



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년12월28일
(11) 등록번호 10-1098966
(24) 등록일자 2011년12월20일

(51) Int. Cl.

A61B 8/00 (2006.01) G06T 5/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0099851

(22) 출원일자 2010년10월13일

심사청구일자 2010년10월13일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020080085424 A*

KR1020070069425 A*

KR1020070054820 A

JP08299333 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

서강대학교산학협력단

서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교

(72) 발명자

유양모

경기도 고양시 일산서구 일산3동 후곡3단지 307동 101호

송태경

서울특별시 서초구 잠원동 157 동아아파트 105-1403

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 11 항

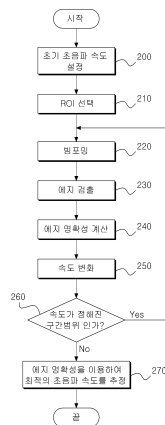
심사관 : 조천환

(54) 에지 명확성을 이용한 초음파 속도 추정 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 초음파 속도를 추정하는 방법에 관한 것으로서, 소정의 초음파 속도 구간 내의 각 초음파 속도별로 빔포밍을 수행하는 단계; 상기 빔포밍을 수행한 결과 얻어지는 각 초음파 속도별 영상 데이터에 대하여 에지를 검출하는 단계; 상기 검출된 에지의 기울기를 이용하여 각 초음파 속도별 에지 명확성을 계산하는 단계; 및 상기 계산된 에지 명확성 중 가장 선명한 에지 명확성에 대응하는 초음파 속도를 최적의 초음파 속도로 추정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하며, 하드웨어 복잡도를 줄이고, 노이즈에 민감하게 영향을 받지 않도록 할 수 있다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

장진호

서울특별시 양천구 신정2동 336번지 청구아파트
101동 302호

서해진

서울특별시 마포구 신수동 89-14 4층

특허청구의 범위

청구항 1

대상 초음파 속도 구간 내의 각 초음파 속도별로 빔포밍을 수행하는 단계;

상기 빔포밍을 수행한 결과 얻어지는 각 초음파 속도별 영상 데이터에 대하여 에지를 검출하는 단계;

상기 검출된 에지의 기울기를 이용하여 각 초음파 속도별 에지 명확성을 계산하는 단계; 및

상기 계산된 에지 명확성 중 가장 선명한 에지 명확성에 대응하는 초음파 속도를 초음파 영상 생성을 위한 초음파 속도로 추정하는 단계를 포함하는 초음파 속도를 추정하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 에지 명확성을 계산하는 단계는,

상기 에지에서의 기울기를 측정한 후, 상기 기울기의 절대값을 누적하여 상기 에지 명확성을 계산하는 것을 특징으로 하는 초음파 속도를 추정하는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 에지를 검출하는 단계는,

비선형 이방성 확산(Nonlinear Anisotropic Diffusion, NAD)을 이용하여 에지를 검출하는 것을 특징으로 하는 초음파 속도를 추정하는 방법.

청구항 4

대상 초음파 속도 구간 내의 각 초음파 속도별로 빔포밍을 수행하는 단계;

상기 빔포밍을 수행한 결과 얻어지는 각 초음파 속도별 영상 데이터에 대하여 에지를 검출하는 단계;

상기 검출된 에지의 기울기를 이용하여 각 초음파 속도별 에지 명확성을 계산하는 단계;

상기 계산된 각 초음파 속도별 에지 명확성을 디스플레이하는 단계; 및

상기 디스플레이된 각 초음파 속도별 에지 명확성 중에서 사용자로부터 선택된 에지 명확성에 대응하는 초음파 속도를 초음파 영상 생성을 위한 초음파 속도로 추정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 속도를 추정하는 방법.

청구항 5

대상 초음파 속도 구간 내의 각 초음파 속도별로 빔포밍을 수행하는 단계;

상기 빔포밍을 수행한 결과 얻어지는 각 초음파 속도별 영상 데이터에 대하여 에지를 검출하는 단계;

상기 검출된 에지의 기울기를 이용하여 각 초음파 속도별 에지 명확성을 계산하는 단계;

상기 각 초음파 속도별 에지 명확성에 대응하는 초음파 영상을 초음파 속도별로 디스플레이하는 단계; 및

상기 디스플레이된 초음파 속도별 초음파 영상들 중에서 사용자로부터 선택된 초음파 영상에 대응하는 초음파 속도를 초음파 영상 생성을 위한 초음파 속도로 추정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 속도를 추정하는 방법.

청구항 6

대상 초음파 속도 구간 내의 각 초음파 속도별로 빔포밍을 수행하는 빔포밍부;

상기 빔포밍을 수행한 결과 얻어지는 각 초음파 속도별 영상 데이터에 대하여 에지를 검출하는 에지 검출부;

상기 검출된 에지의 기울기를 이용하여 각 초음파 속도별 에지 명확성을 계산하는 에지 명확성 계산부; 및

상기 계산된 에지 명확성 중 가장 선명한 에지 명확성에 대응하는 초음파 속도를 초음파 영상 생성을 위한 초음파 속도로 추정하는 속도 추정부를 포함하는 초음파 속도를 추정하는 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 에지 명확성 계산부는 상기 에지에서의 기울기를 측정한 후, 상기 기울기의 절대값을 누적하여 상기 에지 명확성을 계산하는 것을 특징으로 하는 초음파 속도를 추정하는 장치.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 에지 검출부는 비선형 이방성 확산(Nonlinear Anisotropic Diffusion, NAD)을 이용하여 에지를 검출하는 것을 특징으로 하는 초음파 속도를 추정하는 장치.

청구항 9

대상 초음파 속도 구간 내의 각 초음파 속도별로 빔포밍을 수행하는 빔포밍부;

상기 빔포밍을 수행한 결과 얻어지는 각 초음파 속도별 영상 데이터에 대하여 에지를 검출하는 에지 검출부;

상기 검출된 에지의 기울기를 이용하여 각 초음파 속도별 에지 명확성을 계산하는 에지 명확성 계산부;

상기 계산된 각 초음파 속도별 에지 명확성을 디스플레이하는 디스플레이부; 및

상기 디스플레이된 각 초음파 속도별 에지 명확성 중에서 사용자로부터 선택된 에지 명확성에 대응하는 초음파 속도를 초음파 영상 생성을 위한 초음파 속도로 추정하는 속도 추정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 속도를 추정하는 장치.

