



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2019-0131031  
(43) 공개일자 2019년11월25일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G06T 5/00 (2019.01) A61B 5/00 (2006.01)  
G01R 33/56 (2006.01) G06T 5/10 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
G06T 5/002 (2013.01)  
A61B 5/7203 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-7027630
- (22) 출원일자(국제) 2018년02월23일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2019년09월20일
- (86) 국제출원번호 PCT/CA2018/050212
- (87) 국제공개번호 WO 2018/152643  
국제공개일자 2018년08월30일
- (30) 우선권주장  
62/463,431 2017년02월24일 미국(US)

- (71) 출원인  
서니브룩 리서치 인스티튜트  
캐나다 온타리오주 엠4엔 3엠5 토론토 베이뷰 애비뉴 2075
- (72) 발명자  
코트니 브라이언  
캐나다 온타리오 엠4에스 1이2 토론토 베일리얼 스트리트 374  
칸 나이플 메프라즈  
캐나다 온타리오 엠1엔 4비5 스카버러 콜포트 드라이브 41  
알베스-코체프 나타샤  
캐나다 온타리오 엘4제이 3에이3 손힐 글렌매너웨이 167
- (74) 대리인  
김태홍, 김진희

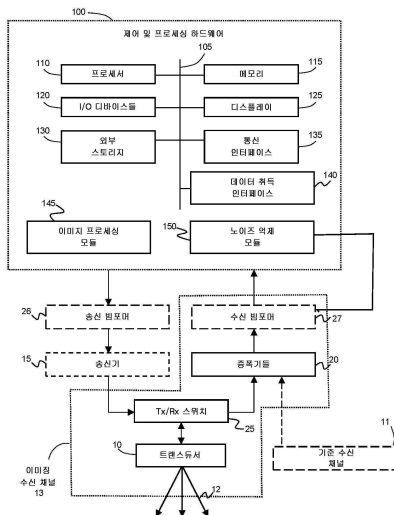
전체 청구항 수 : 총 77 항

(54) 발명의 명칭 **이미징에서의 노이즈 감소를 위한 시스템 및 방법**

(57) 요약

대역내 노이즈의 검출 및/또는 추정에 기초하여 광대역 노이즈의 존재 시의 이미지들의 디노이징을 위한 시스템들 및 방법들이 제공된다. 다양한 예시적인 실시예들에 따르면, 이미징 대역 내에 있는 광대역 노이즈의 추정은 이미징 대역 밖에 있는 대역외 노이즈를 검출 또는 특성화하는 것에 의해 이루어진다. 이 추정된 대역내 노이즈는 검출된 이미징 파형을 디노이징하는 데 이용될 수 있다. 다른 예시적인 실시예들에 따르면, 이미징 대역 내의 노이즈에 민감하지만 이미징 에너지로부터 격리된 기준 수신 회로는 이미징 대역 내의 노이즈를 검출 및/또는 특성화하는 데 이용될 수 있다. 추정된 기준 노이즈는 검출된 대역내 이미징 파형을 디노이징하는 데 이용될 수 있다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

*A61B 5/7217* (2013.01)

*G01R 33/5608* (2013.01)

*G06T 5/10* (2013.01)

*G06T 2207/10088* (2013.01)

*G06T 2207/10132* (2013.01)

*G06T 2207/20056* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

광대역 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징(denoising)하는 방법으로서,

이미징 에너지를 수신하지 않을 시에, 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 노이즈 특성화 파형을 획득하고, 상기 노이즈 특성화 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 노이즈 특성화 파형 및 상기 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 특성화 파형을 생성하는 단계;

하나 이상의 시간 윈도우에 따라 상기 대역내 노이즈 특성화 파형 및 상기 대역외 노이즈 특성화 파형을 세그먼트화하는 단계;

적어도 하나의 시간 윈도우에 대해, 상기 이미징 대역에서의 노이즈와 상기 노이즈 검출 대역에서의 노이즈 사이의 관계를 결정하기 위해 상기 대역내 노이즈 특성화 파형 및 상기 대역외 노이즈 특성화 파형을 프로세싱하는 단계;

상기 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여, 그에 의해 하나 이상의 이미징 파형을 획득하는 단계;

적어도 하나의 이미징 파형에 대해,

a) 상기 이미징 파형을 필터링하여 상기 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 상기 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;

b) 하나 이상의 시간 윈도우에 따라 상기 대역내 이미징 파형 및 상기 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 세그먼트화하는 단계;

c) 상기 관계 및 상기 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 이용하여, 적어도 하나의 시간 윈도우 내에서, 상기 대역내 이미징 파형에서의 노이즈 양과 연관된 척도(measure)를 추정하는 단계; 및

d) c)에서 프로세싱된 적어도 하나의 시간 윈도우에 대해, 상기 시간 윈도우 내의 상기 대역내 이미징 파형의 부분에 디노이징 보정(denoising correction)을 적용하는 단계

를 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

이미징 신호들을 검출하는 단계는 복수의 스캔 라인들을 따라 상기 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하는 단계를 포함하고, 상기 방법은,

상기 복수의 스캔 라인들과 제각기 연관된 복수의 이미징 파형들을 획득하는 단계; 및

상기 복수의 스캔 라인들과 제각기 연관된 디노이징된 대역내 이미징 파형들에 기초하여 이미지를 생성하는 단계

를 더 포함하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

단계 d)는 상기 척도가 임계값보다 클 때 수행되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 이미징 대역에서의 노이즈와 상기 노이즈 검출 대역에서의 노이즈 사이의 상기 관계는 상기 대역내 노이즈 특성화 파형 및 상기 대역외 노이즈 특성화 파형에서의 상대 에너지의 척도와 연관된 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 5**

제4항에 있어서,

상기 이미징 대역에서의 노이즈와 상기 노이즈 검출 대역에서의 노이즈 사이의 상기 관계를 결정하기 위해 2개 이상의 시간 윈도우가 프로세싱되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 6**

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 대역내 이미징 파형에서의 노이즈 양과 연관된 상기 척도는 상기 관계 및 상기 대역내 노이즈 특성화 파형의 전력 양에 기초하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 7**

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 디노이징 보정은 감수 값(subtrahend value)을 포함하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 8**

제7항에 있어서,

주어진 시간 윈도우와 연관된 상기 감수 값은 상기 주어진 시간 윈도우에 대한 상기 대역외 노이즈 검출 이미징 파형 내에서 검출된 에너지 양에 따라 증가하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 9**

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 디노이징 보정은 감쇠 인자(attenuation factor)와 곱하는 것을 포함하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 10**

제9항에 있어서,

주어진 시간 윈도우와 연관된 상기 감쇠 인자는 상기 주어진 시간 윈도우에 대한 상기 대역내 이미징 파형에서의 노이즈 양과 연관된 상기 척도에 따라 감소하여, 그에 의해 노이즈와 연관된 상기 대역내 이미징 파형의 부분들을 감쇠시키는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 11**

제3항에 있어서,

상기 디노이징 보정들을 적용하기 전에, 상기 임계값을 초과하는 척도를 가지는 각각의 시간 윈도우가 공간적으로 인접한 스캔 라인들에 대응하는 공간적으로 인접한 시간 윈도우들과 관련하여 재평가됨으로써, 초기에 노이즈의 존재와 연관된 것으로 추정되는 주어진 시간 윈도우에 대응하는 샘플들이, 공간적으로 인접한 시간 윈도우들이 노이즈의 부재와 연관된 것으로 추정되는 경우에, 상기 인접한 시간 윈도우들로부터의 샘플들로 대체되도록 하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 12**

제3항에 있어서,

상기 디노이징 보정들을 적용하기 전에, 상기 임계값을 초과하는 척도를 가지는 각각의 시간 윈도우가 시간적으

로 인접한 시간 윈도우들과 관련하여 재평가됨으로써, 초기에 노이즈의 부재와 연관된 것으로 추정된 주어진 시간 윈도우가, 상기 인접한 시간 윈도우들이 노이즈의 존재와 연관된 것으로 추정되는 경우에, 노이즈의 존재와 연관된 것으로 재평가되도록 하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 13**

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

주어진 시간 윈도우에 대해 적용되는 상기 디노이징 보정은 상기 대역내 이미징 파형 내에서의 상기 주어진 시간 윈도우의 깊이(depth)에 의존하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 14**

제3항에 있어서,

상기 임계값은 이미징 에너지 및 노이즈의 부재 시에 이루어진 베이스라인 측정들에 기초하여 결정되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 15**

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 이미징 대역에서의 노이즈와 상기 노이즈 검출 대역에서의 노이즈 사이의 상기 관계를 재확립(re-establish)하기 위해 노이즈 특성화를 반복하는 단계를 더 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 16**

제15항에 있어서,

상기 노이즈 특성화는 사용자 입력에 따라 반복되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 17**

제15항에 있어서,

상기 노이즈 특성화는 이미징 에너지의 부재가 검출될 때 자동으로 반복되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 18**

제1항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 노이즈 검출 대역 내에서의 상기 노이즈의 변화들을 검출하기 위해 상기 대역의 노이즈 검출 이미징 파형과 연관된 하나 이상의 파라미터를 모니터링하는 단계를 더 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 19**

제18항에 있어서,

적어도 하나의 파라미터의 변화가 검출되었을 때 경보 또는 메시지를 생성하는 단계를 더 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 20**

제1항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서,

이미징 에너지의 부재 동안 상기 대역내 이미징 파형에 대해 노이즈 억제를 수행하는 단계; 노이즈 보정 이후에 상기 대역내 이미징 파형에서의 에너지에 기초하여 에러 값을 생성하는 단계; 및

상기 에러 값이 미리 선택된 임계값을 초과할 때 상기 노이즈 특성화를 반복하기 위한 경보를 생성하는 단계를 더 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 21**

제1항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 이미징 트랜스듀서 수신 회로는 초음파 트랜스듀서를 포함하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 22**

제1항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 이미징 트랜스듀서 수신 회로는 자기장을 검출하기 위한 코일을 포함하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 23**

노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법으로서,

이미징 에너지를 수신하지 않을 시에,

이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 노이즈 특성화 파형을 획득하고, 상기 노이즈 특성화 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 노이즈 특성화 파형을 생성하는 단계; 및

상기 이미징 트랜스듀서 수신 회로에 의해 수신된 노이즈를 검출하는 동안 이미징 에너지의 트랜스덕션(transduction)을 피하도록 구성된 기준 수신 회로로 노이즈를 검출하여, 그에 의해 기준 노이즈 특성화 파형을 획득하는 단계;

상기 이미징 대역에서의 노이즈와 상기 기준 수신 회로에 의해 검출된 노이즈 사이의 관계를 결정하기 위해 상기 대역내 노이즈 특성화 파형 및 상기 기준 노이즈 특성화 파형을 프로세싱하는 단계;

상기 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여, 그에 의해 하나 이상의 이미징 파형을 획득하는 단계;

적어도 하나의 이미징 파형에 대해,

- a) 상기 이미징 파형을 필터링하여 상기 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형을 생성하는 단계;
- b) 상기 기준 수신 회로로, 기준 노이즈 검출 파형을 검출하는 단계;
- c) 하나 이상의 시간 윈도우에 따라 상기 대역내 이미징 파형 및 상기 기준 노이즈 검출 파형을 세그먼트화하는 단계;
- d) 상기 관계 및 상기 기준 노이즈 검출 파형을 이용하여, 적어도 하나의 시간 윈도우 내에서, 상기 대역내 이미징 파형에서의 노이즈 양과 연관된 척도를 추정하는 단계; 및
- e) c)에서 프로세싱된 적어도 하나의 시간 윈도우에 대해, 상기 시간 윈도우 내의 상기 대역내 이미징 파형의 부분에 디노이징 보정을 적용하는 단계

를 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 24**

제23항에 있어서,

단계 e)는 상기 척도가 임계값보다 클 때 수행되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 25**

제23항 또는 제24항에 있어서,

상기 기준 수신 회로는 이미징 에너지에 대한 감도가 부족하도록 구성된 비활성화된(de-activated) 이미징 트랜스듀서를 포함하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 26**

제23항 또는 제24항에 있어서,

상기 기준 수신 회로는 이미징 에너지에 대한 감도가 부족한 동안 노이즈를 검출할 수 있는 하나 이상의 회로 컴포넌트를 포함하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 27**

제23항 내지 제26항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 디노이징 보정은 감수 값을 포함하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 28**

제27항에 있어서,

주어진 시간 윈도우와 연관된 상기 감수 값은 상기 주어진 시간 윈도우에 대한 상기 기준 노이즈 검출 파형 내에서 검출된 에너지 양에 따라 증가하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 29**

제23항 내지 제26항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 디노이징 보정은 감쇠 인자와 곱하는 것을 포함하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 30**

제29항에 있어서,

주어진 시간 윈도우와 연관된 상기 감쇠 인자는 상기 주어진 시간 윈도우에 대한 상기 대역내 이미징 파형에서의 노이즈 양과 연관된 상기 척도에 따라 감소하여, 그에 의해 노이즈와 연관된 상기 대역내 이미징 파형의 부분들을 감쇠시키는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 31**

제23항 내지 제30항 중 어느 한 항에 있어서,

주어진 시간 윈도우에 대해 적용되는 상기 디노이징 보정은 상기 대역내 이미징 파형 내에서의 상기 주어진 시간 윈도우의 깊이에 의존하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 32**

제23항 내지 제31항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 이미징 대역에서의 노이즈와 상기 기준 수신 회로에 의해 검출된 노이즈 사이의 상기 관계를 재확립하기 위해 노이즈 특성화를 반복하는 단계

를 더 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 33**

제32항에 있어서,

상기 노이즈 특성화는 사용자 입력에 따라 반복되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 34**

제32항에 있어서,

상기 노이즈 특성화는 이미징 에너지의 부재가 검출될 때 자동으로 반복되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 35**

제23항 내지 제34항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 검출된 노이즈의 변화들을 검출하기 위해 상기 기준 노이즈 검출 파형과 연관된 하나 이상의 파라미터를 모니터링하는 단계

를 더 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 36**

제35항에 있어서,

적어도 하나의 파라미터의 변화가 검출되었을 때 경보 또는 메시지를 생성하는 단계

를 더 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 37**

제23항 내지 제34항 중 어느 한 항에 있어서,

이미징 에너지의 부재 동안 상기 대역내 이미징 파형에 대해 노이즈 억제를 수행하는 단계;

노이즈 보정 이후에 상기 대역내 이미징 파형에서의 에너지에 기초하여 에러 값을 생성하는 단계; 및

상기 에러 값이 미리 선택된 임계값을 초과할 때 상기 노이즈 특성화를 반복하기 위한 경보를 생성하는 단계

를 더 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 38**

광대역 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법으로서,

이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 상기 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 상기 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;

상기 대역내 이미징 파형의 대역내 이미징 엔벨로프를 검출하는 단계;

상기 대역외 노이즈 검출 이미징 파형의 대역외 엔벨로프를 검출하는 단계;

상기 대역외 엔벨로프에 스케일링 인자를 적용하여, 그에 의해 수정된 대역외 엔벨로프를 획득하는 단계; 및

상기 수정된 대역외 엔벨로프와 상기 대역내 이미징 엔벨로프를 결합시켜 노이즈 보정된 대역내 엔벨로프를 획득하는 단계

를 포함하며;

상기 스케일링 인자는 상기 노이즈 보정된 대역내 엔벨로프에서의 대역내 노이즈의 기여분(contribution)을 감소시키도록 선택되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 39**

제38항에 있어서,

상기 수정된 대역외 엔벨로프와 상기 대역내 이미징 엔벨로프를 결합시키기 전에 상기 수정된 대역외 엔벨로프와 상기 대역내 이미징 엔벨로프 사이의 상대 지연을 조정하는 단계

를 더 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 40**

제39항에 있어서,

상기 상대 지연은 상기 대역내 이미징 엔벨로프와 상기 수정된 대역외 엔벨로프 사이의 교차 상관(cross-correlation)을 계산하는 것에 의해 결정되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 41**

제22항 내지 제40항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 이미징 트랜스듀서 수신 회로는 초음파 트랜스듀서를 포함하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 42**

제22항 내지 제40항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 이미징 트랜스듀서 수신 회로는 자기장을 검출하기 위한 코일을 포함하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 43**

노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법으로서,

이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 상기 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 상기 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역의 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;

수정된 파형이 상기 이미징 대역 내에 존재하는 주파수 성분들을 포함하도록, 상기 대역의 노이즈 검출 이미징 파형에 주파수 시프트 및 진폭 스케일링 인자를 적용하여, 그에 의해 상기 수정된 파형을 획득하는 단계; 및  
상기 수정된 파형과 상기 대역내 이미징 파형을 결합시켜 노이즈 보정된 대역내 이미징 파형을 획득하는 단계를 포함하며;

상기 진폭 스케일링 인자는 상기 노이즈 보정된 대역내 이미징 파형에서의 대역내 노이즈의 기여분을 감소시키도록 선택되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 44**

제43항에 있어서,

상기 수정된 파형과 상기 대역내 이미징 파형을 결합시키기 전에 상기 수정된 파형과 상기 대역내 이미징 파형 사이의 상대 지연을 조정하는 단계를

를 더 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 45**

노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법으로서,

이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 상기 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형을 생성하는 단계; 및

상기 이미징 트랜스듀서 수신 회로에 의해 수신된 노이즈를 검출하는 동안 이미징 에너지의 트랜스덕션을 피하도록 구성된 기준 수신 회로로 노이즈를 검출하여, 그에 의해 기준 노이즈 검출 파형을 획득하는 단계;

상기 대역내 이미징 파형의 대역내 이미징 엔벨로프를 검출하는 단계;

상기 기준 노이즈 검출 파형의 기준 엔벨로프를 검출하는 단계;

상기 기준 엔벨로프에 스케일링 인자를 적용하여, 그에 의해 수정된 기준 엔벨로프를 획득하는 단계; 및

상기 수정된 기준 엔벨로프와 상기 대역내 이미징 엔벨로프를 결합시켜 노이즈 보정된 대역내 엔벨로프를 획득하는 단계

를 포함하며;

상기 스케일링 인자는 상기 노이즈 보정된 대역내 엔벨로프에서의 대역내 노이즈의 기여분(contribution)을 감소시키도록 선택되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 46**

제45항에 있어서,

상기 수정된 기준 엔벨로프와 상기 대역내 이미징 엔벨로프를 결합시키기 전에 상기 수정된 기준 엔벨로프와 상기 대역내 이미징 엔벨로프 사이의 상대 지연을 조정하는 단계

를 더 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 47**

제46항에 있어서,

상기 상대 지연은 상기 대역내 이미징 엔벨로프와 상기 수정된 기준 엔벨로프 사이의 교차 상관을 계산하는 것에 의해 결정되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 48**

노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법으로서,

이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 상기 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형을 생성하는 단계; 및

상기 이미징 트랜스듀서 수신 회로에 의해 수신된 노이즈를 검출하는 동안 이미징 에너지의 트랜스덕션을 피하도록 구성된 기준 수신 회로로 노이즈를 검출하여, 그에 의해 기준 노이즈 검출 파형을 획득하는 단계;

하나 이상의 적응 필터 파라미터에 따라 상기 기준 노이즈 검출 파형을 적응적으로 필터링하는 단계; 및

상기 필터링된 기준 노이즈 검출 파형과 상기 대역내 이미징 파형을 결합시켜 노이즈 보정된 대역내 이미징 파형을 획득하는 단계

를 포함하며;

상기 적응 필터 파라미터들은 상기 노이즈 보정된 대역내 이미징 파형의 전력을 최소화하기 위해 상기 노이즈 보정된 대역내 이미징 파형을 프로세싱하는 것에 의해 능동적으로 결정되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 49**

제48항에 있어서,

상기 기준 수신 회로는 이미징 에너지에 대한 감도가 부족하도록 구성된 비활성화된 이미징 트랜스듀서를 포함하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 50**

제48항에 있어서,

상기 기준 수신 회로는 이미징 에너지에 대한 감도가 부족한 동안 노이즈를 검출할 수 있는 하나 이상의 회로 컴포넌트를 포함하는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 51**

광대역 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법으로서,

이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 상기 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 상기 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;

상기 대역내 이미징 파형의 대역내 이미징 엔벨로프를 검출하는 단계;

상기 대역외 노이즈 검출 이미징 파형의 대역외 이미징 엔벨로프를 검출하는 단계;

하나 이상의 적응 필터 파라미터에 따라 상기 대역외 이미징 엔벨로프를 적응적으로 필터링하는 단계; 및

상기 필터링된 대역의 이미징 엔벨로프와 상기 대역내 이미징 엔벨로프를 결합시켜 노이즈 보정된 대역내 이미징 엔벨로프를 획득하는 단계

를 포함하며;

상기 적응 필터 파라미터들은 상기 노이즈 보정된 대역내 이미징 엔벨로프의 전력을 최소화하기 위해 상기 노이즈 보정된 대역내 이미징 엔벨로프를 프로세싱하는 것에 의해 능동적으로 결정되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 52**

광대역 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법으로서,

이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 상기 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 상기 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;

수정된 파형이 상기 이미징 대역 내에 존재하는 주파수 성분들을 포함하도록, 상기 대역외 노이즈 검출 이미징 파형에 주파수 시프트를 적용하여, 그에 의해 상기 수정된 파형을 획득하는 단계;

하나 이상의 적응 필터 파라미터에 따라 상기 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 적응적으로 필터링하는 단계; 및

상기 필터링된 수정된 파형과 상기 대역내 이미징 파형을 결합시켜 노이즈 보정된 대역내 이미징 파형을 획득하는 단계

를 포함하며;

상기 적응 필터 파라미터들은 상기 노이즈 보정된 대역내 이미징 파형의 전력을 최소화하기 위해 상기 노이즈 보정된 대역내 이미징 파형을 프로세싱하는 것에 의해 능동적으로 결정되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 53**

광대역 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법으로서,

이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 상기 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 상기 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;

대역내 노이즈를 제거하기 위해 상기 대역내 이미징 파형을 필터링하기 위한 동적 디지털 필터의 적당한 필터 파라미터들을 선택하기 위해 상기 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 프로세싱하는 단계; 및

상기 필터 파라미터들에 따라 상기 동적 디지털 필터로 상기 대역내 이미징 파형을 필터링하는 단계

를 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 54**

제53항에 있어서,

상기 동적 디지털 필터의 적당한 필터 파라미터들을 선택하기 위해 상기 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 프로세싱하는 단계는,

상기 대역외 노이즈 검출 이미징 파형에 기초하여, 고조파 노이즈와 연관된 하나 이상의 주파수를 식별하는 단계; 및

상기 동적 디지털 필터의 저지 대역들(stop bands)이 상기 이미징 대역 내의 상기 고조파 노이즈를 제거하거나 감소시키도록 상기 저지 대역들을 제어하기 위해 상기 필터 파라미터들을 선택하는 단계

를 포함한 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 55**

제54항에 있어서,

상기 이미징 대역 내의 하나 이상의 서브대역에 따라 상기 대역내 이미징 파형을 필터링하는 단계 - 상기 하나 이상의 서브대역은 상기 노이즈의 주파수들과 연관됨 -; 및

상기 이미징 대역 내에서의 상기 노이즈의 존재를 검출하기 위해 상기 결과적인 필터링된 대역내 이미징 파형을 프로세싱하는 단계

를 더 포함하며;

상기 대역내 이미징 파형은 상기 노이즈가 상기 이미징 대역 내에서 검출될 때 상기 필터 파라미터들에 따라 상기 동적 디지털 필터로 필터링되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

#### 청구항 56

하나 이상의 노이즈 소스에 의해 특징지어지는 검출 시스템에 의해 획득된 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법으로서,

이미징 에너지를 수신하지 않을 시에, 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 노이즈 특성화 파형을 획득하고, 상기 노이즈 특성화 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 노이즈 특성화 파형 및 상기 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 특성화 파형을 생성하는 단계;

하나 이상의 시간 윈도우에 따라 상기 대역내 노이즈 특성화 파형 및 상기 대역외 노이즈 특성화 파형을 세그먼트화하는 단계;

적어도 하나의 시간 윈도우에 대해, 상기 이미징 대역에서의 노이즈와 상관되는 상기 노이즈 검출 대역 내의 노이즈 패턴을 식별하기 위해 패턴 인식 알고리즘에 따라 상기 대역내 노이즈 특성화 파형 및 상기 대역외 노이즈 특성화 파형을 프로세싱하는 단계;

상기 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 상기 이미징 파형을 필터링하여 상기 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 상기 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 획득하는 단계;

하나 이상의 시간 윈도우에 따라 상기 대역내 이미징 파형 및 상기 대역외 이미징 파형을 세그먼트화하는 단계;

적어도 하나의 시간 윈도우에 대해, 상기 노이즈 패턴을 검출하기 위해 상기 패턴 인식 알고리즘에 따라 상기 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 프로세싱하는 단계; 및

상기 노이즈 패턴의 검출의 경우에, 상기 대역외 노이즈 검출 이미징 파형에서 검출된 상기 노이즈 패턴에 특징적인 상기 대역내 이미징 파형의 상기 시간 윈도우에 디노이징 보정을 적용하는 단계

를 포함하는, 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법.

#### 청구항 57

제56항에 있어서,

상기 노이즈 패턴은 공간 노이즈 패턴인 것인, 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법.

#### 청구항 58

제56항에 있어서,

상기 디노이징 보정을 적용하는 단계는 상기 대역내 이미징 파형에 보정 파형을 가산하는 단계를 포함하고, 상기 방법은 상기 보정 파형을 상기 대역내 이미징 파형과 결합시키기 전에 상기 보정 파형과 상기 대역내 이미징 파형 사이의 상대 지연을 조정하는 단계를 더 포함하는 것인, 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법.

#### 청구항 59

제56항 내지 제58항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 패턴 인식 알고리즘에 따라 상기 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 프로세싱하는 단계는,

상기 이미징 대역 내의 하나 이상의 서브대역에 따라 상기 대역내 이미징 파형을 필터링하여, 그에 의해 하나 이상의 서브대역 필터링된 대역내 이미징 파형을 획득하는 단계;

상기 서브대역들 중 하나 이상의 서브대역 내에서 알려진 노이즈 기여분을 가지는 노이즈 패턴의 상기 검출을 확인하기 위해, 상기 대역외 노이즈 검출 이미징 파형에 추가하여 상기 하나 이상의 서브대역 필터링된 대역내 이미징 파형을 프로세싱하는 단계

를 더 포함하는 것인, 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법.

**청구항 60**

제56항 내지 제59항 중 어느 한 항에 있어서,

특성 반복 빈도수(characteristic repetition frequency)를 갖는 하나 이상의 노이즈 패턴의 확률들 또는 가중치들은 특정 시간들에서 증가되는 것인, 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법.

**청구항 61**

제56항 내지 제59항 중 어느 한 항에 있어서,

하나 이상의 윈도우는 상이한 노이즈 클래스들(noise classes)과 연관되고, 각각의 노이즈 클래스는 그와 연관된 상이한 디노이징 보정을 갖는 것인, 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법.

**청구항 62**

제61항에 있어서,

상기 노이즈 클래스들 중 2개 이상은 상이한 노이즈 소스들과 연관된 것인, 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법.

**청구항 63**

하나 이상의 알려진 노이즈 소스에 의해 특징지어지는 검출 시스템에 의해 획득된 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법으로서,

이미징 에너지를 수신하지 않을 시에,

이미징 트랜스듀서로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 노이즈 특성화 파형을 획득하고, 상기 노이즈 특성화 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 노이즈 특성화 파형을 생성하는 단계; 및

상기 이미징 트랜스듀서 수신 회로에 의해 수신된 노이즈를 검출하는 동안 이미징 에너지의 트랜스덕션을 피하도록 구성된 기준 수신 회로로 노이즈를 검출하여, 그에 의해 기준 노이즈 특성화 파형을 획득하는 단계;

하나 이상의 시간 윈도우에 따라 상기 대역내 노이즈 특성화 파형 및 상기 기준 노이즈 특성화 파형을 세그먼트화하는 단계;

적어도 하나의 시간 윈도우에 대해, 상기 이미징 대역에서의 노이즈와 상기 기준 수신 회로에 의해 검출된 노이즈 사이의 관계를 결정하기 위해 상기 대역내 노이즈 특성화 파형 및 상기 기준 노이즈 특성화 파형을 프로세싱하는 단계;

상기 대역내 노이즈 특성화 파형에서의 노이즈와 상관되는 상기 기준 노이즈 특성화 파형 내에서의 노이즈 패턴의 존재를 식별하기 위해 패턴 인식 알고리즘에 따라 상기 대역내 노이즈 특성화 파형 및 상기 기준 노이즈 특성화 파형을 프로세싱하는 단계;

상기 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여 이미징 파형을 획득하면서, 상기 기준 수신 회로로 기준 노이즈 검출 파형을 또한 검출하고, 상기 이미징 파형을 필터링하여 상기 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형을 획득하는 단계;

하나 이상의 시간 윈도우에 따라 상기 대역내 이미징 파형 및 상기 기준 노이즈 검출 파형을 세그먼트화하는 단계;

적어도 하나의 시간 윈도우에 대해, 상기 노이즈 패턴의 존재를 검출하기 위해 상기 패턴 인식 알고리즘에 따라

상기 기준 노이즈 검출 파형을 프로세싱하는 단계; 및

상기 노이즈 패턴의 검출의 경우에, 상기 기준 노이즈 검출 파형에서 검출된 상기 노이즈 패턴에 특징적인 상기 대역내 이미징 파형의 상기 시간 윈도우에 디노이징 보정을 적용하는 단계

를 포함하는, 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법.

**청구항 64**

제63항에 있어서,

상기 노이즈 패턴은 공간 노이즈 패턴인 것인, 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법.

**청구항 65**

제63항에 있어서,

상기 디노이징 보정을 적용하는 단계는 상기 대역내 이미징 파형에 보정 파형을 가산하는 단계를 포함하고, 상기 방법은 상기 보정 파형을 상기 대역내 이미징 파형과 결합시키기 전에 상기 보정 파형과 상기 대역내 이미징 파형 사이의 상대 지연을 조정하는 단계를 더 포함하는 것인, 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법.

**청구항 66**

제63항 내지 제65항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 패턴 인식 알고리즘에 따라 상기 기준 노이즈 검출 파형을 프로세싱하는 단계는,

상기 이미징 대역 내의 하나 이상의 서브대역에 따라 상기 대역내 이미징 파형을 필터링하여, 그에 의해 하나 이상의 서브대역 필터링된 대역내 이미징 파형을 획득하는 단계;

상기 서브대역들 중 하나 이상의 서브대역 내에서 알려진 노이즈 기여분을 가지는 노이즈 패턴의 상기 검출을 확인하기 위해, 상기 기준 노이즈 검출 파형에 부가하여 상기 하나 이상의 서브대역 필터링된 대역내 이미징 파형을 프로세싱하는 단계

를 더 포함하는 것인, 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법.

**청구항 67**

제63항 내지 제66항 중 어느 한 항에 있어서,

특성 주파수를 갖는 하나 이상의 노이즈 패턴의 확률들 또는 가중치들은 특정 시간들에서 증가되는 것인, 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법.

**청구항 68**

제63항 내지 제66항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 패턴 인식 알고리즘에 따라 상기 기준 노이즈 검출 파형을 프로세싱하는 단계는 윈도우별로(on a per-window basis) 수행되고, 하나 이상의 윈도우는 상이한 노이즈 클래스들과 연관되고, 각각의 노이즈 클래스는 그와 연관된 상이한 디노이징 보정을 갖는 것인, 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법.

**청구항 69**

제68항에 있어서,

상기 노이즈 클래스들 중 2개 이상은 상이한 노이즈 소스들과 연관된 것인, 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법.

