



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0098843
(43) 공개일자 2014년08월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/14 (2006.01) *G06T 7/20* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7018252
(22) 출원일자(국제) 2012년11월30일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2014년07월01일
(86) 국제출원번호 PCT/US2012/067341
(87) 국제공개번호 WO 2013/082455
국제공개일자 2013년06월06일
(30) 우선권주장
61/565,796 2011년12월01일 미국(US)
61/691,717 2012년08월21일 미국(US)

(71) 출원인
마우이 이미징, 인코포레이티드
미국 캘리포니아 씨니베일 슈트 107 지브랄타 드
라이브 256 (우: 94089)
(72) 발명자
스페치, 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

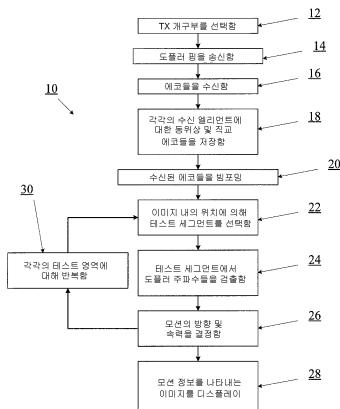
전체 청구항 수 : 총 57 항

(54) 발명의 명칭 평-기반 및 다수 개구부 도플러 초음파를 이용한 모션 검출

(57) 요 약

전체-필드 또는 "평-기반" 도플러 초음파 이미징의 방법은 범위 게이트들을 사전-정의할 필요 없이 이미징 필드에서의 임의의 포인트에서 이동하는 반사체들을 표시하는 도플러 신호들의 검출을 허용한다. 다양한 실시예들에서, 이러한 전체-필드 도플러 이미징 방법들은 송신 개구부로부터의 도플러 평을 송신하는 단계, 하나 또는 그보다 많은 별도의 수신 개구부들로 도플러 평의 에코들을 수신하는 단계, 도플러 신호들을 검출하는 단계, 및 이동하는 반사체들의 속력을 결정하는 단계를 포함할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 시스템은 다수의 수신 개구부들에 의해 수신된 에코 데이터에 기반으로 하여 연립방정식들의 세트를 구함으로써 모션의 방향을 결정하기 위한 능력을 또한 제공한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

스미스, 테이비드 웨.

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

콜, 조세프 알.

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

리, 비엣 남

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

리출, 브루스 알.

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

특허청구의 범위

청구항 1

도플러 초음파를 행하는 방법으로서,

트랜스듀서 어레이의 복수의 트랜스듀서 엘리먼트들로부터 송신 개구부를 선택하는 단계;

상기 송신 개구부로부터의 포커싱되지 않은 초음파 신호를 관심 영역으로 송신하는 단계;

제 1 수신 개구부 상에서 포커싱되지 않은 초음파 신호만의 에코들을 수신하는 단계;

수신된 에코들을 메모리 디바이스에 저장하는 단계;

상기 관심 영역 내의 복수의 반사체들의 각각에 대한 디스플레이 위치를 결정하기 위하여 상기 수신된 에코들을 빔포밍하는 단계;

상기 관심 영역의 수신된 에코 데이터로부터 제 1 테스트 세그먼트를 선택하는 단계;

상기 복수의 반사체들 중 적어도 하나의 반사체의 수신 단계의 에코들 내에서 도플러 주파수 시프트를 검출하는 단계;

상기 제 1 테스트 세그먼트 내에서 적어도 하나의 반사체의 속력을 결정하는 단계; 및

이미지 내의 상기 적어도 하나의 반사체의 모션 정보를 디스플레이하는 단계 – 상기 모션 정보는 상기 검출하는 단계 및 상기 결정하는 단계에 부분적으로 기반으로 함 –

를 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 결정하는 단계는 상기 제 1 테스트 세그먼트 내에서 상기 적어도 하나의 반사체의 모션의 방향을 결정하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

제 2 테스트 세그먼트를 선택하고, 그 다음으로, 상기 제 2 테스트 세그먼트 내의 상기 복수의 반사체들 중 적어도 하나의 반사체에 대하여, 상기 선택하는 단계, 상기 검출하는 단계, 상기 결정하는 단계, 및 상기 디스플레이하는 단계를 반복하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

제 2 테스트 세그먼트를 선택하는 단계를 더 포함하고, 상기 제 2 테스트 세그먼트는 상기 제 1 테스트 세그먼트 내의 상기 관심 영역의 일부 외부의 상기 관심 영역의 일부분인, ,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 송신하는 단계 및 상기 수신하는 단계를 선택하는 것은 상기 포커싱되지 않은 초음파 신호에 대한 사전-정

의된 범위 게이트 없이 수행되는,
도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 빔포밍하는 단계는 상기 검출하는 단계 전에 수행되는,
도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
상기 검출하는 단계는 상기 빔포밍하는 단계 전에 수행되는,
도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상기 테스트 세그먼트를 선택하는 단계는 상기 관심 영역 내의 픽셀 위치에 기반으로 하여 선택되는,
도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,
상기 테스트 세그먼트를 선택하는 단계는 상기 수신하는 단계로부터의 정보 및 b-모드 이미지와의 상관에 기반으로 하여 사용자에 의해 수동으로 수행되는,
도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,
상기 테스트 세그먼트를 선택하는 단계는 이미징 시스템에 의해 자동으로 수행되는,
도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,
관심 영역 내의 각각의 테스트 세그먼트를 시스템 방식으로 평가하는 단계를 더 포함하는,
도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,
상기 포커싱되지 않은 초음파 신호만의 수신된 에코들 내의 모든 각각의 테스트 세그먼트를 평가하는 단계를 더 포함하는,
도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서,
상기 관심 영역의 동시 B-모드 이미지의 컴퓨터 보조 검출 분석과, 상기 관심 영역 내의 상관된 위치 정보에 기

반으로 하여, 테스트 세그먼트를 선택하는 단계를 더 포함하는,
도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 14

제 7 항에 있어서,

상기 테스트 세그먼트를 선택하는 단계는 타겟 영역 내의 관심 심도에 대응하는 시간 범위에 부분적으로 기반으로 하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 15

제 7 항에 있어서,

상기 테스트 세그먼트를 선택하는 단계는 상기 수신하는 단계에서의 신호들 사이의 타이밍에 기반으로 하여 수행되는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 16

제 7 항에 있어서,

상기 테스트 세그먼트를 선택하는 단계는 상기 관심 영역 내의 모든 테스트 세그먼트들을 평가함으로써 수행되는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 17

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 수신 개구부와는 별도인 제 2 수신 개구부 상에서 에코들을 수신하는 단계를 더 포함하는,
도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 제 1 수신 개구부까지의 음향 경로에 의해 이미징된 각각의 픽셀에 대하여, 그리고 상기 제 2 수신 개구부까지의 음향 경로에 의해 이미징된 각각의 픽셀에 대하여 조절 인자를 연산하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 조절 인자를 상기 결정하는 단계의 결과에 적용함으로써 개선된 속력 측정치를 얻는 단계를 더 포함하는,
도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 20

제 18 항에 있어서,

상기 조절 인자는 $1/\cos(\Phi/2)$ 이고, Φ 는 상기 송신 개구부의 위치, 이미징된 각각의 픽셀의 위치 및 상기 제 1 수신 개구부 및 상기 제 2 수신 개구부의 각각의 위치들을 이용하여 정의된 각도들에 대한 송신기-반사체 라인 및 수신기-반사체 라인 사이의 각도인,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 21

제 19 항에 있어서,

상기 제 1 수신 개구부로부터 얻어진 조절된 속력 측정치를, 이동하는 반사체에 대한 상기 제 2 수신 개구부로부터 얻어진 조절된 속력 측정치와 합성하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 22

제 17 항에 있어서,

상기 제 1 반사체의 모션의 방향 및 크기를 나타내는 속도 벡터를 얻기 위하여, 상기 제 1 수신 개구부의 위치 및 상기 제 1 수신 개구부를 이용하여 얻어진 속력 측정치와, 상기 제 2 수신 개구부의 위치 및 상기 제 2 수신 개구부를 이용하여 얻어진 속력 측정치를 이용하는 것을 포함하는 연립방정식들을 구하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 제 1 반사체의 모션의 방향 및 크기를 나타내는 제 2 속도 벡터를 얻기 위하여, 상기 제 1 수신 개구부의 위치 및 상기 제 1 수신 개구부를 이용하여 얻어진 속력 측정치와, 제 3 수신 개구부의 위치 및 상기 제 3 수신 개구부를 이용하여 얻어진 속력 측정치를 이용하는 것을 포함하는 연립방정식들의 제 2 세트를 구하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

상기 제 1 반사체의 모션의 속력 및 방향을 설명하는 새로운 속도 벡터를 얻기 위하여, 상기 제 1 속도 벡터 및 상기 제 2 속도 벡터를 평균화하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 25

제 1 항에 있어서,

제 1 음향 경로 및 제 2 상이한 음향 경로로부터의 속도 측정치들을 이용하여 복수의 반사체들에 대한 제 1 복수의 속도 벡터들을 계산하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 26

제 25 항에 있어서,

상기 복수의 반사체들에 대한 이동의 지배적인 방향을 결정하기 위하여 상기 복수의 반사체들에 대한 상기 속도 벡터들의 각각의 평균화 동작을 수행하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 27

제 26 항에 있어서,

지배적인 모션 축에 따라 상기 속도 벡터의 컴포넌트와 관련된 상기 복수의 반사체들의 각각의 비-제로 속도 반사체에 컬러를 적용하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 28

제 25 항에 있어서,

상기 제 1 음향 경로 및 제 3 음향 경로로부터 얻어진 제 2 복수의 속도 벡터들을 계산하는 단계; 및 상기 제 1 복수의 속도 벡터들 및 상기 제 2 복수의 속도 벡터들을 평균화하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 29

제 22 항에 있어서,

상기 연립방정식들을 구하는 단계 전에 조절 인자를 적용하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 30

제 1 항에 있어서,

상기 송신하는 단계는, 선택된 주파수에서 약 7 개보다 더 많은 사이클들의 펄스 폭을 가지는 포커싱되지 않은 초음파 신호를 송신하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 31

제 1 항에 있어서,

상기 송신하는 단계는, B-모드 이미징을 위하여 이용되는 주파수보다 더 낮은 주파수를 가지는 포커싱되지 않은 초음파 신호를 송신하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 32

도플러 초음파로 이미징하는 방법으로서,

제 1 송신 개구부로부터의 제 1 포커싱되지 않은 반원형 초음파 파면 펄스를 이동하는 객체를 향해 송신하는 단계;

제 1 수신 개구부에서 제 1 파면 펄스의 에코들을 수신하는 단계;

제 2 수신 개구부에서 상기 제 1 파면 펄스의 에코들을 수신하는 단계; 및

상기 제 1 및 제 2 수신 개구부들에서의 수신된 에코들에 기반으로 하여 하나 또는 그보다 많은 테스트 세그먼트들에서의 객체 속도 벡터를 연산하는 단계

를 포함하는,

도플러 초음파로 이미징하는 방법.

청구항 33

제 32 항에 있어서,

이미지 내의 각각의 퍽셀에 대한 데이터 독립적 근사화들을 이용하여 최소 객체 속도를 연산하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파로 이미징하는 방법.

청구항 34

제 33 항에 있어서,

상기 데이터 독립적 근사화는, 제 1 측정된 속도 값을, 상기 송신 개구부, 제 1 테스트 세그먼트 및 상기 제 2 수신 개구부에 의해 정의된 제 1 각도의 절반의 코사인의 역과 곱셈하는 것을 포함하는,

도플러 초음파로 이미징하는 방법.

청구항 35

제 32 항에 있어서,

다수 개구부 프로브의 기하구조에 기반으로 하여 연립방정식들의 세트를 구함으로써, 상기 이동하는 반사체의 속력 및 방향을 연산하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파로 이미징하는 방법.

청구항 36

제 32 항에 있어서,

상기 속도 벡터의 방향을 연산하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파로 이미징하는 방법.

청구항 37

제 32 항에 있어서,

상기 속도 벡터의 크기를 연산하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파로 이미징하는 방법.

청구항 38

제 32 항에 있어서,

상기 속도 벡터의 크기는 제 1 속도 측정치 및 제 2 속도 측정치의 크기들의 합의 절반을 취함으로써 계산되고; 상기 제 1 속도 측정치는 상기 제 1 수신 개구부, 테스트 세그먼트 및 상기 제 2 수신 개구부 사이의 각도를 양분하는 음향 경로를 따라 취해지고; 상기 제 2 속도 측정치는 송신 개구부로부터 테스트 세그먼트로, 그 다음 상기 제 2 수신 개구부까지의 음향 경로를 따라 취해지는,

도플러 초음파로 이미징하는 방법.

청구항 39

제 32 항에 있어서,

상기 이동하는 객체의 지배적인 모션의 축을 표시하는 사용자 입력을 수신하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파로 이미징하는 방법.

청구항 40

제 39 항에 있어서,

지배적인 모션의 표시된 축을 따르는 모션을 표시하기 위하여 적어도 하나의 컬러를 디스플레이하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파로 이미징하는 방법.

청구항 41

제 32 항에 있어서,

지배적인 모션의 적어도 하나의 축을 식별하기 위하여 복수의 측정된 속도 벡터들을 자동으로 분석하는 단계를

더 포함하는,
도플러 초음파로 이미징하는 방법.

청구항 42

관심 영역 내에서 이동하는 객체들의 속도를 측정하는 방법으로서,
제 1 송신 개구부로부터의 제 1 포커싱되지 않은 반원형 초음파 파면 펄스를 송신하는 단계;
제 1 수신 개구부에서 제 1 파면 펄스의 에코들을 수신하는 단계;
수신된 에코들의 동위상 값들을 저장하는 단계;
상기 수신된 에코들의 직교 값들을 저장하는 단계; 및
상기 제 1 송신 개구부 또는 상기 제 1 수신 개구부에 대한 상기 관심 영역 내의 객체들의 모션의 크기 및 방향
을 결정하기 위하여 상기 동위상 및 직교 값들을 평가하는 단계
를 포함하는,
관심 영역 내에서 이동하는 객체들의 속도를 측정하는 방법.

청구항 43

제 42 항에 있어서,
송신 개구부 및 수신 개구부는 공통의 트랜스듀서 어레이 상에 위치결정되는,
관심 영역 내에서 이동하는 객체들의 속도를 측정하는 방법.

청구항 44

제 42 항에 있어서,
상기 제 1 수신 개구부와 별도인 제 2 수신 개구부에서 상기 제 1 파면 펄스의 에코들을 수신하는 단계, 및 상
기 수신된 에코들의 동위상 및 직교 값들을 저장하는 단계를 더 포함하는,
관심 영역 내에서 이동하는 객체들의 속도를 측정하는 방법.

청구항 45

다수 개구부 초음파 이미징 시스템으로 이미징된 객체의 모션을 검출하고 디스플레이하는 방법으로서,
다수 개구부 초음파 프로브의 송신 개구부로부터의 포커싱되지 않은 반원형 초음파 펄스들의 시퀀스를 송신하는
단계;
상기 다수 개구부 초음파 프로브의 수신 개구부로 상기 시퀀스의 각각의 펄스로부터의 에코들을 별도로 수신하
는 단계;
각각의 송신 펄스의 에코들로부터 완전한 이미지 프레임들의 시퀀스를 형성하는 단계;
이미징된 객체들의 모션을 검출하기 위하여 연속 이미지 프레임들에서의 차이들을 분석하는 단계; 및
상기 객체의 이미지를 디스플레이하고 검출된 모션을 강조표시하는 단계를 포함하고,
이미징 프레임 레이트는 연속적인 포커싱되지 않은 반원형 초음파 펄스들이 상기 송신하는 단계에서 송신되는
레이트와 동일한,
다수 개구부 초음파 이미징 시스템으로 이미징된 객체의 모션을 검출하고 디스플레이하는 방법.

청구항 46

제 45 항에 있어서,
상기 강조표시하는 단계는 지배적인 모션의 축을 따르는 모션에 컬러를 적용하는 단계를 포함하는,

다수 개구부 초음파 이미징 시스템으로 이미징된 객체의 모션을 검출하고 디스플레이하는 방법.

청구항 47

모션을 표시하는 초음파 이미지를 생성하는 방법으로서,

비-휘발성 디지털 메모리 디바이스로부터 제 1 데이터 세트를 리트리빙(retrieving)하는 단계 – 상기 제 1 데이터는 송신 개구부의 위치 및 방향 정보를 포함함 –;

비-휘발성 디지털 메모리 디바이스로부터 제 2 데이터 세트를 리트리빙하는 단계 – 상기 제 2 데이터 세트는 송신된 도플러 펑 신호들의 시퀀스의 에코들로부터 기인하는 일련의 에코 크기 값들을 포함함 –;

도플러 검출 파라미터들의 제 1 세트에 기반으로 하여 상기 제 2 데이터 세트의 적어도 일부분 내에서 도플러 시프트 주파수들을 검출하는 단계;

빔포밍 파라미터들의 제 2 세트에 기반으로 하여 적어도 하나의 이동하는 반사체의 위치를 결정하는 단계 – 적어도 하나의 파라미터는 상기 에코 데이터가 캡처되었던 라이브 이미징 세션 동안에 이용되는 값과는 상이한 값을 가짐 –

를 포함하는,

모션을 표시하는 초음파 이미지를 생성하는 방법.

청구항 48

제 47 항에 있어서,

상기 파라미터들의 제 1 세트 또는 상기 파라미터들의 제 2 세트는 송신 개구부 정의, 수신 개구부 정의, 테스트 세그먼트, 지배적인 방향 축, 저속 이동 값 초과의 고속 이동 값을 특징화하기 위한 상대적인 이동 임계값, 도플러 모션 추정 알고리즘, 사운드의 속력 가정, 하나 또는 그보다 많은 가중 인자들, 디-컨벌루션 필터링 값, 정합된 필터링 값, 교정 데이터 값, 또는 송신 데이터 값 중 하나 또는 그보다 많은 것을 포함하는,

모션을 표시하는 초음파 이미지를 생성하는 방법.

청구항 49

제 47 항에 있어서,

상기 도플러 검출 파라미터들은 테스트 세그먼트 정의, 지배적인 방향 축 정의, 최소 속력 임계값, 및 도플러 모션 추정 알고리즘 중 적어도 하나를 포함하는,

모션을 표시하는 초음파 이미지를 생성하는 방법.

청구항 50

제 47 항에 있어서,

상기 빔포밍 파라미터들은 사운드의 속력 값, 가중 인자, 적용된 필터 유형, 프로브 교정 데이터, 및 초음파 송신 신호를 설명하는 데이터 중 적어도 하나를 포함하는,

모션을 표시하는 초음파 이미지를 생성하는 방법.

청구항 51

도플러 초음파를 행하는 방법으로서,

제 1 단일 포커싱되지 않은 초음파 신호를 타겟 객체로 송신하는 단계;

상기 제 1 단일 포커싱되지 않은 초음파 신호의 에코들을 수신하는 단계; 및

상기 제 1 단일 포커싱되지 않은 초음파 신호의 에코들로부터 상기 타겟 객체의 적어도 2 개의 별도의 영역들에 서의 모션을 검출하는 단계

를 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 52

제 51 항에 있어서,

상기 송신하는 단계를 수행하기 위하여 이용되는 개구부를 이용하지 않고 하나 또는 그보다 많은 수신으로 상기 수신하는 단계를 수행하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 53

제 51 항에 있어서,

상기 타겟 객체를 포함하는 관심 영역 내에서 복수의 반사체들의 각각에 대한 디스플레이 위치를 결정하기 위하여 수신된 에코들을 범포밍하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 54

제 51 항에 있어서,

상기 모션을 검출하는 단계는 상기 제 1 단일 포커싱되지 않은 초음파 신호의 수신된 에코들 내에서 적어도 하나의 픽셀의 도플러 주파수 시프트를 검출하는 단계를 더 포함하는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 55

제 51 항에 있어서,

상기 송신하는 단계 및 수신하는 단계를 선택하는 것은 상기 제 1 단일 포커싱되지 않은 초음파 신호에 대한 사전-정의된 범위 게이트 없이 수행되는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 56

제 53 항에 있어서,

상기 범포밍하는 단계는 상기 검출하는 단계 전에 수행되는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

청구항 57

제 53 항에 있어서,

상기 범포밍하는 단계는 상기 검출하는 단계 후에 수행되는,

도플러 초음파를 행하는 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 관련 출원들에 대한 상호 참조

[0002] 이 출원은 "Doppler Ultrasound Imaging Using a Multiple Aperture Probe"라는 명칭으로 2011년 12월 1일자로 출원된 미국 특허 출원 제61/565,796호, 및 "Ultrasound Imaging System Memory Architecture"라는 명칭으로 2012년 8월 21일자로 출원된 미국 특허 출원 제61/691,717호의 이익을 주장하며, 이 둘은 참조를 위해 본원에 병합된다.

[0003] 이 출원은 "Method And Apparatus To Produce Ultrasonic Images Using Multiple Apertures"라는 명칭으로 2007년 10월 1일자로 출원된 미국 특허 출원 제11/865,501호, 지금은 미국 특허 제8,007,439호; "Imaging With Multiple Aperture Medical Ultrasound And Synchronization Of Add-On Systems"라는 명칭으로 2011년 1월 6일자로 출원된 미국 특허 출원 제13/002,778호, 지금은 미국 공개 제2011-0178400-A1호; "Universal Multiple Aperture Medical Ultrasound Probe"라는 명칭으로 2010년 4월 14일자로 출원된 미국 특허 출원 제12/760,375호, 지금은 미국 공개 제2010-0262013-A1호; "Multiple Aperture Ultrasound Array Alignment Fixture"라는 명칭으로 2010년 4월 14일자로 출원된 미국 특허 출원 제12/760,327호, 지금은 미국 공개 제2010-0268503-A1호; "Multiple Aperture Probe Internal Apparatus and Cable Assemblies"라는 명칭으로 2011년 10월 12일자로 출원된 미국 특허 출원 제13/272,098호, 지금은 미국 공개 제2012-0095347-A1호; "Concave Ultrasound Transducers and 3D Arrays"라는 명칭으로 2011년 10월 12일자로 출원된 미국 특허 출원 제13/272,105호, 지금은 미국 공개 제2012-0095343-A1호; 및 "Point Source Transmission And Speed-Of-Sound Correction Using Multi-Aperture Ultrasound Imaging"이라는 명칭으로 2011년 2월 17일자로 출원된 미국 특허 출원 제13/029,907호, 지금은 미국 공개 제2011-0201933-A1호와 관련된다.

참조를 위한 병합

[0005] 이 명세서에서 언급된 모든 공보들 및 특허 출원들은 각각의 개별적인 공보 또는 특허 출원이 참조를 위해 병합되는 것으로 구체적으로 그리고 개별적으로 표시되었던 경우와 동일한 정도까지 참조를 위해 본원에 병합된다.

분야

[0007] 이 개시 내용은 일반적으로 의료용 이미징에 관한 것으로, 특히, 다수의 개구부들을 갖는 프로브를 이용한 도플러 초음파 이미징에 관한 것이다.

배경기술

[0008] 의료용 초음파에서의 도플러 방법들은 혈류를 이미징하고 수량화하기 위한 다수의 관련된 기술들을 망라한다. 정지 타겟들에 대하여, 트랜스듀서로부터 송신되고, 타겟으로부터 반사되고, 트랜스듀서로 다시 복귀되는 초음파 펄스의 왕복 이동 시간은 각각의 송신된 펄스에 대해 동일하다. 이동 객체의 경우, 연속적인 초음파검사 리턴 (echographic return)들은 송신된 펄스에 대하여 상이한 시간들에 도달할 것이다. 예를 들어, 정지 왕복 시간보다 더 작은 간격들로 수신되는 초음파검사 리턴들은 TX/RX 프로브를 향해 이동하는 반사체들을 나타낼 수도 있는 반면, 정지 왕복 시간보다 더 긴 간격들로 수신된 리턴들은 TX/RX 프로브로부터 멀어지도록 이동하는 반사체들을 나타낼 수도 있다. 이것은 잘 알려진 도플러 효과의 결과이며, 이것은 상대적인 주파수들의 측면에서 또한 설명될 수도 있다. 주파수 도메인에서, 예상보다 더 높은 주파수에서 수신되는 반사된 신호들은 송신기/수신기를 향해 이동하는 반사체들을 나타낼 수도 있는 반면, 예상보다 더 낮은 주파수에서 수신되는 반사된 신호들은 송신기/수신기로부터 멀어지도록 이동하는 반사체들을 나타낼 수도 있다. 이 정보로부터, 이동하는 반사체의 속도가 추정될 수 있다.

[0009] 기존의 초음파(또는 본원에서 이용되는 바와 같은 "스캔라인 기반(scanline based)" 초음파)는 실질적으로 선형의 송신 파형을 생성하고 조향하기 위하여 위상설정 어레이(phased array) 제어기를 사용한다. B-모드 이미지를 생성하기 위하여, 이러한 선형 파형들(또는 "스캔라인들")의 시퀀스가 생성될 수도 있고 관심 영역을 가로질러 스캔하도록 조향될 수도 있다. 에코(echo)들은 각각의 스캔라인을 따라 수신된다. 다음으로, 개별적인 스캔라인들은 완전한 이미지를 형성하기 위하여 합성될 수도 있다.

[0010] 전통적인 스캔라인-기반 초음파 경로는 (스캔라인 축을 따라) 방향성으로, 스캔라인 축을 따르는 모션만 도플러(모션) 신호를 생성한다. 스캔라인을 횡단하는 흐름은 이러한 기존의 방법들을 이용하여 검출가능하지 않고, 따라서, 기존의 도플러 방법들에서 얻어진 속도 크기들은 송신/수신 스캔라인 축을 따라 놓여 있는 흐름 속도 벡터의 성분만을 나타낸다. 흐름 속도 벡터의 진정한 크기를 추정하기 위해서는, 벡터 도플러 방법들이 채용된다. 이 방법들은 흐름 벡터 및 흐름 속도 벡터의 방향을 추정하기 위하여 다수의 교차하는 스캔라인들로부터의 데이터에 의존한다.

[0011] 혈류의 상이한 양상들을 제시하기 위하여 몇몇 스캔라인-기반 도플러 방법들이 개발되었다. 전형적으로, 흐름 필드(flow field)의 "공간 이미징"(그렇지 않을 경우에는, "B-모드" 이미징 또는 "섹터 스캔(sector scan)" 이미징이라고 지칭됨)은 혈관들을 위치결정하고, 그 사이즈를 측정하고, 흐름 구조를 관찰하기 위하여 이용된다. "흐름 이미징"은 중첩되어 있는 두 유형의 이미지들을 합성하는 "듀플렉스(duplex)" 모드에서 초음파검사 이미

정과 함께 이용되고, 초음파검사 진폭은 컬러로 된 흐름 속도 및 그레이스케일로 제시된다.

[0012] 초음파 검사자는 관심 영역 내에서 선택된 훨씬 더 작은 샘플 부피를 선택함으로써 흐름 속도의 상세한 수량화(quantification)를 얻을 수도 있다. 독립적으로 샘플링되고 프로세싱될 수 있는 최소 부피는 스캔라인 범의 측방향 범 폭들(이미징 평면 내부 및 외부) 및 축 길이(송신 펄스 길이)에 의해 주어진다. 스캔라인-기반 도플러 방법들을 이용하면, "범위 게이트(range gate)", "도플러 게이트", 또는 "도플러 범위 게이트"라고 또한 알려진 이 작은 샘플 부피가 도플러 초음파 신호들의 송신 및 수신 이전에 사용자 인터페이스를 통해 초음파 검사자에 의해 정의되어야 한다. 도플러 범위 게이트를 사전-정의하기 위한 이 요건은, 사전-정의된 범위 게이트의 외부에 놓여 있는 이동하는 반사체들이 새로운 범위 게이트를 정의하지 않고는 식별될 수 없을 수도 있고, 이것은 별도의 도플러 이미징 세션을 행할 것을 요구할 수도 있다는 것을 의미한다.

[0013] 스캔라인-기반 도플러 이미징은 스캔라인-기반 초음파 이미징 시스템 내에서 B-모드 이미지들의 프레임-레이트에 대한 실질적인 제한들을 또한 부과할 수 있다. 스캔라인-기반 초음파 이미징 시스템의 프레임 레이트는 프레임당 스캔라인들의 수로 나누어진 펄스-반복 주파수(이미징된 매체에서 초음파의 왕복 이동 시간에 의해 제한되는 PRF(pulse-repetition frequency))이다. 전형적인 스캔라인-기반 초음파 이미징 시스템들은 프레임당 약 64 개와 약 192 개의 스캔라인들 사이를 이용한다. 전형적으로, 8 개와 32 개의 펄스-에코 이벤트들 사이의 양상블(ensemble)은 관심 영역에서의 각각의 도플러 스캔라인에 대해 이용된다. 이러한 도플러 양상블들은 효과적으로 B-모드 섹터 스캔에 대한 중단이 되어, 그렇지 않을 경우에 시스템이 할 수 있을 것보다 더 낮은 B-모드 프레임 레이트(또는 B-모드 프레임당 더 적은 스캔라인들을 요구함)로 귀착된다.

발명의 내용

[0014] 하나의 양상에서, 트랜스듀서 어레이의 복수의 트랜스듀서 엘리먼트들로부터 송신 개구부를 선택함으로써 도플러 초음파를 행하는 방법이 제공된다. 다음으로, 상기 송신 개구부로부터의 포커싱되지 않은 초음파 신호를 관심 영역으로 송신하고, 다음으로, 제 1 수신 개구부 상에서 포커싱되지 않은 초음파 신호만의 에코들을 수신한다. 또한, 수신된 에코들을 메모리 디바이스에 저장하는 단계가 있다. 다음으로, 상기 관심 영역 내의 복수의 반사체들의 각각에 대한 디스플레이 위치를 결정하기 위하여 상기 수신된 에코들을 빔포밍하는 단계가 있다. 상기 관심 영역의 수신된 에코 데이터로부터 제 1 테스트 세그먼트를 선택하는 단계, 및 상기 복수의 반사체들 중 적어도 하나의 반사체의 수신 단계의 에코들 내에서 도플러 주파수 시프트를 또한 검출하는 단계. 또한, 상기 제 1 테스트 세그먼트 내에서 적어도 하나의 반사체의 속력을 결정하는 단계가 있다. 최종적으로, 이미지 내의 상기 적어도 하나의 반사체의 모션 정보를 디스플레이하는 단계가 있고, 상기 모션 정보는 상기 검출하는 단계 및 상기 결정하는 단계에 부분적으로 기반으로 한다.