청구항 10

대상 초음파 속도 구간 내의 각 초음파 속도별로 빔포밍을 수행하는 빔포밍부;

상기 빔포밍을 수행한 결과 얻어지는 각 초음파 속도별 영상 데이터에 대하여 에지를 검출하는 에지 검출부;

상기 검출된 에지의 기울기를 이용하여 각 초음파 속도별 에지 명확성을 계산하는 에지 명확성 계산부;

상기 각 초음파 속도별 에지 명확성에 대응하는 초음파 영상을 초음파 속도별로 디스플레이하는 디스플레이부; 및

상기 디스플레이된 초음파 속도별 초음파 영상들 중에서 사용자로부터 선택된 초음파 영상에 대응하는 초음파 속도를 초음파 영상 생성을 위한 초음파 속도로 추정하는 속도 추정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 속도를 추정하는 장치.

청구항 11

제 1 항 내지 제 5 항 중에 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

명세서

기술분야

본 발명은 초음파 속도를 추정하는 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 하드웨어 복잡도를 줄이고, 노이즈에 민감하게 영향을 받지 않도록 하는 에지 명확성을 이용한 초음파 속도 추정 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0001]

[0002] 초음파 영상 시스템에 있어 빔집속이란, 어레이 시스템의 경우 각각의 채널에서 초음파가 동일한 영상점에 도달해 다시 돌아오는 시간을 예측해 송신 및 수신 시 각각의 채널 데이터에 알맞은 시간지연을 주는 것을 말하는데, 이러한 초음파의 송수신 시간을 예측함에 있어 초음파의 진행 속도는 핵심적인 요소가 된다.

[0003] 일반적인 초음파 영상 장치의 경우 이러한 초음파의 진행 속도를 1530 ~ 1540 m/s 정도로 가정하고 일정한 값을 쓰게 되는데, 영상 진단장치가 주로 쓰이는 인체 내부의 경우 조직의 구성이 복잡하고, 각각의 조직은 각기 다른 초음파의 진행 속도를 갖게 되므로, 환자에 따라, 혹은 영상 부위에 따라 초음파의 진행 속도는 많은 차이를 보이게 된다. 따라서 영상 영역에서 초음파 진행 속도를 예측하거나 보정하는 방법 역시 초음파 영상의 해상도 개선을 위해 필요하다.

[0004] 일반적으로 초음파 진행 속도를 예측하거나 보정하는 방법을 위상 수차(phase aberration) 혹은 적응 빔포밍(adaptive beamforming)이라고 하며, 이는 각각의 채널 데이터 간의 상호 상관 관계(cross-correlation)이나 그에 준하는 방법을 통해 채널간의 유사성을 판별해 그에 맞는 시간지연을 가함으로써 위상 왜곡(phase distortion)을 최소화하는 방법을 말한다. 하지만 이 방법의 경우 채널 데이터를 직접 다뤄야 함에 따라 하드웨어 복잡도가 크고, 노이즈에 민감하다는 단점이 있다. 따라서 빔 집속 이후의 데이터를 이용하는 한편, 하드웨어 복잡도가 크기 않으면서, 노이즈에 강인한 초음파 속도 추정 방법이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 첫 번째 과제는 하드웨어가 복잡하지 않으면서, 노이즈에 민감하게 영향을 받지 않는 초음파 속도를 추정하는 방법에 관한 것이다.

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 두 번째 과제는 하드웨어가 복잡하지 않으면서, 노이즈에 민감하게 영향을 받지 않는 초음파 속도를 추정하는 장치에 관한 것이다.

[0007] 또한, 상기된 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은 상기 첫 번째 과제를 달성하기 위하여, 소정의 초음파 속도 구간 내의 각 초음파 속도별로 빔포밍을 수행하는 단계; 상기 빔포밍을 수행한 결과 얻어지는 각 초음파 속도별 영상 데이터에 대하여 에지를 검출하는 단계; 상기 검출된 에지의 기울기를 이용하여 각 초음파 속도별 에지 명확성을 계산하는 단계; 및 상기 계산된 에지 명확성 중 가장 선명한 에지 명확성에 대응하는 초음파 속도를 최적의 초음파 속도로 추정하는 단계를 포함하는 초음파 속도를 추정하는 방법을 제공한다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 에지 명확성을 계산하는 단계는, 상기 에지에서의 기울기를 측정한 후, 상기 기울기의 절대값을 누적하여 상기 에지 명확성을 계산할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 에지를 검출하는 단계는, 비선형 이방성 확산(Nonlinear Anisotropic Diffusion, NAD)을 이용하여 에지를 검출할 수 있다.

[0011] 본 발명의 다른 실시예에 의하면, 소정의 초음파 속도 구간 내의 각 초음파 속도별로 빔포밍을 수행하는 단계; 상기 빔포밍을 수행한 결과 얻어지는 각 초음파 속도별 영상 데이터에 대하여 에지를 검출하는 단계; 상기 검출된 에지의 기울기를 이용하여 각 초음파 속도별 에지 명확성을 계산하는 단계; 상기 계산된 각 초음파 속도별 에지 명확성을 디스플레이하는 단계; 및 상기 디스플레이된 각 초음파 속도별 에지 명확성 중에서 사용자로부터 선택된 에지 명확성에 대응하는 초음파 속도를 최적의 초음파 속도로 추정하는 단계를 포함하는 초음파 속도를 추정하는 방법을 제공한다.

[0012] 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 소정의 초음파 속도 구간 내의 각 초음파 속도별로 빔포밍을 수행하는 단계; 상기 빔포밍을 수행한 결과 얻어지는 각 초음파 속도별 영상 데이터에 대하여 에지를 검출하는 단계; 상기 검출된 에지의 기울기를 이용하여 각 초음파 속도별 에지 명확성을 계산하는 단계; 상기 각 초음파 속도별 에지 명확성에 대응하는 초음파 영상을 초음파 속도별로 디스플레이하는 단계; 및 상기 디스플레이된 초음파 속도별 초음파 영상들 중에서 사용자로부터 선택된 초음파 영상에 대응하는 초음파 속도를 최적의 초음파 속도로 추정하는 단계를 포함하는 초음파 속도를 추정하는 방법을 제공한다.

