계를 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 타겟 구역을 통해 상기 송신 개구 내에 제2 포인트 소스에 가까운 제2 전방향성 비집속성 초음파 파형을 송신하는 단계;

상기 제1 수신 개구 상에 배치되는 제1 및 제2 수신 엘리먼트들로 상기 타겟 구역으로부터 초음파 에코들을 수신하는 단계;

상기 제1 수신 엘리먼트에 대해, 상기 제2 파형이 상기 제2 포인트 소스로부터 상기 타겟 구역의 상기 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제3 시간을 결정하고, 상기 제2 수신 엘리먼트에 대해, 상기 제2 파형이 상기 제2 포인트 소스로부터 상기 타겟 구역의 상기 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제4 시간을 결정하는 단계; 및

상기 제3 시간에 상기 제1 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코를 상기 제4 시간에 상기 제2 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코와 조합함으로써, 상기 제1 픽셀의 제2 초음파 이미지를 형성하는 단계

를 더 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1 초음파 이미지를 상기 제2 초음파 이미지와 조합하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 조합하는 단계는 코히런트 덧셈(coherent addition)을 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 조합하는 단계는 인코히런트 덧셈(incoherent addition)을 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 조합하는 단계는 코히런트 덧셈과 인코히런트 덧셈의 조합을 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

제3 어레이상의 제2 수신 개구 상에 배치되는 제3 및 제4 수신 엘리먼트들로 상기 타겟 구역으로부터 초음파 에코들을 수신하는 단계 - 상기 제3 어레이는 상기 제1 및 제2 어레이들로부터 물리적으로 분리됨 - ;

상기 제3 수신 엘리먼트에 대해, 상기 파형이 상기 제1 포인트 소스로부터 상기 타겟 구역의 상기 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제3 시간을 결정하고, 상기 제4 수신 엘리먼트에 대해, 상기 파형이 상기 제1 포인트 소스로부터 상기 타겟 구역의 상기 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제4 시간을 결정하는 단계; 및

상기 제3 시간에 상기 제3 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코를 상기 제4 시간에 상기 제4 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코와 조합함으로써, 상기 제1 픽셀의 제2 초음파 이미지를 형성하는 단계

를 더 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 타겟 구역의 부가적인 픽셀 위치들에 대한 상기 결정하는 단계 및 형성하는 단계를 반복하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 부가적인 픽셀 위치들은 주사-변환 없이 그리드 상에 위치되는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 타겟 구역을 통해 상기 송신 개구 내에 제2 포인트 소스에 가까운 제2 전방향성 비집속성 초음파 파형을 송신하는 단계;

상기 제1 수신 개구 상에 배치되는 제1 및 제2 수신 엘리먼트들로 그리고 상기 제2 수신 개구 상에 배치되는 상기 제3 및 제4 수신 엘리먼트들로 상기 타겟 구역으로부터 초음파 에코들을 수신하는 단계;

상기 제1 수신 엘리먼트에 대해, 상기 제2 파형이 상기 제2 포인트 소스로부터 상기 타겟 구역의 상기 제1 픽셀

위치로 전파하기 위한 제5 시간을 결정하고, 상기 제2 수신 엘리먼트에 대해, 상기 제2 파형이 상기 제2 포인트 소스로부터 상기 타겟 구역의 상기 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제6 시간을 결정하고, 상기 제3 수신 엘리먼트에 대해, 상기 제2 파형이 상기 제2 포인트 소스로부터 상기 타겟 구역의 상기 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제7 시간을 결정하고, 상기 제4 수신 엘리먼트에 대해, 상기 제2 파형이 상기 제2 포인트 소스로부터 상기 타겟 구역의 상기 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제8 시간을 결정하는 단계; 및

상기 제5 시간에 상기 제1 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코를 상기 제6 시간에 상기 제2 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코와 조합함으로써 상기 제1 픽셀의 제3 초음파 이미지를 형성하는 단계, 및 상기 제7 시간에 상기 제3 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코를 상기 제8 시간에 상기 제4 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코와 조합함으로써 상기 제1 픽셀의 제4 초음파 이미지를 형성하는 단계

를 더 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제1, 제2, 제3 및 제4 초음파 이미지들을 조합하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 조합하는 단계는 코히런트 덧셈을 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 조합하는 단계는 인코히런트 덧셈을 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 17

제14항에 있어서,

상기 조합하는 단계는 코히런트 덧셈과 인코히런트 덧셈의 조합을 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 18

제10항에 있어서,

상기 제1 초음파 이미지를 상기 제2 초음파 이미지와 조합하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 조합하는 단계는 코히런트 덧셈을 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 20

제18항에 있어서,

상기 조합하는 단계는 인코히런트 덧셈을 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 21

제18항에 있어서,

상기 조합하는 단계는 코히런트 덧셈과 인코히런트 덧셈의 조합을 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 22

제13항에 있어서,

상기 제1 초음파 이미지에 관한 상기 제2, 제3 및 제4 초음파 이미지들의 변위(displacement)들을 결정하기 위하여 상기 제1 초음파 이미지를 상기 제2, 제3 및 제4 초음파 이미지들에 비교하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 제1 초음파 이미지에 관한 상기 제2, 제3 및 제4 초음파 이미지들의 상기 변위들을 보정하는 단계 및 그 후 상기 제1, 제2, 제3 및 제4 초음파 이미지들을 조합하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 24

제22항에 있어서,

상기 제1 초음파 이미지에 관한 상기 제2, 제3 및 제4 초음파 이미지들의 상기 변위들을 보정하기 위하여 상기 제3, 제4, 제5, 제6, 제7 및 제8 시간들을 조정하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 25

제10항에 있어서,

상기 제1 초음파 이미지에 관한 상기 제2 초음파 이미지의 변위를 결정하기 위해 상기 제1 초음파 이미지를 상기 제2 초음파 이미지에 비교하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 26

제25항에 있어서,

상기 제1 초음파 이미지에 관한 상기 제2 초음파 이미지의 상기 변위를 보정하는 단계, 및 그 후 상기 제1 및 제2 초음파 이미지들을 조합하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 27

제25항에 있어서,

상기 제1 초음파 이미지에 관한 상기 제2 초음파 이미지의 상기 변위를 보정하기 위하여 상기 제3 시간 및 상기 제4 시간을 조정하는 단계를 더 포함하는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 28

제1항에 있어서,

상기 제1 픽셀은 상기 포인트 소스, 상기 제1 수신 엘리먼트, 및 상기 제2 수신 엘리먼트에 의하여 정의되는 평면 외부에 배치되는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 29

제1항에 있어서,

상기 제1 픽셀은 상기 포인트 소스, 상기 제1 수신 엘리먼트, 및 상기 제2 수신 엘리먼트에 의하여 정의되는 평면 내에 배치되는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 30

제10항에 있어서,

상기 제1 픽셀은 상기 포인트 소스, 상기 제1 수신 엘리먼트, 및 상기 제2 수신 엘리먼트에 의하여 정의되는 평면 외부에 배치되는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 31

제10항에 있어서,

상기 제1 픽셀은 상기 포인트 소스, 상기 제1 수신 엘리먼트, 및 상기 제2 수신 엘리먼트에 의하여 정의되는 평면 내에 배치되는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 32

제10항에 있어서,

상기 제1 픽셀은 상기 포인트 소스, 상기 제3 수신 엘리먼트, 및 상기 제4 수신 엘리먼트에 의하여 정의되는 평면 외부에 배치되는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 33

제10항에 있어서,

상기 제1 픽셀은 상기 포인트 소스, 상기 제3 수신 엘리먼트, 및 상기 제4 수신 엘리먼트에 의하여 정의되는 평면 내에 배치되는, 초음파 이미지를 구성하는 방법.

청구항 34

다중-개구 초음파 이미징 시스템으로서,

타겟 구역을 통해 제1 포인트 소스에 가까운 전방향성 비집속성 초음파 파형을 송신하도록 구성되는, 제1 어레이 상의 송신 개구;

제1 및 제2 수신 엘리먼트들을 갖는, 제2 어레이 상의 제1 수신 개구 — 상기 제2 어레이는 상기 제1 어레이로부터 물리적으로 분리되고, 상기 제1 및 제2 수신 엘리먼트들은 상기 타겟 구역으로부터 초음파 에코들을 수신하도록 구성됨 — ;

상기 송신 개구 및 상기 제1 수신 개구에 커플링되는 제어 시스템 — 상기 제어 시스템은, 상기 제1 수신 엘리먼트에 대해, 상기 파형이 상기 제1 포인트 소스로부터 상기 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제1 시간을 결정하도록 구성되고, 상기 제2 수신 엘리먼트에 대해, 상기 파형이 상기 제1 포인트 소스로부터 상기 타겟 구역의 상기 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제2 시간을 결정하도록 구성되며, 상기 제어 시스템은 또한 상기 제1 시간에 상기 제1 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코를 상기 제2 시간에 상기 제2 수신 엘리먼트에 의해 수신되는 에코와 조합함으로써 상기 제1 픽셀의 제1 초음파 이미지를 형성하도록 구성됨 —

을 포함하는, 다중-개구 초음파 이미징 시스템.

청구항 35

제34항에 있어서,

상기 제1 수신 개구와 상기 송신 개구의 물리적 분리부 사이에 배치되는 트랜스듀서 엘리먼트들이 존재하지 않는, 다중-개구 초음파 이미징 시스템.

청구항 36

제34항에 있어서,

상기 송신 개구 및 상기 제1 수신 개구는 상기 송신 개구로부터의 최소 송신 파장의 적어도 2배만큼 분리되는, 다중-개구 초음파 이미징 시스템.

청구항 37

제34항에 있어서,

상기 송신 개구 및 상기 수신 개구는 2 cm 내지 10 cm 범위의 전체 개구를 포함하는, 다중-개구 초음파 이미징 시스템.

청구항 38

제34항에 있어서,

제3 및 제4 수신 엘리먼트들을 갖는, 제3 어레이 상의 제2 수신 개구를 더 포함하며, 상기 제3 어레이는 상기 제1 및 제2 어레이들로부터 물리적으로 분리되고, 상기 제3 및 제4 수신 엘리먼트들은 상기 타겟 구역으로부터 초음파 에코들을 수신하도록 구성되는, 다중-개구 초음파 이미징 시스템.

청구항 39

제38항에 있어서,

상기 제어 시스템은 상기 송신 개구 및 상기 제1 및 제2 수신 개구들에 커플링되고, 상기 제어 시스템은, 상기 제3 수신 엘리먼트에 대해, 상기 파형이 상기 제1 포인트 소스로부터 상기 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제3 시간을 결정하도록 구성되고, 상기 제4 수신 엘리먼트에 대해, 상기 파형이 상기 제1 포인트 소스로부터 상기 타겟 구역의 상기 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제4 시간을 결정하도록 구성되며, 상기 제어 시스템은 또한 상기 제3 시간에 상기 제3 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코를 상기 제4 시간에 상기 제4 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코와 조합함으로써 상기 제1 픽셀의 제2 초음파 이미지를 형성하도록 구성되는, 다중-개구 초음파 이미징 시스템.

청구항 40

제39항에 있어서,

상기 제어 시스템은 음속 변화로 인한 상기 제1 초음파 이미지에 관한 상기 제2 초음파 이미지의 변위를 보정하도록 구성되는, 다중-개구 초음파 이미징 시스템.

청구항 41

제38항에 있어서,

상기 송신 개구, 상기 제1 수신 개구, 및 상기 제2 수신 개구 모두가 반드시 단일 주사 평면(scan plane)에 있는 것은, 다중-개구 초음파 이미징 시스템.

