(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0009058
(43) 공개일자 2014년01월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 15/89 (2006.01) *G01S 15/02* (2006.01)
A61B 8/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0081681
(22) 출원일자 2013년07월11일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
13/548,561 2012년07월13일 미국(US)

(71) 출원인
지멘스 메디컬 솔루션즈 유에스에이, 인크.
미국 펜실베니아 맬버른 밸리 스트림 파크웨이 51 (우: 19355-1406)
(72) 발명자
구라카, 이스마일 엠.
미국 94062 캘리포니아 레드우드 시티 퀴츠 스트리트 475
(74) 대리인
정현주, 김미희, 이시용

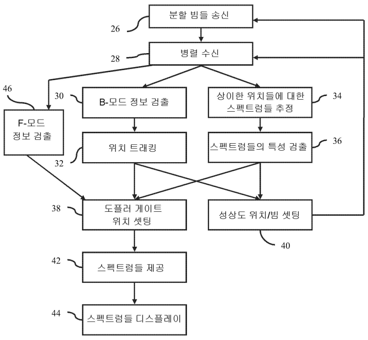
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 **스펙트럼 도플러 초음파 이미징 시의 자동 도플러 게이트 위치결정**

(57) 요 약

도플러 게이트는 스펙트럼 도플러 초음파 이미징 시에 자동으로 위치결정된다(38). 다수의 PW 도플러 게이트들에 대해 획득된(28) 샘플들은 PW 도플러를 위한 송신들의 인터리빙(interleaving) 없이 시간에 걸친 B-모드 및/또는 F-모드 검출(30, 46)을 위해 이용된다. B-모드 및/또는 F-모드 정보는 게이트 배치를 트래킹하기(38) 위하여 이용된다. 대안적으로 또는 추가적으로, 상이한 게이트 위치들로부터의 특성 스펙트럼들은 게이트 위치를 선택하기(40) 위하여 이용된다. 어느 하나의 트래킹(32)은 선택된 게이트 위치상에 위치들 및 빔 초점의 중심을 맞추는 것과 같이, 샘플링된 위치들 및/또는 빔 특성들을 변화(40)시키기 위해 이용될 수 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

스펙트럼 도플러 초음파 이미징 시에 도플러 게이트(Doppler gate)를 위치결정하기 위한 방법으로서,

트랜스듀서 어레이로부터 송신 빔들을 반복적으로 송신하는 단계(26);

상기 송신하는 단계(26)에 응답하여, 상이한 수신 위치들로부터의 신호들을 반복적으로 수신하는 단계(28);

상기 신호들의 적어도 일부로부터, 상이한 시간들에서의 상이한 수신 위치들을 나타내는 B-모드 정보를 발생하는 단계(30);

상기 B-모드 정보로 상기 도플러 게이트 위치를 트래킹(tracking)하는 단계(32);

상기 트래킹된 도플러 게이트 위치에 대한 신호들로부터 상기 도플러 게이트 위치에 대한 제 1 스펙트럼을 추정하는 단계(42); 및

상기 제 1 스펙트럼의 함수인 이미지를 디스플레이하는 단계(44)

를 포함하는,

도플러 게이트를 위치결정하기 위한 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 트래킹하는 단계(32)는 제 1 시간에서의 제 1 위치로부터 제 2 시간에서의 제 2 위치로의 상기 도플러 게이트 위치의 변화를 검출하는 단계(36)를 포함하고, 상기 추정하는 단계(42)는 상기 제 2 위치에 대한 상기 신호들로부터 추정하는 단계를 포함하고,

상기 방법은, 상기 제 1 위치에 대한 상기 신호들로부터 상기 도플러 게이트 위치에 대한 제 2 스펙트럼을 추정하는 단계(42)를 더 포함하고,

상기 디스플레이하는 단계(44)는 상기 상이한 시간들로부터의 상기 도플러 게이트 위치를 나타내는 상기 제 1 및 제 2 스펙트럼들의 함수로 상기 이미지를 디스플레이하는 단계(44)를 포함하는,

도플러 게이트를 위치결정하기 위한 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 송신하는 단계(26)는 상기 트랜스듀서 어레이의 상이한 개구들로부터의 상기 빔들을 측면으로 이격된 스캔 라인들에 동시에 송신하는 단계(26) 및 개별적인 지연 패턴들을 상기 상이한 개구들에 적용하는 단계를 포함하는,

도플러 게이트를 위치결정하기 위한 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 수신하는 단계(28)는 상기 송신 빔들의 각각에 응답하여 복수의 수신 빔들을 형성하는 단계, 및 수신 빔들에 각각 대응하는 추가적인 수신 위치들에 대한 신호들을 얻는 단계를 포함하여, 상기 상이한 수신 위치들 및 상기 추가적인 수신 위치들에 대한 신호들이 실질적으로 동시에 얻어지는,

도플러 게이트를 위치결정하기 위한 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 추정하는 단계(42)는 푸리에 변환(Fourier transform)을 상기 도플러 게이트 위치를 나타내는 신호들에 적용하는 단계를 포함하고, 상기 제 1 스펙트럼은 주파수의 함수로서 에너지를 포함하는,

도플러 게이트를 위치결정하기 위한 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 B-모드 정보를 발생하는 단계(30)는 상이한 시간들의 각각에 대한 상이한 수신 위치들에 대한 신호들의 단일 샘플들로부터의 강도를 검출하는 단계(36)를 포함하고, 상기 추정하는 단계는 상기 트래킹된 도플러 게이트 위치에 대한 복수의 신호들로부터 추정하는 단계를 포함하고, 상기 복수는 단일 샘플들 중의 하나를 포함하는,

도플러 게이트를 위치결정하기 위한 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 트래킹하는 단계(32)는 상이한 시간들의 B-모드 정보 사이의 최대 유사성으로 변환을 결정하는 단계를 포함하고, 상기 트래킹된 도플러 게이트 위치는 상기 변환에 의해 시프트(shift)되는 도플러 게이트 위치에 대응하는,

도플러 게이트를 위치결정하기 위한 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 디스플레이하는 단계(44)는 시간에 걸쳐 트래킹되는 것과 같이, 상이한 위치들에서의 도플러 게이트에 대한 스펙트럼들로 스펙트럼 스트립(spectral strip)을 디스플레이하는 단계(44)를 포함하는,

도플러 게이트를 위치결정하기 위한 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

시간에 걸쳐 송신하는 단계(26)의 송신 초점을 상기 트래킹된 도플러 위치로 조절하는 단계(40)를 더 포함하는,

도플러 게이트를 위치결정하기 위한 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 빔들의 측면 및 높이 위치를 상기 트래킹된 도플러 게이트 위치로 조절하는 단계(40)를 더 포함하는,

도플러 게이트를 위치결정하기 위한 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 신호들로부터 F-모드 정보를 추정하는 단계(34); 및

상기 F-모드 정보에 기반하여 상기 트래킹하는 단계(32)를 개량하는 단계(36)

를 더 포함하는,

도플러 게이트를 위치결정하기 위한 방법.

청구항 12

스펙트럼 도플러 초음파 이미징 시에 도플러 게이트를 위치결정하기 위하여 프로그램된 프로세서(21)에 의해 실행가능한 명령들을 나타내는 데이터를 그 내부에 저장한 비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체(22)로서,

상기 저장 매체(22)는,

복수의 이격된 위치들의 각각에 대해 시간에 걸쳐 신호들을 수신하기 위한 명령(28);

상기 이격된 위치들의 각각에 대해 상기 신호들의 스펙트럼 분석을 개별적으로 수행하기 위한 명령(34) - 상기 스펙트럼 분석은 상기 이격된 위치들의 각각에 대해 스펙트럼들을 제공함 -;

상기 이격된 위치들로부터 각각의 스펙트럼의 특성을 검출하기 위한 명령(36);

도플러 게이트 위치를, 각각의 스펙트럼의 특성의 함수로서의 상기 이격된 위치들 중의 하나로 셋팅하기 위한 명령(38);

상기 셋팅된 도플러 게이트 위치의 함수로서의 상기 이격된 위치들의 분포의 중심이 상기 셋팅된 도플러 게이트 위치이도록 상기 셋팅된 도플러 게이트 위치의 함수로서의 상기 이격된 위치들의 분포를 업데이트하기 위한 명령(40)

을 포함하는,

비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체(22).

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 수신하기 위한 명령(28)은 다수의 동시 송신 빔들에 응답하여 가능한 도플러 게이트 위치들의 성상도(constellation)를 수신하기 위한 명령(28)을 포함하는,

비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체(22).

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 스펙트럼 분석을 수행하기 위한 명령(34)은 상기 이격된 위치들의 각각에 대한 스펙트럼 스트립을 발생하기 위한 명령(30)을 포함하는,

비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체(22).

청구항 15

제 12 항에 있어서,

상기 검출하기 위한 명령(36)은 속도 범위, 시간에 걸친 형상, 강도, 속도에 대한 에너지, 또는 그 조합들을 상기 특성으로서 검출하기 위한 명령(36)을 포함하는,

비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체(22).

청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 검출하기 위한 명령(36)은 신호-대-잡음 비율(signal-to-noise ratio) 및 클러터 세기(clutter strength)를 상기 특성으로서 검출하기 위한 명령(36)을 포함하는,

비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체(22).

청구항 17

제 12 항에 있어서,

상기 셋팅된 도플러 게이트 위치에서 중심이 결정되도록 송신 빔 위치를 업데이트하기 위한 명령(40)을 더 포함하는,

비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체(22).

청구항 18

제 12 항에 있어서,

임계치를 초과하는 이동을 검출하기 위한 명령; 및

상기 특성의 검출 없이 게이트 배치를 개시하기 위한 명령

을 더 포함하는,

비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체(22).

청구항 19

제 12 항에 있어서,

펄스파 신호들로부터 B-모드 정보를 발생하기 위한 명령(30);

상기 B-모드 정보로 상기 도플러 게이트 위치에 대한 영역을 트래킹하기 위한 명령(32); 및

상기 트래킹하기 위한 명령(32)에 기반하여 상기 이격된 위치들을 설정하기 위한 명령(40)

을 더 포함하는,

비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체(22).

청구항 20

스펙트럼 도플러 초음파 이미징 시에 도플러 게이트를 위치결정하기 위한 시스템으로서,

빔들을 송신하도록 동작가능한 송신 빔형성기(12);

송신 빔들의 각각에 응답하여 복수의 이격된 수신 빔들을 형성하도록 동작가능한 수신 빔형성기(16) - 상기 수신 빔들의 각각은 복수의 깊이들에서 샘플링됨 -; 및

상기 도플러 게이트의 위치를 상기 샘플링된 수신 빔들의 함수로서 셋팅하고, 상기 위치상에서 상기 송신 빔들 및 상기 수신 빔들의 샘플링의 간격의 중심을 맞추기 위하여 상기 송신 빔형성기를 제어하도록 구성된 프로세서(21)

를 포함하는,

도플러 게이트를 위치결정하기 위한 시스템.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 프로세서(21)는 상기 위치에서 상기 빔들의 초점, 측면 및 높이 방향 위치의 중심을 맞추기 위하여 상기 송신 빔형성기를 제어하도록 구성되는,

도플러 게이트를 위치결정하기 위한 시스템.

청구항 22

스펙트럼 도플러 초음파 이미징 시에 도플러 게이트를 위치결정하기 위하여 프로그램된 프로세서(21)에 의해 실행가능한 명령들을 나타내는 데이터를 그 내부에 저장한 비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체(22)로서,

상기 저장 매체(22)는,

복수의 이격된 위치들의 각각에 대하여 시간에 걸쳐 신호들을 수신하기 위한 명령(28);

상기 신호들의 적어도 일부로부터 상이한 시간들에 대한 B-모드 정보를 검출하기 위한 명령(36);

상기 B-모드 정보로 시간에 걸쳐 위치를 트래킹하기 위한 명령(32);

상기 트래킹된 위치의 함수로서의 상기 이격된 위치들을 업데이트하기 위한 명령(40);

상기 이격된 위치들의 각각에 대해 상기 신호들의 스펙트럼 분석을 개별적으로 수행하기 위한 명령(34) - 상기 스펙트럼 분석은 상기 이격된 위치들의 각각에 대해 스펙트럼들을 제공함 -;

상기 이격된 위치들로부터 각각의 스펙트럼들의 특성을 검출하기 위한 명령(36); 및

도플러 게이트 위치를, 각각의 스펙트럼의 특성의 함수로서의 상기 이격된 위치들 중의 하나로 셋팅하기 위한 명령(38)

을 포함하는,

비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체(22).