[0013] 본 발명은 상기 두 번째 과제를 달성하기 위하여, 소정의 초음파 속도 구간 내의 각 초음파 속도별로 빔포밍을 수행하는 빔포밍부; 상기 빔포밍을 수행한 결과 얻어지는 각 초음파 속도별 영상 데이터에 대하여 에지를 검출하는 에지 검출부; 상기 검출된 에지의 기울기를 이용하여 각 초음파 속도별 에지 명확성을 계산하는 에지 명확성 계산부; 및 상기 계산된 에지 명확성 중 가장 선명한 에지 명확성에 대응하는 초음파 속도를 최적의 초음파 속도로 추정하는 속도 추정부를 포함하는 초음파 속도를 추정하는 장치를 제공한다.

[0014] 상기 다른 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 상기된 초음파 속도를 추정하는 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명에 따르면, 종래와 같이 채널 데이터를 직접 가공하여 초음파 속도를 추정하는 것이 아니라 영상 데이터의 에지를 검출한 후, 에지의 명확성으로부터 최적의 초음파 속도를 추정함으로써, 하드웨어 복잡도를 줄이고, 노이즈에 민감하게 영향을 받지 않도록 할 수 있다. 또한, 본 발명에 따르면, 최적의 초음파 속도를 추정함으로써, 초음파 영상의 SNR, 해상도 및 대조도를 개선할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 초음파 속도 추정장치의 구성도이다.
 도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 초음파 속도 추정 방법의 흐름도이다.
 도 3은 매질의 최적의 초음파 속도와 다른 속도로 수신 집속된 영상의 특성을 파악하기 위해 field II simulator를 이용해 채널 데이터를 생성하고($c = 1500$ m/s) 이를 $c = 1400, 1500$ 및 1600 m/s로 수신 집속해 얻은 영상을 도시한 것이다.
 도 4는 도 3에 도시된 영상의 각각의 타겟을 중심으로 축 방향 플롯과 축 방향 플롯을 도시한 것이다.
 도 5는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따라 NAD를 이용하여 에지를 검출하는 방법의 흐름도이다.
 도 6은 $c = 1450$ m/s인 경우 채널 데이터에 대한 추정 결과를 도시한 것이다.
 도 7은 실제 장비(Medison SA-9600)를 이용해 팬텀으로부터 취득한 채널 데이터에 대한 추정 결과를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 본 발명에 관한 구체적인 내용의 설명에 앞서 이해의 편의를 위해 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안의 개요 혹은 기술적 사상의 핵심을 우선 제시한다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 속도를 추정하는 방법은 소정의 초음파 속도 구간 내의 각 초음파 속도별로 빔포밍을 수행하는 단계; 상기 빔포밍을 수행한 결과 얻어지는 각 초음파 속도별 영상 데이터에 대하여 에지를 검출하는 단계; 상기 검출된 에지의 기울기를 이용하여 각 초음파 속도별 에지 명확성을 계산하는 단계; 및 상기 계산된 에지 명확성 중 가장 선명한 에지 명확성에 대응하는 초음파 속도를 최적의 초음파 속도로 추정하는 단계를 포함한다.

[0019] 이하, 바람직한 실시예를 들어 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 그러나 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이에 의하여 제한되지 않는다는 것은 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다. 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안을 명확하게 하기 위한 발명의 구성을 본 발명의 바람직한 실시예에 근거하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하되, 도면의 구성요소들에 참조번호를 부여함에 있어서 동일 구성요소에 대해서는 비록 다른 도면상에 있더라도 동일 참조번호를 부여하였으며 당해 도면에 대한 설명시 필요한 경우 다른 도면의 구성요소를 인용할 수 있음을 미리 밝혀둔다. 아울러 본 발명과 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명 그리고 그 이외의 제반 사항이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.

[0020] 본 발명은 초음파 영상을 기반으로 초음파가 진행하게 되는 매질의 평균 속도를 추정하는 방법으로, 미리 지정해둔 일정 간격의 속도별로 채널 데이터를 수신 빔 집속해 다수의 영상 데이터를 얻고 각각 영상 데이터의 에지 명확성을 검출해 최적의 초음파 속도를 추정하는 방법을 개시한다.