**청구항 70**

노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법으로서,

이미징 에너지를 수신하지 않을 시에, 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 노이즈 특성화 파형을 획득하고, 상기 노이즈 특성화 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 노이즈

특성화 파형 및 상기 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역의 노이즈 특성화 파형을 생성하는 단계;

상기 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 상기 이미징 파형을 필터링하여 상기 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 상기 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역의 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;

최대 교차 상관과 연관된 시간 지연을 결정하기 위해 상기 대역의 이미징 파형과 상기 대역의 노이즈 특성화 파형 사이의 교차 상관을 수행하는 단계; 및

상기 대역내 노이즈 특성화 파형에 상기 시간 지연 및 진폭 조정을 적용하여, 그에 의해 수정된 대역내 노이즈 특성화 파형을 획득하고, 상기 대역내 이미징 파형으로부터 상기 수정된 대역내 노이즈 특성화 파형을 감산하는 단계

를 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

#### 청구항 71

제70항에 있어서,

상기 교차 상관 및 상기 수정된 대역내 노이즈 특성화 파형의 상기 감산은 상기 대역내 이미징 파형 및 상기 대역의 이미징 파형을 복수의 시간 윈도우들로 분할한 후에 시간 윈도우별로 수행되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

#### 청구항 72

노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법으로서,

이미징 에너지를 수신하지 않을 시에,

이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 노이즈 특성화 파형을 획득하고, 상기 노이즈 특성화 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 노이즈 특성화 파형을 생성하는 단계; 및

상기 이미징 트랜스듀서 수신 회로에 의해 수신된 노이즈를 검출하는 동안 이미징 에너지의 트랜스덕션을 피하도록 구성된 기준 수신 회로로 노이즈를 검출하여, 그에 의해 기준 노이즈 특성화 파형을 획득하는 단계;

상기 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여 이미징 파형을 획득하면서, 상기 기준 수신 회로로 기준 노이즈 검출 파형을 또한 검출하고, 상기 이미징 파형을 필터링하여 상기 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형을 획득하는 단계;

최대 교차 상관과 연관된 시간 지연을 결정하기 위해 상기 기준 노이즈 검출 파형과 상기 기준 노이즈 특성화 파형 사이의 교차 상관을 수행하는 단계; 및

상기 대역내 노이즈 특성화 파형에 상기 시간 지연 및 진폭 조정을 적용하여, 그에 의해 수정된 대역내 노이즈 특성화 파형을 획득하고, 상기 대역내 이미징 파형으로부터 상기 수정된 대역내 노이즈 특성화 파형을 감산하는 단계

를 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

#### 청구항 73

제72항에 있어서,

상기 교차 상관 및 상기 수정된 대역내 노이즈 특성화 파형의 상기 감산은 상기 대역내 이미징 파형 및 상기 기준 노이즈 검출 파형을 복수의 시간 윈도우들로 분할한 후에 시간 윈도우별로 수행되는 것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

#### 청구항 74

제72항에 있어서,

상기 기준 노이즈 특성화 파형 및 상기 기준 노이즈 검출 파형은 상기 이미징 대역 내에 존재하도록 필터링되는

것인, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 75**

노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법으로서,

복수의 인접한 스캔 라인들을 따라 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여, 그에 의해 복수의 이미징 파형들을 획득하는 단계;

적어도 2개의 인접한 스캔 라인에 대해,

그와 제각기 연관된 상기 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 상기 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;

일련의 시간 윈도우들에 따라 상기 대역내 이미징 파형 및 상기 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 세그먼트화하는 단계;

적어도 하나의 윈도우에 대해,

상기 대역내 이미징 파형의 대응하는 윈도우잉된 부분이 노이즈 보정되어야 하는지 여부를 결정하기 위해 상기 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 프로세싱하는 단계; 및

상기 시간 윈도우 내의 상기 대역내 이미징 파형이 노이즈 보정에 적당한 것으로 간주되는 경우에, 상기 시간 윈도우 내의 상기 대역내 이미징 파형에 디노이징 보정을 적용하는 단계 - 상기 윈도우 내의 각각의 샘플에 대한 상기 디노이징 보정은 2개 이상의 인접한 윈도우로부터의 상기 대역내 이미징 파형들에서의 샘플들과 연관된 하나 이상의 통계적 척도에 기초하고, 각각의 인접한 윈도우는 각자의 인접한 스캔 라인에 존재함 -; 및

상기 복수의 스캔 라인들과 제각기 연관된 디노이징된 대역내 이미징 파형들에 기초하여 이미지를 생성하는 단계

를 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 76**

노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법으로서,

이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 상기 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 상기 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;

복수의 인접한 스캔 라인들을 따라 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여, 그에 의해 복수의 이미징 파형들을 획득하는 단계;

노이즈 소스의 주기성을 결정하기 위해 하나 이상의 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 프로세싱하는 단계;

인접한 스캔 라인들과 연관된 대역내 이미징 파형들에서 노이즈가 시간적으로 동기화되지 않도록 스캔 레이트 (scan rate)를 조정하는 단계;

적어도 2개의 인접한 스캔 라인에 대해,

일련의 시간 윈도우들에 따라 상기 대역내 이미징 파형을 세그먼트화하는 단계;

적어도 하나의 윈도우에 대해,

상기 시간 윈도우 내에서 상기 대역내 이미징 파형에 디노이징 보정을 적용하는 단계 - 상기 윈도우 내의 각각의 샘플에 대한 상기 디노이징 보정은 2개 이상의 인접한 윈도우로부터의 상기 대역내 이미징 파형들에서의 샘플들과 연관된 하나 이상의 통계적 척도에 기초하고, 각각의 인접한 윈도우는 각자의 인접한 스캔 라인에 존재함 -; 및

상기 복수의 스캔 라인들과 제각기 연관된 디노이징된 대역내 이미징 파형들에 기초하여 이미지를 생성하는 단계

를 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**청구항 77**

노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법으로서,

적어도 2개의 인접한 스캔 라인에 대해,

이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여 이미징 파형을 획득하면서, 기준 수신 회로로 기준 노이즈 검출 파형을 또한 검출하고, 상기 이미징 파형을 필터링하여 상기 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형을 획득하는 단계;

일련의 시간 윈도우들에 따라 상기 대역내 이미징 파형 및 상기 기준 노이즈 검출 파형을 세그먼트화하는 단계;

적어도 하나의 윈도우에 대해,

상기 대역내 이미징 파형의 대응하는 윈도우잉된 부분이 노이즈 보정되어야 하는지 여부를 결정하기 위해 상기 기준 노이즈 검출 파형을 프로세싱하는 단계; 및

상기 시간 윈도우 내의 상기 대역내 이미징 파형이 노이즈 보정에 적당한 것으로 간주되는 경우에, 상기 시간 윈도우 내의 상기 대역내 이미징 파형에 디노이징 보정을 적용하는 단계 - 상기 윈도우 내의 각각의 샘플에 대한 상기 디노이징 보정은 2개 이상의 인접한 윈도우로부터의 상기 대역내 이미징 파형들에서의 샘플들과 연관된 하나 이상의 통계적 척도에 기초하고, 각각의 인접한 윈도우는 각자의 인접한 스캔 라인에 존재함 -; 및

상기 복수의 스캔 라인들과 제각기 연관된 디노이징된 대역내 이미징 파형들에 기초하여 이미지를 생성하는 단계

를 포함하는, 이미징 신호들을 디노이징하는 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 출원은, 그 전체 내용이 본 명세서에 참고로 포함되는, 2017년 2월 24일자로 출원된 발명의 명칭이 "SYSTEMS AND METHODS FOR NOISE REDUCTION IN IMAGING"인 미국 가출원 제62/463,431호에 대한 우선권을 주장한다.

[0002] 본 개시내용은 이미징 기술들 및 노이즈 제거를 위한 이미징 데이터의 프로세싱에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 초음파 및 MRI 이미징을 사용한 의료 이미징은, 전형적으로 2 MHz 내지 200MHz에 걸쳐 있는, 무선 주파수 스펙트럼에서의 저 진폭 신호들을 검출하는 것에 의존한다. 이미지 품질은 신호대 노이즈비(signal-to-noise ratio)에 의해 크게 영향을 받는다.

[0004] IVUS(intravascular ultrasound), ICE(intracardiac echocardiography) 및 다른 형태들의 최소 침습적 초음파(minimally invasive ultrasound)에서, 초음파 트랜스듀서는 주변 구조물들로부터의 초음파 신호들을 검출하고 음향 에너지를 전기 신호로 변환한다. 이 신호는 이어서 (동축 도체(coaxial conductor), 연선 도체(twisted pair conductor), 플렉스 회로(flex circuit) 등과 같은) 하나 이상의 전도성 채널을 따라 전송된다. (비용, 제조성(manufacturability), 안전성, 생체적합성(biocompatibility), 열 문제들, 및 전력 제공을 위한 요구사항들을 포함한) 많은 이유로, 체내에(intracorporeally) 삽입될 수 있는 최소 침습적 이미징 프로브의 부분은 종종 신호 강도를 부스팅하기 위한 증폭기를 포함하지 않는다. 최소 침습적 초음파 트랜스듀서들에 의해 검출된 전기 신호들은 매우 작을 수 있으며(< 10mV 그리고 보다 전형적으로 < 1 mv), 초음파로 이미징될 수 있는 조직 구조(tissue structure)에 관한 정보의 상당 부분은 검출되는 전기 신호들의 다이내믹 레인지(dynamic range)의 하위 부분(lower portion)에 있는 경향이 있다. 수신된 초음파 신호의 신호 진폭은 트랜스듀서의 기계적 효율, 검출된 음향 신호들의 낮은 진폭, 트랜스듀서의 작은 크기 및 트랜스듀서로부터 신체 밖으로 전기 신호를 운반하는 도체들을 따른 감쇠에 의해 제한된다. 이것을 고려하면, 최소 침습적 초음파 이미징 시스템들에서의 신호들은 매우 약한 경향이 있다.

[0005] 무선 송신기들, 전력 전자기기들, 전송 라인들, 스위칭 트랜지스터들 및 본 기술분야에 공지된 다른 것들을 포함한, 많은 소스들로부터 시스템에 노이즈가 유입될 수 있다. 전자기 간섭에 민감한 컴포넌트들의 유도를 통해

또는 전도 및 최적이지 아닌 격리(suboptimal isolation)를 통해 직접적으로 노이즈가 유입될 수 있다. 노이즈 중 일부는, 스캐닝 액추에이터들, 모터 제어기들에 대한 펄스 폭 변조기들, 스위치 모드 전원들(switched mode power supplies), 클로킹 회로들 및 이미징 시스템의 전자 컴포넌트들 중 임의의 것에 있는 트랜지스터들과 같은, 이미징 시스템 자체 내의 컴포넌트들에 의해 생성될 수 있다. 게다가, 임피던스 모니터들, (Carto<sup>®</sup> 3, Carto<sup>®</sup> XP 또는 NavX<sup>™</sup> 시스템들에서 발견되는 것들과 같은) 트래킹 시스템들, 온도 센서들, 주입 펌프들, 어블레이션 시스템들, ECG 및 혈류동태 모니터들(hemodynamic monitors)과 같은, 환자에 커플링된 또는 시술 환경(procedural environment)에 있는 다른 시스템들이 노이즈를 유입시킬 수 있다. 일부 임상 영역들(clinical areas)에서 사용되는 RFID 재고 관리 시스템들이 또한 노이즈를 유입시킬 수 있다.

[0006] 몇 가지 접근법은, 최소의 RF 노이즈를 생성하는 시스템 내의 컴포넌트들의 선택, 전기적 격리, 실딩(shielding), 적절한 접지, 및 노이즈 생성 컴포넌트들을 전자기 노이즈에 취약한 컴포넌트들로부터 물리적으로 분리시키는 것을 포함한, 초음파와 이미징 시스템들의 초음파 수신 회로부에 들어오는 노이즈 양을 감소시키는 것에 관한 것이다. 노이즈의 소스들이 종종 다른 이유들로 선호된 특성들을 갖거나(즉, 펄스 폭 변조 모터 제어기들은 에너지 효율적이고 양호한 응답 시간들을 가짐) 서로 물리적으로 격리하기 어렵기 때문에(즉, 이미징 프로브 또는 그와 연관된 회로부에 가깝게 근접하여 전력 전자기기를 갖는 것이 바람직할 수 있음), 이 접근법들은 종종 구현하기가 어렵다.

[0007] 초음파 신호 품질(따라서 초음파 이미지 품질)에 대한 노이즈의 영향을 감소시키기 위한 다른 접근법들은 필터링 및 이미지 프로세싱을 포함한다. 초음파 신호들은 전형적으로 알려진 대역폭을 가지며, 검출된 초음파 신호는 아날로그 또는 디지털 필터링 기술들(종종이 이 둘의 조합)을 사용하여 필터링될 수 있다. 초음파 수신 회로로부터 출력되는 전기 신호의 부분들을 주파수들이 초음파 트랜스듀서의 동작 대역폭(또는 그 고조파들) 내에 있는 그 부분들로 제한하기 위해 아날로그 또는 디지털 필터링이 적용될 수 있다. 좁은 대역폭들 및 예리한 컷오프(sharp cutoff)를 갖는 필터들을 선택하는 것은 이미지들을 생성하거나 (초음파 신호의 도플러 측정치들 스펙트럼 분석, 또는 초음파 처리 필드(sonicated field)에서의 산란체들의 흐름의 평가에 대해서와 같이) 초음파 신호들을 다른 방식으로 사용하는 데 사용되는 신호들에 허용되는 노이즈 양을 감소시킬 수 있다. 노치(notch) 또는 콤(comb) 필터들은 이미징 주파수 범위 내에서 협대역 노이즈를 제거하는 데 도움이 된다. 지나치게 공격적인 필터링은 이미지들을 생성하는 데 또는 초음파 신호들의 다른 용도를 위해 받아들여지는 신호 전력의 양을 감소시키는 원하지 않는 효과를 가질 수 있다. 이는 또한, 해상도와 같은, 초음파 이미징 시스템의 다른 성능 측면들에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 그렇지만, 필터들의 통과 대역이 너무 크면, 보다 많은 노이즈가 시스템 내로 받아들여진다.

[0008] 이미지 프로세싱은, 이상치 값들을 평균하거나 제거하는 것에 의해서와 같이, 생성된 이미지 데이터를 필터링하는 것에 의해 노이즈를 추가로 감소시킬 수 있다. 예를 들어, 그러한 필터링은 이미지에서의 임의의 랜덤한 노이즈를 블러링(blur)하거나 스무딩 아웃(smoothen out)하기 위해 픽셀 및 그 이웃 픽셀들에 가우시안 필터를 적용하는 것에 의해 공간 도메인에서 이미지 내에서 적용될 수 있다. 불행하게도, 이것은 이미지의 공간 해상도를 감소시키는 경향이 있다. 이와 유사하게, 공간 도메인 필터링이 이미징 모달리티(imaging modality)의 프레임 반복 빈도수에 대해 빠르게 움직이지 않는 이미징되는 구조들에서 적용될 수 있다. 예를 들어, 이미지 프레임에서의 픽셀은 하나 이상의 선행하는(preceding) 및/또는 후행하는(trailing) 프레임에서 유사한 위치들에 있는 픽셀들의 평균 또는 가우시안 필터링된 결과일 수 있다.

[0009] 유사한 문제들이 MRI 이미징 시스템들에 해당되며, 여기서 원하지 않는 무선 주파수 에너지 소스들로부터의 노이즈의 존재 시에 약한 신호들이 검출된다.

[0010] 매우 유용한 것은 노이즈를 식별하고 하나 이상의 이미징 신호로부터 노이즈를 능동적으로 제거하는 방법들, 시스템들 및 디바이스들이다.

[0011] 많은 형태들의 노이즈가 초음파 수신 신호 체인(ultrasound receive signal chain)에 들어가고, 특히 노이즈가 성질상 광대역이면, 노이즈가 시스템에 일단 들어가면 제거하기가 어려워질 수 있는데, 여기서 노이즈의 일부는 초음파 시스템의 통과 대역 내에 있다. 예를 들어, 10 MHz의 중심 주파수, 및 7.5 내지 12.5MHz의 통과 대역을 갖는 트랜스듀서를 가지는 이미징 시스템에서, 이 시스템은 7.5MHz 미만의 노이즈의 임의의 부분들 및 12.5MHz 초과인 노이즈의 임의의 부분들을 크게 필터링 아웃(filter out)하도록 설계될 수 있다. 불행하게도, 7.5 내지 12.5MHz 대역 통과 내의 노이즈의 진폭은 검출되고 있는 초음파 신호의 진폭에 대해 종종 상당할 수 있다.

[0012] 전체 효과 트랜지스터(field effect transistor) 또는 스위치가 턴 온 또는 오프될 때와 같이, 빠른 과도현상(rapid transient)의 결과로서 많은 노이즈 소스들이 발생한다. 빠른 과도현상들을 갖는 전기 신호는 필시 초음파 수신 신호 체인의 통과 대역의 전부 또는 일 부분에 걸쳐 있을 수 있는 매우 광범위한 주파수 도메인 표현을 갖는다. 이것은 노이즈가 검출되는 신호와 경쟁하기에 충분히 강한 진폭을 가질 수 있는 전원들 또는 펄스 폭 변조 회로들에서 특히 그렇다.

**발명의 내용**

[0013] 광대역 노이즈를 감소시키기 위한 하나의 접근법은 이미징 에너지는 주로 선택적 이미징 대역 내에 있지만 광대역 노이즈는 이미징 대역 내에서도 이미징 대역 밖에서도 검출될 수 있다는 사실을 이용한다. 원칙적으로, 임의의 시점에서 이미징 대역 밖에서 노이즈를 검출 또는 특성화하는 것에 의해, 이미징 대역 내에 있을 수 있는 광대역 노이즈를 추정하고, 추정된 대역내 노이즈를 감소시키기 위해, 검출된 신호를 변경할 수 있다. 대역외 노이즈에 기초하여 대역내 노이즈의 추정치를 효과적으로 생성하는 것에 의해, 추정된 대역내 노이즈의 부재 시에 원하는 이미징 에너지를 추정하는 신호를 생성할 수 있다.

[0014] 이미징 대역 내의 노이즈를 감소시키는 다른 접근법은 이미징 대역 내의 노이즈에 민감하지만 이미징 에너지로부터 격리되어 있는 기준 수신 회로들(저항기들, 커패시터들, 인덕터들, 전송 라인들, 증폭기들, 변압기들, 비활성화된 트랜스듀서들 또는 트랜스듀서 수신 회로를 에멀레이트할 수 있는 컴포넌트들을 포함함)를 사용하는 것이다. 기준 수신 회로에 의해 수신된 대역내 노이즈에 기초하여 대역내 이미징 노이즈를 추정하는 것에 의해, 추정된 대역내 노이즈의 부재 시에 원하는 이미징 에너지를 추정하는 신호들을 생성할 수 있다.

[0015] 일 양태에서, 광대역 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법이 제공되며, 이 방법은:

[0016] 이미징 에너지를 수신하지 않을 시에, 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 노이즈 특성화 파형을 획득하고, 노이즈 특성화 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 노이즈 특성화 파형 및 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 특성화 파형을 생성하는 단계;

[0017] 하나 이상의 시간 윈도우에 따라 대역내 노이즈 특성화 파형 및 대역외 노이즈 특성화 파형을 세그먼트화하는 단계;

[0018] 적어도 하나의 시간 윈도우에 대해, 이미징 대역에서의 노이즈와 노이즈 검출 대역에서의 노이즈 사이의 관계를 결정하기 위해 대역내 노이즈 특성화 파형 및 대역외 노이즈 특성화 파형을 프로세싱하는 단계;

[0019] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여, 그에 의해 하나 이상의 이미징 파형을 획득하는 단계;

[0020] 적어도 하나의 이미징 파형에 대해:

[0021] a) 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;

[0022] b) 하나 이상의 시간 윈도우에 따라 대역내 이미징 파형 및 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 세그먼트화하는 단계;

[0023] c) 관계 및 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 이용하여, 적어도 하나의 시간 윈도우 내에서, 대역내 이미징 파형에서의 노이즈 양과 연관된 척도(measure)를 추정하는 단계; 및

[0024] d) c)에서 프로세싱된 적어도 하나의 시간 윈도우에 대해, 시간 윈도우 내의 대역내 이미징 파형의 부분에 디노이징 보정(denoising correction)을 적용하는 단계를 포함한다.

[0025] 다른 양태에서, 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법이 제공되며, 이 방법은:

[0026] 이미징 에너지를 수신하지 않을 시에:

[0027] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 노이즈 특성화 파형을 획득하고, 노이즈 특성화 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 노이즈 특성화 파형을 생성하는 단계; 및

[0028] 이미징 트랜스듀서 수신 회로에 의해 수신된 노이즈를 검출하는 동안 이미징 에너지의 트랜스덕션(transduction)을 피하도록 구성된 기준 수신 회로로 노이즈를 검출하여, 그에 의해 기준 노이즈 특성화 파형을

획득하는 단계;

- [0029] 이미징 대역에서의 노이즈와 기준 수신 회로에 의해 검출된 노이즈 사이의 관계를 결정하기 위해 대역내 노이즈 특성화 파형 및 기준 노이즈 특성화 파형을 프로세싱하는 단계;
- [0030] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여, 그에 의해 하나 이상의 이미징 파형을 획득하는 단계;
- [0031] 적어도 하나의 이미징 파형에 대해:
- [0032] a) 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형을 생성하는 단계;
- [0033] b) 기준 수신 회로로, 기준 노이즈 검출 파형을 검출하는 단계;
- [0034] c) 하나 이상의 시간 윈도우에 따라 대역내 이미징 파형 및 기준 노이즈 검출 파형을 세그먼트화하는 단계;
- [0035] d) 관계 및 기준 노이즈 검출 파형을 이용하여, 적어도 하나의 시간 윈도우 내에서, 대역내 이미징 파형에서의 노이즈 양과 연관된 척도를 추정하는 단계; 및
- [0036] e) c)에서 프로세싱된 적어도 하나의 시간 윈도우에 대해, 시간 윈도우 내의 대역내 이미징 파형의 부분에 디노이징 보정을 적용하는 단계를 포함한다.
- [0037] 다른 양태에서, 광대역 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법이 제공되며, 이 방법은:
- [0038] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;
- [0039] 대역내 이미징 파형의 대역내 이미징 엔벨로프를 검출하는 단계;
- [0040] 대역외 노이즈 검출 이미징 파형의 대역외 엔벨로프를 검출하는 단계;
- [0041] 대역외 엔벨로프에 스케일링 인자를 적용하여, 그에 의해 수정된 대역외 엔벨로프를 획득하는 단계; 및
- [0042] 수정된 대역외 엔벨로프와 대역내 이미징 엔벨로프를 결합시켜 노이즈 보정된 대역내 엔벨로프를 획득하는 단계를 포함하며;
- [0043] 여기서 스케일링 인자는 노이즈 보정된 대역내 엔벨로프에서의 대역내 노이즈의 기여분(contribution)을 감소시키도록 선택된다.
- [0044] 다른 양태에서, 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법이 제공되며, 이 방법은:
- [0045] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;
- [0046] 수정된 파형이 이미징 대역 내에 존재하는 주파수 성분들을 포함하도록, 대역외 노이즈 검출 이미징 파형에 주파수 시프트 및 진폭 스케일링 인자를 적용하여, 그에 의해 수정된 파형을 획득하는 단계; 및
- [0047] 수정된 파형과 대역내 이미징 파형을 결합시켜 노이즈 보정된 대역내 이미징 파형을 획득하는 단계를 포함하며;
- [0048] 여기서 진폭 스케일링 인자는 노이즈 보정된 대역내 이미징 파형에서의 대역내 노이즈의 기여분을 감소시키도록 선택된다.
- [0049] 다른 양태에서, 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법이 제공되며, 이 방법은:
- [0050] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형을 생성하는 단계; 및
- [0051] 이미징 트랜스듀서 수신 회로에 의해 수신된 노이즈를 검출하는 동안 이미징 에너지의 트랜스덕션을 피하도록 구성된 기준 수신 회로로 노이즈를 검출하여, 그에 의해 기준 노이즈 검출 파형을 획득하는 단계;
- [0052] 대역내 이미징 파형의 대역내 이미징 엔벨로프를 검출하는 단계;
- [0053] 기준 노이즈 검출 파형의 기준 엔벨로프를 검출하는 단계;

- [0054] 기준 엔벨로프에 스케일링 인자를 적용하여, 그에 의해 수정된 기준 엔벨로프를 획득하는 단계; 및
- [0055] 수정된 기준 엔벨로프와 대역내 이미징 엔벨로프를 결합시켜 노이즈 보정된 대역내 엔벨로프를 획득하는 단계를 포함하며;
- [0056] 여기서 스케일링 인자는 노이즈 보정된 대역내 엔벨로프에서의 대역내 노이즈의 기여분(contribution)을 감소시키도록 선택된다.
- [0057] 다른 양태에서, 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법이 제공되며, 이 방법은:
- [0058] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형을 생성하는 단계; 및
- [0059] 이미징 트랜스듀서 수신 회로에 의해 수신된 노이즈를 검출하는 동안 이미징 에너지의 트랜스덕션을 피하도록 구성된 기준 수신 회로로 노이즈를 검출하여, 그에 의해 기준 노이즈 검출 파형을 획득하는 단계;
- [0060] 하나 이상의 적응 필터 파라미터에 따라 기준 노이즈 검출 파형을 적응적으로 필터링하는 단계; 및
- [0061] 필터링된 기준 노이즈 검출 파형과 대역내 이미징 파형을 결합시켜 노이즈 보정된 대역내 이미징 파형을 획득하는 단계를 포함하며;
- [0062] 여기서 적응 필터 파라미터들은 노이즈 보정된 대역내 이미징 파형의 전력을 최소화하기 위해 노이즈 보정된 대역내 이미징 파형을 프로세싱하는 것에 의해 능동적으로 결정된다.
- [0063] 다른 양태에서, 광대역 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법이 제공되며, 이 방법은:
- [0064] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;
- [0065] 대역내 이미징 파형의 대역내 이미징 엔벨로프를 검출하는 단계;
- [0066] 대역외 노이즈 검출 이미징 파형의 대역외 이미징 엔벨로프를 검출하는 단계;
- [0067] 하나 이상의 적응 필터 파라미터에 따라 대역외 이미징 엔벨로프를 적응적으로 필터링하는 단계; 및
- [0068] 필터링된 대역외 이미징 엔벨로프와 대역내 이미징 엔벨로프를 결합시켜 노이즈 보정된 대역내 이미징 엔벨로프를 획득하는 단계를 포함하며;
- [0069] 여기서 적응 필터 파라미터들은 노이즈 보정된 대역내 이미징 엔벨로프의 전력을 최소화하기 위해 노이즈 보정된 대역내 이미징 엔벨로프를 프로세싱하는 것에 의해 능동적으로 결정된다.
- [0070] 다른 양태에서, 광대역 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법이 제공되며, 이 방법은:
- [0071] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;
- [0072] 수정된 파형이 이미징 대역 내에 존재하는 주파수 성분들을 포함하도록, 대역외 노이즈 검출 이미징 파형에 주파수 시프트를 적용하여, 그에 의해 수정된 파형을 획득하는 단계;
- [0073] 하나 이상의 적응 필터 파라미터에 따라 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 적응적으로 필터링하는 단계; 및
- [0074] 필터링된 수정된 파형과 대역내 이미징 파형을 결합시켜 노이즈 보정된 대역내 이미징 파형을 획득하는 단계를 포함하며;
- [0075] 여기서 적응 필터 파라미터들은 노이즈 보정된 대역내 이미징 파형의 전력을 최소화하기 위해 노이즈 보정된 대역내 이미징 파형을 프로세싱하는 것에 의해 능동적으로 결정된다.
- [0076] 다른 양태에서, 광대역 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법이 제공되며, 이 방법은:
- [0077] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;

- [0078] 대역내 노이즈를 제거하기 위해 대역내 이미징 파형을 필터링하기 위한 동적 디지털 필터의 적당한 필터 파라미터들을 선택하기 위해 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 프로세싱하는 단계; 및
- [0079] 필터 파라미터들에 따라 동적 디지털 필터로 대역내 이미징 파형을 필터링하는 단계를 포함한다.
- [0080] 다른 양태에서, 하나 이상의 노이즈 소스에 의해 특징지어지는 검출 시스템에 의해 획득된 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법이 제공되며, 이 방법은:
- [0081] 이미징 에너지를 수신하지 않을 시에, 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 노이즈 특성화 파형을 획득하고, 노이즈 특성화 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 노이즈 특성화 파형 및 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 특성화 파형을 생성하는 단계;
- [0082] 하나 이상의 시간 윈도우에 따라 대역내 노이즈 특성화 파형 및 대역외 노이즈 특성화 파형을 세그먼트화하는 단계;
- [0083] 적어도 하나의 시간 윈도우에 대해, 이미징 대역에서의 노이즈와 상관되는 노이즈 검출 대역 내의 노이즈 패턴을 식별하기 위해 패턴 인식 알고리즘에 따라 대역내 노이즈 특성화 파형 및 대역외 노이즈 특성화 파형을 프로세싱하는 단계;
- [0084] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 획득하는 단계;
- [0085] 하나 이상의 시간 윈도우에 따라 대역내 이미징 파형 및 대역외 이미징 파형을 세그먼트화하는 단계;
- [0086] 적어도 하나의 시간 윈도우에 대해, 노이즈 패턴을 검출하기 위해 패턴 인식 알고리즘에 따라 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 프로세싱하는 단계; 및
- [0087] 노이즈 패턴의 검출의 경우에, 대역외 노이즈 검출 이미징 파형에서 검출된 노이즈 패턴에 특징적인 대역내 이미징 파형의 시간 윈도우에 디노이징 보정을 적용하는 단계를 포함한다.
- [0088] 다른 양태에서, 하나 이상의 알려진 노이즈 소스에 의해 특징지어지는 검출 시스템에 의해 획득된 신호들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 방법이 제공되며, 이 방법은:
- [0089] 이미징 에너지를 수신하지 않을 시에:
- [0090] 이미징 트랜스듀서로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 노이즈 특성화 파형을 획득하고, 노이즈 특성화 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 노이즈 특성화 파형을 생성하는 단계; 및
- [0091] 이미징 트랜스듀서 수신 회로에 의해 수신된 노이즈를 검출하는 동안 이미징 에너지의 트랜스덕션(transduction)을 피하도록 구성된 기준 수신 회로로 노이즈를 검출하여, 그에 의해 기준 노이즈 특성화 파형을 획득하는 단계;
- [0092] 하나 이상의 시간 윈도우에 따라 대역내 노이즈 특성화 파형 및 기준 노이즈 특성화 파형을 세그먼트화하는 단계;
- [0093] 적어도 하나의 시간 윈도우에 대해, 이미징 대역에서의 노이즈와 기준 수신 회로에 의해 검출된 노이즈 사이의 관계를 결정하기 위해 대역내 노이즈 특성화 파형 및 기준 노이즈 특성화 파형을 프로세싱하는 단계;
- [0094] 대역내 노이즈 특성화 파형에서의 노이즈와 상관되는 기준 노이즈 특성화 파형 내에서의 노이즈 패턴의 존재를 식별하기 위해 패턴 인식 알고리즘에 따라 대역내 노이즈 특성화 파형 및 기준 노이즈 특성화 파형을 프로세싱하는 단계;
- [0095] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여 이미징 파형을 획득하면서, 기준 수신 회로로 기준 노이즈 검출 파형을 또한 검출하고, 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형을 획득하는 단계;
- [0096] 하나 이상의 시간 윈도우에 따라 대역내 이미징 파형 및 기준 노이즈 검출 파형을 세그먼트화하는 단계;
- [0097] 적어도 하나의 시간 윈도우에 대해, 노이즈 패턴의 존재를 검출하기 위해 패턴 인식 알고리즘에 따라 기준 노이