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 펄스파(PW : pulsed wave) 스펙트럼 도플러 초음파(spectral Doppler ultrasound)에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 스펙트럼 도플러 초음파 이미징은 시간의 함수(수평축)로서의 에너지에 의해 변조된 속도들(수직축) 값들의 이미지를 제공한다. 이 스펙트럼은 환자 내의 유체 흐름(fluid flow) 또는 조직 움직임(tissue motion)을 연구하기 위해 이용될 수 있다. 단일 게이트 위치에서 복수의 펄스들을 송신함으로써, 스펙트럼 도플러 응답은 수신된 에코(echo) 신호들에 응답하여 발생된다. 단일 공간적인 영역에 대한 객체의 움직임 또는 흐름의 주파수 스펙트럼은 시간의 함수로서 추정되고 디스플레이된다.

[0003] 초음파 검사자들은 바람직한 이미지를 획득하기 위하여 게이트 위치, 게이트 크기, 송신 주파수, 및 다른 스펙트럼 도플러 이미징 제어 파라미터들을 수동으로 조절한다. 게이트 배치는 관심 대상인 해부학적 구조의 2D B-모드 이미지의 디스플레이에 의해 보조된다. 일부 프로세스들은 B-모드 또는 컬러 도플러(F-모드) 정보를 이용한 스펙트럼 도플러 게이트의 자동 배치를 위해 제안되었다. 그러나, B-모드 또는 F-모드 정보를 얻는 것은 상대적으로 높은 펄스 반복 주파수 PW 도플러의 획득을 중단시킨다. 단시간 중단(예를 들어, 10-20 ms)은 2차원 또는 3차원 B-모드 또는 F-모드 데이터의 적어도 일부가 획득되는 것을 가능하게 한다. 이것은 PW 도플러 측정에서 갭(gap)들을 생성한다. 흐름 동역학으로 인한 PW 도플러 파형의 시간적인 특성들에 따라, 필수적인 정보는 이 시간 간격 동안에 손실될 수 있다.

발명의 내용

[0004] 소개를 위하여, 이하에 설명된 바람직한 실시예들은 스펙트럼 도플러 초음파 이미징 시에 도플러 게이트를 위치결정하기 위한 방법들, 시스템들, 컴퓨터 판독가능 매체, 및 명령들을 포함한다. 다수의 PW 도플러 게이트들에 대해 획득된 샘플들은 PW 도플러로부터의 송신들의 인터리빙 없이 시간에 걸친 B-모드 및/또는 F-모드 검출을 위해 이용된다. B-모드 및/또는 F-모드 정보는 게이트 배치를 트래킹하기 위해 이용된다. 대안적으로 또는 추가적으로, 상이한 게이트 위치들로부터의 스펙트럼들의 특성들은 게이트 위치를 선택하기 위해 이용된다. 선택된 게이트 위치상에서 위치들 및 빔 초점의 중심을 맞추는 것과 같이, 어느 하나의 위치결정은 샘플링된 위치들 및/또는 빔 특성들을 변화시키기 위하여 이용될 수 있다.

[0005] 제 1 양상에서는, 스펙트럼 도플러 초음파 이미징 시에 도플러 게이트를 위치결정하기 위한 방법이 제공된다. 송신 빔들은 트랜스듀서 어레이로부터 반복적으로 송신된다. 송신에 응답하여, 상이한 수신 위치들로부터의 신호들은 반복적으로 수신된다. 상이한 시간들에서의 상이한 수신 위치들을 나타내는 B-모드 정보는 신호들 중의 적어도 일부로부터 검출된다. 도플러 게이트 위치는 B-모드 정보로 트래킹된다. 트래킹된 도플러 게이트 위치에 대한 제 1 스펙트럼은 트래킹된 도플러 게이트 위치에 대한 신호들로부터 추정된다. 이미지는 제 1 스펙트럼의 함수로서 디스플레이된다.

[0006] 제 2 양상에서는, 비-일시적인(non-transitory) 컴퓨터 판독가능 저장 매체가 스펙트럼 도플러 초음파 이미징 시에 도플러 게이트를 위치결정하기 위하여 프로그램된 프로세서에 의해 실행가능한 명령들을 나타내는 데이터를 그 내부에 저장한다. 저장 매체는, 복수의 이격된 위치들의 각각에 대해 시간에 걸쳐 신호들을 수신하기 위한 명령, 상기 이격된 위치들의 각각에 대해 상기 신호들의 스펙트럼 분석을 개별적으로 수행하기 위한 명령 -

상기 스펙트럼 분석은 상기 이격된 위치들의 각각에 대해 스펙트럼들을 제공함 -, 상기 이격된 위치들로부터 각각의 스펙트럼의 특성을 검출하기 위한 명령, 도플러 게이트 위치를, 각각의 스펙트럼의 특성의 함수로서의 상기 이격된 위치들 중의 하나로 셋팅하기 위한 명령, 및 상기 셋팅된 도플러 게이트 위치의 함수로서의 상기 이격된 위치들의 분포의 중심이 상기 셋팅된 도플러 게이트 위치이도록 상기 셋팅된 도플러 게이트 위치의 함수로서의 상기 이격된 위치들의 분포를 업데이트하기 위한 명령을 포함한다.

[0007] 제 3 양상에서는, 스펙트럼 도플러 초음파 이미징 시에 도플러 게이트를 위치결정하기 위한 시스템이 제공된다. 송신 빔형성기는 빔들을 송신하도록 동작가능하다. 수신 빔형성기는 송신 빔들의 각각에 응답하여 복수의 이격된 수신 빔들을 형성하도록 동작가능하고, 수신 빔들의 각각은 복수의 깊이들에서 샘플링된다. 프로세서는 상기 도플러 게이트의 위치를 상기 샘플링된 수신 빔들의 함수로서 셋팅하고, 상기 위치상에서 상기 송신 빔들 및 상기 수신 빔들의 샘플링의 간격의 중심을 맞추기 위하여 상기 송신 빔형성기를 제어하도록 구성된다.

[0008] 제 4 양상에서는, 비-일시적인(non-transitory) 컴퓨터 판독가능 저장 매체가 스펙트럼 도플러 초음파 이미징 시에 도플러 게이트를 위치결정하기 위하여 프로그램된 프로세서에 의해 실행가능한 명령들을 나타내는 데이터를 그 내부에 저장한다. 저장 매체는, 복수의 이격된 위치들의 각각에 대하여 시간에 걸쳐 신호들을 수신하기 위한 명령, 상기 신호들의 적어도 일부로부터 상이한 시간들에 대한 B-모드 정보를 검출하기 위한 명령, 상기 B-모드 정보로 시간에 걸쳐 위치를 트래킹하기 위한 명령, 상기 트래킹된 위치의 함수로서의 상기 이격된 위치들을 업데이트하기 위한 명령, 상기 이격된 위치들의 각각에 대해 상기 신호들의 스펙트럼 분석들을 개별적으로 수행하기 위한 명령 - 상기 스펙트럼 분석은 상기 이격된 위치들의 각각에 대한 스펙트럼들을 제공함 -, 상기 이격된 위치들로부터 각각의 스펙트럼들의 특성을 검출하기 위한 명령, 및 도플러 게이트 위치를, 각각의 스펙트럼들의 특성의 함수로서의 상기 이격된 위치들 중의 하나로 셋팅하기 위한 명령을 포함한다.

[0009] 본 발명은 다음의 청구항들에 의해 정의되고, 이 섹션의 어떤 것도 그 청구항들에 대한 제한으로서 취해지지 않아야 한다. 본 발명의 추가의 양상들 및 장점들은 바람직한 실시예들을 참조하여 아래에서 논의된다.

도면의 간단한 설명

[0010] 구성요소들 및 도면들은 반드시 축척에 맞지 않으며 그 대신에, 본 발명의 원리들을 예시할 때 강조가 주어진다. 또한, 도면들에서, 유사한 참조 번호들은 상이한 도면들 전반에 걸쳐 대응하는 부분들을 지시한다.

도 1은 스펙트럼 도플러 초음파 이미징(spectral Doppler ultrasound imaging) 시에 도플러 게이트(Doppler gate)를 위치결정하기 위한 방법의 하나의 실시예의 플로우차트 도면이다.

도 2는 예시적인 스펙트럼의 그래픽 표현이다.

도 3은 관심 영역(region of interest)에서의 예시적인 병렬 빔형성(parallel beamforming)의 그래픽 표현이다.

도 4는 예시적인 스펙트럼 스트립 디스플레이(spectral strip display)의 그래픽 표현이다.

도 5는 하나의 시간에서 관심 영역에서의 도플러 게이트 위치 및 샘플 위치들의 예시적인 성상도(constellation)의 그래픽 표현이다.

도 6은 도 5의 도플러 게이트 위치 및 샘플 위치들의 예시적인 성상도로서, 상이한 시간에 대한 상이한 위치로 트래킹된(tracked) 예시적인 성상도의 그래픽 표현이다.

도 7은 스펙트럼 도플러 초음파 이미징 시에 도플러 게이트를 위치결정하기 위한 시스템의 하나의 실시예의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 심장 판막(cardiac valve) 응용들과 같은 초음파 혈류 측정(ultrasonic blood flow measurement) 또는 조직 움직임(tissue motion) 측정 시에는 자동 도플러 게이트 배치가 제공된다. 일단 게이트가 배치되었으면, 연속적인 위치결정은 게이트 위치가 (예를 들어, 호흡으로 인한) 환자 또는 (예를 들어, 검사자의 이동으로 인한) 트랜스듀서(transducer) 위치로부터의 움직임의 존재 시에도 유지되는 것을 보장한다. 게이트의 연속적인 감시 및/또는 위치결정은 다른 유형들의 스캐닝(scanning)을 위한 PW 스펙트럼 도플러 획득(PW spectral Doppler acquisition)을 중단시키지 않으면서 발생한다.

[0012] 멀티-송신 및/또는 수신 빔 능력은 최적의 게이트 위치 근처의 영역에서 도플러 게이트들의 성상도

(constellation)를 획득하기 위해 이용된다. PW 도플러 게이트 위치 및/또는 빔형성은 다수의 스펙트럼 도플러 게이트들을 위한 데이터의 동시 획득에 기반하고 있다. 다수의 게이트들은 초음파 빔을 따라 위치될 수 있다 (다수 범위 게이트들). 병렬 수신 빔형성은 송신 빔 또는 빔들에 의해 커버(cover)되는 구역 내에서 측면 (lateral) 및/또는 높이(elevation) 방향들의 다수의 게이트들을 허용한다. 분할 빔(병렬 송신 빔들)을 이용하여, 2개 또는 그보다 많은 공간적으로 별개의 영역들이 인터로게이팅(interrogating)될 수 있다.

[0013] 성상도를 위해 획득된 데이터는 영역 또는 영역들을 표현한다. 도플러 게이트들에서 획득된 데이터는 B-모드 (mode) 및/또는 F-모드 검출을 위해 또한 이용될 수도 있다. 스펙트럼 도플러 신호들 자체 및/또는 성상도의 B-모드/컬러 영역은 위치결정을 위해 이용된다. 타겟(target)이 환자 또는 트랜스듀서 움직임으로 인해 이동함에 따라, 최적의 게이트 배치가 유지된다. 움직임의 검출 및 트래킹(tracking)은 PW 도플러 획득을 중단시키지 않고 최고의 시간적 샘플링 품질을 유지하면서 도플러 게이트들의 성상도가 획득되는 것을 단지 요구한다.

[0014] 하나의 실시예에서, 멀티게이트(multigate) 성상도 획득은 PW 도플러 정보에 부가하여, 동시에 획득된 B-모드 및/또는 F-모드 이미지들을 위한 데이터를 제공한다. B-모드 및/또는 F-모드 이미지들은 연속적인 트래킹을 위해 이용된다. 최적의 게이트 위치는 스펙트럼들을 추정하기 위해 이용되는 위치를 조절함으로써 유지된다.

[0015] 또 다른 실시예에서는, 도플러 스트립(Doppler strip)이 멀티게이트 성상도의 각각의 위치에 대해 발생된다. 최적의 게이트 위치를 결정하기 위하여, 각각의 스트립은 분석되고 다른 것들과 비교된다.

[0016] 두 방법들은 함께 이용될 수 있다. 예를 들어, B-모드 트래킹은 게이트들의 성상도의 중심을 맞추기 위해 이용된다. 스펙트럼 분석은 게이트들의 성상도 사이에서 도플러 게이트 위치를 선택하기 위해 이용된다.