- [0021] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 초음파 속도 추정장치의 구성도이다.
- [0022] 도 1을 참조하면, 본 실시예에 따른 초음파 속도 추정장치는 빔포밍부(100), 에지 검출부(110), 에지 명확성 계산부(120), 제어부(130), 저장부(140), 속도 변화부(150), 속도 추정부(160), 디스플레이부(170), 및 사용자 입력부(180)로 구성된다.
- [0023] 빔포밍부(100)는 소정의 초음파 속도 구간 내의 각 초음파 속도별로 채널 데이터를 수신한 후, 빔포밍을 수행한다.
- [0024] 에지 검출부(110)는 빔포밍을 수행한 결과 얻어지는 각 초음파 속도별 영상 데이터에 대하여 에지를 검출한다. 이때, 에지 검출부(110)는 잡음에 강건한 비선형 이방성 확산(Nonlinear Anisotropic Diffusion, NAD)을 이용하여 에지를 검출할 수 있다.
- [0025] 에지 명확성 계산부(120)는 검출된 에지의 기울기를 이용하여 각 초음파 속도별 에지 명확성을 계산한다. 에지 명확성 계산부(120)는 상기 에지에서의 기울기를 측정한 후, 상기 기울기의 절대값을 누적하여 상기 에지 명확성을 계산할 수 있다.
- [0026] 제어부(130)는 에지 명확성 계산부(120)가 계산한 각 초음파 속도별 에지 명확성을 저장부(140)에 저장하도록 하고, 저장부(140)에 각 초음파 속도별 에지 명확성이 모두 저장되면, 이를 속도 추정부(160) 또는 디스플레이부(170)로 전송하도록 한다. 한편, 제어부(130)는 어느 하나의 초음파 속도에 대하여 에지 명확성 계산이 끝나면, 빔포밍에 사용되는 초음파 속도를 속도 변화부(150)가 변화시키도록 한다.
- [0027] 저장부(140)는 에지 명확성 계산부(120)에 의해 계산된 각 초음파 속도별 에지 명확성을 저장하고, 모든 초음파 속도에 대하여 에지 명확성이 저장되면, 제어부(130)의 제어에 따라 속도 추정부(160) 또는 디스플레이부(170)로 전송한다. 한편, 초음파 속도별 에지 명확성이 계산될 때마다 속도 추정부(160) 또는 디스플레이부(170)로 전송할 수 있다.
- [0028] 속도 변화부(150)는 제어부(130)의 제어에 따라 빔포밍부(100)가 사용하는 초음파 속도를 변화시킨다. 이때 속도 변화부(150)는 초음파 속도를 일정량 증가시키거나 감소시키는 기능을 수행하는 것이 바람직하다.
- [0029] 속도 추정부(160)는 계산된 에지 명확성 중 가장 선명한 에지 명확성에 대응하는 초음파 속도를 최적의 초음파 속도로 추정한다. 또한, 속도 추정부(160)는 사용자 입력부(180)로부터 입력된 초음파 속도를 최적의 초음파 속도로 추정할 수 있다.
- [0030] 디스플레이부(170)는 계산된 각 초음파 속도별 에지 명확성을 디스플레이하거나 각 초음파 속도별 에지 명확성에 대응하는 초음파 영상을 초음파 속도별로 디스플레이할 수 있다.
- [0031] 사용자 입력부(180)는 디스플레이부(170)에 디스플레이된 각 초음파 속도별 에지 명확성 중에 하나의 에지 명확성에 대응하는 초음파 속도를 사용자로부터 입력받거나, 디스플레이된 초음파 속도별 초음파 영상들 중에서 하나의 초음파 영상에 대응하는 초음파 속도를 사용자로부터 입력받을 수 있다. 사용자 입력부(180)는 입력받은 초음파 속도를 속도 추정부(160)로 전달한다.
- [0032] 도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 초음파 속도 추정 방법의 흐름도이다.
- [0033] 도 2를 참조하면, 본 실시예에 따른 초음파 속도 추정 방법은 도 1에 도시된 초음파 속도 추정장치에서 시계열적으로 처리되는 단계들로 구성된다. 따라서, 이하 생략된 내용이라 하더라도 도 1에 도시된 초음파 속도 추정장치에 관하여 이상에서 기술된 내용은 본 실시예에 따른 초음파 속도 추정 방법에도 적용된다.
- [0034] 200 단계에서 초음파 속도 추정장치는 빔포밍부(100)가 빔포밍할 초기 초음파 속도를 설정한다.
- [0035] 210 단계에서 초음파 속도 추정장치는 ROI(Region Of Interest)를 선택한다. ROI는 사용자에게 의해 선택되는 것이 바람직하다.
- [0036] 220 단계에서 초음파 속도 추정장치는 선택된 ROI에 대하여 빔포밍을 수행한다. 최초의 빔포밍은 초기 초음파 속도로 이루어진다.
- [0037] 230 단계에서 초음파 속도 추정장치는 빔포밍을 수행한 결과 생성된 영상 데이터의 에지를 검출한다. 영상 데이터의 에지를 검출할 때, LOG 필터, Laplace 필터, 및 그래디언트 필터 등 다양한 에지 검출 필터가 사용될 수 있으며, 비선형 이방성 확산(Nonlinear Anisotropic Diffusion, NAD)을 이용하여 에지를 검출하는 것이 바람직하다.

- [0038] 240 단계에서 초음파 속도 추정장치는 검출된 에지에 대하여 에지 명확성을 계산한다.
- [0039] 이하 에지 명확성을 계산하는 방법에 대하여 보다 상세하게 살펴보기로 한다.
- [0040] 210 단계에서 선택된 ROI 내의 채널 데이터를 각기 다른 속도로 동적 수신 빔포밍(dynamic receive beamforming)해 다수의 영상을 생성하고, 에지를 검출한 후, focus quality detection model을 이용해 각각의 영상에서의 에지 명확성(edge conspicuity or focus quality)를 비교해 최적의 로컬 평균 속도를 판별할 수 있다.
- [0041] 여기서 focus quality detection 모델은 사람의 눈이 영상을 판별하는 방식에서 착안한 것으로 NAD를 이용해 영상에서 에지를 검출하고, 검출된 에지에서의 명확성을 정량화한다.
- [0042] 250 단계에서 초음파 속도 추정장치는 빔포밍에 사용되는 초음파 속도를 변화시킨다. 초음파 속도를 초기 속도에서 일정 속도량 만큼 증가시키거나 감소시킴으로써, 초음파 속도를 변화시키는 것이 가능하다.
- [0043] 260 단계에서 초음파 속도 추정장치는 250 단계에서 변화된 초음파 속도가 미리 정해진 초음파 속도 구간 내인지 여부를 판단한다. 250 단계에서 변화된 초음파 속도가 미리 정해진 초음파 속도 구간인 경우, 220 단계로 진행하여 빔포밍을 수행하고, 250 단계에서 변화된 초음파 속도가 미리 정해진 초음파 속도 구간이 아닌 경우, 270 단계로 진행한다.
- [0044] 270 단계에서 초음파 속도 추정장치는 초음파 속도별로 계산된 에지 명확성을 이용하여 최적의 초음파 속도를 추정한다.
- [0045] 한편, 미리 지정된 혹은 이전에 추정된 초음파 속도를 적용해 이미징을 하다가, 사용자가 초음파 속도 추정을 시작하면 ROI를 설정하는 것이 가능하다. 그리고 해당 ROI 내부의 채널 데이터에 대해 미리 지정된 속도 c_i , $i = 0 \dots N-1$ 를 순서대로 적용해 채널 데이터(또는 echo data)를 만든다. 이후 에지 검출 기법을 통해 에지를 검출하고 다음의 수학적 식 1를 통해 해당 채널 데이터에 대한 에지 명확성을 계산한다.