즈 검출 파형을 프로세싱하는 단계; 및

- [0098] 노이즈 패턴의 검출의 경우에, 기준 노이즈 검출 파형에서 검출된 노이즈 패턴에 특징적인 대역내 이미징 파형의 시간 윈도우에 디노이징 보정을 적용하는 단계를 포함한다.
- [0099] 다른 양태에서, 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법이 제공되며, 이 방법은:
- [0100] 이미징 에너지를 수신하지 않을 시에, 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 노이즈 특성화 파형을 획득하고, 노이즈 특성화 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 노이즈 특성화 파형 및 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 특성화 파형을 생성하는 단계;
- [0101] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;
- [0102] 최대 교차 상관과 연관된 시간 지연을 결정하기 위해 대역외 이미징 파형과 대역외 노이즈 특성화 파형 사이의 교차 상관을 수행하는 단계; 및
- [0103] 대역내 노이즈 특성화 파형에 시간 지연 및 진폭 조정을 적용하여, 그에 의해 수정된 대역내 노이즈 특성화 파형을 획득하고, 대역내 이미징 파형으로부터 수정된 대역내 노이즈 특성화 파형을 감산하는 단계를 포함한다.
- [0104] 다른 양태에서, 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법이 제공되며, 이 방법은:
- [0105] 이미징 에너지를 수신하지 않을 시에:
- [0106] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 노이즈 특성화 파형을 획득하고, 노이즈 특성화 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 노이즈 특성화 파형을 생성하는 단계; 및
- [0107] 이미징 트랜스듀서 수신 회로에 의해 수신된 노이즈를 검출하는 동안 이미징 에너지의 트랜스덕션을 피하도록 구성된 기준 수신 회로로 노이즈를 검출하여, 그에 의해 기준 노이즈 특성화 파형을 획득하는 단계;
- [0108] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여 이미징 파형을 획득하면서, 기준 수신 회로로 기준 노이즈 검출 파형을 또한 검출하고, 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형을 획득하는 단계;
- [0109] 최대 교차 상관과 연관된 시간 지연을 결정하기 위해 기준 노이즈 검출 파형과 기준 노이즈 특성화 파형 사이의 교차 상관을 수행하는 단계; 및
- [0110] 대역내 노이즈 특성화 파형에 시간 지연 및 진폭 조정을 적용하여, 그에 의해 수정된 대역내 노이즈 특성화 파형을 획득하고, 대역내 이미징 파형으로부터 수정된 대역내 노이즈 특성화 파형을 감산하는 단계를 포함한다.
- [0111] 다른 양태에서, 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법이 제공되며, 이 방법은:
- [0112] 복수의 인접한 스캔 라인들(scan lines)을 따라 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여, 그에 의해 복수의 이미징 파형들을 획득하는 단계;
- [0113] 적어도 2개의 인접한 스캔 라인에 대해:
- [0114] 그와 제각기 연관된 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;
- [0115] 일련의 시간 윈도우들에 따라 대역내 이미징 파형 및 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 세그먼트화하는 단계;
- [0116] 적어도 하나의 윈도우에 대해:
- [0117] 대역내 이미징 파형의 대응하는 윈도우잉된 부분이 노이즈 보정되어야 하는지 여부를 결정하기 위해 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 프로세싱하는 단계; 및
- [0118] 시간 윈도우 내의 대역내 이미징 파형이 노이즈 보정에 적당한 것으로 간주되는 경우에, 시간 윈도우 내의 대역내 이미징 파형에 디노이징 보정을 적용하는 단계 - 윈도우 내의 각각의 샘플에 대한 디노이징 보정은 2개 이상의 인접한 윈도우로부터의 대역내 이미징 파형들에서의 샘플들과 연관된 하나 이상의 통계적 척도에 기초하고,

각각의 인접한 윈도우는 각자의 인접한 스캔 라인에 존재함 -; 및

- [0119] 복수의 스캔 라인들과 제각기 연관된 디노이징된 대역내 이미징 파형들에 기초하여 이미지를 생성하는 단계를 포함한다.
- [0120] 다른 양태에서, 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법이 제공되며, 이 방법은:
- [0121] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 에너지 파들을 검출하여, 그에 의해 이미징 파형을 획득하고, 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형 및 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 노이즈 검출 대역 내에 존재하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성하는 단계;
- [0122] 복수의 인접한 스캔 라인들을 따라 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여, 그에 의해 복수의 이미징 파형들을 획득하는 단계;
- [0123] 노이즈 소스의 주기성을 결정하기 위해 하나 이상의 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 프로세싱하는 단계;
- [0124] 인접한 스캔 라인들과 연관된 대역내 이미징 파형들에서 노이즈가 시간적으로 동기화되지 않도록 스캔 레이트 (scan rate)를 조정하는 단계;
- [0125] 적어도 2개의 인접한 스캔 라인에 대해:
- [0126] 일련의 시간 윈도우들에 따라 대역내 이미징 파형을 세그먼트화하는 단계;
- [0127] 적어도 하나의 윈도우에 대해:
- [0128] 시간 윈도우 내에서 대역내 이미징 파형에 디노이징 보정을 적용하는 단계 - 윈도우 내의 각각의 샘플에 대한 디노이징 보정은 2개 이상의 인접한 윈도우로부터의 대역내 이미징 파형들에서의 샘플들과 연관된 하나 이상의 통계적 척도에 기초하고, 각각의 인접한 윈도우는 각자의 인접한 스캔 라인에 존재함 -; 및
- [0129] 복수의 스캔 라인들과 제각기 연관된 디노이징된 대역내 이미징 파형들에 기초하여 이미지를 생성하는 단계를 포함한다.
- [0130] 다른 양태에서, 노이즈의 존재 시에 검출된 이미징 신호들을 디노이징하는 방법이 제공되며, 이 방법은:
- [0131] 적어도 2개의 인접한 스캔 라인에 대해:
- [0132] 이미징 트랜스듀서 수신 회로로 이미징 신호들을 검출하여 이미징 파형을 획득하면서, 기준 수신 회로로 기준 노이즈 검출 파형을 또한 검출하고, 이미징 파형을 필터링하여 이미징 대역 내에 존재하는 대역내 이미징 파형을 획득하는 단계;
- [0133] 일련의 시간 윈도우들에 따라 대역내 이미징 파형 및 기준 노이즈 검출 파형을 세그먼트화하는 단계;
- [0134] 적어도 하나의 윈도우에 대해:
- [0135] 대역내 이미징 파형의 대응하는 윈도우잉된 부분이 노이즈 보정되어야 하는지 여부를 결정하기 위해 기준 노이즈 검출 파형을 프로세싱하는 단계; 및
- [0136] 시간 윈도우 내의 대역내 이미징 파형이 노이즈 보정에 적당한 것으로 간주되는 경우에, 시간 윈도우 내의 대역내 이미징 파형에 디노이징 보정을 적용하는 단계 - 윈도우 내의 각각의 샘플에 대한 디노이징 보정은 2개 이상의 인접한 윈도우로부터의 대역내 이미징 파형들에서의 샘플들과 연관된 하나 이상의 통계적 척도에 기초하고, 각각의 인접한 윈도우는 각자의 인접한 스캔 라인에 존재함 -; 및
- [0137] 복수의 스캔 라인들과 제각기 연관된 디노이징된 대역내 이미징 파형들에 기초하여 이미지를 생성하는 단계를 포함한다.
- [0138] 본 개시내용의 기능적 및 유리한 양태들에 대한 추가적인 이해는 하기의 상세한 설명 및 도면들을 참조함으로써 실현될 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0139] 실시예들이 이제 도면들을 참조하여 예로서만 설명될 것이다:

도 1a는 노이즈 억제를 위해 구성된 초음파 이미징 시스템의 예를 도시하고 있다.

도 1b는 초음파 이미지로 변환하기 전에 초음파 신호를 프로세싱하기 위한 종래의 초음파 수신 신호 체인의 예를 도시하고 있다.

도 1c는 체내 이미징 프로브를 포함하는 초음파 이미징 시스템의 예를 도시하고 있다.

도 1d는 대역내 노이즈를 검출하기 위한 기준 트랜스듀서를 포함하는 초음파 이미징 시스템의 예를 도시하고 있다.

도 1e는 제1 이미징 트랜스듀서의 이미징 대역 밖에 있는 이미징 대역을 갖는 제2 이미징 트랜스듀서를 포함하는 초음파 이미징 시스템의 예를 도시하고 있다. 제2 이미징 트랜스듀서는 제1 이미징 트랜스듀서로부터 수신된 신호들에 영향을 미치는 대역내 노이즈를 검출하기에 적당한 회로의 일부일 수 있다.

도 1f는 대역내 노이즈를 검출하기 위한 기준 수신 회로를 포함하는 초음파 이미징 시스템의 예를 도시하며, 여기서 기준 수신 회로는 이미징 프로브 내의 위치로 연장된다.

도 1g는 대역내 노이즈를 검출하기 위한 기준 수신 회로를 포함하는 초음파 이미징 시스템의 예를 도시하며, 여기서 기준 수신 회로는 이미징 프로브 외부에 있는 시스템의 하나 이상의 부분에 위치된다.

도 2a는 추정된 대역내 노이즈의 추정 및 억제를 통한 입력 파형의 엔벨로프에 대한 노이즈 감소를 위한 예시적인 시스템 구성을 예시하며, 여기서 대역내 노이즈는 대역외 파형의 엔벨로프 검출을 수행하는 것, 그에 뒤이은 감산 이전의 지연, 스케일 및 형상 조정에 의해 추정된다.

도 2b는 대역내 노이즈의 추정 및 감산을 통한 입력 파형에 대한 노이즈 감소를 위한 예시적인 시스템 구성을 예시하며, 여기서 대역내 노이즈는 대역외 파형을 주파수 시프팅시키는 것, 주파수 시프팅된 대역외 파형을 필터링하는 것, 그에 뒤이은 감산 이전의 지연, 스케일 및 형상 조정에 의해 추정된다.

도 2c는 이미징 트랜스듀서 수신 회로가 민감해하지만 이미징 트랜스듀서 수신 회로에 의해 검출된 이미징 신호들로부터 적어도 부분적으로 격리된 대역내 노이즈의 일부 또는 전부에 민감한 기준 수신 회로를 사용한 노이즈 감소를 위한 시스템 구성의 예를 예시하고 있다. 기준 수신 회로에 의해 검출된 노이즈 신호들을 이미징 트랜스듀서 수신 회로에 의해 수신된 신호들로부터 감산하는 것은 출력 신호에서의 노이즈를 감소시킨다.

도 3a는 능동 노이즈 소거(active noise cancellation)를 통한 노이즈 감소를 위한 시스템 구성의 예를 예시하며, 여기서 능동 노이즈 소거를 위한 소거 파형은 기준 수신 회로로부터 획득된다.

도 3b는 능동 노이즈 소거를 통한 입력 파형에 대한 노이즈 감소를 위한 시스템 구성의 예를 예시하며, 여기서 능동 노이즈 소거를 위한 소거 파형은 대역외 파형의 엔벨로프 검출에 의해 획득된다.

도 3c는 능동 노이즈 소거를 통한 입력 파형에 대한 노이즈 감소를 위한 시스템 구성의 예를 예시하며, 여기서 능동 노이즈 소거를 위한 소거 파형은 대역외 파형을 주파수 시프팅시키고 주파수 시프팅된 대역외 파형을 필터링하는 것에 의해 획득된다.

도 4는 대역내 파형의 필터링을 통한 입력 파형에 대한 노이즈 감소를 위한 시스템 구성의 예를 예시하며, 여기서 필터링은 노이즈 검출 파형의 하나 이상의 특성에 기초하여 필터의 하나 이상의 파라미터를 결정하는 필터 업데이트 알고리즘에 의해 획득된 피드백 파라미터에 기초하여 제어된다.

도 5a는 이미징 신호의 부재 시에 제1 측정 스테이지 동안 획득된 노이즈 파라미터들에 기초하여, 그리고 이미징 신호들이 수집될 때 제2 측정 스테이지 동안 전술한 노이즈 파라미터들을 이용하는 하나 이상의 노이즈 감소 알고리즘의 적용에 의해 입력 파형에 대한 노이즈 감소를 위한 예시적인 시스템 구성을 개략적으로 예시하고 있다.

도 5b는 기준 수신 채널이 대역내 노이즈를 검출하는 데 이용되는 대안의 예시적인 시스템을 개략적으로 예시하고 있다.

도 6a 및 도 6c는 대역외 파형의 각자의 윈도우의 프로세싱에 기초하여, 대역내 파형의 상이한 시간 윈도우들이 억제되는, 대역외 파형에서의 노이즈의 검출에 기초한 입력 파형에 대한 노이즈 감소를 위한 예시적인 시스템 구성을 예시하며, 여기서 대역내 파형의 노이즈 윈도우들은 대역외 파형의 윈도우 내의 전력 양에 의존하는 감소 값(subtrahend value)을 사용하여 감산하는 것에 의해 보정된다.

도 6b는 노이즈 특성화 스테이지에서 대역내 파형의 윈도우들의 신호 전력 대 대역외 파형의 각자의 윈도우들의 신호 전력을 보여주는 예시적인 산점도(scatter plot)를 예시하고 있다.

도 6d는 대역외 파형의 각자의 윈도우의 프로세싱에 기초하여, 대역내 파형의 상이한 시간 윈도우들이 억제되는, 대역외 파형에서의 노이즈의 검출에 기초한 입력 파형에 대한 노이즈 감소를 위한 예시적인 시스템 구성을 예시하며, 여기서 대역내 파형의 노이즈 윈도우들은 대역외 파형의 윈도우 내의 전력 양에 의존하는 감쇠 인자(attenuation factor)와 곱하는 것에 의해 보정된다.

도 6e 및 도 6f는 대역내 파형의 상이한 시간 윈도우들이 초기에 주로 신호 또는 노이즈인 것으로 식별되고, 그 후에 신호 윈도우들에 의해 둘러싸인 노이즈 윈도우들이 잘못된 것일 가능성이 있는 것으로 식별되어 재분류되고, 반대로 노이즈 윈도우들에 의해 둘러싸인 신호 윈도우들이 잘못된 것으로 식별되어 노이즈로서 재분류되는 방법에 관한 차트들을 도시하고 있다.

도 6g 및 도 6h는 기준 파형의 각자의 윈도우의 프로세싱에 기초하여, 대역내 파형의 상이한 시간 윈도우들이 억제되는, 기준 수신 채널로 측정되는 필터링된 기준 파형에서의 노이즈의 검출에 기초한 입력 파형에 대한 노이즈 감소를 위한 예시적인 시스템 구성을 예시하며, 여기서 대역내 파형의 노이즈 윈도우들은 필터링된 기준 파형의 윈도우 내의 전력 양에 의존하는 감수 값을 사용하여 감소하는 것에 의해 보정된다.

도 6i는 필터링된 기준 파형의 각자의 윈도우의 프로세싱에 기초하여, 대역내 이미징 파형의 상이한 시간 윈도우들이 보정되는, 기준 수신 채널로 측정되는 필터링된 기준 파형에서 측정된 노이즈에 기초한 입력 파형에 대한 노이즈 감소를 위한 예시적인 시스템 구성을 예시하며, 여기서 대역내 이미징 파형의 노이즈 윈도우들은 필터링된 기준 파형의 윈도우 내의 전력 양에 의존하는 감쇠 인자에 의해 보정된다.

도 7a 및 도 7b는 하나 이상의 노이즈 검출 파형 - 이들 중 적어도 하나의 노이즈 검출 파형은 이미징 대역의 대역외에 있는 신호들을 포함함 - 에서 검출된 노이즈에 기초한 입력 파형에 대한 노이즈 감소를 위한 예시적인 시스템 구성을 예시하고 있다. 대역내 파형의 상이한 시간 윈도우들은 하나 이상의 노이즈 검출 파형을 프로세싱하는 것에 의해 식별된 하나 이상의 패턴에 따라 노이즈 감소를 겪는다.

도 7c 및 도 7d는 대역내 이미징 파형의 상이한 시간 윈도우들이 하나 이상의 기준 파형을 프로세싱하는 것에 의해 식별된 하나 이상의 패턴에 따라 노이즈 감소를 겪는, 기준 파형에서 검출된 노이즈에 기초한 입력 파형에 대한 감소를 위한 예시적인 시스템 구성을 예시하고 있다.

도 8a 및 도 8b는 대역내 파형의 상이한 시간 윈도우들이 감소 이전에 시간적으로 정렬되는 추정된 대역내 노이즈에 따라 노이즈 감소를 겪는, 대역외 파형에서 검출된 노이즈에 기초한 입력 파형에 대한 노이즈 감소를 위한 예시적인 시스템 구성을 예시하고 있다.

도 8c 및 도 8d는 대역내 파형의 상이한 시간 윈도우들이 감소 이전에 시간적으로 정렬되는 추정된 대역내 노이즈에 따라 노이즈 감소를 겪는, 필터링된 기준 파형에서 검출된 노이즈에 기초한 입력 파형에 대한 노이즈 감소를 위한 예시적인 시스템 구성을 예시하고 있다.

도 8e는 노이즈 보정을 수행할 때 인접 또는 복제(replicate) 스캔 라인들로부터의 척도들이 이용되는, 대역외 파형에서 검출된 노이즈에 기초한 입력 파형에 대한 노이즈 감소를 위한 예시적인 시스템 구성을 도시하고 있다.

도 8f는 노이즈 보정을 수행할 때 인접 또는 복제 스캔 라인들로부터의 척도들이 이용되는, 필터링된 기준 파형에서 검출된 노이즈에 기초한 입력 파형에 대한 노이즈 감소를 위한 예시적인 시스템 구성을 도시하고 있다.

도 9는 노이즈 억제를 위해 구성된 자기 공명 이미징 시스템의 예를 도시하고 있다.

도 10a 내지 도 10c는 (A) 노이즈 소스의 부재 시에 획득된 이미지; (B) 전기해부학적 매핑 시스템(electroanatomic mapping system)을 통해 생성된 노이즈의 존재 시에 획득된 이미지; 및 (C) 어블레이션 생성기(ablation generator)로부터 생성된 노이즈의 존재 시에 획득된 이미지를 보여주는 심장내 초음파 시스템(intra-cardiac echo system)을 사용하여 획득된 예시적인 이미지들을 도시하고 있다.

도 11a 및 도 11b는, (A) 노이즈 감소를 갖지 않는 및 (B) 노이즈 감소를 갖는, 전기해부학적 매핑 시스템으로부터의 노이즈의 존재 시에 획득된 이미지들을 도시하고 있다.

도 11c 내지 도 11e는 감쇠에 의한 노이즈 감소 이후의 전기해부학적 매핑 시스템으로부터의 노이즈의 존재 시에 획득된 이미지들을 도시하며, 여기서 완화 파라미터(relaxation parameter)는 0.5(C), 1(D) 및 1.5(E)로서 설정되었다.

도 12a 및 도 12b는, (A) 노이즈 감소 방법의 적용을 갖지 않는 및 (B) 노이즈 감소 방법의 적용을 갖는, 어블

레이션 생성기로부터의 노이즈의 존재 시에 획득된 이미지들을 도시하고 있다.

도 13a 및 도 13b는, (A) 노이즈 감소 방법의 적용을 갖지 않는 및 (B) 노이즈 감소 방법의 적용을 갖는, 자기 트래킹 시스템으로부터의 노이즈의 존재 시에 획득된 이미지들을 도시하고 있다.

도 14는 이미징 대역, 노이즈 검출 대역에서의 파형들 및 기준 수신 회로로부터의 파형들을 지칭하는 데 사용되는 문구들을 도시하고 있다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0140] 본 개시내용의 다양한 실시예들 및 양태들은 아래에서 논의되는 세부사항들을 참조하여 설명될 것이다. 이하의 설명 및 도면들은 본 개시내용을 예시하며, 본 개시내용을 제한하는 것으로 해석되어서는 안된다. 본 개시내용의 다양한 실시예들에 대한 철저한 이해를 제공하기 위해 수많은 특정 세부사항들이 설명된다. 그렇지만, 특정한 경우들에서, 본 개시내용의 실시예들의 간결한 논의를 제공하기 위해 잘 알려진 또는 종래의 세부사항들은 설명되지 않는다.
- [0141] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어들 "포함한다" 및 "포함하는"은 포함적이고 개방적이며, 배타적이 아닌 것으로 해석되어야 한다. 구체적으로는, 명세서 및 청구범위에서 사용될 때, 용어들 "포함한다" 및 "포함하는" 및 그 변형들은 명시된 특징들, 단계들 또는 컴포넌트들이 포함된다는 것을 의미한다. 이 용어들은 다른 특징들, 단계들 또는 컴포넌트들의 존재를 배제하는 것으로 해석되어서는 안된다.
- [0142] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "예시적인"은 "예, 실례 또는 예시로서 역할하는"을 의미하며, 본 명세서에 개시된 다른 구성들보다 바람직하거나 유리한 것으로 해석되어서는 안된다.
- [0143] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어들 "약" 및 "대략"은 속성들, 파라미터들, 및 치수들의 변동들과 같은, 값들의 범위들의 상한 및 하한에 존재할 수 있는 변동들을 커버하는 것으로 의도된다. 달리 명시되지 않는 한, 용어들 "약" 및 "대략"은 +/- 25 % 이하를 의미한다.
- [0144] 달리 명시하지 않는 한, 임의의 명시된 범위 또는 그룹이 각각의 모든 범위 또는 그룹의 멤버를 개별적으로 지칭하는 것은 물론, 그 안에 포괄되는 각각의 모든 가능한 서브-범위 또는 서브-그룹을 지칭하는 단축된 방식이고, 그 내의 임의의 서브-범위들 또는 서브-그룹들에 대해 이와 유사하다는 것이 이해되어야 한다. 달리 명시되지 않는 한, 본 개시내용은 서브-범위들 또는 서브-그룹들의 각각의 모든 특정 멤버 및 조합에 관련되고 이들을 명시적으로 포함한다.
- [0145] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "~의 정도"는, 양 또는 파라미터와 관련하여 사용될 때, 언급된 양 또는 파라미터의 대략 10분의 1 내지 10배에 걸치는 범위를 지칭한다.
- [0146] 초음파 이미징은, 임의로 매체에서 특정의 방향으로 좁은 음향 펄스를 송신한 후에, 매체로부터 에코들을 수신하는 것에 의존한다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "스캔 라인(scan line)"은 매체 - 이 매체로부터 이미징 에너지가 수신될 것임 - 에서의 공간 방향을 나타내는 라인을 지칭한다. 2D 이미지는 매체 내의 복수의 스캔 라인들로부터 에코들을 수신하는 것에 의해 획득된다. 본 발명자들은 초음파 취득 및/또는 프로세싱 시스템으로부터의 광대역 노이즈를 효과적으로 감소시키는 다양한 방법들 및 시스템들을 고안, 개발 및 테스트 하였다.
- [0147] 이제 도 1a를 참조하면, 하나 이상의 초음파 트랜스듀서(10)가 복수의 스캔 라인들(12)에 걸쳐 초음파 이미징을 수행하도록 제어되는, 예시적인 초음파 이미징 시스템이 도시되어 있다. 트랜스듀서(10)는 제어 및 프로세싱 하드웨어(100)와 인터페이싱하며, 제어 및 프로세싱 하드웨어(100)은 트랜스듀서(10)에 의한 이미징 에너지의 생성 및 방출을 위해 송신기(15)를 임의로 제어한다. 제어 및 프로세싱 하드웨어(100)는, 전형적으로 Tx/Rx(송수신) 스위치(25)를 통해, 하나 이상의 증폭기(20)로 라우팅되는, 트랜스듀서(10)에 의해 검출된 초음파 에너지 신호들을 수신하도록 구성된다.
- [0148] 초음파 트랜스듀서(들)(10)는, 예를 들어, 트랜스듀서(10)의 기계적 스캐닝을 통해, 또는, 예를 들어, 비제한적인 예시로서, 위상 어레이(phased array), 링 어레이(ring array), 선형 어레이(linear array), 매트릭스 어레이(matrix array) 또는 곡선형 어레이(curvilinear array)와 같은, 이미징 요소들의 어레이의 사용을 통한 전자 스캐닝을 통해, 복수의 스캔 라인들(12)과 연관된 공간 영역을 이미징하도록 임의로 구성될 수 있다. 후자의 경우에, 송신 빔포머(transmit beamformer)(26) 및 수신 빔포머(receive beamformer)(27)는 복수의 송신 신호들을 생성하고 복수의 수신된 신호들을 빔포밍하는 데 이용될 수 있다.

- [0149] 본 명세서에서 사용되는 바와 같은, 용어 "수신 회로(receive circuit)"는 일반적으로 전송 라인(예컨대, 동축, PCB 트레이싱들, 다른 것들), 커넥터들, mux/demux, RX/TX 스위치들(25), 증폭기들(20), 슬립 링(slip ring), 변압기들 및 본 기술분야에 공지된 다른 컴포넌트들과 같은 컴포넌트들을 지칭한다.
- [0150] 본 명세서에서 사용되는 바와 같은, 용어 "트랜스듀서 수신 회로(transducer receive circuit)"는 사용 시에 초음파 신호들을 수신하도록 구성된 하나 이상의 초음파 트랜스듀서 요소(10)에 접속된 수신 회로를 포함할 수 있다.
- [0151] 본 명세서에서 사용되는 바와 같은, 어구 "초음파 수신 신호 체인(ultrasound receive signal chain)"은 수신 회로를 포함하지만, 신호가 (스캔 변환(scan conversion)을 통하는 것과 같은) 이미지로 변환되는 프로세스 및 후속 이미지 프로세싱에 들어가기 전에, 아날로그-디지털 변환기들(ADC들)과 같은 부가의 컴포넌트들 및, 노이즈 제거 프로세싱 모듈(150)을 포함하지만, 이들로 제한되지 않는, 추가의 디지털 프로세싱 컴포넌트들 및/또는 프로세싱 로직을 포함할 수 있다.
- [0152] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "채널(channel)"은 전도성 전기 회로들, 무선 채널들, 광학 채널들, 또는 다른 신호 경로들을 지칭할 수 있다. 예를 들어, 검출된 이미징 신호들에 의해 통과되는(traversed) 경로를 표기하는, 이미징 수신 채널이 도 1a에서 13에 도시되어 있다. 이 시스템은 (어레이 내의 각각의 압전 트랜스듀서 요소 또는 압전 트랜스듀서 요소 그룹들을 위한 채널이 있을 수 있는 어레이 트랜스듀서에 대해 그러할 수 있는 바와 같이) 트랜스듀서당 단일 수신 채널, 또는 트랜스듀서당 몇 개의 수신 채널을 이용할 수 있다. ASIC들 및 다른 디바이스들은 하나 초과와 압전 트랜스듀서 요소로부터의 채널을 따라 신호들을 다중화하기 위해 신호 수신 체인을 따라 사용될 수 있다.
- [0153] "이미징 모드(imaging mode)"에서, 이 시스템은 에너지를 매체로 임의로 전송하도록해, 그리고 이미징 주파수 대역(이후 "이미징 대역(imaging band)"이라고 지칭됨) 내부의 이미징 에너지를 검출하도록 트랜스듀서(10)를 제어하도록 구성될 수 있다. 이미징 대역은, 이미징 에너지가 검출되는, 단일 연속 주파수 대역, 또는 (고조파 이미징에서와 같은) 2개 이상의 주파수 간격을 구성할 수 있다. 이미징 대역 내부의 이미징 에너지 또는 노이즈는 이후부터 "대역내(in-band)"인 것으로 지칭된다.
- [0154] 도 14는 다양한 파형들을 설명하는 데 사용되는 그룹화 및 용어의 표현이다.
- [0155] 이 시스템은, 트랜스듀서에 접속된 하나 이상의 채널을 통해, 하나 이상의 부가의 주파수 대역에서 에너지를 검출하도록 또한 구성될 수 있으며, 여기서 적어도 하나의 주파수 대역은, 적어도 부분적으로, 이미징 대역을 벗어나 있다. 이러한 하나 이상의 부가의 주파수 대역은 이후부터 "검출 대역(detection band)"이라고 지칭된다. 이미징 대역을, 적어도 부분적으로, 벗어나 있는 파형은 이후부터 "대역외(out-of-band)"인 것으로 지칭된다. 일부 경우들에서, 검출 대역은 이미징 대역 내부에 존재할 수 있다. 주파수 성분들이 이미징 대역 전체 내부에 또는 이미징 대역 내부의 서브대역들에 있는, 전체적으로 이미징 대역 내부에 있는 파형은 이후부터 "대역 내부(within-band)"인 것으로 지칭된다. 노이즈 검출 대역들은 대역외 또는 대역 내부일 수 있다. 트랜스듀서가 이미징 모드에서 사용될 때(즉, 트랜스듀서가 이미징 에너지를 검출할 때) 검출 대역 내부에서의 신호대 노이즈 비가 이미징 대역에서의 신호대 노이즈비보다 실질적으로 작도록 적어도 하나의 검출 대역이 선택될 수 있다. 예를 들어, 검출 대역은 이미징 대역의 반치전폭(full-width, half-maximum) 대역폭 또는 이용된 신호의 최대 세기 미만의 임계값에 대응하는 다른 대역폭 밖에 있을 수 있다.
- [0156] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "이미징 파형(imaging waveform)"은 이미징 트랜스듀서가 이미징 에너지를 수신하고 있거나 이미징 에너지를 수신할 것으로 예상될 때 이미징 트랜스듀서 수신 회로로부터 획득되는 파형(아날로그 또는 디지털적으로 샘플링됨)을 지칭한다.
- [0157] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 문구 "대역내 이미징 파형(in-band imaging waveform)"은 이미징 대역 내에 있는 이미징 파형(아날로그 또는 디지털적으로 샘플링됨)을 지칭한다. 대역내 이미징 파형은 이미징 에너지를 포함할 것으로 예상되며 원하지 않는 노이즈 에너지를 또한 포함할 수 있다. 본 개시내용의 다양한 예시적인 실시예들에서, 디노이징된 이미지의 생성을 위한 노이즈 에너지를 제거하기 위해 대역내 이미징 파형이 프로세싱된다.
- [0158] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 문구 "검출 대역 이미징 파형(detection-band imaging waveform)"은 이미징 트랜스듀서 수신 채널로부터 획득되고 하나 이상의 노이즈 검출 대역 내부에 존재하는 파형을 지칭한다. 검출 대역 이미징 파형은 대역외 또는 대역 내부일 수 있다. 예를 들어, 이미징 대역 내부에서의 노이즈의 존재를 확인하기 위해, 대역 내부 노이즈 검출 이미징 파형이 이용될 수 있다. 보다 구체적으로는, 이미징 대역 밖

에 있는 노이즈 성분을 갖는 노이즈 소스가 이미징 대역 내부의 노이즈 성분을 또한 갖는다는 것을 확인하기 위해 "대역 내부 노이즈 검출 이미징 파형(within-band noise-detection imaging waveform)"이 이용될 수 있다. 적어도 부분적으로, 이미징 대역 밖에 있는 검출 대역 이미징 파형은 "대역외 노이즈 검출 파형(out-of-band noise-detection waveform)"이라고 지칭된다.

- [0159] 도 1a를 참조하면, 이 시스템은 "노이즈 특성화 모드(noise-characterization mode)"에 있도록 구성될 수 있으며, 이 모드 동안 트랜스듀서(10)는 에너지를 매체로 전송하지 않고 매체로부터의 이미징 에너지를 검출하지 않는다.
- [0160] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 문구 "노이즈 특성화 파형(noise-characterization waveform)"은 이미징 트랜스듀서가 이미징 에너지를 수신하지 않을 때 획득되는 파형을 지칭한다.
- [0161] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 문구 "대역내 노이즈 특성화 파형(in-band noise-characterization waveform)"은 이미징 트랜스듀서가 이미징 에너지를 수신하지 않을 때 이미징 트랜스듀서 수신 채널로부터 획득되는, 이미징 대역에 존재하는 파형을 지칭한다.
- [0162] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 문구 "검출 대역 노이즈 특성화 파형(detection-band noise-characterization waveform)"은 이미징 트랜스듀서가 이미징 에너지를 수신하지 않을 때 이미징 트랜스듀서 수신 채널로부터 획득되는, 노이즈 검출 대역에 존재하는 파형을 지칭한다. 적어도 부분적으로, 이미징 대역 밖에 있는 검출 대역 노이즈 특성화 파형은 "대역외 노이즈 특성화 파형(out-of-band noise characterization waveform)"이라고 지칭된다. 전체적으로 이미징 대역 내부에 있는 검출 대역 노이즈 특성화 파형은 "대역 내부 노이즈 특성화 파형(within-band noise characterization waveform)"이라고 지칭된다.
- [0163] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 문구 "베이스라인 노이즈 특성화 파형(baseline noise-characterization waveform)"은, 베이스라인 노이즈 특성화 파형이 선택된 노이즈 소스에 대한 베이스라인을 제공하도록, 이미징 트랜스듀서가 이미징 에너지를 수신하고 있지 않을 때, 그리고 선택된 노이즈 소스가 오프일 것으로 예상될 때 (즉, 노이즈 생성의 부재) 획득되는 파형을 지칭한다. 이미징 대역 내에 있는 베이스라인 노이즈 특성화 파형을 "대역내 베이스라인 노이즈 특성화 파형(in-band baseline noise-characterization waveform)"이라고 지칭된다. 노이즈 검출 대역 내에 있는 베이스라인 노이즈 특성화 파형은 "검출 대역 베이스라인 노이즈 특성화 파형(detection-band baseline noise-characterization waveform)"이라고 지칭된다.
- [0164] 도 1a를 다시 참조하면, 이미징 동안 하나 이상의 트랜스듀서 수신 회로에 커플링되는 노이즈와 유사한 노이즈 에너지를 검출할 수 있으면서, 이미징 동안 반사된 초음파 신호들을 수신하지 않도록 구성된 수신 회로를 포함하는 임의적 기준 수신 회로(11)가 제공될 수 있다. 기준 수신 회로는 트랜스듀서 수신 회로의 하나 이상의 컴포넌트를 이용할 수 있다(예를 들어, 기준 수신 회로 및 트랜스듀서 수신 회로는 증폭기 또는 ADC의 상이한 채널들을 이용할 수 있다).
- [0165] 하나의 예시적인 구현에서, 이 시스템은, 반사된 초음파(reflected ultrasound wave)를 트랜스듀싱(transduce)하지 않도록 음향적으로 격리되거나 비활성화되지만 이미징 트랜스듀서 수신 회로에 의해 수신된 노이즈에 민감한 기준 초음파 트랜스듀서(도시되지 않음)에 임의로 접속되는, 하나 이상의 기준 수신 채널을 통해 이미징 대역 내부에서 노이즈를 검출하도록 구성될 수 있다. 하나 이상의 이미징 트랜스듀서(10) 및 하나 이상의 기준 트랜스듀서는 공통의 공간 방향으로 배향될 필요가 없다.
- [0166] 하나 이상의 기준 트랜스듀서 수신 회로 또는 기준 전기 수신 회로에 의해 (기준 수신 채널을 통해) 수신된 신호들은 이후부터 기준 파형들이라고 지칭된다. 기준 파형은 주로 노이즈이며 이미징 에너지가 아니다.
- [0167] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 문구 "기준 파형(reference waveform)"은 하나 이상의 기준 수신 채널로부터 획득된 파형을 지칭한다. 기준 파형은 이미징 대역 내부에 그리고/또는 이미징 대역 밖에 존재하도록 필터링될 수 있다.
- [0168] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 문구 "기준 노이즈 검출 파형(reference noise-detection waveform)"은 이미징 트랜스듀서가 이미징 에너지를 수신하고 있거나 수신할 것으로 예상될 때 기준 수신 채널로부터 획득된 기준 파형을 지칭한다.
- [0169] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 문구 "기준 노이즈 특성화 파형(reference noise-characterization waveform)"은 이미징 트랜스듀서가 이미징 에너지를 수신하고 있지 않을 때 기준 수신 채널로부터 획득된 기준 파형을 지칭한다.