[0017] 어느 하나의 방법에서, 측면 및/또는 높이 송신 빔 프로파일들 및 송신 초점 깊이(transmit focus depth)는 최적의 게이트 위치에서 중심이 결정되도록 조절될 수 있다. 성상도는 최적의 게이트 위치에서 중심이 결정되도록 조절될 수 있다. 게이트 성상도의 중심의 송신 라인 및/또는 송신 초점 깊이는 움직임에 응답하여 이동된다. 최고 송신 전력 및 최적 빔 프로파일 특성들은 획득된 도플러 게이트들의 영역 상에서 중심이 결정될 수 있고, 움직임을 트래킹하면서 최적의 특성들이 유지된다.

[0018] 트래킹 또는 과도한 이동의 손실이 있는 것이 검출되는 경우, 시스템은 리셋팅(resetting)할 수 있다. 새로운 이미지-기반 게이트 배치 사이클은 트래킹 또는 위치결정을 계속하는 대신에 자동으로 개시된다.

[0019] 도 1은 스펙트럼 도플러 초음파 이미징 시에 도플러 게이트를 위치결정하기 위한 방법을 도시한다. 방법은 도 7의 시스템(10) 또는 상이한 시스템상에서 구현된다. 단계들은 도시된 순서로 수행되지만, 다른 순서들이 가능하다. 단계들(30 및 32)은 순차적으로 또는 단계들(34 및 36)과 동시에 수행된다. 단계들(38 및 40)은 동시에 또는 임의의 순서로 순차적으로 수행된다. 단계(42)는 단계(40) 전에 수행될 수 있다. 다른 순서들이 이용될 수 있다.

[0020] 추가적인, 상이한, 또는 더 적은 단계들이 제공될 수 있다. 예를 들어, 단계들(30 및 32)은 수행되지 않는다. 또 다른 예로서, 단계들(34 및 36)은 수행되지 않는다. 또 따른 예에서, 단계(46)는 수행되지 않는다. 단계들 (40 및/또는 44)은 수행되지 않을 수 있다. 다양한 조합들이 이용될 수 있다.

[0021] PW 도플러 게이트를 위치결정하기 위하여, 초음파 샘플들 또는 신호들은 복수의 공간적으로 별개의 위치들에 대해 얻어진다. 샘플들은 단계(26)에서 빔들을 송신함으로써 얻어진다. 하나 또는 그보다 많은 송신 빔들은 주어진 시간에 송신된다. 더 큰 영역을 커버하기 위하여, 동시 송신 빔들이 형성될 수 있다. 상이한 스캔 라인들 상의 빔들의 동시 형성이 이용될 수 있다. 예를 들어, 2개의 송신 빔들은 트랜스듀서 어레이(transducer array) 상의 상이한 원점(origin)들로부터, 및/또는 상이한 위치들에서의 트랜스듀서로부터, 상이한 조향 각도 (steering angle)들로 형성된다. 송신 빔들은 상이한 스캔 라인(scan line)들을 따라 형성된다. 근접 필드 (near field) 및 원거리 필드(far fiedld)에서, 송신 빔들은 중첩할 수 있다. 초점 영역(focal region)에서는, 일부의 중첩이 제공되거나 중첩이 전혀 제공되지 않는다. 송신 빔들의 -6dB 또는 -10dB 에지 (edge)는 중첩되거나, 송신 빔들로부터의 더 적은 음향 파워(acoustic power)의 영역에 의해 분리된다. 중간 필드(middle field), 원거리 필드 및/또는 근접 필드에서의 비-중첩(non-overlapping) 영역들이 이용될 수 있다.

[0022] 2개 또는 그보다 많은 빔들은 실질적으로 동시에 송신된다. 이는 상이한 초점들 또는 조향(steering)으로 인한 상이한 지연들 또는 송신들의 시작을 실질적으로 설명한다. 하나의 파형의 파면(wavefront)의 적어도 일부분은 또 다른 파면에 대한 리턴된 에코(echo)들 중의 마지막 에코가 트랜스듀서에서 수신되기 전에 음향적으로 발생되는, 서로 간의 충분한 시간 내에 2개의 빔들이 송신되게 실질적으로 제공된다. 두 빔들로부터의 파면들은 임

의의 수신 동작 전에 트랜스듀서의 대부분의 엘리먼트(element)들에 의해 송신될 수 있다. 동시 송신은 하나의 엘리먼트로부터 하나의 빔에 대한 파형을 송신하는 한편, 또 다른 엘리먼트 또는 하나의 엘리먼트로부터 또 다른 빔에 대한 파형을 또한 송신하는 것과 같이, 하나의 빔에 대한 음향 파형들을 발생하는 한편, 또 다른 빔에 대해서도 또한 그렇게 하는 것을 포함한다.

[0023] 분할 빔들(예를 들어, 상이한 스캔 라인들에 따른 실질적으로 동시 송신 빔들)은 임의의 가능한 방법을 이용하여 발생된다. 예를 들어, 상이한 개구(aperture)들은 트랜스듀서 어레이 상에 형성된다. 각각의 개구는 송신 빔들 중의 상이한 빔 또는 빔들을 송신하기 위한 것이다. 개구들은 2개의 상이한 빔들에 대한 어레이의 우측 및 좌측 절반들을 이용하는 것과 같이, 고유(unique)하거나 중첩되지 않는다. 개구들은 인접하는 섹션(section)들일 수 있거나, 공간적으로 인터리빙(interleaving)될 수 있거나(예를 들어, 하나의 개구에 대해 2개의 엘리먼트마다 하나의 엘리먼트, 및 또 다른 개구에 대한 다른 엘리먼트들), 또는 중첩할 수 있다(예를 들어, 두 빔들에 대한 하나 또는 그보다 많은 엘리먼트들의 송신 파형들). 상이한 개구들은 적당한 지연 및/또는 위상 패턴의 적용에 의해 공간적으로 별개의 송신 빔들을 생성한다.

[0024] 또 다른 실시예에서, 2개 또는 그보다 많은 빔들에 대한 파형들은 실질적으로 동시의 시간에 동일한 또는 중첩하는 개구들에 적용된다. 각각의 엘리먼트에 대하여, 상이한 빔들에 대한 전기적 파형들은 개별적인 지연 및/또는 위상 및 아포다이제이션(apodization) 프로파일들에 기반하여 조합된다(예를 들어, 합산). 조합된 파형들은 개구의 엘리먼트들로부터 송신되고, 실질적으로 동시에 송신 빔들이 형성된다.

[0025] 수신 격리를 위하여, 또는 또 다른 빔으로부터의 하나의 빔에 대한 수신된 샘플들에 대한 기여를 제한하기 위하여, 상이한 중심 주파수들, 코딩, 또는 중심 주파수들 및 코딩이 각각의 빔에 대해 이용될 수 있다. 예를 들어, 주파수 멀티플렉싱(frequency multiplexing)이 이용된다. 상이한 중심 주파수들을 갖는 2개 또는 그보다 많은 송신 펄스들이 송신된다. 상이한 지연 프로파일들이 상이한 주파수들에서의 펄스들을 위해 이용되므로, 2개 또는 그보다 많은 빔들은 (시간적으로) 병렬로 생성된다. 코딩(coding)을 위하여, 확산 스펙트럼 코드(spread spectrum code)들 또는 직교 코드(orthogonal code)들과 같은 임의의 코딩이 이용될 수 있다. 주파수-기반 코드들, 진폭-기반 코드들, 위상-기반 코드들, 또는 그 조합들이 이용될 수 있다. 대안적인 실시예들에서는, 코딩 또는 주파수 차이가 제공되지 않는다. 송신 빔들에 있어서의 공간적인 차이들은 수신 신호들을 구별한다.

[0026] 다른 실시예들에서는, 실질적으로 동시에 송신 빔들을 발생하기 위한 기술들의 조합들이 이용될 수 있다. 예를 들어, 개구는 2개의 공간적으로 중첩하는 그룹(group)들로 분할된다. 그룹들은 상이한 중심 주파수들을 갖는 펄스들을 송신하므로, 주파수에 있어서 분리되는 공간적으로 별개의 빔들이 발생된다.

[0027] 다른 실시예들에서는, 하나의 송신 빔이 주어진 시간에 형성된다. 측면으로 및/또는 높이 방향으로 이격된 수신 스캔 라인들에 따른 수신 빔형성을 가능하게 하기 위하여, 송신 빔에는 충분한 빔 폭(beam width)이 형성된다. 평면파(plane wave), 무한 초점(infinite focus), 확산 빔, 또는 충분한 폭을 갖는 좁은 빔(narrow beam)이 이용될 수 있다. 분할 또는 멀티-빔은 이러한 넓은(wide) 또는 발산하는(diverging) 파면의 송신 빔들과 함께 이용될 수 있다.

[0028] 동시 빔들 또는 단일 빔의 어느 하나에 대하여, 송신들이 반복된다. 상기 반복은 충분한 샘플들의 수신이 스펙트럼 분석을 수행하는 것을 가능하게 한다.

[0029] 단계(28)에서, 복수의 측면으로 이격된 위치들에 대한 신호들이 송신 빔들의 각각에 응답하여 수신된다. 수신 빔들은 송신 빔들의 각각에 응답하여 복수의(예를 들어, 32 또는 64와 같이 2개 또는 그보다 많은) 스캔 라인들을 따라 형성된다. 복수의 스캔 라인들 및 스캔 라인들에 따른 범위들은 단일 송신에 응답하여 샘플링될 수 있다. 병렬 수신 빔형성이 제공된다. 초음파 샘플들은 동일한 송신 빔에 응답하여 복수의 수신 빔들에 따라 실질적으로 동시에 얻어진다. 상이한 위치들에서의 응답을 나타내는 값들의 어레이를 발생하기 위하여 각각의 엘리먼트에서의 전기 신호들에 대해 푸리에 변환(Fourier transform)을 적용하는 것과 같이, 다른 평면파 송신 및 수신 기술들이 이용될 수 있다.

[0030] 도 3은 단계(28)에서 복수의 수신 빔들을 획득하기 위하여, 단계(26)에서 분할 빔들의 하나의 송신이 이용되는 하나의 실시예를 도시한다. 2개의 수신 빔들이 도시되어 있지만, 송신 빔당 4개, 8개, 16개, 32개, 64개, 또는 다른 수의 수신 빔들과 같이, 더 큰 밀도가 제공될 수 있다. 송신 및 수신 빔들은 관심 영역과 교차한다.

[0031] 관심 영역은 임의의 크기 또는 형상일 수 있다. 관심 영역은 스펙트럼들이 추정될 수 있는 공간적인 위치들을 정의한다. 예를 들어, 가능한 스펙트럼 분석을 위해 적어도 100개의 위치들이 샘플링된다. 영역은 인접할 수

있거나 분할될 수 있다. 다수의 영역들이 스캐닝될 수 있다.

[0032] 관심 영역에서 위치들의 임의의 샘플링 밀도가 이용될 수 있다. 위치들의 분포는 가능한 스펙트럼 분석을 위한 샘플 포인트(sample point)들의 성상도이다. 성상도는 2차원 또는 3차원에서의 분포일 수 있다. 64개의 측면 및 높이 방향으로 이격된 위치들에서 그리고 10개의 깊이 방향으로 이격된 위치들에서 샘플링하는 것과 같이, 대칭적 또는 비대칭적 분포가 이용될 수 있다.

[0033] 수신 동작은 송신에 응답하여 반복적으로 발생한다. 송신 빔들 내의 측면 및/또는 높이 방향의 별개의 수신 위치들로부터의 신호들이 수신된다. 송신 빔들의 각각에 응답하여 복수의 수신 빔들을 형성함으로써, 다수의 수신 위치들에 대한 신호들이 실질적으로 동시에 얻어진다. "실질적으로"는 시야(field of view) 내의 라인에 따른 음향 이동 시간(acoustic travel time)을 설명한다.

[0034] 동일한 위치들에 대한 샘플들은 시간에 걸쳐 획득된다. 각각의 공간적인 위치에 대해 5개 또는 그보다 많은 초음파 샘플들을 획득하는 것과 같이, 초음파 샘플들은 주기(period)에 걸쳐 얻어진다. 임의의 스캔 시퀀스(scan sequence) 및/또는 펄스 반복 주파수가 이용될 수 있다.

[0035] PW 도플러 게이트는 성상도의 샘플 위치들 중의 하나에서 위치결정되어야 한다. 샘플 위치들 중의 임의의 것에 대하여 시간에 걸친 스펙트럼들을 추정하기 위하여, 충분한 샘플들이 얻어진다. 샘플 위치들 중의 하나에서 스펙트럼 스트립 디스플레이를 위한 PW 도플러 게이트를 위치결정하기 위하여, 3개의 상이한 방법들이 단독으로 또는 조합하여 이용될 수 있다. 단계들(30 및 32)은 B-모드 검출을 이용한 방법을 나타낸다. 단계들(34 및 36)은 스펙트럼 분석을 이용한 방법을 나타낸다. 단계(46)는 F-모드 검출을 이용한 방법을 나타낸다. 다른 방법들이 이용될 수 있다.