수학적 식 1

[0046]
$$E_{ec}(i) = \sum \sum C_{edge}(x, y, i) \times \nabla I(x, y, i)^2$$

- [0047] 여기서 $E_{ec}(i)$ 는 i 번째 속도를 적용해 얻은 채널 데이터에 대한 에지 명확성(edge conspicuity)를 말하며, C_{edge} 는 에지 검출 과정에서 얻은 에지 검출 계수(edge-detection coefficients), ∇I 는 해당 채널 데이터의 그래디언트이다. 그리고 c_i 에 따라 얻어진 에지 명확성을 비용 함수(cost function)으로 하여 최대값을 갖는 c_i 를 최적의 초음파 속도로 설정하고 이를 적용해 이미징한다.
- [0048] 도 3은 매질의 최적의 초음파 속도와 다른 속도로 수신 집속된 영상의 특성을 파악하기 위해 field II simulator를 이용해 채널 데이터를 생성하고($c = 1500$ m/s) 이를 $c = 1400, 1500$ 및 1600 m/s로 수신 집속해 얻은 영상을 도시한 것이다.
- [0049] 도 3(a)는 1400 m/s로 수신 집속해 얻은 영상이고, 도 3(b)는 1500 m/s로 수신 집속해 얻은 영상이며, 도 3(c)는 1600 m/s로 수신 집속해 얻은 영상이다. 가로축은 폭(width)을, 세로축은 깊이(depth)를 나타낸다.
- [0050] 도 3(a) 내지 도 3(b)를 살펴보면, 원래 매질의 속도인 $c = 1500$ m/s로 빔집속을 했을 때의 영상인 도 3(a)에 비해 다른 두 영상들은 타겟들의 에지 부분의 경계가 불확실한 것을 확인할 수 있다. 이러한 변화를 보다 정밀히 분석하기 위해 타겟의 중심에 대한 측 방향(lateral) 및 축 방향(axial)의 plot을 보면 도 4와 같다.
- [0051] 도 4는 도 3에 도시된 영상의 각각의 타겟을 중심으로 측 방향 플롯과 축 방향 플롯을 도시한 것이다.
- [0052] 도 4에서 파란색은 $c = 1400$ m/s, 붉은색은 $c = 1500$ m/s, 녹색은 $c = 1600$ m/s인 경우를 나타낸다. 도 4를 참조하면, 매질과 같은 속도($c = 1500$ m/s)를 이용해 빔 집속을 한 경우에 비해 다른 속도로 빔 집속을 한 경우, 타겟의 에지 부분의 기울기가 더 작은 값을 보이며 이는 측 방향에서 더욱 두드러지는 것은 확인할 수 있다. 이는 영상을 눈으로 판별했을 때 타겟의 에지가 모호해지는 현상과 일치하는 결과이다.
- [0053] 하지만 스펙클(speckle) 영역에서는 그러한 경향성이 보이지 않는 현상을 볼 수 있는데, 이러한 현상은 영상 측

면에서 수신 집속 속도변화에 따른 스펙클 패턴의 변화 양상이 무작위한 형태를 띤다는 것을 의미한다.

[0054] 따라서 본 발명의 일 실시예에서는 타겟의 종류나 다른 조건들에 영향을 덜 받는 에지 명확성을 계산하기 위해 우선, 에지 검출(edge detection)을 통해 영상에서 타겟의 에지를 검출하고, 해당 에지에서의 기울기를 측정해 그 절대값을 누적함으로써 에지 명확성을 검출한다. 그리고 이를 다른 속도로 수신 집속해 얻은 다른 영상에서도 동일하게 적용해 비교함으로써 최적의 초음파 속도를 판별하는 것이다.

[0055] 한편, 에지 명확성 계산의 전처리에 해당되는 에지 검출은 본 발명의 성능에 큰 비중을 차지한다. 왜냐하면 스펙클 패턴을 에지로 인식하고 그 기울기로 에지 명확성을 측정할 경우, 스펙클 패턴은 수신 집속 변화에 따른 변화 양상이 무작위한 경향을 보이므로 측정 결과의 오차를 유발할 수 있기 때문이다.

[0056] 따라서 본 발명에서 요구되는 에지 검출은 잡음에 보다 강건하면서 보다 보수적인 에지 검출을 할 수 있는 방법이어야 한다. 이에 알맞은 방법 중의 일 실시예가 비선형 이방성 확산(Nonlinear Anisotropic Diffusion, NAD)을 이용한 에지 검출이다.

[0057] NAD는 편미분 방정식(partial difference equation)을 통해 영상의 잡음을 제거하고 에지는 보존하는 방법이다.

수학식 2

$$\frac{\partial I}{\partial t} = \text{div} \left[c \left(\left\| \nabla (G(\sigma) * I) \right\| \right) \cdot \nabla I \right]$$

[0058]

[0059] 여기서, div는 다이버전스(divergence) 연산자이고, ∇I 는 영상 그래디언트(intensity gradient)이다. 그리고 $c(\cdot)$ 는 diffusivity 함수이며, $\nabla (G(\sigma) * I)$ 는 현재 이미지에 σ 를 표준편차로 하는 가우시안 필터링을 취하고 이에 대해 그래디언트 크기(gradient magnitude)를 구한 결과가 된다. 따라서, diffusivity 함수($c(\cdot)$)은 다음의 수학식 3과 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

$$c \left(\left\| \nabla (G(\sigma) * I) \right\| \right) = \exp \left[- \left(\left\| \nabla (G(\sigma) * I) \right\| / k \right)^2 \right]$$

[0060]

수학식 4

$$k = \text{var}(\left\| \nabla I \right\|)$$

[0061]

[0062] 여기서, k는 그래디언트 문턱치이다.

[0063] 본 발명에서는 이러한 NAD를 이용해 영상의 스펙클을 제거하고 에지 검출을 수행해 에지 명확성을 계산하게 된다.

[0064] 도 5는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따라 NAD를 이용하여 에지를 검출하는 방법의 흐름도이다.

[0065] 500 단계에서 초음파 속도 추정장치는 영상 데이터를 입력받는다.

[0066] 510 단계에서 초음파 속도 추정장치는 입력받은 영상 데이터에 대하여 가우시안 필터링을 수행한다. 가우시안 필터링은 현재 이미지(I)에 σ 를 표준편차로 하는 가우시안 필터링을 취하는 것으로 $G(\sigma) * I$ 가 표현된다.