[0015] 방법은, 상기 결정하는 단계에서, 상기 제 1 테스트 세그먼트 내에서 상기 적어도 하나의 반사체의 모션의 방향을 결정하는 단계를 또한 선택적으로 포함할 수도 있다. 방법의 하나의 양상에서, 제 2 테스트 세그먼트를 선택하고, 그 다음으로, 상기 제 2 테스트 세그먼트 내의 상기 복수의 반사체들 중 적어도 하나의 반사체에 대하여, 상기 선택하는 단계, 상기 검출하는 단계, 상기 결정하는 단계, 및 상기 디스플레이하는 단계를 반복하는 단계가 있다.

[0016] 또 다른 양상에서, 방법은, 제 2 테스트 세그먼트를 선택하는 단계로서, 상기 제 2 테스트 세그먼트는 상기 제 1 테스트 세그먼트 내의 상기 관심 영역의 일부 외부의 상기 관심 영역의 일부분인, 상기 제 2 테스트 세그먼트를 선택하는 단계를 또한 포함할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 상기 송신하는 단계 및 상기 수신하는 단계를 선택하는 것은 상기 포커싱되지 않은 초음파 신호에 대한 사전-정의된 범위 게이트 없이 수행된다. 하나의 양상에서, 상기 빔포밍하는 단계는 상기 검출하는 단계 전에 수행된다. 또 다른 양상에서, 상기 검출하는 단계는 상기 빔포밍하는 단계 전에 수행된다. 또 다른 양상들에서, 상기 테스트 세그먼트를 선택하는 단계는 상기 관심 영역 내의 꿀벌 위치에 기반으로 하여 선택된다. 또 다른 추가의 일부 양상들이 진행될 수도 있고, 이에 따라, 상기 테스트 세그먼트를 선택하는 단계는 상기 수신하는 단계로부터의 정보 및 b-모드 이미지와의 상관에 기반으로 하여 사용자에 의해 수동으로 수행된다.

[0017] 일부 추가적인 대안들에서, 상기 테스트 세그먼트를 선택하는 단계는 이미징 시스템에 의해 자동으로 수행된다. 또 다른 양상에서, 관심 영역 내의 각각의 테스트 세그먼트를 시스템 방식으로 평가하는 단계가 포함될 수도 있다. 상기 포커싱되지 않은 초음파 신호만의 수신된 에코들 내의 모든 각각의 테스트 세그먼트를 평가하는 단계. 또 다른 추가의 양상들에서, 상기 관심 영역의 동시 B-모드 이미지의 컴퓨터 보조 검출 분석과, 상기 관심 영역 내의 상관된 위치 정보에 기반으로 하여, 테스트 세그먼트를 선택하는 단계가 있다. 일부 양상들에서, 상기 테스트 세그먼트를 선택하는 단계는 상기 수신하는 단계에서의 신호들 사이의 타이밍에 기반으로 하여 수

행된다. 또 다른 양상들에서, 상기 테스트 세그먼트를 선택하는 단계는 타겟 영역 내의 관심 심도에 대응하는 시간 범위에 부분적으로 기반으로 한다. 또 추가의 상기 테스트 세그먼트를 선택하는 단계는 상기 관심 영역 내의 모든 테스트 세그먼트들을 평가함으로써 수행된다.

[0018] 또 다른 추가적인 실시예들에서, 또한, 상기 제 1 수신 개구부와는 별도인 제 2 수신 개구부 상에서 에코들을 수신하는 단계가 있다. 또 다른 대안에서, 상기 제 1 수신 개구부까지의 음향 경로에 의해 이미징된 각각의 픽셀에 대하여, 그리고 상기 제 2 수신 개구부까지의 음향 경로에 의해 이미징된 각각의 픽셀에 대하여 조절 인자를 연산하는 프로세스가 있다. 상기 조절 인자를 상기 결정하는 단계의 결과에 적용함으로써 개선된 속력 측정치를 얻는 방법이 또한 제공될 수도 있다. 일부 양상들에서, 상기 조절 인자는 $1/\cos(\Phi/2)$ 이고, Φ 는 상기 송신 개구부의 위치, 이미징된 각각의 픽셀의 위치 및 상기 제 1 수신 개구부 및 상기 제 2 수신 개구부의 각각의 위치들을 이용하여 정의된 각도들에 대한 송신기-반사체 라인 및 수신기-반사체 라인 사이의 각도이다. 다른 것들에서, 상기 제 1 수신 개구부로부터 얻어진 조절된 속력 측정치를, 이동하는 반사체에 대한 상기 제 2 수신 개구부로부터 얻어진 조절된 속력 측정치와 합성하는 방법이 있다. 또 다른 것들에서, 상기 제 1 반사체의 모션의 방향 및 크기를 나타내는 속도 벡터를 얻기 위하여, 상기 제 1 수신 개구부의 위치 및 상기 제 1 수신 개구부를 이용하여 얻어진 속력 측정치와, 상기 제 2 수신 개구부의 위치 및 상기 제 2 수신 개구부를 이용하여 얻어진 속력 측정치를 이용하는 것을 포함하는 연립방정식들을 구하는 방법이 있다. 다른 양상들에서, 또한, 상기 제 1 반사체의 모션의 방향 및 크기를 나타내는 제 2 속도 벡터를 얻기 위하여, 상기 제 1 수신 개구부의 위치 및 상기 제 1 수신 개구부를 이용하여 얻어진 속력 측정치와, 제 3 수신 개구부의 위치 및 상기 제 3 수신 개구부를 이용하여 얻어진 속력 측정치를 이용하는 것을 포함하는 연립방정식들의 제 2 세트를 구하는 방법이 있다. 또 다른 양상에서, 또한, 상기 제 1 반사체의 모션의 속력 및 방향을 설명하는 새로운 속도 벡터를 얻기 위하여, 상기 제 1 속도 벡터 및 상기 제 2 속도 벡터를 평균화하는 단계가 있다.

[0019] 일부 추가적인 양상들에서, 또한, 제 1 음향 경로 및 제 2 상이한 음향 경로로부터의 속도 측정치들을 이용하여 복수의 반사체들에 대한 제 1 복수의 속도 벡터들을 계산하는 방법이 있다. 일부 양상들에서, 상기 복수의 반사체들에 대한 이동의 지배적인 방향을 결정하기 위하여 상기 복수의 반사체들에 대한 상기 속도 벡터들의 각각의 평균화 동작을 수행하는 단계가 있다. 일부 양상들에서, 지배적인 모션 축에 따라 상기 속도 벡터의 컴포넌트와 관련된 상기 복수의 반사체들의 각각의 비-제로 속도 반사체에 걸러를 적용하는 단계가 있다. 또 다른 추가의 대안들은 상기 제 1 음향 경로 및 제 3 음향 경로로부터 얻어진 제 2 복수의 속도 벡터들을 계산하는 방법; 및 상기 제 1 복수의 속도 벡터들 및 상기 제 2 복수의 속도 벡터들을 평균화하는 단계를 제공할 수도 있다. 또 다른 실시예들에서, 또한, 상기 연립방정식들을 구하는 단계 전에 조절 인자를 적용하는 추가적인 단계들이 있을 수도 있다. 일부 양상들에서, 상기 송신하는 단계는, 선택된 주파수에서 약 7 개보다 더 많은 사이클들을 펄스 폭을 가지는 포커싱되지 않은 초음파 신호를 송신하는 단계를 포함할 수도 있고, 또 다른 양상에서, 포커싱되지 않은 초음파 신호를 송신하는 단계는 B-모드 이미징을 위하여 이용되는 주파수보다 더 낮은 주파수를 가진다.

[0020] 도플러 초음파로 이미징하는 방법의 추가의 대안적인 양상들에서, 제 1 송신 개구부로부터의 제 1 포커싱되지 않은 반원형 초음파 파면 펄스를 이동하는 객체를 향해 송신하는 단계가 제공된다. 다음으로, 제 1 수신 개구부에서 제 1 파면 펄스의 에코들을 수신하고, 제 2 수신 개구부에서 상기 제 1 파면 펄스의 에코들을 수신하는 단계가 있다. 그 다음으로, 상기 제 1 및 제 2 수신 개구부들에서의 수신된 에코들에 기반으로 하여 하나 또는 그보다 많은 테스트 세그먼트들에서의 객체 속도 벡터를 연산하는 단계가 있다. 하나의 양상에서, 또한, 이미지 내의 각각의 픽셀에 대한 데이터 독립적 근사화들을 이용하여 최소 객체 속도를 연산하는 프로세스가 있다. 또 다른 양상들은 상기 데이터 독립적 근사화는, 제 1 측정된 속도 값을, 상기 송신 개구부, 제 1 테스트 세그먼트 및 상기 제 2 수신 개구부에 의해 정의된 제 1 각도의 절반의 코사인의 역과 곱셈하는 것을 제공한다. 또 다른 대안들은 다수 개구부 프로브의 기하구조에 기반으로 하여 연립방정식들의 세트를 구함으로써, 상기 이동하는 반사체의 속력 및 방향을 연산하는 단계를 제공한다. 또한, 일부 예시적인 실시예들에서, 상기 속도 벡터의 방향을 연산하거나, 상기 속도 벡터의 크기를 연산하는 양상들이 있을 수도 있다. 하나의 양상에서, 상기 속도 벡터의 크기는 제 1 속도 측정치 및 제 2 속도 측정치의 크기들의 합의 절반을 취함으로써 계산되고; 상기 제 1 속도 측정치는 상기 제 1 수신 개구부, 테스트 세그먼트 및 상기 제 2 수신 개구부 사이의 각도를 양분하는 음향 경로를 따라 취해지고; 상기 제 2 속도 측정치는 송신 개구부로부터 테스트 세그먼트로, 상기 제 2 수신 개구부까지의 음향 경로를 따라 취해진다.

[0021] 또 다른 양상들에서, 상기 이동하는 객체의 지배적인 모션의 축을 표시하는 사용자 입력을 수신하는 단계가 있다.

- [0022] 또 다른 양상들에서, 지배적인 모션의 표시된 축을 따르는 모션을 표시하기 위하여 적어도 하나의 컬러를 디스플레이하는 단계가 제공된다. 추가적으로, 또한, 지배적인 모션의 적어도 하나의 축을 식별하기 위하여 복수의 측정된 속도 벡터들을 자동으로 분석하는 이 방법의 양상들이 있을 수도 있다.
- [0023] 또 다른 대안적인 실시예에서, 제 1 송신 개구부로부터의 제 1 포커싱되지 않은 반원형 초음파 파면 펄스를 송신함으로써, 관심 영역 내에서 이동하는 객체들의 속도를 측정하는 방법이 제공된다. 또한, 제 1 수신 개구부에서 제 1 파면 펄스의 에코들을 수신하는 단계; 수신된 에코들의 동위상 값들을 저장하는 단계; 상기 수신된 에코들의 직교 값들을 저장하는 단계; 및 상기 제 1 송신 개구부 또는 상기 제 1 수신 개구부에 대한 상기 관심 영역 내의 객체들의 모션의 크기 및 방향을 결정하기 위하여 상기 동위상 및 직교 값들을 평가하는 단계가 있다. 하나의 양상에서, 송신 개구부 및 수신 개구부는 공통의 트랜스듀서 어레이 상에 위치결정된다. 또 다른 양상에서, 상기 제 1 수신 개구부와 별도인 제 2 수신 개구부에서 상기 제 1 파면 펄스의 에코들을 또한 수신하는 단계, 및 상기 수신된 에코들의 동위상 및 직교 값들을 저장하는 단계가 있다.
- [0024] 또 다른 대안적인 실시예에서, 다수 개구부 초음파 프로브의 송신 개구부로부터의 포커싱되지 않은 반원형 초음파 펄스들의 시퀀스를 송신하는 단계를 포함하는, 다수 개구부 초음파 이미징 시스템으로 이미징된 객체의 모션을 검출하고 디스플레이하는 방법이 제공된다. 또한, 상기 다수 개구부 초음파 프로브의 수신 개구부로 상기 시퀀스의 각각의 펄스로부터의 에코들을 별도로 수신하는 단계가 있다. 하나의 양상에서, 연속적인 포커싱되지 않은 반원형 초음파 펄스들이 상기 송신하는 단계에서 송신되는 레이트와 동일한 이미징 프레임 레이트가 있다. 또한, 양상들은 각각의 송신 펄스의 에코들로부터 완전한 이미지 프레임들의 시퀀스를 형성하는 단계; 이미징된 객체들의 모션을 검출하기 위하여 연속 이미지 프레임들에서의 차이들을 분석하는 단계; 및 추가적으로 또는 대안적으로, 상기 객체의 이미지를 디스플레이하고 검출된 모션을 강조표시하는 단계를 포함한다. 일부 양상들에서, 상기 강조표시하는 단계는 지배적인 모션의 축을 따르는 모션에 컬러를 적용하는 단계를 포함한다.
- [0025] 또 다른 양상에서, 비-휘발성 디지털 메모리 디바이스로부터 제 1 데이터 세트를 리트리빙(retrieving)하는 단계로서, 상기 제 1 데이터는 송신 개구부의 위치 및 배향 정보를 포함하는, 상기 제 1 데이터 세트를 리트리빙하는 단계와, 비-휘발성 디지털 메모리 디바이스로부터 제 2 데이터 세트를 리트리빙하는 단계로서, 상기 제 2 데이터 세트는 송신된 도플러 평 신호들의 시퀀스의 에코들로부터 기인하는 일련의 에코 크기 값들을 포함하는, 상기 제 2 데이터 세트를 리트리빙하는 단계에 의해, 모션을 표시하는 초음파 이미지를 생성하는 방법이 있다. 그 다음으로, 도플러 검출 파라미터들의 제 1 세트에 기반으로 하여 상기 제 2 데이터 세트의 적어도 일부분 내에서 도플러 시프트 주파수들을 검출하는 단계가 있다. 일부 양상들에서, 범포밍 파라미터들의 제 2 세트에 기반으로 하여 적어도 하나의 이동하는 반사체의 위치를 결정하는 단계로서, 적어도 하나의 파라미터는 상기 에코 데이터가 캡처되었던 라이브 이미징 세션 동안에 이용되는 값과는 상이한 값을 가지는, 상기 결정하는 단계가 있다. 추가적인 양상들에서, 상기 파라미터들의 제 1 세트 또는 상기 파라미터들의 제 2 세트는 송신 개구부 정의, 수신 개구부 정의, 테스트 세그먼트, 지배적인 방향 축, 저속 이동 값 이상의 고속 이동 값을 특징화하기 위한 상대적인 이동 임계값, 도플러 모션 추정 알고리즘, 사운드의 속력 가정, 하나 또는 그보다 많은 가중 인자들, 디-컨벌루션 필터링 값, 정합된 필터링 값, 교정 데이터 값, 또는 송신 데이터 값 중 하나 또는 그보다 많은 것을 포함한다. 또 다른 추가의 대안적인 양상들에서, 상기 도플러 검출 파라미터들은 테스트 세그먼트 정의, 지배적인 방향 축 정의, 최소 속력 임계값, 및 도플러 모션 추정 알고리즘 중 적어도 하나를 포함한다. 또 다른 추가적인 양상들에서, 상기 범포밍 파라미터들은 사운드의 속력 값, 가중 인자, 적용된 필터 유형, 프로브 교정 데이터, 및 초음파 송신 신호를 설명하는 데이터 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0026] 또 다른 추가적인 또는 대안적인 양상에서, 제 1 단일 포커싱되지 않은 초음파 신호를 타겟 객체로 송신하는 단계에 의해 도플러 초음파를 행하는 방법이 제공된다. 다음으로, 상기 제 1 단일 포커싱되지 않은 초음파 신호의 에코들을 수신하는 단계가 있다. 다음으로, 상기 제 1 단일 포커싱되지 않은 초음파 신호의 에코들로부터 상기 타겟 객체의 적어도 2 개의 별도의 영역들에서의 모션을 검출하는 단계가 있다. 일부 양상들에서, 또한, 상기 송신하는 단계를 수행하기 위하여 이용되는 개구부를 이용하지 않고 하나 또는 그보다 많은 수신으로 상기 수신하는 단계를 수행하는 단계가 있을 수도 있다. 또한, 또 다른 양상들은 상기 타겟 객체를 포함하는 관심 영역 내에서 복수의 반사체들의 각각에 대한 디스플레이 위치를 결정하기 위하여 수신된 에코들을 범포밍할 수도 있다. 또 다른 양상들에서, 또한, 상기 제 1 단일 포커싱되지 않은 초음파 신호의 수신된 에코들 내에서 적어도 하나의 픽셀의 도플러 주파수 시프트를 더 검출하는 상기 모션을 검출하는 단계가 있을 수도 있다. 또 다른 양상에서, 상기 송신하는 단계 및 수신하는 단계를 선택하는 것은 상기 제 1 단일 포커싱되지 않은 초음파 신호에 대한 사전-정의된 범위 게이트 없이 수행된다. 또 다른 양상에서, 상기 범포밍하는 단계는 상기 검출하는 단계 전에 수행된다. 또 다른 양상에서, 상기 범포밍하는 단계는 상기 검출하는 단계 후에 수행된다.

[0027] 또 다른 양상에서, 상기 실시예들 중 임의의 것에 따라 도플러 시프트를 검출하는 방법이 제공되고, 이에 따라, 임의의 테스트 세그먼트의 시프트는 각각의 평 또는 포커싱되지 않은 초음파 신호의 에코 리턴(return)들로부터의 이미지들을 범포밍함으로써 관련된 b-모드 이미지에 대해 지정된다. 그 다음으로, 테스트 세그먼트에서의 각각의 평에 대한 샘플들의 시퀀스에 기반으로 하여 도플러 주파수 시프트를 추정한다.

[0028] 상기 실시예들 중 임의의 것에 따라 도플러 시프트를 검출하는 방법으로서, 이에 따라, 테스트 세그먼트는 수신 엘리먼트에서의 평 개시 후에 응답 시간으로서 지정된다. 그 다음으로, 도플러를 위한 범포머로의 입력으로서 각각의 수신기에서 도플러 데이터의 검출 시간만을 이용하고, 그 다음으로, 방향 및/또는 주파수에 따라 범포밍된 도플러를 컬러 코딩한다. 그 다음으로, 하나의 양상에서, B-모드 이미지 상에서 컬러 정보를 겹쳐 놓는 단계가 있다. 하나의 대안적인 양상에서, 도플러를 위한 범포머로의 입력으로서 도플러 검출의 시간들을 직접 이용하는 대신에, 방법은 도플러를 위한 범포머로의 입력으로 이용하기 위한 원시 에코 세그먼트들을 선택하기 위하여 도플러 검출 시간들을 이용하는 단계를 진행한다. 또 다른 추가의 양상에서, 결과적인 이미지의 개선된 측방향 해상도를 위하여 간접성 추가를 제공하기 위하여 에코 세그먼트들을 선택하는 단계가 있다.

[0029] 위에서 또는 본원에서 설명된 상기 실시예들 중 임의의 것의 방법들은 이러한 동작들 및 프로세싱을 위해 구성된 소프트웨어, 펌웨어 또는 하드웨어를 이용하여 하나 또는 그보다 많은 컴퓨터 기반의 초음파 신호 프로세싱 시스템들을 이용한 실행을 위한 단계들을 포함하는 컴퓨터 관독가능 명령들 또는 코드를 이용하여 수행되거나 상기 컴퓨터 관독가능 명령들 또는 코드로서 제공될 수도 있다는 것을 인식해야 한다.

[0030] 상기 예시적인 양상들, 실시예들, 대안들, 및 단계들은 본원에서 설명된 발명의 방법들의 또 다른 추가의 대안적인 실시예들을 제공하기 위하여 또한 합성될 수도 있다는 것을 인식해야 한다.

도면의 간단한 설명

[0031] 발명의 신규한 특징들은 뒤따르는 청구항들에서 특별하게 기재되어 있다. 본 발명의 특징들 및 장점들의 더 양호한 이해는 발명의 원리들이 사용되는 예시적인 실시예들을 기재하는 다음의 상세한 설명과 첨부한 도면들을 참조하여 얻어질 것이다.

도 1은 평-기반 도플러 초음파 이미징 기술을 이용하여 모션을 검출하기 위한 프로세스의 실시예를 예시하는 순서도이다.

도 2는 평-기반 도플러 초음파 이미징 기술을 이용하여 모션을 검출하기 위한 프로세스의 또 다른 실시예를 예시하는 순서도이다.

도 3은 다수의 트랜스듀서 어레이들을 포함하는 다수 개구부 초음파 프로브의 단면도이다.

도 4는 단일의 연속 굴곡된 1D, 1.5D, 2D 또는 CMUT 트랜스듀서 어레이를 갖는 초음파 프로브의 단면도이다.

도 5는 평-기반 범포밍(beamforming) 기술의 실시예의 개략적인 예시도이다.

도 6은 평-기반 범포밍 기술의 실시예의 두 번째의 개략적인 예시도이다.

도 7은 도플러 서브-시스템의 실시예를 예시하는 블록도이다.

도 8은 다수의 수신 엘리먼트와 단일의 송신 엘리먼트만을 포함하는 초음파 트랜스듀서 어레이의 개략적인 예시도이다.

도 9a는 도플러 평으로부터 수신된 동위상(in-phase) 에코들의 진폭 대 시간 그래프이다.

도 9b는 도플러 평으로부터 수신된 직교 에코들의 진폭 대 시간 그래프이다.

도 10은 양쪽 엔드 상에 송신 엘리먼트를 갖는 다수의 수신 엘리먼트들의 어레이를 포함하는 초음파 프로브의 개략적인 예시도이다.

도 11은 2 개의 별도의 개구부들로 분할된 다수의 수신 엘리먼트들을 포함하는 2 개의 트랜스듀서 어레이들을 갖는 초음파 프로브의 개략적인 예시도이다. 우측 개구부는 적어도 하나의 송신 엘리먼트를 갖는 것으로 도시되어 있다

도 12는 적어도 하나의 지정된 송신 엘리먼트를 갖는 수평 트랜스듀서 어레이와, 제 1 어레이에 대하여 어떤 각도로 위치된 엘리먼트들의 제 2 어레이를 포함하는 다수 개구부 프로브이다.

도 13은 적어도 하나의 지정된 송신 엘리먼트를 갖는 수평 어레이를 포함하는 다수 개구부 프로브이다. 엘리먼트들의 제 2 및 제 3 어레이는 수평 어레이의 양쪽 측부에 위치되고, 제 1 어레이에 대하여 어떤 각도로 배향된 것으로 도시되어 있다.

도 14는 데이터 독립적인 근사화 인자들을 이용하여 이동하는 반사체의 속력을 추정하기 위한 프로세스의 실시 예를 예시하는 순서도이다.

도 15는 다수 개구부 이미징 시나리오의 개략적인 예시도이다.

도 16은 다수 개구부 초음파 이미징 프로브를 이용하여 2 차원 속도 벡터들을 얻기 위한 프로세스의 실시 예를 예시하는 순서도이다.

도 17은 도 12의 시스템을 이용하여 도플러 속도 측정 프로세스의 하나의 실시 예의 양상들을 도시하는 개략적인 예시도이다.

도 18은 도플러 속도 측정 프로세스 실시 예의 양상들을 도시하는 개략적인 예시도이다.

도 19는 초음파 이미징 시스템의 컴포넌트들을 예시하는 블록도이다.

도 20은 도플러 시프트(Doppler shift)들을 검출하지 않으면서 평-기반 이미징 시스템을 이용하여 모션을 검출하기 위한 프로세스의 실시 예를 예시하는 순서도이다.

도 21은 저장된 도플러 원시(raw) 에코 데이터를 리-프로세싱(re-processing) 하기 위한 프로세스의 실시 예를 예시하는 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032]

본원에서 설명된 방법들 및 장치는 오늘날의 초음파에 있어서의 도플러의 다수의 문제들을 해결한다. 기존의 스캔라인-기반 도플러를 이용하면, 초음파 검사자는 최적의 B-모드 이미지를 얻기 위하여 초음파 프로브를 위치시키는 것과, 스캔라인 빔이 혈관 내의 혈류와 정렬되도록 하기 위하여 프로브를 또한 위치시키는 것의 충돌 요건들을 충족시키도록 노력하는 것에 직면한다. 기존의 도플러에서의 두 번째 문제는, 선택된 스캔 라인(들) 상의 펄스 반복 주파수가 도플러 주파수들을 감지할 정도로 충분히 높을 수 있도록 도플러 범위 게이트를 사전-정의함으로써 도플러의 관측 시야가 한정되어야 한다는 점이다.

[0033]

본원에서 설명된 방법들 및 시스템들의 일부 실시 예들은, 도플러 범위 게이트들을 사전-정의할 필요 없이 도플러 주파수들이 B 모드 관측 시야의 어딘가에서 검출될 수 있도록 각각의 도플러 평으로 전체 관측 시야에 고주파를 발사하기 위하여 상대적으로 긴 펄스 길이들을 갖는 포커싱되지 않은 반원형(또는 원통형) 초음파 펄스들(도플러 평들)이 이용되는 평-기반 도플러 이미징 기술들을 이용한다. 게다가, 이동하는 반사체들의 속력 및 방향의 둘 모두는 모션의 방향에 대하여 프로브를 정렬할 필요 없이 검출될 수 있다. 일부 실시 예들에서, 다수 개구부 초음파 프로브의 이용은 2 차원 모션 벡터들의 검출을 더욱 허용할 수도 있다. 다수 개구부 평-기반 도플러 및 B-모드 이미징의 다양한 실시 예들은 B 모드 이미지들의 측방향 해상도(lateral resolution) 및 도플러 속도 추정의 정확성을 동시에 개선시킬 수도 있다.

[0034]

기존의 스캔라인-기반 도플러 이미징을 이용하면, 펄스형 도플러 신호들은 포커싱된 스캔라인 빔을 송신함으로써, 그리고 동일한 스캔라인을 따라 포커싱된 수신기로 에코들을 수신함으로써 전형적으로 생성된다. 이러한 시스템들을 이용하면, 모션 정보가 검출될 관심 영역의 심도(depth)를 정의하기 위하여 초음파 신호들을 송신하고 수신하기 전에, 범위 게이트들이 스캔라인을 따라 정의되어야 한다. 범위 게이트 내부로부터의 에코들의 샘플들은 연속적인 펄스들이 동일한 스캔 라인을 따라 송신되는 동안에 취해진다. 다음으로, 이 샘플들은 모션을 표시하는 도플러 주파수들을 검출하기 위하여 평가된다.

[0035]

다수 개구부 프로브들을 이용한 초음파 이미징 시스템들은 미국 특허 제8,007,439호와, 미국 특허 출원 공개들 제2010-0262013-A1호; 제2010-0268503-A1호; 및 제2011-0201933-A1호에 도시되고 설명된다. 아래의 실시 예들은 다수 개구부 프로브들을 사용하여 도플러 속도 측정 및 이미징을 수행하기 위한 시스템들 및 방법들과, 출원인의 이전의 특허 출원들 및 본원의 도면들 및 명세서에 도시되고 설명된 것들과 같은 시스템들을 제공한다.

[0036]

다양한 실시 예들은 다양한 해부학적 구조들의 초음파 이미징을 참조하여 본원에서 설명되지만, 본원에서 도시되고 설명된 방법들 및 디바이스들의 많은 것은 바-해부학적 구조들 및 객체들을 이미징하는 것 및 평가하는 것과 같이, 다른 응용들에서 또한 이용될 수도 있다는 것을 이해할 것이다. 예를 들어, 본원에서 설명된 초음파 프

로브들, 시스템들 및 방법들은 용접부위들, 파이프들, 빔들, 판들, 압력 용기들, 계층화된 구조들, 등과 같은 다양한 기계적 객체들, 구조적 객체들 또는 재료들의 비-파괴적 테스팅 또는 평가에서 이용될 수도 있다. 게다가, 이미징된 객체 또는 물질의 이동 또는 속도를 평가하기 위한 시스템들 및 방법들의 다양한 실시예들은 파이프, 압력 용기 또는 다른 유체-전달 도관 또는 용기를 통해 이동하는 유체의 속도를 측정하는 것과 같은 비-의료적 시나리오들에 또한 적용될 수도 있다. 그러므로, 혈액, 혈관들, 심장 또는 다른 기관들과 같은 의료적 또는 해부학적 이미징 타겟들에 대한 본원에서의 참조들은 본원에서 설명된 다양한 장치 및 기술들을 이용하여 이미징되거나 평가될 수도 있는 거의 무한하게 다양한 타겟들의 비-제한적인 예들로서 단지 제공된다.

[0037] 평-기반 도플러 초음파 기술들에 대한 소개

첨부한 도면들을 참조하여 본원에서 설명된 다양한 실시예들은 평-기반 도플러 이미징 및 평-기반 B-모드 이미징 기술들을 이용하여 이동하는 객체들의 속도를 검출하고, 추정하고 특징화하기 위한 시스템들 및 방법들을 제공한다. 일부 실시예들은 다수 개구부 초음파 프로브들에 의한 평-기반 이미징 기술들과, 아래에서 더욱 상세하게 설명되는 바와 같은 이미징 기술들의 조합에 추가의 장점들을 제공한다.

평-기반 초음파 이미징 기술들을 이용할 때, 타이밍 정보 및 주파수 정보의 둘 모두는 송신된 평을 뒤따르는 수신 트랜스듀서 엘리먼트들로 복귀하는 반사체 에코들로부터 수집될 수도 있다. 에코들의 위치는 (본원의 어딘가에서 그리고 위에서 참조된 출원인들의 이전의 출원들에서 설명된 바와 같은) 평-기반 빔포밍 프로세스에 의해 타이밍 정보로부터 결정될 수도 있는 반면, 이동하는 반사체들의 속도는 도플러 원리들을 적용함으로써 주파수 정보로부터 결정될 수도 있다. 따라서, 고주파 발사된 영역 내의 모든 반사체의 위치 및 속도의 둘 모두는 단일 송신 평으로부터 결정될 수도 있다. 정확성 및 해상도는 다수의 평들로부터 얻어진 정보를 합성함으로써 개선될 수도 있다.

도 1 및 도 2를 참조하면, 평-기반 및 평-기반 다수 개구부 모션 검출 프로세스들의 일부 실시예들의 개요가 지금부터 제공될 것이다. 다양한 프로세스 단계들의 추가의 세부사항들 및 실시예들은 추가적인 도면들을 참조하여 아래의 후속 섹션들에서 제공될 것이다.