[0036] 단계(30)에서는, B-모드 정보가 발생된다. B-모드 정보는 PW 도플러 샘플들로부터 발생된다. 송신 및/또는 수신 특성들(예를 들어, 주파수, 사이클(cycle)들의 수, F#, 또는 개구)은 PW 도플러 및 B-모드에 대해 전형적으로 상이할 수 있지만, PW 도플러에 대해 획득된 샘플들은 B-모드 검출을 위해 이용될 수 있다. 송신 및/또는 수신 특성들은 다른 실시예들에서는 스펙트럼 분석 및 B-모드 검출의 둘 모두를 위해 타협될 수 있거나 B-모드 검출을 위해 최적화될 수 있다. 동일한 데이터가 둘 모두를 위해 이용된다.

[0037] 스펙트럼 분석을 위하여, 각각의 스펙트럼에 대해 5개 내지 20개의 샘플들과 같이, 동일한 위치로부터의 신호들의 앙상블(ensemble)이 획득된다. 샘플들은 임의의 스텝 크기(step size)(예를 들어, 샘플마다 또는 세 번째 샘플마다)를 갖는 이동 윈도우(moving window)(예를 들어, 앙상블 또는 흐름 샘플 카운트)가 스펙트럼을 추정하기 위해 이용되도록 진행 중인 방식으로 얻어질 수 있다. B-모드 검출은 강도(intensity)를 추정하기 위하여 단일 샘플을 이용한다. 주어진 앙상블로부터의 샘플들 중의 하나가 선택되고 이용된다. 상이한 시간들에서 B-모드를 추정하기 위하여, 동일한 또는 상이한 앙상블에서 상이한 시간들로부터의 신호들이 선택된다. B-모드 정보는 최대의 시간적 분해능(resolution)을 위하여 각각의 신호에 대해 검출될 수 있다. 다른 실시예들에서는, 다섯 번째 샘플마다 B-모드 검출을 수행하는 것과 같이, 전부보다는 적은 신호들이 B-모드 검출을 위해 이용된다.

[0038] 신호들은 성상도에 대해 획득되므로, B-모드 데이터는 관심 영역에 대해 검출된다. 상이한 수신 위치들에 대한 신호들의 단일 샘플들로부터의 강도가 검출된다. 검출은 상이한 시간들에 대해 수행된다. B-모드 정보는 환자 내부의 조직 또는 다른 구조로부터의 리턴을 일반적으로 나타낸다. 시간에 걸쳐 검출함으로써, 관심 영역 내의 조직은 상이한 시간들에서 검출된다. 움직임이 발생함에 따라, 조직은 보이거나, 시프트(shift)하거나, 회전하거나, 압축되거나, 확장된다. 시간에 걸친 B-모드 정보는 변화(change)를 반영한다.

[0039] 단계(32)에서는, 위치가 B-모드 정보로 시간에 걸쳐 트래킹된다. 위치는 도플러 게이트 위치이다. 예를 들어, 사용자는 초기의 도플러 게이트를 배치한다. 또 다른 예로서, 단계(46) 또는 단계들(34 및 36)은 도플러 게이트를 초기에 배치하기 위해 이용된다. 또 다른 예에서, 이전의 B-모드 스캔(예를 들어, 둘러싸인 경계의 중심에 게이트를 배치하기 위한 경계 또는 에지 검출) 또는 다른 방법을 이용한 자동 배치가 이용된다.

[0040] 도플러 게이트의 위치는 트래킹된다. 다른 실시예들에서, 트래킹되는 위치는 전체 관심 영역이다. 관심 영역의 중심 또는 관심 영역의 서브-구역 또는 서브-용적(volume)과 같이, 다른 위치들이 트래킹될 수 있다.

[0041] 트래킹은 시간에 걸친 위치의 변화를 검출한다. 위치는 하나의 시간에 하나의 좌표일 수 있지만, 또 다른 시간에 또 다른 좌표이도록 시프트(shift)될 수 있다. 좌표들은 초음파 트랜스듀서로부터의 스캔 포맷에 대한 것과 같이, 스캐닝에 대해 정의된다. 위치는 환자에 관련된다. 상이한 시간들에 대한 상이한 좌표들에서의 데이터

는 동일한 위치를 나타낼 수 있다.

[0042] 위치를 트래킹하기 위하여, 상이한 공간적인 위치들을 나타내는 B-모드 정보의 커널(kernel)이 이용된다. 위치 또는 전체 관심 영역 주위에 인접한 9x9 또는 12x12x12와 같이, 임의의 크기의 커널이 제공될 수 있다. 전체 관심 영역은 커널로서 이용될 수 있다.

[0043] 커널은 기준 세트(reference set)이다. 기준은 첫 번째, 선택된, 또는 주어진 시간에서의 B-모드 정보에 대한 것이다. 시간에 걸쳐 기준을 변화하는 것과 같이, 기준은 업데이트(update)될 수 있다. 예를 들어, 기준 B-모드 정보는 이동 윈도우에서 가장 최근에 획득된 B-모드 정보에 시간적으로 인접하다. 기준 B-모드 정보는 B-모드 정보의 또 다른 프레임(frame)이 검출될 때마다 업데이트된다. 또 다른 실시예에서는, 단계(40)에서 성상도 위치 및/또는 빔 위치(예를 들어, 스캔 라인 시프트)를 변화시키기 위하여 충분한 움직임이 발생하였으면, 기준 B-모드 정보가 업데이트될 뿐이다.

[0044] 트래킹하기 위하여, 기준 정보는 또 다른 시간으로부터의 B-모드 정보와 비교된다. 2개의 시간들로부터의 B-모드 정보 사이에는 다수의 비교들이 행해진다. 상이한 병진, 회전들, 및/또는 스케일(scale)들이 시도된다. 최적의 또는 최고의 유사성(similarity)을 갖는 병진, 회전, 및/또는 스케일은 시간들 사이의 위치에 있어서의 변화 또는 움직임을 표시한다. 하나의 실시예에서는, 단지 병진만이 트래킹된다.

[0045] 임의의 유사성의 척도(measure)가 이용될 수 있다. 예를 들어, 절대적인 차이들의 최소의 합이 계산된다. 교차-상관(cross-correlation) 또는 다른 척도들이 이용될 수 있다.

[0046] 시간에 걸친 도플러 게이트에 대한 위치들을 결정하기 위한 또 다른 방법에서는, 단계(34)에서, 스펙트럼들이 상이한 위치들에 대해 추정된다. 스펙트럼들은 수신 위치들에 대해 추정된다. 스펙트럼은 공간적으로 별개의 위치들의 각각에 대해 추정된다. 스펙트럼들은 상이한 깊이들, 높이, 및/또는 측면의 위치들로부터의 초음파 샘플들로부터 추정된다. 스펙트럼들은 샘플들이 획득되었던 주기에 대응한다. 관심 영역, 이미지 필드, 또는 다른 분포들에서의 모든 위치들과 같은, 각각의 공간적인 관심 위치에 대하여, 스펙트럼이 계산된다. 스펙트럼들은 드물게 샘플링된 위치들 또는 밀집되게 샘플링된 위치들에 대해 그러나 제한된 영역에서 스펙트럼들을 결정하는 것과 같이, 스펙트럼들은 공간적인 위치들의 서브세트(subset)에 대해서만 결정될 수 있다.

[0047] 각각의 수신 위치에 대하여, 스펙트럼 또는 스펙트럼들은 수신된 신호들로부터 추정된다. 스펙트럼은 공간적으로 별개의 위치들의 각각을 나타내는 초음파 샘플들에 대하여 푸리에 변환, 웨이블렛(wavelet) 변환 또는 위그너-빌 분포(Wigner-Ville distribution)를 적용함으로써 추정된다. 공간적으로 별개의 위치들은 중첩을 갖거나 갖지 않는 상이한 중심 위치들, 크기들 또는 둘 모두와 같은, 상이한 범위의 게이트들에 대응한다. 임의의 변환은 공간적으로 별개의 위치들의 각각에 대한 스펙트럼을 결정하기 위하여 적용될 수 있다. 각각의 스펙트럼은 에너지를 주파수의 함수로서 나타낸다(도 2 참조).

[0048] 다수의 스펙트럼들은 위치들의 각각에 대해 추정된다. 도 4는 시간에 걸쳐 동일한 위치에 대한 스펙트럼들의 스펙트럼 스트립을 도시한다. 상이한 스펙트럼들은 상이한 주기들 또는 획득의 앙상블들에 대응하는 상이한 시간들에서 동일한 공간적 위치에 대해 추정될 수 있다. 주어진 시간에 대한 스펙트럼은 수평 축 상의 속도 및 강도를 변조하는 에너지로 맵핑(mapping)된다. 다른 맵핑이 이용될 수 있다. 스펙트럼들이 추정되지만, 디스플레이되거나 디스플레이되지 않을 수 있다.

[0049] 신호들의 스펙트럼 분석은 이격된 위치들의 각각에 대해 개별적으로 수행된다. 각각의 주어진 위치에 대한 신호들은 다른 위치들로부터의 신호들 없이 스펙트럼 분석을 위해 이용된다. 대안적인 실시예들에서, 신호들은 스펙트럼 분석 이전에 공간적으로 및/또는 시간적으로 필터링되지만, 개별적인 스펙트럼들은 각각의 위치에 대해 제공된다.

[0050] 주어진 시간에 대한 또는 샘플링 주기를 나타내는 스펙트럼들의 세트(set)가 추정된다. 하나의 실시예에서, 스펙트럼들을 결정하기 위한 공간적인 위치들의 전부는 동일한 시간에 샘플링된다(예를 들어, 동일한 송신 및 수신 이벤트(event)들). 스펙트럼들은 심장 사이클과 같은, 생리학적인 사이클(physiological cycle)에 대해 동일한 시간에 샘플링된다. 오직 하나의 주기에 대한 스펙트럼들이 추정될 수 있다. 동일한 위치들에 대한 스펙트럼들은 시변(time varying) 스펙트럼 정보를 제공하기 위하여 상이한 주기들에 대해 추정된다. 샘플들을 선택하기 위한 시간적으로 이동하는 윈도우를 이용한 반복적인 추정들과 연관된 것과 같이, 주어진 시간에 스펙트럼들을 추정하기 위해 이용되는 샘플들은 또 다른 시간에서의 추정을 위해 마찬가지로 이용될 수 있다.

[0051] 단계(36)에서는, 각각의 위치에 대한 스펙트럼들의 하나 또는 그보다 많은 특성들이 검출된다. 최대 속도, 최소 속도, 평균 속도, 중간 속도, 최대 에너지, 최대 에너지와 연관된 속도, 강도, 속도의 분산(variance), 속도

의 범위, 스펙트럼들에서의 기울기 또는 추세, 기울기 변화의 위치, 시간에 걸친 형상, 패턴 또는 스펙트럼들 템플릿(template)에 대한 유사성, 클러터(clutter), 신호-대-잡음 비율(signal-to-noise ratio), 에너지 및 속도의 조합, 또는 알려진 또는 측정된 사이클에 대한 위상 시프트(phase shift)와 같은, 스펙트럼들의 임의의 특성이 이용될 수 있다.

[0052] 스펙트럼들의 특성은 위치에 대한 다른 스펙트럼들과의 비교 후에 하나의 스펙트럼으로부터 유도될 수 있다. 예를 들어, 위치에 대한 모든 스펙트럼들에 걸친 최대 속도는 하나의 스펙트럼과 연관된다. 첫 번째 또는 마지막 스펙트럼으로부터의 클러터를 이용하는 것과 같이, 스펙트럼들 중의 단일 스펙트럼은 그 특성을 위해 분석될 수 있다. 스펙트럼들의 템플릿을 위치에 대한 스펙트럼들과 패턴 매칭(pattern matching)시키는 것과 같이, 스펙트럼들의 조합이 이용될 수 있다.

[0053] 상이한 유형들의 스펙트럼 정보는 상이한 진단 목적들을 위하여 유용할 수 있다. 예를 들어, 최대 속도는 더욱 정확하게 조직 건강을 표시할 수 있다. 스펙트럼들의 분산은 흐름 조건들을 표시할 수 있다. 스펙트럼 스트립들에서 제공된 유용한 정보는 동일한 시간에 다수의 위치들에 대해 이용가능하여, 희망하는 특성들과 연관된 스펙트럼들의 선택을 제공한다. 최대 속도를 갖는 스펙트럼 또는 스펙트럼들을 위치결정하는 것은 사용자가 예측한 위치보다 더 양호한 흐름 정보를 제공할 수 있다.