- [0170] 이 시스템은 검출 대역 파형들 및 기준 파형들의 조합을 사용하여 노이즈를 억제하도록 임의로 구성될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 문구 "노이즈 검출 파형(noise-detection waveform)"은 기준 파형 또는 검출 대역 파형을 지칭한다. 이 시스템이 이미징 모드에 있고 이미징 트랜스듀서 수신 회로가 이미징 에너지를 수신하고 있거나 수신할 것으로 예상될 때, 노이즈 검출 파형은 "노이즈 검출 이미징 파형(noise-detection imaging waveform)"이라고 지칭된다. 이 시스템이 노이즈 특성화 모드에 있고 이미징 트랜스듀서 수신 회로가 이미징 에너지를 수신하고 있지 않을 때, 노이즈 검출 파형은 "노이즈 검출 특성화 파형(noise-detection characterization waveform)"이라고 지칭된다.
- [0171] 비록 도 1a가 단일 트랜스듀서 요소를 도시하고 있지만, 도 1a에 도시된 실시예가 단지 하나의 비제한적인 예시적인 구성을 제공할 뿐이고, 다수의 압전 요소들을 갖는 트랜스듀서들이 이용될 수 있음이 이해될 것이다. 예를 들어, 하나의 예시적인 실시예에서, 복수의 트랜스듀서 요소들은 위상 어레이 또는 선형 어레이 또는 2D 어레이로서 제어될 수 있다. 게다가, 트랜스듀서는 다차원 2D 단면 이미지들 또는 3D 볼륨들(시간에 따른 3D 이미지들을 포함하는 4D 이미징 데이터 세트들을 포함함)을 생성하는 목적을 위해 이미징 에너지를 전송하는 것으로 제한되지 않을 수 있고, 흐름의 도플러 평가에 사용되는 트랜스듀서들, (예컨대, 전체가 참고로 포함되는, 발명의 명칭이 "Active localization and visualization of minimally invasive devices using ultrasound"인 미국 특허 공개 제2016/0045184호에 설명된 바와 같은) 초음파 비컨들로서 사용되는 트랜스듀서들, 또는 (예컨대, 전체가 참고로 포함되는, 발명의 명칭이 "Ultrasonic probe with ultrasonic transducers addressable on common electrical channel"인 미국 특허 공개 제2012/0197113호에 설명된 바와 같은) 움직이는 요소들의 위치를 감지하는 데 사용되는 초음파 트랜스듀서들을 포함할 수 있다.
- [0172] 트랜스듀서는 도 1a에 도시된 바와 같이 이미징 에너지를 전송하기도 하고 수신하기도 하는 것으로 제한되지 않을 수 있고, 광학 에너지(광음향 이미징(photoacoustic imaging))와 같은, 다른 수단에 의해, 또는 별개의 초음파 트랜스듀서에 의해 여기된 매체로부터 초음파 에너지를 수신하는 트랜스듀서들을 포함할 수 있다. 게다가, 비록 도 1a가 상이한 방향들로 복수의 스캔 라인들과 연관된 공간 영역을 이미징하기 위한 구성을 도시하지만, 스캔 라인들은, M-모드 이미징에서 또는, 흐름을 평가하기 위한 펄스파 또는 연속파 도플러와 같은, 특정한 도플러 모달리티들 동안과 같이, 단방향일 수 있다.
- [0173] 하나의 예시적인 실시예에서, 단일 트랜스듀서 수신 채널은 이미징 대역 내부에서 이미징 에너지를 수신하도록, 그리고 동시발생적으로(coincidentally) 또한 하나 이상의 노이즈 검출 대역 - 이들 중 적어도 하나는 대역외 노이즈를 포함함 - 내부에서 부가의 에너지를 수신하도록 구성된다. 다른 예에서, 하나 이상의 이미징 트랜스듀서 수신 채널은 이미징 대역 내부에서 이미징 에너지를 수신하는 데 이용될 수 있고, 하나 이상의 트랜스듀서 수신 채널은 하나 이상의 노이즈 검출 대역 - 이들 중 적어도 하나는 대역외 노이즈를 포함함 - 내부에서 부가의 에너지를 수신하는 데 이용될 수 있다. 또 다른 예에서, 하나 이상의 기준 수신 채널은 이미징 대역에서 이미징 에너지로부터 격리되어 있으면서 노이즈 에너지(즉, 기준 노이즈 검출 파형들)를 수신하는 데 이용될 수 있다. 기준 수신 채널은 이미징 대역 통과 필터를 사용하여 이미징 트랜스듀서 수신 채널과 유사한 방식으로 필터링될 수 있다. 대안적으로, 몇몇 실시예들에서, 기준 수신 채널이 전혀 필터링되지 않을 수 있거나, 이미징 대역 내부의 노이즈의 추정을 보다 잘 용이하게 하기 위해 이미징 대역 통과 필터와 상이한 필터들을 가질 수 있다.
- [0174] 제어 및 프로세싱 하드웨어(100)는, 예를 들어, 하나 이상의 프로세서(110), 메모리(115), 시스템 버스(105), 하나 이상의 입/출력 디바이스(120), 및 통신 인터페이스(135), 데이터 취득 인터페이스(140), 디스플레이(125), 및 외부 스토리지(130)와 같은 복수의 임의적인 부가 디바이스들을 포함할 수 있다.
- [0175] 도 1a에 도시된 예시적인 시스템이 비제한적인 예시적인 실시예를 예시하고, 도시된 컴포넌트들로 제한되는 것으로 의도되지 않음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 이 시스템은 하나 이상의 부가의 프로세서 및 메모리 디바이스들을 포함할 수 있다. 게다가, 제어 및 프로세싱 하드웨어(100)의 하나 이상의 컴포넌트는 프로세싱 디바이스와 인터페이스되는 외부 컴포넌트로서 제공될 수 있다. 예를 들어, 도면에 도시된 바와 같이, 임의적 송신 빔포머(26) 및 임의적 수신 빔포머(27)가 (파선 내에 도시된 바와 같이) 제어 및 프로세싱 하드웨어(100)의 컴포넌트로서 포함될 수 있거나, 하나 이상의 외부 디바이스로서 제공될 수 있다.
- [0176] 본 개시내용의 일부 양태들은, 컴퓨팅 시스템 상에서 실행될 때, 컴퓨팅 시스템을 본 명세서에 개시된 신호 프로세싱 및 노이즈 감소 방법들, 또는 그의 변형들을 수행할 수 있는 특수 목적 컴퓨팅 시스템으로서 구성하는 소프트웨어로, 적어도 부분적으로, 구체화될(embodied) 수 있다. 즉, 이 기술들은 컴퓨터 시스템 또는 다른 데이터 프로세싱 시스템에서, 마이크로프로세서, CPU 또는 GPU와 같은, 그의 프로세서가, ROM, 휘발성 RAM, 비휘

발성 메모리, 캐시, 자기 및 광학 디스크들, 클라우드 프로세서들, 또는 원격 저장 디바이스들과 같은, 메모리에 들어 있는 명령어들의 시퀀스들을 실행하는 것에 응답하여 수행될 수 있다. 게다가, 명령어들은, 컴파일된 및 링크된 버전의 형태로와 같이, 데이터 네트워크를 통해 컴퓨팅 디바이스로 다운로드될 수 있다. 대안적으로, 위에서 논의된 바와 같은 프로세스들을 수행하는 로직은, LSI들(large-scale integrated circuits), ASIC들(application-specific integrated circuits)로서의 개별 하드웨어 컴포넌트들, 또는 EEPROM들(electrically erasable programmable read-only memory) 및 FPGA들(field-programmable gate arrays)과 같은 펌웨어와 같은, 부가의 컴퓨터 및/또는 머신 판독가능 매체들에서 구현될 수 있다.

[0177] 컴퓨터 판독가능 매체는 데이터 프로세싱 시스템에 의해 실행될 때 이 시스템으로 하여금 다양한 방법들을 수행하게 하는 소프트웨어 및 데이터를 저장하는 데 사용될 수 있다. 실행가능 소프트웨어 및 데이터는, 예를 들어, ROM, 휘발성 RAM, 비휘발성 메모리 및/또는 캐시를 포함한 다양한 장소들에 저장될 수 있다. 이 소프트웨어 및/또는 데이터의 부분들은 이러한 저장 디바이스들 중 임의의 것에 저장될 수 있다. 일반적으로, 머신 판독가능 매체는 머신(예컨대, 컴퓨터, 네트워크 디바이스, 개인 휴대 정보 단말(personal digital assistant), 제조 툴(manufacturing tool), 하나 이상의 프로세서들의 세트를 갖는 임의의 디바이스 등)에 의해 액세스가능한 형태로 정보를 제공하는(즉 저장 및/또는 전송하는) 임의의 메커니즘을 포함한다.

[0178] 컴퓨터 판독가능 매체들의 예들은, 그 중에서도, 휘발성 및 비휘발성 메모리 디바이스들, 판독 전용 메모리(ROM), 랜덤 액세스 메모리(RAM), 플래시 메모리 디바이스들, 플로피 및 다른 이동식 디스크들, 자기 디스크 저장 매체들, 광학 저장 매체들(예컨대, CD들(compact discs), DVD들(digital versatile disks) 등), 네트워크 어태치 스토리지(network attached storage), 클라우드 스토리지와 같은 기록가능(recordable) 및 비-기록가능(non-recordable) 유형 매체들을 포함하지만 이들로 제한되지 않는다. 명령어들은 전기, 광학, 음향 또는, 캐리어 파들(carrier waves), 적외선 신호들, 디지털 신호들, 및 이와 유사한 것과 같은, 다른 형태들의 전파 신호들을 위한 디지털 및 아날로그 통신 링크들에서 구체화될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 어구들 "컴퓨터 판독가능 재료" 및 "컴퓨터 판독가능 저장 매체"는, 일시적 전파 신호(transitory propagating signal) 그 자체를 제외한, 모든 컴퓨터 판독가능 매체들을 지칭한다.

[0179] 본 명세서에 설명된 실시예들 중 다수는 환경에서 감지된 노이즈에 기초한 노이즈 감소 필터의 조정을 이용한다. 일부 예시적인 구현들에서, 아래의 예시적인 실시예들에서 설명된 파형들, 데이터, 필터 파라미터들 및 다른 관련 정보 중 하나 이상은 네트워크로 전송가능할 수 있고 노이즈 감소 필터 구현의 추가 분석 및/또는 최적화를 위해 원격으로 평가될 수 있다. 일단 최적화되면, 개선된 노이즈 감소를 가능하게 해주기 위해 노이즈 감소 필터 알고리즘들 및/또는 파라미터들이 이어서 이 시스템으로 전송될 수 있다.

[0180] 도 1a에 도시된 바와 같이, 예시적인 제어 및 프로세싱 하드웨어(100)는 이미징 프로세싱 모듈(145) 및 노이즈 억제 모듈(150)을 포함한다. 이미지 프로세싱 엔진(145)은, 스캔 변환(scan conversion)과 같은, 알려진 이미지 프로세싱 방법들을 실행하도록 구성 또는 프로그래밍될 수 있다.

[0181] 본 실시예들 중 몇몇이 실시간 노이즈 감소를 가능하게 해주는 방식으로 예시되고 설명되었지만, 노이즈 감소가 포스트-프로세싱(post-processing) 방식으로 발생할 수 있음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 트랜스듀서 수신 채널 또는 기준 수신 채널 상의 데이터는 본 발명의 설명된 실시예들에서의 임의의 필터링, 엔벨로프 검출, 시프팅, 형상/위상 또는 지연 조정들, 신호 특성화, 감쇠, 감산 또는 다른 단계들 이전에 또는 그 이후에 디지털화 및 저장될 수 있다.

[0182] 도 1b는 이미지 생성 이전에 이미징 트랜스듀서 수신 채널로부터의 검출된 대역내 이미징 파형을 프로세싱하기 위해 제어 및 프로세싱 하드웨어(100) 및 수신 채널에 의해 이용될 수 있는 단계들의 예를 예시하고 있다. 이미징 트랜스듀서 수신 회로로부터의 검출된 파형은 아날로그-디지털 변환(203) 이전에 증폭(201)되고 필터링(202)될 수 있다. 일단 디지털화되면, (다수의 통과 대역들 및 저지 대역들을 이용할 수 있는) 대역 통과 필터(200)는 검출된 파형을 필터링하고 이미징 대역에서의 신호를 유지하는 데 이용된다. 필터링된 파형의 엔벨로프는 이어서 엔벨로프 검출기(210)를 통해 생성된다. 결과적인 엔벨로프 검출된 파형은 이어서 임의로 데시메이트(decimated) 또는 확장(expanded)(220)되고 이미지의 생성을 위해 이미지 프로세싱 모듈(230)에 제공된다.

[0183] 도 1a를 다시 참조하면, 예시적인 제어 및 프로세싱 하드웨어(100)는 하나 이상의 노이즈 억제 모듈(150)을 포함하고, 노이즈 억제 모듈(150)은, 아래에서 상세히 설명되는 노이즈 감소 알고리즘들에 따라, 노이즈의 기여분을 감소시키기 위해 검출된 데이터(예컨대, 원시 RF 데이터, 엔벨로프 데이터, 또는 이미지 데이터)를 프로세싱하기 위한 명령어들을 포함한다. 아래에서 설명되는 바와 같이, 본 명세서에 개시된(및 도 1a에 노이즈 억제 모듈(150)로 나타내어진) 노이즈 억제 알고리즘들은, 하나 이상의 노이즈 검출 파형을 프로세싱한 것에 기초하

여, 도 1b에 도시된 프로세싱 흐름 동안 몇 개의 잠재적 단계에서 노이즈를 제거 또는 감소시키는 데 이용될 수 있다. 어레이 트랜스듀서들을 사용하는 시스템들의 경우에, 빔포밍 이전에 또는 그 이후에(또는 둘 다에서) 노이즈 억제가 발생할 수 있다. 아래에서 상세히 설명되는 다양한 예시적인 실시예들에서, 이미징 데이터(원시 파형들, 샘플링된 파형들, 엔벨로프 파형들, 푸리에 변환된 신호들, 및 프로세싱된 이미지 데이터를 포함하지만, 이들로 제한되지 않음)의 노이즈 감소가 신호 에너지(전력, 진폭, 강도, 또는 신호 세기의 다른 척도들)의 측정치들 또는 (이미징 수신 채널을 통해 검출된 대역의 노이즈 검출 이미징 파형 또는 기준 수신 채널 상에서 검출된 기준 노이즈 검출 파형과 같은) 노이즈 검출 파형의 파형 패턴들에 기초하여 수행된다. 많은 실시예들에서 실질적으로 이미징 에너지가 없는 노이즈 검출 파형은 이미징 대역(또는 이미징 대역들) 내부의 노이즈와 상관되거나 이미징 대역(또는 이미징 대역들) 내부의 노이즈와 동시발생적인(coincidental) 노이즈를 포함할 수 있다. 이미징 대역 노이즈와 노이즈 검출 파형에 의해 검출된 노이즈 사이의 하나 이상의 관계는 이미징 대역 노이즈의 제거 또는 감소(예컨대, 억제)를 위한 이미징 대역 신호들의 보정을 위해 이용될 수 있다.

[0184] **체내 이미징을 위한 기준 수신 회로의 구현들**

[0185] 이제 도 1c를 참조하면, 환자 인터페이스 모듈(patient interface module, PIM)(300)을 통해 제어 및 프로세싱 하드웨어(100)에 접속되는 체내 이미징 프로브(intracorporeal imaging probe)(350)를 사용한 영역의 초음파 이미징을 위한 예시적인 시스템이 도시되어 있다. 체내 초음파 이미징 디바이스는, 임의로 기계적 또는 전자적 스캐닝을 통해, 1차원, 2차원 또는 3차원 영역으로부터 음향 이미징 에너지를 수신하도록 구성될 수 있다.

[0186] 이미징 프로브(350)는 그의 길이의 적어도 일 부분을 따라 임의적 도관(conduit)(354)을 통과하는 전기 및/또는 광학 채널(354)을 갖는 그의 근위 단부로부터 멀리 떨어진 이미징 어셈블리(353), 및 그의 근위 단부에 있는 커넥터(351)를 포함한다. 본 개시내용의 목적들을 위해, 이미징 어셈블리(353)는 일반적으로 이미징 어셈블리에 인접한 영역을 이미징하는 목적들을 위해 이미징 에너지(예컨대, 음향 또는 광학 신호들)가 검출되는 이미징 프로브(350)의 컴포넌트 또는 컴포넌트들의 집합체를 지칭한다. 이미징 어셈블리는 임의로 하나 이상의 이미징 에너지 방출기를 포함할 수 있고, 적어도 하나의 이미징 에너지 수신기를 포함한다. 예를 들어, 이미징 어셈블리는 음향 에너지의 방출기 및 수신기 둘 다인 초음파 이미징 트랜스듀서(10)를 포함할 수 있다. 초음파 이미징 트랜스듀서는 기계적 스캐닝을 용이하게 하기 위해 체내 초음파 이미징 프로브의 중공 시스(hollow sheath) 내에 하우징된 회전가능한 도관 또는 샤프트(예컨대, 토크 케이블(torque cable))(352)에 임의로 부착되거나 다른 방식으로 접속된 이미징 어셈블리 상에 장착될 수 있다.

[0187] 임의적 PIM(300)은, 이미징 프로브(350)가 제어 및 프로세싱 하드웨어(100)에 직접 접속되지 않을 때와 같이, PIM 케이블(320)을 통해 임의의 와이어들 또는 도관들 내에서 신호들을 적절한 이미지 프로세싱 유닛(100)으로 전송하는 것을 용이하게 한다. PIM은 하나 이상의 트랜스듀서 수신 채널로부터의 신호들을 증폭시키기 위해 하나 이상의 증폭기(20)를 포함할 수 있다. PIM은 회전가능한 도관(354)에 회전 운동을 부여하는 모터 구동 유닛(301)을 임의로 포함할 수 있다. 모터 구동 유닛(301)은 프로브(350)의 신호들을 제어 및 프로세싱 하드웨어(100)에 커플링시키는 슬립 링, 로터리 변압기(rotary transformer) 또는 다른 컴포넌트를 포함할 수 있는데, 따라서 PIM 케이블(320)이 회전하지 않는 동안 이미징 도관이 회전할 수 있게 해준다. PIM(300)은 이미징 어셈블리(353)의 종방향 병진(longitudinal translation)을 용이하게 하기 위해 풀백(pullback) 메커니즘(302) 또는 왕복 푸시-풀(reciprocating push-pull) 메커니즘을 또한 임의로 포함할 수 있다. 이미징 어셈블리의 그러한 종방향 병진은 이미징 도관을 둘러싸는 외부 샤프트의 종방향 병진과 함께 발생할 수 있거나, 비교적 정지된 외부 샤프트 내에서 발생할 수 있다.

[0188] 이미징 시스템 내의 많은 전기 컴포넌트들은 환경 노이즈 소스들로부터 원하지 않는 에너지를 픽업(pick up)할 수 있다. 그러한 컴포넌트들의 예들은 이미징 어셈블리(353), 이미징 도관(352), 모터 구동 유닛(301) 및 PIM 케이블(320)을 포함한다. 이미징 수신 회로에 의해 검출된 노이즈와 상관된 노이즈를 검출하는 하나 이상의 기준 수신 회로는 대역내 노이즈를 억제하는 데 유용할 수 있다. 이하는 초음파 이미징 시스템에서의 이미징 신호의 노이즈 감소를 위한 기준 수신 회로들의 예시적인 구현들이다.

[0189] 도 1d는 이미징 트랜스듀서가 이미징 프로브(350) 내에 존재하는 하나 이상의 비-이미징 기준 트랜스듀서(361)에 의해 복제되는 예시적인 실시예를 도시한다. 기준 트랜스듀서는 임의적 도관(352) 및 커넥터(351)를 통과하는 그 자신의 전기 채널(360)을 갖는다. 기준 트랜스듀서(361)는, 이미징 에너지를 수신하는 것으로부터 음향적으로 격리되도록, 예폭시료 또는 어떤 다른 음향 댐핑 재료(362)로 코팅될 수 있다. 대안적으로, 압전기(piezoelectric)는 압전기를 비활성으로 만들기 위해 디폴링될(de-poled) 수 있거나, 음향적으로 민감하지 않은 기관으로 다른 방식으로 대체될 수 있다. 이 구현은, 음향 이미징 에너지를 수신하도록 구성된 복수의 초음파

트랜스듀서 요소들이 있을 수 있는, 어레이 트랜스듀서들로 확장될 수 있다. 어레이의 하나 이상의 요소는 음향 이미징 에너지를 트랜스듀싱하지 않도록 음향적으로 둔감(Insensitive)할 수 있고 기준 트랜스듀서 수신 회로로서 기능할 수 있다.

[0190] 도 1e는 이미징 프로브가, 각각이 개별적인 전기 채널(370 및 354)을 갖는, 2개 이상의 이미징 트랜스듀서를 포함하는 예시적인 실시예를 예시하고 있다. 2개 이상의 이미징 트랜스듀서는 실질적으로 비-오버랩하는 스펙트럼 대역폭들에서 음향 이미징 에너지를 수신하도록 민감할 수 있다. 예를 들어, 제1 트랜스듀서는 10MHz를 중심으로 한 주파수들에 대한 음향 에너지를 수신하도록 구성될 수 있고, 제2 이미징 트랜스듀서는 40MHz를 중심으로 한 주파수들에 대한 이미징 에너지를 수신하도록 구성될 수 있다. 10MHz 트랜스듀서의 40MHz 대역은 40MHz 트랜스듀서에 대한 기준 노이즈 채널로서 기능할 수 있고, 이와 유사하게, 40MHz 트랜스듀서의 10MHz 대역은 10MHz 트랜스듀서에 대한 기준 노이즈 채널로서 기능할 수 있다.

[0191] 도 1f는 이미징 트랜스듀서 수신 채널이 이미징 프로브 내에 존재하는 기준 수신 회로에 의해 복제되는 예시적인 실시예를 예시하고 있다. 기준 수신 회로는, 기준 전기 회로(381)의 전기적 임피던스가 이미징 트랜스듀서 수신 회로의 임피던스와 매칭되도록 또는 노이즈에 대한 기준 전기 회로의 감도가 노이즈에 대한 트랜스듀서 수신 채널의 감도와 보다 유사하게 되도록 구성된, 저항기들, 인덕터들, 커패시터들 및/또는 다른 컴포넌트들의 어떤 조합을 임의로 가질 수 있다. 그러한 실시예들의 장점은 실제 초음파 트랜스듀서를 요구하지 않는 것에 의해 기준 전기 회로(381)의 컴포넌트들 중 일부보다 더 저렴하고, 제조하기 더 쉬우며, 소형화하기 더 쉬울 수 있다는 것이다. 게다가, 기준 수신 회로의 일 부분은 (자기 액추에이터와 같은, 그러나 이로 제한되지 않는) 액추에이터를 구동하기 위해 에너지를 전송하는 것, 또는 (온도, 압력 또는 위치 감지를 위해 전자기 필드로부터 생성된 전류를 포함하지만, 이로 제한되지는 않는) 신호를 전달하는 것과 같은, 부가의 목적들에 기여할 수 있다. 이미징 신호에서의 노이즈를 감소시키기 위해 기준 노이즈 검출 파형을 단지 수집하는 것 이외의 부가의 목적들을 위한 기준 수신 회로의 그러한 사용은 보다 용이한 소형화, 보다 낮은 비용 및/또는 개선된 기능성을 가능하게 해줄 수 있다.

[0192] 도 1g는 기준 수신 회로(391)가, 이미징 수신 채널과 유사하게, 모터 구동 유닛 및 PIM 케이블에 의해 수신된 노이즈의 영향을 받는 PIM 내에서 중단되는 예시적인 실시예를 예시하고 있다. 여기서 트랜스듀서 수신 회로의 일 부분만이 복제된다. 기준 노이즈 검출은 이미징 트랜스듀서 수신 채널로부터의 대역내 이미징 파형의 노이즈를 추가로 감소시키기 위해 검출 대역(대역외 또는 대역 내부) 노이즈 검출과 조합하여 임의로 사용될 수 있다.

[0193] 검출 대역 파형이 노이즈 검출 파형으로서 이용되는 실시예들이 기준 파형을 생성하기 위해 기준 회로 또는 기준 트랜스듀서의 사용을 이용하는 것들보다 생성하기가 더 저렴할 수 있는데, 그 이유가 이미징 프로브 또는 그 일부가 상이한 환자들에 걸쳐 반복적으로 사용되지 않는 경우들에서와 같이, 전자가 기준 채널의 물리적 구현을 요구하지 않기 때문이라는 점에 유의해야 한다. 기준 채널로부터의 노이즈 검출 파형은, 이미징 대역 내부에 존재하는 노이즈에 관한 정보를 제공할 수 있기 때문에, 일부 이미징 시스템에서 노이즈를 감소시키는 데 보다 효과적일 수 있는 반면, 대역외 노이즈 검출 파형은 대역내 노이즈의 직접 추정치를 제공하지 않고 그 대신에, 자신의 대역내 속성들이 자신의 대역외 속성들에, 적어도 부분적으로, 기초하여 예측될 수 있는 노이즈에 의존한다는 점에 또한 유의한다.

[0194] 검출 대역 파형 또는 기준 노이즈 검출 파형 중 어느 하나를 사용하여 획득된 노이즈 추정치들이 하나 초과인 이미징 채널에서의 노이즈를 감소시키는 데 사용될 수 있음에 또한 유의한다. 예를 들어, 복수의 압전 요소들이 있는 위상 어레이 트랜스듀서에서, 압전 요소들 전부 또는 서브세트에 의해 수집될 수 있는 노이즈를 추정하고, 따라서 동일한 노이즈 추정 스킴을 압전 요소들의 전부 또는 서브세트로부터 수집된 신호들에 적용하기 위해 단일 기준 수신 채널 또는 단일 대역외 노이즈 검출 파형을 사용하는 것이 가능하다.

[0195] **노이즈 측정들**

[0196] 본 개시내용의 이하의 섹션들은 대역외 노이즈 검출, 또는 기준 채널 노이즈 검출, 또는 대역외 노이즈 검출(어쩌면 대역내 노이즈 검출에 의해 추가로 보완됨)과 기준 채널 노이즈 검출 둘 다의 조합에 기초하여 대역내 이미징 데이터의 노이즈 감소를 수행하기 위한 몇몇 상이한 예시적인 실시예들을 설명한다.

[0197] 이하의 예시의 예시적인 실시예들과 관련하여 설명될 바와 같이, 이미징 대역 내부에서의 신호대 노이즈비를 증가시키기 위해 노이즈 검출 파형에서의 측정치들로부터 다양한 노이즈 측정치들 및/또는 노이즈 특성들이 결정될 수 있다. 노이즈 측정치들의 비제한적인 예들은 다음 중 하나 이상을 포함한다:

- [0198] • 노이즈 검출 이미징 파형 및 대역내 이미징 파형에서의 에너지(진폭, 제곱평균제곱근(root-mean-square) 진폭, 평균 전력)의 측정치들;
- [0199] • 2개 이상의 상이한 노이즈 검출 대역에서의 에너지의 측정치들;
- [0200] • 노이즈 검출 파형의 시간, 스펙트럼 및/또는 시간-주파수 속성들; 또는 노이즈 검출 파형을 사용하여 생성된 이미지들에서의 공간 또는 시공간 패턴들(그러한 패턴들을 설명하거나 특성화하는 특징들 또는 파라미터들을 포함함);
- [0201] • 노이즈 검출 이미징 파형의 시간, 스펙트럼 및/또는 시간-주파수 속성들 및 대역내 이미징 파형에서의 동시-발생적(co-incident) 패턴들(이러한 패턴들을 설명하는 특징들을 포함함); 노이즈 검출 파형을 사용하여 생성된 이미지들에서의 공간 또는 시공간 패턴들 및 이미징 트랜스듀서 수신 채널로부터의 대역내 이미징 파형으로부터 생성된 이미지들에서의 동시-발생적 공간 패턴들(그러한 패턴들을 설명하거나 특성화하는 특징들 또는 파라미터들을 포함함);
- [0202] • 노이즈 검출 파형에서 검출된, 에너지 및 고조파 피크들의 스펙트럼 간격과 같은, 파형 특성들에 기초하여 획득된 파라미터들을 사용하여 결정 또는 제어되는 필터 파라미터들.
- [0203] 일부 예시적인 실시예들에서, 이미징 트랜스듀서가 이미징 에너지를 수신하고 있지 않을 때(예컨대, 초음파 펄스의 가장 최근의 방출로부터의 초음파 에너지가 환경으로부터 소멸될 것으로 예상된 후에) 노이즈 특성들의 추정치가 수행될 수 있다. 대안적으로, 노이즈 특성들의 추정은, 이미징 에너지가 검출될 것으로 예상될 때(예컨대, 트랜스듀서가 이미지 취득 모드에 있을 때) 이미징 동안 수행될 수 있다. 노이즈 특성들이 이미징 에너지의 부재 시에 측정되는 일부 예시적인 실시예들에서, 그러한 노이즈 특성들은 노이즈 특성들의 시간 의존적 변화들에 적응하고 이를 보상하기 위해 간헐적으로 업데이트될 수 있다.
- [0204] **이미징 에너지의 부재 시의 측정치들을 사용한 노이즈 감소**
- [0205] 비록 일부 노이즈 감소 실시예들이 이미징 트랜스듀서가 이미징 에너지를 수신하고 있는 동안 노이즈 검출 파형으로부터의 에너지의 측정 및 사용을 수반하지만, 대안의 실시예들은 이미징 에너지의 부재가 있는 시간 기간들 동안 획득되는 노이즈 검출 파형으로부터의 측정을 이용할 수 있거나 또는 이 둘의 조합일 수 있다.
- [0206] 도 5a는 트랜스듀서 수신 채널이 이미징 에너지를 수신하고 있지 않을 동안 노이즈 특성화가 수행되고, 결과적인 노이즈 특성화가 트랜스듀서 수신 채널이 이미징 에너지를 수신하고 있는 동안 취득된 대역내 이미징 파형들의 노이즈 감소를 가능하게 해주는 데 이용될 수 있는 그러한 실시예의 예를 예시하고 있다. 전형적으로, 노이즈 특성화 단계는 노이즈 감소된 이미징 데이터의 취득 및 프로세싱 이전에 발생하지만, 이미징 데이터의 적절한 기록으로, 노이즈 특성화 동안 수집된 정보가 기록된 이미징 데이터에 대해 사후에(post-hoc) 이용될 수 있다.
- [0207] 본 예시적인 방법에 따르면, 이미징 트랜스듀서 수신 채널(13)에 의해 검출된 파형이 노이즈(405)인 것으로 생각되도록, 적어도 하나의 트랜스듀서 수신 회로가 이미징 에너지를 수신하고 있지 않을 것으로 예상되거나 알려져 있을 때 제1 시간 윈도우 동안 트랜스듀서 수신 회로에서 에너지가 검출된다. 검출된 파형은 200 및 410에서 필터링되어 대역내 노이즈 특성화 파형(407) 및 검출 대역 노이즈 특성화 파형(408)을 생성한다.
- [0208] 대역내 노이즈 특성화 파형 및 검출 대역 노이즈 특성화 파형은, 420에 도시된 바와 같이, 그들의 노이즈 속성들을 특성화하기 위해 프로세싱된다. 노이즈 특성화(420)는, 예를 들어, 노이즈를 특성화하는 특성 파라미터들(430)을 생성하는 데 이용될 수 있다. 적당한 노이즈 특성화 파라미터들의 예들은 후속하는 예시적인 실시예들에서 제공된다.
- [0209] 임의로, 이미징 트랜스듀서 수신 채널(13)에 의해 검출된 파형이 선택된 노이즈 소스에 대한 베이스라인 노이즈인 것으로 생각되도록, 적어도 하나의 트랜스듀서 수신 회로가 이미징 에너지를 수신하고 있지 않을 것으로 예상되거나 알려져 있고, 특정한 노이즈 소스가 선택적으로 오프인 것으로 알려져 있을 때 부가의 베이스라인 노이즈 특성화 스테이지 동안 트랜스듀서 수신 회로에서 에너지가 검출될 수 있다. 검출된 베이스라인 노이즈 특성화 파형은 200 및 410에서 필터링되어 대역내 베이스라인 노이즈 특성화 파형(407) 및 검출 대역 베이스라인 노이즈 특성화 파형을 생성한다. 노이즈 파라미터들(430)이 베이스라인 노이즈 특성화 스테이지 동안 획득된 파라미터들을 포함할 수 있음이 이해되어야 한다.