도 1은 이동하는 반사체들을 포함하는 고주파 발사된 관심 영역의 섹션(section)들을 식별하기 위하여 이미징 시스템이 복수의 공간적으로 정의된 "테스트 세그먼트들"을 자동으로 순환시킬 수도 있는 평-기반 도플러 모션 검출/이미징 프로세스(10)의 실시예를 예시한다. 일부 실시예들에서, 최종 이미지의 각각의 픽셀에 대응하는 에코 데이터는 별도의 테스트 세그먼트로서 취급될 수도 있다. 도 1의 프로세스는 송신(TX) 개구부의 선택(12)과 함께 시작될 수도 있다. 이상적인 송신 개구부는 관심 영역의 가로막히지 않은(즉, 갈비뼈들 또는 다른 장애물들에 의해 가로막히지 않은) 시야를 제공하는 송신 개구부일 것이다. 다양한 실시예들에서, (아래에서 설명된 바와 같은) 적당한 TX 개구부는 자동 프로세스 또는 수동 프로세스에 의해 선택될 수도 있다.

일단 TX 개구부가 선택(12)되면, 제 1 도플러 평이 관심 영역으로 송신(14)될 수도 있다. 제 1 도플러 평의 에코들은 (이용되고 있는 프로브의 구성과, 2 차원 도플러 검출이 아래에서 설명되는 바와 같이 이용되어야 하는지 아닌지의 여부에 따라) 하나 또는 그보다 많은 수신 개구부들을 이용하여 수신(16)될 수도 있다. 수신된 에코들은 각각의 수신 트랜스듀서 엘리먼트에 대해 별도로 저장(18)될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 수신 개구부에 의해 수신된 에코들은 2 개 또는 그보다 많은 별도의 데이터 스트림들에 저장될 수도 있다(18). 제 1 데이터 스트림은 동위상(in-phase) 에코들을 나타낼 수도 있고, 제 2 데이터 스트림은 동위상 데이터에 대하여 약 90도($\pi/2$ 라디안)와 동등한 시간 지연에서 샘플링되는 동일한 수신된 파형을 나타내는 "직교(quadrature)" 에코들을 나타낼 수도 있다. 다른 실시예들에서는, 수신된 에코 데이터 스트림들을 오버샘플링하는 것과 같은 다른 방법들에 의해 유사한 결과들이 달성될 수도 있다. 대안적으로, ~90도 이외의 지연들이 또한 이용될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 프로세싱 하드웨어가 실질적인 지연 없이 에코 데이터를 프로세싱 하기에 충분할 경우, 에코 데이터를 저장하는 단계가 생략될 수도 있다.

도 1의 실시예에서는, 다음으로, 수신된 도플러 에코들이 관심 영역 내에서의 각각의 반사체(이동하거나 또는 그렇지 않음)의 위치를 결정하기 위하여 빔포밍(20) 될 수도 있다. 일부 실시예들에서는, 아래에서 설명된 것과 같은 평-기반 빔포밍 기술이 이용될 수도 있다. 일단 도플러 에코들이 빔포밍(20) 되었으면, 테스트 세그먼트(즉, 도플러 시프트 신호들이 탐색될 수신된 에코 데이터의 유한 세그먼트)가 선택될 수도 있다. 도 1의 프로세스(10)에서, 이러한 테스트 세그먼트들은 관심 영역 내의 대응하는 반사체들의 위치를 참조하여 정의(22)될 수도 있다. 일부 실시예들에서는, 이미징 시스템이 테스트 세그먼트를 자동으로 선택(22)할 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 이미징 시스템은 고주파 발사된 관심 영역에서 모든 가능한 테스트 세그먼트들을 순환시키도록 구성될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 이미징 시스템은 동일한 관심 영역의 동시에 B-모드 이미지

에서의 위치들과 상관된 위치들에 기반으로 하여 하나 또는 그보다 많은 테스트 세그먼트들의 선택(22)을 허용하도록 구성될 수도 있다. 이러한 일부 실시예들에서, 임의의 사이즈의 임의의 수의 영역들은 디스플레이된 B-모드 이미지로부터 사용자에 의해 선택(22)될 수도 있고, 도플러 데이터에서의 대응하는 영역들은 하나 또는 그보다 많은 테스트 세그먼트들로서 취급될 수도 있다. 다른 실시예들에서는, (혈관들, 기관들 또는 다른 구조들과 같은) 알려진 특정부들을 인식하고, 모션이 예상되거나 탐색될 수도 있는 그러한 인식된 특정부들의 일부분들에 기반으로 하여 테스트 세그먼트들을 자동으로 선택(22)하기 위하여 자동적인 체험적 방법이 이용될 수도 있다.

[0044] 일단 제 1 테스트 세그먼트가 (수동 또는 자동으로 간에) 선택(22)되면, 테스트 세그먼트 내의 반사체들의 에코들은 존재할 수도 있는 임의의 도플러 주파수들을 검출(24)하기 위하여 평가될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 도플러 주파수들은 도 9a 및 도 9b를 참조하여 아래에서 설명된 방법들 중 임의의 것을 이용하여 검출(24)될 수도 있다. 대안적인 실시예들에서는, 도플러 주파수들을 검출하는 다른 방법들이 또한 이용될 수도 있다.

[0045] 일단 도플러 주파수들이 테스트 세그먼트 내에서 식별(24)되면, 데이터는 이동하는 반사체의 속력 및 방향을 결정(26)하기 위하여 더욱 분석될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 이동하는 반사체의 속력을 결정(26)하는 단계는 반사체가 임계 속력보다 더 빨리 이동하는지 여부를 결정하기 위하여 임계 테스트를 적용하는 것을 포함할 수도 있다. 다른 실시예들에서는, 이동하는 반사체가 임계 사이즈보다 더 큰지, 적어도 임계 강도만큼 강렬한지, 또는 특정된 주파수 범위 내에 속하는지 여부를 결정하기 위하여, 사이즈, 강도 또는 주파수 임계 테스트가 적용될 수도 있다. 예를 들어, 혈관들은 B-모드 이미지에서 주변 조직들보다 더 어둡게 나타나는 경향이 있다. 그 결과, "더 밝은" 영역들에 의해 둘러싸인 상대적으로 종방향의(longitudinal) "어두운" 영역들이 모션 정보를 탐색하기 위한 양호한 후보 테스트 세그먼트들로서 선택될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 임계 테스트에 실패한 반사체들은 후속 단계들에서 무시될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 이동하는 반사체의 속력은 아래에서 설명되는 방법들을 이용하여 검출될 수도 있다. 대안적인 실시예들에서, 도플러 시프트 원리에 기반으로 하여 이동하는 반사체의 속력을 수량화하는 다른 방법들이 또한 이용될 수도 있다.

[0046] 일부 실시예들에서, 이동하는 반사체의 방향은 초음파 프로브에 대하여 1 차원적으로 검출(26)될 수도 있다. 이러한 1 차원 모션 검출 실시예들에서는, 모션이 프로브를 "향하거나" 또는 "프로브로부터 멀어지도록" 이동하는 것으로서 특징화될 수도 있다. 이러한 1 차원 모션 검출 방법들의 일부 실시예들이 아래에서 설명된다. 임의의 다른 적당한 방법이 또한 이용될 수도 있다.

[0047] 다른 실시예들에서는, 에코들이 적어도 2 개의 별도의 개구부들 상의 수신 트랜스듀서 엘리먼트들에 의해 수신될 때, 이동하는 반사체의 방향은 이미지 평면 내에서 2 차원 벡터로서 특징화(26)될 수도 있다. 이러한 2 차원 모션 검출 방법의 일부 실시예들의 세부사항들은 도 16을 참조하여 아래에서 설명된다. 다른 2 차원 모션 검출 방법들이 또한 이용될 수도 있다.

[0048] 테스트 세그먼트를 선택(22)하고, 도플러 주파수들을 검출(25)하고, 이동하는 반사체들의 속력 및 방향을 결정(26)하는 단계들은 테스팅될 모든 테스트 세그먼트들이 평가되었을 때까지 필요 또는 희망에 따라 많은 횟수로 반복(30)될 수도 있다. 충분한 데이터 프로세싱 하드웨어가 이용가능할 경우, 다수의 테스트 세그먼트들이 순차적이기보다는 병렬로 평가될 수도 있다.

[0049] 일단 모든 선택된 테스트 세그먼트들에서의 이동하는 반사체들의 방향 및 속력이 결정(26)되었으면, 이러한 정보는, 중첩될 수도 있거나 그렇지 않을 경우에는 사용자로의 디스플레이를 위하여 B-모드 이미지와 합성될 수도 있는 이미지로 컴파일링(compiling)될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 모션 정보는 수치적으로 그래프로서, 또는 그렇지 않을 경우에는 B-모드 이미지와 합성될 이미지를 반드시 생성할 필요없이 제시될 수도 있다.

[0050] 도 2는 평-기반 도플러 모션 검출/이미징 프로세스(11)의 대안적인 실시예를 예시한다. 도 2의 프로세스(11)는 도 1의 프로세스와 실질적으로 유사하지만, 수신된 에코들을 빔포밍(20)하고 도플러 주파수들을 검출(24)하는 단계들의 시퀀스가 도 1의 프로세스(10)에서의 그러한 단계들의 시퀀스에 대하여 도 2의 프로세스(11)에서 반전된다.

[0051] 도 2의 프로세스(11)에서, 도플러 주파수들은 에코들을 야기시키는 반사체들의 위치를 결정하기 위하여 빔포밍하기 전에 에코들에서 검출(24)될 수도 있다. 도 2의 시퀀스는 반사체들의 위치들이 도플러 주파수들의 존재에 대해 평가될 "테스트 세그먼트"의 선택(19) 전에 반드시 알려지지는 않는다는 것을 의미한다. 이것은 테스트 세그먼트를 선택(19)하는 단계가 주어진 에코 데이터 스트림에 대한 에코 수신 시간들의 범위를 참조하여 수행될 수도 있다는 것을 의미하는 것에 불과하다. 대안적으로, 이전에 설명된 실시예들에서와 같이, 수신된 에코

들의 수신 시간들과 B-모드 이미지에서의 대응하는 반사체들의 위치들과의 사이의 대략적인 상관(correlation)들이 행해질 수도 있다. 예를 들어, 에코가 수신되는 시간은 일반적으로 반사체의 심도와 상관되므로, 테스트 세그먼트들의 범위가 프로브에 대한 심도의 측면에서 정의될 수도 있고, 이러한 심도 정보는 에코 수신 시간들의 범위로 변환될 수도 있다. 이러한 일부의 경우들에 있어서, 테스트 세그먼트의 선택은 적어도 사용자의 관점으로부터, 위에서 설명된 것과 실질적으로 동일한 방법들로 진행할 수도 있다. 완전히 자동화된 실시예들에서, 이미징 시스템은 테스트 세그먼트들을 특정한 수신 엘리먼트에 대한 에코 데이터 스트림의 별개의 세그먼트들로서 식별(19)하도록 구성될 수도 있다.

[0052] 일단 이동하는 반사체들이 도플러 검출 단계(24)에 기반으로 하여 식별되면, 이동하는 반사체들에 대응하는 에코들은 관심 영역 내에서의 그 위치를 결정하기 위하여 빔포밍될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 도플러 에코 데이터의 빔포밍은 임계 속력보다 더 빨리 이동하는 것으로 식별되었던 그러한 반사체들(또는 일부 다른 임계 테스트를 통과하는 것들)만의 위치를 결정하는 것으로 제한될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 빔포밍될 도플러 에코 데이터로부터의 반사체들의 선택은 희망하는 대로 임의의 다른 필터들 또는 제한들에 종속될 수도 있다.

[0053] 일단 도플러 에코들이 빔포밍되었으면, 에코 데이터는 대응하는 이동 반사체들의 속력 및 방향을 결정하기 위하여 평가될 수도 있다. 이러한 속력 및 방향 검출은 아래에서 더욱 상세하게 설명되는 바와 같이 1 차원적으로 또는 2 차원적으로 수행될 수도 있다.

[0054] 대안적으로, 일부 실시예들에서는, 모션의 방향을 검출하는 단계(26)가 도 2에 도시된 것과 같은 프로세스(11)에서 1 차원에서만 수행되어야 할 경우에는, 빔포밍 단계(20)가 방향 검출 단계(26) 후에 수행될 수도 있다. 이것은 1 차원 방향 검출이 관심 영역 내에서의 반사체들의 위치에 대한 정보를 요구하지 않는다는 사실 때문이다.

[0055] 일부 실시예들에서, 에코 데이터를 저장하는 단계(18)를 뒤따르는 모든 단계들(예를 들어, 19-30)은 메모리로부터 리트리빙(retrieve)된 에코 데이터만을 이용하여 수행될 수도 있다. 이러한 실시예들에서는, 단계들의 시퀀스, 행해진 가정들, 또는 도플러 에코 데이터의 프로세싱에 영향을 주는 다른 인자들에 대해 다양한 조절들이 행해질 수도 있다. 이러한 조절들은 희망하는 품질의 레벨이 도달될 때까지 반복적으로 행해질 수도 있다. 메모리로부터 리트리빙된 원시 도플러 에코 데이터의 리-프로세싱을 위한 프로세스의 예가 도 21을 참조하여 아래에서 설명된다. 일부 실시예들에서, 이러한 프로세싱은 초음파 신호들을 송신하고 수신하기 위해 이용되는 초음파 이미징 시스템에 완전히 독립적인 데이터 프로세싱 하드웨어를 이용하여 수행될 수도 있다. 이러한 대안적인 프로세싱 하드웨어는 데스크톱 컴퓨터, 태블릿 컴퓨터, 랩톱 컴퓨터, 스마트폰, 서버 또는 임의의 다른 범용 데이터 프로세싱 하드웨어를 포함할 수도 있다.

다수 개구부 초음파 이미징 프로세스들의 실시예들

[0056] [0057] 다수 개구부 초음파 이미징은 기존의 초음파 기술들로 가능한 것보다 훨씬 더 큰 전체 폭을 갖는 초음파 프로브들의 이용을 일반적으로 포함한다. 다수 개구부 초음파 이미징은 작은 수의 트랜스듀서 엘리먼트들로부터의 초음파 신호들을 송신하는 것과, 훨씬 더 큰 수의 트랜스듀서 엘리먼트들을 이용하여 에코들을 수신하는 것을 포함한다. 수신 트랜스듀서 엘리먼트들을 복수의 수신 개구부들 내로 배치하고 다양한 프로세싱 및 합성 단계들을 수행함으로써, 기존의 좁은 프로브를 이용하여 가능한 해상도를 극적으로 능가하는 측방향 해상도로 초음파 이미지가 형성될 수도 있다.

[0058] 다수 개구부 이미징은 관심 영역의 높은 해상도의 공간 이미지들을 생성하기 위한 B-모드 이미징을 위해 이용될 수도 있다. 도플러 이미징을 위하여 다수 개구부 이미징 시스템을 이용하는 것은 2 차원에서 모션을 검출하기 위한 능력의 측면에서 추가적인 장점들을 제공할 수도 있다.

[0059] [0060] 본원에서 이용되는 바와 같이, 용어들 "초음파 트랜스듀서" 및 "트랜스듀서"는 초음파 이미징 기술들의 분야의 당업자들에 의해 이해되는 바와 같은 그 정상적인 의미들을 전달할 수도 있고, 제한 없이, 전기 신호를 초음파 신호로 및/또는 그 반대로 변환할 수 있는 임의의 단일 컴포넌트를 지칭할 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 초음파 트랜스듀서는 압전 디바이스를 포함할 수도 있다. 일부 대안적인 실시예들에서, 초음파 트랜스듀서들은 정전용량형 미세가공 초음파 트랜스듀서(capacitive micromachined ultrasound transducer: CMUT)들을 포함할 수도 있다. 트랜스듀서들은 종종 다수의 엘리먼트들의 어레이들로 구성된다. 이러한 어레이들은 당업자들에 의해 이해되는 바와 같이 1 차원(1D), 2 차원(2D), 또는 1.5 차원(1.5D)을 가질 수도 있다. 트랜스듀서 어레이의 엘리먼트는 어레이의 최소의 개별 컴포넌트일 수도 있다. 예를 들어, 압전 트랜스듀서 엘리먼트들의 어레이의 경우, 각각의 엘리먼트는 단일 압전 결정, 또는 압전 결정의 단일 가공된 섹션일 수도 있다.

[0060]

본원에서 이용되는 바와 같이, 용어들 "송신 엘리먼트" 및 "수신 엘리먼트"는 초음파 이미징 기술들의 분야의 당업자들에 의해 이해되는 바와 같은 그 정상적인 의미들을 전달할 수도 있다. 용어 "송신 엘리먼트"는 제한 없이, 전기 신호가 초음파 파면으로 변환되는 송신 기능을 적어도 순간적으로 수행하는 초음파 트랜스듀서 엘리먼트를 지칭할 수도 있다. 유사하게, 용어 "수신 엘리먼트"는 제한 없이, 엘리먼트 상에 충돌하는 초음파 파면이 전기 신호로 변환되는 수신 기능을 적어도 순간적으로 수행하는 초음파 트랜스듀서 엘리먼트를 지칭할 수도 있다. 매체로의 초음파의 송신은 본원에서 "고주파를 발사하는 것"이라고 또한 지칭될 수도 있다. 초음파 웨이브(wave)들을 반사하는 객체 또는 구조는 "반사체" 또는 "산란체"라고 지칭될 수도 있다.

[0061]

본원에서 이용되는 바와 같이, 용어 "개구부"는 초음파 신호들이 이를 통해 전송 및/또는 수신될 수도 있는 개념적인 "개방부"를 지칭한다. 실제적인 실시에서, 개구부는 간단하게, 이미징 제어 전자기기들에 의해 공통의 그룹으로서 집합적으로 관리되는 트랜스듀서 엘리먼트들의 그룹이다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 개구부는 인접한 개구부의 엘리먼트들로부터 물리적으로 분리될 수도 있는 엘리먼트들의 물리적인 그룹화일 수도 있다. 예를 들어, 도 3의 프로브에서의 3 개의 트랜스듀서 어레이들의 각각은 별도의 개구부로서 취급될 수도 있다. 그러나, 인접한 개구부들은 반드시 물리적으로 분리될 필요가 없다.

[0062]

본원에서 이용되는 바와 같이, 용어 "전체 개구부"는 모든 이미징 개구부들의 전체 누적 사이즈를 지칭한다. 다시 말해서, 용어 "전체 개구부"는 특정한 이미징 사이클에 대해 이용되는 전송 및/또는 수신 엘리먼트들의 임의의 조합의 가장 먼 트랜스듀서 엘리먼트들 사이의 최대 거리에 의해 정의되는 하나 또는 그보다 많은 치수들을 지칭할 수도 있다. 따라서, 전체 개구부는 특정한 사이클에 대해 전송 또는 수신 개구부들로서 지정된 임의의 수의 서브-개구부들로 이루어진다. 단일-개구부 이미징 배치의 경우에는, 전체 개구부, 서브-개구부, 송신 개구부, 및 수신 개구부가 모두 동일한 치수들을 가질 것이다. 다수 개구부 이미징 배치의 경우에는, 전체 개구부의 치수들이 모든 전송 및 수신 개구부들의 치수들과 그들 사이의 임의의 거리들의 합을 포함한다.

[0063]

본원에서 이용되는 바와 같이, 용어들 "수신 개구부", "고주파 발사 개구부", 및/또는 "송신 개구부"는 초음파 이미징의 분야의 당업자들에 의해 이해되는 바와 같은 그 정상적인 의미들을 전달할 수 있고, 주어진 시간에서 희망하는 물리적 뷰포인트(viewpoint) 또는 개구부로부터의 희망하는 송신 또는 수신 기능을 수행하는 개별적인 엘리먼트, 어레이 내의 엘리먼트들의 그룹, 또는 심지어 공통의 하우징 내의 전체 어레이들을 지칭할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 이 다양한 개구부들은 전용 기능성을 갖는 물리적으로 별도의 컴포넌트들로서 만들어질 수도 있다. 대안적인 실시예들에서, 기능성은 필요에 따라 전자적으로 지정되고 변경될 수도 있다. 또 다른 실시예들에서, 개구부 기능성은 고정된 그리고 가변적인 엘리먼트들의 둘 모두의 조합을 포함할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 2 개의 개구부들은 연속적인 어레이 상에서 서로 인접하게 위치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 2 개의 개구부들은 연속적인 어레이 상에서 서로 중첩될 수도 있어서, 적어도 하나의 엘리먼트가 2 개의 별도의 개구부들의 일부로서 기능한다. 개구부의 위치, 기능, 엘리먼트들의 수 및 물리적 사이즈는 특정한 응용에 대해 필요한 임의의 방식으로 동적으로 정의될 수도 있다. 특정한 응용에 대한 이 파라미터들의 제약들은 아래에서 논의될 것이고, 및/또는 당업자에게는 명백할 것이다.

[0064]

일부 실시예들에서, 수신 개구부의 폭은 사운드(sound)의 속력이 반사체로부터 수신 개구부의 각각의 엘리먼트 까지의 모든 경로에 대해 동일하다는 가정에 의해 제한될 수도 있다. 충분히 좁은 수신 개구부에서는, 이 간략화한 가정이 수용가능하다. 그러나, 수신 개구부 폭이 증가함에 따라, 상이한 유형들의 재료가 상이한 사운드의 속력들을 가지더라도 경로들이 전형적으로 통과할 텁핑 포인트(tipping point; "최대 간섭성 개구부 폭 (maximum coherent aperture width)"이라고 본원에서 지칭됨)에 도달된다. (이것은 특히, 변동되는 조직 유형들이 실질적으로 상이한 사운드의 속력들을 가질 수도 있는 의료용 이미징에서 적용된다). 이 차이가 180도에 접근하는 위상 시프트들에 귀착될 때, 최대 간섭성 수신 개구부 폭을 초과하는 추가적인 수신 엘리먼트들은 이미지를 개선하기보다는 실제로 이미지를 열화시킬 것이다.

[0065]

그러므로, 일부 실시예들에서는, 최대 간섭성 폭보다 더 큰 전체 개구부 폭을 갖는 폭이 넓은 프로브를 이용하기 위하여, 전체 프로브 폭은 물리적으로 또는 논리적으로 다수의 개구부들로 분할될 수도 있고, 그 각각은 최대 간섭성 개구부 폭보다 더 작은 폭으로 제한될 수도 있으며 수신된 신호들의 위상 상쇄를 회피할 정도로 충분히 작을 수도 있다. 최대 간섭성 폭은 상이한 환자들에 대해 그리고 동일한 환자 상의 상이한 프로브 위치들에 대해 상이할 수도 있다. 일부 실시예들에서는, 주어진 프로브 시스템에 대해 절충(예를 들어, 예상된 이미징 시나리오들의 범위에 대해 최적인 최소치 또는 평균치) 폭이 설정될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 다수 개구부 초음파 이미징 제어 시스템은 동적 알고리즘으로, 다수의 개구부들 내의 이용가능한 엘리먼트들을, 상당한 위상 상쇄를 회피할 정도로 충분히 작은 그룹들로 다시 분할하도록 구성될 수도 있다.

[0066]

본원에서 이용되는 바와 같이, 어구 "음향 경로"는 초음파 음파가 뒤따르는 경로를 지칭한다. 다수 개구부 이미징의 상황에서, 음향 경로는 송신 개구부(하나 또는 그보다 많은 트랜스듀서 엘리먼트들을 포함할 수도 있음)에서 시작하고, 고주파 재료(예를 들어, 인간 조직, 동물 조직, 또는 무생물 재료) 내부로 반사체로 진행하고, 그 다음으로, 수신 개구부의 엘리먼트로 복귀한다. 일부 실시예들에서, 음향 경로는 개별적인 수신 엘리먼트보다는 수신 개구부에서 종결되는 것으로 설명될 수도 있다. 이러한 실시예들은 수신 개구부의 다수의 엘리먼트들에 의해 수신된 데이터를 집합시킬 때에 발생할 수도 있다. 다수 개구부 프로브가 임의의 수의 송신 개구부들 및 임의의 수의 수신 개구부들(그 각각은 임의의 수의 개별적인 트랜스듀서 엘리먼트들을 사용할 수도 있음)을 사용할 수도 있으므로, 고주파 발사된 영역 내의 임의의 주어진 반사체는 많은 음향 경로들에 의해 이미징될 수도 있다. 따라서, 음향 경로는 일반적으로 송신 개구부, 수신 엘리먼트(또는 수신 개구부) 및 반사체의 고유의 조합이다. 아래에서 더욱 상세하게 설명되는 바와 같이, 다수 개구부 프로브의 기하구조는 다수 개구부 빔포밍을 수행하기 위하여 알려져 있어야 한다.

[0067]

"인트라-개구부(intra-aperture) 음향 경로"는 송신 개구부와, 수신 개구부의 중심이 동일한 포인트에 놓여 있는 음향 경로이다. 예를 들어, 송신 개구부로서 이용되는 단일 엘리먼트가 수신 엘리먼트로서 또한 이용되는 음향 경로는 인트라-개구부 음향 경로로서 설명될 수도 있다. 그러므로, "인터-개구부(inter-aperture)" 음향 경로는 송신 개구부와, 수신 개구부의 중심이 동일한 포인트에 놓여 있지 않은 임의의 음향 경로이다.

[0068]

다수 개구부 프로브들의 예들

[0069]

도 3은 일부 실시예들에서 도플러 이미징을 위하여 이용될 수도 있는 다수 개구부 프로브(1000)의 하나의 실시예를 예시한다. 도 3의 프로브(1000)는 3 개의 트랜스듀서 어레이들(1001, 1002, 1003)을 포함하고, 각각의 하나는 1D, 2D 또는 매트릭스(matrix) 트랜스듀서 어레이이다. 도시된 바와 같이, 측방향 어레이들(1001 및 1003)은 중심 어레이(1002)에 대해 어떤 각도로 배향될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 중심 어레이에 대한 측방향 어레이들의 각도는 0도일 수 있지만, 또한 0도보다 더 큰 임의의 각도일 수 있다. 하나의 실시예에서, 측방향 어레이들(1001 및 1003)의 쌍은 수평 중심 어레이(1002) 아래에 약 30도의 각도로 배치될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 도 3의 프로브(1000)는 2cm 보다 실질적으로 더 넓은 전체 폭을 가질 수도 있고, 일부 실시예들에서는, 10cm 이상일 수도 있다.

[0070]

도 1에 도시된 바와 같은 일부 실시예들에서, 프로브(1000)는 물리적으로 서로로부터 분리될 수도 있는 별도의 트랜스듀서 어레이들(1001, 1002, 1003)을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 도 1에서, 거리 'd'는 중심 어레이(1002)로부터 좌측 어레이(1001)를 물리적으로 분리시킨다. 거리 'd'는 개구부(1001) 상의 트랜스듀서 엘리먼트들과 개구부(1002) 상의 트랜스듀서 엘리먼트들 사이의 최소 거리일 수 있다. 일부 실시예들에서, 거리 'd'는 제로(zero)일 수도 있거나, 특정한 응용에 대해 희망될 수도 있는 바와 같이 클 수도 있다. 대안적인 실시예들에서, 개구부들 사이의 거리는 특정한 응용의 제약들 내에서 멀티-개구부 이미징 시스템의 측방향 해상도를 증가시키기 위하여 가능한 한 클 수도 있다. 일부 실시예들에서, 프로브들은 인접한 트랜스듀서 어레이들 사이에 조절가능한 거리 또는 각도를 제공하도록 구성될 수도 있다. 이러한 조절가능성은 폭 넓은 범위의 해부학적 구조들을 이미징하기 위한 유연성을 제공할 수도 있다.

[0071]

도 4는 일부 실시예들에서 도플러 이미징을 위하여 이용될 수도 있는 다수 개구부 프로브(1010)의 대안적인 실시예를 예시한다. 도 4의 프로브는 임의의 예측된 이미징 시나리오에 대한 최대 간섭성 폭보다 실질적으로 더 넓은 전체 폭(1020)을 갖는 단일의 연속 1D, 1.5D, 2D 또는 CMUT 트랜스듀서 어레이(1012)를 포함한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 도 4의 프로브(1010)의 어레이(1012)의 전체 폭(1020)은 약 2cm 보다 더 클 수도 있고, 일부 실시예들에서는 10cm 이상일 수도 있다. 도 2의 실시예에서, 임의의 수의 개구부들은 필요에 따라 동적으로 배정될 수도 있다. 어레이(1012)는 대칭적인 연속 오목형 굴곡부로 도시되어 있지만, 대안적인 실시예들에서, 어레이(1012)는 희망에 따라 임의의 다른 대칭적인 또는 비대칭적인 오목형 또는 평면형 형상을 가질 수도 있다.

[0072]

일부 실시예들에서, 인접한 개구부들 사이의 거리 및 배향은 예컨대, 경성 하우징의 이용에 의해 서로에 대해 고정될 수도 있다. 대안적인 실시예들에서, 서로에 대한 개구부들의 거리들 및 배향들은 예컨대, 이동가능한 링크로 가변적일 수도 있다. 대안적인 실시예들에서, 아래의 시스템들 및 방법들은 희망에 따라 임의의 다수 개구부 프로브와 함께 이용될 수도 있다. 또 다른 실시예들에서, 위에서 참조된 출원인들의 이전 출원들에서 설명된 다수 개구부 초음파 프로브 구성 중 임의의 것이 본원에서 설명된 도플러 이미징 시스템들 및 방법들의 다양한 실시예들과 함께 이용될 수도 있다.

[0073]

일부 실시예들에서, 다수 개구부 초음파 프로브들 및 이미징 프로세스들은 스캔라인-기반 위상설정 어레이 송신

시스템과 함께 이용될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 다수 개구부 초음파 프로브들 및 이미징 프로세스들은 완전히 상이한 송신 과형으로부터 이익을 얻는 것에 고유하게 적합하다.