[0054] 임의의 현재 알려진 또는 추후에 개발되는 기술들은 스펙트럼들의 특성을 특징화하거나 결정하기 위하여 이용될 수 있다. 예를 들어, 오직 하나를 갖는 임계 레벨을 초과하는 최고 속도들 또는 임계치 미만의 더 낮지 않은 속도들은 최대 속도를 표시한다. 최대 속도는 스펙트럼에서 임계치 또는 잡음 레벨을 초과하는 인접한 값들과 연관된 2개 또는 더 많은 최고 속도들 중의 최고이거나 평균이다. 신호-대-잡음 비율은 턴오프된(turned off) 송신기를 이용한 샘플들 및 활성(active)인 송신기를 이용한 샘플들로부터의 스펙트럼 또는 스펙트럼들의 에너지 또는 휘도(brightness)를 측정함으로써 계산될 수 있다. 또 다른 예로서, 클러터는 더 강한 클러터 세기(strength)를 표시하는 낮은 속도를 갖는 높은 에너지와 같은, 속도 및 에너지로부터의 맵핑에 기반으로 하여 측정될 수 있다. 클러터는 클러터 필터링을 이용하여 그리고 클러터 필터링 없이 에너지의 비율 또는 차이에 의해 측정될 수 있다.

[0055] 단계(46)에서, F-모드 정보는 신호들로부터 추정된다. F-모드는 컬러 도플러(color Doppler), 또는 평균 속도, 에너지, 및/또는 분산의 다른 공간적으로 분포된 추정치이다. 동일한 앙상블, 또는 스펙트럼 추정을 위해 획득된 앙상블의 서브-세트를 이용하여, 상이한 위치들에 대한 F-모드 정보가 추정된다. F-모드 정보는 더 높고 더 낮은 흐름 위치들을 갖는 흐름 영역을 도시하는 것과 같이, 흐름의 특성들을 표시한다.

[0056] 단계(38)에서는, 도플러 게이트 위치가 셋팅된다. 성상도의 위치들 중의 하나는 도플러 게이트 위치, 또는 스펙트럼들이 디스플레이 또는 출력되어야 하는 위치로서 선택된다. 두 위치들에 대해 스펙트럼 정보가 제공되도록 심장 판막의 각각의 측부(side) 상의 위치를 선택하는 것과 같이, 하나보다 많은 위치가 선택될 수 있다.

[0057] 위치는 트래킹된 B-모드 위치, 스펙트럼들의 특성들, 또는 F-모드 정보에 기반하여 셋팅된다. B-모드 트래킹을 위하여, 트래킹된 도플러 게이트에 대한 위치가 이용된다. 초기 위치가 위치를 변경함에 따라, 새로운 위치로부터의 신호들은 스펙트럼 분석을 위해 이용된다. 트래킹은 환자의 피처(feature) 또는 구조를 따른다. 상이한 시간들에서, 상이한 좌표들로부터의 신호들은 피처의 응답을 나타낸다. 시간에 걸쳐 트래킹된 위치로부터의 신호들을 이용함으로써, 결과적인 스펙트럼들은 움직임에도 불구하고 피처를 나타낸다.

[0058] 상이한 위치들로부터의 신호들은 스펙트럼들을 개별적으로 추정하기 위해 이용된다. 트래킹된 도플러 게이트가 위치를 변화시킴에 따라, 임의의 새로운 스펙트럼이 새로운 위치에 대해 결정된다. 이 스펙트럼은 이전의 위치 또는 위치들로부터의 스펙트럼 스트립 또는 스펙트럼들에 추가된다. 대안적으로 또는 부가적으로, 상이한 위치들로부터의 신호들은 스펙트럼의 추정을 위하여 주어진 앙상블에서의 상이한 위치들로부터의 신호들을 포함하는 것과 같은, 진행 중인 스트림(stream)에 조합될 수 있다.

[0059] 스펙트럼 특성들에 기반하여 도플러 게이트 위치를 셋팅하기 위하여, 상이한 위치들에 대한 스펙트럼들의 특성들이 비교된다. 예를 들어, 상이한 위치들의 스펙트럼들에 대한 템플릿의 최적의 맞춤(fit)이 식별된다. 또 다른 예로서, 주어진 레벨을 초과하는 속도와 같이, 가장 많은 양의 정확한 흐름 특성들을 가지며 클러터와 같이, 가장 적은 양의 희망하지 않은 특성들을 가지는 위치가 선택된다. 퍼지 로직(fuzzy logic), 맵핑, 가중 평균(weighted averaging) 또는 다른 로직은 상이한 특성들에 대한 값들을 조합하여 하나의 위치를 선택하기 위해 이용될 수 있다. 대안적으로, 최적의 게이트 위치는 강한 클러터 신호들을 갖는 게이트들을 무시하면서 높은 속도 신호들에 대한 최고의 신호-대-잡음 비율을 갖는 바로 그 위치일 수 있다.

[0060] 또 다른 방법에서, 도플러 게이트 위치는 F-모드 정보를 이용하여 셋팅된다. 중력의 중심 또는 흐름의 최대 영역의 기하학적 중심과 연관된 위치가 식별된다. 밸브 또는 다른 객체(object)와 연관된 흐름 특성들은 위치를 셋팅하기 위하여 식별되고 이용될 수 있다. 최대 속도, 에너지, 분산, 또는 그 조합과 연관된 위치가 이용될 수 있다.

[0061] 하나의 실시예에서, 도플러 게이트 위치는 방법들의 조합에 기반하여 셋팅된다. B-모드, 스펙트럼 분석, 및 F-모드 방법들의 2개 또는 3개의 임의의 조합이 이용될 수 있다. 다른 방법들은 B-모드, 스펙트럼 분석, 및 F-모드 방법들의 1개, 2개 또는 3개 모두와 조합하여 이용될 수 있다. 조합은 각각의 방법에 의해 출력되는 위치들을 평균하는 것에 의한 것일 수 있다. 조합은 다른 출력 위치들과 가장 유사한 위치(예를 들어, 3개의 가능성들로부터의 중간 위치)와 같은, 기준에 기반하여 상이한 방법들에 의해 출력되는 위치를 선택하는 것에 의한 것일 수 있다.

[0062] 하나의 실시예에서, 조합은 하나의 방법에 의한 일시적인 셋팅(setting)이고, 그 다음으로, 또 다른 방법을 이용하여 개량(refine)된다. 예를 들어, B-모드 정보는 초기의 도플러 게이트를 트래킹하기 위해 이용된다. 트래킹은 위치들의 성상도를 설정하기 위해 이용된다(아래의 단계(40) 참조). 멀티-게이트 성상도가 획득되고, 성상도로부터 도플러 게이트 위치를 선택하기 위하여 스펙트럼 분석이 이용된다. 다음으로, 트래킹은 프로세스의 반복 시에 선택된 도플러 게이트 위치에 기반하여 수행된다. 이것은 최적의 게이트 위치가 심장 사이클 전반에 걸쳐 시변할 수 있다는 가능성을 허용한다.

[0063] 또 다른 예시적인 조합에서는, B-모드 트래킹이 F-모드 정보에 기초하여 개량된다. B-모드 트래킹은 성상도의 위치를 표시한다. 트래킹된 성상도에 대한 F-모드 정보는 검출된 흐름의 중심에서와 같은, 도플러 게이트 위치를 셋팅하기 위해 이용된다. 석회화(calcification)로 인한 것과 같이, 병든 판막들에서 발견되는 복합 흐름 프로파일(complex flow profile)들은 포지티브(positive) 및 네거티브(negative) 흐름(즉, 트랜스듀서를 향하는 흐름 및 트랜스듀서로부터 멀어지는 흐름)을 모두 가질 수 있다. F-모드 정보는 복합 흐름 프로파일들에서 희망되는 바와 같이 도플러 게이트를 적당하게 배치하기 위해 이용될 수 있다.

[0064] 단계(42)에서는, 위치결정된 도플러 게이트에 대한 스펙트럼들이 선택되거나 추정된다. 단계(38)에서 셋팅된 위치 또는 위치들은 스펙트럼 도플러를 위해 이용되는 신호들을 정의한다. 위치들이 시간에 걸쳐 변동됨에 따라, 스펙트럼 도플러를 위해 이용되는 신호들은 과거의, 새로운, 또는 과거 및 새로운 위치들에 기반하고 있다. 단계(34)에서와 같이, 스펙트럼들이 이미 추정되는 경우, 스펙트럼들이 선택될 수 있다(예를 들어, 메모리로부터 로딩(loading)됨). 대안적으로, 스펙트럼들은 동일한 또는 상이한 추정 셋팅들로 다시 계산된다(예를 들어, 흐름 샘플 카운트 또는 앙상블 크기 또는 위치들의 조합으로부터의 샘플들은 하나의 앙상블에서 이용됨). 스펙트럼들이 도플러 게이트 위치를 세팅하기 위해 이전에 추정되지 않은 경우, 추정이 수행된다.

[0065] 단계(44)에서는, 이미지가 디스플레이된다. 이미지는 복수의 공간적으로 별개의 위치들에 대한 스펙트럼들 중의 적어도 하나의 함수이다. 스펙트럼들은 사용자에게 정보를 제공하기 위해 이용된다. 다른 실시예들에서, 이미지는 오직 하나의 스펙트럼과 연관된 정보를 제공할 수 있다.

[0066] 하나의 실시예에서는, 도플러 게이트 위치에 대한 스펙트럼 스트립이 디스플레이된다. 도 4는 예시를 위하여 간략화된 예시적인 스펙트럼 스트립 디스플레이를 도시한다. 스펙트럼 스트립은 시간의 함수인 에너지에 의해 변조된 주파수를 도시한다. 에너지를 나타내는 강도와의 그레이 스케일 맵핑(gray scale mapping)과 같은, 임의의 현재 알려진 또는 추후에 개발되는 스펙트럼 스트립 맵핑이 이용될 수 있다. 필터링은 스펙트럼을 평탄화(smooth)하기 위해 적용될 수 있다. 스펙트럼 스트립에서 시간의 함수로서 최대 속도를 그래픽 방식으로 트래킹하는 것과 같이, 스펙트럼 스트립의 특성들이 결정되고 디스플레이될 수 있다.

[0067] 도플러 게이트에 대한 위치 또는 좌표들이 시간에 걸쳐 변화할 수 있으므로, 스펙트럼 스트립이 상이한 위치들에 대한 신호들로부터 발생된다. 스펙트럼들 중의 상이한 것들은 상이한 위치들에 대한 신호들로부터 추정될 수 있다. 주어진 스펙트럼은 상이한 위치들에 대한 신호들로부터 추정될 수 있다. 도플러 게이트 위치가 상이한 시간들에서의 상이한 위치들로 셋팅됨에 따라, 스펙트럼 스트립은 주어진 도플러 게이트 위치를 나타내는 것처럼 진행 중인 방식으로 디스플레이된다.

[0068] 다수의 스트립들이 디스플레이될 수 있다. 예를 들어, 2개 또는 더 많은 선택된 위치들에 대한 스펙트럼 스트립들이 비교를 위하여 출력된다. 다수의 선택된 도플러 게이트 위치들의 각각은 시간에 걸쳐 트래킹되거나 위치결정된다. 결과적인 다수의 스펙트럼 스트립들은 환자의 희망하는 피처에 대한 스펙트럼들을 제공한다.

[0069] 하나의 실시예에서, 스펙트럼 스트립은 1차원 M-모드, 2차원 B-모드, 2차원 F-모드, 또는 그 조합의 이미지와

같은, 공간적인 이미지와 함께 디스플레이된다. 이미지는 PW 도플러 샘플링을 위해 획득된 데이터를 이용한 관심 영역에 관한 것이다. 선택된 스펙트럼 또는 스펙트럼들의 위치는 도 5 및 도 6에 도시된 시야의 관심 영역에서의 원(circle)에 의해 나타낸 것과 같이, 이미지에서 그래픽 방식으로 표시될 수 있다. 예를 들어, 텍스트, 컬러, 심볼, 또는 다른 표시자(indicator)는 선택된 스펙트럼에 대응하는 자동으로 결정된 범위의 게이트에 대한 위치를 사용자에게 도시한다. 다수의 스펙트럼들이 디스플레이되는 경우, 획득 범위 게이트들 및 디스플레이된 스펙트럼들 사이의 매칭된 컬러 코딩이 이용될 수 있다. 예를 들어, 범위 게이트의 위치의 표시는 오렌지색(orange)을 이용한다. 대응하는 스펙트럼은 오렌지색으로 음영이 표시되거나, 오렌지색으로 윤곽이 그려지거나, 또는 그렇지 않을 경우에는 오렌지색으로 라벨이 표기된다. 텍스트 라벨들 또는 번호표기와 같은, 다른 표시들이 이용될 수 있다.