명세서

기술분야

[0001] 본 출원은 "Alternative Method for Medical Multi-Aperture Ultrasound Imaging"라는 제목으로 2010년 2월 18일자로 출원된 미국 가 특허 출원 번호 제61/305,784호의 우선권을 청구한다.

[0002] 본 출원은 또한 "Method and Apparatus to Produce Ultrasonic Images Using Multiple Apertures"라는 제목으로 2007년 10월 1일자로 출원된 미국 특허 출원 번호 제11/865,501호 및 "Method and Apparatus to Visualize the Coronary Arteries Using Ultrasound"라는 제목으로 2006년 9월 14일자로 출원된 미국 특허 출원 번호 제11/532,013호와 관련된다.

[0003] 본 명세서에서 언급된, 특허들 및 특허 출원들을 포함하는 모든 간행물들은 각각의 개별적 간행물이 명확하게 그리고 개별적으로 참조에 의해 통합되는 것으로 표시된 것과 동일한 정도로 그들 전부 참조에 의해 본 명세서에 통합된다.

배경기술

[0004] 종래의 울트라소닉(ultrasonic) 이미징에서, 초음파 에너지의 집속성 빔(focused beam)은 검사될 신체 조직들로 송신되고, 리턴된 에코들이 검출되고 플로팅(plot)되어, 이미지를 형성한다. 종래의 울트라소닉 이미징의 기본 원리들은 Harvey Feigenbaum에 의한 "Echocardiography"의 제1 챕터에 잘 설명된다(Lippincott Williams & Wilkins, 5th ed., Philadelphia, 1993).

[0005] 신체 조직들에 고주파를 발사하기 위하여, 초음파 빔은 통상적으로 위상 배열(phased array) 또는 성형(shaped) 트랜스듀서 중 하나에 의하여 형성되고 집속된다. 위상 배열 초음파는 의학 초음파 검사에서 이미지들을 형성

하기 위하여 좁은 초음파 빔을 스티어링 및 집속시키는 공통적으로 사용된 방법이다. 위상 배열 프로브는 다수의 작은 울트라소닉 트랜스듀서 엘리먼트들을 가지며, 울트라소닉 트랜스듀서 엘리먼트들 각각은 개별적으로 펄싱될 수 있다. 초음파 펄스들의 타이밍을 변화시킴으로써(예를 들어, 행을 따라 차례로 하나씩 엘리먼트들을 펄싱함으로써), 선택된 각도로 지향된 빔을 초래하는 보강 간섭의 패턴이 설정된다. 이것은 빔 스티어링으로서 공지된다. 그러한 스티어링된 초음파 빔은 그 후 검사되는 대상물 또는 조직을 통해 스위프(sweep)될 수 있다. 다수의 빔들로부터의 데이터는 대상물을 통해 슬라이스를 보여주는 시각적 이미지를 만들도록 조합된다.

[0006] 전통적으로, 초음파 빔을 송신하기 위하여 사용되는 동일한 트랜스듀서 또는 어레이는 리터닝 에코들을 검출하는데 사용된다. 이 설계 구성은 의학적 목적들로 초음파 이미징의 사용 시 가장 중요한 제한들 중 하나의 핵심에 있다. 이론적으로, 후자의 해결책은 울트라소닉 프로브의 개구의 폭을 증가시킴으로써 향상될 수 있으나, 개구 크기와 함께 수반되는 실제적 문제들은 개구들을 작게 한다. 분명히, 초음파 이미징은 이러한 제한으로도 매우 유용하였지만, 더 우수한 해상도를 이용하는 것이 더욱 효율적일 수 있다.

[0007] 심장학의 업무에서, 예를 들어, 단일 개구 크기에 대한 제한은 늑골들 사이의 공간(늑간격(intercostal space))에 의하여 좌우된다. 그러한 늑간 개구들은 통상적으로 단지 1 내지 2 센티에 불과하도록 제한된다. 복부 및 다른 사용을 위해 의도된 스캐너들에 대해, 개구 크기에 대한 제한은 물리적 제약들에 있어 더 작은 문제이고, 이미지 프로세싱에서의 어려움들에 있어 더 큰 문제이다. 문제는 초음파 송신 속도가 프로브와 관심 영역 사이의 조직의 타입에 따라 변하기 때문에 동상의(in phase) 큰 개구 어레이의 엘리먼트들을 유지하는 것이 어렵다는 것이다. Wells에 의한 책에 따르면(상기 언급됨), 속도는 연성 조직들 내에 $\pm 10\%$ 까지 변화한다. 개구가 작게 유지될 때(예를 들어, 약 2cm 미만), 추정된 첫번째 순서로, 중간 조직은 모두 동일하며, 어떤 변화도 무시된다. 개구의 크기가 측방 해상도를 향상시키기 위하여 증가될 때, 위상 배열의 부가적인 엘리먼트들은 이상(out of phase)일 수 있으며, 실제로 이미지를 향상시키기보다는 차라리 이미지를 저하시킬 수 있다.

[0008] Specht에 의한 미국 특허 출원 간행물 2008/0103393호는 더 큰 거리들만큼 분리될 수 있는 다수의 개구들을 이용하는 초음파 이미징 시스템들의 실시예들을 교시하고, 이에 의하여 초음파 이미지들의 측방 해상도에 상당한 향상들을 초래한다.

발명의 내용

[0009] 방법의 일 실시예는, 초음파 이미지를 구성하는 방법을 설명하며, 상기 방법은, 타겟 구역을 통해 제1 어레이 상에서 송신 개구 내에 제1 포인트 소스에 가까운(approximating) 전방향성 비집속성 초음파 파형(omni-directional unfocused ultrasound waveform)을 송신하는 단계, 제2 어레이 상의 제1 수신 개구 상에 배치된 제1 및 제2 수신 엘리먼트들로 타겟 구역으로부터 초음파 에코들을 수신하는 단계 — 제1 어레이는 제2 어레이로부터 물리적으로 분리됨 —, 제1 수신 엘리먼트에 대해, 파형이 제1 포인트 소스로부터 제1 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제1 시간을 결정하고, 제2 수신 엘리먼트에 대해, 파형이 제1 포인트 소스로부터 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제2 시간을 결정하는 단계, 및 제1 시간에 제1 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코를 제2 시간에 제2 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코와 조합함으로써, 제1 픽셀의 제1 초음파 이미지를 형성하는 단계를 포함한다.

[0010] 몇몇 실시예들에서, 상기 방법은 타겟 구역의 부가적인 픽셀 위치들에 대해 결정하는 단계 및 형성하는 단계를 반복하는 단계를 더 포함한다. 일 실시예에서, 부가적인 픽셀 위치들은 주사-변환(scan-conversion) 없이 그리드(grid) 상에 위치된다.

[0011] 일 실시예에서, 제1 시간 및 제2 시간을 결정하는 단계는 균일한 음속을 추정하는 단계를 포함한다.

[0012] 다른 실시예에서, 상기 방법은, 타겟 구역을 통해 송신 개구 내에 제2 포인트 소스에 가까운 제2 전방향성 비집속성 초음파 파형을 송신하는 단계, 제1 수신 개구 상에 배치되는 제1 및 제2 수신 엘리먼트들로 타겟 구역으로부터 초음파 에코들을 수신하는 단계, 제1 수신 엘리먼트에 대해, 제2 파형이 제2 포인트 소스로부터 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제3 시간을 결정하고, 제2 수신 엘리먼트에 대해, 제2 파형이 제2 포인트 소스로부터 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제4 시간을 결정하는 단계, 및 제3 시간에 제1 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코를 제4 시간에 제2 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코와 조합함으로써, 제1 픽셀의 제2 초음파 이미지를 형성하는 단계를 더 포함한다.

[0013] 몇몇 실시예들에서, 상기 방법은 제1 초음파 이미지를 제2 초음파 이미지와 조합하는 단계를 더 포함한다. 상기 조합하는 단계는 코히런트 덧셈(coherent addition)을 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 조합하는 단계는 인코히런트 덧셈(incoherent addition)을 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 상기 조합하는 단계는 코

히런트 덧셈과 인코히런트 덧셈의 조합을 포함할 수 있다.

- [0014] 몇몇 실시예들에서, 상기 방법은, 제3 어레이상의 제2 수신 개구 상에 배치되는 제3 및 제4 수신 엘리먼트들로 상기 타겟 구역으로부터 초음파 에코들을 수신하는 단계 - 제3 어레이는 제1 및 제2 어레이들로부터 물리적으로 분리됨 - , 제3 수신 엘리먼트에 대해, 파형이 제1 포인트 소스로부터 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제3 시간을 결정하고, 제4 수신 엘리먼트에 대해, 파형이 제1 포인트 소스로부터 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제4 시간을 결정하는 단계, 및 제3 시간에 제3 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코를 제4 시간에 제4 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코와 조합함으로써, 제1 픽셀의 제2 초음파 이미지를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 몇몇 실시예들에서, 상기 방법은 타겟 구역의 부가적인 픽셀 위치들에 대한 결정하는 단계 및 형성하는 단계를 반복하는 단계를 더 포함한다. 몇몇 실시예들에서, 부가적인 픽셀 위치들은 주사-변환 없이 그리드 상에 위치된다.
- [0016] 일 실시예에서, 상기 방법은, 타겟 구역을 통해 송신 개구 내에 제2 포인트 소스에 가까운 제2 전방향성 비집속성 초음파 파형을 송신하는 단계, 제1 수신 개구 상에 배치되는 제1 및 제2 수신 엘리먼트들로 그리고 제2 수신 개구 상에 배치되는 제3 및 제4 수신 엘리먼트들로 타겟 구역으로부터 초음파 에코들을 수신하는 단계, 제1 수신 엘리먼트에 대해, 제2 파형이 제2 포인트 소스로부터 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제5 시간을 결정하고, 제2 수신 엘리먼트에 대해, 제2 파형이 제2 포인트 소스로부터 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제6 시간을 결정하고, 제3 수신 엘리먼트에 대해, 제2 파형이 제2 포인트 소스로부터 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제7 시간을 결정하고, 제4 수신 엘리먼트에 대해, 제2 파형이 제2 포인트 소스로부터 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제8 시간을 결정하는 단계, 및 제5 시간에 제1 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코를 제6 시간에 제2 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코와 조합함으로써 제1 픽셀의 제3 초음파 이미지를 형성하는 단계, 및 제7 시간에 제3 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코를 제8 시간에 제4 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코와 조합함으로써 제1 픽셀의 제4 초음파 이미지를 형성하는 단계를 더 포함한다.
- [0017] 몇몇 실시예들에서, 상기 방법은 제1, 제2, 제3 및 제4 초음파 이미지들을 조합하는 단계를 더 포함한다. 몇몇 실시예들에서, 상기 조합하는 단계는 코히런트 덧셈을 포함한다. 다른 실시예들에서, 상기 조합하는 단계는 인코히런트 덧셈을 포함한다. 부가적인 실시예들에서, 상기 조합하는 단계는 코히런트 덧셈과 인코히런트 덧셈의 조합을 포함한다.
- [0018] 몇몇 실시예들에서, 상기 방법은 제1 초음파 이미지를 제2 초음파 이미지와 조합하는 단계를 더 포함한다. 상기 조합하는 단계는 코히런트 덧셈을 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 조합하는 단계는 인코히런트 덧셈을 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 상기 조합하는 단계는 코히런트 덧셈과 인코히런트 덧셈의 조합을 포함할 수 있다.
- [0019] 몇몇 실시예들에서, 상기 방법은, 제1 초음파 이미지에 관한 제2, 제3 및 제4 초음파 이미지들의 변위(displacement)들을 결정하기 위하여 제1 초음파 이미지를 제2, 제3 및 제4 초음파 이미지들에 비교하는 단계를 더 포함한다.
- [0020] 다른 실시예에서, 상기 방법은 제1 초음파 이미지에 관한 제2, 제3 및 제4 초음파 이미지들의 변위들을 보정하는 단계 및 그 후 제1, 제2, 제3 및 제4 초음파 이미지들을 조합하는 단계를 더 포함한다.
- [0021] 부가적인 실시예에서, 상기 방법은 제1 초음파 이미지에 관한 제2, 제3 및 제4 초음파 이미지들의 변위들을 보정하기 위하여 제3, 제4, 제5, 제6, 제7 및 제8 시간들을 조정하는 단계를 포함한다.
- [0022] 몇몇 실시예들에서, 상기 방법은 제1 초음파 이미지에 관한 제2 초음파 이미지의 변위를 결정하기 위해 제1 초음파 이미지를 제2 초음파 이미지에 비교하는 단계를 더 포함한다.
- [0023] 상기 방법은 제1 초음파 이미지에 관한 제2 초음파 이미지의 변위를 보정하는 단계, 및 그 후 제1 및 제2 초음파 이미지들을 조합하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0024] 다른 실시예에서, 상기 방법은 제1 초음파 이미지에 관한 제2 초음파 이미지의 변위를 보정하기 위하여 제3 시간 및 상기 제4 시간을 조정하는 단계를 포함한다.
- [0025] 몇몇 실시예들에서, 제1 픽셀은 포인트 소스, 제1 수신 엘리먼트, 및 제2 수신 엘리먼트에 의하여 정의되는 평면 외부에 배치된다. 다른 실시예들에서, 제1 픽셀은 포인트 소스, 제1 수신 엘리먼트, 및 제2 수신 엘리먼트

에 의하여 정의되는 평면 내에 배치된다.