[0074] 평-기반 이미징에 대한 소개

기존의 스캔라인-기반 위상설정 어레이 초음파 이미징 시스템들과 대조적으로, 다수 개구부 초음파 이미징 시스템들의 일부 실시예들은 송신 펄스 동안에 포인트 소스 송신(point source transmission)을 이용할 수도 있다. 포인트 소스로부터 송신된 초음파 파면(또한 본원에서 "평"이라고 지칭됨)은 각각의 원형 또는 구형 파면으로 전체적인 관심 영역을 조명한다. 단일의 수신 트랜스듀서 엘리먼트에 의해 수신된 단일 평으로부터 수신된 에코들은 고주파 발사된 관심 영역의 완전한 이미지를 형성하기 위하여 빔포밍될 수도 있다. 넓은 프로브를 가로질러 다수의 수신 트랜스듀서들로부터의 이미지들 및 데이터를 합성하고, 다수의 평들로부터의 데이터를 합성하면, 매우 높은 해상도의 이미지들이 얻어질 수도 있다. 또한, 이러한 시스템은 매우 높은 프레임 레이트에서의 이미징을 허용하며, 이것은 프레임 레이트가 평 반복 주파수 - 즉, 송신 트랜스듀서 엘리먼트, 최대-심도 반사체, 및 가장 먼 수신 트랜스듀서 엘리먼트 사이에서 이동하는 송신된 파면의 왕복 이동 시간의 역에 의해서만 제한되기 때문이다. 일부 실시예들에서, 평-기반 이미징 시스템의 프레임 레이트는 단독의 평 반복 주파수와 동일할 수도 있다. 다른 실시예들에서, 하나를 초과하는 평으로부터 프레임을 형성하는 것을 희망할 경우, 평-기반 이미징 시스템의 프레임 레이트는 프레임당 평들의 수로 나누어진 평 반복 주파수와 동일할 수도 있다.

[0076] 본원에서 이용되는 바와 같이, 용어들 "포인트 소스 송신" 및 "평"은 단일 공간 위치로부터 매체 내부로의 송신된 초음파 에너지의 도입을 지칭할 수도 있다. 이것은 단일 초음파 트랜스듀서 엘리먼트 또는 함께 송신하는 인접한 트랜스듀서 엘리먼트들의 조합을 이용하여 달성될 수도 있다. 상기 엘리먼트(들)의 단일 송신은 균일한 구형 파면을 근사화할 수도 있거나, 2D 슬라이스를 이미징할 경우에는, 그것은 2D 슬라이스 내에서 균일한 원형 파면을 생성한다. 일부의 경우들에 있어서, 포인트 소스 송신 개구부로부터의 원형 또는 구형 파면의 단일 송신은 본원에서 "평" 또는 "포인트 소스 펄스" 또는 "포커싱되지 않은 펄스"라고 지칭될 수도 있다.

[0077] 포인트 소스 송신은 트랜스듀서 엘리먼트 어레이로부터 특정한 방향으로(스캔라인을 따라) 에너지를 포커싱하는 스캔라인-기반 "위상설정 어레이 송신" 또는 "지향된 펄스 송신"과는 공간 특성들에 있어서 상이하다. 위상설정 어레이 송신은 특정한 관심 영역으로의 고주파 발사 웨이브를 강화시키거나 조향하도록 시퀀스인 트랜스듀서 엘리먼트들의 그룹의 위상을 조작한다.

[0078] 일부 실시예들에서, 일련의 송신 평들을 이용한 다수 개구부 이미징은 제 1 송신 개구부로부터의 포인트-소스 평을 송신함으로써, 그리고 2 개 또는 그보다 많은 수신 개구부들의 엘리먼트들로 송신된 평의 에코들을 수신함으로써 동작할 수도 있다. 완전한 이미지는 송신 및 수신 에코들 사이의 지연 시간들에 기반으로 하여 반사체들의 위치를 3 각 측량함으로써 형성될 수도 있다. 그 결과, 각각의 수신 개구부는 각각의 송신된 평의 에코들로부터 완전한 이미지를 형성할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 단일의 시간 도메인 프레임은 단일의 송신된 평으로부터 2 개 또는 그보다 많은 수신 개구부들에서 수신된 에코들로부터 형성된 이미지들을 합성함으로써 형성될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 단일의 시간 도메인 프레임은 2 개 또는 그보다 많은 송신된 평들로부터 하나 또는 그보다 많은 수신 개구부들에서 수신된 에코들로부터 형성된 이미지들을 합성함으로써 형성될 수도 있다. 이러한 일부 실시예들에서, 다수의 송신된 평들은 상이한 송신 개구부들로부터 시작될 수도 있다.

[0079] 평-기반 빔포밍의 실시예들

[0080] 빔포밍은 다수의 별개의 반사체들에서 수신된 이미징 신호들이 완전한 간섭성 이미지(coherent image)를 형성하기 위하여 합성되도록 하는 프로세스인 것으로 일반적으로 이해된다. 평-기반 빔포밍의 프로세스는 이 이해와 일치한다. 평-기반 빔포밍의 실시예들은, 초음파 신호가 이동되었을 수도 있는 경로, 일정한 것으로 가정된 사운드의 속력, 및 에코가 수신되는 시간과 송신 평 사이의 경과된 시간에 기반으로 하여 수신된 에코 데이터의 일부분들에 대응하는 반사체들의 위치를 결정하는 것을 일반적으로 포함한다. 다시 말해서, 평-기반 이미징은 가정된 속력 및 측정된 시간에 기반으로 한 거리의 계산을 포함한다. 일단 이러한 거리가 계산되었으면, 임의의 주어진 반사체의 가능한 위치들을 3 각 측량하는 것이 가능하다. 이 거리 계산은 송신 및 수신 트랜스듀서 엘리먼트들의 상대적인 위치들에 대한 정확한 정보로 가능하게 된다(위에서 참조된 출원인들의 이전의 출원들에서 논의된 바와 같이, 다수 개구부 프로브는 각각의 트랜스듀서 엘리먼트의 음향 위치를 적어도 희망하는 정확성의 정도까지 결정하기 위하여 교정될 수도 있다). 일부 실시예들에서, 평-기반 빔포밍은 "동적 빔포밍"이라고 지칭될 수도 있다.

[0081] 동적 빔포머는 각각의 송신된 평으로부터 기인하는 에코들의 각각에 대응하는 이미지 픽셀에 대한 강도 및 위치

를 결정하기 위하여 이용될 수도 있다. 평 신호를 송신할 때, 빔포밍이 송신된 과정에 적용될 필요가 없지만, 동적 빔포밍은 복수의 수신 트랜스듀서들로 수신된 에코들을 합성하여 픽셀 데이터를 형성하기 위하여 이용될 수도 있다.

[0082] 본원에서 이용되는 바와 같이, 동적 빔포밍은, 그 픽셀이 이미징되고 있을 때에 각각의 픽셀 위치에서 포커싱하기 위하여 빔포머의 초점이 연속적으로 변경될 수도 있다는 사실을 지칭한다. 일부 실시예들에서, 동적 빔포머는 각각의 시간 순간에 송신기로부터 각각의 수신 트랜스듀서 엘리먼트로 모든 각각의 에코의 궤적을 그릴 수 있다. 일부 실시예들에서, 단일 반사체의 장소(예를 들어, 도 5에서의 포인트(n, p))는 송신 트랜스듀서 엘리먼트(들)(54)의 위치에 제 1 초점을 그리고 수신 트랜스듀서 엘리먼트(56)의 위치에 제 2 초점을 갖는 도 5의 타원(52)을 따라 놓여 있을 것이다. 몇몇 다른 가능한 반사체들은 (반사체들(g, h), (i, j), (k, m) 등에 의해 표시된 바와 같이) 동일한 타원을 따라 놓여 있지만, 동일한 반사체(n, p)의 에코들은 수신 개구부의 다른 수신 트랜스듀서 엘리먼트들의 각각에 의해 또한 수신될 것이다. 각각의 수신 트랜스듀서 엘리먼트(R_1, R_2, R_3)의 약간 상이한 위치들은, 각각의 수신 엘리먼트가 도 6에 예시된 바와 같이 반사체(n, p)에 대해 약간 상이한 타원을 가질 것이라는 것을 의미한다. 공통의 수신 개구부의 모든 엘리먼트들에 대한 타원들(예를 들어, 52, 57, 58)을 간섭성으로(coherently) 합산함으로써 결과들을 누적하는 것은 수신 개구부의 모든 타원들의 교차를 표시할 것이고, 이에 따라, 반사체(n, p)를 나타내는 픽셀을 디스플레이하기 위한 포인트를 향해 수렴할 것이다. 이에 따라, 임의의 수의 수신 엘리먼트들에 의해 수신된 에코 진폭들은 각각의 픽셀 값으로 합성될 수도 있다. 이러한 시스템은 누산기(accumulator)라고 또한 지칭될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 연산은 실질적으로 동일한 이미지에 도달하기 위하여 상이하게 조작될 수도 있다.

[0083] 이미지 품질은 하나 또는 그보다 많은 후속 송신된 평들로부터 빔포머에 의해 형성된 이미지들을 합성함으로써 더욱 개선될 수도 있다. 이미지 품질에 대한 또 다른 개선사항들은 하나를 초과하는 수신 개구부에 의해 형성된 이미지들을 합성함으로써 얻어질 수도 있다. 중요한 고려사항은 상이한 평들 또는 수신 개구부들로부터의 이미지들의 합산이 간섭성 합산(위상 감지) 또는 비간섭성(incoherent) 합산(위상 정보 없이 신호들의 크기를 합산함)이어야 하는지의 여부이다. 일부 실시예들에서, 간섭성(위상 감지) 합산은 하나 또는 그보다 많은 평들로부터 기인하는 공통의 수신 개구부 상에 위치결정된 트랜스듀서 엘리먼트들에 의해 수신된 에코 데이터를 합성하기 위하여 이용될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 비간섭성 합산은 아마도 상쇄 위상 데이터를 포함할 수 있는 수신 개구부들에 의해 수신된 이미지 데이터 또는 에코 데이터를 합성하기 위하여 이용될 수도 있다. 주어진 이미징 타겟에 대한 최대 간섭성 개구부 폭보다 더 큰 합성된 전체 개구부를 가지는 수신 개구부들의 경우에 그려할 수도 있다.

[0084] 일부 실시예들에서, 제 1 이미지들의 세트는 동위상 데이터를 이용하여 얻어질 수도 있고, 제 2 이미지들의 세트는 직교 데이터로부터 얻어질 수도 있다.

[0085] B-모드 이미징에서 이용되는 이러한 동적 빔포머의 다양한 실시예들은 미국 특허 제8,007,439호 및 미국 특허 출원 공개 제2011-0201933-A1호를 포함하는 출원인들의 이전의 출원들에서 설명되어 있다.

평-기반 도플러에 대한 소개

[0087] 기존의 스캔라인-기반 위상설정 어레이 초음파 이미징 시스템들과 대조적으로, 다수 개구부 초음파 이미징 시스템들의 일부 실시예들은 송신 펄스 동안에 포인트 소스 송신을 이용할 수도 있다. 포인트 소스로부터 송신된 초음파 파면(또한 본원에서 "평"이라고 지칭됨)은 원형 또는 구형 파면으로 전체적인 관심 영역을 조명한다. 그 결과, 도플러 신호들이 이미징 관측 시야 내의 임의의 포인트로부터 검출될 수도 있으므로, 평-기반 이미징 시스템으로 송신하기 전에 도플러 측정을 위한 제한된 관심 영역(예를 들어, 이러한 제한된 영역들로서의 "범위 게이트"는 당해 분야에서 통상적으로 알려져 있음)을 설정할 필요가 없다. 그 결과, 본원에서 설명된 시스템들 및 방법들의 일부 실시예들은 이러한 테스트 세그먼트들 중 어느 것이 이동하는 반사체들을 포함하는지를 결정하기 위하여 전체적인 고주파 발사된 관심 영역 내의 복수의 "테스트 세그먼트들"로부터 모션 정보를 순환시키고 개별적으로 탐색하도록 구성될 수도 있다. 이 상당한 장점은 1 차원 도플러 신호들(즉, 프로브 또는 어레이를 향하거나 이로부터 멀어지는 흐름)과, 이미지 평면 내에서 2 차원 모션 벡터들을 검출하기 위하여 하나를 초과하는 트랜스듀서 어레이들을 사용하는 벡터 도플러의 둘 모두에 적용한다. 평 송신과 조합하여 벡터 도플러(즉, 측방향으로 이격된 어레이들 또는 어레이 섹션들을 이용한 도플러 이미징)를 이용할 때, 반사체들은 이미지 평면 내에서 임의의 배향을 가지는 축을 따라 지정될 수 있다. 축은 다수 개구부 트랜스듀서에 심지어 접할 수도 있고, 트랜스듀서와 정렬되는 것으로 한정되지 않는다. 흐름이 모든 방향들에서 계산될 수 있으므로, 다수 개구부 프로브는 관심 영역을 조명하기만 할 필요가 있다.

[0088]

다양한 실시예들에서, 다수 개구부 초음파 이미징 시스템은 반원형 또는 구형 파면 펄스와 같은 포커싱되지 않은 넓은 파면 펄스들을 이용하여 다수 개구부 프로브로 B-모드 이미징을 수행하도록 구성될 수도 있다. 이러한 넓은 파면 펄스들은 포인트-소스 엘리먼트(또는 엘리먼트들의 그룹)으로부터의 짧은 지속기간의 초음파 파면 신호를 송신함으로써 형성될 수도 있다. 이러한 실시예들에서, 도플러 기술들을 이용하여 이미징된 객체들 또는 물질들의 모션을 검출하기 위한 넓은 파면 송신 빔들을 이용하는 것이 또한 바람직할 수도 있다. 이러한 시스템에 대한 장점은 송신 빔포머에 대한 필요성의 결여와, 도플러 및 B-모드 이미징의 둘 모두를 위한 공통의 수신 빔포머에 대한 가능성을 포함한다. 추가적으로, 범위 게이트들은 좁은 섹터에서 사전-배정될 필요가 없다. 그 대신에, 이미지 내의 모든 픽셀은 "테스트 세그먼트"로서 개별적으로 테스팅될 수도 있다. 게다가, 일부 실시예들에서, 적어도 2 개의 개구부들을 가지는 다수 개구부 프로브로 도플러 이미징을 수행하는 것은 혈류 속도가 모든 방향들에서 검출될 수도 있다는 것을 의미한다. 3 개 또는 그보다 많은 개구부들을 가지는 다수 개구부 프로브가 추가의 개선사항들을 제공할 수도 있다.

[0089]

평-기반 도플러 송신 파형들의 실시예들

[0090]

도 7은 객체(110) 내에서 모션을 측정하기 위한 평-기반 도플러 프로세싱 서브-시스템(100)의 실시예를 예시하는 블록도를 제공한다. 도플러 프로세싱 서브-시스템(100)은 더 넓은 초음파 이미징 시스템에 독립적이거나 이에 통합될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 평-기반 도플러 서브-시스템(100)에 의해 제어되는 송신 트랜스듀서 엘리먼트(들)(120) 및 수신 트랜스듀서 엘리먼트들(112)은 초음파 프로브(예를 들어, 도 3, 도 3, 도 8 또는 도 10-13 중 임의의 것, 또는 임의의 다른 다수 개구부 프로브 구성)의 모든 엘리먼트들의 서브-세트(sub-set)일 수도 있다. 수신 트랜스듀서 엘리먼트들(112)에 의해 수신된 에코 신호들은 다양한 아날로그-디지털 및 필터링 전자기기들을 포함할 수도 있는 채널-특정 수신 전자기기들(122)로 송신될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 평-기반 도플러 서브-시스템(100)은 프로브의 이용가능한 트랜스듀서 엘리먼트들의 전부를 제어하도록 구성될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 송신 엘리먼트(120)는 도플러 송신 기능에 전용인 단일 트랜스듀서 엘리먼트일 수도 있지만, 다른 실시예들에서, 송신 엘리먼트(120)는 도플러 송신 엘리먼트로서 순간적으로 지정되고 동작될 수도 있는 프로브의 임의의 수의 트랜스듀서 엘리먼트들을 포함할 수도 있다. 지연 제어기(124)는 아래에서 더욱 상세하게 설명되는 바와 같이 동위상 및 직교 에코 신호들을 저장하기 위한 수신된 에코 신호들에 채널-특정 지연들(126)을 적용하도록 제공될 수도 있다. 아래에서 더욱 상세하게 설명되는 것들과 같은 메모리(220) 및 디스플레이(244) 디바이스들이 또한 포함될 수도 있다.

[0091]

도 7의 도플러 서브-시스템(100)은 아래에서 더욱 상세하게 설명되는 바와 같이 평-기반 빔포밍 프로세스를 수행하도록 구성된 (소프트웨어 또는 하드웨어) 빔포머를 또한 포함할 수도 있다. 복소 파형 프로세서(140)는 도플러 시프트(Doppler shift) 주파수들을 검출하기 위하여 및/또는 도플러 신호들의 모션의 방향을 결정하기 위하여 동위상 및 직교 에코 신호들의 복소 프로세싱을 수행하기 위하여 이용될 수도 있다.

[0092]

도 8은 다수의 수신 엘리먼트들 'rx'와, 포커싱되지 않은 포인트 소스 펄스 신호("평"이라고도 알려짐)를 송신하기 위해 이용되는 비교적 작은 송신 개구부 'tx'(단일 트랜스듀서 엘리먼트로 구성될 수도 있거나, 2 개, 3 개, 4 개, 5 개, 또는 그보다 많은 엘리먼트들을 조합하여 포함할 수도 있음)를 포함하는 프로브(1030)의 실시예를 예시한다. 일부 실시예들에서, 송신 개구부는 표준 어레이의 하나 또는 그보다 많은 엘리먼트들을 포함할 수도 있거나, 더 큰 전압 스윙(swing)들을 견디도록 그리고 수신기보다는 송신기로서 더 효율적으로 되도록 설계된 특수한 트랜스듀서일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 수신 엘리먼트들 'rx'는 수신-전용 모드에서 이용될 수도 있고, 그러므로, 희생을 요구하지 않으며 각각의 엘리먼트 상에서 송신/수신 스위치의 감쇠를 겪을 수도 있다.

[0093]

일부 실시예들에서, 도 8에 개략적으로 예시된 것과 같은 프로브(1030)는 프로브가 설계되는 이미징 시나리오들의 대부분에 대한 최대 간섭성 폭보다 더 좁도록 전체 개구부가 설계되는 "단일 개구부 프로브"일 수도 있다. 대안적으로, 도 8의 개략도는 다수 개구부 프로브의 임의의 단일 개구부를 또한 나타낼 수도 있다.

[0094]

이용 시에, (예를 들어, 도 7에 도시된 바와 같은) 평-기반 도플러 서브-시스템은 높은 평 반복 레이트로 송신 트랜스듀서 'tx'로부터의 평들을 반복적으로 송신하기 위하여 도 8에 도시된 것과 같은 프로브를 제어할 수도 있고, 수신 트랜스듀서들 'rx'에 의해 수신된 에코들은 도플러 서브-시스템(100)에 의해 디지털화될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 최대 이론적인 평 반복 레이트는 (임의의 감쇠를 설명하는) 관심 영역의 타겟 심도 및 타겟 조직에서의 사운드의 속력에 의해 제한될 수도 있다. 예를 들어, 최대 평 반복 레이트는, 제 1 송신 파면이 송신 트랜스듀서로부터 이동하고, 관심 영역에서의 객체들에 의해 반사되고, 제 2 파면이 송신되기 전에 수신 트랜스듀서들에 도달하도록 바람직하게는 충분히 느린다. 그러나, 평 반복 레이트는 이 왕복 이동 시간보다 임의

로 더 낮을 필요가 없다. 일부 실시예들에서는, 수신 트랜스듀서들에서 중첩 펄스들을 회피하기 위하여 추가의 안전 마진이 펄스들 사이의 시간에 추가될 수도 있다. 다양한 실시예들에서는, 약 2,000 Hz로부터 8,000 Hz 이상까지의 평 반복 레이트들이 지원될 수도 있다. 일부 실시예들에서는, 약 2500 Hz의 평 반복 레이트가 이용될 수도 있다.

[0095] 도 7의 시스템은 도플러 송신 파형들을 생성하도록 구성된 펄서(pulser)를 더 포함할 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 도플러 기술들을 이용하여 모션을 평가할 목적으로 송신된 초음파 평들은 이미징(예를 들어, B-모드) 목적으로 송신된 평들(또는 다른 초음파 신호들)과는 상이한 특성들을 가질 수도 있다. 일부 실시예들에서, 도플러 이미징에서 이용될 파형들은 동일한 관심 영역에 대해 이용되는 B-모드 이미징을 위해 송신되는 파형들의 주파수보다 더 낮은 주파수로 송신될 수도 있다. 예를 들어, B-모드 이미지가 3 MHz의 주파수로 송신되는 초음파 신호들을 이용하여 얻어질 경우, (예를 들어, B-모드 이미지 상에 중첩될) 대응하는 도플러 컬러 흐름 이미지는 2 MHz에서 송신되는 초음파 파형들을 이용하여 얻어질 수도 있다. 당해 분야에서 잘 알려진 바와 같이, 에일리어싱(aliasing) 없이 검출될 수 있는 최고 도플러 주파수는 PRF/2 이다. 평-기반 도플러의 상황에서, 이것은 에일리어싱 없이 검출가능한 최대 도플러 주파수가 송신된 도플러 평 주파수의 절반이라는 것을 의미한다. 그러므로, B-모드 이미징을 위한 것보다 더 낮은 중심 주파수를 갖는 도플러 평들을 송신하는 것은 도플러 신호들의 에일리어싱의 발생을 감소시킬 수도 있다.

[0096] 도플러 이미징을 위한 초음파 평들은 B-모드 이미징을 위해 송신되는 평들보다 더 긴 펄스 길이(즉, 더 많은 사이클들)로 또한 송신될 수도 있다. 더 긴 펄스 길이는 과면으로 하여금 도플러 시프트가 복귀된 에코들에서 검출될 수도 있도록 충분히 긴 시간 동안에 특정한 테스트 세그먼트에서 지속하게 한다. 이러한 도플러 송신 평들의 펄스 길이는 사이클들에서 측정될 수도 있다. 다양한 실시예들에서는, 이미징되고 있는 매체의 특성들, 송신 신호들의 주파수, 관심 영역의 심도 및 다른 인자들에 따라, 도플러 평이 수십 또는 몇 다스(dozen)의 사이클들 이상에 이르는 단일 사이클의 펄스 길이를 가질 수도 있다. 일부 특정한 실시예들에서, 도플러 평은 약 10 개의 사이클들과 약 32 개의 사이클들 사이의 펄스 길이를 가질 수도 있다. 몇 개의 특정한 예들에서, 도플러 평은 약 10 개의 사이클들, 12 개의 사이클들, 13 개의 사이클들, 14 개의 사이클들, 15 개의 사이클들, 16 개의 사이클들, 17 개의 사이클들, 18 개의 사이클들, 19 개의 사이클들, 또는 20 개의 사이클들의 펄스 길이를 가질 수도 있다.

[0097] 증가된 펄스 길이는 증가된 "도플러 해상도"(즉, 이동하는 반사체들의 속도의 측정들의 품질)로 귀착될 수도 있지만, 더 긴 펄스 길이는 또한 전형적으로 감소된 "공간 해상도"(즉, 이동하는 반사체들의 위치를 설명하는 정보의 품질)로 귀착될 것이다. 그 결과, 도플러 송신 평에 대한 펄스 길의 임의의 선택은 이 2 개의 경쟁 인자들의 균형을 맞추는 것을 포함할 것이다. 일부 실시예들에서, 사용자 인터페이스 제어는 사용자가 송신 펄스 길이를 증가시키거나 감소시키도록 제공될 수도 있다. 펄스 길이에 대한 조절들은 재료, 이미징될 객체의 사이즈 또는 밀도, 희망하는 이미징 심도, 또는 모션-검출 정확성 대 이동하는 반사체 위치 정확성에 대한 선호도와 같은 인자들, 또는 다른 관련 인자들의 사용자의 평가에 기반으로 하여 수동으로 수행될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 초음파 이미징 시스템은 이러한 인자들에 관한 정보의 자동 평가 또는 수동 입력에 기반으로 하여 송신 펄스 길이를 자동으로 조절할 수도 있다.

[0098] 일부 실시예들에서, 초음파 시스템은 도플러 신호들 및 B-모드 이미징 신호들을 송신하는 것을 교대하도록 구성될 수도 있다. 이러한 실시예들에서, 긴 도플러 평이 단일 송신 개구부로부터 송신된 후, 하나 또는 그보다 많은 B-모드 이미징 신호들은 하나 또는 그보다 많은 이미징 송신 개구부들로부터 송신될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 도플러 평보다 더 짧은 펄스 길이 및 더 높은 주파수를 갖는 하나 또는 그보다 많은 평들을 포함할 수도 있는 B-모드 이미징 송신 신호들은 도플러 신호들과 동일한 송신 개구부로부터, 또는 하나 또는 그보다 많은 상이한 송신 개구부(들)로부터 송신될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 도플러 이미징 시스템은 제 2 도플러 평, 또는 제 1 도플러 평과 동일한 송신 개구부로부터의 일련의 도플러 평들을 송신하도록 구성될 수도 있다. 또 다른 실시예들에서, 도플러 이미징 시스템은 제 1 송신 개구부로부터의 제 1 도플러 평을 송신한 후에 제 2 송신 개구부로부터의 제 2 도플러 평을 송신하도록 구성될 수도 있다. 또 다른 실시예들에서, 임의의 수의 송신 개구부들은 도플러 평들을 송신하기 위하여 이용될 수도 있다. 대부분의 실시예들에서, 완전한 도플러 평은 다른 송신 개구부들로부터의 추가의 도플러 평들을 송신하도록 진행하기 전에 하나의 송신 개구부로부터 전형적으로 송신될 것이다.

[0099] 일부 실시예들에서, 도플러 평은 도플러 평 신호의 시작 및/또는 종료를 (각각) 인식하기 위하여 수신 시스템에 의해 이용될 수도 있는 프리앰블(preamble) 및/또는 포스트앰블(postamble) 신호를 또한 포함할 수도 있다. 이

러한 프리앰블 및/또는 포스트앰블 신호들은 희망에 따라 임의의 신호 형상을 포함할 수도 있다.

[0100] 평-기반 도플러 에코 데이터를 수신하고 저장하는 실시예들

[0101] 다양한 실시예들에서, 수신 개구부들에 의해 수신된 에코들은 (예를 들어, 아래에서 더욱 상세하게 설명되는 것과 같은 시스템을 이용하여) 디지털화되고 메모리 디바이스에 저장될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 도플러 평으로부터 수신된 에코 데이터는 본원에서 동위상 데이터 세트 및 직교 데이터 세트라고 지칭되는 2 개의 데이터 세트들에 저장될 수도 있다. 동위상 데이터는 제로 지연을 갖는 수신된 에코 신호들을 나타낸다. 직교 데이터는 동위상 데이터에 대한 송신 과정의 중심 주파수 주기의 약 1/4 지연된 동일한 에코 신호들을 나타낸다. 아래에서 더욱 상세하게 설명된 바와 같이, 동위상 및 직교 데이터는 도플러 시프트의 방향을 결정하기 위하여 분석 및 비교될 수도 있다.

[0102] 도 19를 참조하여 아래에서 더욱 상세하게 설명된 바와 같이, 에코 데이터는 각각의 수신 트랜스듀서 엘리먼트에 대하여 별도의 데이터 스트림에 저장될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 2 개의 데이터 스트림들(예를 들어, 동위상 및 직교) 또는 그보다 많은 것이 각각의 트랜스듀서 엘리먼트에 대해 저장될 수도 있다.

[0103] 본원에서 이용되는 바와 같이, 용어 "테스트 세그먼트"는 검사 중인 수신된 도플러 에코 데이터의 별개의 부분을 지칭한다. 테스트 세그먼트의 개념은 기존의 스캔라인-기반 도플러 이미징에서 이용되는 도플러 범위 케이트의 개념과 유사하지만, 이보다 훨씬 더 많이 포괄적이다. 스캔라인-기반 도플러 이미징에서는, 이용가능한 테스트 세그먼트들이 초음파 신호들을 송신 및 수신하기 전에 도플러 범위 케이트들로서 사전-정의되었던 고주파 발사된 객체의 그러한 색션들로만 제한된다. 이러한 기존의 스캔라인-기반 초음파 이미징 시스템에서는, 스캔라인을 따르는 데이터에만 임의의 하나의 시간에 상당히 고주파 발사된다. 따라서, 스캔라인-기반 시스템들에서, 도플러 케이트는 타겟으로 정해진 최소 및 최대 심도 사이의 스캔라인을 따라 놓여 있는 영역으로 구성되어야 한다.

[0104] 대조적으로, 넓은 파면 또는 포인트 소스 송신 펄스(예를 들어, 평)를 사용하는 평-기반 도플러 이미징 시스템들에서는, 전체적인 이미지 평면에 각각의 송신된 평으로 고주파 발사되고, 그 결과, 이미지 평면 내의 임의의 (또는 모든) 픽셀은 도플러 주파수들에 대해 테스트하기 위한 좁은 영역을 사전-정의할 필요 없이 별도의 테스트 세그먼트로서 분석될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 테스트 세그먼트들은 인접한 픽셀들의 그룹으로서 정의될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 하나 또는 그보다 많은 테스트 세그먼트들의 사이즈는 다이얼, 슬라이더, 숫자 키패드, 터치 스크린 제스처(gesture), 등과 같은 적절한 사용자 인터페이스 디바이스를 통해 사용자에 의해 선택될 수도 있다.

[0105] 위에서 설명된 바와 같은 동적 빔포밍 기술을 이용하면, 수신 개구부의 모든 엘리먼트들에 의해 수신된 도플러 평의 에코들은 (하나 또는 그보다 많은 픽셀들에 의해 나타낸) 각각의 반사체에 대한 위치를 결정하기 위하여 합성될 수도 있다. 다음으로, 그렇게 위치된 반사체들은 도플러 주파수 검출을 위하여 평가될 테스트 세그먼트들 내로 배치될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 에코 데이터는 에코 데이터의 도착 시간(time-of-arrival)에 전적으로 기반으로 하여 테스트 세그먼트들 내로 배치될 수도 있다.

[0106] 도플러 주파수 검출의 실시예들

[0107] 도플러 시프트 주파수들은 단일 트랜스듀서 엘리먼트에 의해 수신된 단일 도플러 평으로부터의 에코들을 다수의 샘플들로 분할함으로써 식별될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 에코 신호는, 각각의 샘플이 대략 송신 주파수의 단일 사이클의 사이즈가 되도록 샘플들로 분할될 수도 있다. 예를 들어, 도플러 송신 평이 16 개의 사이클들의 펄스 길이를 가질 경우, 이러한 도플러 평으로부터 수신된 에코들은 도플러 주파수 검출을 위하여 16 개의 동일한 길이의 샘플들로 분할될 수도 있다. 다음으로, 샘플들은 수신된 에코들의 주파수가 대응하는 송신된 도플러 평의 주파수보다 더 높거나 더 낮은 주파수를 가지는지 여부를 결정하기 위하여 분석될 수도 있다. 대응하는 송신된 도플러 평보다 더 높거나 더 낮은 주파수들을 갖는 에코들은 이동하는 반사체들을 표시한다. 반사체가 이동하고 있지 않을 경우, 그 반사체로부터의 에코 신호의 모든 샘플들의 진폭은 서로 실질적으로 동일할 것이다. 반사체가 이동하고 있을 경우, 샘플들의 진폭은 도플러 주파수에서 변동할 것으로 예상될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 도플러 주파수들의 검출은 위에서 설명된 바와 같이 수신된 에코 신호를 동위상 및 직교 데이터 스트림들로 분할함으로써 더욱 보조될 수도 있다. 이것은 도 9a 및 도 9b를 참조하여 더욱 예시된다.