[0070] 단계(40)에서는, 단계들(26 및 28)이 도플러 게이트의 위치의 셋팅에 기반하여 업데이트된다. 도플러 게이트가 이동으로 인해 상이한 좌표들로 변화함에 따라, 데이터의 획득이 변화된다.

[0071] 하나의 실시예에서, 송신 빔 및/또는 수신 빔 위치는 도플러 게이트 위치에 중심이 결정되도록 변화된다. 스캔 라인 원점, 스캔 라인 각도, 또는 초점과 같은, 빔 위치의 임의의 특성이 셋팅될 수 있다. 예를 들어, 스캔 라인 각도는 셋팅된 도플러 게이트를 커버하기 위하여 측면으로 또는 높이 방향으로 변환된다. 송신 빔은 다수의 측면 및 높이 방향의 위치들을 커버할 수 있다. 에너지는 송신 빔의 중심에서 더 강할 수 있으므로, 송신 빔의 중심 또는 스캔 라인은 도플러 게이트의 현재의 위치를 커버하기 위하여 변화된다. 수신 빔은 셋팅된 도플러 게이트의 현재의 위치와 교차하기 위하여 유사하게 위치결정된다.

[0072] 초점은 도플러 게이트로 변화될 수 있다. 도플러 게이트가 상이한 깊이에 있는 경우, 초점은 상이한 깊이로 변화된다.

[0073] 빔들의 다른 특성들은 위치에 의해 변화할 수 있다. 예를 들어, 송신 빔은 더 넓거나 더 좁게 만들어질 수 있다. F#, 아포디제이션, 또는 개구는 위치에 기반하여 변동될 수 있다.

[0074] 빔들의 업데이트는 다른 위치들에 대한 것보다 도플러 게이트 위치에 대한 더 강한 신호-대-잡음 비율을 제공할 수 있다. 도플러 게이트는 정보를 출력하기 위해 이용되므로, 더 강한 신호-대-잡음 비율이 희망된다. 다른 위치들은 도플러 게이트를 위치결정하기 위하여 여전히 샘플링된다. 대안적인 실시예들에서, 빔들은 도플러 게이트의 셋팅에 기반하여 변화하지 않는다.

[0075] 또 다른 실시예에서, 이격된 위치들의 성상도는 셋팅된 도플러 게이트에 기반하여 설정된다. 공간적인 샘플링은 도플러 게이트를 위치결정하기 위한 것이다. 이전의 도플러 게이트가 주어지면, 공간적인 샘플링은 미래의 게이트 위치들의 셋팅을 최적화하기 위하여 도플러 게이트에 중심이 결정된다. 도 5는 박스(box) 내의 점들로 나타낸 관심 영역의 성상도를 도시한다. 성상도는 원에 위치된 도플러 게이트에 중심이 결정된다. 중심과는 다른 위치들은 도플러 게이트에 맞추어질 수 있다. 샘플링 분포 또는 성상도는 셋팅된 도플러 게이트에 중심이 결정되도록 시간에 걸쳐 업데이트된다. 도플러 게이트가 변화함에 따라, 샘플링된 위치들도 또한 변화한다. 도 6은 시야에 대해 좌표들을 변화시키는 도플러 게이트의 위치를 도시한다. 성상도도 또한 변화한다. 대안적인 실시예에서, 샘플링된 위치들은 정적이거나, 셋팅에 기반하여 변화하지 않는다.

[0076] 샘플링 분포는 빔들에서의 변화에 기반하여 변화할 수 있다. 빔들이 위치를 변화시킴에 따라, 샘플링 위치들도 마찬가지로 변화한다. 다른 실시예들에서, 샘플링 위치들은 변화하는 반면, 빔들은 유지되거나, 그 반대의 경우도 성립한다.

[0077] 최적의 도플러 게이트 위치에서의 작은 편위(excursion)들은 신호들의 획득에 있어서의 변화를 트리거(trigger)시키지 않을 수 있다. 예를 들어, 도플러 게이트의 위치에서의 변화는 임계치와 비교된다. 샘플링 분포에서의 1개 또는 2개의 위치 폭들(또는 다른 거리들)만큼의 변화들은 획득에 있어서의 변화를 트리거시키지 않지만, 더 큰 변화들은 변화를 트리거시킨다.

[0078] 도플러 게이트 위치에서의 이동 또는 변화는 다른 목적들을 위하여 이용될 수 있다. 프로세스 또는 단계들(26-46)은 도플러 게이트의 초기 셋팅에 기반하여 진행 중이다. 움직임이 발생함에 따라, 도플러 게이트 위치는 업데이트된다. 크고 신속한 움직임에 대하여, 셋팅은 희망하는 바와 같이 수행되지 않을 수 있다. 충분히 큰(임계량을 초과) 움직임을 검출하는 것에 응답하여, 프로세스는 재개될 수 있다. 도플러 게이트는 도플러 게이트 위치의 트래킹 또는 다른 셋팅 업데이트 전에 수동으로 또는 초기에 다시 셋팅된다. 게이트 배치는 B-모드 트래킹, F-모드 셋팅, 또는 스펙트럼 분석 없이 수행된다. 예를 들어, 성상도로부터의 신호가 완전히 손실되거나 B-모드에 기반한 트래킹이 아주 벗어난 트래킹인 것(예를 들어, 최고 유사성이 임계치 미만임)으로 결정되는 경

우, 시스템은 어떤 간격(interval) 동안에 B-모드 및/또는 F-모드 획득으로의 리턴(즉, PW 도플러 획득과 함께 또는 PW 도플러 획득 없이 인터리빙됨)을 트리거시킨다. 인터리빙된 B-모드 또는 F-모드 스캐닝은 새로운 게이트 성상도 위치가 이미지 기반 기술들을 통해 또는 수동으로 결정되는 것을 가능하게 한다. 이 트리거는 대안적으로 또는 추가적으로 ECG 파형에 기반한 것일 수 있으므로, 위치 분석을 위해 필요한 획득은 심장 사이클의 알려진 일부에서 수행된다.

[0079] 도 7은 스펙트럼 도플러 초음파 이미징 시에 도플러 게이트를 위치결정하기 위한 시스템(10)을 도시한다. 시스템(10)은 의료용 진단 초음파 이미징 시스템이지만, 워크스테이션(workstation)과 같은 다른 이미징 시스템들이 이용될 수 있다. 시스템(10)은 도플러 게이트 위치에 대한 스펙트럼들을 추정하고, B-모드 또는 F-모드 특정 획득을 위해 인터리빙하지 않고 PW 샘플링에 기반하여 시간에 걸쳐 도플러 게이트 위치를 위치결정한다. 시스템(10)은 샘플 위치들의 성상도의 중심을 맞추고, 도플러 게이트 상에서 송신 및/또는 수신 빔들의 중심을 맞춘다. 도플러 게이트가 움직임으로 인해 상이한 위치로 셋팅됨에 따라, 성상도 및 빔 중심들은 다시 위치결정된다.

[0080] 시스템(10)은 송신 빔형성기(beamformer)(12), 트랜스듀서(14), 수신 빔형성기(16), 이미지 프로세서(18), 디스플레이(20), 및 메모리(22)를 포함한다. 프론트-엔드(front-end) 빔형성기들(12, 16) 및 트랜스듀서(14)를 갖지 않는 시스템(10) 또는 스캔 변환기를 갖는 시스템(10)과 같이, 추가적인, 상이한 또는 더 적은 부품들이 제공될 수 있다.

[0081] 트랜스듀서(14)는 복수의 엘리먼트들의 어레이이다. 엘리먼트들은 압전(piezoelectric) 또는 용량성(capacitive) 멤브레인 엘리먼트(membrane element)들이다. 어레이는 1차원 어레이, 2차원 어레이, 1.5D 어레이, 1.25D 어레이, 1.75D 어레이, 환형(annular) 어레이, 다차원 어레이, 그 조합들 또는 임의의 다른 현재 알려진 또는 추후에 개발되는 어레이로서 구성된다. 트랜스듀서 엘리먼트들은 음향 및 전기 에너지들 사이에서 변환한다. 트랜스듀서(14)는 송신/수신 스위치를 통해 송신 빔형성기(12) 및 수신 빔형성기(16)와 접속하지만, 개별적인 접속들이 다른 실시예들에서 이용될 수 있다.

[0082] 송신 빔형성기(12)는 수신 빔형성기(16)와는 별개로 도시되어 있다. 대안적으로, 송신 및 수신 빔형성기들(12, 16)에는 일부 또는 모든 부품들이 공통으로 제공될 수 있다. 함께 또는 단독으로 동작하여, 송신 및 수신 빔형성기들(12, 16)은 1차원, 2차원, 또는 3차원 영역을 스캐닝하기 위한 음향 에너지의 빔들을 형성한다. Vector®, 섹터, 선형, 또는 다른 스캔 포맷들이 이용될 수 있다.

[0083] 송신 빔형성기(12)는 프로세서, 지연기, 필터, 파형 발생기, 메모리, 위상 회전기, 디지털-아날로그 변환기, 증폭기, 그 조합들, 또는 임의의 다른 현재 알려진 또는 추후에 개발되는 송신 빔형성기 부품들이다. 하나의 실시예에서, 송신 빔형성기(12)는 엔벨로프(envelope) 샘플들을 디지털 방식으로 발생한다. 필터링, 지연들, 위상 회전, 디지털-아날로그 변환 및 증폭을 이용하여, 희망하는 송신 파형이 발생된다. 다른 실시예들에서, 송신 빔형성기(12)는 송신될 파형들을 저장하는 파형 메모리들 또는 스위칭 펄서(pulser)들을 포함한다. 다른 송신 빔형성기들(12)이 이용될 수 있다.

[0084] 송신 빔형성기(12)는 트랜스듀서(14) 상의 송신 개구의 각각의 엘리먼트에 대한 송신 파형의 전기 신호들을 발생하기 위하여 복수의 채널들로서 구성된다. 파형들은 단극성(unipolar), 쌍극성(bipolar), 단차형성된(stepped), 정현파(sinusoidal), 또는 하나의, 다수의, 또는 분수의 사이클들을 갖는 희망하는 중심 주파수 또는 주파수 대역의 다른 파형들이다. 파형들은 음향 에너지를 포커싱하기 위하여 상대적인 지연 및/또는 위상 및 진폭을 가진다. 송신 빔형성기(12)는 개구(예를 들어, 활성 엘리먼트들의 수), 복수의 채널들에 걸친 아포디제이션 프로파일(예를 들어, 유형 또는 질량의 중심), 복수의 채널들에 걸친 지연 프로파일, 복수의 채널들에 걸친 위상 프로파일, 중심 주파수, 주파수 대역, 파형 형상, 사이클들의 수, 코딩, 및 그 조합들을 변경하기 위한 제어기를 포함한다.

[0085] 송신 빔형성기(12)는 초음파 에너지의 하나 또는 그보다 많은 송신 빔들을 실질적으로 동시에 송신하도록 동작가능하다. 송신 빔은 송신 개구 내의 위치의 트랜스듀서(14)로부터 출발한다. 송신 빔은 임의의 희망하는 각도에서 스캔 라인을 따라 형성된다. 음향 에너지는 스캔 라인에 따른 포인트(point)에서 포커싱되지만, 다수의 포인트들, 라인 초점, 초점 없음, 또는 다른 확산이 이용될 수 있다. 콜리메이트(collimate)되거나, 비포커싱(unfocus)되거나, 약하게 포커싱되거나, 다수의 수신 라인들을 커버하도록 포커싱되는 발산하는 평면파인 것과 같이, 송신 빔은 넓은 영역을 실질적으로 커버한다. "실질적으로"는 에코들 및 잡음을 초과한 이미징을 제공하기 위한 충분한 음향 에너지를 설명한다. 하나의 실시예에서, 송신 빔은 64개에 이르는 수신 빔들, 또는 컬럼(column)(예를 들어, 8x8), 평면(1x64), 또는 다른 배열들(예를 들어, 4x16)로 분포된 스캔 라인들을 커버하기

위해 충분히 넓다. 아포디제이션, 개구, 및 지연 프로파일을 제어함으로써, 상이한 크기의 영역들이 주어진 송신 빔으로 스캔될 수 있다.

[0086] 송신 빔형성기(12)는 다수의 또는 분할 빔들을 발생할 수 있다. 분할 빔들은 2개의 영역들에 대한 펄스파 스펙트럼 도플러 추정을 위해 실질적으로 동시에 형성된다. 대안적인 실시예들에서, 단일 송신 빔은 각각의 송신 이벤트에 대해 형성된다.