- [0026] 다중-개구 초음파 이미징 시스템의 다양한 실시예들이 또한 제공되는데, 상기 다중-개구 초음파 이미징 시스템은, 타겟 영역을 통해 제1 포인트 소스에 가까운 전방향성 비집속성 초음파 파형을 송신하도록 구성되는, 제1 어레이 상의 송신 개구, 제1 및 제2 수신 엘리먼트들을 갖는, 제2 어레이 상의 제1 수신 개구 — 제2 어레이는 제1 어레이로부터 물리적으로 분리되고, 제1 및 제2 수신 엘리먼트들은 타겟 구역으로부터 초음파 에코들을 수신하도록 구성됨 —, 송신 개구 및 제1 수신 개구에 커플링되는 제어 시스템 — 제어 시스템은, 제1 수신 엘리먼트에 대해, 파형이 제1 포인트 소스로부터 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제1 시간을 결정하도록 구성되고, 제2 수신 엘리먼트에 대해, 파형이 제1 포인트 소스로부터 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제2 시간을 결정하도록 구성되며, 제어 시스템은 또한 제1 시간에 제1 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코를 제2 시간에 제2 수신 엘리먼트에 의해 수신되는 에코와 조합함으로써 제1 픽셀의 제1 초음파 이미지를 형성하도록 구성됨 — 을 포함한다.
- [0027] 시스템의 몇몇 실시예들에서, 제1 수신 개구와 송신 개구의 물리적 분리부 사이에 배치되는 트랜스듀서 엘리먼트들이 존재하지 않는다.
- [0028] 시스템의 일 실시예에서, 송신 개구 및 제1 수신 개구는 송신 개구로부터의 최소 송신 파장의 적어도 2배만큼 분리된다. 다른 실시예에서, 송신 개구 및 수신 개구는 2 cm 내지 10 cm 범위의 전체 개구를 포함한다.
- [0029] 몇몇 실시예들에서, 상기 초음파 시스템은 제3 및 제4 수신 엘리먼트들을 갖는, 제3 어레이 상의 제2 수신 개구를 더 포함하며, 제3 어레이는 제1 및 제2 어레이들로부터 물리적으로 분리되고, 제3 및 제4 수신 엘리먼트들은 타겟 구역으로부터 초음파 에코들을 수신하도록 구성된다.
- [0030] 다중-개구 초음파 이미징 시스템의 다른 실시예에서, 제어 시스템은 송신 개구 및 제1 및 제2 수신 개구들에 커플링되고, 제어 시스템은, 제3 수신 엘리먼트에 대해, 파형이 제1 포인트 소스로부터 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제3 시간을 결정하도록 구성되고, 제4 수신 엘리먼트에 대해, 파형이 제1 포인트 소스로부터 타겟 구역의 제1 픽셀 위치로 전파하기 위한 제4 시간을 결정하도록 구성되며, 제어 시스템은 또한 제3 시간에 제3 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코를 제4 시간에 제4 수신 엘리먼트에 의하여 수신되는 에코와 조합함으로써 제1 픽셀의 제2 초음파 이미지를 형성하도록 구성된다.
- [0031] 몇몇 실시예들에서, 제어 시스템은 음속 변화로 인한 제1 초음파 이미지에 관한 제2 초음파 이미지의 변위를 보정하도록 구성된다.
- [0032] 다중-개구 초음파 이미징 시스템에서, 송신 개구, 제1 수신 개구, 및 제2 수신 개구 모두가 반드시 단일 주사 평면(scan plane)에 있지는 않다.

도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1a는 2-개구 시스템을 도시한다.
- 도 1b는 송신 트랜스듀서 엘리먼트 및 수신 트랜스듀서 엘리먼트 주변에 타원을 형성하는 등거리 시간 지연 포인트들을 도시한다.
- 도 1c는 상이한 수신 트랜스듀서 엘리먼트들에 대한 등거리 시간 지연들에 관한 포인트들의 궤적들을 도시한다.
- 도 2는 3-개구 시스템을 도시한다.
- 도 3은 디스플레이 및 좌표 시스템을 위한 그리드를 도시한다.
- 도 4는 3-개구 시스템을 이용한 지방층 모델을 도시한다.
- 도 5는 포인트 스프레드(spread) 기능의 추정을 위한 구성을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 송신 및 수신 기능들을 위해 다수의 개별 개구들을 사용함으로써 초음파 이미징에서 크게 향상된 측방 해상도가 달성될 수 있다. 본 명세서의 시스템들 및 방법들은 포인트 소스들로부터의 송신 기능들 및 하나 또는 그 초과 의 수신 개구들과 송신 개구 사이의 경로를 따라 잠재적으로 다양한 조직 타입들을 통해 이동하는(traveling through) 초음파 펄스들의 음속의 변화들에 대한 보상을 모두 제공할 수 있다. 그러한 음속 보상은 이미지 비교 기법들(예를 들어, 교차-상관) 및 다수의 수신된 이미지 프레임들의 코히런트 및/또는 인코히런트 평균화의

조합에 의하여 수행될 수 있다.

[0035] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이 용어들 "초음파 트랜스듀서" 및 "트랜스듀서"는 초음파 이미징 기술들의 분야의 당업자들에 의해 이해되는 바와 같은 그들의 통상적 의미들을 지닐 수 있으며, 비제한적으로 전기 신호를 초음파 신호로 및/또는 그 반대로 변환할 수 있는 임의의 단일 컴포넌트를 지칭할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시예들에서, 초음파 트랜스듀서는 피에조전기 디바이스를 포함할 수 있다. 몇몇 대안적 실시예들에서, 초음파 트랜스듀서들은 용량성 마이크로머시닝된 초음파 트랜스듀서들(CMUT: capacitive micromachined ultrasound transducers)을 포함할 수 있다. 트랜스듀서들은 종종 다수의 엘리먼트들의 어레이들로 구성된다. 트랜스듀서 어레이의 엘리먼트는 어레이의 가장 작은 이산 컴포넌트일 수 있다. 예를 들어, 피에조전기 트랜스듀서 엘리먼트들의 어레이의 경우에, 각각의 엘리먼트는 단일 피에조전기 크리스탈일 수 있다.

[0036] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어들 "송신 엘리먼트" 및 "수신 엘리먼트"는 초음파 이미징 기술들의 분야의 당업자에 의하여 이해되는 바와 같은 그들의 통상적 의미들을 지닐 수 있다. 용어 "송신 엘리먼트"는 비제한적으로 전기 신호가 초음파 신호로 변환되는 송신 기능을 적어도 잠깐 동안 수행하는 초음파 트랜스듀서를 지칭할 수 있다. 유사하게, 용어 "수신 엘리먼트"는 비제한적으로 엘리먼트에 영향을 주는 초음파 신호가 전기 신호로 변환되는 수신 기능을 적어도 잠깐 동안 수행하는 초음파 트랜스듀서 엘리먼트를 지칭할 수 있다. 매체로의 초음파의 송신은 또한 "고주파 발사(insonifying)"로서 본 명세서에서 지칭될 수 있다. 초음파 웨이브들을 반사하는 대상물 또는 구조물은 "반사물(reflector)" 또는 "산란체(scatterer)"로서 지칭될 수 있다.

[0037] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이 용어 "개구"는 비제한적으로 주어진 순간(instant of time)에 공통 기능을 총괄적으로 수행하는 하나 또는 그 초과와 초음파 트랜스듀서 엘리먼트들을 지칭한다. 예를 들어, 몇몇 실시예들에서, 용어 개구는 송신 기능을 수행하는 트랜스듀서 엘리먼트들의 그룹을 지칭할 수 있다. 대안적인 실시예들에서, 용어 개구는 수신 기능을 수행하는 다수의 트랜스듀서 엘리먼트들을 지칭할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 개구를 형성하는 트랜스듀서 엘리먼트들의 그룹은 상이한 시점들에서 재정립될 수 있다. 도 3은 다수의 개구 초음파 프로브에서 사용되는 다수의 개구들을 보여준다. 프로브의 개구는 3개에 달하는 별개의 피쳐들을 갖는다. 먼저 이것은 종종 다른 개구들에 위치되는 다른 트랜스듀서들로부터 물리적으로 분리된다. 도 3에서, 거리 'd'는 개구(304)로부터 개구(302)를 물리적으로 분리한다. 거리 'd'는 개구(302) 상의 트랜스듀서 엘리먼트들과 개구(304) 상의 트랜스듀서 엘리먼트들 사이의 최소 거리일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 개구들(302 및 304)의 물리적 분리부 사이에 거리 'd'를 따라 트랜스듀서 엘리먼트들이 배치되지 않는다. 몇몇 실시예들에서, 거리 'd'는 송신 개구로부터 송신의 최소 파장의 적어도 2배와 동일할 수 있다. 두번째로, 개구의 트랜스듀서 엘리먼트들은 동일한 직사각형 또는 수평 평면에 있을 필요가 없다. 도 3에서, 개구(304)의 모든 엘리먼트들은 개구(302)의 임의의 엘리먼트로부터의 상이한 수직 위치 'j'를 갖는다. 세번째로, 개구들은 관심 구역에 대한 공통 조준선(line of sight)을 공유하지 않는다. 도 3에서, 개구(302)는 포인트(i, j)에 대한 조준선 'a'를 가지는 한편, 개구(304)는 조준선 'b'를 갖는다. 개구는 임의의 개수의 개별적인 초음파 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 개구를 정의하는 초음파 엘리먼트들은 필수적인 것은 아니나, 종종 어레이 내에서 서로에 인접하다. 다중-개구 초음파 이미징 시스템의 동작 동안, 개구의 크기(예를 들어, 초음파 엘리먼트들의 개수 및/또는 크기 및/또는 위치)는 재-할당 엘리먼트들에 의하여 다이내믹하게 변화될 수 있다.