[0108] 도 9a는 도플러 평으로부터 얻어진 단일 테스트 세그먼트에 대한 동위상 에코 데이터의 과정(62)의 예들을 예시하고, 도 9b는 동일한 도플러 평으로부터 얻어진 동일한 테스트 세그먼트에 대한 직교 에코 데이터의 대응하는 과정(64)을 예시한다. 논의 중인 테스트 세그먼트가 제로 모션의 포인트에 위치되었을 경우, 도 9a 및 도 9b의

파형들은 일정한 진폭들을 가질 것이고, 송신된 도플러 평(불가피한 잡음의 효과들을 더함)의 주파수와 실질적으로 동일한 주파수를 가질 것이다. 실제로, 도 9a 및 도 9b의 파형들은 모션에서의 포인트를 나타내고, 따라서, 대응하는 도플러 주파수의 샘플들이다. 따라서, 수신된 에코 신호의 검출된 주파수를 송신된 평 신호의 알려진 주파수와 비교함으로써, 도플러 시프트가 검출될 수도 있다. 신호들(즉, 동위상 신호 및 직교 신호) 사이의 위상 시프트의 대략 90도를 갖는 2 개의 이러한 신호들에 의해, 모션이 트랜스듀서 프로브를 향하는지 또는 이로부터 멀어지는지 여부를 결정하는 것이 가능하다. 대안적인 실시예들에서, 수신된 파형으로부터 도플러 주파수들을 검출하는 임의의 다른 알려진 방법이 또한 이용될 수도 있다.

[0109] 일단 도플러 시프트 주파수가 주어진 이동하는 반사체에 대해 검출되면, 검출된 도플러 주파수와 연관된 속력은 수신된 도플러 에코들의 타이밍과, 이미정된 매체에서의 사운드('c')의 속력과 같은 알려진 정보에 기반으로 하여 직접 계산될 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 반사체 변위(Δx)가 사운드('c')의 속력 및 검출된 시간 시프트(Δt , 도플러 주파수 시프트에 대응함)의 곱셈의 절반을 취함으로써 결정되는 시간 도메인 상관(time domain correlation; TDC)으로서 알려진 기술이 이용될 수도 있다.

$$\Delta x = c * \Delta t$$

[0111] 이동하는 반사체의 속력(V_r)은 간단하게 송신된 파형(PP)의 연속 사이클들 사이의 주기로 나누어진 변위(Δx)이다.

$$V_r = \Delta x / PP$$

[0113] 다양한 대안적인 실시예들에서, 검출된 도플러 주파수에 기반으로 하여 반사체 속력을 수량화하는 임의의 다른 알려진 방법이 또한 이용될 수도 있다.

[0114] 반사체의 스칼라 속력에 추가하여, 모션의 벡터 방향은 이용되고 있는 분석의 유형, 이용가능한 프로세싱 능력, 이용되고 있는 프로브의 유형, 및 다른 인자들에 따라, 변동되는 정확성의 정도로 또한 결정될 수도 있다. 일반적으로, 모션은 1 차원적으로 또는 다차원적으로 검출될 수도 있다.

1 차원 도플러 모션 검출의 실시예들

[0116] 일부 실시예들에서, 이러한 프로세싱은 도 9a 및 도 9b에 예시된 것들과 같은 동위상 파형(62) 및 직교 파형(64)의 복소(실수 및 허수) 조합에 대해 고속 퓨리에 변환(Fast Fourier Transform)을 수행함으로써 달성될 수도 있다. 이러한 동작의 결과는 N 엘리먼트들의 복소 벡터를 산출할 것이다. 다음으로, 복소 엘리먼트들은 진폭으로 변환될 수도 있거나 파워 스펙트럼이 연산될 수도 있다. 엘리먼트들의 절반은 포지티브 도플러 시프트들(프로브를 향한 모션)에 대응하고, 다른 절반은 네거티브 시프트들(프로브로부터 멀어지는 모션)에 대응한다. 대안적인 실시예들에서, 이러한 프로세싱은 송신된 도플러 평 주파수에서 샘플링되는 3 개 또는 그보다 많은 프레임들의 유한 임펄스 응답(infinite impulse response; IIR) 필터로 달성될 수도 있다. 추가의 실시예들에서, 임의의 다른 직교 검출 방법 또는 임의의 다른 알려진 방법은 검출된 도플러 주파수들에 기반으로 하여 이동하는 반사체들의 방향의 1 차원적 결정을 행하기 위하여 이용될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 도플러 프로세싱의 결과들은 임상의(clinician)에게 디스플레이될 수도 있고, 오디오 출력이 마찬가지로 또한 제공될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 도플러 데이터는 B-모드 스캔에 대해 중첩으로서 디스플레이될 수도 있다.

[0117] 일부 실시예들에서, 도 2를 참조하여 위에서 설명된 바와 같이, 임의의 빔포밍(20)을 수행하기 전에, 송신된 도플러 평을 뒤따르는 수신 개구부의 각각의 엘리먼트에 의해 수신된 원시의 빔포밍되지 않은 에코 데이터는 이동하는 반사체들을 표시하는 도플러 주파수 시프트들을 검출(24)하기 위하여 분석될 수도 있다. 이러한 실시예들에서, "테스트 세그먼트들"은 상기 실시예들에서와 같이 (빔포밍에 의해 결정되는) 반사체들의 위치에 기반으로 하는 것보다는 수신 엘리먼트에 의해 수신된 에코들의 상대적인 타이밍에 기반으로 하여 정의되고 선택(19)될 수도 있다. 이러한 실시예들에서, 도플러 주파수들은 위에서 설명된 것과 실질적으로 동일한 방식으로 검출(24)될 수도 있지만, 반사체 위치에 기반으로 하여 테스트 세그먼트들을 정의하기보다는, 테스트 세그먼트들은 각각의 수신 엘리먼트에 의해 수신된 에코 신호들의 타이밍에 의해 정의될 수도 있다.

[0118] 이러한 일부 실시예들에서, 일단 모션이 에코 데이터의 하나 또는 그보다 많은 섹션들에서 검출(24)된다면, 다음으로, 이동하는 반사체들을 표시하는 그러한 에코들은 그러한 이동하는 반사체들을 나타내는 픽셀들에 대한 위치들을 결정하기 위하여 빔포밍(20)될 수도 있다. 이러한 빔포밍을 통해(예를 들어, 위에서 설명된 것과 같은 동적 빔포밍 프로세스를 이용하여), 도플러 에코 데이터에서의 이동하는 반사체들의 위치들이 결정될 수도 있다. 단일 수신 개구부의 모든 수신 엘리먼트들에서 수신된 도플러 에코 데이터는 결과적인 위치 정보의 측방

향 해상도를 개선시키기 위하여 간접성 합산에 의해 합성될 수도 있다.

[0119] 일부 실시예들에서, 어떤 모션도 표시하지 않는 도플러 에코 데이터의 일부분들, 또는 임계값 미만의 속력들에서의 모션을 표시하는 그러한 일부분들은 디스플레이될 이미지(또는 이미지 계층)에서 이동하는 핵셀들을 나타내는 핵셀 위치들을 위치결정하기 위하여 빔포밍할 때에 무시될 수도 있다. 이러한 방법으로, 임계값보다 더 고속으로 이동하는 반사체들로부터 기인하는 도플러 에코 데이터만이 도플러 이미지를 구축함에 있어서 이용될 수도 있다.

[0120] 일부 실시예들에서, B-모드 이미지의 자동화된 체험적 분석은 최종 도플러 이미지(또는 복합 이미지의 도플러 이미지 계층) 내에 포함될 도플러 정보의 공간적 해상도를 개선시키기 위하여 이용될 수도 있다. 예를 들어, B-모드 이미지는 (예를 들어, 미국 특허 제8,105,239호에 설명된 것과 같은 프로세스를 이용하여) 혈관들을 식별하기 위하여 평가될 수도 있다. 이러한 정보에 의해, 이미징 시스템은 혈관들로서 식별된 그러한 영역들에서만 모션을 표시하는 이미지를 생성하도록 구성될 수도 있다. 유사한 방법들은 다른 의료용 또는 비-의료용 응용들에서 적용될 수도 있다.

[0121] 일부 실시예들에서, 검출된 이동은 디스플레이 상에 컬러로서 표시될 수도 있다. 검출된 모션이 1 차원(즉, 프로브를 향하거나 프로브로부터 멀어짐)인 실시예들에서는, (예를 들어, 프로브를 향하는) 하나의 방향으로의 모션이 적색과 같은 하나의 컬러로 표시될 수도 있고, (예를 들어, 프로브로부터 멀어지는) 반대의 방향으로의 모션은 청색과 같은 또 다른 컬러로 표시될 수도 있다. 변동하는 도플러 주파수들은 2 개의 선택된 컬러들의 강도들을 변동시킴으로써 표시될 수도 있다. 다음으로, 이러한 컬러처리된 도플러 이미지는 도플러 모션 정보에 대한 상황(context)을 제공하기 위하여 B-모드 이미지와 중첩될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 도플러 이미지는 독립적으로 디스플레이될 수도 있다. 1 차원 평-기반 도플러 방법들을 이용하면, B-모드 이미지 내의 임의의 포인트에서의 모션은 도플러 관심 영역(또는 테스트 세그먼트)을 미리 구체적으로 정의할 필요 없이 디스플레이될 수도 있다. 이것은 도플러 평이 대응하는 B-모드 이미지의 규모에 의해 정의된 바와 전체적인 관심 영역에 고주파를 발사할 것이기 때문이다.

다차원 도플러 모션 검출의 실시예들

[0123] 하나를 초과하는 수신 개구부 또는 하나를 초과하는 송신 엘리먼트를 이용함으로써, 하나를 초과하는 축을 따라 정렬된 흐름의 컴포넌트들이 또한 검출될 수도 있다. 이러한 실시예들에서, 상이한 축들을 따르는 흐름의 컴포넌트들은 각각의 게이트 또는 핵셀에 대한 흐름의 전체 속력 및 방향을 구하기 위하여 합성될 수 있다. 도 8을 참조하여 예를 들면, 프로브(1030)의 송신 개구부 'tx'의 좌측 상의 수신 엘리먼트들 'rx'는 하나의 수신 개구부로서 (예를 들어, 위에서 설명된 1 차원 프로세스를 중 하나를 이용하여) 프로세싱될 수도 있고, 송신 개구부 'tx'의 우측 상의 수신 엘리먼트들 'rx'는 별도의 수신 개구부로서 프로세싱될 수도 있다. 이 경우, 최대 흐름 감도의 방향은 좌측 개구부와 비교하여 우측 개구부에 대해 약간 상이할 것이다. 일부 실시예들에서, 방향 성 감도에 있어서의 이 차이는 타겟 객체(예를 들어, 동맥의 혈액)의 전체 흐름 및 방향을 추론하기 위하여 활용될 수도 있다.

[0124] 대안적인 실시예들에서는, 다수의 송신 개구부들 및 단일 수신 개구부를 사용함으로써 동일한 이점들이 달성될 수도 있다. 예를 들어, 도 10은 양쪽 엔드 상에 송신 트랜스듀서 엘리먼트들을 갖는 선형 트랜스듀서 어레이(1034)를 예시한다. 일부 실시예들에서, 도 10의 어레이(1034)는 다수 수신 개구부들을 포함하기에 충분히 넓을 수 있다. 이 접근법들의 각각의 실시예들은 아래에서 더욱 상세하게 설명된다.

[0125] 일부 실시예들에서, 설계된 이미징 시나리오들에 대한 최대 간접성 개구부 폭보다 2 배, 3 배 또는 그보다 많은 배수인 전체 개구부를 갖는 다수 개구부 초음파 프로브는 포인트-소스 송신 개구부 'tx', 평가될 핵셀, 및 각각의 수신 개구부에 의해 대칭되는 각도를 증가시키기 위하여 이용될 수도 있다. 평가되고 있는 핵셀로의 경로들 사이의 각도를 증가시킴으로써, 상이한 수신 개구부들에서의 측정치들 사이의 차이가 일반적으로 더 클 것이고, 추론된 전체 흐름 및 방향은 에러로 될 경향이 더 적을 것이다. 일부 실시예들에서, 다수 개구부 프로브는 도 11에 도시된 어레이(1032) 또는 도 12의 어레이(1036)와 같은 2-개구부 시스템일 수도 있다. 다른 실시예들에서, 다수 개구부 프로브는 도 13에 도시된 바와 같은 3-개구부 프로브(1038)일 수도 있다. 추가의 실시예들은 중심의 블록형 또는 오목형 굴곡된 어레이를 내부 대신에 수신 어레이의 에지 상에 하나 또는 그보다 많은 송신 개구부들을 설치하거나, 어레이를 따라 변동되는 포인트들에 위치된 복수의 송신 개구부들을 설치하는 것과 같은 다수의 다른 가능성들을 제공한다. 일부 실시예들에서는, 하나를 초과하는 송신 개구부가 이용될 수도 있고, 각각의 송신 개구부를 이용함으로써 수신된 도플러 결과들은 결과들을 더욱 개선시키기 위하여 다른 송신 개구부들로부터의 결과들로 평균화될 수도 있다. 다수의 송신 개구부들을 갖는 프로브(1034)의 예는 도 10에

예시되어 있다.

[0126] 도 14는 다수 개구부 초음파 프로브를 이용하여 스칼라 속력 측정치를 검출하고 프로브 기하구조에 기반으로 하여 에코 데이터 독립적 근사화들을 행하기 위한 프로세스(300)의 실시예를 예시한다. 도 14의 프로세스(300)에 따르면, 초음파 이미징 시스템은 먼저, 다수 개구부 초음파 프로브가 이용되고 있는 것으로 결정(302)할 수도 있다. 이러한 식별(302)은 프로브가 접속될 때에 프로브와 이미징 시스템 사이의 핸드세이크 통신(handshake communication)에 의해 발생할 수도 있다. 대안적으로, 이러한 검출(302)은 저장된 데이터 세트가 다수 개구부 프로브를 이용하여 수집되었던 것으로 결정하는 것을 간단하게 포함할 수도 있다.

[0127] 프로세스(300)는 이미지 필드에서의 각각의 픽셀에 대한 보정 인자들(즉, 특정한 반사체가 이미징될 각각의 음향 경로에 대한 보정 인자)의 어레이를 연산하거나 이와 다르게 얻는 것(304)을 또한 포함할 수도 있다. 아래에서 더욱 상세하게 설명되는 바와 같이, 데이터 독립적 근사화 인자는 이용되고 있는 다수 개구부 프로브의 송신 및 수신 개구부들의 기하구조에 기반으로 하여 각각의 인터-개구부 음향 경로에 대해 계산될 수도 있다. 이동하는 반사체들은 본원에서 설명된 것들을 포함하는 임의의 이용가능한 방법을 이용하여 식별되고 위치결정(306)될 수도 있다. 최소 반사체 속력은 이러한 데이터 독립적 근사화 인자에 의해 측정된 속력을 곱셈함으로써 계산(308)될 수도 있다. 다수의 속력 측정치들은 최소 속력 추정치의 정확성을 더욱 개량하기 위하여 평균화, 가중처리된 평균화 또는 임의의 다른 방법에 의해 집합(310)될 수도 있다.

[0128] 도 15를 참조하여 그리고 아래에서 더욱 상세하게 설명된 바와 같이, 송신 개부(320) 및 픽셀 위치(315)를 연결하는 제 1 라인(321)과, 픽셀 위치(315)를 수신 개구부(322)에 연결하는 제 2 라인 사이의 각도 Φ 는 프로브의 알려진 기하구조 및 이용되고 있는 이미지 원도우에만 종속적이다. 도 15는 송신 라인(321)과, 각각의 수신 라인들(325 및 327) 사이의 각도들 Φ 및 Φ 를 더욱 예시한다. 그 결과, 각도 Φ 는 주어진 프로브 및 이미지 원도우에 대한 송신 개구부(320), 픽셀 위치(315) 및 (즉, 각각의 음향 경로에 대한) 수신 개구부(322, 324 또는 326)의 각각의 조합에 대하여 사전-계산될 수도 있다. 일단 각도 Φ 가 결정되었으면, $1/\cos(\Phi/2)$ 와 동일한 데이터 독립적 근사화 인자는 각각의 픽셀 위치 및 그 픽셀 상의 각각의 음향 원도우에 대해 사전-계산될 수도 있다. Φ 가 제로인 임의의 음향 경로(즉, 인트라-개구부 음향 경로들)에 대하여, 보정 인자는 간단하게 $1/\cos(0) = 1$ 일 것이다. Φ 가 거의 제로인 임의의 음향 경로들에 대하여, 보정 인자는 1인 것으로 또한 가정될 수도 있다.

[0129] 도 14를 다시 참조하여, 위에서 설명된 방법들 중 임의의 것 또는 임의의 다른 적당한 방법을 이용하면, 도플러 주파수 검출은 하나 또는 그보다 많은 음향 경로들을 이용하여 임의의 (또는 모든) 픽셀 위치에서 이동하는 반사체들(306)의 속력을 식별하고, 위치결정하고 결정하기 위하여 이용될 수도 있다. 다음으로, 임의의 주어진 픽셀에 대하여, 각각의 음향 경로에 의해 취득된 속력은 반사체의 최소 속력을 나타내는 속력 측정치를 얻기 위하여 그 음향 경로에 대한 데이터 독립적 근사화 인자에 의해 곱셈(308)될 수도 있다. 다수의 음향 경로들에 의해 얻어진 속력 측정치들은 측정치의 정확성을 더욱 개선시키기 위하여 (예컨대, 평균화 또는 가중처리된 평균화에 의해) 합성될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 다수의 음향 경로들에 의해 얻어진 최대 속력 측정치는 최소 속력 측정치로서 취해질 수도 있다.

[0130] 도 16은 이미지 평면 내에서 이동하는 반사체의 속력 및 방향을 나타내는 2 차원 속도 벡터를 검출하기 위한 프로세스(350)의 실시예를 예시한다. 도 16의 프로세스(350)는, 다수 개구부 초음파 프로브의 존재를 검출하는 것(302), 이용될 음향 경로들에 대한 조절 인자들을 연산하는 것(304), 도플러 검출 기술을 이용하여 이동하는 반사체들을 식별하고 위치결정하는 것(306), 및 데이터 독립적 조절 인자들을 적용하는 것(308)을 포함하는, 도 14의 프로세스(300)와 실질적으로 동일한 단계들과 함께 시작될 수도 있다. 데이터 독립적 조절 인자들은 속도 방향을 계산하기 전에 속력에 대한 보정들로서 적용될 수도 있다. 다음으로, 속도 벡터는 2 개의 상이한 음향 경로들을 이용하여 얻어진 측정치들을 합성함으로써 계산(360)될 수도 있다. 이미지 평면 내에서의 반사체의 모션의 속력 및 방향은 이용되는 2 개의 경로들에 대한 음향 경로 기하구조로부터 유도된 연립방정식들의 세트를 구함으로써 계산(360)될 수도 있다. 이러한 연립방정식들의 예는 수식 1 내지 7을 참조하여 아래에서 제공된다.

[0131] 다음으로, 음향 경로들의 다수의 쌍들로부터의 측정치들을 이용하여 취득된 속도 벡터들은 예컨대, 벡터들의 외적(cross product)을 구함으로써 합성(362)될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 하나 또는 그보다 많은 음향 경로들은 (사용자에 의해 수동으로, 또는 이미징 시스템 또는 이미지 프로세싱 시스템에 의해 자동으로) 특정한 반사체에 대한 모션의 속력 및 방향의 정확한 측정을 제공할 가능성이 더 많은 것으로 인식될 수도 있다. 이러한 실시예들에서, 이러한 더 높은 품질의 음향 경로들을 이용하여 얻어진 속도 벡터들은 다수의 음향 경로들에

의해 얻어진 벡터들을 합성할 때에 더 높은 가중치를 부여받을 수도 있다.

[0132] 설명의 간략화를 위하여, 다수 개구부 도플러 이미징 시스템의 동작은 도 12의 프로브(1036)를 참조하여 설명될 것이다. 도 13의 프로브(1038) 또는 임의의 다른 가능한 프로브 구성들에 대한 이 분석의 확장은 본원에서의 설명들 및 예시들을 고려할 경우에 당업자에게 명백할 것이다.

[0133] 도 12의 프로브(1036)는 적어도 하나의 지정된 송신 엘리먼트 'tx'를 그 위에 갖는 제 1 수평 어레이를 포함한다. 도시된 바와 같이, 송신 엘리먼트는 제 1 수평 어레이의 중심에 위치결정될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 송신 기능들을 위해 이용되지 않는 트랜스듀서 엘리먼트들은 수신 기능들을 위해 예약될 수도 있다. 제 1 어레이와 일렬로 또는 제 1 어레이에 대해 각도를 이루어 위치된 제 2 어레이는 에코들을 수신하도록 완전히 지정될 수도 있다. 제 1 및 제 2 어레이들의 각각 상의 각각의 엘리먼트의 음향 위치는 바람직하게는 적어도 희망하는 정확성의 정도까지 정밀하게 알려져 있다.

[0134] 도 17은 도 12의 시스템의 추가의 간략화된 표현을 예시한다. 도 17에서, 포인트 c(1050)는 흐름의 속도 및 방향이 추정될 테스트 세그먼트를 나타낸다(본원에서 후보 포인트(1050)라고 지칭됨). 이 논의의 목적으로, 포인트 c(1050)에서의 진정한 속도는 V로서 표현되고, 진정한 방향은 각도 γ 에 의해 표현된다. 포인트 'a'(1052)는 수평 어레이의 중심을 나타내고, 제 1 수신 개구부 'Rx1'의 중심뿐만 아니라 송신 개구부 'tx'의 위치에 또한 대응한다. 포인트 'b'는 제 2 수신 개구부 'Rx2'의 중심 엘리먼트를 나타낸다.

[0135] 라인 'a-c'(1062)는 송신 엘리먼트 'tx'로부터 후보 포인트(1050)까지 이동하는 송신된 파면의 경로를 나타낸다. 라인 'a-c'(1062)는 후보 포인트(1050)로부터 제 1 수신 개구부 'Rx1'의 중심까지 복귀하는 에코의 경로를 또한 나타낸다. 라인 'b-c'(1064)는 제 2 수신 어레이 'Rx2' 상에서 후보 포인트(1050)로부터 포인트 'b'(1054)까지 이동하는 에코의 경로를 나타낸다. 각도 α 는 수평 기준 라인(1070)에 대한 라인 'a-c'(1062)의 각도이다. 유사하게, 각도 β 는 동일한 수평 기준 라인(1070)에 대한 라인 'b-c'(1064)의 각도를 나타낸다.

[0136] 후보 포인트 'c'(1050)가 (즉, 음향 경로 'a-c'를 따라) 송신 개구부 'tx'로부터 송신된 펄스들의 에코들로부터 제 1 수신 개구부 'Rx1'에 의해 이미징될 경우, 도플러 정보는 라인 'a-c'(1062)를 따라 모션의 컴포넌트에 가장 민감할 것이다. (즉, 음향 경로 'a-c-b'를 따라) 송신 개구부 'tx'로부터 송신된 도플러 신호들로 제 2 수신 개구부 'Rx2'로부터 동일한 후보 포인트 'c'(1050)를 이미징하면, 도플러 정보에 대해 가장 민감한 측은 각도 'a-c-b'(1068)를 2 등분하는 예시된 라인 'd-c'(1066)이다. 이것은 도플러 정보(즉, 송신된 도플러 평 주파수에 대한 수신된 에코들의 주파수에 있어서의 증가 또는 감소)가 라인 'd-c'(1066)를 따르는 송신 및 수신 경로들 둘 모두에 의해 영향을 받을 것이기 때문이다. 수평 기준(1070)으로부터의 라인 'd-c'(1066)의 각도는 $\delta = (\alpha + \beta)/2$ 이다. 그 결과, 임의의 추가의 분석을 행하지 않고도, 모션 방향을 결정하는 상기 설명된 1 차원 방법들은 포인트 'c'에서의 반사체의 라인 'd-c'(1066)를 따라 속력 컴포넌트를 측정하기 위하여 채용될 수도 있다.

[0137] 이 논의를 위하여, V_{max} 는 주어진 도플러 평 주파수에 대해 검출가능한 최대 속도를 나타낸다. 당해 분야에서 잘 알려진 바와 같이, 에일리어싱 없이 검출가능한 최대 도플러 주파수는 $PRF/2$ 이다. 평-기반 도플러의 상황에서, 이것은 에일리어싱 없이 검출가능한 최대 도플러 주파수가 송신된 도플러 평 주파수의 절반이라는 것을 의미한다. V_{max} 로 이동하는 후보 포인트 'c'에서의 입자에 의해 경로 'a-c'를 따라 복귀되는 위상 시프트는 펄스당 π 라디안(radian)이다. 이것은 펄스들 사이의 시간에서 입자가 $1/4$ 파장($\lambda/4$)을 이동하는 것과 동등하다. 그러나, 경로 'd-c'를 따르며 제 2 수신 개구부 'Rx2'에 의해 경로 'a-c-b'에 따른 위상 시프트에 의해 감지되는 동일한 속도가 $\pi \cos(\delta - \alpha)$ 만의 위상 시프트로 귀착된다. 이것은 도 18을 참조하여 보여질 수 있고, 여기서, 후보 포인트(1050)에서의 입자는 포인트 e(1074)까지의 거리 $\lambda/4$ 에 의해 경로 'd-c'를 따라 이동하는 것으로 표시된다(거리는 도면에서 과장됨). 포인트 'c'에서 라인 'a-e' 상의 포인트 'f'까지 수직 라인(1076)을 떨어뜨리는 것은 삼각형 'c-e-f'를 생성하며, 여기서 세그먼트 'e-f'(1082)는 포인트 'c'(1050)에서의 반사체가 포인트 'e'(1074)의 위치로 이동함에 따라 경로 'a-c'에 대한 경로 길이에 있어서의 증가를 나타낸다. (거리 'c-e'가 매우 작으므로) 각도 'd-e-a'가 각도 'd-c-a'와 거의 동일하다는 것에 주목하면, ' $e-f$ ' $\approx \lambda/4 \cos(\delta - \alpha)$ 이다. 이 증가분의 경로 길이는 경로 'c-b'에 대해 동일하므로, 전체 위상 시프트는 $\pi \cos(\delta - \alpha)$ 이다. 그러므로, 경로 'a-c-d'에 따른 모든 측정치들은 이러한 측정치들을 $1/\cos(\delta - \alpha)$ 에 의해 곱셈함으로써 보정될 수도 있다.

[0138] 다행하게도, 위에서 계산된 바와 같은 각도 차이 및 보정은 각각의 이미지 픽셀에 대해 미리 알려져 있고, 송신 또는 에코 데이터에 종속적이지 않다. 이것은 각각의 이미지 픽셀이 관심 영역 내의 알려진 위치에 맵핑하기 때문이고, 각각의 트랜스듀서 엘리먼트의 음향 위치가 (예를 들어, 위에서 참조된 출원인들의 이전의 출원들에서 논의된 것들과 같은 교정 시스템에 의해 결정되는 바와 같이) 이미징 시스템에 의해 알려지기 때문이다. 따라서, 선택된 이미지 심도에 대하여, 각각의 이미지 픽셀 및 각각의 송신 개구부/수신 개구부 조합(즉, 각각의 음향 경로)에 대한 각도들 δ 및 α 는 알려진 프로브 기하구조로부터 계산될 수 있다. 그러므로, 임의의 선택된 이미지 심도 또는 이미지 원도우에서의 각각의 픽셀에 대한 보정 인자들의 어레이는 미리 연산될 수 있고 도플러 측정 프로세스 동안에 이용하기 위하여 메모리에 저장될 수 있다. 다른 실시예들에서, 이러한 보정 인자들은 동적으로 계산될 수도 있다.

[0139] 유사한 보정 인자들은 송신 개구부, 반사체 포인트 및 (예를 들어, 도 15에 도시된 바와 같은) 수신 엘리먼트에 의해 형성된 각도 Φ 를 결정함으로써, 그 다음으로, 데이터 독립적 보정 인자를 그 음향 경로에 대해 $1/\cos(\Phi/2)$ 로서 계산함으로써, 인터-개구부 음향 경로에 대해 계산될 수도 있다. 임의의 인트라-개구부 음향 경로(이 경로에 대해 Φ 는 제로임)에 대한 보정 인자는 1과 동일할 것이다($\cos(0) = 1$ 이므로).

[0140] 경로 a-c-b에 따른 도플러 시프트에 대한 보정 = $1/\cos(\delta - \alpha)$ (1)

[0141] 이 보정이 (그리고 도 13의 구성과 같은 다수 개구부 구성들에 대한 송신-수신 경로들의 둘 모두에 대하여) 행해지는 것으로 가정하면, V 및 γ 에 대한 연산은 다음과 같이 진행될 수도 있다.

[0142] V_a 는 음향 경로 'd-c'를 이용한 포인트 'c'에서의 V 의 측정치이고, V_b 는 음향 경로 'a-c'를 이용한 포인트 'c'에서의 V 의 측정치라고 한다. 다음으로,

[0143] $V_a = V \cos(\gamma - \alpha)$ (2)

[0144] $V_b = V \cos(\gamma - \delta)$ (3)

[0145] V_a , V_b , α 및 δ 는 알려지거나 측정되므로, V 및 γ 는 다음과 같이 구해질 수 있다:

[0146] $K = V_a/V_b$ 라고 하고 (4)

[0147] V_b 가 제로 또는 제로에 근접하지 않을 경우,

[0148] $\cos(\gamma - \alpha) = K \cos(\gamma - \delta)$

[0149] $\cos \gamma \cos \alpha + \sin \gamma \sin \alpha = K \cos \gamma \cos \delta + K \sin \gamma \sin \delta$

[0150] $(\cos \alpha - K \cos \delta) \cos \gamma = (K \sin \delta - \sin \alpha) \sin \gamma$

[0151] $\tan \gamma = (\cos \alpha - K \cos \delta) / (K \sin \delta - \sin \alpha)$ $V_b \neq 0$ 일 경우

[0152] $\gamma = \arctan((\cos \alpha - K \cos \delta) / (K \sin \delta - \sin \alpha))$ $V_b \neq 0$ 일 경우 (5)

[0153] 대안적으로, V_a 가 제로 또는 제로에 근접하지 않을 경우,

[0154] $K' = V_b/V_a$ (6)

[0155] $\cos \gamma \cos \delta + \sin \gamma \sin \delta = K'(\cos \gamma \cos \alpha + \sin \gamma \sin \alpha)$

[0156] $(\cos \delta - K' \cos \alpha) \cos \gamma = (K' \sin \alpha - \sin \delta) \sin \gamma$

[0157] $\tan \gamma = (\cos \delta - K' \cos \alpha) / (K' \sin \alpha - \sin \delta)$ $V_a \neq 0$ 일 경우

[0158] $\gamma = \arctan((\cos \delta - K' \cos \alpha) / (K' \sin \alpha - \sin \delta))$ $V_a \neq 0$ 일 경우 (7)

[0159] γ 를 구하기 위하여 적절한 수식을 이용한 후, 수식들 (2) 또는 (3)의 어느 하나는 유체 흐름의 방향에 관계 없이 속도 V 를 평가하기 위하여 이용될 수도 있다.