[0087] 분할 빔들에 대하여, 하나를 초과하는 송신 빔이 실질적으로 동시에 발생된다. 예를 들어, 송신 빔은 그레이팅 로브(grating lobe)로 발생된다. 초점, 아포디제이션, 개구(예를 들어, 엘리먼트들의 불연속적인 선택), 또는 다른 특성은 임의의 잡음을 초과하는 에코들을 발생하기 위한 충분한 진폭에서 그레이팅 로브를 야기시키도록 셋팅된다. 높은 진폭의 송신 빔은 그레이팅 로브를 발생하기 위하여 어레이에 대해 수직인 것으로부터 멀어지는 각도로 조향될 수 있다. 샘플들은 1차 빔 및 그레이팅 로브에 응답하여 수신된다. 또 다른 예로서, 트랜스듀서 어레이는 2개 또는 그보다 많은 개구들로 분할된다. 개별적인 개구들은 상이한 송신 빔들을 형성하기 위해 이용된다. 또 다른 예에서, 주파수 또는 다른 코딩이 이용된다. 또 다른 예에 대해, 각각의 엘리먼트에서 두 빔들에 대한 지연된 파형들을 조합함으로써, 동일한 개구가 다수의 빔들을 송신하기 위해 이용된다. 이 예들의 조합들이 제공될 수 있다.

[0088] 수신 빔형성기(16)는 전치증폭기(preamplifier), 필터, 위상 회전기, 지연기, 합산기, 기저대역 필터, 프로세서, 버퍼들, 메모리, 그 조합들, 또는 다른 현재 알려진 또는 추후에 개발되는 수신 빔형성기 부품이다. 송신 이벤트에 응답하여 하나 또는 그보다 많은 빔들을 수신할 수 있는 아날로그 또는 디지털 수신 빔형성기들이 이용될 수 있다. 예를 들어, 수신 빔형성기(16)는 동일한 송신에 응답하여 64개 또는 다른 수의 수신 빔들을 실질적으로 동시에 형성하기에 충분한 처리능력 및/또는 하드웨어 부품들을 가진다. 상이한 빔들을 형성하기 위하여 병렬 및/또는 순차 처리가 이용될 수 있다. 병렬 빔형성은 전체 수신 이벤트에 대한 각각의 엘리먼트에 대한 초음파 샘플들을 메모리에 저장하지 않고 제공될 수 있다. 대안적으로, 메모리는 각각의 엘리먼트에 대한 초음파 샘플들을 저장하기 위하여 이용될 수 있다.

[0089] 수신 빔형성기(16)는 트랜스듀서(14)에 작용하는 에코들 또는 음향 에너지를 나타내는 전기 신호들을 수신하기 위한 복수의 채널들로 구성된다. 트랜스듀서(14) 내의 수신 개구의 엘리먼트들의 각각으로부터의 채널은 아포디제이션 증폭을 적용하기 위한 증폭기에 접속한다. 아날로그-디지털 변환기는 증폭된 에코 신호를 디지털화한다. 디지털 라디오 주파수의 수신 데이터는 기저대역 주파수로 복조된다. 다음으로, 동적 수신 지연들과 같은 임의의 수신 지연들, 및/또는 위상 회전들이 증폭기 및/또는 지연기에 의해 적용된다. 디지털 또는 아날로그 합산기는 하나 또는 복수의 수신 빔들을 형성하기 위하여 수신 개구의 상이한 채널들로부터의 데이터를 조합한다. 합산기는 단일 합산기 또는 직렬연결된(cascaded) 합산기이다. 합산기는 빔을 형성하기 위하여 상대적으로 지연된 그리고 아포다이징(apodizing)된 채널 정보를 함께 합산한다. 하나의 실시예에서, 빔형성 합산기는 위상 정보가 형성된 빔에 대해 유지되는 복소수(complex) 방식으로 동위상(in-phase) 및 직교위상(quadrature) 채널 데이터를 합산하도록 동작가능하다. 대안적으로, 빔형성 합산기는, 위상 정보를 유지하지 않으면서 데이터 진폭들 또는 강도들을 합산한다. 중간 주파수 대역으로의 복조 및/또는 채널의 상이한 부분에서의 아날로그-디지털 변환에 의한 것과 같이, 다른 수신 빔형성이 제공될 수 있다.

[0090] 병렬 수신 동작들을 위하여, 상이한 지연들, 아포디제이션, 및 합산이 상이한 빔들에 대해 제공된다. 분할 또는 멀티-송신 빔에 대하여, 동일하거나 상이한 수의 병렬 빔형성이 각각의 빔에 대해 이용된다. 예를 들어, 2개의 송신 빔들이 형성된다. 32개의 수신 빔들이 2개의 송신 빔들의 각각에 대해 형성된다. 또 다른 예로서, 8개의 수신 빔들이 하나의 송신 빔으로부터 형성되고, 24개의 수신 빔들이 또 다른 송신 빔으로부터 형성된다.

[0091] 수신 개구를 포함하는 빔형성 파라미터들(예를 들어, 엘리먼트들의 수 및 어느 엘리먼트들이 수신 처리를 위해 이용되는지), 아포디제이션 프로파일, 지연 프로파일, 위상 프로파일, 이미징 주파수, 역 코딩, 및 그 조합들은 수신 빔형성을 위해 수신 신호들에 적용된다. 예를 들어, 상대적인 지연들 및 진폭들 또는 아포디제이션은 하나 또는 그보다 많은 스캔 라인들을 따라 음향 에너지를 포커싱한다. 제어 프로세서는 수신 빔형성을 위해 다양한 빔형성 파라미터들을 제어한다.

[0092] 하나 또는 그보다 많은 수신 빔들은 각각의 송신 빔에 응답하여 발생된다. 예를 들어, 64개에 이르는 또는 다른 수의 수신 빔들이 하나의 송신 빔에 응답하여 형성된다. 각각의 수신 빔은 다른 수신 빔들로부터 2차원 또는 3차원으로 측면으로 및/또는 높이 방향으로 이격되므로, 샘플들은 상이한 스캔 라인들에 따른 위치들에 대해 획득된다.

[0093] 음향 에코들은 송신 빔에 응답하여 트랜스듀서(14)에 의해 수신된다. 에코들은 트랜스듀서(14)에 의해 전기 신호들로 변환되고, 수신 빔형성기(16)는 전기 신호들로부터 수신 빔들을 형성한다. 수신 빔들은 동일 선상(collinear)이고, 병렬이고, 대응하는 송신 빔과 오프셋(offset) 또는 비병렬(nonparallel)이다. 수신 빔들은 송신 빔 중심으로부터 더욱 이격된 수신 빔들에 대한 것보다 송신 빔 중심에 더 근접한 수신 빔들에 대해 지연 프로파일 및/또는 진폭을 상이하게 조절하는 것과 같이, 공간적인 양방향(two-way) 차이들을 책임지도록 조절된다. 대안적으로, 단일 수신 빔은 각각의 송신 빔에 대해 발생된다.

[0094] 수신 빔형성기(16)는 스캐닝된 영역의 상이한 공간적인 위치들을 나타내는 데이터를 출력한다. 수신 빔형성기(16)는 각각의 수신 빔에 따른 상이한 깊이들에서 샘플들을 발생한다. 동적 포커싱(dynamic focusing)을 이용하여, 샘플들은 상이한 깊이들에 대해 형성된다. 상이한 수신 빔들 및 스캔 라인들을 이용함으로써, 샘플들은 위치들의 2차원 또는 3차원 분포로부터 형성된다. 초음파 데이터는 간섭성이 있지만(즉, 유지된 위상 정보), 비간섭성(incoherent) 데이터를 포함할 수 있다.

[0095] 이미지 프로세서(18)는 스펙트럼 도플러 프로세서 및/또는 이미징 검출기들을 포함한다. 하나의 실시예에서, 이미지 프로세서(18)는 디지털 신호 프로세서, 또는 수신 빔 데이터에 변환을 적용하기 위한 다른 장치이다. 송신 및 수신 이벤트들의 시퀀스는 주기에 걸쳐 수행된다. 버퍼 또는 메모리(22)는 각각의 송신 및 수신 이벤트로부터의 수신 빔형성된 데이터를 저장한다. 임의의 펄스 반복 간격이 송신 빔들을 위해 이용될 수 있다. 3개 또는 그보다 많은 것과 같은 임의의 수의 송신 및 수신 이벤트들이 스펙트럼을 결정하기 위해 이용될 수 있다. 이미지 프로세서(20)는 상이한 위치들의 각각에 대한 스펙트럼을 추정한다(예를 들어, 관심 영역에서의 수신 빔들의 각각의 깊이들의 각각). 이산(discrete) 또는 고속 푸리에 변환 또는 다른 변환을 동일한 공간적인 위치에 대한 초음파 샘플들에 적용함으로써, 위치로부터의 응답을 나타내는 스펙트럼이 결정된다. 샘플들을 획득하기 위한 시간의 주기에 대한 상이한 주파수들에서의 에너지 레벨을 나타내는 히스토그램(histogram) 또는 데이터가 얻어진다. 도 2는 공간적인 위치에 대한 하나의 예시적인 스펙트럼을 도시한다.

[0096] 프로세스를 반복함으로써, 이미지 프로세서(20)는 상이한 시간들에서의 주어진 위치에 대한 상이한 스펙트럼들을 얻을 수 있다. 선택된 초음파 샘플들의 이동 윈도우로 각각의 스펙트럼을 계산하는 것과 같이, 중첩하는 데이터가 이용될 수 있다. 대안적으로, 각각의 초음파 샘플은 단일 주기 및 스펙트럼을 위해 이용된다.

[0097] 스펙트럼은 64개 또는 다른 수의 수신 빔들의 각각의 수신 빔 상의 200을 초과하는 깊이들에 대한 것과 같이, 복수의 공간적인 위치들의 각각에 대해 결정될 수 있다. 각각의 위치에 대한 데이터는 변환된다. 이미지 프로세서(18)는 병렬 처리를 위한 복수의 부품들 또는 병렬 또는 순차 추정을 위한 단일 부품을 포함할 수 있다.

[0098] 이미지 프로세서(18)는 주어진 스펙트럼으로부터 또는 복수의 스펙트럼들로부터 정보를 유도할 수 있다. 하나의 실시예에서, 이미지 프로세서(18)는 클러터 레벨, 신호-대-잡음 비율, 최대 속도, 속도 범위, 및/또는 다른 특성들을 결정한다. 최대 속도 또는 각각의 스펙트럼의 다른 특성을 결정함으로써, 움직임 또는 흐름과 연관된 위치들이 식별될 수 있다. 도플러 게이트에 대한 최적의 위치가 식별된다.

[0099] 이미지 프로세서(18)는 스펙트럼 도플러에 대해 취득된 샘플들로부터 강도를 결정하기 위한 B-모드 검출기를 포함할 수 있다. 이미지 프로세서(18)는 스펙트럼 도플러에 대해 획득된 샘플들로부터 평균 속도, 분산, 및/또는 에너지를 결정하기 위한 상관 프로세서(correlation processor) 또는 다른 컬러 도플러 검출기를 포함할 수 있다. 클러터, 공간적인 또는 시간적인 필터들과 같은 하나 또는 그보다 많은 필터들이 제공될 수 있다.

[0100] 검출기는 비간섭성 이미지 데이터를 출력한다. 필터링, 보간(interpolation), 및/또는 스캔 변환과 같은 추가적인 프로세스들이 이미지 프로세서(18)에 의해 제공될 수 있다.

[0101] 프로세서(21)가 제공된다. 프로세서(21)는 이미지 프로세서(18)의 일부일 수 있다. 추정 또는 검출을 위해 이용되는 프로세서 또는 프로세서들은 이미징 및/또는 시스템(10)을 제어한다. 프로세서(21)는 범용 프로세서, 제어 프로세서, 디지털 신호 프로세서, 주문형 집적 회로, 필드 프로그램가능 게이트 어레이, 그래픽 처리 유닛, 아날로그 회로, 디지털 회로, 그 조합들, 또는 다른 현재 알려진 또는 추후에 개발되는 처리를 위한 장치이다. 프로세서(21)는 도 1에 대해 위에서 논의된 단계들과 같은 다양한 단계들의 성능을 수행하고 및/또는 야기시키기 위하여, 하드웨어, 소프트웨어, 또는 둘 모두에 의해 구성된다.

[0102] 프로세서(21)는 도플러 게이트의 위치를 샘플링된 수신 빔들의 함수로서 셋팅하도록 구성된다. 샘플들은 상이한 위치들에서의 스펙트럼 분석을 위해 획득된다. 다른 모드들에서 개별적인 스캐닝을 위한 인터리빙 없이, 스펙트럼 도플러에 대한 샘플들이 B-모드 및/또는 F-모드 검출을 위해 또한 이용될 수도 있다. 대안적으로, B-모드 및 F-모드 검출이 수행되지 않고, 위치는 스펙트럼 분석에 기반하여 셋팅된다.