[0038] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이 용어 "포인트 소스 송신"은 단일 공간 위치로부터 매체로 송신된 초음파 에너지의 도입을 지칭할 수 있다. 이것은 단일 초음파 트랜스듀서 엘리먼트 또는 함께 송신하는 인접한 트랜스듀서 엘리먼트들의 조합을 사용하여 달성될 수 있다. 상기 엘리먼트(들)로부터의 단일 송신은 균일한 구형 웨이브프론트에 가깝거나, 또는 2D 슬라임을 이미징하는 경우에, 이것은 2D 슬라임 내에 균일한 원형 웨이브프론트를 생성한다. 이 포인트 소스 송신은 트랜스듀서 엘리먼트 어레이로부터 특정 방향으로 에너지를 집중시키는 "위상 배열 송신"으로부터 그것의 공간적 특징들에서 상이하다. 위상 배열 송신은 특정 관심 구역으로 고주파 발사 웨이브(insonifying wave)를 강화시키거나 스티어링하도록, 차례로 트랜스듀서 엘리먼트들의 그룹의 위상을 처리한다. 짧은 지속기간 포인트 소스 송신은 본 명세서에서 "포인트 소스 펄스"로서 지칭된다. 유사하게, 짧은 지속기간 위상 배열 송신은 본 명세서에서 "위상 배열 펄스"로서 지칭된다.

[0039] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어들 "수신 개구", "고주파 발사 개구" 및/또는 "송신 개구"는 초음파 이미징 기술 분야의 당업자들에 의하여 이해되는 바와 같은 그들의 통상적 의미들을 지닐 수 있으며, 원하는 주어진 시간에 개구 또는 원하는 물리적 관점으로부터의 원하는 송신 또는 수신 기능을 수행하는, 개별적인 엘리먼트, 어레이 내의 엘리먼트들의 그룹, 또는 심지어 공통 하우징 내의 전체 어레이들을 지칭할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 이들 다양한 개구들은 전용의 기능을 갖는 물리적 개별 컴포넌트들로서 생성될 수 있다. 대안적 실시예들에서, 상기 기능은 필요에 따라 전자적으로 지정되거나 변화될 수 있다. 다른 추가적 실시예들에서,

개구 기능은 고정형 및 가변형 엘리먼트들 양자의 조합을 수반할 수 있다.

- [0040] 몇몇 실시예들에서, 개구는 다른 트랜스듀서 어레이들로부터 분리되는 초음파 트랜스듀서들의 어레이이다. 그러한 다수의 개구 초음파 이미징 시스템들은 크게 증가된 측방 해상도를 제공한다. 몇몇 실시예들에 따르면, 다중-개구 이미징 방법은 제1 개구로부터 초음파 펄스로 타겟 대상물에 고주파 발사하는 단계, 제1 개구로부터 소정 거리에 위치 설정되는 제2 개구로 리턴된 에코들을 검출하는 단계, 제1 개구에 관한 제2 개구의 상대적 위치들을 결정하는 단계, 및 타겟 대상물을 통한 음속의 변화들을 보정하면서 이미지들을 조합하기 위하여 리턴된 에코 데이터를 프로세싱하는 단계를 포함한다.
- [0041] 몇몇 실시예들에서, 인접한 개구들 사이에 거리 및 배향은 강성 하우징의 사용에 의한 것과 같이, 서로에 관해 고정될 수 있다. 대안적 실시예들에서, 서로에 관한 개구들의 거리들 및 배향들은 이동성 링키지를 이용하는 것과 같이 가변적일 수 있다. 추가적 대안적인 실시예들에서, 개구들은 그룹들이 적어도 명시된 거리만큼 분리되는, 단일의 큰 트랜스듀서 어레이 상에 엘리먼트들의 그룹들로서 정의될 수 있다. 예를 들어, 그러한 시스템의 실시예들은 "Multiple Aperture Medical Ultrasound Transducers"라는 제목으로 2010년 10월 13일자로 출원된 미국 가 특허 출원 번호 제61/392,896호에 도시되고 설명된다. 다중-개구 초음파 이미징 시스템의 몇몇 실시예들에서, 인접한 개구들 사이의 거리는 적어도 하나의 트랜스듀서 엘리먼트의 폭일 수 있다. 대안적 실시예들에서, 개구들 사이의 거리는 특정 애플리케이션 및 프로브 설계의 제약들 내에서 가능한 한 클 수 있다.
- [0042] 큰 효과적인 개구(다수의 서브 개구들의 전체 개구)를 갖는 다중-개구 초음파 이미징 시스템은 타겟 조직에서 음속의 변화의 보상에 의해 성공적이 될 수 있다. 이것은 하기에 설명되는 바와 같이, 증가된 개구가 파괴적이기 보다는 효과적일 수 있기 위한 수 개의 방법들 중 하나로 달성될 수 있다.
- [0043] 도 1a는 2개의 개구들(개구(102) 및 개구(104))을 포함하는 간략화된 다중-개구 초음파 이미징 시스템(100)의 일 실시예를 예증한다. 개구들(102 및 104) 각각은 다수의 트랜스듀서 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 도 1a에 도시된 2-개구 시스템에서, 개구(102)는 전적으로 송신 기능들을 위해 사용될 송신 엘리먼트들($T_1 \dots T_n$)을 포함할 수 있고, 개구(104)는 전적으로 수신 기능들을 위해 사용될 수신 엘리먼트들($R_1 \dots R_m$)을 포함할 수 있다. 대안적 실시예들에서, 송신 엘리먼트들은 수신 엘리먼트들과 배치될 수 있거나, 몇몇 엘리먼트들은 송신 및 수신 기능들 양자 모두를 위해 사용될 수 있다. 도 1a의 다중-개구 초음파 이미징 시스템(100)은 초음파 에너지로 타겟 대상물 또는 내부 조직(T)을 이미징하기 위하여 환자의 피부 표면 상에 위치되도록 구성될 수 있다. 도 1a에 도시된 바와 같이, 개구(102)는 조직(T)으로부터 거리 "a"에 위치설정되고, 개구(104)는 조직(T)로부터 거리 "b"에 위치설정된다. 또한 도 1a에 도시된 바와 같이, MAUI 전자장치는 송신 및 수신 개구들(102 및 104)에 커플링될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, MAUI 전자장치는 다중-개구 이미징 시스템(100)을 제어하도록 구성되는 소프트웨어 및 하드웨어를 포함하는, 프로세서, 제어 시스템 또는 컴퓨터 시스템을 포함할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, MAUI 전자장치는 개구로부터 전방향성 비집속성 초음파 파형을 송신하기 위하여 시스템을 제어하도록 구성될 수 있다. 하기에 추가로 상세히 설명될 바와 같이, MAUI 전자장치는 본 명세서에 설명된 방법들 중 임의의 방법을 제어하고 달성하도록 구성될 수 있다.
- [0044] 본 명세서에 설명된 초음파 엘리먼트들 및 어레이들은 또한 다중-기능일 수 있다. 즉, 한 경우에 있어 송신기들로서의 트랜스듀서 엘리먼트들 또는 어레이들의 지정은 다음 경우에서 수신기들로서의 그들의 중간 재-지정을 배제하지 않는다. 또한, 본 명세서에 설명된 제어 시스템의 실시예들은 전자적으로 사용자 입력들 또는 사전-설정 주사 또는 해상도 기준들에 기반하여 그러한 지정들을 하기 위한 능력들을 포함한다.
- [0045] 다중-개구 초음파 이미징 시스템(200)의 다른 실시예들이 도 2에 도시되며, 개 개구들(202, 204 및 206)을 형성하기 위하여 정렬된 트랜스듀서 엘리먼트들을 포함한다. 일 실시예에서, 개구(202)의 송신 엘리먼트들($T_1 \dots T_n$)은 송신하기 위하여 사용될 수 있고, 개구들(204 및 206)의 수신 엘리먼트들($R_{a1} \dots R_{am}$)은 수신하기 위하여 사용될 수 있다. 대안적 실시예들에서, 모든 개구들의 엘리먼트들은 송신 및 수신 모두를 위해 사용될 수 있다. 도 2의 다중-개구 초음파 이미징 시스템(200)은 초음파 에너지로 조직(T)을 이미징하도록 구성될 수 있다. 또한 도 2에 도시된 바와 같이, MAUI 전자장치는 송신 및 수신 개구들(202 및 204)에 커플링될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, MAUI 전자장치는 다중-개구 이미징 시스템(200)을 제어하도록 구성되는 소프트웨어 및 하드웨어를 포함하는, 프로세서, 제어 시스템, 또는 컴퓨팅 시스템을 포함할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, MAUI 전자장치는 개구로부터 전방향성 비집속성 초음파 파형을 송신하고, 개구 상에서 에코들을 수신하며, 송신된 파형 및 수신된 에코들로부터 이미지들을 형성하기 위하여 시스템을 제어하도록 구성될 수 있다. 하기에 추가로 상세히 설명될 바와 같이, MAUI 전자장치는 본 명세서에 설명된 방법들 중 임의의 방법을 제어하고 달성하도록 구성될 수 있다.