[0067] 520 단계에서 초음파 속도 추정장치는 영상 그래디언트($\nabla (G(\sigma) * I)$)를 계산한다.

[0068] 530 단계에서 초음파 속도 추정장치는 영상 그래디언트($\nabla (G(\sigma) * I)$)와 그래디언트 문턱치(k)를 이용하여 확산 계수를 수학식 3과 같이 연산한다.

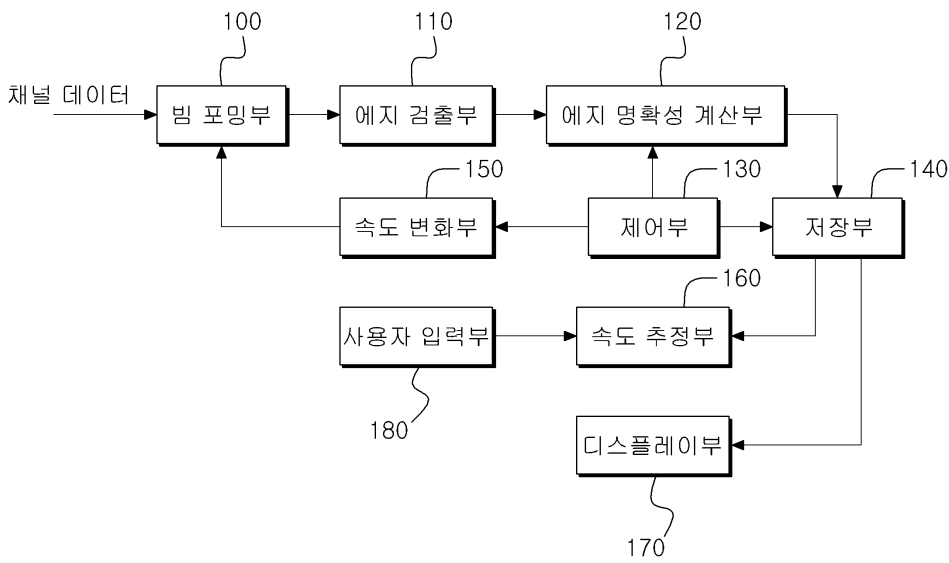
- [0069] 540 단계에서 초음파 속도 추정장치는 입력된 영상 데이터의 그래디언트 문턱치를 연산한다. 그래디언트 문턱치는 수학적 식 4와 같이 연산된다.
- [0070] 550 단계에서 초음파 속도 추정장치는 스펙클을 감소시킨다. 스펙클 감소는 수학적 식 2와 같이 표현된다.
- [0071] 560 단계에서 초음파 속도 추정장치는 반복 조건을 만족시키는지 여부를 판단한다. 판단 결과 반복 조건을 만족하는 경우에는 510 단계로 진행하여 550 단계에서 스펙클이 감소된 영상 데이터에 대하여 가우시안 필터링을 수행하거나 510 단계를 생략하고 520 단계로 진행하여 스펙클이 감소된 영상 데이터에 대하여 영상 그래디언트를 연산할 수 있다. 반면, 반복 조건을 만족하지 않는 경우에는 570 단계로 진행한다.
- [0072] 570 단계에서 초음파 속도 추정장치는 530 단계에서 연산된 확산계수를 이용하여 에지 검출 계수를 연산한다.
- [0073] 580 단계에서 초음파 속도 추정장치는 에지 검출 계수를 이용하여 에지 그래디언트를 연산한다.
- [0074] 도 6은 $c = 1450$ m/s인 경우 채널 데이터에 대한 추정 결과를 도시한 것이다.
- [0075] 도 6을 참조하면, 매질의 $c = 1450$ m/s로 설정했는데 실험 결과는 single point 타겟이나 hole 타겟, mass 타겟에서 모두 1450 m/s, 1440 ~ 1450 m/s의 추정치를 보이는 것을 확인할 수 있다.
- [0076] 도 7은 실제 장비(Medison SA-9600)를 이용해 팬텀으로부터 취득한 채널 데이터에 대한 추정 결과를 도시한 것이다.
- [0077] 도 7을 참조하면, 실제 장비(Medison SA-9600)를 이용해 팬텀($c = 1460$ m/s)으로부터 취득한 채널 데이터에 대하여 초음파 속도 추정을 하는 경우, 역시 원래 팬텀의 속도인 1460 m/s가 타겟과는 상관없이 정확히 추정되는 것을 확인할 수 있다.
- [0078] 본 발명의 실시예들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0079] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

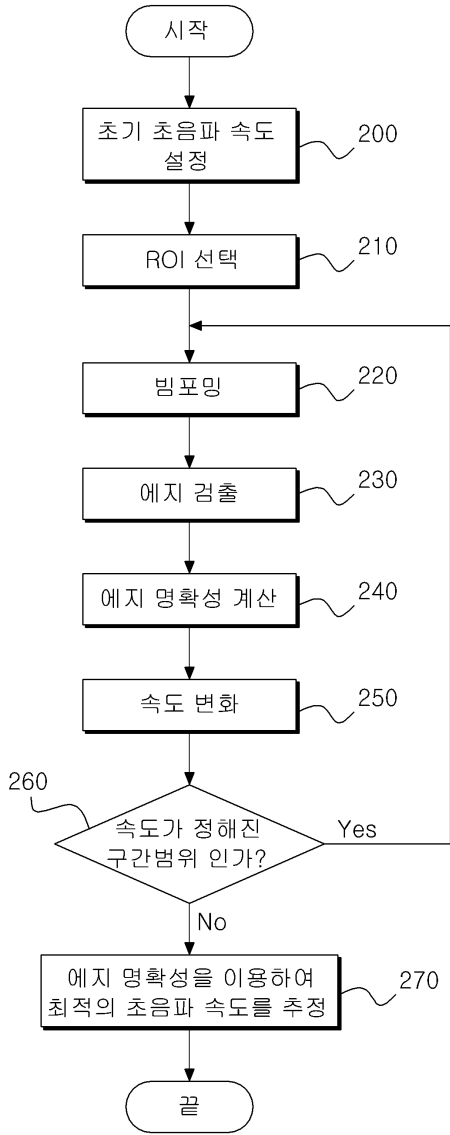
- [0080]
- | | |
|------------------|--------------|
| 100 : 빔포밍부 | 110 : 에지 검출부 |
| 120 : 에지 명확성 계산부 | 130 : 제어부 |
| 140 : 저장부 | 150 : 속도 변화부 |
| 160 : 속도 추정부 | 170 : 디스플레이부 |
| 180 : 사용자 입력부 | |