[0160] 많은 응용들에 대하여, 수식들 (4) 및 (5) 또는 (6) 및 (7)의 상대적으로 복잡한 연산들이 정당화되지 않을 수도 있다. 누군가가 데이터 종속적이지 않은(즉, 이 값들은 임의의 에코 데이터에 대한 필요없이 프로브 기하구조 및 이미징 심도 및 픽셀 위치에 기반으로 하여 알려질 수도 있음) 수식 (1)의 보정들을 행하는 것에 불과할 경우, 수식을 이용함으로써 전체 속력을 추정함에 있어서의 최대 에러는:

[0161] $S(\text{속력}) = (V_a + V_b) / 2$ (8)

[0162] 은 다음과 같이 연산될 수 있다:

[0163] $S = V / 2 (\cos(\gamma - \alpha) + \cos(\gamma - \delta))$

[0164] 최대 속력은 다음과 같을 때에 발생한다

[0165] $dS/d\gamma = -V/2(\sin(\gamma - \alpha) + \sin(\gamma - \delta)) = 0$

[0166] 다음으로,

[0167] $\sin(\gamma - \alpha) = -\sin(\gamma - \delta) = \sin(\delta - \gamma)$

[0168] $\gamma - \alpha = \delta - \gamma$

[0169] $2\gamma = \alpha + \delta$

[0170] $\gamma = (\alpha + \delta) / 2$

[0171] 따라서, 최대 속력은 V 가 각도 $(\alpha + \delta) / 2$ 와 정렬될 때에 발생한다.

[0172] 시스템은 라인 'd-c'에 직교하는 방향, 즉, $(\alpha + \delta) / 2 + \pi / 2$ 에서의 흐름에 가장 덜 민감하다.

[0173] $S = V / 2 [\cos((-\alpha + \delta + \pi) / 2) + \cos((\alpha - \delta + \pi) / 2)]$

[0174] $= V / 2 [\sin((\delta - \alpha) / 2) + \sin((\delta - \alpha) / 2)]$

[0175] $= V \sin((\delta - \alpha) / 2)$

[0176] 각도 $(\delta - \alpha)$ 가 30도보다 더 큰 임의의 이미지의 영역에서, 직교 방향에서의 속도들은 이 단순화를 이용하여 최대 50%까지 과소 보고될 것이다.

[0177] 각도 $(\alpha + \delta) / 2$ 와 정렬된 흐름에 대하여

[0178] $S = V \cos((\delta - \alpha) / 2)$

[0179] 그러므로, $(\delta - \alpha) / 2$ 가 60도 미만인 임의의 영역에서, 방향 $(\alpha + \delta) / 2$ 에서의 속도 컴포넌트들은 이 단순화를 이용하여 최대 50%까지 또한 과소 보고될 것이다.

[0180] 대조적으로, 단일-각도(또는 1 차원) 컬러 흐름 도플라에 의해 추정된 속도들은 측정의 각도에 직교하는 방향에서의 속도들을 완전히 놓칠 수 있다.

[0181] 상기 분석에서는, 수신 개구부들이 중심 포인트 주위로 대칭적이며 수신 개구부의 개별적인 엘리먼트들에 의해

수신된 에코들은 속도 계산들을 수행하기 전에 간접성으로 합산된다는 가정들에 기반으로 하여, 계산들이 수신 개구부 rx의 중심을 이용하여 수행된다. 다른 실시예들에서, 수신 개구부 상의 임의의 다른 포인트는 상기 속도 계산들에서 이용될 수도 있다. 추가의 실시예들에서, 상기한 사항은 수신 개구부의 각각의 개별적인 엘리먼트에 의해 측정된 바와 같은 속도들을 별도로 계산하기 위하여 확장될 수도 있다.

[0182]

유사하게, 상기 분석은 본원에서의 설명들을 고려할 경우에 당업자에게 명백한 바와 같이, 2 개를 초과하는 수신 개구부들, 및/또는 하나를 초과하는 송신 개구부를 사용하는 시스템들로 또한 확장될 수도 있다. 예를 들어, 상기 분석은 도 13의 중심 어레이 'rx3'과 같은, 제 3 수신 개구부를 포함하는 초음파 프로브에 적용될 수도 있다. 이러한 실시예들에서, 임의의 주어진 이동하는 반사체 'c'의 속도의 제 1 측정량은 중심 수신 개구부 'rx3' 및 좌측 수신 개구부 'rx2'에 적용되는 바와 같은 상기 분석을 이용하여 계산될 수도 있다. 반사체 'c'의 속도의 제 2 측정량은 중심 수신 개구부 'rx3' 및 우측 수신 개구부 'rx1'에 적용되는 바와 같은 상기 분석을 이용하여 계산될 수도 있다. 다음으로, 제 1 및 제 2 속도 벡터들은 최종 속도 측정치를 얻기 위하여 평균화될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 제 1 및 제 2 속도 벡터들은 측정되고 있는 포인트의 최적의 시야를 제공하는 송신/수신 개구부 쌍들에 더 많은 가중치를 부여하는 가중처리된 평균과 합성될 수도 있다. 유사하게, 2 개의 송신 개구부들 및 하나 또는 그보다 많은 수신 개구부들을 이용하여 측정된 속도 벡터들은 속도 측정치의 정확성을 개선시키기 위하여 평균화될 수도 있다.

[0183]

예를 들어, 일부 실시예들에서, 상기 프로세스는 제 1 수신 개구부와 동시에 제 2, 제 3, 제 4, 제 5 (또는 임의의 수의 추가적인) 수신 개구부들을 이용하여 속도 측정치들을 얻기 위하여 이용될 수도 있다. 이러한 실시예들에서, 모든 수신 개구부들로부터 얻어진 속도 크기 및 방향 측정치들은 이러한 측정치들의 정확성을 더욱 증가시키기 위하여 (예를 들어, 평균화 또는 가중처리된 평균화에 의해) 합성될 수도 있다.

[0184]

비-도플러 모션 검출

[0185]

도 20은 도플러 주파수들을 검출할 필요 없이 평-기반 이미징 시스템을 이용하여 모션이 검출될 수도 있는 프로세스(400)의 예를 예시한다. 이러한 실시예들은 이미징된 픽셀들의 모션을 검출하기 위하여 높은 프레임 레이트의 평 이미징 및 이미지 프로세싱 기술들을 이용할 수도 있다. 완전한 이미지는 (상기에서 그리고 위에서 참조된 출원인들의 이전 출원들에서 설명된 바와 같이) 단일 송신 평의 에코들로부터 연산될 수도 있으므로, 평 이미지들은 단일 평 신호의 왕복 이동 시간에 의해서만 제한되는 최대 가능한 평 반복 레이트만큼 높은 프레임 레이트에서 얻어질 수도 있다. 다시 말해서, 이미지를 형성하기 위하여 단일 평만이 필요하므로, 프레임 레이트에 대한 유일한 중요한 제한은 이미징된 매체에서의 초음파 사운드의 속력이다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 평-기반 이미징 시스템은 충분히 높은 프레임 레이트에서의 이미지들의 시퀀스를 갖는 18 cm의 심도로 이미징할 때에는 초당 4000 프레임들 이상의 프레임 레이트를 달성할 수 있고, 객체들의 모션은 직접 보여질 수도 있다. 게다가, 높은 프레임 레이트 이미지들의 시퀀스의 컴퓨터 분석은 컬러 흐름 또는 임의의 다른 기술을 이용하여 모션을 자동으로 식별하고 강조표시하기 위하여 행해질 수도 있다.

[0186]

따라서, 일부 실시예들에서, 비-도플러 모션 검출 방법의 프로세스(400)는 송신 개구부를 선택하는 것(402), B-모드 평을 송신하는 것(404), 다수의 개구부들로 B-모드 평의 에코들을 수신하는 것(406)에 의해 단일 프레임을 얻는 것을 포함할 수도 있다. 단계들(402-406)은 몇 개의 프레임들(예를 들어, 수십, 수백 또는 수천 개의 프레임들)을 얻기 위하여 반복(408)될 수도 있다. (일부 실시예들에서, 단계들(402-406)은 제 1 프레임에 대한 추가적인 데이터를 얻기 위하여 상이한 송신 개구부로 반복될 수도 있다.) 다음으로, 각각의 프레임은 일련의 이미지들을 얻기 위하여 빔포밍될 수도 있다(410).

[0187]

일부 실시예들에서, 다음으로, 높은 프레임 레이트 이미지들의 시퀀스의 자동화된 분석은 이미지 프로세싱에서 통상적으로 이용되는 많은 알려진 모션 추정 기술들 중 임의의 것을 이용하여 행해질 수도 있다(412). 이러한 기술들을 이용하면, (헬액 또는 파이프 내의 유체와 같은) 고속으로 이동하는 반사체들이 (파이프 벽, 혈관벽 또는 고체 조직과 같은) 정지되거나 저속으로 이동하는 객체들의 더 저속의 모션과 구별될 수도 있다. 정지되거나 저속으로 이동하는 객체들로부터 예상되는 것들보다 더 고속의 픽셀 값들에 있어서의 변화들은 모션으로서 검출될 수도 있고 B-모드 이미지 상에 겹쳐 놓인 컬러로서 디스플레이될 수도 있다. 다음으로, 이동하는 객체들 또는 물질들을 나타내는 것으로 식별된 픽셀들은 예컨대, 본원에서 설명된 다른 실시예들과 유사한 모션의 속력 및 방향에 따라 변동하는 강도 또는 음영으로 컬러를 적용함으로써 강조표시(414)될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 몇몇 프레임들에 걸친 픽셀마다에 기반으로 한 주파수 분석과 같은 신호 프로세싱은 고속으로 이동하는 작은 반사체들과 저속으로 이동하는 큰 반사체들 사이를 구별하기 위하여 이용될 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 이러한 기술들은 이미징된 관심 영역 내의 임의의 방향에서 모션 속도 벡터들을 결정하기 위하여 이

용될 수도 있다.

[0188] 모션 정보 디스플레이

모션이 도플러 기술들 또는 높은 프레임 레이트의 모션 추정 기술들을 이용하여 검출되든지 간에, "고속으로 이동하는" 포인트들을 "저속으로 이동하는" 또는 "정지된" 포인트들과 구별하기 위한 테스트를 제공하기 위하여 하나 또는 그보다 많은 임계값들이 설정될 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 임계값들은 사용자에 의해 수동으로, 또는 검출된 모션의 분석과 같은 인자들 및/또는 알려진 이미징된 객체에서의 모션의 예상된 범위들에 대한 정보에 기반으로 하여 소프트웨어 에이전트(software agent)에 의해 자동으로 설정되 수도 있다. 일부 실시예들에서, 저속으로 이동하는 또는 정지된 포인트들은 고속으로 이동하는 포인트들과는 상이한 컬러들 또는 강도들로 디스플레이될 수도 있다.

[0190] 컬러 흐름 도플러에 대하여, 본 발명의 실시예들은 이용가능한 디스플레이를 위한 너무 많은 정보를 잠재적으로 제공할 수 있다. 일부 실시예들에서, 누군가는 흐름의 모든 각도를 상이한 컬러로 컬러 코딩할 수도 있지만, 이러한 컬러들의 해독은 혼란스러운 것일 수도 있다. 현재의 의료용 실시에 있어서의 컬러 흐름 도플러의 하나의 중요한 이용은 혈류의 역류(regurgitation) 및 난류(turbulence)의 검출이다. 이러한 목적들을 위하여, 2 컬러 시스템이 바람직할 수도 있다.

[0191] 이러한 실시예들에서, 흐름이 검출되는 국소적인 영역에서는, (동맥을 따르거나 밸브를 통하는 것과 같은) 흐름에 대한 최대 축이 결정될 수 있다. 그 다음 최대 흐름 축을 따른 하나의 방향으로의 이동은 (예를 들어, 적색과 같은) 하나의 컬러의 음영들에 의해 표시될 수도 있고, 반대 방향으로의 이동은 (예를 들어, 청색과 같은) 또 다른 컬러에 의해 표시될 수도 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 모든 방향들은 최대 축을 따르는 각각의 방향의 컴포넌트를 발견하는 것에 기반으로 하여 적색 또는 청색 중의 어느 하나로서 디스플레이될 수도 있다.

[0192] 이러한 실시예들에서, 초음파 이미징 시스템 또는 이미지 디스플레이 워크스테이션은 사용자가 컬러들이 배정되어야 하는 축(단일 차원) 또는 좌표계(2 차원)를 식별할 수도 있도록 하는 사용자 인터페이스로 구성될 수도 있다. 예를 들어, 사용자는 단일 차원을 식별할 수도 있어서, 이미지 내의 각각의 픽셀에는 선택된 축에 따른 속도 컴포넌트의 부호 및 크기에 따라 컬러(예를 들어, 적색 또는 청색)가 배정될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 2 차원 컬러 시스템은 적어도 제 3 컬러가 제 2 축에 따른 속도 컴포넌트에 기반으로 적용될 수도 있도록 정의될 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 지배적인 흐름의 1 개, 2 개 또는 그보다 많은 축들은 모션 데이터의 소프트웨어 분석에 의해 자동으로, 또는 적당한 사용자 인터페이스를 통해 사용자에 의해 수동으로 식별될 수도 있다. 예를 들어, 지배적인 모션의 축은 모든(또는 몇몇) 속도 벡터들의 평균을 계산함으로써 결정될 수도 있다.

[0193] 예를 들어, 좌표계는 수평 축에 따른 속도의 포지티브 컴포넌트들을 갖는 픽셀들이 수평 축에 따른 속도 컴포넌트의 크기에 비례하는 강도로 적색으로 컬러처리되도록 정의될 수도 있다. 동일한 예에서, 수평 축에 따른 속도의 네거티브 컴포넌트들을 갖는 픽셀들은 네거티브 수평 속도 컴포넌트의 크기에 비례하는 강도로 청색으로 컬러처리될 수도 있다. 다음으로, 수직 축에 따른 속도의 포지티브 컴포넌트들을 갖는 픽셀들은 포지티브 수직 속도 컴포넌트의 크기에 비례하는 강도로, 황색과 같은 또 다른 컬러로 컬러처리될 수도 있다. 임의의 다른 좌표계(예를 들어, 방사상 좌표들 또는 비-직교 좌표계들) 및 컬러 방식이 또한 이용될 수도 있다.

[0194] 유체 흐름이 지배적인 방향을 가지지 않는 더 복잡한 상황들에 대하여, 흐름의 모든 각도에 대해 상이한 컬러를 채용하는 디스플레이가 바람직할 수도 있다.

[0195] 스펙트럼 도플러는 흐름 속도들의 스펙트럼이 Y-축 상에 그래프으로 표현되고 시간이 X-축 상에 표현되는 초음파 이미지 디스플레이의 형태이다. 일부 실시예들에서, 스펙트럼 분석을 위해 필요한 모든 데이터는 B-모드 이미지에서의 모든 픽셀에 대해 이용가능할 수도 있다. 커서(cursor)를 관심 영역에 위치시키고 커서 위치에 중심이 두어진 합성하기 위한 샘플의 사이즈를 결정하기 위하여 제어들이 필요할 것이다.

[0196] 일부 실시예들에서, 위에서 논의된 것들과 유사한 기술들이 당해 분야에서 "파워 도플러"라고 불렸던 것에 대해 이용될 수도 있다. 파워 도플러는 비-방향성이고, 매우 낮은 유량(flow rate)들을 검출하기 위하여 이용되었다. 매우 낮은 유량들 사이를 판별하기 위하여, 시스템은 더 긴 도플러 평을 송신하여 도플러 평 주파수에서 더 많은 샘플들을 달성을 필요가 있을 수도 있다. 이것은 프레임 레이트를 감소시키는 효과를 가질 수도 있다. 일부 실시예들에서, 파워 도플러에서 전통적인 바파 같이 방향성 정보는 폐기될 수도 있거나, 방향성 정보는 컬러 도플러에 대하여 위에서 설명된 바와 같이 디스플레이될 수도 있다.

[0197] 메모리 아키텍처

위에서 설명된 시스템들 및 방법들의 다양한 실시예들은 이미징 세션 동안에 디지털화된 에코 파형들을 저장하도록 구성된 초음파 이미징 시스템을 이용하여 더욱 증대될 수도 있다. 이러한 디지털 에코 데이터는 이미지들을 형성하기 위하여 에코 데이터를 빔포밍하고 프로세싱하도록 구성된 독립적인 컴퓨터 또는 다른 워크스테이션 상에서 또는 이미징 시스템 상에서 추후에 프로세싱될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 워크스테이션 디바이스는 위에서 설명된 기술들 중 임의의 것을 이용하여 에코 데이터를 동적으로 빔포밍하고 프로세싱하기 위한 소프트웨어를 갖는 임의의 디지털 프로세싱 시스템을 포함할 수도 있다.

[0199] 도 19는 에코 데이터를 저장하도록 구성된 초음파 이미징 시스템의 일부 실시예들에 포함될 수도 있는 컴포넌트들을 예시하는 블록도이다. 도 19의 도면은 몇 개의 서브시스템들: 송신 제어 서브시스템(204), 프로브 서브시스템(202), 수신 서브시스템(210), 이미지 발생 서브시스템(230), 및 비디오 서브시스템(240)을 포함한다. 대부분의 초음파 시스템들과 달리, 도 19의 시스템은 이후의 리트리빙 및 프로세싱을 위한 원시의 빔포밍되지 않은 에코 데이터를 저장하도록 구성된 메모리 디바이스를 제공한다.

[0200] 다양한 실시예들에서, 수신된 에코 데이터는 순수한 아날로그 에코 신호들로부터 완전히 프로세싱된 디지털 이미지들 또는 심지어 디지털 비디오까지의 다양한 국면들에서 저장될 수도 있다. 예를 들어, 순수하게 원시 아날로그 신호는 아날로그 자기 테이프와 같은 아날로그 레코딩 매체를 이용하여 저장될 수도 있다. 프로세싱의 약간 더 높은 레벨에서는, 디지털 데이터가 아날로그 신호를 아날로그-디지털 변환기를 통과한 직후에 저장될 수도 있다. 대역-통과 필터링, 보간, 다운-샘플링, 업-샘플링, 다른 필터링, 등과 같은 추가의 프로세싱은 디지털화된 에코 데이터에 대해 수행될 수도 있고, 원시 데이터는 이러한 추가적인 필터링 또는 프로세싱 단계들 후에 저장될 수도 있다. 다음으로, 이러한 원시 데이터는 각각의 수신된 에코에 대한 픽셀 위치를 결정하기 위하여 빔포밍될 수도 있고, 이에 따라, 이미지를 형성할 수도 있다. 개별적인 이미지들은 비디오를 형성하기 위하여 프레임들로서 합성될 수도 있다. 일부 실시예들에서는, (예를 들어, 디지털 에코 데이터의 일부의 필터링 및 조절 후이지만, 임의의 빔포밍 또는 이미지 프로세싱을 수행하기 전에) 매우 적은 프로세싱을 수행한 후에 디지털화된 에코 데이터를 저장하는 것이 바람직할 수도 있다. 일부 초음파 시스템들은 빔포밍된 에코 데이터 또는 완전히 프로세싱된 이미지 데이터를 저장한다. 그럼에도 불구하고, 본원에서 이용되는 바와 같이, 어구들 "원시 에코 데이터" 및 "원시 데이터"는 빔포밍하기 전에 프로세싱의 임의의 레벨에서 수신된 초음파 에코들(RX 데이터)을 설명하는 저장된 에코 정보를 지칭할 수도 있다. 원시 에코 데이터는 B-모드 평들, 도플러 평들, 또는 임의의 다른 초음파 송신 신호로부터 기인하는 에코 데이터를 포함할 수도 있다.

[0201] 수신된 에코 데이터에 추가하여, 에코 데이터의 특정한 세트를 발생한 하나 또는 그보다 많은 초음파 송신 신호들에 대한 정보를 저장하는 것이 또한 바람직할 수도 있다. 예를 들어, 위에서 설명된 바와 같이 다수 개구부 평 초음파 방법으로 이미징할 때에는, 에코들의 특정한 세트를 생성하였던 송신된 평에 대한 정보를 아는 것이 바람직하다. 이러한 정보는 주파수, 크기, 펄스 길이, 지속기간 또는 송신된 초음파 신호를 설명하는 다른 정보뿐만 아니라, 하나 또는 그보다 많은 송신 엘리먼트들의 아이덴티티 및/또는 위치를 포함할 수도 있다. 송신 데이터는 집합적으로 "TX 데이터"라고 본원에서 지칭된다. 일부 실시예들에서, 이러한 TX 데이터는 원시 에코 데이터가 저장되는 동일한 원시 데이터 메모리 디바이스에 명시적으로 저장될 수도 있다. 예를 들어, 송신된 신호를 설명하는 TX 데이터는 송신된 신호에 의해 발생된 원시 에코 데이터의 세트 전에 헤더로서, 또는 원시 에코 데이터의 세트 이후에 푸터(footer)로서 저장될 수도 있다. 다른 실시예들에서, TX 데이터는 빔포밍 프로세스를 수행하는 시스템에 의해 또한 액세스 가능한 별도의 메모리 디바이스에 명시적으로 저장될 수도 있다. 송신 데이터가 명시적으로 저장되는 실시예들에서, 어구들 "원시 에코 데이터" 또는 "원시 데이터"는 이러한 명시적으로 저장된 TX 데이터를 또한 포함할 수도 있다. 또 다른 실시예들에서, 트랜스듀서 엘리먼트 위치 정보는 동일한 또는 별도의 메모리 디바이스에 명시적으로 저장될 수도 있다. 이러한 엘리먼트 위치 데이터는 "교정 데이터" 또는 "엘리먼트 위치 데이터"라고 지칭될 수도 있고, 일부 실시예들에서는, "원시 데이터" 내에 일반적으로 포함될 수도 있다.

[0202] TX 데이터는 암시적으로 또한 저장될 수도 있다. 예를 들어, 이미징 시스템이 일관성 있는 또는 알려진 시퀀스에서 일관성 있게 정의된 초음파 신호들(예를 들어, 일관성 있는 크기, 형상, 주파수, 지속기간, 등)을 송신하도록 구성될 경우, 이러한 정보는 빔포밍 프로세스 동안에 가정될 수도 있다. 이러한 경우들에 있어서, 에코 데이터와 연관될 필요가 있는 유일한 정보는 송신 트랜스듀서(들)의 위치(또는 아이덴티티)이다. 일부 실시예들에서, 이러한 정보는 원시 데이터 메모리 내의 원시 에코 데이터의 조직화에 기반으로 하여 암시적으로 얻어질 수도 있다. 예를 들어, 시스템은 각각의 평을 뒤따르는 고정된 수의 에코 레코드들을 저장하도록 구성될 수도 있다. 이러한 실시예들에서, 제 1 평으로부터의 에코들은 메모리 위치들 0 내지 'n'에 저장될 수도 있고(여

기서, 'n'은 각각의 평에 대하여 저장된 레코드들의 수임), 제 2 평으로부터의 에코들은 메모리 위치들 $n+1$ 내지 $2n+1$ 에 저장될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 하나 또는 그보다 많은 비어 있는 레코드들은 에코 세트들 사이에 남겨질 수도 있다. 일부 실시예들에서, 수신된 에코 데이터는 송신된 평과 수신된 에코 데이터 포인트(또는 에코들의 그룹) 사이의 관계를 암시하기 위하여 다양한 메모리 인터리빙(interleaving) 기술들을 이용하여 저장될 수도 있다. 유사하게, 데이터가 일관성 있는 알려진 샘플링 레이트에서 샘플링된다고 가정하면, 각각의 에코 데이터 포인트가 수신되었던 시간은 메모리 내의 그 데이터 포인트의 위치로부터 추론될 수도 있다. 일부 실시예들에서는, 다수의 수신채널들로부터의 데이터를 단일 원시 데이터 메모리 디바이스에 암시적으로 저장하기 위하여 동일한 기술들이 또한 이용될 수도 있다.

[0203] 도 19에 도시된 바와 같이, 초음파 이미징 시스템(200)은, 복수의 개별적인 초음파 트랜스듀서 엘리먼트들로서, 그 일부가 송신 엘리먼트들로서 지정될 수도 있고 그 다른 것들은 수신 엘리먼트들로서 지정될 수도 있는 복수의 개별적인 초음파 트랜스듀서 엘리먼트를 포함할 수도 있는 초음파 프로브(202)를 포함할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 프로브 트랜스듀서 엘리먼트는 초음파 진동들을 시변하는(time-varying) 전기 신호들로 그리고 그 반대로 변환할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 프로브(202)는 임의의 희망하는 구성의 임의의 수의 초음파 트랜스듀서 어레이들을 포함할 수도 있다. 본원에서 설명된 시스템들 및 방법들과 함께 이용되는 프로브(202)는 단일 개구부 및 다수 개구부 프로브들을 포함하는, 희망에 따라 임의의 구성일 수도 있다.

[0204] 프로브(202)의 엘리먼트들로부터의 초음파 신호들의 송신은 송신 제어기(204)에 의해 제어될 수도 있다. 송신 신호들의 에코들을 수신할 시에는, 수신 엘리먼트들이 수신된 초음파 진동들에 대응하는 시변하는 전기 신호들을 발생할 수도 있다. 수신된 에코들을 나타내는 신호들은 프로브(202)로부터 출력될 수도 있고 수신 서브시스템(210)으로 전송될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 수신 서브시스템은 다수의 채널들을 포함할 수도 있고, 채널들의 각각은 아날로그 프론트-엔드(front-end) 디바이스("AFE"; 212) 및 아날로그-디지털 변환 디바이스(ADC; 214)를 포함할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 수신 서브시스템(210)의 각각의 채널은 ADC(214) 이후에 디지털 필터들 및 데이터 조절기들(도시되지 않음)을 또한 포함할 수도 있다. 일부 실시예들에서는, ADC(214) 이전에 아날로그 필터들이 또한 제공될 수도 있다. 각각의 ADC(214)의 출력은 원시 데이터 메모리 디바이스(220)로 보내질 수도 있다. 일부 실시예들에서, 수신 서브시스템(210)의 독립적인 채널은 프로브(202)의 각각의 수신 트랜스듀서 엘리먼트에 대해 제공될 수도 있다. 다른 실시예들에서는, 2 개 또는 그보다 많은 트랜스듀서 엘리먼트들이 공통의 수신 채널을 공유할 수도 있다.

[0205] 일부 실시예들에서, 아날로그 프론트-엔드 디바이스(212; AFE)는 신호를 아날로그-디지털 변환 디바이스(214; ADC)로 전달하기 전에 어떤 필터링 프로세스들을 수행할 수도 있다. ADC(214)는 수신된 아날로그 신호들을 일부의 미리-결정된 샘플링 레이트에서의 일련의 디지털 데이터 포인트들로 변환하도록 구성될 수도 있다. 대부분의 초음파 시스템들과 달리, 다음으로, 도 19의 초음파 이미징 시스템의 일부 실시예들은 임의의 추가의 빔포밍, 필터링, 이미지 계층 합성 또는 다른 이미지 프로세싱을 수행하기 전에, 원시 데이터 메모리 디바이스(220) 내의 각각의 개별적인 수신 엘리먼트에 의해 수신된 초음파 에코 신호들의 타이밍, 위상, 크기 및/또는 주파수를 나타내는 디지털 데이터를 저장할 수도 있다.

[0206] 캡처된 디지털 샘플들을 이미지로, 데이터를 이미지로 변환하기 위하여, 데이터는 이미지 발생 서브시스템(230)에 의해 원시 데이터 메모리(220)로부터 리트리빙될 수도 있다. 도시된 바와 같이, 이미지 발생 서브시스템(230)은 빔포밍 블록(232) 및 이미지 계층 합성("image layer combining; ILC") 블록(234)을 포함할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 빔포머(232)는 프로브 교정 데이터를 포함하는 교정 메모리(238)와 통신할 수도 있다. 프로브 교정 데이터는 정밀한 음향 위치, 동작 품질에 대한 정보, 및/또는 개별적인 프로브 트랜스듀서 엘리먼트들에 대한 다른 정보를 포함할 수도 있다. 교정 메모리(238)는 프로브 내에, 이미징 시스템 내에, 또는 프로브 및 이미징 시스템 둘 모두의 외부의 위치에 물리적으로 위치결정될 수도 있다.

[0207] 일부 실시예들에서, 이미지 발생 블록(230)을 통과한 후, 다음으로, 이미지 데이터는 빔포밍된 그리고 (일부 실시예들에서) 계층-합성된 이미지 프레임들을 저장할 수도 있는 이미지 버퍼 메모리(236) 내에 저장될 수도 있다. 다음으로, 비디오 서브시스템(240) 내의 비디오 프로세서(242)는 이미지 버퍼로부터 이미지 프레임들을 리트리빙할 수도 있고, 이미지들을, 비디오 디스플레이(244) 상에 디스플레이될 수도 있고 및/또는 예를 들어, 당해 분야에서 "씬 루프(cine loop)"라고 지칭되는 바와 같은 디지털 비디오 클립으로서 비디오 메모리(246)에 저장될 수도 있는 비디오 스트림으로 이미지들을 프로세싱할 수도 있다.