- [0210] 특성 노이즈 파라미터들은 이미징 세션 이전 또는 이미징 세션 동안 계산될 수 있거나, 로컬 또는 원격 스토리지 드라이브(네트워크 드라이브, 클라우드 등)에 위치한 미리 저장된 데이터베이스로부터 검색될 수 있다.
- [0211] 이미징 에너지의 부재 시에 노이즈를 특성화한 후에, 특성 파라미터들(430)은 트랜스듀서들이 이미징 에너지를 수신하고 있는 동안 검출된 대역내 이미징 파형(437)의 노이즈 감소를 수행하는 데 이용될 수 있다. 이미징 에너지 및 노이즈를 포함하는, 이미징(435) 동안 이미징 트랜스듀서 수신 채널로부터 검출된 파형은 200 및 410에서 필터링되어 대역내 이미징 파형(437) 및 검출 대역 이미징 파형(438)을 생성한다. 따라서, 대역내 이미징 파형(437)은 검출된 이미징 에너지 및 노이즈를 포함하고, 검출 대역 이미징 파형(438)은 대역내 이미징 파형(437)에서의 노이즈의 존재 가능성과 연관된 정보를 포함한다. 노이즈 특성화 스테이지 동안 획득된 특성 파라미터들(430)은 이어서 대역내 이미징 파형 내에서의 노이즈(440)의 검출 및/또는 추정을 위해 그리고 대역내 이미징 파형의 노이즈 억제(500)를 수행하기 위해 이용될 수 있다. 적당한 노이즈 특성화 파라미터들의 예들은 이들이 노이즈를 감소시키기 위해 어떻게 사용되는지이고 후속하는 예시적인 실시예에서 제공된다.
- [0212] 도 5b는, 도 1a를 참조하여 설명된 기준 수신 채널과 같은, 기준 수신 채널이 노이즈를 검출하고 기준 노이즈 특성화 파형(406)을 생성하는 데 이용되는 대안의 실시예를 예시하고 있다. 이 기준 노이즈 특성화 파형은 202에서 필터링되어 필터링된 기준 노이즈 특성화 파형(409)을 생성한다. 하나의 예시적인 실시예에서, 기준 채널 필터는 이미징 대역 통과 필터일 수 있다. 대안적으로, 노이즈 추정이 대역외 노이즈의 입력으로부터 이득을 본다면, 기준 채널 필터는 이미징 대역 통과 필터와 상이할 수 있다. 기준 노이즈 특성화 파형(409), 및 임의로 대역내 노이즈 특성화 파형(407)은 노이즈 특성화 파라미터들(430)을 제공하기 위해 단계(420)에서 프로세싱된다.
- [0213] 이미징 동안, 기준 파형(436)이 검출되고 임의로 필터링되어 필터링된 기준 노이즈 검출 파형(439)을 생성한다. 노이즈 특성화 스테이지 동안 획득된 특성 파라미터들(430)은 이어서 대역내 이미징 파형(437) 내에서의 노이즈(440)의 검출 및/또는 추정을 위해 그리고 대역내 이미징 파형(437)의 노이즈 억제(500)를 수행하기 위해 이용될 수 있다. 다른 예시적인 실시예에서, 검출 대역 이미징 파형(438)(도 5a에 도시됨) 및 필터링된 기준 노이즈 검출 파형(439) 둘 다는 대역내 이미징 파형(437)에서의 노이즈의 존재 가능성에 관한 정보를 제공하기 위해 프로세싱된다.
- [0214] 일부 예시적인 실시예들에서, 노이즈 억제는 이하의 방법들: : 이미징 대역에서의 신호로부터 추정된 노이즈를 감산하는 것; 이미징 대역에서의 신호를 감쇠 인자와 곱하는 것에 의한 추정된 노이즈 에너지의 감쇠; 및 이미징 대역에서의 신호를 필터링하는 것 중 하나 이상을 사용하여 대역내 이미징 파형을 프로세싱하는 것에 의해 달성될 수 있다. 예를 들어, 감수 값은 대역외 노이즈 검출 이미징 파형 내에서 검출된 전력 양에 비례할 수 있다. 다른 예에서, 감쇠 인자는 대역내 이미징 파형에서의 노이즈 양과 연관된 척도에 반비례할 수 있어, 그에 의해 노이즈와 연관된 대역내 이미징 파형의 부분들을 감쇠시킬 수 있다.
- [0215] (예를 들어, 도 5a 및 도 5b에서 420에 도시된 바와 같은) 노이즈 특성화는 한 번 수행될 수 있거나, 대안적으로 여러 번 또는 연속적으로 수행될 수 있다. 예를 들어, 노이즈 특성들의 시간-의존적 변화들에 적응하고 이를 보상하기 위해 노이즈 특성화가 시간에 따라 간헐적으로(예컨대, 주기적 또는 비주기적 간격들로) 수행될 수 있다.
- [0216] 노이즈 특성화가 발생하고 있을 때, 노이즈 특성화를 위해 수집된 노이즈 특성화 파형들은 각각이 초음파 이미징에서 단일 스캔 라인을 따라 이미징 데이터를 저장하기에 충분히 긴 어레이들과 같은, 다수의 개별 어레이들에서 디지털화되고 수집될 수 있거나, 큰 어레이, 원형 버퍼 또는 다른 데이터 구조에 저장되는 하나 이상의 데이터 스트림으로서 보다 연속적인 방식으로 수집될 수 있다.
- [0217] 일부 예시적인 구현들에서, 노이즈 특성화는, 예를 들어, 이미징 세션의 시작에서 또는 사용자가 이미지 품질의 저하를 관찰하거나 의심할 때 (예컨대, 버튼을 누르는 것에 의해) 사용자 개시될(user initiated) 수 있다.
- [0218] 다른 예시적인 구현들에서, 이미징 에너지의 부재가 검출될 때, 자동으로 또는 사용자를 프롬프트한 후와 같이, 노이즈 특성화가 트리거될 수 있다. 예를 들어, 대역내 이미징 파형과 노이즈 검출 이미징 파형 사이의 상대 에너지가 미리 정해진 시간 기간 동안 변하지 않고 미리 정의된 범위 내에 있을 때, 이미징 에너지의 부재의 기간들이 검출될 수 있다. 예를 들어, 501에서의 노이즈 보정 이후의 대역내 이미징 파형에서의 에너지가 미리 정의된 임계값 미만일 때 - 이는 이미징 에너지의 부재를 나타냄 -, 이미징 에너지의 부재의 기간들이 또한 결정될 수 있다.
- [0219] 노이즈 특성화 단계(420)는 노이즈 감소 알고리즘으로 하여금 시스템에 악영향을 주게 할 수 있는 방식으로 노

이즈 프로파일이 변경되었음을 사용자 또는 시스템에 경고하는 데 또한 유용할 수 있다(새로운 격리된 노이즈 소스가 검출되면, 노이즈 억제 모듈(500)은 잘못하여 대역내 신호의 억제를 야기하거나 대역내 노이즈를 억제하는 데 덜 효과적일 수 있다). 예를 들어, 노이즈 특성들이 변경되었다고 결정하기 위해 노이즈-검출 파형(예컨대, 도 5a의 대역외 노이즈 검출 파형(438) 또는 도 5b의 기준 노이즈 검출 파형(439))이 프로세싱될 수 있다. 예를 들어, 노이즈 감소를 수행하는 동안, 노이즈 검출 파형의 (피크 에너지, 전력, 주파수 성분 기울기(frequency content slope), 스큐(skew), 첨도(kurtosis), 히스토그램 또는 어떤 다른 메트릭들과 같은) 특성들을 모니터링하는 임의적 노이즈 모니터링 모듈이 이용될 수 있다. 노이즈 검출 파형의 특성들이 변하면(예컨대, 피크 에너지가 임계 값을 초과하면), 노이즈 모니터링 모듈은 노이즈 내용물(noise content)이 변했다는 것을 경고하기 위해 (메시지, 인터럽트, 경보 또는 다른 것을 통해서와 같이) 시스템의 다른 부분들과 통신할 수 있다.

[0220] 다른 구현에서, 노이즈 특성화 스테이지에서 에러 값이 평가될 수 있으며, 여기서 이미징 에너지의 부재 시에 대역내 이미징 파형에 대해 노이즈 억제가 수행되고 에러 값은 노이즈 보정 이후의 대역내 이미징 파형의 에너지이다. 에러 값이 미리 정의된 임계값을 초과하면, 경고가 생성된다. 경고는 노이즈의 재특성화(re-characterization)를 프롬프트할 수 있거나, 이 시스템이 자신의 노이즈 제거 알고리즘에서 하나 이상의 대역외 노이즈 검출 대역 또는 하나 이상의 기준 수신 채널을 무시하기로 선택할 수 있다.

[0221] 노이즈 특성화(420)는 환경에서의 노이즈 소스들을 결정하는 데 또한 유용할 수 있다. 노이즈 소스들은, 예를 들어, 도 7a의 단계(570)에서 설명된 것과 같은, 패턴 인식기에 의해 결정될 수 있다(실시예 4에서 더욱 상세히 설명됨). 예를 들어, 데이터베이스(로컬 또는 네트워크화된)에 액세스하여 노이즈 억제를 위한 파라미터들을 선택하기 위해 또는 사용될 노이즈 감소 방법들의 시퀀스를 결정하기 위해, 노이즈 소스들에 대한 정보가 사용될 수 있다. 예를 들어, (실시예 6에서 상세히 설명되는 바와 같이, 도 8a 내지 도 8d) 주기적인 노이즈를 먼저 제거하고, 그에 뒤이어 덜 주기적인 노이즈를 제거하는 것이 바람직할 수 있다.

[0222] 추가의 예로서, 노이즈 특성화는 어블레이션 절차 동안 사용되는 전기해부학적 매핑 시스템의 유형을 검출하거나, 부정맥(arrhythmias)을 치료하기 위해 어블레이션을 수행하는 데 무선 주파수 에너지를 사용하는 카테터와 같은, 어블레이션 카테터(ablation catheter)의 활성화 및 비활성화를 검출하는 데 유용할 수 있다. 이것은, 예를 들어, 도 7a의 단계(570)에 설명된 것과 같은 패턴 인식기에 의해, 달성될 수 있다. 하나 이상의 노이즈 검출 파형은 추가로 적용되는 어블레이션 에너지의 지속기간 또는 상대 강도 또는 주파수를 검출할 수 있다. 그러한 정보는 심장내 이미징 시스템(intracardiac imaging system)에 유용할 수 있는데, 그 이유는 그것이, 어블레이션 카테터와 같은, 노이즈 소스가 절차 동안 언제 활성화되었는지에 관한 정보로 이미징 데이터 세트에 주석 첨부하는 것을 용이하게 할 수 있기 때문이다.

[0223] (예를 들어, 도 5a 및 도 5b에서 500에 도시된 바와 같은) 노이즈 억제는 한 번 수행, 여러 번, 간헐적으로 또는 연속적으로 수행될 수 있다. 예를 들어, 노이즈 억제가 사용자 개시될 수 있다. 대안적으로, 시간-의존적 노이즈 소스를 보상하기 위해 노이즈 억제가 시간에 따라 간헐적으로(예컨대, 주기적 또는 비주기적 간격들로) 수행될 수 있다. 다른 예에서, 노이즈 억제는 노이즈를 발산하는 외부 디바이스에 의해 제어될 수 있다. 예를 들어, RF 에너지가 전달되고 있을 때 노이즈 억제가 수행되도록, 노이즈 억제는 RF 어블레이션 생성기의 컨트롤들에 의해 인에이블 또는 디스에이블될 수 있다.

[0224] 이하의 실시예들은 하나의 이미징 파형 및 하나의 노이즈 검출 파형에 대해 설명된다. 이 실시예들이 복수의 이미징 파형들 및/또는 복수의 노이즈 검출 파형들로 확장될 수 있음이 이해되어야 한다.

[0225] **실시예 1: 임의적 진폭, 형상 및 지연 보정을 사용하여 엔벨로프 검출된 대역외 노이즈를 억제하는 것에 기초한 노이즈 감소**

[0226] 이제 도 2a를 참조하면, 대역외 노이즈 검출 파형(438)이 억제 연산자(suppression operator)(525)를 통해 대역내 이미징 파형(437)의 노이즈 감소를 수행하는 데 이용되는 예시적인 방법이 예시되어 있다. 하나의 예시적인 실시예에서, 억제 연산자는 대역내 이미징 파형(437)으로부터 추정된 노이즈를 감산하는 감산기(subtractor)일 수 있다. 다른 예시적인 실시예에서, 억제 연산자는 추정된 노이즈로부터 도출되는 감쇠 인자로 대역내 이미징 파형을 감쇠시키는 감쇠기(attenuator)일 수 있다. 하나 이상의 트랜스듀서 수신 채널이 이미징 에너지를 검출하는 데 이용되며, 여기서 검출된 에너지는 이미징 대역 및 노이즈 검출 대역 둘 다를 포함한다. 파형들은 디지털 샘플링되고, 분할되며(또는 복사되며) 필터링될 수 있어, 그에 의해 샘플링된 대역내 이미징 파형(437) 및 샘플링된 대역외 노이즈 검출 이미징 파형(438)을 획득할 수 있다. 샘플링된 파형들은 시간 윈도우(listening window)에서 수신되는 샘플들의 세트로서 검출될 수 있다. 예를 들어, 초음파 이미

징의 경우에, 초음파 트랜스듀서가 인접한 환경으로 에너지를 방출하도록, 초음파 트랜스듀서를 펄싱한 직후에 또는 얼마 후에 리스닝 윈도우가 발생될 수 있다. 펄싱은 하나 이상의 펄스를 송출하는 것에 대응할 수 있다.

- [0227] 도 2a에 도시된 예시적인 실시예에서, 이미징 파형(435)은 이미징 대역 통과 필터(200) 및 이미징 대역 밖의 주파수들에 걸쳐 있는 노이즈 검출 대역 필터(410)를 사용하여(디지털적으로 또는 아날로그) 필터링된다. 210 및 411에, 제각기, 도시된 바와 같이, 대역내 이미징 파형(437) 및 대역외 노이즈 검출 이미징 파형(438)에 대해 엔벨로프 검출이 이어서 수행될 수 있다.
- [0228] 도 2a에 도시된 예시적인 실시예에서, 대역외 노이즈 검출 이미징 파형(438)은 대역내 이미징 파형(437)의 노이즈를 감소시키는 데 이용된다. 억제 이전에, 엔벨로프 검출된 대역외 노이즈 검출 이미징 파형(438)의 진폭은 이미징 대역 내부의 노이즈 전력과 노이즈 검출 대역 내부의 노이즈 전력의 차이들을 보상하기 위해, 510에 도시된 바와 같이, 진폭 조정 인자를 통해 임의로 스케일링된다. 하나의 예시적인 구현에서, 진폭 조정 인자는 이미징 에너지의 부재 시에, 즉 노이즈 특성화 스테이지에서 결정된 바와 같은, 노이즈의 전력 스펙트럼에 기초하여 결정될 수 있다. 다른 예시적인 구현에서, 진폭 조정 인자는 원하는 레벨의 노이즈 감소를 제공하기 위해, 조작자에 의해 선택, 또는 수정될 수 있거나, 또는 580(아래에서 설명됨)에서의 교차 상관 이후에 결정될 수 있다.
- [0229] 억제 이전에, 이미징 대역과 노이즈 검출 대역 사이의 노이즈 파형들의 형상의 차이들을 보상하기 위해, 510에 도시된 바와 같이, 엔벨로프 검출된 대역외 이미징 파형은 어떤 다른 선형 또는 비선형 시간 스케일링 함수를 사용하여 시간적으로 확장, 압축 또는 형상 조정될 수 있다.
- [0230] 510에 도시된 바와 같이, 억제 이전에 엔벨로프 검출된 대역외 노이즈 검출 이미징 파형에 지연 보정을 적용하는 것이 또한 유리할 수 있다. 예를 들어, 2개의 대역 통과 필터(200 및 410)는 입력 파형들을 유사하게 변환하지 않을 수 있다. 대역 통과 필터들 또는 노이즈 자체의 속성들 중 어느 하나는 대역 통과 필터들을 통해 전파될 때 노이즈의 오프셋을 결과할 수 있다. 지연 보정의 부재 시에, 노이즈는 억제 이전에 잘못하여 시프팅될 있고, 이는 노이즈 감소된 신호에 부정적인 영향을 미칠 수 있다.
- [0231] 하나의 예시적인 구현에서, 지연 조정은 대역내 이미징 파형과 대역외 이미징 파형 사이의 교차 상관을 계산하고, 교차 상관이 최대인 지점에서 파형들을 정렬시키는 것에 의해 달성될 수 있다. 환언하면, 대역내 이미징 파형 및 대역외 이미징 파형의 엔벨로프들의 상대적 시간 오정렬(relative temporal misalignment)을 보정하기 위한 시간 지연 보정 값을 결정하기 위해 교차 상관이 이용될 수 있다.
- [0232] 시간 지연 보정 값 및 진폭 보정 값은 복수의 샘플링된 대역내 이미징 파형들 및 (동시발생적인) 샘플링된 대역외 노이즈 검출 이미징 파형들("어레이들"이라고 지칭될 수 있음)을 사용하여, 또는 샘플링된 대역내 이미징 파형 및 (동시발생적인) 샘플링된 대역외 노이즈 검출 이미징 파형에서의 하나 이상의 시간 윈도우에서 계산될 수 있다.
- [0233] 하나의 예시적인 구현에서, 대역외 노이즈는 복수의 노이즈 검출 대역들로서 조사될(interrogated) 수 있고, 복수의 노이즈 검출 대역들 간의 주파수에 대한 전력의 의존성은 단계(525)에서 억제를 위해 이미징 대역에 존재하는 노이즈 전력을 추정하기에 적당한 진폭 조정을 선택하는 데 이용될 수 있다. 예를 들어, 다수의 노이즈 검출 대역들 내부의 평균 노이즈 전력은 이미징 대역 내부의 노이즈 전력을 추정하기 위해, 선형 피팅(linear fit)과 같은, 주파수에 대한 함수적 의존성에 따라 피팅될 수 있다. 주파수에 대한 이러한 함수적 의존성은 이미징 에너지의 부재 시에, 즉 노이즈 특성화 스테이지(420)에서 결정될 수 있다.
- [0234] **대안의 실시예들: 임의적 진폭, 형상 및 지연 보정과 함께 주파수 시프팅된 대역외 노이즈 검출 파형들을 사용하는 것에 기초한 노이즈 감소**
- [0235] 도 2b는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형이 지연 및 진폭 조정 이전에 주파수 시프팅되는 감산적 또는 신호 감쇠 노이즈 보정 방법의 대안의 예시적인 실시예를 예시하고 있다. 530에 도시된 바와 같이, 대역외 노이즈 검출 이미징 파형에 대해 (예를 들어, 복소 지수를 곱하는 것에 의한) 주파수 시프트 연산이 수행되어, 대역외 노이즈 검출 이미징 파형의 스펙트럼을, 이미징 대역 내부에 있거나 이미징 대역과 오버랩하도록, 시프팅시킨다.
- [0236] 주파수 시프트 연산(530)은 주파수 시프팅된 노이즈 검출 파형의 중심 주파수가 이미징 대역의 중심 주파수와 일치하거나 대략 동일하도록 수행될 수 있다. 예를 들어, 이미징 대역이 7 내지 13MHz의 범위에 있다면, 중심 주파수는  $f_{c1}=10$  MHz이다. 노이즈 검출 대역이 15 내지 25 MHz의 범위에 있다면, 노이즈 검출 대역의 중심 주파수는  $f_{c2}= 20$  MHz이다. 그에 따라, 대역외 노이즈 검출 이미징 파형이  $f_{c2}-f_{c1}= -10$  MHz만큼 시프팅되도록 주파수

수 시프트 연산이 수행될 수 있다. 대안적으로, 주파수 시프트 연산은 주파수 시프팅된 대역의 노이즈 검출 이미징 파형의 중심 주파수가 대역내 노이즈의 일 부분이 존재하는 것으로 예견되거나 알려진 이미징 대역 내부의 주파수와 일치하거나, 또는 거의 동일하도록 수행될 수 있다.

[0237] 주파수 시프팅 이후에, 합산 주파수 아티팩트(전술된 예에서, 합산 주파수는  $f_{c2}+10$  MHz = 30 MHz임)를 필터링 아웃하기 위해 다른 대역 통과 필터링 스테이지(203)가 수행된다. 주파수 시프팅이 이미징 대역과 노이즈 검출 대역에서의 노이즈 사이의 보다 나은 상관을 결과할 수 있고, 이는 보다 양호한 노이즈 억제를 결과할 수 있기 때문에, 주파수 시프팅은 도 2a에 예시된 엔벨로프 검출 실시예에 비해 유리할 수 있다. 도 2b에 도시된 예시적인 실시예에서, 노이즈 감소된 신호 엔벨로프(520)를 획득하기 위해 출력 신호(501)가 노이즈 감소를 겪은 후에 엔벨로프 검출(210)이 출력 신호(501)에 적용될 수 있음에 유의한다.

[0238] **기준 노이즈 신호의 사용에 기초한 대안의 실시예들**

[0239] 이제 도 2c를 참조하면, (기준 수신 회로를 사용하여) 기준 수신 채널을 통해 검출된 대역내 노이즈가 억제 산자(즉, 감산기 또는 감쇠기)를 통해 대역내 이미징 파형에서의 노이즈를 감소시키기 위해 이용되는 예시적인 방법이 예시되어 있다. 하나 이상의 이미징 트랜스듀서 수신 채널은 이미징 에너지를 수신하는 데 이용되고, 하나 이상의 기준 수신 채널은 이미징 트랜스듀서 수신 채널에 의해 수신된 노이즈 에너지와 상관될 것으로 예견되는 노이즈 에너지(즉, 기준 파형들)를 수신하는 데 이용된다.

[0240] 이 파형들은 디지털적으로 샘플링되어, 그에 의해 샘플링된 대역내 이미징 파형들 및 샘플링된 필터링된 기준 노이즈 검출 파형들을 획득할 수 있다. 대안적으로, 노이즈 억제는, 기준 수신 회로로부터 가산기로의 입력이 지연, 스케일 및 형상 조정 블록(510)에서 반전되는 것과 함께 아날로그 신호 가산기를 사용하는 것에 의해서와 같이, 아날로그 전자기기들로 수행될 수 있으며, 따라서 추정된 노이즈의 감산을 결과할 수 있다. 아날로그 신호 억제를 위한 추가의 대안적인 실시예로서, 억제는 시변 이득을 갖는 증폭기로서 구체화될 수 있으며, 여기서 이득은 기준 수신 채널에서 검출된 노이즈에 의해 변조된다.

[0241] 도 2c에 도시된 예시적인 실시예에서, 이미징 트랜스듀서 수신 채널 및 기준 수신 채널로부터의 입력 파형들은 이미징 대역 통과 필터(200) 및 임의적 기준 채널 필터(202)를 사용하여 (디지털적으로 또는 아날로그) 필터링 되어, 그에 의해, 제각기, 대역내 이미징 파형 및 필터링된 기준 노이즈 검출 파형을 제공한다. 이전에 언급된 바와 같이, 기준 채널 필터(202)는 이미징 대역 통과 필터(200)와 유사할 수 있다. 210 및 411에 도시된 바와 같이, 엔벨로프 검출이 이어서 필터링된 신호들에 대해 임의로 수행된다. 도 2c에 도시된 예시적인 실시예에서, 기준 수신 채널에 의해 측정된, 기준 노이즈 검출 파형은 대역내 이미징 파형에서의 노이즈를 감소시키는 데 이용된다. 대역내 이미징 파형(또는 그의 엔벨로프)으로부터의 감산 또는 대역내 이미징 파형(또는 그의 엔벨로프)의 감쇠 이전에, 필터링된 기준 노이즈 검출 파형 및 대역내 이미징 파형 내부의 노이즈 전력의 차이들을 보상하기 위해, 510에 도시된 바와 같이, 필터링된 기준 노이즈 검출 파형(또는 그의 엔벨로프)의 진폭이 진폭 조정 인자를 통해 임의로 스케일링된다. 하나의 예시적인 구현에서, 진폭 조정 인자는 이미징 에너지의 부재 시에, 즉 노이즈 특성화 스테이지에서 결정된 바와 같은, 노이즈의 전력 스펙트럼에 기초하여 결정될 수 있다. 다른 예시적인 구현에서, 진폭 조정 인자는 원하는 레벨의 노이즈 감소를 제공하기 위해 조작자에 의해 선택될 수 있거나, 또는 580에서의 교차 상관 이후에 결정될 수 있다.

[0242] 510에 도시된 바와 같이, 감산 이전에 엔벨로프 검출된 필터링된 기준 노이즈 검출 파형에 지연 보정을 적용하는 것이 또한 유리할 수 있다. 하나의 예시적인 구현에서, 지연 보정은 대역내 이미징 파형과 필터링된 기준 노이즈 검출 파형 사이의 교차 상관을 계산하고, 교차 상관이 최대인 지점에서 파형들을 정렬시키는 것에 의해 달성될 수 있다. 이전 실시예와 유사하게, 시간 지연 보정 값 및 진폭 보정 값은 복수의 대역내 이미징 파형들 및 (동시발생적인) 기준 노이즈 검출 파형들을 사용하여 또는 대역내 이미징 파형 및 (동시발생적인) 기준 노이즈 검출 파형의 하나 이상의 시간 윈도우를 사용하여 계산될 수 있다.

[0243] **실시예 2: 기준 수신 채널로부터의 기준 노이즈 검출 파형을 적용 필터에 대한 입력으로서 사용한 노이즈 감소**

[0244] 도 3a는, 능동 노이즈 제어(active noise control, ANC) 스킴에서, 기준 노이즈 검출 파형에 기초하여 대역내 이미징 파형에 노이즈 감소 보정을 적용하는 것에 의해, 적응 필터가 이용되는 노이즈 보정 방법의 예시적인 실시예를 예시하며, 여기서 기준 노이즈 검출 파형은 이미징 트랜스듀서 수신 회로에 의해 검출된 노이즈와 상관된다. 기준 노이즈 검출 파형은 202에서 필터링되고 이미징 트랜스듀서 수신 채널로부터의 파형은 200에서 필터링된다. 바람직한 실시예에서, 대역내 이미징 파형 및 기준 노이즈 검출 파형은 동일한 대역(예컨대, 예시적인 심장내 심장초음파 이미징 시스템(intracardiac echocardiography imaging system)의 경우 7 내지 13 MHz)

내부에서 필터링된다.

[0245] 적응 필터는 변수 파라미터들에 의해 제어되는 전달 함수 및 최적화 알고리즘에 따라 그 파라미터들을 조정하는 수단을 가지는 선형 필터이다. 적응 필터들은 전형적으로 디지털 유한 임펄스 응답(finite-impulse-response, FIR) 또는 무한 임펄스 응답(infinite-impulse-response, IIR) 필터들이다. 신호와 상관되지 않은 노이즈(N)의 존재에 의해 손상되는(corrupted) 신호 소스로부터의 신호(S)를 수신하는 1차 입력(primary input)에 대해 능동 노이즈 제어(ANC) 스킴이 제공된다. 기준 입력은 신호와는 상관되지 않지만 1차 입력 노이즈(N)와는 어떤 방식으로든 상관되는 노이즈( $N_r$ )를 수신한다. 기준 노이즈는 적응 필터를 통과하여 1차 입력 노이즈(N)의 추정치인 출력 노이즈( $N_{estimate}$ )를 생성한다. 노이즈 추정치가 손상된 신호로부터 감산되어 노이즈 감소된 신호의 추정치( $S_{estimate}$ )를 생성한다. 적응 필터는 출력 전력  $E[S_{estimate}^2]$ 를 최소화하기 위해 그의 계수들을 능동적으로 조정한다. 신호(S)는 N 및  $N_r$ 과 상관되지 않는 반면, 노이즈(N)는 노이즈( $N_r$ )와 상관되기 때문에, 총 출력 전력을 최소화하는 것은 신호대 노이즈비를 최대화한다. 확률론적(stochastic) 최소 평균 제곱(Least Mean Squares, LMS) 알고리즘 또는 결정론적(deterministic) 재귀 최소 제곱(Recursive Least Squares, RLS) 알고리즘과 같은, 최소화 알고리즘들이 출력 노이즈 전력을 최소화하는 필터 계수들을 찾는 데 사용될 수 있다.

[0246] 도 3a에 도시된 예시적인 ANC 스킴에서, 기준 노이즈는 이미징 에너지로부터 격리된 기준 수신 회로를 사용하여 기준 수신 채널을 통해 측정된다. 1차 입력은 이미징 대역 통과 필터(200)를 이미징 트랜스듀서 수신 채널(13)로부터의 입력 파형에 적용하는 것에 의해 획득된다. 기준 입력( $N_r$ )은 기준 수신 채널을 통해 획득된 기준 노이즈 검출 파형에 기준 채널 필터(202)를 적용하는 것에 의해 획득된다.

[0247] **대안의 실시예들: 대역외 노이즈를 사용한 능동 노이즈 소거**

[0248] 기준 노이즈 검출 파형 및 대역내 이미징 파형이 오버랩하는 주파수 대역들(및 잠재적으로 공통 주파수 대역) 내부에서 검출되고 프로세싱될 수 있는 위에서 설명된 능동 노이즈 제어의 형태와 달리, 도 3b 및 도 3c는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 사용하여 대역내 이미징 파형에 노이즈 감소 보정을 적용하는 데 적응 필터(540)가 이용되는 노이즈 보정 방법들의 예시적인 실시예들을 예시하고 있다.

[0249] 1차 입력은 이미징 대역 통과 필터(200)를 이미징 트랜스듀서 수신 채널로부터의 입력 파형에 적용하는 것, 및 그의 엔벨로프를 획득하는 것(210)에 의해 획득된다. 도 3b 및 도 3c에 예시된 예시적인 실시예들에서, 대역외 노이즈 검출 이미징 파형은 검출 대역 필터(410)를 이미징 트랜스듀서 수신 채널로부터의 입력 파형에 적용하는 것에 의해 획득된다.

[0250] 도 3b에서, 대역외 노이즈 검출 이미징 파형은 (도 2a에 도시된 실시예와 유사한 방식으로) 엔벨로프 검출(411)을 통해 복조되어 ANC에 대한 기준 입력을 획득한다.