- [0046] 본 명세서에 설명된 다중-개구 초음파 이미징 시스템들은 임의의 원하는 구성의 트랜스듀서들을 이용하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 1D, 1.5D, 2D, CMUT 또는 임의의 다른 트랜스듀서 어레이들은 전체 해상도 및 시야를 향상시키기 위하여 다중-개구 구성들에서 이용될 수 있다.
- [0047] **포인트 소스 송신**
- [0048] 몇몇 실시예들에서, 음향 에너지는 포인트 소스 송신을 사용함으로써 가능한 한 넓은 2-차원 슬라이스로 송신될 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시예들에서, 각각 도 1a 및 2에서의 송신 개구들(102 또는 202)과 같은 송신 개구는 어레이의 단일의 실질적으로 전방향성 트랜스듀서 엘리먼트로부터 포인트 소스 펄스의 형태로 음향 에너지를 송신할 수 있다. 대안적 실시예들에서, 3차원 공간에서 대상물들에 고주파 발사하기 위하여 3 차원에서 상대적으로 넓은 포인트 소스 펄스를 송신하기 위해 다수의 트랜스듀서 엘리먼트들이 공급될(provision) 수 있다. 그러한 실시예들에서, 모든 빔 형성은 수신기들로서 작용하는 트랜스듀서 어레이들과 연관되는 펌웨어 또는 소프트웨어에 의해 달성될 수 있다. 위상 배열 펄스보다는 포인트 소스 펄스로 송신함으로써, 다중-개구 초음파 이미징 기법을 사용하는 것에 대해 다수의 장점들이 존재한다. 예를 들어, 위상 배열 펄스를 사용할 때, 특정 깊이에서 포커스가 맞아야하지만 다른 모든 깊이들에서는 다소 초점이 맞지 않을 것이기 때문에, 송신측 상에서 타이팅하게 포커싱하는 것은 문제가 있다. 그에 반해, 포인트 소스 송신으로 전체 2-차원 슬라이스 또는 3-차원 체적은 단일 포인트 소스 송신 펄스로 고주파 발사될 수 있다.
- [0049] 도 1a 및 2의 수신 개구들(104 또는 204/206)과 같은, 수신 개구에서 검출되는 각각의 에코는 각각 개별적으로 저장될 수 있다. 수신 개구의 엘리먼트들로 검출되는 에코들이 고주파 발사 또는 송신 개구로부터 매 포인트 소스 펄스에 대해 개별적으로 저장된다면, 전체 2-차원 이미지는 겨우 딱 하나의 엘리먼트에 의하여 수신되는 정보로부터 형성될 수 있다. 이미지의 부가적인 카피들은 고주파 발사 포인트 소스 펄스들의 동일한 세트로부터 데이터를 수집하는 부가적인 수신 개구들에 의하여 형성될 수 있다. 궁극적으로, 다수의 이미지들이 하나 또는 그 초과인 개구들로부터 동시에 생성되고 조합되어 종합적인 2D 또는 3D 이미지를 달성할 수 있다.
- [0050] 수개의 포인트 소스 펄스들이 통상적으로 고품질 이미지를 생성하기 위하여 사용되나, 각각의 펄스들이 특정 주사 라인 상에서 집속된 경우보다 더 적은 포인트 소스 펄스들이 요구된다. 주어진 시간에 송신될 수 있는 펄스들의 수가 조직에서 초음파의 속도에 의해 엄격하게 제한되기 때문에, 이것은 포인트 소스 펄스를 이용함으로써 두번째마다 더 많은 프레임들이 생성될 수 있다는 실질적인 장점을 산출해낸다. 이것은 움직이는 장기들, 특히 심장을 이미징할 때 매우 중요하다.
- [0051] 몇몇 실시예들에서, 스펙트럼 확산 파형(spread spectrum waveform)은 하나 또는 그 초과인 초음파 트랜스듀서 엘리먼트들로 이루어진 송신 개구 상에 도입될 수 있다. 스펙트럼 확산 파형은 주파수들의 시퀀스, 예컨대, 처프(chirp)(예를 들어, 로우(low)에서 하이(high)로 진행되는 또는 그 반대로 진행되는 주파수들), 랜덤 주파수 시퀀스들(또한 주파수 홉(hop)으로서 지칭됨), 또는 의사 난수 파형에 의하여 생성되는 신호(PN 시퀀스)일 수 있다. 이들 기법들은 총괄적으로 펄스 압축으로서 지칭될 수 있다. 펄스 압축은 깊이 해상도의 손실 없이 더 큰 깊이 침투를 위해 더 긴 펄스들을 제공한다. 사실상, 깊이 해상도는 프로세스에서 크게 향상될 수 있다. 스펙트럼 확산 프로세싱은 통상적으로 지연 및 가중(summation) 단계들 이전에 수신된 신호를 각각의 매칭된 필터링의 형태로 훨씬 더 많은 신호 프로세싱을 수반한다. 송신 펄스 형태들의 상기 예들은 단지 예증을 위해 제공된다. 본 명세서에 교지된 기법들은 송신 펄스의 형태와 무관하게 적용될 수 있다.
- [0052] **기본적 이미지 렌더링**
- [0053] 도 1a는 초음파 송신 엘리먼트들(T1, T2, ... Tn)을 갖는 제1 개구(102) 및 초음파 수신 엘리먼트들(R1, R2, ... Rm)을 갖는 제2 개구(104)를 포함하는 다중-개구 초음파 이미징 시스템(100)의 일 실시예를 예증한다. 이 다중-개구 초음파 이미징 시스템(100)은 검사될 대상물 또는 신체(인간 신체와 같은)의 표면 상에 위치되도록 구성된다. 몇몇 실시예들에서, 2개 개구들 모두는 동일한 주사 평면에 대해 민감할 수 있다. 다른 실시예들에서, 개구들 중 하나는 상이한 주사 평면에 있을 수 있다. 각각의 개구의 각각의 트랜스듀서 엘리먼트의 기계적 및 음향적 위치는 공통 기준 포인트에 대해 또는 서로에 대해 정확히 알려져야 한다.
- [0054] 일 실시예에서, 초음파 이미지는 송신 엘리먼트(예를 들어, 개구(102)의 송신 엘리먼트(T1))로 내부 조직 또는 타겟 대상물(T)(예를 들어, 심장, 장기, 종양, 또는 신체의 다른 부분을 통한 평면)과 같은 이미징될 전체 구역에 고주파 발사하고, 그 후 수신 엘리먼트(예를 들어, 개구(104)의 수신 엘리먼트(R1)) 상에서 전체 이미징된 평면으로부터 에코들을 수신함으로써 생성될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 수신 기능들은 수신 프로브의 모든 엘리먼트들(예를 들어, R1 내지 Rm)에 의하여 수행될 수 있다. 대안적 실시예들에서, 에코들은 수신 개구의 수

개의 엘리먼트들 또는 단 하나의 엘리먼트 상에서 수신된다. 송신 개구(102)(예를 들어, T2, ... Tn) 상에서 엘리먼트들 각각을 사용하고, 차례로 송신 엘리먼트들 각각으로 이미징될 전체 영역을 고주파 발사하며, 그리고 각각의 고주파 발사 펄스 이후에 수신 개구 상에서 에코들을 수신함으로써, 방법이 진행된다. 송신 엘리먼트들은 임의의 원하는 순차적 순서로 작동되고, 규정된 패턴을 따를 필요는 없을 수 있다. 개별적으로, 각각의 송신 엘리먼트에 의한 고주파 발사 이후에 획득된 이미지들은 고해상도 이미지를 제공하기에 충분하지 않을 수 있으나, 모든 이미지들의 조합은 이미징될 전체 영역의 고해상도 이미지를 제공할 수 있다. 도 1a에 도시된 바와 같이 좌표들 (i,j)에 의하여 표현되는 주사 포인트에 대해, 특정 송신 엘리먼트(Tx)로부터 내부 조직 또는 타겟 대상물(T)의 엘리먼트로의 전체 거리 "a" 및 상기 포인트로부터 특정 수신 엘리먼트로의 거리 "b"를 계산하기 위한 간단한 문제이다. 이들 계산들은 기본적 삼각법(trigonometry)을 사용하여 수행될 수 있다. 이들 거리들의 합은 하나의 초음파 파형에 의하여 이동된 전체 거리이다.

[0055] 조직의 초음파의 속도가 조직을 통해 균일한 것으로 추정될 때, 송신 펄스의 시작으로부터 수신 엘리먼트에서 에코가 수신되는 시간으로의 시간 지연을 계산하는 것이 가능하다. (조직에서의 균일한 음속은 하기에서 논의되지 않는다.) 이러한 하나의 사실은 산란체(즉, 타겟 대상물 내의 반사 포인트)가 $a+b$ = 주어진 시간 지연인 매체에서의 포인트임을 의미한다. 동일한 방법이 이미징될 원하는 조직의 임의의 포인트에 대한 지연들을 계산하기 위하여 사용될 수 있어, 포인트들의 궤적을 생성한다. 도 1b는 포인트들 (g,h), (i,j), (k,m), (n,p), (q,r), (s,t) 전부가 송신 엘리먼트(T1) 및 수신 엘리먼트(R1)에 대한 동일한 시간 지연을 가짐을 보여준다. 산란 위치들 및 진폭들의 맵은 동일-시간-지연 포인트들의 궤적에 대한 모든 포인트들에 대한 에코 진폭을 추적함으로써 렌더링될 수 있다. 이 궤적은 송신 및 수신 엘리먼트들에서 포커스들을 갖는 타원(180) 형태를 취한다. 도 1b는 또한 MAUI 전자장치를 예증하며, 이는 도 1a 및 2를 참조하여 상기 설명된 MAUI 전자장치를 포함할 수 있다.

[0056] 단일 이미지 내에 서로로부터 타원을 따르는 포인트들을 구분하는 것은 불가능하기 때문에, 타원(180) 상의 모든 포인트들이 동일한 시간 지연으로 리턴된다는 사실은 디스플레이의 도전을 제시한다. 그러나, 다수의 수신 포인트들로부터 획득되는 이미지들을 조합함으로써, 포인트들은 더욱 용이하게 구분될 수 있는데, 이는 다수의 수신 개구들에 의하여 정의되는 동일-시간-지연 타원들이 약간 상이할 것이기 때문이다.

[0057] 도 1c는 엘리먼트(T1)로부터의 송신 펄스로, 단일 산란체 (n,p)로부터의 에코들이 상이한 시간들에 R1, R2 및 R3와 같은 상이한 수신 엘리먼트들에 의하여 수신됨을 보여준다. 동일한 산란체의 궤적들은 도 1c의 타원들 (180, 185 및 190)에 의하여 표현될 수 있다. 이러한 타원들이 교차하는 위치(포인트 n, p)는 산란체의 진짜 위치를 나타낸다. 빔 형성 하드웨어, 펌웨어, 또는 소프트웨어는 이미지를 생성하기 위해 각각의 수신 엘리먼트로부터의 에코들을 조합할 수 있어, 타원들의 교차점에서 이미지를 효율적으로 보강한다. 몇몇 실시예들에서, 도시된 3개보다 더 많은 다수의 수신기 엘리먼트들이 이미지를 위한 원하는 신호-대-잡음비를 획득하기 위하여 사용될 수 있다. 도 1c는 MAUI 전자장치를 또한 예증하며, 이는 도 1a 및 2를 참고하여 상기 설명된 MAUI 전자장치를 포함할 수 있다.

[0058] 타겟 대상물의 모든 산란체들의 위치를 렌더링하고, 그에 따라 타겟 대상물의 2차원 단면을 형성하는 방법이 이제 도 3의 다중-개구 초음파 이미징 시스템(300)을 참고하여 설명될 것이다. 도 3은 개구들(302 및 304)에 의하여 이미징될 포인트들의 그리드를 예증한다. 그리드 상의 포인트는 직사각형 좌표들(i,j)로 주어진다. 완전한 이미지는 "에코"로 불리는 2차원 어레이일 것이다. 도 3의 그리드에서, mh는 어레이의 최대 수평 디멘전(dimension)이고, mv는 최대 수직 디멘전이다. 도 3은 또한 MAUI 전자장치를 예증하며, 이는 도 1a 및 2를 참조하여 상기 설명된 MAUI 전자장치를 포함할 수 있다.

[0059] 일 실시예에서, 하기의 의사 코드(pseudo code)는 도 3의 어레인지먼트(arrangement)의 하나의 수신 엘리먼트(예를 들어, 개구(304)로부터의 R1 ... Rm 중 하나의 엘리먼트)에 의하여 수신되는 결과적 에코들 및 하나의 송신 엘리먼트(예를 들어, 개구(302)로부터의 T1 ... Tn 중 하나의 엘리먼트)로부터의 송신 펄스로부터 수집될 모든 정보를 추적하는데 사용될 수 있다.