[0208] 일부 실시예들에서, 송신 제어기(204)는 희망하는 이미징 알고리즘에 따라 선택된 송신 개구부들로부터 포커싱되지 않은 초음파 평들을 희망하는 주파수들 및 간격들로 송신하기 위하여 프로브(202)의 트랜스듀서 엘리먼트

들을 제어하기 위한 아날로그 및 디지털 컴포넌트들의 임의의 조합을 포함할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 송신 제어기(204)는 초음파 주파수들의 범위에서 초음파 평들을 송신하도록 구성될 수도 있다. (전부는 아니지만) 일부의 실시예들에서, 송신 제어기는 위상설정된 어레이로서 동작하여 포커싱된(즉, 빔포밍된 송신) 초음파 스캔라인 빔들을 송신하도록 또한 구성될 수도 있다.

[0209] 일부 실시예들에서, AFE(212)는 아날로그 신호를 아날로그-디지털 변환 디바이스에 전달하기 전에 수신된 아날로그 신호에 대한 다양한 증폭 및 필터링 프로세스들을 수행하도록 구성될 수도 있다. 예를 들어, AFE(212)는 저잡음 증폭기(LNA), 가변 이득 증폭기(VGA), 대역통과 필터, 및/또는 다른 증폭 또는 필터링 디바이스들과 같은 증폭기들을 포함할 수도 있다. 일부 실시예들에서, AFE 디바이스(212)는 트리거 신호를 수신할 시에 아날로그 신호를 ADC(214)에 전달하기 시작하도록 구성될 수도 있다. 다른 실시예들에서, AFE 디바이스는 "프리러닝(free running)"할 수 있어서, 아날로그 신호를 ADC에 연속으로 전달할 수 있다.

[0210] 일부 실시예들에서, 각각의 아날로그-디지털 변환기(214)는 일부의 일관성 있는, 미리-결정된 샘플링 레이트에서 수신된 아날로그 신호를 샘플링하도록 구성된 임의의 디바이스를 일반적으로 포함할 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 아날로그-디지털 변환기는 초당 2500 백만 샘플들 또는 40 나노초(nanosecond)마다 하나의 샘플인 25 MHz에서 시변하는 아날로그 신호의 디지털 샘플들을 레코딩하도록 구성될 수도 있다. 따라서, ADC에 의해 샘플링된 데이터는 간단하게 데이터 포인트들의 리스트를 포함할 수도 있고, 데이터 포인트들의 각각은 특정한 순간에서의 신호 값에 대응할 수도 있다. 일부 실시예들에서, ADC(214)는 트리거 신호를 수신할 시에 아날로그 신호를 디지털로 샘플링하는 것을 시작하도록 구성될 수도 있다. 다른 실시예들에서, ADC 디바이스는 "프리 러닝"할 수 있어서, 수신된 아날로그 신호를 연속으로 샘플링할 수 있다.

[0211] 일부 실시예들에서, 원시 데이터 메모리 디바이스(220)는 임의의 적당한 휘발성 또는 비-휘발성 디지털 메모리 저장 디바이스를 포함할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 원시 데이터 메모리(220)는 유선 또는 무선 네트워크를 통해 원시 디지털 초음파 데이터를 외부의 디바이스로 송신하기 위한 통신 전자기기들을 또한 포함할 수도 있다. 이러한 경우들에 있어서, 송신된 원시 에코 데이터는 임의의 희망하는 포맷으로 외부의 디바이스 상에 저장될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 원시 데이터 메모리(220)는 휘발성 메모리, 비-휘발성 메모리 및 통신 전자기기들의 조합을 포함할 수도 있다.

[0212] 일부 실시예들에서, 원시 데이터 메모리 디바이스(220)는 임시(휘발성 또는 비-휘발성) 메모리 섹션 및 장기 비-휘발성 메모리 섹션을 포함할 수도 있다. 이러한 실시예들의 예에서, 임시 메모리는 빔포머가 ADC로부터 최대 레이트로 데이터를 수용하기에 충분할 정도로 고속으로 동작할 수 없을 수도 있는 경우들에 있어서, ADC와 빔포머 사이에서 베퍼로서 작동할 수도 있다.

[0213] 일부 실시예들에서, 장기 비-휘발성 메모리 디바이스는 임시 메모리 디바이스로부터 또는 ADC로부터 직접 데이터를 수신하도록 구성될 수도 있다. 이러한 장기 메모리 디바이스는 후속 프로세싱, 분석 또는 외부 디바이스로의 송신을 위하여 다양한 원시 에코 데이터를 저장하도록 구성될 수도 있다.

[0214] 일부 실시예들에서, 원시 데이터 메모리 내이 데이터의 양은 디지털 샘플링 레이트, 각각의 데이터 샘플의 사이즈(비트들 또는 바이트들), 적용되는 임의의 데이터 압축 및 다른 인자들에 의존할 수도 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 약 2 GB의 용량을 갖는 메모리 디바이스는 실시간 디스플레이의 약 6 초에 대응하는 원시 에코 데이터를 저장할 수도 있다. 다른 실시예들에서는, 더 짧거나 더 긴 시간 기간을 나타내는 데이터가 동일한 메모리의 양에 저장될 수도 있다.

[0215] 일부 실시예들에서, 빔포밍 블록(232) 및 이미지 계층 합성 블록(234)은 (예를 들어, 아래에서 설명되는 바와 같은) 특정된 프로세스들을 수행하도록 구성된 임의의 디지털 신호 프로세싱 및/또는 연산 컴포넌트들을 각각 포함할 수도 있다. 예를 들어, 다양한 실시예들에서, 빔포밍(232) 및 이미지 계층 합성(234)은 GPU 상에서 실행되는 소프트웨어에 의해 또는 FPGA 아키텍처 상에서 실행되는 펌웨어에 의해 수행될 수도 있다.

[0216] 일부 실시예들에서, 비디오 프로세서(242)는 디스플레이 및/또는 저장을 위하여 이미지 프레임들을 비디오 스트림으로 조립하도록 구성될 수도 있는 임의의 비디오 프로세싱 하드웨어, 펌웨어 및 소프트웨어 컴포넌트들을 포함할 수도 있다.

[0217] 일부 실시예들에서는, 에코 데이터를 메모리 디바이스에 동시에 저장하면서, 에코 데이터는 실질적으로 실시간으로(일부 실시예들에서는 일부의 지연시간을 가짐) 수신되고, 빔포밍되고, 프로세싱되고 디스플레이될 수도 있다. 이러한 일부 실시예들에서, 실시간 디스플레이를 위한 프로세싱 및/또는 빔포밍은 (원형 베퍼 모드에서 동작할 수도 있는) 메모리 디바이스로부터의 다수의 평들로부터 기인하는 에코 데이터를 리트리빙하는 것을 포함

할 수도 있고, 빔포밍 또는 프로세싱은 상이한 시간들에 송신된 복수의 평들로부터 수신된 에코 데이터에 대해 동시에 수행될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 에코 데이터는 장기 메모리 저장 디바이스에 저장될 수도 있고, 훨씬 이후의 시간에서의 디스플레이를 위하여, 및/또는 초음파 신호들을 송신하고 수신하기 위해 이용되는 시스템과는 완전히 상이한 연산 하드웨어를 이용하여 빔포밍되고 프로세싱될 수도 있다. 이러한 별도의 연산 시스템은 이미징 워크스테이션이라고 일반적으로 지칭될 수도 있다.

[0218] 도플러 평 신호들이 상기 실시예들 중의 하나 또는 그보다 많은 것에서 설명된 바와 같이 송신되는 이미징 세션 동안에는, 실질적으로 프로세싱되지 않은 에코 데이터가 위에서 설명된 장치(또는 동등한 장치)를 이용하여 캡처되고 저장될 수도 있다. 이러한 원시 에코 데이터는 에코들이 초기 이미징 세션 동안의 도플러 분석의 결과들을 디스플레이하기 위하여 프로세싱되든지 아닌지 간에 캡처되고 저장될 수도 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 도플러 평들로부터 수신된 에코들은 원시 데이터 메모리 디바이스로부터 리트리빙되는 캡처된 원시 에코 데이터 및 (도플러 평들을 설명하는 대응하는 TX 데이터와 같은) 이미지 세션에 대한 임의의 다른 이용가능한 정보만을 이용하여 해독되거나 분석될 수도 있다.

[0219] 하나의 예에서, 다수 개구부 도플러 패턴들은 이미징 세션 동안에 송신될 수도 있고, 결과적인 도플러 에코 데이터는 라이브 이미징 세션 동안에 컬러 흐름 도플러를 프로세싱하거나 디스플레이하지 않으면서 캡처되고 저장될 수도 있다. 저장된 원시 에코 데이터는 메모리로부터 이후에 리트리빙될 수도 있고, 도플러 이미징의 결과들을 시각화하고 분석하기 위하여 동일하거나 상이한 프로세싱 하드웨어를 이용하여 프로세싱될 수도 있다. 또 다른 예에서, 다수 개구부 도플러 패턴들은 이미징 세션 사이 동안에 또는 B-모드 이미징 신호들과 동시에 송신될 수도 있고, (예를 들어, 중첩 이미지에서 또는 별도의 나열식(side-by-side) 이미지들로서) 단일 디스플레이 상에서 B-모드 이미지 및 도플러 이미지를 동시에 빔포밍하고, 프로세싱하고 디스플레이하면서, 결과적인 도플러 에코 데이터 및 결과적인 B-모드 이미징 데이터의 둘 모두는 수신되고, 캡처되어 저장될 수도 있다.

[0220] 다수 개구부 평 이미징 프로세스를 이용하여 초음파 이미지들을 발생하는 것은 전체적인 관심 영역으로부터의 이미지들이 항상 "초점에 맞다(in focus)"라는 것을 의미한다. 이것은 각각의 송신된 평이 전체 영역을 조명하고, 수신 개구부들이 전체 영역으로부터 에코들을 수신하고, 동적 다수 개구부 빔포밍 프로세스가 고주파 발사된 영역의 임의의 일부 또는 전부에 대한 이미지를 형성할 수도 있기 때문에 사실이다. 이러한 경우들에 있어서, 이미지의 최대 규모는 송신 또는 수신 빔포밍 장치의 구속된 초점에 의해서라기 보다는 감쇠 및 신호-대-잡음 인자들에 의해 주로 제한될 수도 있다. 그 결과, 최대 해상도 이미지는 원시 에코 데이터의 동일한 세트를 이용하여 관심 영역의 임의의 일부분으로부터 형성될 수도 있다. 본원에서 이용되는 바와 같이, 용어 "이미지 윈도우"는 전체적인 고주파 발사된 관심 영역의 선택된 일부분을 지칭하기 위하여 이용될 것이다. 일부 실시예들에서, 동시 이미지들은 고주파 발사된 영역 내의 다수의 중첩 또는 비중첩 영역들(이미지 윈도우들)로 형성될 수도 있다.

[0221] 동일한 방법으로, 컬러 흐름 이미지들(하나 또는 그보다 많은 이미징된 영역의 모션을 강조표시하는 다른 이미지들)은 고주파 발사된 관심 영역 내의 임의의 선택된 영역으로부터 형성될 수도 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 에코 데이터는 메모리 디바이스로부터 리트리빙될 수도 있고, 이미지 윈도우들은 라이브 이미징 세션 동안에 이용되는 이미징 윈도우에 완전히 독립적으로 정의될 수도 있다. 이러한 실시예들에서, 도플러 에코 데이터는 라이브 이미징 세션 동안에 행해진 선택들에 독립적으로 평가될 수도 있다. 예를 들어, 메모리 디바이스로부터 리트리빙된 에코 데이터를 리-프로세싱할 때, 이미지 윈도우, 모션의 축(또는 축들), "고속" 대 "저속" 이동 임계값들, 도플러 모션 추정 알고리즘, 사운드의 속도 가정들, 가중 인자들, 다양한 필터링(예를 들어, 디-컨벌루션(de-convolution) 필터링 또는 정합된 필터링), 교정 데이터, TX 데이터, 트랜스듀서-엘리먼트-대-개구부 그룹화들, 또는 B-모드 또는 도플러 분석, 빔포밍 또는 이미지 프로세싱에서 이용되는 임의의 다른 개수의 정보와 같은 인자들은 라이브 이미징 세션 동안에 이용되는 값들에 대해 변화될 수도 있다.

[0222] 도 21은 라이브 이미징 세션 후에 일부의 시간에 저장된 원시 도플러 에코 데이터를 리-프로세싱하기 위한 프로세스(420)의 실시예를 예시한다. 라이브 이미징 세션(422) 동안, 도플러 평들이 송신될 수도 있고 이러한 도플러 평들의 에코들이 수신될 수도 있다. 수신된 에코 신호들을 나타내는 원시 에코 데이터는 메모리 디바이스에 저장(424)될 수도 있다. 약간 더 이후의 시간에, 저장된 원시 도플러 에코 데이터는 메모리 디바이스로부터 리트리빙(426)될 수도 있고, 라이브 이미징 세션(422) 동안에 이용되는 값에 대한 적어도 하나의 프로세싱 파라미터를 변경(428)함으로써 리-프로세싱될 수도 있다. 다음으로, 모션 정보는 새로운 파라미터(들)를 이용하여 다시 계산(430)될 수도 있고, 다음으로, 다시 계산된 모션 정보로부터 유도된 새로운 이미지는 디스플레이(432)될 수도 있다.

[0223]

하나의 예에서, 라이브 이미징 세션 동안, 고주파 발사된 관심 영역의 특정한 작은-영역 일부분에 포커싱된 제1 이미지 윈도우가 선택되고 디스플레이될 수도 있는 한편, 원시 에코 데이터는 캡처되고 메모리 디바이스에 저장될 수도 있다. 저장된 에코 데이터가 리트리빙되는 세션 동안, 제1 이미지 윈도우와 부분적으로만 중첩되는 제2 이미지 윈도우가 정의될 수도 있다. 다른 경우들에 있어서, 제2 이미지 윈도우는 제1 이미지 윈도우와 완전히 비-중첩일 수도 있다. 유사하게, 완전히 상이한 컬러-흐름 모션 측은 제2 이미지 윈도우에서 정의될 수도 있다. 그 결과, 제2 이미지 윈도우는, 선택된 이미지 윈도우가 상이하였기 때문에, 또는 라이브 이미징 세션 동안에 행해진 다른 가정들이 변경될 수도 있기 때문에, 라이브 이미징 세션 동안에 가시적이지 않았던 모션 정보를 디스플레이하도록 정의될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 단일 이미징 세션으로부터의 에코 데이터는 2개 또는 그보다 많은 독립적인 이미지 윈도우들에 대해 뷔포밍되고 프로세싱될 수도 있다. 이러한 경우들에 있어서, 도플러 데이터는 두 이미지 윈도우들이 나열식으로 디스플레이되는 동안에 하나의 이미지 윈도우에서 중첩될 수도 있다. 두 이미지들이 동일한 데이터 세트로부터 발생되므로, 이미징된 객체의 동화상들은 완전하게 동기화될 것이고, 두 개의 (잠재적으로 완전히 비-중첩인) 이미지 윈도우들의 이동은 객체(예를 들어, 심장 주기에서의 동일한 포인트에서의 심장)의 상이한 영역들의 동기화된 동작을 시각화하기 위하여 동시에 시청될 수도 있다.

[0224]

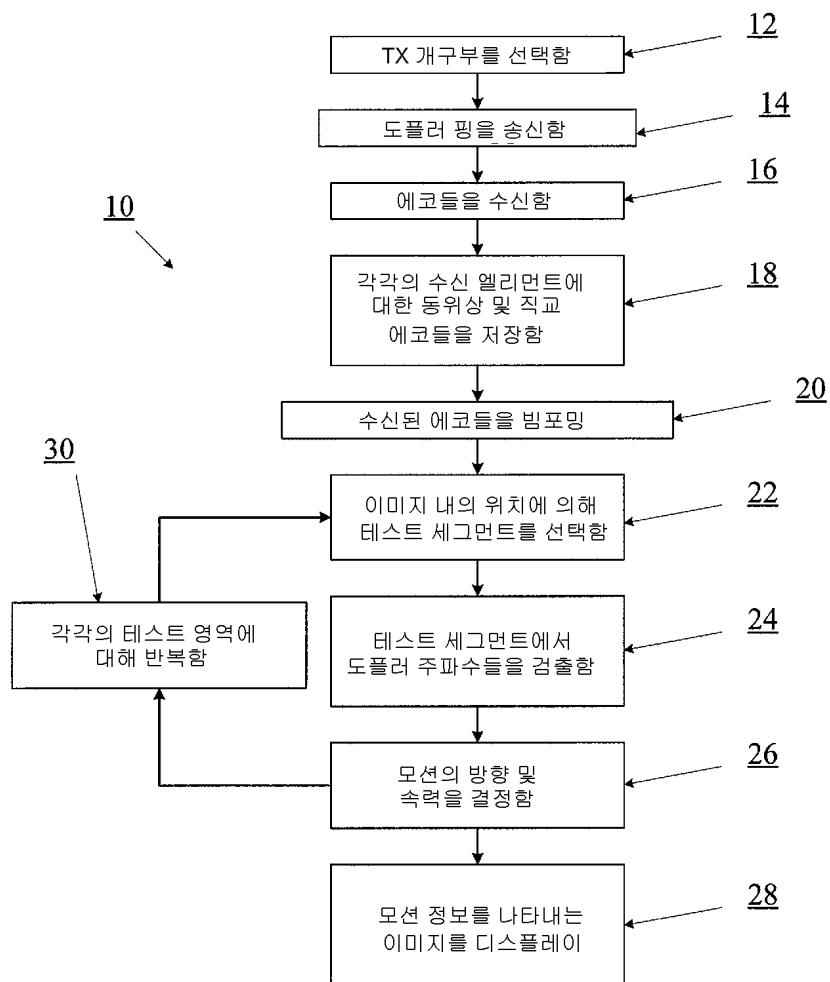
또 다른 예에서, 수신 "개구부들"의 정의들은 라이브 이미징 세션에 대해 저장된 에코 데이터를 리-프로세싱할 때에 변경될 수도 있다. 에코 데이터는 각각의 수신 엘리먼트에 대해 별도로 저장될 수도 있으므로, 수신 개구부들로의 트랜스듀서 엘리먼트들의 그룹화들은 임의의 시간에 변경될 수도 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 라이브 도플러 이미징 세션 동안에 이용되는 수신 개구부 배정이 특정한 속도 벡터를 측정하기 위하여 차선이었다고 결정될 경우, 수신 개구부 배정들은 변경될 수도 있고, 위에서 설명된 방법들 중 하나 또는 그보다 많은 것을 이용한 속도 벡터들의 추정은 속도 벡터 측정들을 개선시키는 것을 시도하기 위하여 반복될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 수신 개구부들의 수는 라이브 이미징 세션 동안에 이용되는 수신 개구부들의 수에 대하여 증가되거나 감소될 수도 있다. 다른 실시예들에서, 어레이(또는 다수의 어레이들)에 따른 하나 또는 그보다 많은 개구부들의 위치는 라이브 이미징 세션 동안에 이용되는 위치에 대해 변경될 수도 있다.

[0225]

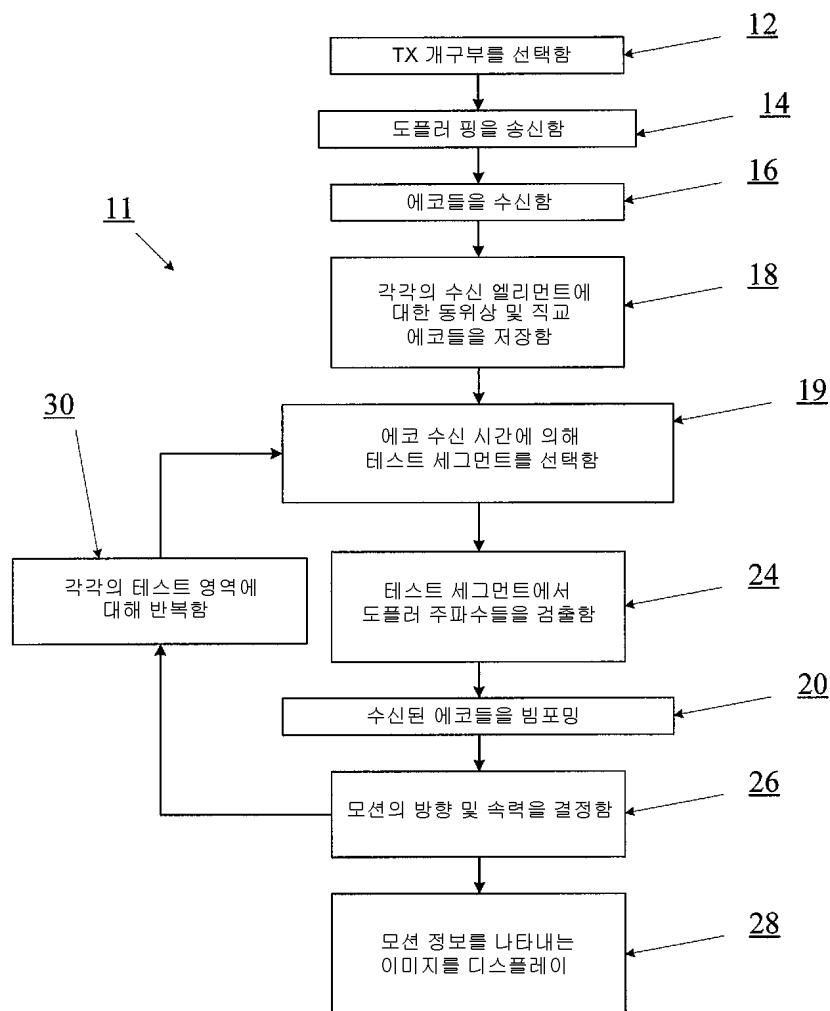
이 발명은 어떤 바람직한 실시예들 및 예들의 상황에서 논의되었지만, 본 발명이 구체적으로 개시된 실시예들을 넘어서 다른 대안적인 실시예들 및/또는 발명의 이용들 및 그 명백한 수정들 및 등가물들까지 확장된다는 점이 당업자들에 의해 이해될 것이다. 따라서, 본원에서 개시된 본 발명의 범위는 위에서 설명되는 특정한 개시된 실시예들에 의해 제한되어야 하는 것이 아니라, 뒤따르는 청구항들의 공정한 판독에 의해서만 결정되어야 한다고 의도된 것이다. 특히, 재료들 및 제조 기술들은 관련 기술의 당업자들의 수준으로서 채용될 수도 있다. 게다가, 단수 항목에 대한 참조는 복수의 동일한 항목들이 존재할 가능성을 포함한다. 더욱 구체적으로, 본원에서 그리고 첨부된 청구항들에서 이용되는 바와 같이, 단수 형태들인 영문 명세서의 "a", "and", "said" 및 "the"는 문맥이 명백하게 이와 달리 기술하지 않으면 복수의 지시 대상들을 포함한다. 또한, 청구항들은 임의의 선택적인 엘리먼트를 제외하도록 작성될 수도 있다는 것에 주목해야 한다. 이와 같이, 이 기재는 청구항 엘리먼트의 인용 또는 "부정적인" 제한의 이용과 관련하여 "전적으로", "유일한" 등과 같은 베타적인 용어의 이용을 위한 선행사 요건으로서 작용하도록 의도된 것이다. 본원에서 달리 정의되지 않으면, 본원에서 이용된 모든 기술적인 그리고 과학적인 용어들은 이 발명이 속하는 당해 분야의 당업자에 의해 통상적으로 이해되는 것과 동일한 의미들을 가진다.