[0251] 도 3c에서, 대역외 이미징 파형은 도 2b에 도시된 실시예와 유사한 방식으로 이미징 대역(예컨대, 7 내지 13 MHz)으로 (530에서) 주파수 시프팅되고 이미징 대역 통과 필터(203)를 사용하여 필터링되어 ANC에 대한 기준 입력을 획득한다.

[0252] **실시예 3: 대역내 파형의 가변 필터에 대한 입력으로서 검출 대역 파형을 사용한, 주파수 시프트에 기초한 노이즈 감소**

[0253] 도 4는 대역내 이미징 파형을 필터링하기 위해 동적 필터(dynamic filter)(550)가 이용되는 노이즈 보정 방법의 예시적인 실시예를 예시하고, 여기서 동적 필터는 대역외 노이즈를 포함하는 대역외 노이즈 검출 이미징 파형 및 임의로, 이미징 대역의 전부 또는 일부 내부의 노이즈를 포함하는 대역 내부 노이즈 검출 이미징 파형을 프로세싱한 후에 필터 계수들을 업데이트하는 필터 업데이트 알고리즘(560)에 의해 제어된다. 이전 실시예들(도 2b 및 도 3b)에서와 같이, 도 4에 도시된 바와 같이, 입력 파형은 이미징 대역 통과 필터(200) 및 노이즈 검출 대역 통과 필터(410)로 개별적으로 필터링되어, 그에 의해 대역내 이미징 파형(437) 및 대역외 노이즈(438)을 포함하는 적어도 하나의 대역외 노이즈 검출 이미징 파형을 생성한다. 하나 이상의 대역외 노이즈 검출 이미징 파형은 560에서 필터 업데이트 알고리즘에 의해 프로세싱된다.

[0254] 필터 업데이트 알고리즘은 대역외 노이즈를 분석하고, 파형 어레이에 대해 푸리에 변환을 수행하고 스펙트럼 최댓값들(spectral maxima) 및 이들이 발생하는 빈도수들을 식별하는 것에 의해서와 같이, 신호 특성들을 평가할 수 있다. 필터 업데이트 알고리즘은 이 정보를 사용하여 550에서 이미징 파형을 필터링하는 동적 디지털 필터의 계수들을 제어할 수 있다.

- [0255] 하나의 예시적인 구현에서, 본 방법은 고조파 노이즈를 포함하는 신호에서의 노이즈를 감소시키는 데 이용될 수 있다. 예를 들어, 주파수 도메인에서, 스펙트럼 라인들의 간격(spacing)이 펄스 반복 주파수에 의존하는 스위칭 직사각형 펄스 소스(switching rectangular pulse source)로부터 고조파 노이즈가 발생할 수 있다. 펄스 폭 변조 소스가 3 내지 40MHz 대역에 걸쳐 있는 노이즈를 생성하고, 여기서 이미징 대역이 7 내지 13MHz 내에 있고 동적 필터(550)가 콤팩트 또는 다중 노치 필터이면, 필터 업데이트 알고리즘(560)은 노이즈 검출 대역으로부터의 신호들을 프로세싱(예컨대, 15 내지 25 MHz 범위에서 보이는 바와 같은 스펙트럼 라인 간격 및 위치들을 평가)할 수 있고 고조파 노이즈를 제거하거나 감소시키기 위해 이 정보를 사용하여 동적 대역내 필터(550)에서의 저지 대역들을 제어할 수 있다.
- [0256] 대역외 노이즈가 동적 필터를 업데이트하는 데 사용되는 것에 부가하여, 필터 업데이트 알고리즘(560) 및/또는 동적 필터(550)는 노이즈를 제거하거나 감소시키기 전에 이미징 대역 내의 하나 이상의 선택된 서브대역에서 대역내 노이즈의 존재를 확인하기 위해 대역내 노이즈 검출 이미징 과정을 또한 임의로 프로빙할 수 있다. 예를 들어, 이미징 대역이 7 내지 13MHz 내에 있고 필터 업데이트 알고리즘이 15MHz, 18MHz, 21MHz, 24MHz 및 24MHz(15 내지 25MHz 범위에서의 정수 배수들)에서 고조파 노이즈가 있음을 인식하면, 필터 업데이트 알고리즘은 9 MHz 및 12 MHz(이미징 대역 내에서의 3MHz의 정수 배수들)에서의 신호들을 필터링 아웃하도록 동적 필터를 설정할 수 있다. 하나의 예시적인 구현에서, 그러한 필터는 9 및 12 MHz에서의 신호의 존재가 이미징 대역 내부의 다른 신호들에 대해 예상된 것보다 큰 경우에만 임의로 적용될 수 있다. 다른 예시적인 구현에서, 이미징 대역 내부에 고조파 노이즈가 존재하는지 여부를 결정하기 위해, 이미징 에너지의 부재 시에, 노이즈 특성화 단계가 수행될 수 있다.
- [0257] **실시예 4: 패턴 인식에 기초한 노이즈 감소**
- [0258] 도 7a 및 도 7b는 패턴 인식이 노이즈를 검출하는 데 그리고 대역내 이미징 과정들에 대해 노이즈 감소를 수행하는 데 이용되는 노이즈 보정 방법의 예시적인 실시예를 예시하고 있다. 이 예시적인 실시예에서, 검출 대역 노이즈 특성화 과정들(이들 중 적어도 하나는, 적어도 부분적으로, 이미징 대역 밖에 있음)에서의 매칭된 패턴 세트들 및 관련 대역내 노이즈 특성화 과정들은 초기에, 도 7a에 도시된 바와 같이, 이미징 에너지를 수신하지 않은 경우에 노이즈 특성화 기간 동안 식별된다. 노이즈 검출 패턴들을 노이즈 특성화 스테이지를 통해 대역내 노이즈 패턴들과 상관시킨 후에, 이러한 상관들은, 하나 이상의 검출 대역 이미징 과정에서의 패턴들의 식별에 기초하여, 대역내 이미징 과정들의 노이즈 감소를 수행하기 위해 이미징 동안 이용될 수 있다.
- [0259] 본 예시적인 방법의 제1 스테이지에 따르면, 노이즈 특성화 스테이지에서, (비-이미징 노이즈 특성화 스테이지 동안과 같은) 이미징 에너지의 부재 시에 이미징 대역(대역내) 및 노이즈 검출 대역 둘 다 내부에서 에너지가 검출되어, 그에 의해 대역내 및 검출 대역 노이즈 특성화 과정들의 상관된 측정치들을 획득한다. 대역내 노이즈 특성화 과정 및 검출 대역 노이즈 특성화 과정으로부터의 샘플들은 어레이 쌍들로서 기록되며, 여기서 어레이 쌍은 샘플링된 대역내 과정 및 동시에 기록된 제2 대응하는 샘플링된 검출 대역 노이즈 검출 과정을 지칭한다.
- [0260] 검출 대역 노이즈 특성화 어레이 및 대역내 노이즈 특성화 어레이는 566 및 565에서 윈도우링될 수 있다. 윈도우들은, 임의적 오버랩을 갖는, 슬라이딩 윈도우들일 수 있다. 임의로, 윈도우들은 피크 노이즈 진폭에 중심을 둘 수 있거나, 노이즈 진폭 임계값에 시간 고정될(time-locked) 수 있다. 윈도우들은 또한, 해밍(Hamming) 윈도우, 블랙맨(Blackman) 윈도우 또는 신호 프로세싱 기술 분야에 잘 알려진 다른 윈도우 함수들과 같은, 윈도우 함수를 적용하는 것에 의해서와 같이, 윈도우에 의해 유발되는 아티팩트들을 감소시키도록 컨디셔닝될 수 있다. 570에서 하나 이상의 노이즈 패턴의 존재를 식별하기 위해 어레이 데이터(또는 그의 윈도우들)가 프로세싱될 수 있다.
- [0261] 이제 도 7a를 참조하면, 하나 이상의 검출 대역 노이즈 특성화 어레이는 대역내 노이즈 특성화 과정들에서의 패턴들과 연관된 과정 패턴들을 식별하기 위해 프로세싱된다. 단계(570)에서의 패턴 인식기는 검출 대역 특성화 어레이들로부터 특징들을 추출하고 예측 모델을 사용하여 특징들을 노이즈 '클래스들'로 분류한다. 추출된 특징들은 시간 도메인, 주파수 도메인(예컨대, 피크 주파수), 시간-주파수 도메인(예컨대, 웨이블릿 계수들)에서의 통계적 특징들(분산, 표준 편차, 검정력(power), 왜도(skewness), 및 첨도를 포함하지만, 이로 제한되지 않음)일 수 있다. 추출된 특징들의 선택은 순방향 선택 또는 역방향 제거 방법들과 같은 특징 선택 알고리즘들을 사용하여 미리 이루어질 수 있다.
- [0262] 추출된 특징들은 단계(570)에서 예측 모델에 피드되며, 예측 모델은 검출 대역 과정에서의 패턴을 식별하고 이 패턴을 노이즈 클래스에 할당하도록 트레이닝될 수 있다. 예를 들어, 추출된 특징들을 사용하여 검출 대역 노

이즈 특성화 어레이에서의 패턴들을 인식하도록 예측 모델을 트레이닝시키기 위해 머신 러닝 방법들이 사용될 수 있다. 예측 모델은 (k-평균 클러스터링(k-means clustering)과 같은) 비지도 학습 모델(unsupervised learning model), 또는 (선형 분류기, 인공 신경 네트워크 또는 최근접 이웃 분류기와 같은) 지도 학습 모델(supervised learning model)을 포함할 수 있다. 노이즈 소스들에 관한 사전 정보(prior information)가 알려져 있으면 지도 학습이 사용될 수 있으며, 예를 들어, 노이즈 패턴들의 소스들 및 시퀀스가 미리 알려질 수 있고 노이즈 클래스 라벨들이 검출 대역 노이즈 특성화 파형에서의 파형 패턴에 할당될 수 있다. 단계(570)에서의 예측 모델은 또한 클래스 가중치들(class weights) 또는 선형 확률들(a priori probabilities)을 입력으로서 받을 수 있다. 클래스의 선형 확률 또는 가중치가 높을수록, 클래스가 인식될 가능성이 높다.

[0263] 단계(575)에 도시된, 데이터베이스는 검출 대역 노이즈 특성화 파형 패턴들과 동시발생적인 것으로 알려져 있는 대역내 노이즈 특성화 파형 패턴들을 저장할 수 있다. 예를 들어, 데이터베이스는 동시발생적인 검출 대역 노이즈 특성화 패턴들 및 노이즈 클래스 라벨들의 특징들과 페어링되는, 예시적인 또는 평균 시간(average temporal) 대역내 노이즈 특성화 파형 패턴들을 저장할 수 있다. 검출 대역 노이즈 특성화 파형 패턴들 및 그들의 동시발생적인 대역내 노이즈 특성화 파형 패턴들은 윈도우별로 또는 다른 방식으로 결정될 수 있다. 단계들(230 및 231)에서의 이미지 생성 이후에 시간 도메인에서 또는 공간 도메인에서 추가의 노이즈 특성화가 수행될 수 있으며, 이 경우에 단계(570)에서 공간 특징들이 또한 추출될 수 있다. 데이터베이스는, 룩업 테이블들과 같은, 컴퓨팅에서 사용되는 임의의 적절한 포맷일 수 있다.

[0264] 검출 대역 노이즈 패턴들을 위에서 설명된 노이즈 특성화 스테이지를 통해 대역내 파형 노이즈 패턴들과 상관시킨 후에, 이러한 상관들은, 하나 이상의 검출 대역 이미징 파형에서의 패턴들의 식별에 기초하여, 대역내 이미징 파형들의 노이즈 감소를 수행하기 위해 이미징 동안 이용될 수 있다.

[0265] 도 7b를 참조하면, 대역내 이미징 파형은, 트랜스듀서가 이미징 에너지를 수신하고 있는 동안 이미징 트랜스듀서 수신 채널에 의해 검출된 파형에 이미징-대역 대역 통과 필터(200)를 적용하고, 임의로 엔벨로프 검출(210)을 수행하는 것에 의해 획득된다. 검출 대역 이미징 파형은, 이미징 트랜스듀서 수신 채널에 의해 검출된 파형에 노이즈 검출 대역 통과 필터(410)를 적용하고, 임의로 엔벨로프 검출(411)을 수행하는 것에 의해 획득된다. 검출 대역 이미징 파형들 및 대역내 이미징 파형들은, 노이즈 특성화 스테이지에서의 윈도우잉 단계와 유사하게, 566 및 565에서 윈도우잉될 수 있다. 파형들은 샘플링되어 어레이들로서 표현될 수 있다.

[0266] 노이즈 특성화 스테이지에서의 특징 추출 단계와 유사하게, 검출 대역 이미징 어레이(또는 그의 윈도우들)로부터 특징들이 추출될 수 있다. 검출 대역 이미징 파형에서의 하나 이상의 패턴의 존재를 식별하기 위해, 추출된 특징들 및 임의로 클래스 가중치들이, 노이즈 특성화 스테이지(위에서 설명됨)에서 트레이닝된, 패턴 인식기(570)에 의해 이용된다.

[0267] 노이즈 패턴의 주기(즉, 반복 빈도수)는 570에서 패턴 분류 알고리즘을 적용하는 동안 그 패턴 클래스의 선형 확률을 조정하는 데(예컨대, 베이즈(Bayes) 분류기의 경우) 또는 그 클래스의 가중치를 조정하는 데(예컨대, 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine)의 경우) 사용될 수 있다. 클래스의 선형 확률 또는 가중치가 높을수록, 클래스가 인식될 가능성이 높다. 패턴의 반복 간격(repetition interval)이 알려져 있다면, 패턴이 주어진 시간들에 보다 높은 확률로 존재할 것으로 예상된다. 그 클래스의 선형 확률 또는 가중치는 그 시간들에 보다 높도록 조정될 수 있어, 패턴 분류기가 그 노이즈 패턴을 인식할 가능성을 증가시킬 수 있다. 이 반복 간격은 노이즈 특성화 스테이지에서 결정되어 데이터베이스(578)에 저장될 수 있거나, 미리 저장된 데이터베이스(로컬, 네트워크화된, 클라우드 스토리지)로부터 로딩될 수 있다.

[0268] 단계(570)에서 하나 이상의 노이즈 클래스와 연관되는 것으로 식별된 검출 대역 이미징 파형에서의 패턴들은 이어서 대역내 이미징 파형(예컨대, 대역내 이미징 어레이)에 대한 노이즈 보정들을 생성하는 데 이용된다. 이러한 보정들은 단계(575)에서 상관된 대역내 패턴을 발견하는 것에 기초하여 생성될 수 있으며, 여기서 검출 대역 노이즈 특성화 파형 패턴들, 대역내 노이즈 특성화 파형 패턴들 및 노이즈 클래스 라벨들의 매칭된 특징 세트들은 탐색가능한 데이터베이스에 또는 다른 분류 스킴으로 저장된다.

[0269] 도 7b에 예시된 예시적인 방법에서, 대역내 노이즈 보정은 윈도우별로 생성되고, 임의로, 데이터베이스(575) 또는 다른 분류 스킴으로부터 검색된 대역내 노이즈 패턴을 대역내 파형과 시간적으로 정렬시키는, 지연 및/또는 진폭 조정 및/또는 형상 조정(510) 이후에, 윈도우별로 525에서 대역내 이미징 파형으로부터 감산된다.

[0270] 하나의 예시적인 구현에서, 노이즈 특성화 스테이지 동안(이미징 에너지를 수신하지 않을 시에), 검출 대역 노이즈 특성화 어레이가 먼저 프로세싱되어 하나 이상의 특징을 추출하고 이 특징은 이어서 저장된다. 주어진 노

이즈 패턴이 검출되는 시간 간격들은 또한 이 스테이지에서 결정되어 578에 저장될 수 있다. 대역내 노이즈 특성화 어레이에서의 대응하는 상관된 시간 패턴이 또한 575에(예컨대, 룩업 테이블에) 저장된다.

[0271] 본 예에 따르면, 노이즈 제거가 구현되어야 하는 이미징 스테이지 동안, 하나 이상의 검출 대역 이미징 파형에 대한 검출 대역 이미징 어레이들은 주로 노이즈를 포함하고, 동일한 특징 추출 프로세스를 통해 프로세싱된다. 각각의 클래스의 노이즈 패턴들에 대한 가중치들(또는 선형 확률들)을 할당하는 가중치 벡터가 임의로 획득될 수 있다. 각각의 패턴의 반복 빈도수는 노이즈 특성화 스테이지에서 생성된 데이터베이스(578)로부터 또는 미리 저장된 데이터베이스로부터 로딩될 수 있다. 각각의 클래스에 대한 가중치는, 그 패턴의 반복 빈도수, 그 패턴이 이전에 검출된 시간 인스턴스, 및 그 패턴이 이전에 검출된 확실성(certainty)에 의존하도록, 동적으로 조정될 수 있다. 검출 대역 이미징 파형으로부터 추출된 특징들, 및 임의로 클래스 가중치들은, 검출 대역 이미징 파형에서의 노이즈 패턴을 식별하고 그에 클래스를 할당할 수 있는, 트레이닝된 예측 모델(노이즈 특성화 스테이지에서 트레이닝됨)에 또다시 피드된다. 노이즈 클래스에 대한 대응하는 상관된 대역내 노이즈 패턴은 이어서 575에서의 데이터베이스로부터 획득되며, 여기서, 예를 들어, 대역내 노이즈 파형 패턴들 및 각각의 노이즈 클래스에 대한 검출 대역 파형 패턴들의 특징들은 노이즈 특성화 스테이지 동안 저장될 수 있다(예컨대, 대역내 시간 파형들은 룩업 테이블에 저장됨). 클래스 비교로부터 추출된 대역내 노이즈 파형 패턴은, 예를 들어, 현재 노이즈 클래스에 대한 모든 동시발생적인 대역내 노이즈 패턴들의 평균, 또는 동시발생적인 검출 대역 패턴 특징들이, 예를 들어, 최근접 이웃 계산을 통해 결정된, 현재 검출 대역 이미징 어레이의 특징들에 가장 가까운, 대역내 노이즈 패턴일 수 있다. 이 동시발생적인 패턴은 이어서 노이즈 감소된 대역내 이미징 파형을 획득하기 위해 진폭 및 지연 조정 이후에 입력으로부터 감산된다.

[0272] 도 7a 및 도 7b는 단일 검출 대역 파형(적어도 부분적으로, 이미징 대역을 벗어나 존재하는 에너지를 포함함)이 단일 검출 대역 통과 필터(410) - 이로부터 패턴 인식기(570)로의 입력이 도출됨 - 에 의해 생성되는 예시적인 구현을 도시하고 있다. 대안적으로, 다수의 검출 대역 파형들이 다수의 검출 대역 통과 필터들 - 이들 중 적어도 하나의 검출 대역 파형은 대역외임 - 에 의해 생성될 수 있다.

[0273] 대역외 노이즈를 운반하는 적어도 하나의 검출 대역 파형에 추가하여, 하나 이상의 검출 대역 파형은 이미징 대역의 전부 또는 일부 내부의 노이즈(즉, 대역 내부 노이즈 검출 파형들)를 운반할 수 있다. 그러한 대역 내부 데이터(within-band data)는 패턴 인식기(570)가 대역외 노이즈 검출 파형들에 의해 예측된 노이즈가 실제로(노이즈 특성화 스테이지 동안 또는 이미징 동안 중 어느 하나에서) 이미징 대역에 존재하는 것을 확인하는 데 유용할 수 있다.

[0274] 예를 들어, 대역 내부 노이즈 검출 이미징 파형들은 노이즈 소스를 식별하기 위해 패턴 인식기에 의해 또한 이용될 수 있다. 예를 들어, 이미징 대역의 일부 서브대역들에서의 에너지가 이미징 대역의 하나 이상의 다른 서브대역에 대해, 또는 이미징 대역 내부의 순 에너지(net energy)에 대해 실질적으로 상이하면, 이미징 서브대역과 연관된 노이즈 소스가 식별될 수 있다. 예를 들어, 8MHz에 중심을 둔 피크 필터가 7 내지 13 MHz의 범위에 있는 이미징 대역 내부에서 대역 내부 노이즈 검출 파형을 획득하는 데 사용될 수 있고, 15 내지 25MHz의 통과 대역을 갖는 검출 대역 통과 필터가 대역외 노이즈 검출 파형을 획득하는 데 사용될 수 있다. 8MHz 대역 내부 노이즈 검출 파형이 15 내지 25MHz 범위에서 대역외 노이즈 검출 파형에서의 에너지에 비해 에너지의 증가를 검출하면, 패턴 인식기는 특정 노이즈 소스(즉, 노이즈 클래스)를 우선적으로 검출하기 위해 자신의 가중치들을 조정할 수 있다. 이 시스템은 이미징 대역에 대해 대역외인 정보에만 의존했을 경우보다 그 8 MHz 피크를 제거하기 위해 573에서 데이터베이스로부터 상관된 대역내 노이즈 패턴을 보다 잘 선택할 수 있다.

[0275] 비록 원시 또는 엔벨로프 프로세싱된 신호들에서의 시간적 패턴들(temporal patterns)을 검출하는 것의 맥락 내에서 선행하는 예시적인 실시예들이 개시되었지만, 선행하는 알고리즘이 대안적으로 이미지 데이터를 사용한 구현을 위해 적합화될 수 있음이 이해될 것이다. 예를 들어, 이미지 데이터(예컨대, B-모드 이미지 데이터)가 시간 도메인(예컨대, RF 또는 엔벨로프 검출된) 신호들을 프로세싱하는 대신에 공간적 노이즈 패턴들을 결정하기 위해 프로세싱될 수 있다. 이 대안의 실시예들은 도 7b에서 점선 경로로 도시되어 있으며, 여기서 테스트이션(220 및 221) 및 B-모드 이미지 라인 생성(230 및 231)이 570 및 575 이전에 수행된다.

[0276] 대안적으로, 공간 도메인에서 이미지들을 프로세싱할 때, 2D 이미징 윈도우들이, B-모드 이미지 데이터에 대해 서와 같이, 공간적 패턴들을 검출하는 데 사용될 수 있다. B-모드 데이터의 경우, 공간 도메인(예컨대, 그레이 레벨 동시발생 매트릭스들(gray level co-occurrence matrices)), 주파수 도메인(예컨대, 푸리에 스펙트럼 측정치들), 또는 공간 주파수 도메인(예컨대, 2D 웨이블릿 계수들의 에너지)에서 텍스처 특징들이 추출될 수 있다.

- [0277] 이제 도 7d를 참조하면, 이미징 동안 패턴 인식을 수행할 때, 도 7b의 검출 대역 이미징 과정 대신에, 기준 노이즈 검출 과정이 이용되는 대안의 예시적인 실시예가 도시되어 있다. 이와 유사하게, 이제 도 7c를 참조하면, 이미징 신호의 부재 시에 수행되는 초기 패턴 인식 스테이지 동안 기준 노이즈 특성화 과정이 이용될 수 있다. 도 7a 및 도 7b를 참조하여, 위에서 설명된 알고리즘들 또는 스키마가 따라서 검출 대역 노이즈 특성화 과정(및 연관된 어레이 척도들)을 기준 노이즈 특성화 과정(도 7c에 도시됨)으로 대체하는 것, 및 검출 대역 이미징 과정(및 연관된 어레이 척도들)을 기준 노이즈 검출 과정(도 7d에 도시됨)으로 대체하는 것에 의해 본 예시적인 실시예에 맞게 적합화될 수 있다.
- [0278] **실시예 5: 상대 에너지 척도들에 기초한 노이즈 감소**
- [0279] 본 예시적인 실시예에서, 하나 이상의 검출 대역 이미징 과정 - 이들 중 적어도 하나는 대역외 이미징 과정임 - 으로부터의 측정치들에 따라 평가되는 기준들에 기초하여, 대역내 이미징 과정의 윈도우잉된 부분을 선택적으로 감소시키는 것에 의해 노이즈 감소가 수행된다. 감소는, 예를 들어, 도출된 감수 값을 윈도우잉된 대역내 이미징 과정의 엔벨로프로부터 감소하는 것, 및/또는 윈도우잉된 대역내 이미징 과정 또는 그의 엔벨로프를 감소 인자와 곱하는 것을 지칭할 수 있으며, 여기서 감수 값 및/또는 감소 인자는 노이즈 검출 이미징 과정들 또는 기준 노이즈 검출 과정들에 대한 측정치들로부터 결정된다.
- [0280] 본 예시적인 방법의 제1 스테이지에 따르면, 노이즈 특성화 스테이지에서, (비-이미징 노이즈 특성화 스테이지 동안과 같은) 이미징 에너지의 부재 시에 이미징 대역(대역내) 및 노이즈 검출 대역 둘 다 내부에서 에너지가 검출되어, 그에 의해 대역내 노이즈 및 검출 대역 노이즈의 상관된 측정치들을 획득한다. 적어도 하나의 노이즈 검출 대역은 대역외이다. 대역내 노이즈 특성화 과정 및 검출 대역 노이즈 특성화 과정으로부터의 샘플들은 어레이 쌍들로서 기록되며, 여기서 어레이 쌍은 샘플링된 대역내 과정 및 동시에 기록된 제2 대응하는 샘플링된 검출 대역 과정을 지칭한다.
- [0281] 임의로, 노이즈 특성화 스테이지는, 이미징 트랜스듀서 수신 회로가 이미징 에너지를 수신하지 않고 노이즈 에너지를 수신하지 않는 것으로 알려지거나 예상될 때, 베이스라인 노이즈 특성화 스테이지라고 지칭되는, 부가의 스테이지를 포함할 수 있다. 도 6a에 도시된 바와 같이, 대역내 베이스라인 노이즈 특성화 어레이는 이미징 에너지를 수신하지 않을 시에 그리고 노이즈 에너지를 수신하지 않을 시에 이미징 트랜스듀서 수신 채널(13)로부터 검출된 입력 과정에 이미징 대역 통과 필터(200)를 적용하고, 210에서 필터링된 과정의 엔벨로프를 임의로 검출하는 것에 의해 획득될 수 있다. 검출 대역 베이스라인 노이즈 특성화 어레이는 이미징 트랜스듀서 수신 채널(13)로부터의 입력 과정에 검출 대역 필터(410)를 적용하고, 411에서 필터링된 과정의 엔벨로프를 임의로 검출하는 것에 의해 획득될 수 있다. 이미징 에너지의 부재 시에 그리고 노이즈 에너지의 부재 시에 측정된, 대역내 베이스라인 노이즈 특성화 어레이 및 검출 대역 베이스라인 노이즈 특성화 어레이는, 제각기,  $G_i$  및  $G_n$  으로 표기되어 있다. 주어진 어레이 쌍은  $G_{iw}$  및  $G_{nw}$ 로 표기된, 윈도우잉된 어레이 쌍들을 획득하기 위해, 도 6a에서 565 및 566에 예시된 바와 같이, 복수의 시간 윈도우들에 따라 임의로 세그먼트화될 수 있다. 윈도우들은, 인접한 윈도우들 사이에 임의적 오버랩을 갖는, 슬라이딩 윈도우들일 수 있다. 베이스라인 노이즈 특성화 스테이지에서 윈도우별 에너지 측정치들로부터 하나 이상의 노이즈 측정치가 계산될 수 있다. 예를 들어, 윈도우잉된 대역내 베이스라인 노이즈 특성화 어레이 내의 최대 전력은  $T_i$ 로서 표기될 수 있다. 이와 유사하게, 윈도우잉된 대역외 베이스라인 노이즈 특성화 어레이 내의 최대 전력은  $T_n$ 로서 표기될 수 있다.
- [0282] 노이즈 특성화 스테이지는 이미징 트랜스듀서 수신 회로가 이미징 에너지를 수신하고 있지 않고 노이즈 에너지를 수신할 것으로 예견되는 스테이지를 포함한다. 도 6a를 다시 참조하면, 대역내 노이즈 특성화 어레이(407)는 이미징 에너지를 수신하지 않을 시에 이미징 트랜스듀서 수신 채널(13)로부터 검출된 입력 과정에 이미징 대역 통과 필터(200)를 적용하고, 210에서 필터링된 과정의 엔벨로프를 임의로 검출하는 것에 의해 획득될 수 있다. 검출 대역 노이즈 특성화 어레이는 이미징 트랜스듀서 수신 채널(13)로부터의 입력 과정에 노이즈 검출 대역 필터(410)를 적용하고, 411에서 필터링된 과정의 엔벨로프를 임의로 검출하는 것에 의해 획득될 수 있다. 이미징 에너지의 부재 시에 측정된, 대역내 노이즈 특성화 어레이(407) 및 검출 대역 노이즈 특성화 어레이(408)는 (도 6a에 도시된 바와 같이), 제각기,  $C_i$  및  $C_n$ 으로서 표기되어 있다.
- [0283] 주어진 어레이 쌍은  $C_{iw}$  및  $C_{nw}$ 로 표기된, 윈도우잉된 어레이 쌍들을 획득하기 위해, 도 6a에서 565 및 566에 예시된 바와 같이, 복수의 시간 윈도우들에 따라 임의로 세그먼트화될 수 있다. 윈도우들은, 인접한 윈도우들 사이에 임의적 오버랩을 갖는, 슬라이딩 윈도우들일 수 있다. 다른 예에서, 윈도우들은 하나 이상의 검출 대역에서 그리고/또는 이미징 대역에서 노이즈 과정들의 피크 진폭에 중점을 둘 수 있다. 또 다른 예에서, 시간 윈도우들은 하나 이상의 검출 대역 및/또는 이미징 대역에서의 노이즈의 진폭이 미리 정의된 임계값들을 초과할 때

결정되는 노이즈 개시들(noise onsets)에 시간 고정될 수 있다. 예를 들어, 임계값은 베이스라인 노이즈 특성과 스테이지 동안 획득된 파라미터들  $T_n$  및/또는  $T_i$ 에 비례할 수 있다.