[0103] B-모드 정보, F-모드 정보, 스펙트럼 도플러 정보, 또는 그 조합들을 이용하여, 주어진 시간 또는 주기에 대한 도플러 게이트의 위치가 셋팅된다. 위치는 업데이트될 수 있다. 게이트 위치를 희망하는 피처에 유지하기 위하여, 게이트 위치의 셋팅이 반복된다. 프로세서(21)는 게이트 위치의 셋팅을 반복한다.

[0104] 프로세서(21)는 빔형성기들(12, 16)을 제어할 수 있다. 빔들 및 샘플링은 도플러 게이트 위치에 중심이 결정될 수 있다. 게이트 위치가 변화함에 따라, 빔형성기들(12, 16)은 샘플링 및 빔들을 변화하도록 제어된다. 위치들의 분포의 중심을 위치결정함으로써, 프로세서(18)는 추후의 시간들에 대한 게이트 위치의 더욱 정확한 셋팅을 제공한다. 게이트 위치상에 송신 빔의 중심 및/또는 초점을 위치결정함으로써, 스펙트럼 분석을 위한 신호들이 다른 위치들에 대한 것보다 더욱 양호한 신호-대-잡음 비율을 가질 수 있다. 빔의 중심 및 초점은 더 큰 에너지의 영역들을 나타낸다. 프로세서(21)는 셋팅된 도플러 게이트 위치상에서 송신 빔들 중의 하나 및/또는 위치들의 분포의 중심을 맞추기 위하여 송신 및 수신 빔들의 측면방향, 높이 방향, 및 초점을 변화시키도록 빔형성기들(12, 16)을 제어한다.

[0105] 이미지 프로세서(18)는 디스플레이 값들을 도플러 게이트 위치에 대해 추정된 스펙트럼들의 함수로서 발생한다. 디스플레이 값들은 강도, 또는 디스플레이를 위해 변환되어야 할 다른 값들, 디스플레이(20)에 제공되는 값들(예를 들어, 적색, 녹색, 청색 값들), 또는 디스플레이(20)를 동작시키기 위해 발생되는 아날로그 값들을 포함한다. 디스플레이 값들은 강도, 색상(hue), 컬러, 휘도, 또는 다른 픽셀 특성을 표시할 수 있다. 예를 들어, 컬러는 스펙트럼의 하나의 특성의 함수로서 배정되고, 휘도는 또 다른 스펙트럼 특성 또는 다른 정보의 함수이다. 디스플레이 값들은 스펙트럼 스트립 디스플레이를 위하여 발생된다.

[0106] 디스플레이(18)는 CRT, 모니터, LCD, 플라즈마 화면, 프로젝터(projector), 또는 디스플레이 값들에 응답하여 이미지를 디스플레이하기 위한 다른 현재 알려진 또는 추후에 개발되는 디스플레이이다. 그레이 스케일 스펙트럼 도플러 이미지를 위하여, 에너지의 함수로서 변조된 각각의 속도를 갖는 속도들의 범위가 시간의 함수로서 제공된다. 선택된 스펙트럼은 주어진 시간에 대한 속도 및 에너지 정보를 표시한다. 주어진 픽셀 또는 픽셀 영역의 강도는 속도가 수직 스케일 상에서 제공되고 시간이 수평 스케일 상에서 제공되는 에너지를 나타낸다. 컬러화된 스펙트럼 도플러 이미지들을 포함하는 다른 이미지 구성들이 제공될 수 있다.

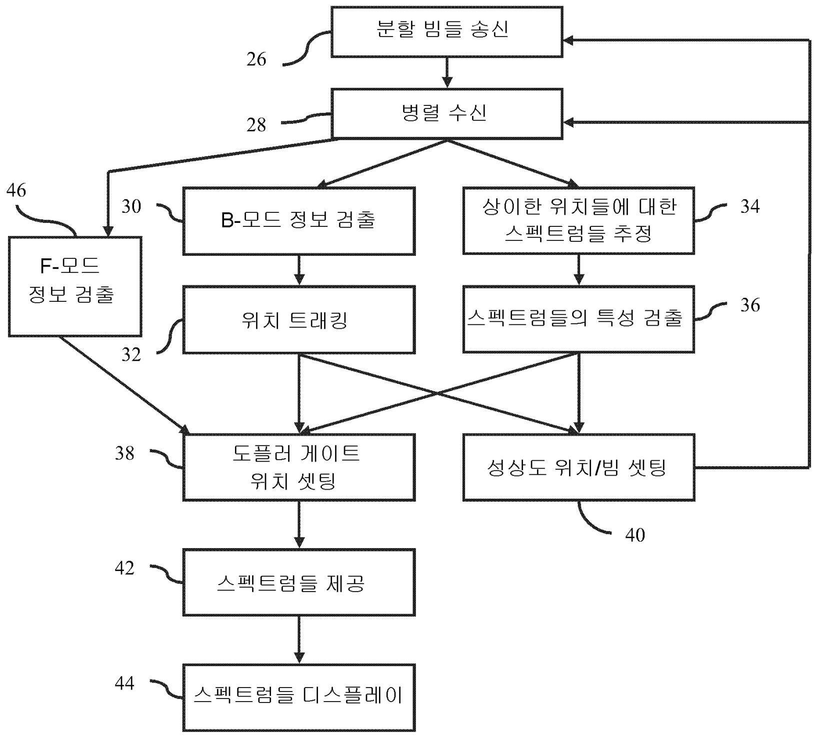
[0107] 메모리(22)는 스펙트럼 추정을 위한 초음파 샘플들과 같은 버퍼링된 데이터를 저장한다. CINE 메모리와 같이, 메모리(22)는 위치 정보, B-모드 정보, F-모드 정보, 스펙트럼들, 스펙트럼들의 특성들, 디스플레이 값들 또는 이미지들, 또는 다른 정보를 저장할 수 있다.

[0108] 하나의 실시예에서, 메모리(22)는 스펙트럼 도플러 초음파 이미징 시에 도플러 게이트를 위치결정하기 위하여 프로그램된 프로세서(18)에 의해 실행가능한 명령들을 나타내는 데이터를 그 내부에 저장한 비-일시적인(non-transitory) 컴퓨터 판독가능 저장 매체이다. 본 명세서에서 논의된 프로세스들, 방법들 및/또는 기술들을 구현하기 위한 명령들은 캐쉬(cache), 버퍼, RAM, 분리가능한 매체, 하드 드라이브 또는 다른 컴퓨터 판독가능 저장 매체와 같은 컴퓨터-판독가능 저장 매체 또는 메모리들 상에 제공된다. 컴퓨터 판독가능 저장 매체는 다양한 유형들의 휘발성 및 비휘발성 저장 매체를 포함한다. 도면들에서 예시되거나 본 명세서에서 설명된 기능들, 단계들, 또는 작업들은 컴퓨터 판독가능 저장 매체 내에 또는 컴퓨터 판독가능 저장 매체 상에 저장된 명령들의 하나 또는 그보다 많은 세트들에 응답하여 실행된다. 기능들, 단계들 또는 작업들은 특정한 유형의 명령 세트, 저장 매체, 프로세서 또는 처리 방법에 관계없고, 단독으로 또는 조합하여 동작하는, 소프트웨어, 하드웨어, 집적 회로들, 펌웨어, 마이크로 코드 등에 의해 수행될 수 있다. 이와 마찬가지로, 처리 방법들은 멀티처리, 멀티태스킹, 병렬 처리 등을 포함할 수 있다. 하나의 실시예에서, 명령들은 로컬 또는 원격 시스템들에 의한 판독을 위하여 분리가능한 매체 장치상에 저장된다. 다른 실시예들에서, 명령들은 컴퓨터 네트워크를 통한 또는 전화선들을 통한 전송을 위하여 원격 위치에 저장된다. 또 다른 실시예들에서, 명령들은 주어진 컴퓨터, CPU, GPU 또는 시스템 내에 저장된다.

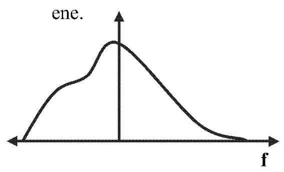
[0109] 본 발명은 다양한 실시예들을 참조하여 위에서 설명되었지만, 본 발명의 범위로부터 이탈하지 않으면서 다수의 변화들 및 수정들이 행해질 수 있다는 것을 이해해야 한다. 그러므로, 상기한 상세한 설명은 제한하는 것이 아니라 예시적인 것으로 간주되도록 하기 위한 것이고, 다음의 청구항들은 본 발명의 사상 및 범위를 정의하도록 의도된 모든 등가물들을 포함한다는 것을 이해해야 한다.

도면

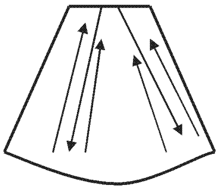
도면1



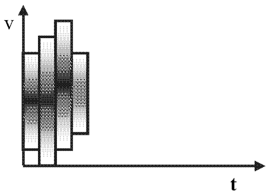
도면2



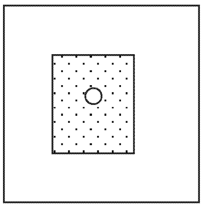
도면3



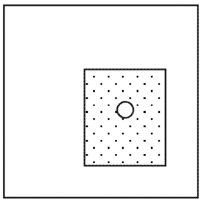
도면4



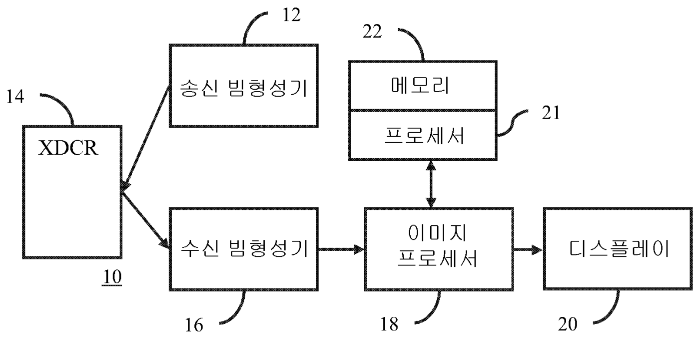
도면5



도면6

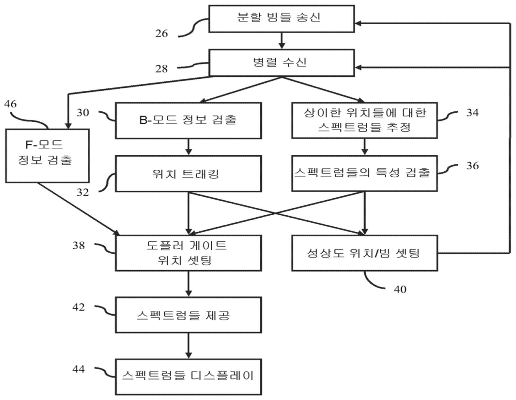


도면7



patsnap

专利名称(译)	频谱多普勒超声成像中的自动多普勒门定位		
公开(公告)号	[KR1020140009058A](KR1020140009058A)	公开(公告)日	2014-01-22
申请号	KR1020130081681	申请日	2013-07-11
[标]申请(专利权)人(译)	美国西门子医疗解决公司		
申请(专利权)人(译)	西门子医疗解决方案USA，INC.		
当前申请(专利权)人(译)	西门子医疗解决方案USA，INC.		
[标]发明人	GURACAR ISMAYIL M		
发明人	GURACAR ISMAYIL M.		
IPC分类号	G01S15/89 G01S15/02 A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/488 G01S7/52085 A61B8/463 G01S15/89 G01S7/52066 G03B42/06 A61B8/00 A61B8/06 G01S15/88 A61B8/08 A61B8/5276 A61B8/4494 A61B8/469 A61B8/5207 A61B8/54		
代理人(译)	基姆，我喜 JEONG，HYUN JU LEE, SI YONG		
优先权	13/548561 2012-07-13 US		
其他公开文献	KR101594862B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

在频谱多普勒超声成像期间自动定位多普勒门（38）。针对多个PW多普勒门获得的（28）样本随着时间的推移用于B模式和/或F模式检测（30,46），而没有用于PW多普勒的传输的交织。 B模式和/或F模式信息用于跟踪（38）门的放置。可选地或另外地，来自不同栅极位置的特征光谱用于选择（40）栅极位置。跟踪32中的任何一个可用于改变（40）采样位置和/或光束特性，例如使光束的位置对中聚焦在所选择的栅极位置上。