도면

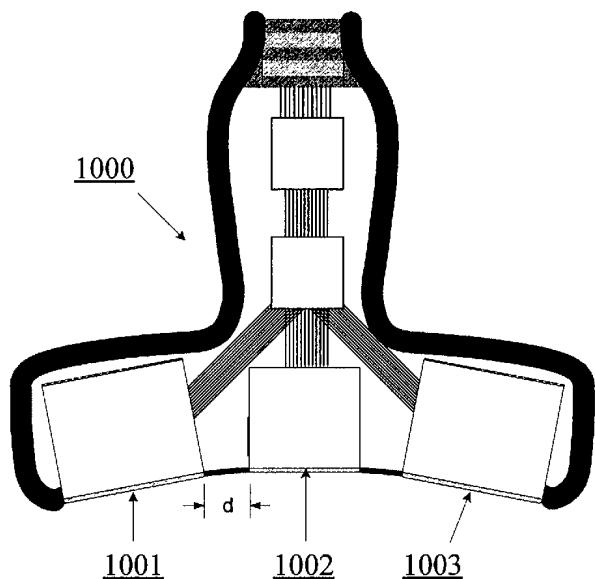
도면1



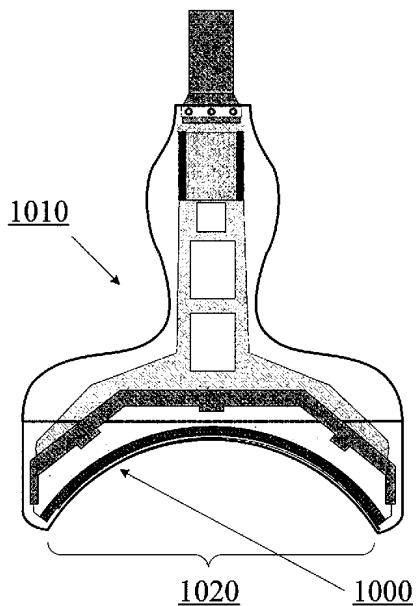
도면2



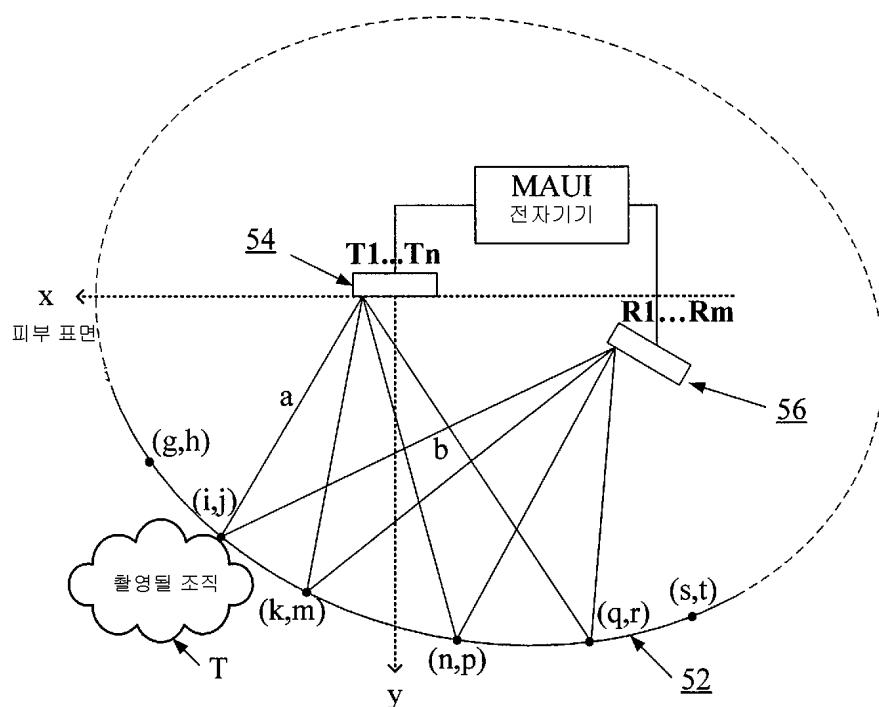
도면3



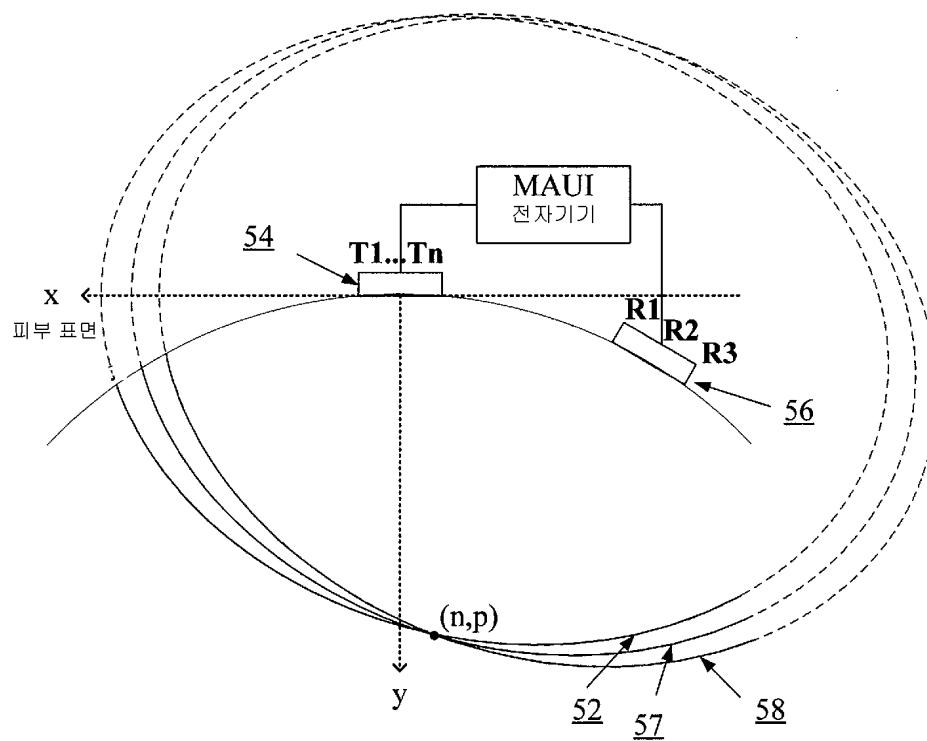
도면4



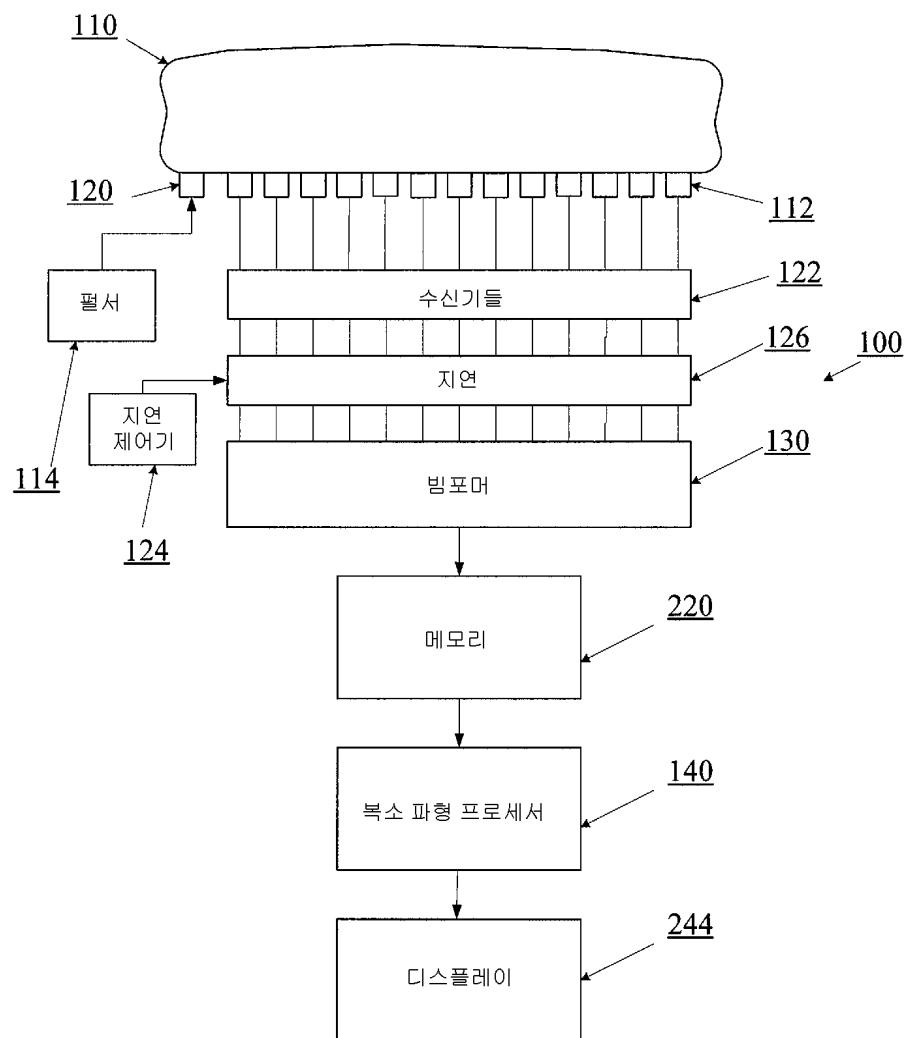
도면5



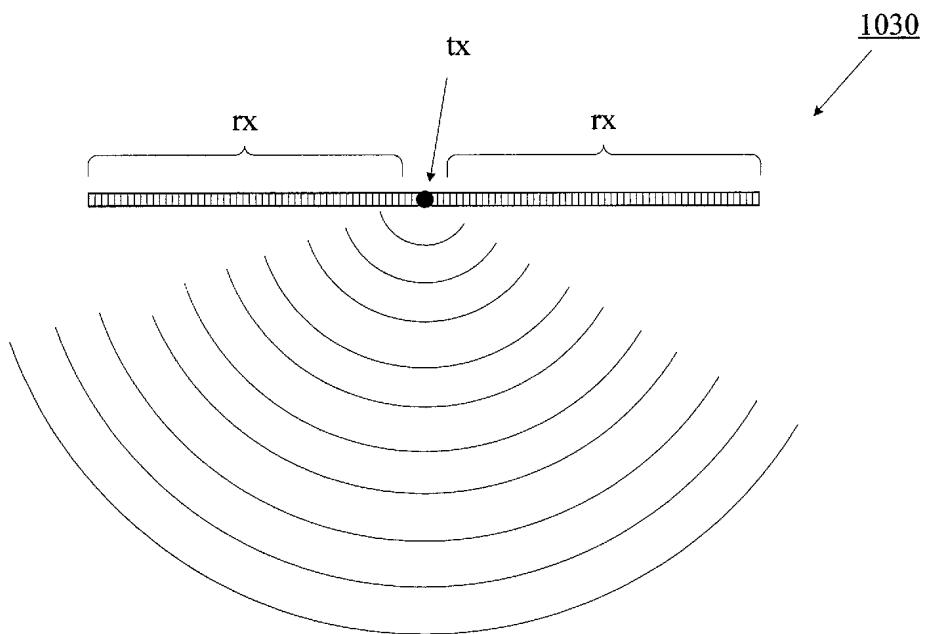
도면6



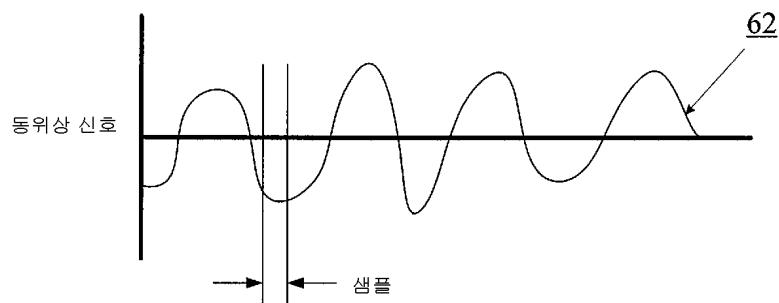
도면7



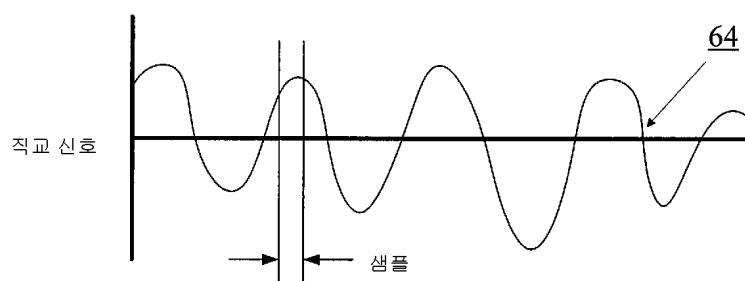
도면8



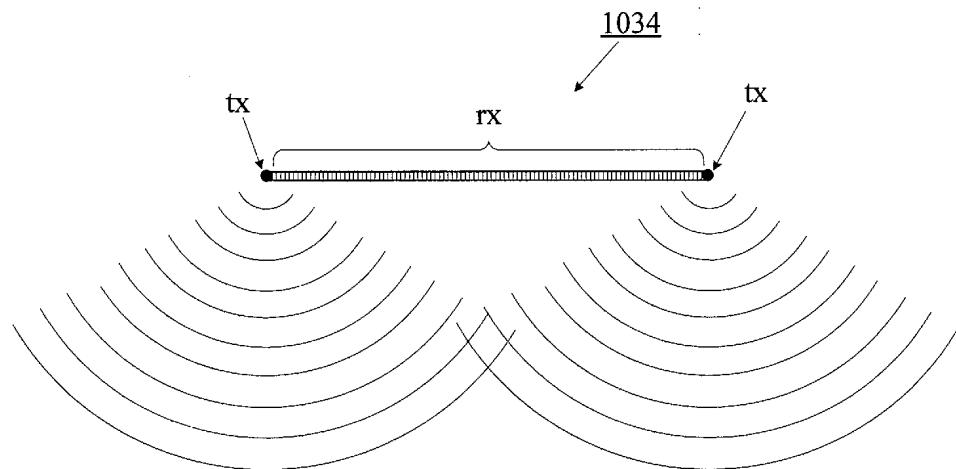
도면9a



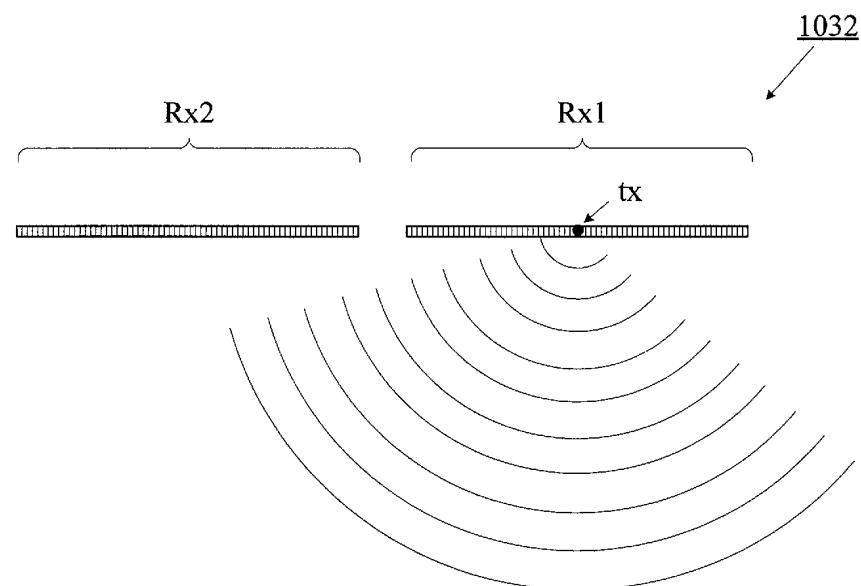
도면9b



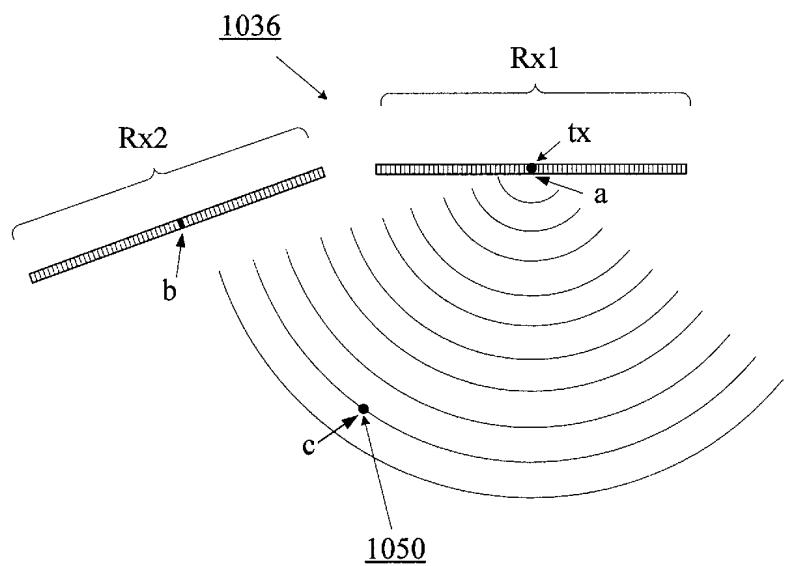
도면10



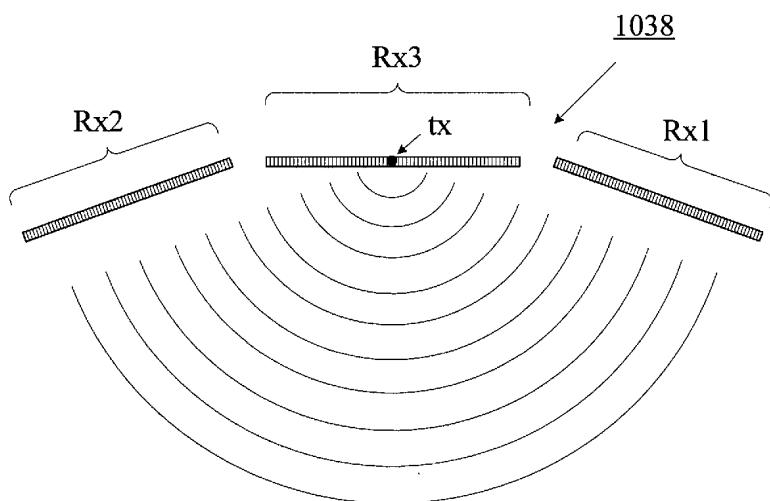
도면11



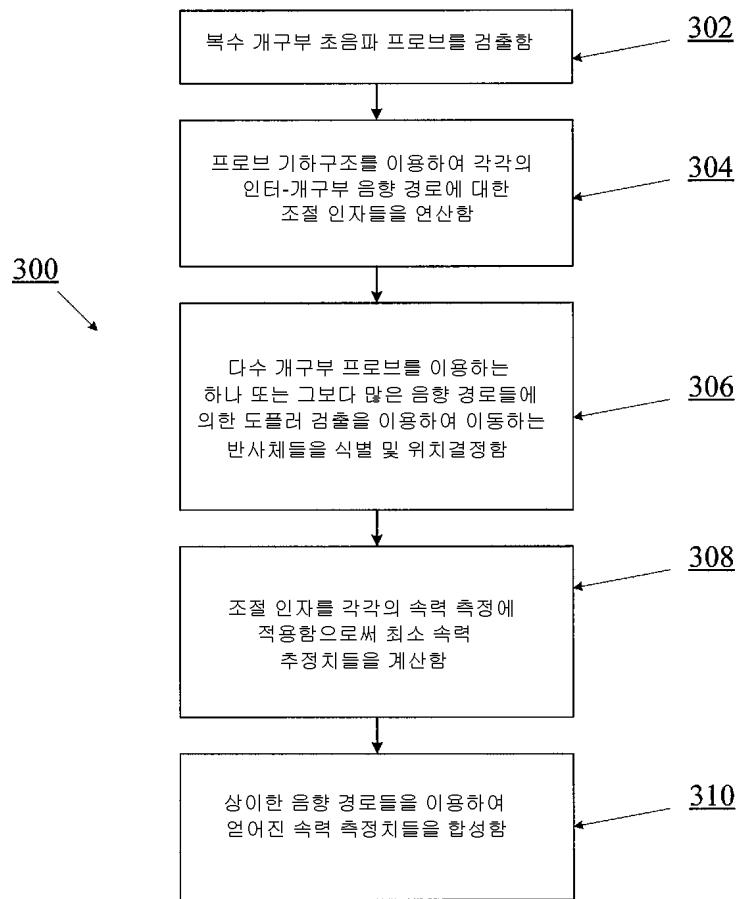
도면12



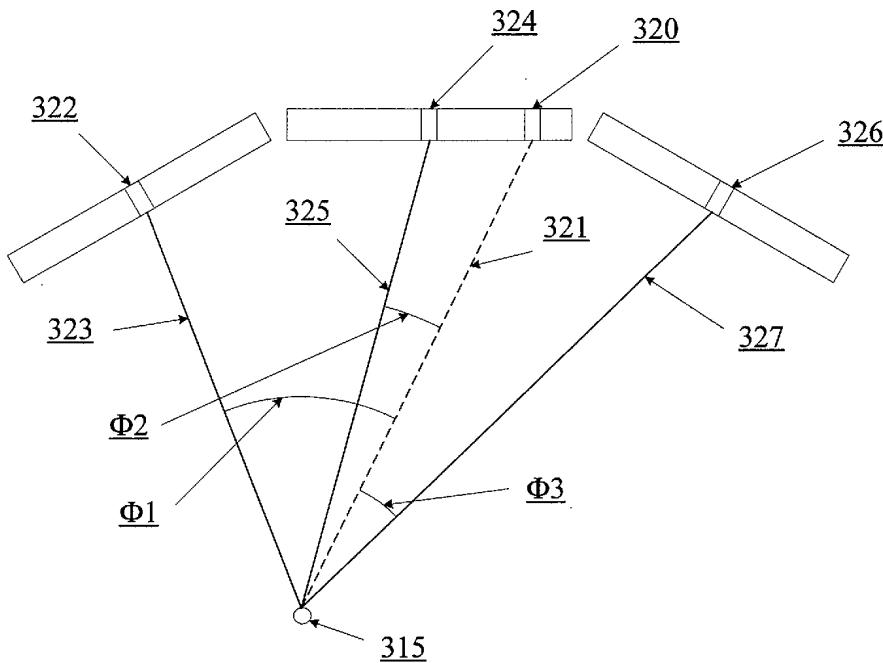
도면13



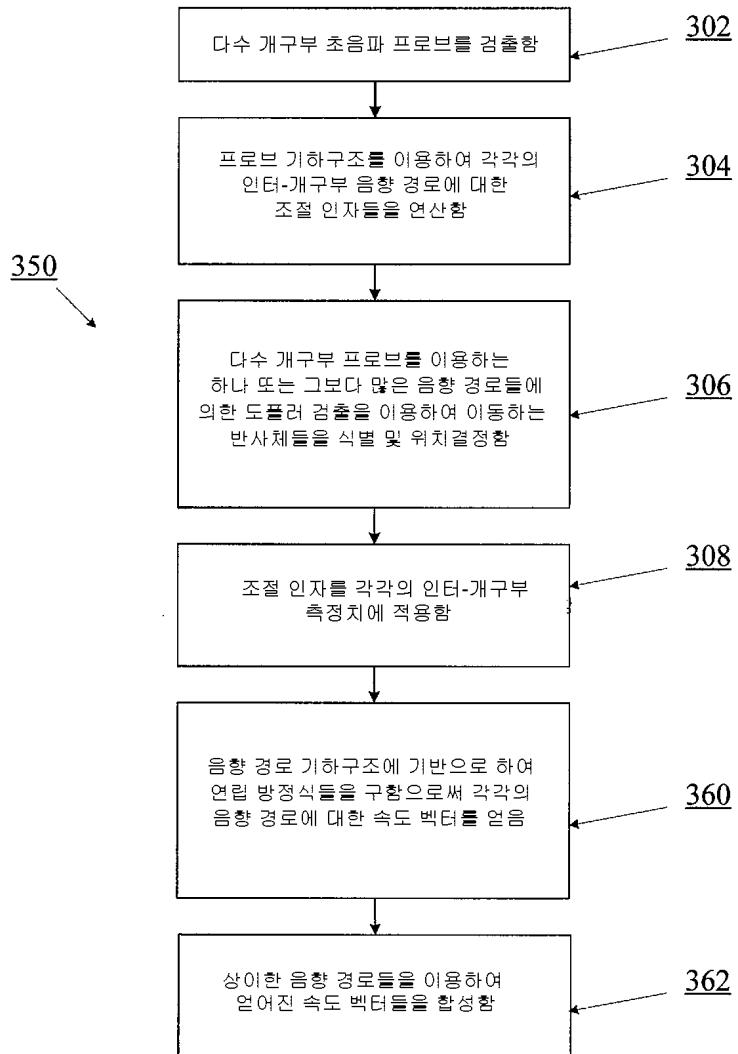
도면14



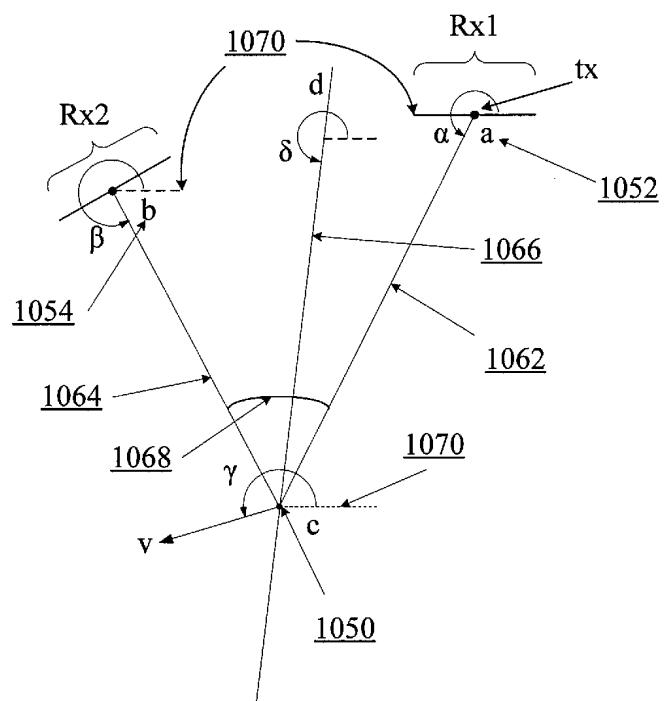
도면15



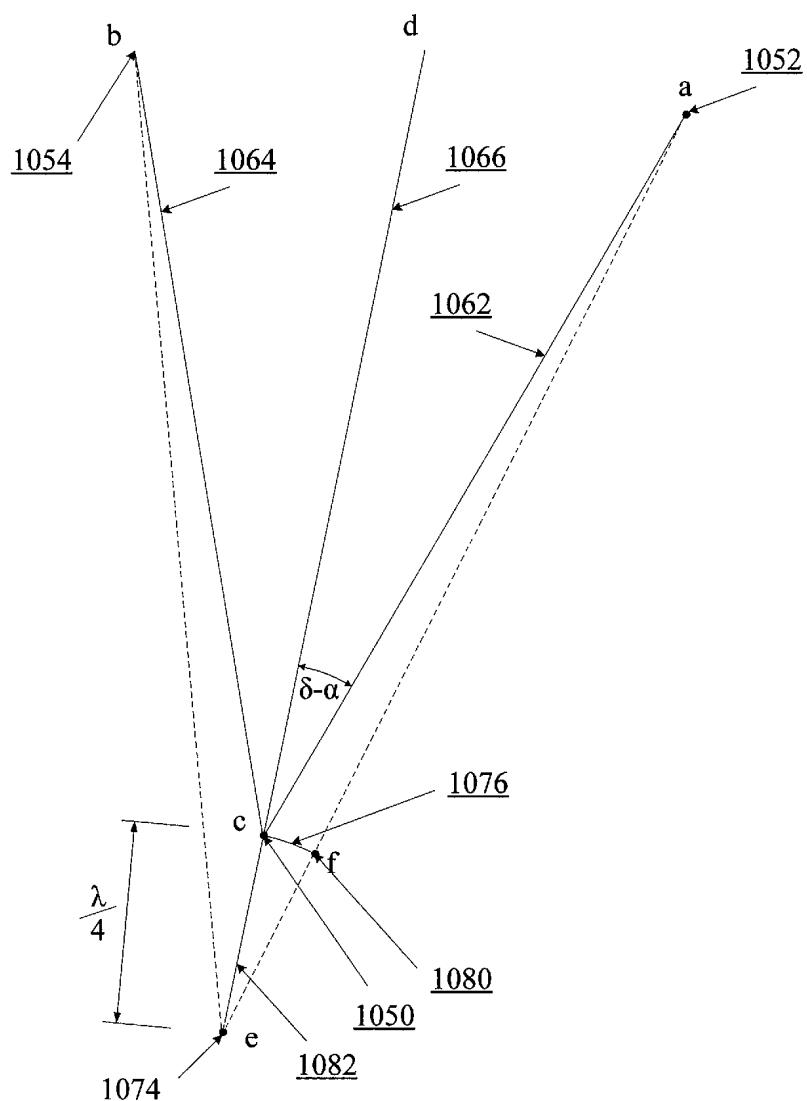
도면16



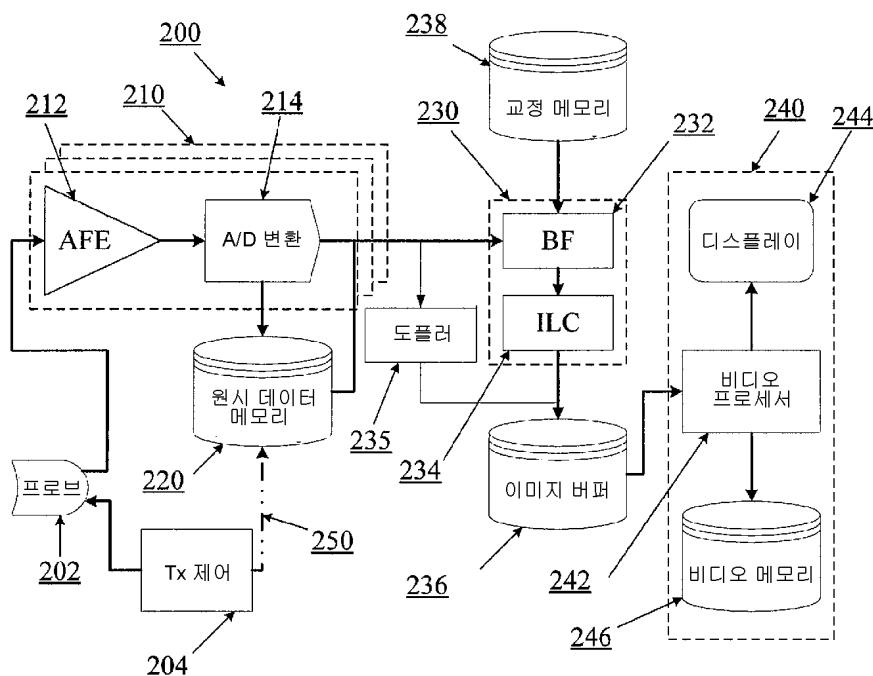
도면17



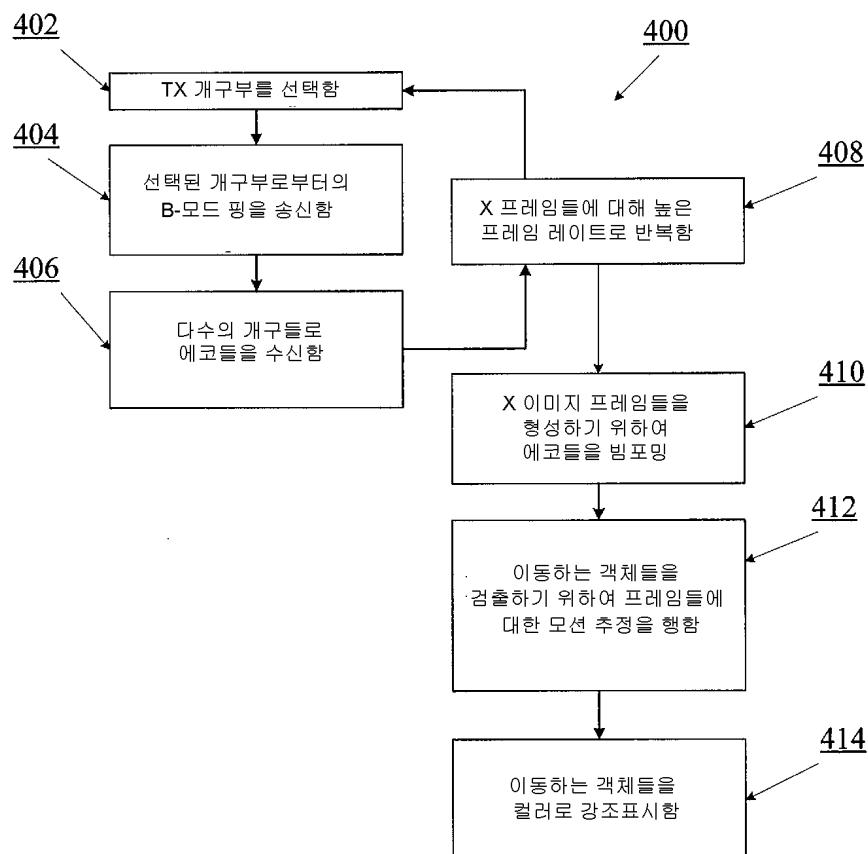
도면18



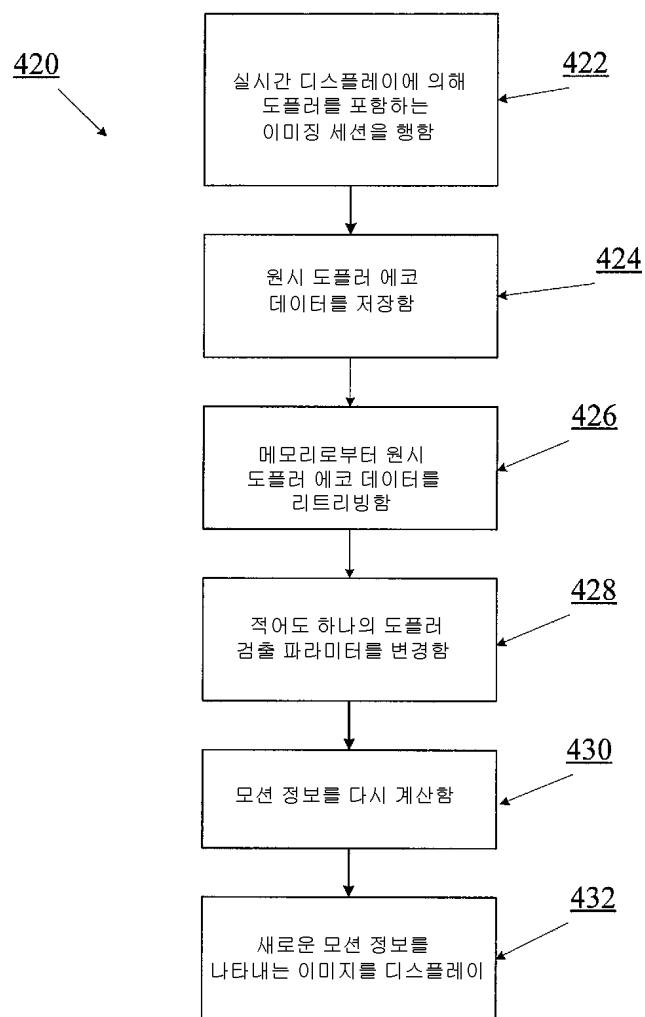
도면19



도면20



도면21



| | | | |
|----------------|--|---------|------------|
| 专利名称(译) | 基于Ping和多开口的多普勒超声运动检测 | | |
| 公开(公告)号 | KR1020140098843A | 公开(公告)日 | 2014-08-08 |
| 申请号 | KR1020147018252 | 申请日 | 2012-11-30 |
| [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 | | |
| [标]发明人 | SPECHT DONALD F 스페치도날드에프 BREWER KENNETH D 브루어케네쓰디 SMITH DAVID M 스미스데이비드엠 CALL JOSEF R 콜조세프알 LE VIET NAM 리비엣남 RITZI BRUCE R 리출브루스알 | | |
| 发明人 | 스페치,도날드에프. 브루어,케네쓰디. 스미스,데이비드엠. 콜,조세프알. 리,비엣남 리출,브루스알. | | |
| IPC分类号 | A61B8/14 G06T7/20 | | |
| CPC分类号 | A61B8/488 A61B8/145 A61B8/4444 A61B8/4477 A61B8/4488 A61B8/461 A61B8/463 A61B8/5207 A61B8/5223 G01S7/52066 G01S7/52071 G01S15/8913 G01S15/8927 G01S15/8984 | | |
| 代理人(译) | 专利法的人和别人 | | |
| 优先权 | 61/565796 2011-12-01 US 61/691717 2012-08-21 US | | |
| 外部链接 | Espacenet | | |

摘要(译)

多普勒信号的检测表明反射器在成像场中的任意点移动而不需要全场方法或“twang, - base”多普勒超声波成像定义具有先验的距离门。在各种实施例中的这种全场多普勒成像方法包括确定反射器的速度的步骤，该反射器的速度随着接收多普勒回波的步骤移动到从发射孔传输多普勒的步骤，以及一个或单独的接收开口香蒲不止于此，以及检测多普勒信号的步骤。在一些实施例中，还提供了通过进行回波数据来确定运动方向的能力，其中系统被接收到具有到基座的多个接收开口尾部并且正在寻找该组联立方程。