- [0284] 대역내 및 검출 대역 노이즈 특성 배열 쌍들( $C_{i_w}$  및  $C_{n_w}$ )은, 2개의 대역 내부에서의 노이즈의 상대 강도를 특성화하기 위해, 각각의 시간 윈도우에 대한 이미징 대역 및 노이즈 검출 대역에서의 에너지와 연관된 하나 이상의 척도를 획득하기 위해 프로세싱된다. 예를 들어, 도 6a에 도시된 바와 같이, 각각의 윈도우 쌍( $C_{i_w}$  및  $C_{n_w}$ )에 대해, 이미징 대역에서의 전력 및 노이즈 검출 대역에서의 전력이 570 및 572에서 계산될 수 있다.
- [0285] 노이즈 특성화 측정치들은 임의로 선택 윈도우들(select windows)로부터만 계산될 수 있으며, 여기서 선택 기준들은 대역내 에너지 측정치들, 및 임의로 검출 대역 에너지 측정치들에 따라 평가될 수 있다. 예를 들어, 대역내 전력이 미리 정의된 임계값을 초과하는 윈도우들만이, 도 6b에 도시된 바와 같이, 노이즈 특성화 측정치들을 획득하기 위해 선택될 수 있다. 임계값은 베이스라인 노이즈 특성화 스테이지 동안 획득된  $T_i$ 에 비례할 수 있다. 다른 예에서, 대역외 전력이 미리 정의된 임계값을 초과하는 윈도우들만이 노이즈 특성화 측정치들을 획득하기 위해 선택될 수 있다. 임계값은 베이스라인 노이즈 특성화 스테이지 동안 획득된  $T_n$ 으로부터 도출될 수 있다.
- [0286] 진행 중인 예들에서, 최대 및 최소 값들이 상한 및 하한 백분위수들, 또는 실제 최대 및 최소 값들 중 어느 하나를 지칭할 수 있음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 제98 및 제2 백분위수 값들이 최대 및 최소 값들 대신에 사용될 수 있다. 제95 및 제5 백분위수들, 제90 및 제10 백분위수들 그리고 제80 및 제20 백분위수들 또는 다른 것들과 같은, 다른 통계적 임계값들이 특성화 목적들을 위해 최대 및 최소 값들을 나타내는 데 사용될 수 있다.
- [0287] 하나 이상의 노이즈 측정치들은 노이즈 특성화 스테이지에서 윈도우별 에너지 측정치들로부터 계산될 수 있고, 노이즈 소스의 존재 시에 이미징 대역에서의 전력과 검출 대역에서의 전력 사이의 관계를 정의하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 대역내 및 검출 대역 전력 값들의 하나 이상의 쌍은, 도 6b에 도시된 바와 같이, 노이즈 소스의 존재 시에 이미징 대역에서의 전력과 검출 대역에서의 전력 사이의 관계를 정의하기 위해 구분적 선형 함수(piece-wise linear function)를 생성하기 위한 변곡점들(inflexion points)로서 선택될 수 있다.
- [0288] 일 예에서, 도 6b에 도시된 바와 같이, 노이즈 소스의 존재 시에 대역내 전력과 검출 대역 전력 사이의 관계를 정의하는 구분적 선형 함수는 노이즈 특성화 스테이지에서 획득된 최대 및 최소 전력 값들에 기초하여 생성될 수 있다. 노이즈 특성화 스테이지로부터의 최소 및 최대 대역내 전력 값들이 (예컨대, 절대 최대/최소 값들로서 또는 통계적 척도들을 사용하여) 평가될 수 있고, 제각기,  $P_{i_{min}}$  및  $P_{i_{max}}$ 로서 표기될 수 있다. 하나의 예시적인 구현에서, 대역내 전력이  $P_{i_{min}}$ 을 기준으로(relative to) 미리 선택된 범위 내에(예컨대, 백분위수 범위 내에) 속하는 윈도우들의 세트가 식별될 수 있고, 식별된 윈도우들의 세트 중에서, 최소 검출 대역 전력이  $P_{n_{min}}$ 으로서 선택될 수 있다. 이와 유사하게, 대역내 전력이  $P_{i_{max}}$ 를 기준으로 미리 선택된 범위 내에 속하는 윈도우들의 세트가 식별될 수 있고, 식별된 윈도우들의 세트 중에서, 최소 검출 대역 전력이  $P_{n_{max}}$ 로서 선택될 수 있다. 전력 쌍들 ( $P_{n_{min}}, P_{i_{min}}$ ) 및 ( $P_{n_{max}}, P_{i_{max}}$ )는 대역내 전력과 검출 대역 전력 사이의 추정된 관계를 정의하는 함수의 피팅(fitting)에 사용될 수 있다. 예시적인 구현이 대역내 전력과 검출 대역 전력 사이의 적당한 피팅 포인트들(fitting points) 및/또는 함수 관계(functional relationship)를 제공하기 위해 대역내 및 검출 대역 전력들의 값들을 선택하는 하나의 비제한적인 예일 뿐이고, 다른 방법들이 대안적으로 이용될 수 있다.
- [0289] 임의로, 검출 대역 노이즈 특성화 과정에서의 전력에 대한 대역내 노이즈 특성화 과정에서의 전력의 비는 차별로 계산될 수 있고, 복수의 윈도우들에 걸친 최대 비( $R^{off}$ )(이미징 동안 노이즈 보정을 적용할지 여부를 결정할 때의 이 양의 예시적인 사용이 아래에서 설명됨)가 획득될 수 있다.
- [0290] 대역내 노이즈 특성화 과정에서의 전력( $P_i$ )과 검출 대역 노이즈 특성화 과정에서의 전력( $P_n$ ) 사이의 하나 이상의 관계  $f(P_n)$ 가 획득될 수 있다. 예를 들어, 도 6b에 도시된 바와 같이,  $f(P_n)$ 은 기울기, 절편 및/또는 변곡점들이 노이즈 특성화 스테이지에서 계산된 점들 ( $P_{n_{min}}, P_{i_{min}}$ ) 및 ( $P_{n_{max}}, P_{i_{max}}$ )에 의해 정의되는 구분적 선형 함수일 수 있다. 다른 예에서,  $f(P_n)$ 은 비선형 다항식, 또는 하나 이상의 선형 또는 비선형 다항식의 조합일 수 있다. 또 다른 예에서,  $f(\cdot)$ 은  $P_n$  값들의 하나 이상의 범위에 대해 정의된 값들의 세트일 수 있다. 예를 들어,  $f(P_n)$ 은  $a_1 \leq P_n < a_2$ 에 대해 값  $P_{i_a}$ 를 할당받을 수 있고,  $f(P_n)$ 은  $b_1 \leq P_n < b_2$ 에 대해 값  $P_{i_b}$ 를 할당받을 수 있으며, 이하 마찬가지로, 여기서  $[a_1, a_2]$  및  $[b_1, b_2]$  등은  $P_n$ 의 비-오버랩하는 간격들이다. 전력이  $a_1$ 과  $a_2$  사

이에 있는 검출 대역 노이즈 특성화 어레이의 윈도우들의 세트가 식별될 수 있고, 대역내 노이즈 특성화 어레이의 연관된 윈도우들이 간격  $[a_1, a_2]$ 에 대한  $P_{i_a}$ 의 값을 결정하는 데 이용될 수 있다. 예를 들어,  $P_{i_a}$ 는 검출 대역 전력( $P_n$ )이 범위  $[a_1, a_2]$  내에 있는 모든 윈도우들의 대역내 전력 측정치들로부터 계산된 (최댓값(maximum), 평균(mean), 메디안(median) 또는 어떤 다른 척도와 같은) 대표적인 전력 값일 수 있다.

[0291] 노이즈 특성화 스테이지에서 획득된 노이즈 측정치들은, 도 6c 및 도 6d에 도시된 바와 같이, 이미징 동안 획득된 대역내 이미징 파형의 노이즈 감소를 수행하는 데 이용될 수 있다. 임의로 210 및 411에서의 엔벨로프 검출 이후에, 대역내 이미징 파형(407) 및 검출 대역 이미징 파형(408)을 제공하기 위해, 입력 파형들이 200 및 410에 도시된 바와 같이 필터링된다. 대역내 이미징 어레이들 및 검출 대역 이미징 어레이들을 획득하기 위해 파형들이 샘플링될 수 있다.

[0292] 본 예시적인 실시예들에서, 용어 "대역내 이미징 어레이(in-band imaging array)"는 샘플링된 대역내 이미징 파형을 지칭하는 데 이용된다. 용어 "검출 대역 이미징 어레이(detection-band imaging array)"는 샘플링된 검출 대역 이미징 파형을 지칭하는 데 이용된다. 어레이들의 세트가 기록될 수 있으며, 여기서 각각의 어레이는 주어진 스캔 라인과 제각기 연관될 수 있다. 예를 들어, 제1 대역내 이미징 어레이는 제1 스캔 라인과 연관될 수 있고, 제2 대역내 이미징 어레이는 제2 스캔 라인과 연관될 수 있으며, 이하 마찬가지이다. 대역내 및 검출 대역 이미징 어레이들은, 제각기,  $Q_{i\theta}$  및  $Q_{n\theta}$ 로서 표기되고, 여기서  $\theta$ 는, 스캔 라인에 대응하는 것과 같은, 주어진 취득 기간을 식별해주는 인덱스이다.

[0293] 어레이들은, 특성화 스테이지에서 노이즈 특성화 어레이들을 윈도우잉하는 데 이용된 것들과 동일한 윈도우 속성들을 이용하는 것과 같이, 도 6c에서 565 및 566에 도시된 바와 같이, 윈도우잉될 수 있다. 윈도우들에 따라 시간적으로 세그먼트화된, 대역내 이미징 어레이들 및 검출 대역 이미징 어레이들은, 제각기,  $Q_{i\theta,w}$  및  $Q_{n\theta,w}$ 로서 표기되고, 여기서 아래 첨자  $w$ 는 윈도우 번호를 표기하는 정수이다. 예를 들어,  $Q_{i1,10}$ 은 제1 스캔 라인에 대응하는 대역내 이미징 어레이의 제10 윈도우 부분을 지칭한다. 대역내 이미징 어레이 및 검출 대역 이미징 어레이의 각각의 윈도우잉된 부분에 대해, 570 및 572에 도시된 바와 같이, 전력 또는 다른 적당한 에너지 측정치가 계산될 수 있다. 대역내 및 검출 대역 전력 값들은, 윈도우별로, 제각기,  $P(Q_{i\theta,w})$  및  $P(Q_{n\theta,w})$ 로서 계산될 수 있다. 이러한 에너지 측정치들은 이어서 노이즈 특성화 스테이지에서 획득된 측정치들에 기초하여 노이즈를 억제하는 데 사용될 수 있다.

[0294] 도 6c에 도시된, 하나의 예시적인 구현에서, 525에서 전력 값을 대역내 이미징 어레이  $Q_{i\theta,w}$ 의 엔벨로프로부터 감산하는 것에 의해 노이즈가 억제될 수 있다. 노이즈 검출 대역 전력  $P(Q_{n\theta,w})$ 는, 노이즈 특성화 스테이지에서 획득된 함수  $f()$ 에 기초하여, 대역내 이미징 어레이 윈도우  $Q_{i\theta,w}$  내에서 노이즈 에너지  $\hat{P}_{iN\theta,w}$ 를 추정하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어,  $Q_{i\theta,w}$  내에서의 노이즈 에너지  $\hat{P}_{iN\theta,w}$ 는 575에서  $\hat{P}_{iN\theta,w} = f(P(Q_{n\theta,w}))$ 로서 추정될 수 있다. 추정된 대역내 노이즈  $\hat{P}_{iN\theta,w}$ 는 스케일링 인자  $\beta$ (단,  $0 \leq \beta \leq 1$ )와 곱하는 것에 의해 임의로 스케일링될 수 있다. 스케일링된 추정 노이즈  $\beta \hat{P}_{iN\theta,w}$ 는 감수 값을 획득하기 위해  $0.8 \times P(Q_{i\theta,w})$ ,  $0.9 \times P(Q_{i\theta,w})$  또는  $1 \times P(Q_{i\theta,w})$ 와 같은, 그러나 이로 제한되지 않는, 상한(upper limit) 미만으로 임의로 클램핑될 수 있다. 감수 값은 노이즈 감소된 파형 엔벨로프를 획득하기 위해 525에서  $Q_{i\theta,w}$ 의 엔벨로프로부터 감산될 수 있다.

[0295] 도 6d에 도시된 다른 예시적인 구현에서, 526에서 대역내 이미징 어레이  $Q_{i\theta,w}$ 의 요소들을 감쇠 인자와 곱하는 것에 의해 노이즈가 억제될 수 있다. 이미징 동안, 이미징 윈도우  $Q_{i\theta,w}$ 에서의 대역내 전력이  $P(Q_{i\theta,w})$ 로서

계산될 수 있다. 노이즈 검출 대역 전력  $P(Q_{n\theta,w})$  는, 노이즈 특성화 스테이지에서 획득된 함수  $f()$ 에 기초하여, 대역내 이미징 어레이 윈도우  $Q_{i\theta,w}$  내에서 노이즈 에너지  $\hat{P}_{iN\theta,w}$  를 추정하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어,  $Q_{i\theta,w}$  내에서의 노이즈 에너지  $\hat{P}_{iN\theta,w}$  는 575에서  $\hat{P}_{iN\theta,w} = f(P(Q_{n\theta,w}))$  로서 추정될 수 있다. 추정된 대역내 노이즈  $\hat{P}_{iN\theta,w}$  는 스케일링 인자  $\beta$  (단,  $0 \leq \beta \leq 1$ )와 곱하는 것에 의해 임의로 스케일링될 수 있다. 감쇠 인자는  $[P(Q_{i\theta,w}) - \beta \hat{P}_{iN\theta,w}] / P(Q_{i\theta,w})$  에 비례하도록 선택될 수 있다.

[0296] 일부 예시적인 구현들에서, 스케일링 계수  $\beta$  는 0과 1(unity) 사이에 있도록 선택될 수 있다. 초음파에서, 초음파 에너지의 감쇠가 이미징 에너지를 시간에 따라 감소시키는 경우,  $\beta$  의 결정은 파형 내에서의 윈도우의 깊이에 의존할 수 있다(따라서 이미징된 조직 내에서의 깊이에 대응함). 파라미터  $\beta$  는 임의로 사용자 제어될 (user-controlled) 수 있다. 감쇠 인자는, 1, 0.95, 0.9, 또는 0.8과 같은, 그러나 이로 제한되지 않는, 상한치만으로 임의로 클램핑될 수 있다. 감쇠 인자는 추가적으로 또는 대안적으로, 0, 0.01, 0.05, 또는 0.1과 같은, 그러나 이로 제한되지 않는, 하한치로 클램핑될 수 있다. 노이즈 감소된 어레이를 획득하기 위해 526에서 감쇠 인자가 어레이  $Q_{i\theta,w}$  또는 그의 엔벨로프와 곱해질 수 있다.

[0297] **클래스 특정 노이즈 감소를 위한 패턴 인식**

[0298] 노이즈 특성화 스테이지(예컨대, 도 6a 참조) 동안, 이 시스템은 임의로 어레이 쌍들  $C_{n\omega}$  및  $C_{i\omega}$ 를, 클래스들이라고 지칭되는, 하나 이상의 카테고리 그룹화하도록 구성될 수 있다. 도 7a의 단계(570)에 설명된 패턴 인식기를 다시 참조하면, 하나 이상의 검출 대역 노이즈 특성화 파형은 하나 이상의 노이즈 패턴 클래스를 식별하기 위해 그리고 클래스를 식별된 노이즈 패턴과 연관된 시간 윈도우들에 할당하기 위해 패턴 인식기에 의해 프로세싱될 수 있다. 클래스  $k$ 에 속하는 검출 대역 노이즈 특성화 파형의 윈도우들의 세트가 선택되고  $\{w_k\}$ 로서 표기될 수 있다. 세트  $\{w_k\}$  내의 윈도우들에 대한 대역내 및 대역외 전력 척도들이, 선행하는 단락들에서 설명된 것들과 유사한 방법들을 사용하여, 클래스  $k$ 에 특정한 함수 관계  $f_k()$  를 도출하는 데 사용될 수 있다.

[0299] 이 시스템은 이미징 트랜스듀서 회로가 이미징 에너지를 수신하고 있을 때 노이즈 패턴들을 식별하기 위해 패턴 인식기를 사용하도록 구성될 수 있다. 도 7b의 단계(570)에 대해 설명된 것들과 유사한 방법들을 사용하여, 하나 이상의 검출 대역 이미징 파형은 하나 이상의 노이즈 패턴 클래스를 식별하기 위해 그리고 클래스를 식별된 노이즈 패턴과 연관된 시간 윈도우들에 할당하기 위해 패턴 인식기에 의해 프로세싱될 수 있다. 추정된 대역내 노이즈 전력은 식별된 클래스에 특정한 함수 관계  $f()$ 로부터 도출될 수 있다. 예를 들어, 클래스 1에 속하는 윈도우들에 대해, 함수  $f_1()$ 은 추정된 대역내 노이즈(즉,  $\hat{P}_{iN\theta,w} = f_1(P(Q_{n\theta,w}))$ )를 도출하는 데 사용될 수 있다. 이와 유사하게, 클래스 2에 속하는 윈도우들에 대해, 함수  $f_2()$ 는 추정된 대역내 노이즈 등을 도출하는 데 사용될 수 있으며, 여기서  $f_1(), f_2(), f_3()$  등은 노이즈 특성화 스테이지에서 획득된다. 이전에 설명된 바와 같이, 대역내 이미징 파형의 주어진 윈도우  $Q_{i\theta,w}$ 에서의 노이즈는 감수 값을  $Q_{i\theta,w}$ 의 엔벨로프로부터 감산하는 것에 의해, 또는  $Q_{i\theta,w}$ 를 감쇠 인자와 곱하는 것에 의해 감소될 수 있으며, 여기서 감수 값 또는 감쇠 인자는  $\hat{P}_{iN\theta,w}$ 로부터 도출된다. 추가의 특정 예로서, 패턴 인식기에 의해 클래스 1로서 분류된 노이즈는 전기해부학적 매핑 시스템으로부터 유래될 수 있고 클래스 2로서 분류된 노이즈는 어블레이션 에너지 생성기로부터 유래될 수 있다. 따라서  $f_1()$ 은 노이즈가 이 시스템에 의해 매핑 시스템으로부터 오는 것으로 인식될 때 노이즈 검출 대역에서의 전력에 기초하여 전기해부학적 매핑 시스템에 의해 생성된 대역내 노이즈를 추정하는 데 사용될 수 있고,  $f_2()$ 는 노이즈가 이 시스템에 의해 어블레이션 생성기로부터 오는 것으로 인식될 때 노이즈 검출 대역에서의 전력에 기초하여 어블레이션 생성기에 의해 생성된 대역내 노이즈를 추정하는 데 사용될 수 있다.

[0300] 다른 예에서, 노이즈 추정 및 억제를 위해 어느 함수 관계를 사용할지를 결정하기 위해 노이즈를 발산하는 시스

템들이 모니터링될 수 있다. 예를 들어, 어블레이션 생성기가 에너지(및 연관된 노이즈)를 능동적으로 생성할 때 이진 게이팅 신호(binary gating signal)가 인에이블되도록 어블레이션 생성기의 컨트롤들이 모니터링될 수 있다. 이 게이팅 신호는 함수  $f_2()$ 가 대역내 노이즈 추정에 사용되어야 하는 시간 기간들을 결정하는 데 사용될 수 있다.

[0301] **노이즈 감소를 선택적으로 수행하기**

[0302] 대역내 이미징 어레이가 낮은 신호대 노이즈비를 나타낼 가능성이 있는지 여부를 추정하기 위해 에너지 측정치들이 임의로 이용될 수 있다. 환언하면, (감산 또는 감쇠 인자와 곱하는 것을 통해) 노이즈 감소 보정을 적용할지 여부에 대해 윈도우들을 분류하기 위해 에너지 측정치들이 사용될 수 있다.

[0303] 하나의 예시적인 구현에서, 주어진 윈도우(w)에 대해 노이즈 감소 보정을 적용할지 여부에 관한 결정은 노이즈 검출 대역에서 검출된 전력에 기초하여 이루어질 수 있다.  $P(Qn_{\theta,w})$ 가 미리 정의된 임계값을 초과하면,  $Q_{i\theta,w}$ 에 대해 노이즈 보정이 적용된다. 임계값은 노이즈 특성화 스테이지에서 획득될 수 있다.

[0304] 다른 경우들에서, 주어진 윈도우에 대해 노이즈 감소 보정을 적용할지 여부에 관한 결정은 노이즈 검출 대역에서의 전력에 대한 이미징 대역에서의 전력의 비에 기초하여 이루어질 수 있다. 예를 들어, 노이즈 특성화 스테이지에서, 대역내 노이즈 특성화 어레이들과 검출 대역 노이즈 특성화 어레이들의 쌍들의 각각의 윈도우에 대해, 검출 대역에서의 전력에 대한 이미징 대역에서의 전력의 비가 획득될 수 있다.  $R^{off}$ 로 표기되는, 모든 윈도우들에 걸친 대표적인 최대 비는, 아래에 설명된 바와 같이, 이미징 트랜스듀서 수신 회로가 이미징 에너지를 수신하고 있을 때 노이즈 감소 보정을 적용할지 여부를 결정하는 데 임계값으로서 사용될 수 있다.

[0305] 대역내 이미징 파형의 주어진 윈도우(w)에 대해 노이즈 감소 보정을 적용할지 여부에 관한 결정은,  $R_w^{on}$ 로서 표기되는, 노이즈 검출 대역에서의 전력에 대한 이미징 대역에서의 전력의 비에 기초하여 이루어질 수 있다. 하나의 예시적인 구현에서,  $R_w^{on}$ 가  $\gamma R^{off}$ 와 비교되고, 여기서  $\gamma$ 는 완화 파라미터이고  $R^{off}$ 는 노이즈 특성화 스테이지에서 계산된 대표적인 최대 비이다.  $R_w^{on}$ 이  $\gamma R^{off}$ 보다 큰 것으로 결정되면, 대역내 신호의 신호대 노이즈 비가 충분히 높은 것으로 추정되고 노이즈 감소 보정이 적용되지 않는다. 반대로,  $R_w^{on}$ 이  $\gamma R^{off}$ 보다 작거나 같은 것으로 결정되면, 신호대 노이즈비가 노이즈 감소 보정의 적용을 보증할 정도로 충분히 낮은 것으로 추정된다.

[0306]  $\gamma$ 의 값은 신호대 노이즈비에 대한 감도를 조정하는 데 이용될 수 있고, 일부 경우들에서, 신호의 약한 부분들이 그렇지 않았으면 억제될 경우들에 대한 조정 인자로서 사용될 수 있다.  $\gamma$ 의 값을 낮추는 것은 노이즈 감소를 적용하는 것에 대한 임계값을 낮추어, 노이즈 감소를 겪는 윈도우들의 수를 감소시키고 보다 많은 이미징 에너지(및 노이즈)가 최종 출력에서 지속될 수 있게 해준다.

[0307] 일부 예시적인 구현들에서,  $\gamma$ 가 0과 1 사이에 있도록 선택될 수 있다. 초음파에서, 초음파 에너지의 감쇠가 이미징 에너지를 시간에 따라 감소시키는 경우,  $\gamma$ 의 결정은 파형 내에서의 윈도우의 깊이에 의존할 수 있다(따라서 이미징된 조직 내에서의 깊이에 대응함). 파라미터  $\gamma$ 는 임의로 사용자 제어될 수 있다. 예를 들어, 이미지의 조직 또는 다른 구조적 양태들이 불필요하게 또는 과도하게 감쇠되는 것으로 인지되는 경우들에서, 사용자는 노이즈 감소의 효과를 줄이기 위해 이 파라미터의 값을 감소시킬 수 있다.

[0308] 노이즈 감소를 위해 식별되는 윈도우들에 대해, 윈도우 내의 대역내 이미징 어레이의 노이즈를 감소시키기 위해 임의의 적당한 노이즈 감소 또는 억제 방법이 이용될 수 있다. 도 6c에 도시된 바와 같은 감산 및/또는 도 6d에 도시된 바와 같은 감쇠 인자와 곱하는 것을 수반하는 보정들과 같은, 그러나 이로 제한되지 않는, 매우 다양한 노이즈 감소 보정들이 적용될 수 있음이 이해될 것이다.

[0309] 일부 경우들에서, 노이즈 억제는 창별로 잘못된 노이즈 감소를 야기할 수 있다. 예를 들어, 소량의 이미징 에너지를 포함하는 일부 윈도우들은 부주의로 윈도우에서의 낮은 신호대 노이즈비의 잘못된 결정(즉, 틀린 윈도우

분류)에 기초하여 노이즈 감소를 겪을 수 있다. 이것은 이미지의 주변의 균질한 신호 영역에 얼마간의 작은 이미지 "홀들"을 결과할 수 있거나, 이미지의 주변의 저-노이즈 영역에 잔류 노이즈 픽셀들을 결과할 수 있다. 하나의 예시적인 실시예에서, 인접한 윈도우들(즉, 공간적 이웃에 있는 윈도우들)의 상태는 노이즈 감소에 적당한 것으로 식별되는 윈도우가 실제로 그러한 프로세스를 거쳐야 하는지 여부를 결정하는 데 이용될 수 있다. 주어진 윈도우가 전술한 방법들에 따라 노이즈 감소에 적당한 것으로 식별되면, 하나 이상의 인접한 어레이(즉, 인접한 스캔 라인들에 대응하는 어레이들)의 인접한 윈도우들은 주어진 윈도우의 진폭 감쇠에 의한 노이즈 감소가 수행되어야 하는지 여부를 평가하는 데 이용될 수 있다.

[0310] 예를 들어, 주어진 스캔 라인에 대해, 주어진 윈도우가 노이즈 감소에 적당하지 않은 것으로 식별되지만, 하나 이상의 인접한 윈도우가 노이즈 감소에 적당한 것으로 식별되면, 이 윈도우는 오분류될(misclassified) 가능성이 있는 것으로 플래깅될 수 있다. 주어진 윈도우의 상태가 오버라이드될(overridden) 수 있고, 주어진 윈도우에 노이즈 감소가 적용되도록, 주어진 윈도우가 그 대신에 노이즈 감소에 적당한 것으로 식별될 수 있다. 반대로, 주어진 윈도우가 노이즈 감소에 적당한 것으로 식별되지만, 인접한 어레이들 내의 인접한 윈도우들이 노이즈 감소에 적당하지 않은 것으로 식별되면, 주어진 윈도우가 그 대신에 노이즈 감소에 적당하지 않은 것으로 식별되고 오분류될 가능성이 있는 윈도우로서 플래깅되도록, 주어진 윈도우의 상태에 대한 초기 결정이 오버라이드될 수 있다. 오분류된 윈도우들의 샘플들은, 임의로 지연 및 진폭 조정들을 수행한 후에, 하나 이상의 노이즈 없는(non-noisy) 이웃 윈도우의 샘플들로 대체될(즉, 전술한 방법들에 따라 노이즈 감소에 적당하지 않은 것으로 식별된 인접한 윈도우들의 샘플들에 의해 대체되거나 이들로부터 보간될) 수 있다.

[0311] 이 방법의 예시적인 구현이 도 6e에 예시되어 있으며, 여기서 현재 윈도우의 분류가 인접한 어레이들에서의 그 주변 윈도우들과 일치하는지 여부를 결정하기 위해 인접한 어레이들에서의 인접한 윈도우들이 조사된다. 주로 노이즈를 포함하는 것으로 분류된 2개의 창(배열 2, 윈도우 4 및 윈도우 5)("N"으로 마킹됨)은 노이즈 감소의 필요성을 피하기 위해 충분히 높은 신호 전력을 갖는 것으로 분류된 윈도우들("S"로 마킹됨)에 의해 둘러싸여 있기 때문에, 도 6f에 도시된 바와 같이, 2개의 "N" 윈도우는 (예컨대, 복사에 의해 또는 진폭 조정 및/또는 형상 조정을 사용한 보간에 의해) 이웃하는 "S" 윈도우들로부터의 샘플들로 대체될 수 있고, 이 윈도우들에 대해 노이즈 추정에 의한 노이즈 감소가 수행되지 않을 것이다. 비록 본 예시적인 구현이 주어진 윈도우의 상태를 확인할 때 어레이의 양측에 있는 2개의 인접한 윈도우를 이용하지만, 다른 실시예들은 임의의 수의 인접한 윈도우를 이용할 수 있다.

[0312] 주어진 윈도우의 분류가 변경되어야 하는지를 평가할 때 주어진 윈도우 전후의 하나 이상의 시간적으로 인접한 윈도우가 또한 이용될 수 있다. 예를 들어, 도 6e에서, 어레이의 선행하는 윈도우 및 진행 중인 윈도우는 "N"으로 마킹되기 때문에, 초기에 "S"로 마킹된, 어레이 5의 윈도우 4는, 도 6f에 도시된, "N"으로서 재분류될 수 있다.

[0313] 비록 본 예시적인 실시예가 이미지 프로세싱 이전에 신호들의 프로세싱을 수반하지만, 본 예시적인 실시예는 시간 도메인 신호들의 프로세싱과 달리 이미지 데이터를 프로세싱하도록 적합화될 수 있다. 예를 들어, 복수의 인접한 스캔 라인들을 나타내는, 복수의 대역내 및 검출 대역 이미징 어레이들은 대역내 이미지 및 검출 대역 이미지 프레임들을 획득하기 위해 취득되고 포스트-프로세싱됨(post-processed) 수 있다. 대역내 및 검출 대역 이미지 픽셀들은, 제각기,  $B_{i\theta,d}$  및  $B_{n\theta,d}$ 로서 표기되고, 여기서  $\theta$ 는 스캔 라인을 표기하고 d는 깊이이다. 검출 대역 이미지는 대역내 이미지 내의 각각의 픽셀에 대한 감쇠(즉, 감산 또는 곱셈을 통함) 값들을 평가하는 데 사용될 수 있다. 이러한 감쇠 값들은 픽셀별로(즉,  $B_{n\theta,d}$ 에서의 값이  $B_{i\theta,d}$ 에서의 픽셀 강도를 감쇠시키는 데 사용될 수 있음) 또는 대역내 이미지 픽셀의 로컬 공간적 이웃에 대응하는 검출 대역 이미지에서의 관심 영역을 프로세싱하는 것에 의해(예컨대,  $B_{n\theta,d}$  주위의 (예컨대, 극좌표 또는 데카르트 좌표로 된)  $3 \times 3$  이웃의 값들이  $B_{i\theta,d}$ 에서의 픽셀 강도를 감쇠시키는 데 사용될 수 있음) 검출 대역 이미지 내의 대응하는 픽셀로부터 획득될 수 있다.

[0314] 이제 도 6g, 도 6h 및 도 6j를 참조하면, 노이즈 특성화(도 6g)를 수행할 때 그리고 이미징 동안 노이즈 억제에 적당한 감수 값(도 6h) 또는 감쇠 인자(도 6i)의 결정을 위해 기준 수신 채널이 사용되는 대안의 예시적인 실시예들이 도시되어 있다. 도 6g에서, 노이즈 특성화를 수행할 때, 도 6a의 검출 대역 노이즈 특성화 파형 대신에, 기준 노이즈 특성화 파형(409)이 이용된다. 기준 채널 필터는 이미징 대역 통과 필터일 수 있다. 대안적으로, 노이즈 추정이 대역외 노이즈의 입력으로부터 이득을 본다면, 기준 채널 필터는 이미징 대역 통과 필

터와 상이할 수 있다. 도 6h에서, 감수 값들을 결정하고 감산에 의한 노이즈 감소를 적용하기 위해, 도 6b의 검출 대역 이미징 파형 대신에, 기준 노이즈 검출 파형(439)이 이용된다. 이와 유사하게, 도 6i에서, 노이즈 감소를 위한 감쇠 인자를 결정하고 적용하기 위해, 도 6b의 검출 대역 이미징 파형 대신에, 기준 노이즈 검출 파형(439)이 이용된다. 도 6a 내지 도 6f를 참조하여, 위에서 설명된 방법들은 따라서 검출 대역 노이즈 특성화 파형(408)(및 연관된 전력 척도들)을 도 6g에 도시된 기준 노이즈 특성화 파형(409)으로 대체하는 것, 및 검출 대역 이미징 파형(438)(및 연관된 어레이 및 전력 척도들)을 도 6h 및 도 6i에 도시된 기준 노이즈 검출 파형(439)으로 대체하는 것에 의해 본 예시적인 실시예에 맞게 적합화될 수 있다.

**[0315] 실시예 6: 의사-주기적인(Pseudo-Periodic) 노이즈 소스들의 노이즈 감소**

**[0316]** 본 예시적인 실시예에서, 노이즈 감소는 대역내 노이즈를 추정 및 감산하는 것에 의해 수행되며, 여기서 노이즈는 의사-주기적인 노이즈 소스 또는 의사-주기적인 노이즈 소스들의 시퀀스로부터 유래될 것으로 예상된다. 이미징 트랜스듀서 수신 회로가 이미징 에너지를 수신하고 있지 않을 때는 대역내 노이즈가 노이즈 특성화 스테이지 동안 이루어진 측정들에 기초하여 추정된다.

**[0317]** 본 예시적인 방법의 제1 스테이지에 따르면, 파형들은 이미징 에너지의 부재 시에(예컨대, 초음파 트랜스듀서가 이미징 에너지를 수신하고 있지 않을 때) 이미징 대역 및 노이즈 검출 대역 둘 다 내에서 검출되고 샘플링되어, 그에 의해 한 쌍의 동시발생적인 대역내 및 검출 대역(대역외) 노이즈 특성화 어레이들을 획득한다.

**[0318]** 도 8a에 도시된 바와 같이, 대역내 노이즈 특성화 파형(590)은 이미징 트랜스듀서 수신 채널(13)로부터 검출된 입력 파형에 이미징 대역 통과 필터(200)를 적용하고, 필터링된 데이터의 엔벨로프(210)를 임의로 검출하는 것에 의해 획득될 수 있다. 검출 대역 노이즈 특성화 파형(595)은 노이즈 검출 대역 통과 필터(410)를 이미징 트랜스듀서 수신 채널(적어도 하나의 노이즈 검출 대역이 이미징 대역 외부로부터의 신호를 포함함)로부터의 입력 파형에 적용하고, 필터링된 데이터의 엔벨로프(411)를 임의로 검출하는 것에 의해 획득될 수 있다. 이미징 에너지의 부재 시에 측정된, 대역내 노이즈 특성화 파형들 및 검출 대역 노이즈 특성화 파형들은, 제각기,  $C_i$  및  $C_n$ 로 표기된, 대역내 노이즈 특성화 어레이들 및 검출 대역 노이즈 특성화 어레이들을 획득하기 위해 샘플링될 수 있다.  $C_i$ (및  $C_n$ )는 주기적인 노이즈 소스의 하나 이상의 주기를 캡처해야 한다.

**[0319]** 노이즈 특성화 스테이지에서 대역내 및 검출 대역 노이즈 특성화 어레이들을 획득한 후에, 검출 대역 특성화 어레이와 검출 대역 이미징 어레이 사이의 상관은 대역내 특성화 어레이를 대역내 이미징 어레이로부터 감산하기 위한 조정 파라미터들을 추정하는 데 사용될 수 있다.