도면

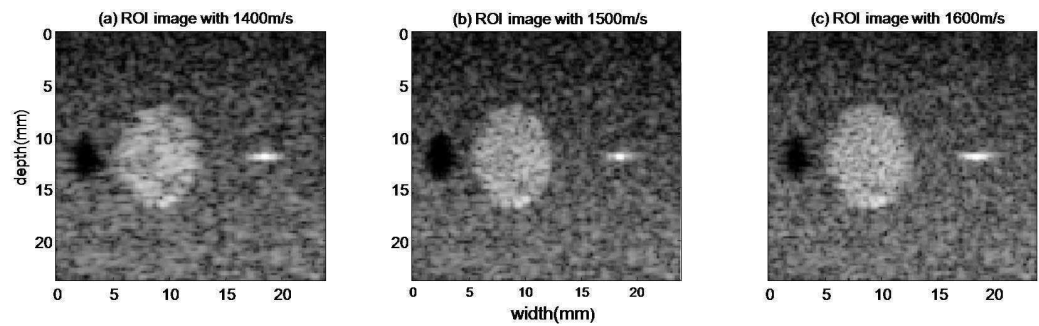
도면1



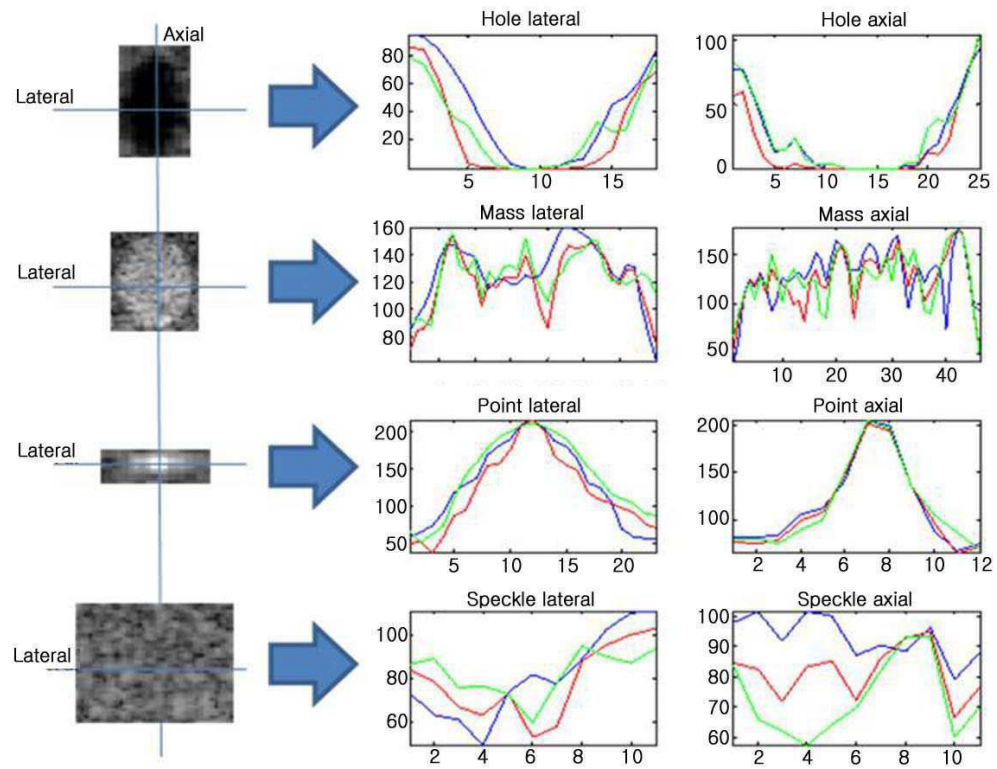
도면2



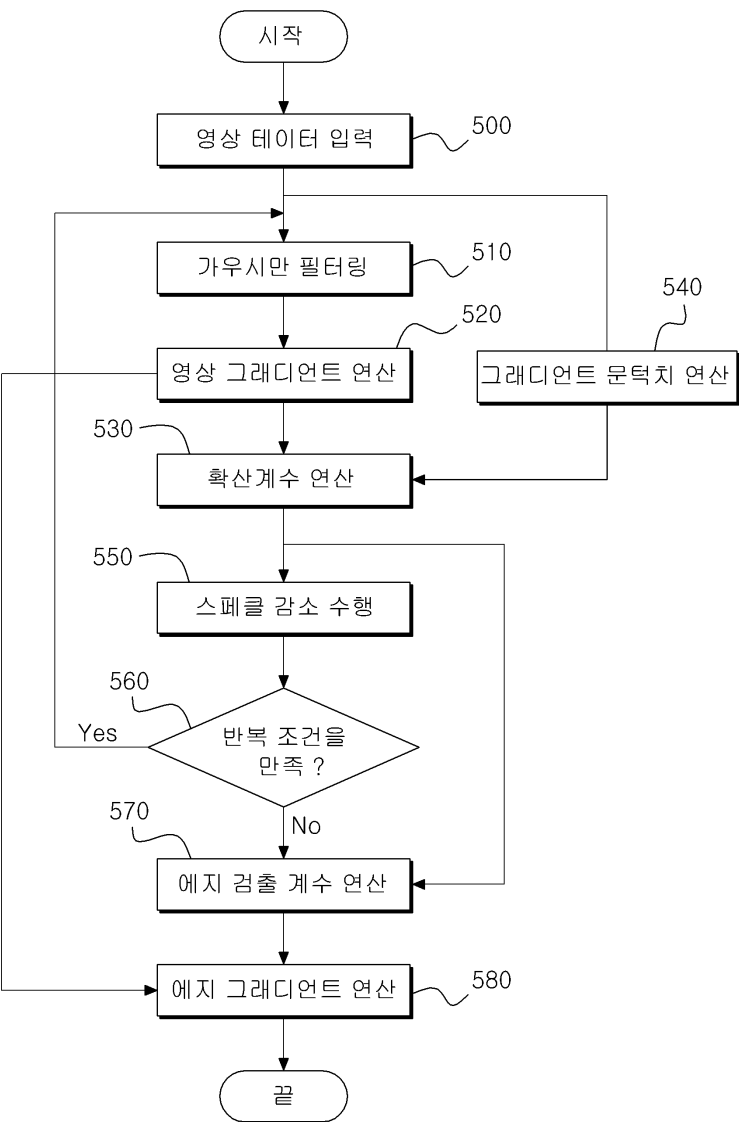
도면3



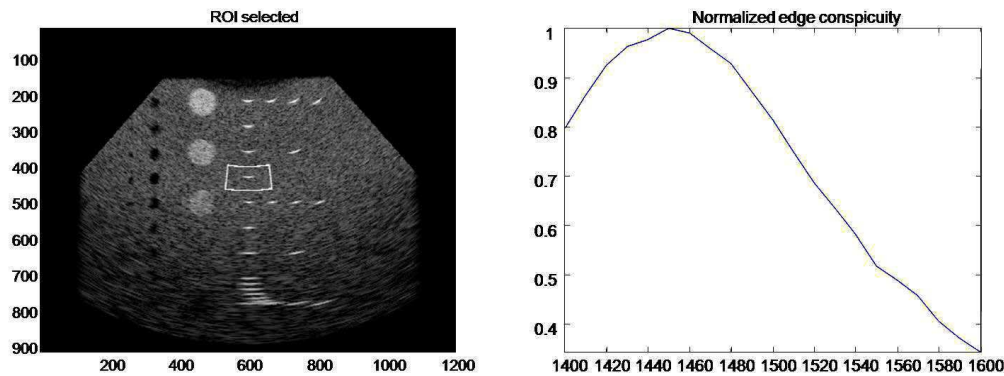