[0060] for (i = 0; i < mh; i++){

[0061] for (j = 0; j < mv; j++){

[0062] compute distance a

[0063] compute distance b

- [0064] compute time equivalent of $a+b$
- [0065] $echo[i][j] = echo[i][j] + \text{stored received echo at the computed time delay}$
- [0066] }
- [0067] }
- [0068] 고정된 지연은 주로 제1 에코들이 수신될 때까지 송신 펄스로부터의 시간이다. 추후에 논의될 바와 같이, 지방층들을 보상하기 위하여 증분이 가산되거나 차감될 수 있다.
- [0069] 완전한 2차원 이미지는 개구(304)의 모든 수신 엘리먼트(예를 들어, $R_1 \dots R_m$)에 대해 이러한 프로세스를 반복함으로써 형성될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 실시간 이미지 형성을 초래하는 병렬 하드웨어에서 이러한 코드를 구현하는 것이 가능하다.
- [0070] 다른 송신 엘리먼트들로부터의 펄스들로부터 초래되는 유사한 이미지들을 조합하는 것은 이미지의 품질을 (예를 들어, 신호-대-잡음비의 관점에서) 향상시킬 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 이미지들의 조합은 단일 포인트 소스 펄스 이미지들의 단일 포인트 소스 펄스 이미지들의 간단한 가중(summation)(예를 들어, 코히런트 덧셈)에 의하여 수행될 수 있다. 대안적으로, 조합은 가중(예를 들어, 인코히런트 덧셈) 이전에 먼저 단일 포인트 소스 펄스 이미지들의 각각의 엘리먼트의 절대 값을 취하는 단계를 수반할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 제1 기법(코히런트 덧셈)이 측방 해상도를 향상시키기 위해 가장 잘 사용될 수 있으며, 제2 기법(인코히런트 덧셈)이 스펙클 잡음의 감소를 위해 가장 잘 적용될 수 있다. 또한, 인코히런트 기법이 송신 및 수신 개구들의 상대적 위치들의 측정에서 요구되는 더 낮은 정밀도로 사용될 수 있다. 2개 기법들의 조합은 향상된 측방 해상도와 감소된 스펙클 잡음의 최적의 밸런스를 제공하기 위하여 사용될 수 있다. 마침내, 코히런트 덧셈의 경우에, 최종 합산이 각각의 엘리먼트의 절대 값에 의해 교체되어야 하며, 양쪽 모두의 경우에서, 동적인 범위의 몇몇 압축 형태는 중요한 피쳐들 및 더 미묘한 피쳐들 모두가 동일한 디스플레이 상에 나타나도록 사용될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 부가적인 픽셀 위치들은 주사-변환 없이 그리드 상에 위치된다.
- [0071] 몇몇 실시예들에서, 압축 방식들은 디스플레이 이전에 각각의 엘리먼트의 로그(예를 들어, $20 \log_{10}$ 또는 " d_B ")를 취하는 단계 또는 디스플레이 이전에 각각의 엘리먼트의 n 번째 근(root)(예를 들어, 4번째 근)을 취하는 단계를 포함할 수 있다. 다른 압축 방식들이 또한 이용될 수 있다.
- [0072] 여전히 도 3을 참고하여, 트랜스듀서 엘리먼트들의 상대적 위치들이 지정된 정확성 정도로 공지되는 한, 임의의 개수의 수신 프로브들 및 송신 프로브들은 산란체(i, j)의 이미지를 향상시키기 위하여 조합될 수 있고, 모든 엘리먼트들은 동일 주사 평면에 있고 주사 평면에서 전파되는 수신 에너지 또는 주사 평면으로의 송신 에너지 중 하나로 집속된다. 임의의 프로브의 임의의 엘리먼트는 송신을 위해 또는 수신을 위해 또는 송신과 수신 모두를 위해 사용될 수 있다.
- [0073] 신체를 통한 다양한 연성 조직들에서의 음속은 $\pm 10\%$ 만큼 변할 수 있다. 통상적인 초음파 기법들을 사용하여, 음속이 트랜스듀서와 관심 장기 사이의 경로에서 일정한 것으로 공통적으로 추정된다. 이러한 추정 은 송신 및 수신 모두를 위해 하나의 트랜스듀서 어레이를 사용하는 시스템들에서의 좁은 트랜스듀서 어레이들에 대해 유효하다. 그러나, 초음파 펄스들이 더 많은 조직, 그리고 지방, 근육, 혈관 등과 같은 가능한 다양한 타입들의 조직을 통과하기 때문에, 트랜스듀서의 개구가 더 넓어짐에 따라 일정한 음속 추정은 깨진다. 트랜스듀서 어레이의 폭 아래의 조직 다양성은 송신 및 수신 기능들 양자 모두에 영향을 미친다.
- [0074] 산란체가 단일 송신 엘리먼트로부터 포인트 소스 펄스에 의해 고주파 방사될 때, 이것은 수신기 그룹의 엘리먼트들 전부에 다시 에코를 반사해낸다. 이 수신 개구의 엘리먼트들에 의하여 수집된 이미지들의 코히런트 덧셈은 산란체(i, j)로부터 수신기 엘리먼트들 각각으로의 경로들에서의 음속 변화들이 참조로서 선택된 한 경로에 관해 $\pm 180^\circ$ 위상 시프트를 초과하지 않는다면 효과적일 수 있다. 도 3을 참고하여, 코히런트 덧셈이 유효할 수 있는 수신 개구의 최대 크기는 환자 내의 조직 변화에 좌우되며, 미리 계산되지 않을 수 있다. 그러나, 특정 송신 주파수에 대한 실제적 최대치는 경험으로부터 결정될 수 있다.
- [0075] 비집속성 포인트 소스 펄스들을 이용한 고주파 방사 시, 송신기 엘리먼트들로부터 산란체(i, j)와 같은 산란체로의 경로 시간의 변화가 포인트의 디스플레이된 위치만을 변화시킬 것이기 때문에, 송신 그룹의 개구 크기는 매우 중요한 것은 아니다. 예를 들어, 수신 경로들에서 180° 의 위상 시프트를 초래하는 변화는 코히런트 덧셈을 사용할 때 완전한 위상 소거를 초래하는 반면, 송신 경로들 상에서의 동일한 변화는 단지 절반의 파장(통상적으

로 약 0.2 mm)의 디스플레이된 위치 에러를 초래하고, 왜곡은 통지되지 않을 것이다.

[0076] 따라서, 도 1a에 예증된 바와 같이, 단일 송신/수신 사이클 동안 송신만을 위해 사용되는 하나의 개구 및 수신만을 위해 사용되는 다른 개구를 갖는 다중-개구 이미징 시스템에서, 음속 변화에 대한 매우 작은 부가적인 보상이 필요하다. 개구가 종래의 섹터 스캐너 프로브의 폭의 수배일 수 있는 엘리먼트(T1 내지 Rm)로부터 증가되었음에도 불구하고, 산란체(i, j)로부터의 신호들의 파괴적 간섭에 관한 염려는 개구들의 분리 또는 송신 개구의 폭과 무관하고, 단지 수신 개구(엘리먼트(R1 내지 Rm))의 폭에 좌우된다. 음속 변화가 실제로 최소한의 문제를 나타내는 표준적 폭은 3.5 MHz 시스템들에 대해 약 16-20mm이다(그리고 더 높은 주파수들에 대해서는 더 작다). 따라서, 수신 개구가 표준 개구들과 동일하거나 더 작은 폭을 갖는다면, 음속 변화에 대한 명시적인 보상이 필수적이지는 않다.

[0077] 측방 해상도에서의 실질적인 향상이 송신 및 수신 모두를 위해 사용되는 종래의 단일 어레이 1D, 1.5D 또는 2D 초음파 프로브와 동일한 폭의 수신 개구로 달성되는데, 이는 산란체를 나타내는 근처의 셀들(즉, 타겟 대상물의 구역들)을 이미징할 때 수신된 에너지가 에코가 도달할 것으로 기대될 때와 에코가 실제로 도달하는 시간 간의 시간차에 좌우되기 때문이다. 송신 펄스가 수신을 위해 사용되는 동일한 어레이로부터 발생할 때, 시간차는 작다. 그러나 송신 펄스가 수신 어레이로부터 소정 거리에서 제2 어레이로부터 발생할 때, 시간차는 더 크고, 따라서 정확한 셀에 대한 신호로 더욱 이상(out of phase)이다. 결국 더 적은 근처의 셀들이 진짜 산란체를 거짓으로 나타내기 위해 충분히 동상으로(in phase) 신호들을 가질 것이다.

[0078] 도 4를 참고하여, "S"에서 산란체로부터 수신 개구(404)의 단일 엘리먼트(예를 들어, 수신 엘리먼트들(R1 ... Rm) 중 하나)에서 수신되는 신호를 고려한다. 송신 및 수신 기능들 모두가 동일한 엘리먼트 상에서 수행된다면, 초음파가 "S"로 전파하고 리턴되는 시간은 $2a/C$ 일 것이다(여기서 C는 조직에서의 음속임). 채구성 알고리즘이 진짜 산란체 "S"로부터 "c" 거리만큼 분리된 개구(404) "S"에서 가능한 산란체에 대해 수신되는 신호를 평가할 때, 기대 도달 시간은 $2(\sqrt{a^2+c^2})/C$ 이다. "c"가 작을 때, 이 시간은 거의 동일하고, 따라서 "S"로부터의 신호는 개구(404)의 산란체 "S"의 크기를 추정할 때 단지 약간만 저하될 것이다. 도 4는 또한 MAUI 전자장치를 예증하며, 이는 상기 설명된 MAUI 전자장치를 포함할 수 있다.

[0079] 이제 각도 세타("θ")만큼 수신 개구(404)로부터 떨어져 이동하는 송신 개구(402)를 고려한다. 비교의 편의를 위해, 개구(402)로부터 산란체 "S"로의 거리 "b"는 개구(404)로부터 산란체 "S"로의 거리 "a"와 동일한 것으로 한다. 초음파가 송신 개구(402)로부터 "S"로 전파하고 수신 개구(404)로 리턴되는 시간은 여전히 $(a+b)/C = 2a/C$ (a=b임)일 것이지만, 신호가 인접한 셀 "S"로 전파할 기대 시간은 $(d+\sqrt{a^2+c^2})/C=(\sqrt{(a \sin \theta - c)^2+(a \cos \theta)^2}+\sqrt{a^2+c^2})/C$ 일 것이다. 기대 도달 시간과 실제 사이의 차는 $\text{Diff}=(\sqrt{(a \sin \theta - c)^2+(a \cos \theta)^2}+\sqrt{a^2+c^2})-2a)/C$ 일 것이다.

[0080] 이 방정식에 몇몇 숫자들을 넣기 위해, 개구(402) 및 개구(404)의 분리는 단지 5도이고, 거리 $a = 400$ 셀(cell)들이며, 거리 $c = 1$ 셀인 것으로 가정한다. 그 후, $\theta = 5$ 도에 대한 도달 시간 대 $\theta = 0$ 도에 대한 도달 시간의 차의 비는 33.8이다. 즉, 인접한 셀들로의 디스플레이 진폭의 드롭 오프(drop off)는 $\theta = 5$ 도를 이용한 것의 33배 빠르다. 도달 시간의 더 큰 차이는 인접한 셀들로부터 에코 정보를 고유하게 구분하는 능력을 크게 간략화시킨다. 따라서 높은 세타 각도들로, 포인트의 디스플레이는 인접한 셀들에서의 잡음으로서 덜 시각적일 것이며, 실제 이미지의 더 높은 해상도를 초래할 것이다. 다수의 개구 송신기들 및 수신기들로, 우리는 각도를 해상도를 향상시키는데 필요한 것만큼 높게 할 수 있다.

[0081] 다수의 셀들에서의 다수의 반사기들을 갖는 실제적 초음파 시스템에 대한 시뮬레이션은 효과가 여전히 현저하지만, 상기만큼 드라마틱하지 않음을 보여준다. 63개 엘리먼트들의 수신 개구, 10도의 θ , 및 코사인 변조로 5개 사이클들 동안 연장되는 포인트-소스 송신 개구로부터의 송신 펄스를 포함하는 시스템에 대해, 포인트 스프레드 기능의 측방 스프레드는 2.3의 인자만큼 향상되었다.

[0082] **음속 변화에 대한 명확한 보상**

[0083] 단일 이미지는 고주파 발사를 위한 단일 포인트 소스 펄스의 결과로서 수신기 엘리먼트들에 도달하는 모든 신호들의 코히런트 평균화에 의하여 형성될 수 있다. 다수의 포인트 소스 펄스들로부터 초래되는 이들 이미지들의 가중은 코히런트 덧셈, 인코히런트 덧셈에 의하여, 또는 그룹들에 의한 코히런트 덧셈 및 그룹들로부터의 이미지들의 인코히런트 덧셈의 조합에 의하여 달성될 수 있다. 코히런트 덧셈(덧셈 이전에 위상 정보와 관련되는)은 해상도를 최대화할 수 있는 반면, 인코히런트 덧셈(위상이 아닌 신호들의 크기를 사용하는)은 레지스트레이

선 에러들의 영향들을 최소화하고 스펙클 잡음을 평균화한다. 2개 모드들의 몇몇 조합이 선호될 수 있다. 코히런트 덧셈은 서로 가까운 송신 엘리먼트들로부터 초래되는 포인트 소스 펄스 이미지들을 평균화하고, 따라서 매우 유사한 조직 층들을 통해 송신되는 펄스들을 생성하는데 사용될 수 있다. 인코히런트 덧셈은 그 후 위상 소거가 문제가 되는 경우에 사용될 수 있다. 음속 변화들로 인한 송신 시간 변화의 극단적 경우에, 2D 이미지 상관은 덧셈 이전에 이미지들을 정렬하는데 사용될 수 있다.

[0084] 초음파 이미징 시스템이 제2 개구를 포함할 때, 송신 뿐 아니라 수신을 위해 제2 개구를 사용하는 것은 훨씬 더 나은 해상도를 생성한다. 둘 또는 그 초과 수의 수신 어레이들로부터의 이미지들의 조합에서, 음속 변화에 대한 명확한 보상을 사용하는 것이 가능하고 바람직하다.

[0085] 지방 또는 근육과 같은 상이한 타입들의 조직의 두께들을 변화시키는 효과들을 예측하는, 도 5에 도시된 바와 같은 3-개구 초음파 이미징 시스템(500)에 대한 조직 층 모델을 고려한다. 지방층 "F"는 도 5에 도시되고, 각각의 개구(502, 504, 및 506) 아래의 조직 층들(f1, f2, 및 f3)의 두께는 각각 상이하고 공지되지 않는다. 개구(506)에서의 조직 층은 개구(504)에서와 동일할 것이고, 따라서 모든 수신 엘리먼트들로부터의 신호들의 코히런트 덧셈은 대개 가능하지 않다고 간주하는 것은 타당하지 않다. 일 예에서, 개구(504)에서의 조직 층이 개구(506)의 조직 층보다 3 cm만큼 더 크다면, 이것은 신호들의 약 3 파장들(3.5 MHz에서) 변위에 대응하지만, 이것은 심부 조직들의 표현의 1.3 mm 변위이다. 그러한 작은 변위들에 대해, 이미지의 단지 극소량의 기하학적 왜곡이 관찰될 것이다. 따라서, 코히런트 덧셈이 가능하지 않더라도, 다른 이미지에 관한 하나의 이미지의 변위를 이용하는 인코히런트 덧셈이 가능하다.

[0086] 이미지 비교 기법들은 좌측 및 우측 개구들(예를 들어, 각각 개구들(506 및 504))로부터의 이미지 프레임들을 정렬하는데 필요한 변위의 양을 결정하는데 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 이미지 비교 기법은 교차-상관일 수 있다. 교차-상관은 높은 정도의 유사성을 갖는 영역들을 식별하기 위하여 이미지 또는 이미지 섹션들의 유사성을 평가하는 단계를 수반한다. 유사성의 적어도 임계 값을 갖는 영역들은 동일한 것으로 가정될 수 있다. 따라서, 높은 정도의 유사성을 갖는 이미지들 내의 영역들을 식별함으로써, 하나의 이미지(또는 이미지의 섹션)는 실질적 유사성을 갖는 영역들이 중첩하고 전체 이미지 품질을 향상시키도록 시프트될 수 있다. 도 5는 MAUI 전자장치를 또한 예증하며, 이는 상기 설명된 MAUI 전자장치를 포함할 수 있다.

[0087] 추가로, 이들 이미지 비교 기법들은 서브-이미지 분석을 적용함으로써 또한 사용될 수 있고, 상기 서브-이미지 분석은 서브-이미지들의 변위를 결정하고 하부 조직에서 음속의 국부화된 변화에 대해 수용하는데 사용될 수 있다. 다시 말해, 더 작은 세그먼트들로의 이미지의 분할(breaking down)(예를 들어, 이등분, 삼등분, 사등분 등)에 의하여, 제1 이미지의 작은 부분들은 제2 이미지의 대응하는 작은 부분과 비교될 수 있다. 2개 이미지들은 그 후 정렬을 확인하기 위한 와핑(warping)에 의하여 조합될 수 있다. 와핑은 본 기술분야의 당업자에 의하여 이해되는 기법이며, 예컨대 US 7,269,299에 의한 US 7,269,299에서 설명된다.

[0088] 다수의 수신 트랜스듀서 어레이들로부터의 이미지들의 인코히런트 덧셈의 동일한 기법은 임의의 개수의 개구들에 적용될 수 있다. 동일한 아이디어가 심지어 모두 함께 코히런트 덧셈에 대하여 사용되기에는 너무 넓은 단일 엘리먼트 어레이에도 적용될 수 있다. 엘리먼트들의 단일의 넓은 어레이를 갖는 초음파 이미징 시스템은 섹션들(개구들)로 분할될 수 있으며, 섹션들 각각은 덧셈에 대해 충분히 작고, 그 후 이들 섹션들로부터 초래되는 이미지들은 (필요하다면 변위로) 인코히런트 방식으로 조합될 수 있다.

[0089] 심지어 이미지의 약간의 왜곡은 충분한 계산력으로 보상될 수 있다. 이미지 렌더링들은 렌더링 알고리즘(echo[i] [j] = echo[i] [j] + stored receive echo at the computed time + delay)에서 가변 지연량을 사용하여 하나의 수신 어레이에 대해 계산될 수 있다. 그 후 (교차-상관 또는 예리함(acuity)의 몇몇 다른 측정에 의해) 이들 중 최상으로 매칭된 것이 다른 수신 어레이(들)로부터 이미지에 인코히런트 방식으로 부가될 수 있다. 더 빠른 기법은 이미지들의 비-보정 쌍에 대한 교차 상관 네트워크를 계산하는 단계 및 보정 지연을 고르기 위하여 트레이닝된 신경망으로 이것을 공급하는 단계를 포함한다.

[0090] 음속 부조화(incongruence)들을 보정할 수 있는 다수의 개구 초음파 시스템들이 현저하게 더 큰 개구들을 허용하기 때문에, 본 명세서에 설명된 다중-개구 초음파 시스템들의 몇몇 실시예들은 서로로부터 10 cm 떨어져 위치한 개구들을 가질 수 있다. 해상도는 $2\lambda/D$ 에 비례하기 때문에, 이 더 큰 개구는 피부의 표면의 충분히 아래에 위치되는 조직들의 더 높은 해상도를 초래한다. 예컨대, 콩팥 동맥들은 종종 피부의 10 cm 내지 15 cm 아래에 위치되고, 복대동맥 근처에서 크기가 4 mm 내지 6 mm이다. 위상 배열, 선형 어레이 및 합성(synthetic) 개구 초음파 시스템들은 보통 대부분의 환자들에 있어 이러한 생리(physiology)를 검출할 수 없다; 특히 이는 개구 크기가 적합한 측방 해상도를 갖기에 충분히 크지 않기 때문이다. 통상적으로, 위상 배열 시스템들은 대략 2 cm

의 개구 크기들을 갖는다. 다중-개구 초음파 시스템들에서 2cm 초과로부터 대략 10 cm로 개구 크기를 증가시키는 것은 5x까지 해상도를 증가시킬 수 있다.

[0091] **3D 이미징**

[0092] 몇몇 실시예들에서, 2-차원 이미징 시스템을 이동시키고 다수의 위치들 또는 각도들에서 2D 슬라이스들을 획득함으로써 3-차원 정보가 획득될 수 있다. 이 정보로부터, 그리고 보간 기법들을 사용하여, 어떤 위치 또는 각도에서의 3D 이미지는 재건될 수 있다. 대안적으로, 3D 체적의 모든 데이터의 2D 프로젝션(projection)이 생성될 수 있다. 제3 대안은 직접 3D 디스플레이에서 정보를 사용하는 것이다.

[0093] 다중-개구 초음파와 이미징 시스템들은 더 넓은 프로브 디바이스들을 초래할 수 있기 때문에, 3D 데이터를 획득하기 위하여 그들을 사용하는 가장 쉬운 방법은 환자의 피부 상에서 그들을 이동시키지 않으나, 2D 슬라이스들이 이미징될 3D 체적으로 확장되도록 단지 이들을 록킹(lock)하는 것이다. 몇몇 실시예들에서, 위치 데이터를 레코딩하는 기계적 회전자 메커니즘은 2D 슬라이스들의 수집을 돕는데 사용될 수 있다. 다른 실시예들에서, 프로브의 헤드에 위치되는 정밀 위치 센서들(자이로스코프 센서들과 같은)을 갖는 자유롭게 작동하는 초음파 프로브가 대신 사용될 수 있다. 그러한 장치는 2D 슬라이스들을 수집하면서 완전한 운동의 자유를 허용한다. 최종적으로, 넓은 개구들을 수용하기 위하여 정맥 내(intravenous) 및 공동 내(intracavity) 프로브들이 또한 제조될 수 있다. 그러한 프로브들은 2D 슬라이스들을 수집하기 위하여 유사한 방식으로 처리될 수 있다.

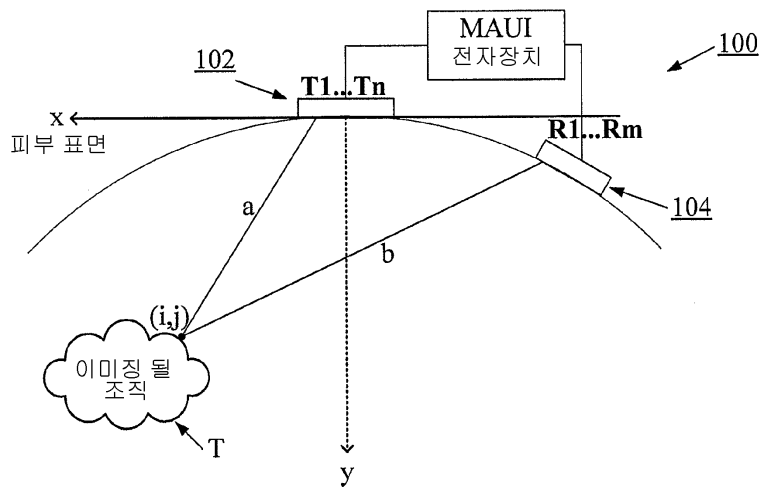
[0094] 이 조합은 다중-개구 초음파와 이미징 시스템을 사용하는 3D 심장 이미징에 대하여 특히 바람직하다. 대부분의 환자들은 흉골 옆에 2개의 늑간에 우수한 음향창들을 갖는다. 다중-개구 이미징 시스템은 중간(intervening) 늑골이 평평한 프로브를 쓸모없게 할 것이기 때문에 이 경우에 이상적인 반면, 적어도 2개의 넓게 이격된 개구들을 갖는 프로브는 송신 개구 및 수신 개구가 분리된 늑간 공간들과 정렬되도록 위치설정될 수 있다. 일단 다수의 개구들을 갖는 프로브가 제 위치에 있으면, 프로브는 회전될 수 없으나, 3D 정보를 획득하기 위하여 록킹될 수 있다. 다중-개구 프로브는 또한 동일한 늑간 공간에서 그러나 흉골에 걸쳐 사용될 수 있다.

[0095] 3D 정보는 또한 전부 동일한 주사 평면에 있지는 않은 개구들을 갖는 다중-개구 이미징 시스템들로 직접 획득될 수 있다. 이 경우에, 송신 개구로 이루어진 엘리먼트들은 바람직하게 (하나의 주사 평면에 국한되는 원형 파형들보다는) 구 형상의 파형들을 전파시킨다. 수신 개구들로 이루어진 엘리먼트들은 (단일 주사 평면의 울트라소닉 에너지에만 민감하기보다는) 모든 방향들로부터 도달하는 에너지에 민감할 수 있다. 상기 제공된 재건 의사코드는 3차원들로 확장될 수 있다.