도면4



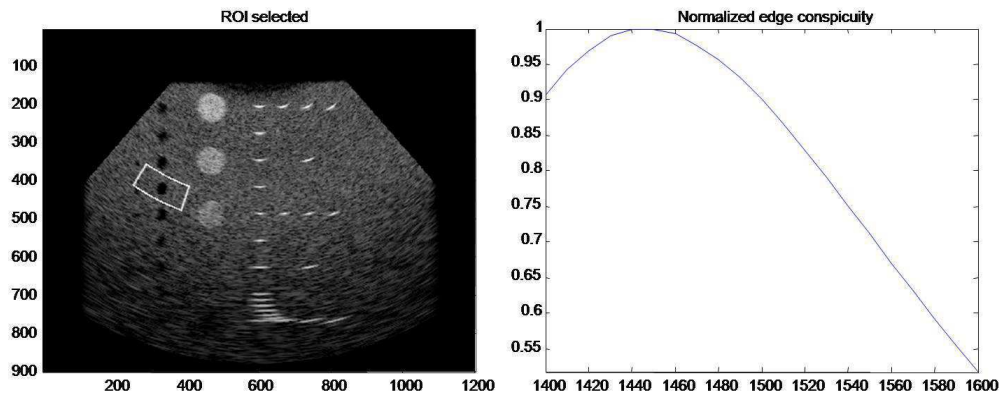
도면5



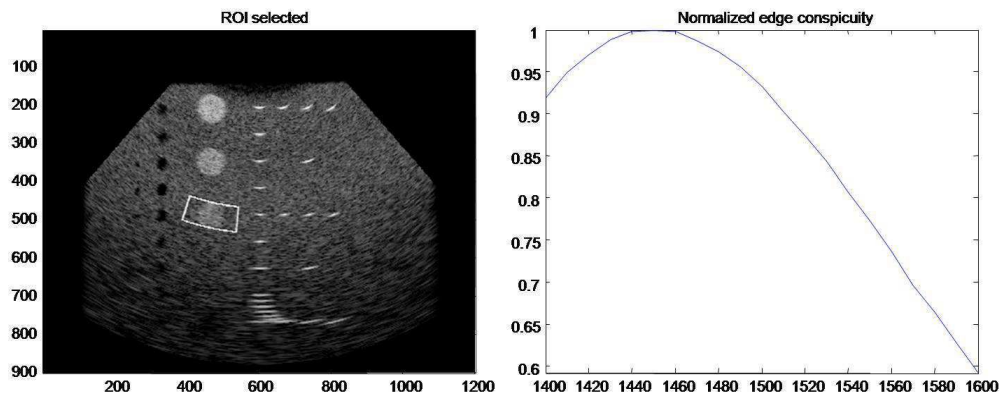
도면6a



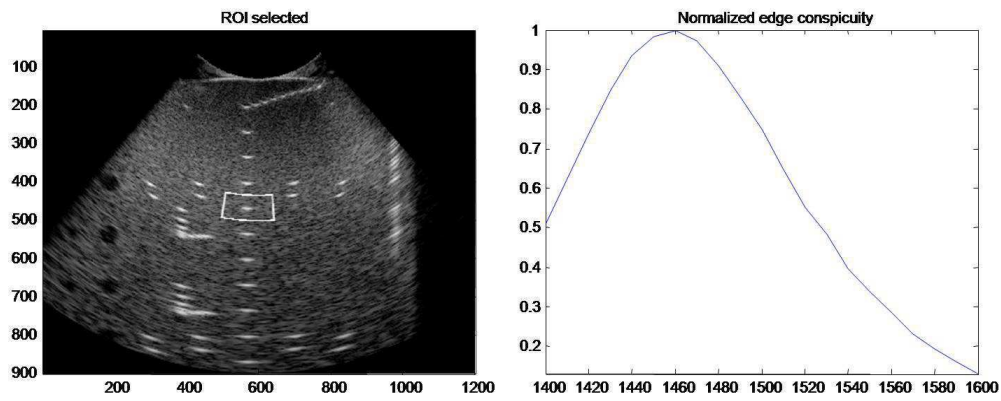
도면6b



도면6c



도면7a



도면7b