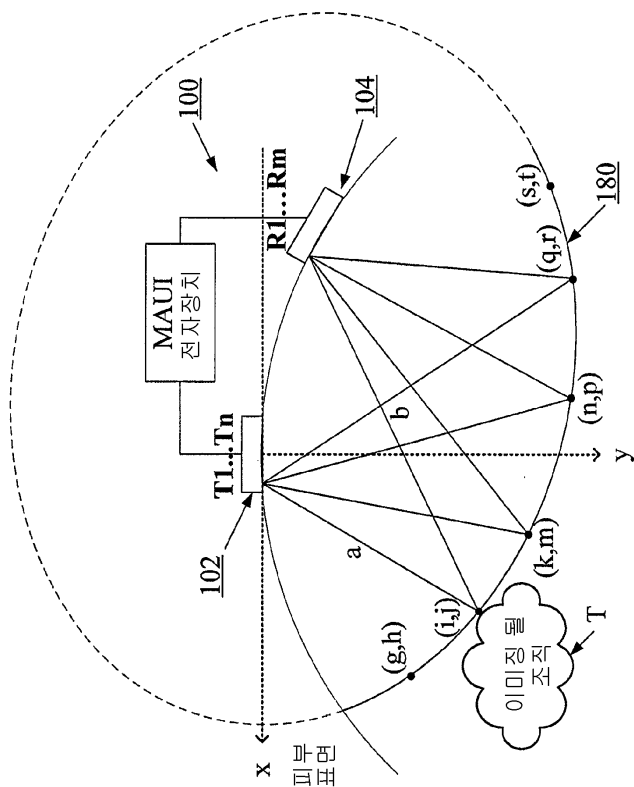
[0096] 본 발명에 속하는 부가적인 세부사항들에 관해 말하자면, 물질들 및 제조 기법들은 관련 분야의 당업자들의 수준에서 이용될 수 있다. 공통적으로 또는 논리적으로 이용되는 부가적인 동작들의 관점에서 본 발명의 방법-기반 양상들에 대해 동일한 내용이 참으로 유지될 수 있다. 또한, 설명된 본 발명의 변화들의 임의의 선택적 피쳐는 본 명세서에 설명된 피쳐들 중 임의의 하나 또는 그 초과와 것과 조합하여, 또는 독립적으로 진술되거나 청구될 수 있는 것으로 고려된다. 유사하게, 단일 아이템에 대한 참조는 제시된 다수의 동일한 아이템들이 존재할 가능성을 포함한다. 더욱 명확하게, 본 명세서 및 첨부된 청구항들에서 사용되는 바와 같이, 문맥이 명확히 달리 진술하지 않는 한, 단수 형태들("a," "and," "said" 및 "the")은 다수의 지시 대상들을 포함한다. 청구항들은 임의의 선택적 엘리먼트를 배제시키도록 작성될 수 있음이 추가로 유념된다. 마찬가지로, 이러한 진술은 청구항 엘리먼트들의 열거와 함께 "오로지(solely)", "단지(only)" 등과 같은 그러한 배타적인 용어의 사용 또는 "부정적" 제한의 사용을 위한 선행사 기반의 역할을 하도록 의도된다. 본 명세서에서 달리 정의되지 않는 한, 본 명세서에서 사용되는 모든 기술적 및 과학적 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자들에 의해 공통적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 갖는다. 본 발명의 폭넓음은 본 명세서에 의하여 제한되지 않으나, 그보다는 이용되는 청구항 용어들의 있는 그대로의 의미에 의해서만 제한된다.

도면

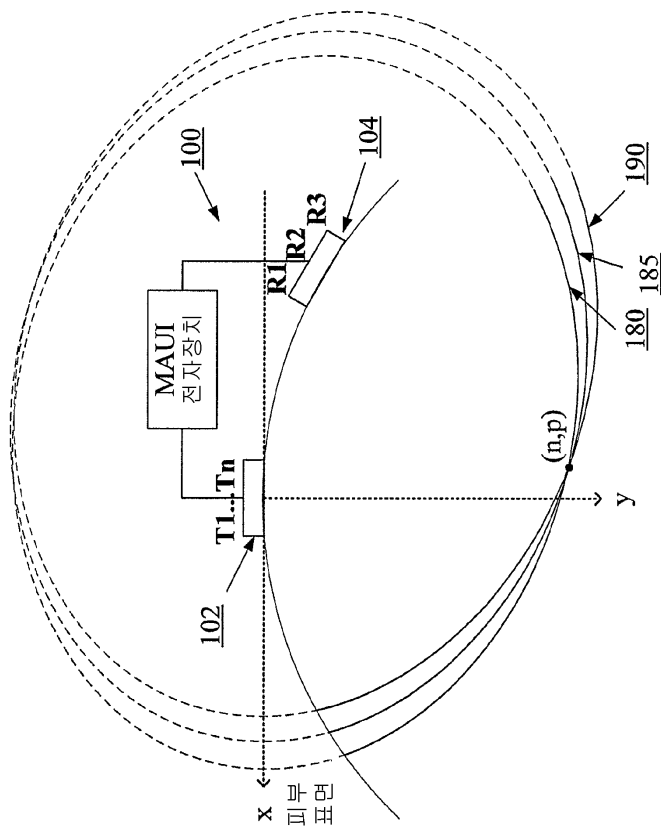
도면1a



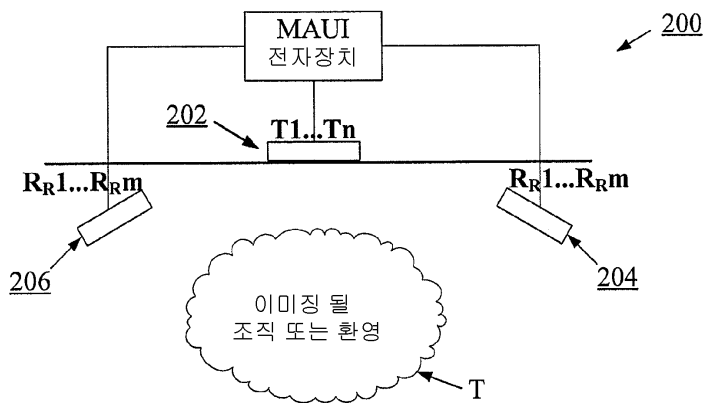
도면1b



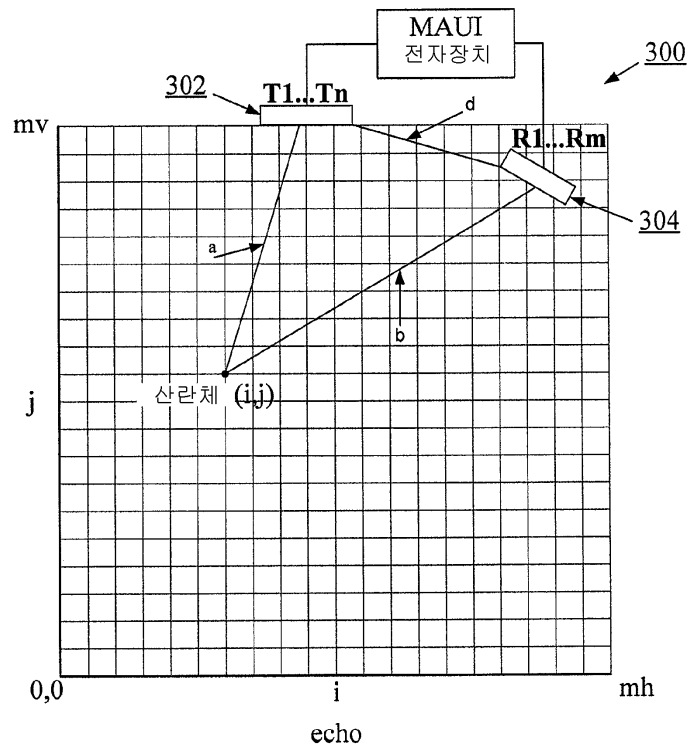
도면1c



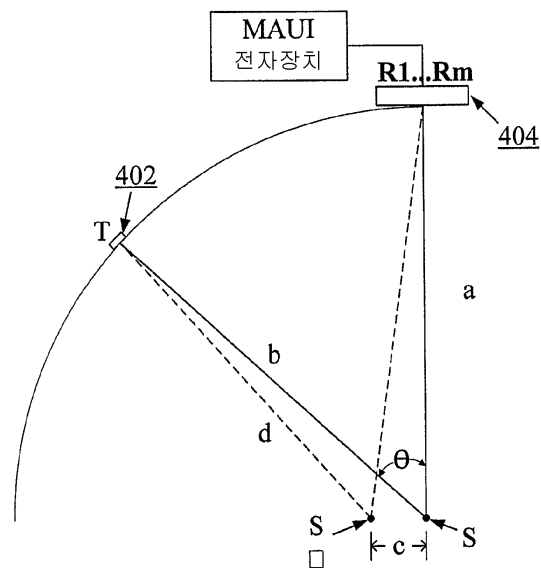
도면2



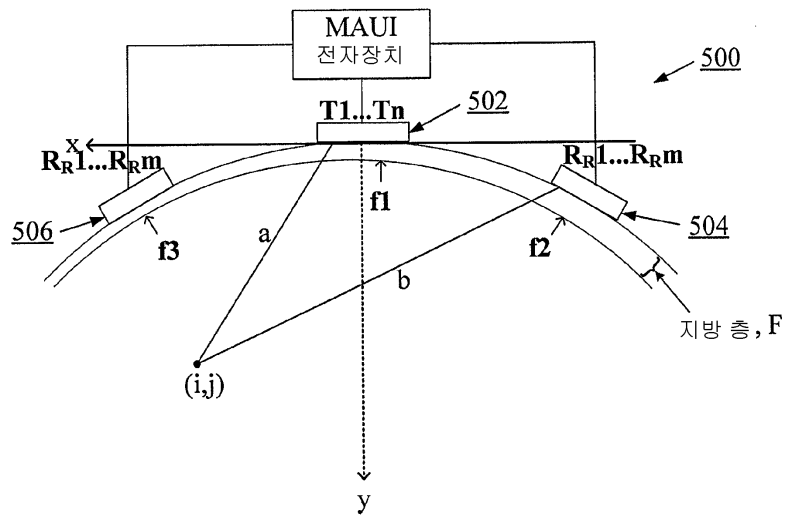
도면3



도면4



도면5



专利名称(译)	标题点源传输和使用多孔径超声成像的声波补偿		
公开(公告)号	KR1020130010892A	公开(公告)日	2013-01-29
申请号	KR1020127024410	申请日	2011-02-17
[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 스펙트도날드에프 BREWER KENNETH D 브루어케네쓰디		
发明人	스펙트,도날드에프. 브루어,케네쓰디.		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	G01S15/8961 G01S15/8927 G01S15/8977 A61B8/0883 G01S15/8993 A61B8/4477 G01S15/8913 G01S15/8997 G01S7/52049 A61B8/14 A61B8/5207 A61B8/4455 A61B8/145 A61B8/4444 A61B8/4483 A61B8/463 A61B8/5246 A61B8/5269		
优先权	61/305784 2010-02-18 US		
其他公开文献	KR102121040B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

在许多孔径超声成像系统和使用方法中提供了许多特征。在一些实施例中，多孔径超声成像系统被配置为将超声能量发射到各个物理超声孔并且从各个物理超声孔接收超声能量。在一些实施例中，多孔径超声成像系统的发射孔径被配置为通过目标区域发射靠近第一点源的全向非相干超声波形。在一些实施例中，超声能量在单个接收孔中被接收。在其他实施例中，利用多个接收孔接收超声能量。描述了可以组合由一个或多个接收孔接收的回波以形成高分辨率超声图像的算法。额外的算法可以解决组织声速的变化，使超声系统几乎可以在身体内部或身体上的任何地方使用。