**[0320]** 도 8b에 도시된 바와 같이, 이미징을 수행할 때, 이미징 트랜스듀서 수신 회로(13)로부터의 입력 파형들은 200 및 410에 도시된 바와 같이 필터링되어 대역내 이미징 파형들 및 검출 대역 이미징 파형들을 제공한다. 이 파형들은 대역내 이미징 어레이(537) 및 검출 대역 이미징 어레이(538)를 획득하기 위해 (엔벨로프 검출을 수행하기 이전에 또는 그 이후에) 샘플링될 수 있다. 대역내 및 검출 대역 이미징 어레이들은, 제각기,  $Q_i$  및  $Q_n$ 로서 표기된다.

**[0321]** 본 방법에 따르면, 대역내 노이즈 특성화 어레이( $C_i$ )를 사용하여 노이즈 감소를 위해 각각의 대역내 이미징 어레이가 프로세싱되어, 노이즈를 대역내 이미징 어레이( $Q_i$ )로부터 감산한다. 그렇지만, 감산을 통해 노이즈 감소를 수행하기 위해, 노이즈가 동시발생적이라도 대역내 노이즈 특성화 어레이( $C_i$ )가 대역내 이미징 어레이( $Q_i$ )와 시간적으로 정렬되어야 한다. 그러한 정렬은 노이즈 검출 대역에서의 노이즈와 상관되는 이미징 대역에서의 노이즈를 생성하는 주기적인 노이즈 소스의 경우에 가능하다.

**[0322]** 시간 정렬(temporal alignment)은 565 및 566에서(선행하는 예시적인 실시예들에서 설명된 바와 같이), 예를 들어, 대역내 및 검출 대역 이미징 어레이들( $Q_i$  및  $Q_n$ )을 복수의 시간 윈도우들로 세그먼트화하는 것에 의해 달성될 수 있다. 윈도우들은 바람직하게는 주기적인 노이즈 소스의 하나 이상의 주기를 캡처하기에 충분히 길어야 한다. 윈도우들에 따라 시간적으로 세그먼트화된, 이미징 어레이들은  $Q_{i_w}$  및  $Q_{n_w}$ 로서 표기되고, 여기서 아래 첨자  $w$ 는 윈도우 번호를 표기하는 정수이다.

**[0323]** 하나의 예시적인 실시예에서, 시간 정렬은 윈도우별로 달성될 수 있다. 본 예시적인 구현에서, 시간 정렬은, 각각의 윈도우 내에서, 검출 대역 노이즈 특성화 어레이( $C_n$ )와 검출 대역 이미징 어레이( $Q_{n_w}$ ) 사이의 교차 상관을 계산하고, 580에 도시된 바와 같이, 최대 교차 상관에 대응하는 상대 시간 지연을 선택하는 것에 의해 달성될 수 있다. 이미징 대역에서의 노이즈와 노이즈 검출 대역에서의 노이즈 사이의 동시발생적 관계로 인해, 이 시간 지연  $\tau$ , 510에 도시된 바와 같이 윈도우별로, 대역내 노이즈 특성화 어레이( $C_i$ )를 대역내 이미징 어레이

( $Q_{iw}$ )에 대해 정렬시키기 위해 또한 적용될 수 있다. 스케일링 계수가 정렬된 대역내 노이즈 특성화 어레이에 또한 적용될 수 있다.

[0324]  $C_{iw}$ 에 의해 표기되는, 정렬된 대역내 노이즈 특성화 어레이의 윈도우잉된 부분은 이어서 대역내 이미징 어레이 ( $Q_{iw}$ )로부터 감산되어, 임의로 감산후 절대 값을 취하거나 음수 값들을 제거하기 위해 바닥 함수(floor function)를 적용한 후에, 노이즈 감소된 대역내 이미징 어레이( $Q_{iw}$ )를 결과한다. 이 프로세스는 이어서 노이즈 감소가 요망되는 각각의 부가의 윈도우마다 반복될 수 있다.

[0325] 인접한 윈도우들이 오버랩하는 하나의 예시적인 구현에서, 대역내 노이즈 특성화 어레이( $C_{iw}$ )의 정렬된 윈도우잉된 세그먼트를 대역내 이미징 어레이( $Q_{iw}$ )로부터 감산할 때 스케일링 인자가 적용될 수 있다. 예를 들어, 감산 (및 임의적 모듈러스(modulus))는 이하에 따라 계산될 수 있고:  $Q_{iw} = Q_{iw} - \alpha C_{iw}$ , 여기서  $\alpha$ 는 윈도우잉을 고려하기 위한 스케일링 인자이고, 여기서  $\alpha = 1 - \beta$ 이며, 여기서  $\beta$ 는 오버랩 인자(overlap factor)이다. 예를 들어,  $\beta = 0.75$ 인 경우, 스케일링 인자는  $\alpha = 0.25$ 일 것이다. 본 구현이 감산된 성분을 스케일링하는 예시적인 방법을 예시하기 위해 제공되며, 다른 함수적 형태들이 대안적으로 이용될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0326] 이제 도 8c 및 도 8d를 참조하면, 노이즈 특성화(도 6g)를 수행할 때 그리고 이미징 동안 노이즈 억제에 적당한 진폭 조정의 결정을 위해 기준 수신 채널이 사용되는 대안의 예시적인 실시예가 도시되어 있다. 도 8c에서, 노이즈 특성화를 수행할 때, 도 8a의 검출 대역 노이즈 특성화 파형(595) 대신에, 기준 노이즈 특성화 파형(596)이 이용된다. 이와 유사하게, 도 8d에서, 진폭 조정을 결정하고 적용하기 위해, 도 8b의 검출 대역 이미징 파형 대신에, 필터링된 기준 노이즈 검출 파형(439)이 이용된다. 도 8a 및 도 8b를 참조하여, 위에서 설명된 방법들은 따라서 검출 대역 노이즈 특성화 파형(408)을 도 8c에 도시된 기준 노이즈 특성화 파형(409)으로 대체하는 것, 및 검출 대역 이미징 파형(438)(및 연관된 어레이들)을 도 8d에 도시된 기준 노이즈 검출 파형(439)으로 대체하는 것에 의해 본 예시적인 실시예에 맞게 적합화될 수 있다.

[0327] **실시예 7: 스캔 레이트를 변경하는 것에 의한 복수의 스캔들을 사용한 노이즈 감소**

[0328] 이 시스템은 동일한 스캔 라인으로부터의 이미징 에너지와 연관되거나 또는 실질적인 공간 오버랩을 갖는 스캔 라인들과 연관된 2개 이상의 대역내 이미징 어레이들의 세트가 획득되도록 구성될 수 있다. 대역내 이미징 어레이들의 세트 내의 이미징 에너지는 중복적인 시간/깊이 의존성을 가질 것이다. 중복적인 대역내 이미징 어레이들의 세트를 평균화하는 것(또는 최소 값을 평가하는 것과 같은, 어떤 다른 통계 프로세싱을 수행하는 것)은 노이즈 자체가 각각의 스캔 라인에 대한 이미징 에너지를 수신하기 시작하도록 이미징 트랜스듀서 수신 회로를 프롬프트하는 트리거에 시간 고정되지 않으면 노이즈를 억제할 수 있다. 예를 들어, 이미징 초음파 트랜스듀서를 여기시키는 전압 펄스의 펄스 반복 주파수가 200us이면, 매 2us마다 반복되는 주기적 노이즈는 각각의 대역내 이미징 어레이에 대해 0us, 2us, 4us 등에서의 성분을 항상 가질 것이다. 그렇지만, 펄스 반복 주파수가 199us로 조정되면, 제1 이미징 어레이는 0us, 2us, 4us 등에서의 노이즈 성분들을 가질 것이고, 제2 이미징 어레이는 1us, 3us, 5us 등에서의 노이즈 성분들을 가질 것이다. 임의로 엔벨로프 검출을 수행한 후에, 2개의 연속적인 중복적인 대역내 이미징 어레이를 평균화하는 것에 의해 노이즈가 억제될 수 있다.

[0329] 이 예시적인 실시예에서, 검출 대역 파형(대역외)에서의 노이즈가 하나 이상의 대역내 노이즈 소스의 주기를 결정하는 데 사용될 수 있다. 이미징 스캔 주기가 노이즈 소스의 주기의 정수배가 되지 않도록 이 시스템은 자신의 스캔 레이트를 조정하도록 프롬프트될 수 있다. 예를 들어, 이미징 트랜스듀서 수신 회로가 이미징 에너지를 수신하고 있는 동안 검출 대역 이미징 파형에서 주기성을 검출하기 위해 자기 상관 함수(auto-correlation function)가 사용될 수 있다. 대안적으로, 하나 이상의 노이즈 소스의 주기는 이미징 트랜스듀서가 이미징 에너지를 수신하고 있지 않을 때 노이즈 특성화 스테이지에서 검출 대역 노이즈 특성화 파형 또는 기준 노이즈 특성화 파형으로부터 결정될 수 있거나, 또는 미리 저장된 데이터베이스로부터 로딩될 수 있다. 이미징 스캔 주기가 노이즈 소스의 주기의 정수배가 되지 않도록 이 시스템은 이어서 자신의 스캔 레이트를 조정하도록 프롬프트될 수 있다.

[0330] 최적의 스캔 레이트가 결정되고 스캔 레이트가 조정되면, 복수의 스캔 라인들로부터 획득된 대역내 이미징 파형들이 엔벨로프 검출을 수행한 후에 샘플링되어 대역내 이미징 어레이들의 세트를 획득한다. 대역내 이미징 어

레이는  $Q_{i\theta}$ 로서 표기되고, 여기서  $\theta$ 는 스캔 라인이다. 대역내 이미징 어레이로부터의 샘플은  $Q_{i\theta}[k]$ 로서 표기되고, 여기서  $k = 1..K$ 는 샘플 인덱스이고  $K$ 는 어레이 내의 샘플들의 수이다. 이 시스템은 인접한 스캔 라인들 또는 상당한 공간적 오버랩을 갖는 스캔 라인들과 연관된 복수의 어레이들에 걸쳐 평균화하는 것(또는 최소값을 취하는 것과 같은, 다른 통계적 측정을 수행하는 것)에 의해 노이즈를 억제하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 이 시스템이 3개의 대역내 이미징 어레이를 그룹화하도록 구성되면, 샘플  $Q_{i\theta}[k]$ 는  $[Q_{i\theta-1}[k], Q_{i\theta}[k], Q_{i\theta+1}[k]]$ 의 평균으로 대체될 수 있다. 임의로, 샘플  $Q_{i\theta}[k]$ 는 세트  $[Q_{i\theta-1}[k], Q_{i\theta}[k], Q_{i\theta+1}[k]]$ 에 대해 어떤 다른 수치 해석을 수행하고 샘플이 노이즈 감소를 보증하는지를 결정 한 후에 선택적으로 유지될 수 있다. 예를 들어  $[Q_{i\theta-1}[k], Q_{i\theta}[k], Q_{i\theta+1}[k]]$ 에 대해 최소 값이 최대 값의 절반보다 크면, 샘플 값들의 범위는 평균화에 의한 노이즈 감소를 보증하기에 충분히 크지 않을 수 있으며 따라서 샘플이 변경되지 않은 채로 있다.

[0331] 그러한 스킴은, 로컬 환경에서 노이즈 소스들의 타이밍 또는 주기성과 상관되지 않는 시간들에서 RF 여기 펄스가 개시되도록 보장하는 것에 의해, 주기적인 노이즈 소스의 존재 시에 MRI 이미징에 또한 유용할 수 있다.

[0332] **부가의 특징: 복수의 스캔들을 사용할 때 노이즈 감소를 겪을 샘플들을 선택적으로 선택하기**

[0333] 본 예시적인 실시예에서, 스캔 레이트는 위에서 설명된 바와 같이 조정되고, 노이즈 감소는 복수의 인접한 스캔 라인들로부터의 어레이들로부터의 (평균(average) 또는 최소값과 같은) 통계적 측정치들에 기초하여 대역내 이미징 어레이의 부분들을 선택적으로 대체하는 것에 의해 수행되고, 여기서 인접한 스캔 라인들과 연관된 스캔 영역에서 충분한 오버랩이 있다. 검출 대역 측정치들을 사용하여 노이즈 있는 것으로 평가되는 대역내 이미징 어레이의 세그먼트들이 대체된다.

[0334] 도 8e에 도시된 바와 같이, 대역내 파형들 및 검출 대역 파형들을 제공하기 위해 200 및 410에 도시된 바와 같이 필터링된, 입력 파형들이 엔벨로프 검출을 수행한 후에 샘플링되어, 대역내 이미징 어레이들 및 검출 대역 이미징 어레이들을 획득할 수 있다.

[0335] 복수의 스캔 라인들에 대응하는 데이터는 각각의 스캔 라인에 대한 어레이들의 세트로서 기록된다. 각각의 스캔 라인에 대한 어레이들의 세트가 획득되고, 여기서 각각의 스캔 라인에 대해 이미징 대역에서 하나의 대역내 이미징 어레이가 획득되고, 각각의 스캔 라인에 대해 적어도 하나의 대역의 이미징 어레이가 획득된다. 쌍 내의 대역내 및 검출 대역 이미징 어레이들은, 제각기,  $Q_{i\theta}$  및  $Q_{n\theta}$ 로서 표기되고, 여기서  $\theta$ 는 스캔 라인이다. 대역내 이미징 어레이 및 검출 대역 이미징 어레이로부터의 샘플은, 제각기,  $Q_{i\theta}[k]$  및  $Q_{n\theta}[k]$ 로서 표기되고, 여기서  $k = 1..K$ 는 샘플 인덱스이고  $K$ 는 어레이 내의 샘플들의 수이다.

[0336] 검출 대역 이미징 어레이들은, 각각이  $Q_{n\theta}$ 의  $J$ 개의 샘플을 포함하는, 복수의 윈도우들로 세그먼트화된다. 윈도우들에 따라 세그먼트화된 어레이는  $Q_{n\theta,w}$ 로서 표기되고, 여기서 아래 첨자  $w$ 는 윈도우 번호를 표기하는 정수이고,  $\theta$ 는 스캔 라인을 표기하는 인덱스이며,  $Q_{n\theta,w}$ 는 샘플들  $[Q_{n\theta}[k_w], Q_{n\theta}[k_w+1], \dots, Q_{n\theta}[k_w+J-1]]$ 을 포함하고, 여기서  $k_w$ 는 윈도우에서의 첫 번째 샘플의 인덱스이다.

[0337] 600에 도시된 바와 같이, 노이즈의 존재 또는 부재에 대해 검출 대역에서의 각각의 윈도우  $Q_{n\theta,w}$ 가 평가된다. 노이즈(예를 들어, 피크, RMS 등과 같은 파형 에너지의 측정치들에 의해 결정됨)가 임계값을 초과하면, 윈도우는 노이즈 있는 것으로 간주된다. 임계값은 노이즈 특성화 스테이지에서 선택될 수 있다.

[0338] 본 예시적인 실시예에 따르면, 노이즈 있는 것으로 분류된 각각의 검출 대역 어레이 윈도우  $Q_{n\theta,w}$ 에 대해, 모든 동시발생적 대역내 샘플들(즉,  $Q_{i\theta}[k_w], Q_{i\theta}[k_w+1], \dots, Q_{i\theta}[k_w+J-1]$ )은 노이즈 감소에 적당한 샘플들로서

식별될 수 있다.

- [0339] 윈도우들이 오버랩할 때, 주어진 샘플  $Q_{i\theta}[k]$  는 하나 초과와 윈도우와 연관될 수 있다. 샘플이 노이즈 있는(noisy) 윈도우 및 노이즈 없는(noise-free) 윈도우 둘 다와 연관되는 경우들이 있을 수 있다. 이 경우들에서, 이 시스템은 샘플이 노이즈 감소에 적당한지를 결정하기 전에 다수의 대역의 윈도우들로부터의 노이즈 평가들을 풀링하도록 구성될 수 있다.
- [0340] 노이즈 감소에 적당한 것으로 간주되는 샘플들은, 610에서 도시된 바와 같이 계산된, 인접한 스캔 라인들과 연관된 어레이들로부터의 샘플들로부터의 (중복 값들(duplicate values), 평균(average), 최솟값, 및 이와 유사한 것과 같은) 통계적 척도들을 사용하여 620에서 대체될 수 있다. 예를 들어, 샘플  $Q_{i\theta}[k]$  가 노이즈 감소에 적당한 것으로 간주되고, 이 시스템이 3개의 스캔 라인으로부터의 어레이들을 그룹화하도록 구성되면, 샘플  $Q_{i\theta}[k]$  는  $[Q_{i\theta-1}[k], Q_{i\theta}[k], Q_{i\theta+1}[k]]$  중 최솟값으로 대체될 수 있다.
- [0341] 이제 도 8f를 참조하면, 이미징 동안 노이즈 감소를 수행할 때, 도 8e의 검출 대역 이미징 파형 대신에, 기준 파형이 이용되는 대안의 예시적인 실시예가 도시되어 있다. 도 8d를 참조하여, 위에서 설명된 방법들은 따라서 검출 대역 이미징 파형(및 연관된 어레이들)을 필터링된 기준 노이즈 검출 파형으로 대체하는 것에 의해 본 예시적인 실시예에 맞게 적합화될 수 있다.
- [0342] **시간 도메인 대 주파수 도메인 프로세싱**
- [0343] 선행하는 예시적인 실시예들은 시간 도메인 프로세싱의 맥락 내에서 개시되었다. 그렇지만, 본 명세서에 개시된 예시적인 실시예들 중 다수는 하나 이상의 단계 동안 주파수 도메인 또는 시간 주파수 도메인 프로세싱을 이용할 수 있다. 예를 들어, 도 6a 및 6c에서, 단계들(570 및 572)에서, 이미징 대역과 노이즈 감지 대역에서의 최대 전력 및 최대 전력의 비를 사용하는 대신에, 단기(short-term) 푸리에 변환 또는 웨이블릿 변환들이 윈도우별로 또는 어레이별로 대역내 파형 및 대역외 파형에 대해 수행될 수 있다. 변환 계수들의 분석(예컨대, 평균(average), 평균 제곱(mean square), 및 이와 유사한 것)은 노이즈가 존재하거나 부재할 때 노이즈를 특성화하거나 윈도우들을 검출하는 데 사용될 수 있다. 노이즈가 검출될 때, 526에서 시간 도메인에서 신호를 감쇠시키는 대신에, 현재 윈도우에 대한 변환 계수들이 감쇠될 수 있다. 이어서, 노이즈 감소된 시간 도메인 신호를 획득하기 위해 감쇠된 주파수 도메인 신호에 대해 역변환이 수행될 수 있다.
- [0344] 도 2a(단계(510)), 도 8b 및 도 8d(단계(580)), 또는 2개의 시계열 파형(time-series waveforms) 사이의 교차 상관관계가 요구되는 임의의 다른 실시예에서, 교차 상관관계의 효율적인 계산을 위해 푸리에 변환 알고리즘들이 사용될 수 있다.
- [0345] 게다가, 도 7a 내지 도 7d를 참조하여 위에서 설명된 바와 같이, 단계(570)에서 노이즈 패턴들을 분류하기 위해 머신 러닝 알고리즘들이 사용될 수 있다. 이 패턴들은 주파수 도메인 및/또는 시간 주파수 도메인 특징들에 의해 정의될 수 있으며, 이는 시계열 파형들의 주파수 도메인 또는 시간 주파수 도메인 프로세싱을 요구할 것이다.
- [0346] **초음파를 넘어선 일반화**
- [0347] 이미지 노이즈 감소를 위한 선행하는 예시적인 시스템들 및 방법들이 초음파 이미징의 맥락 내에서 예시되었지만, 본 명세서에 개시된 실시예들이 매우 다양한 이미징 디바이스들, 시스템들 및 방법들에 맞게 적합화될 수 있음이 이해될 것이다.
- [0348] 전문한 실시예들에 따른 노이즈 감소에 적합화될 수 있는 이미징 시스템의 다른 예는 자기 공명 이미징 시스템이다. 이제 도 9를 참조하면, 노이즈 감소를 겪는 신호들이 자기 공명(MR) 시스템으로부터 획득되는 대안의 예시적인 시스템이 예시되어 있다. 예시적인 시스템은, 환자(60) 또는 검사 대상(examined subject)에서 분극(polarization)을 생성하는, 주 자기 필드(main magnetic field)( $B_0$ )를 생성하기 위해 주 자석(main magnet)(52)을 이용하는 자기 공명 스캐너(50)를 포함한다. 예시적인 시스템은 자기 필드 그레이디언트들(magnetic field gradients)을 생성하기 위한 그레이디언트 코일들(gradient coils)(54)을 포함한다. 수신 코일(reception coil)(58)은 환자(60)로부터의 MR 신호들을 검출한다. 수신 코일(58)은 전송 코일(transmission coil)로서 또한 사용될 수 있다. 대안적으로, 본체 코일(body coil)(56)은 무선 주파수(RF) 펄스들을 방사 및/또는 검출하는 데 이용될 수 있다. RF 펄스들은 RF 유닛(65)에 의해 생성되고, 자기 필드 그레이디언트들은 그

레이디언트 유닛(70)에 의해 생성된다. RF 펄스들 및 자기 필드 그레이디언트들의 시퀀스를 사용하여 MR 신호들이 검출되는 방식, 및 MR 이미지들이 일반적으로 어떻게 재구성되는지는 본 기술분야의 통상의 기술자에게 공지되어 있다.

- [0349] 기준 수신 회로는 스캐너와 동일한 방에 있지만, 원하는(sought-after) MRI 신호들이 방출되고 있는 (환자와 같은) 이미징되는 샘플에 바로 인접하여 위치되지 않는 코일을 포함할 수 있다. MRI 머신 근방을 진행하는 전자기 노이즈는 이미징 수신 코일(58) 및 기준 수신 회로 둘 다에 의해 검출될 것이다. 기준 수신 회로의 코일은 이미징 수신 코일과 동일한 노이즈 중 일부를 수신할 가능성이 있도록 배향되고 위치될 수 있지만, 기준 수신 회로에 의해 검출되는 무시할 만한 이미징 에너지가 있도록 이미징되는 샘플로부터 충분히 멀리 떨어져 있을 수 있다.
- [0350] 기준 수신 회로 코일은 이미징 수신 코일(58)과 동일한 대역폭을 갖도록 튜닝될 수 있거나, 이미징 수신 코일에 커플링될 수 있는 노이즈와 상관되는 환경에서의 노이즈 신호들을 여전히 수집할 수 있는 상이한 대역폭을 가질 수 있다.
- [0351] 기준 수신 회로는, 서로 직교하게 정렬되는 3개의 코일과 같은, 수신 코일들의 집합체를 더 포함할 수 있다. 이것은 3개의 코일 각각에서 수집되는 노이즈의 가중 합이 이미징 수신 코일에서 수집되는 노이즈와 보다 가깝게 매칭할 수 있는 방식으로 전자기 노이즈의 수집을 가능하게 해줄 것이며, 따라서 MRI 환경에서의 미세한 전자기 노이즈 소스들의 방향성(directionality)을 고려한다.
- [0352] MR 시스템이 부가의 제어 또는 입력 디바이스들과 같은, 그러나 이로 제한되지 않는, 명확성을 위해 도시되지 않은 부가의 유닛들 또는 컴포넌트들, 및 심장 및/또는 호흡 게이팅을 위한 디바이스들과 같은, 부가의 감지 디바이스들을 가질 수 있음이 이해될 것이다. 게다가, 개별 유닛들의 묘사된 분리 이외의 다양한 유닛들이 실현될 수 있다. 상이한 컴포넌트들이 유닛들에 어셈블링되거나 상이한 유닛들이 서로 결합되는 것이 가능하다. 다양한 유닛들(기능 유닛들로서 묘사됨)이 하드웨어, 소프트웨어 또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합으로서 설계될 수 있다.
- [0353] 도 9에 도시된 예시적인 시스템에서, 제어 및 프로세싱 하드웨어(100)는 적당한 펄스 시퀀스에 따라 환자(60)의 자기 공명 이미지들을 획득한다. 제어 및 프로세싱 하드웨어(100)는 취득된 이미지들을 수신하고 이미지들의 취득을 제어하기 위해 자기 공명 이미징 스캐너(50)와 인터페이스된다. 제어 및 프로세싱 하드웨어(100)는 RF 유닛(65)으로부터 이미지 데이터를 수신하고 아래에서 설명되는 방법들에 따라 이미징 데이터를 프로세싱한다.
- [0354] 제어 및 프로세싱 하드웨어(100)는, 프로세서에서 실행될 때, 이 시스템으로 하여금 자기 공명 이미징 시스템으로부터 획득된 신호들에서의 노이즈를 감소시키기 위해 본 개시내용에서 설명된 하나 이상의 방법을 수행하게 하는 명령어들의 세트에 프로그래밍될 수 있다. 예를 들어, 도 9에 도시된 바와 같이, 제어 및 프로세싱 하드웨어(100)는, 펄스 시퀀스 생성 모듈(도시되지 않음), 이미지 취득 모듈(도시되지 않음), 이미지 프로세싱 모듈(145), 및 노이즈 억제 모듈(150)과 같은, 그러나 이로 제한되지 않는, 실행가능 이미지 프로세싱 모듈들의 세트의 형태의 명령어들로 프로그래밍될 수 있다. 펄스 시퀀스 생성, 이미지 취득 및 이미지 프로세싱 모듈들은, 제각기, 펄스 시퀀스 생성, 이미지 취득, 및 이미지 재구성에 대해 본 기술분야의 통상의 기술자에게 공지된 알고리즘들을 사용하여 구현될 수 있다. RF 데이터는 RF 코일(56 및/또는 58), 및 임의로 하나 이상의 기준 수신 회로로부터 수신된다. 데이터가 샘플링되고 필터링되어 대역내 파형을 획득할 수 있다. 그에 부가하여, 기준 수신 회로를 통한 기준 파형 또는 코일들(56 및/또는 58)로부터의 RF의 필터링을 통해 측정된 노이즈 검출 대역 파형이 수집된다. 도 2 내지 도 8에 설명된 하나 이상의 노이즈 억제 방법이 100에서 노이즈 억제를 위해 이용될 수 있다. 펄스 생성 모듈은 원하는 이미징 시퀀스에 따라 RF 펄스들의 시퀀스 및 자기 필드 그레이디언트들을 확립하고, 이미지 취득 모듈은 코일들(56 및/또는 58)에 의해 검출된 MR 신호들을 원시 데이터 공간(raw data space)에 저장한다. 이미지 프로세싱 모듈(145)은 획득된 임의로 노이즈 억제된 RF 데이터를 프로세싱하여 MR 이미지의 이미지 재구성을 수행한다.
- [0355] (기준 수신 채널 또는 노이즈 검출 대역을 통해) 이미징 신호의 대역폭에서의 노이즈와 상관되는 노이즈를 검출할 수 있는 것에 의해, 대역내 노이즈를 추정하고 추정된 노이즈를 이미징 신호로부터 제거하는 것에 의해 이미징 신호를 개선시키는 능력이 제공된다.
- [0356] 이것은 MRI를 환경 노이즈로부터 실딩하기 위한 전형적인 케이지(cage)에서 개선된 SNR을 가능하게 해주거나, 또는 전형적으로 노이즈에 보다 더 영향을 받는 보다 개방된/비실딩된 환경에서의 MRI 시스템의 동작을 가능하게 해준다.

- [0357] **예들**
- [0358] 이하의 예들은 본 기술분야의 통상의 기술자가 본 개시내용의 실시예들을 이해하고 실시할 수 있게 해주기 위해 제시된다. 이들은 본 개시내용의 범위에 대한 제한으로서 간주되어서는 안되며, 단지 그를 예시하고 대표하는 것으로서 간주되어야 한다.
- [0359] **예 1: 감쇠 인자를 통한 알려지지 않은 노이즈 소스의 노이즈 감소(실시예 5의 예)**
- [0360] 본 예는, 2개의 노이즈 소스의 존재 시에, ICE(intra-cardiac echo) 시스템을 사용하여 초음파 데이터를 수집하는 것을 수반하였다. 트랜스듀서는 9MHz의 주파수의 초음파 에너지를 검출하도록 구성되었다. 무선 주파수(RF) 신호를 7 내지 13 MHz의 이미징 대역 및 방출된 초음파의 주파수 범위를 벗어난 15 내지 25 MHz의 노이즈 검출 대역으로 분리시키기 위해 2개의 대역 통과 필터가 병렬로 사용되었다.
- [0361] 첫 번째 노이즈 소스는 전기해부학적 매핑 시스템(Carto<sup>®</sup> 3)이었다. 이 시스템은 전자기 트래킹 모듈 및 임피던스 기반 트래킹 모듈을 가지며, 이를 위해 임피던스를 측정하고 디바이스 위치를 추정하기 위한 패치들(patches)이 환자에 부착된다. 이러한 패치들은 상당한 양의 노이즈를 ICE 이미지들의 이미징 대역에 커플링시킬 수 있다. 본 실험들에서, 심장 팬텀(heart phantom)이 식염수 욕조에서 사용되었다. 임피던스 패치들로부터의 전극들이 배스(bath)에 침지되었다. 두 번째 노이즈 소스는 Carto<sup>®</sup> 3 콘솔에 접속된 어블레이션 생성기의 전원을 켜는 것이었다. 이 두 번째 노이즈 소스로부터 생성된 노이즈는, 생성기가 전원이 켜졌을 때, 어블레이션 생성기로부터 Carto<sup>®</sup> 3 콘솔을 통해 그리고 패치 전극들을 통해 식염수 배스로 전파되는 노이즈일 가능성이 있는 것으로 결정되었다.
- [0362] 도 10a는 노이즈 소스의 부재 시에 수집된 초음파 이미지를 도시하는 반면, 도 10b 및 도 10c는, 제각기, 이미징 품질에 대한 제1 및 제2 노이즈 소스들의 영향을 도시하고 있다.
- [0363] ICE 콘솔의 초음파 트랜스듀서에 의해 검출된 초음파 파형들의 노이즈 감소는 도 6a 및 도 6d에 예시된 방법의 구현에 따라 수행되었다.
- [0364] 본 실험의 제1 베이스라인 노이즈 특성화 스테이지 동안, 이미징 에너지가 수신되지 않을 시와 노이즈 에너지가 수신되지 않을 시에 이미징 대역 내에서 에너지가 검출되어, Gi로 표기된, 대역내 베이스라인 노이즈 특성화 어레이를 획득하였다. 대역내 베이스라인 노이즈 특성화 어레이는 200MS/s에서 125us에 대한 대역내 파형을 샘플링하는 것으로부터 획득되었다. 슬라이딩하고 오버랩하는 윈도우(윈도우 크기 = 64 샘플, 20% 오버랩)가 이용되었고, 대역내 전력 척도들이 각각의 윈도우에 대해 계산되었다. 대표적인 최대 전력(모든 윈도우들에 걸친 제90 백분위수)이 계산되었고, 그 값이 임계값 Ti에 할당되었다.
- [0365] 본 실험의 제2 노이즈 특성화 스테이지 동안, 이미징 에너지의 수신 부재 시에(즉, 트랜스듀서가 전압으로 펄싱되지 않고, 따라서 초음파 에너지를 수신하지 않을 때) 이미징 대역 및 노이즈 검출 대역 둘 다 내에서 에너지가 검출되어, 그에 의해, Ci 및 Cn으로서 표기되는, 대역내 노이즈 및 노이즈 검출 대역 노이즈의 상관되는 측정치들을 획득하였다. 노이즈 검출 대역은 대략 15 내지 25 MHz에 걸쳐 있는 주파수 대역으로서 구성되었다.
- [0366] ICE 시스템을 포함하는 본 예시적인 구현에서, 512개의 파형(각각은 200MS/s로 샘플링되어 지속기간이 125us 임)이 획득되었다. 그에 따라, 512개의 대역내 및 검출 대역 노이즈 특성화 파형 쌍이 노이즈 특성들을 추정하는 데 이용되었다. Ci<sub>w</sub> 및 Cn<sub>w</sub>로서 표기되는, 대역내 및 검출 대역 노이즈 특성화 어레이들의 윈도우잉된 쌍들을 획득하기 위해 이미징 대역 및 노이즈 검출 대역 둘 다에 대해 슬라이딩하고 오버랩하는 윈도우(윈도우 크기 = 64, 20% 오버랩)가 이용되었으며, 여기서 아래 첨자 w는 윈도우 번호를 표기하는 정수이다. Ci<sub>w</sub> 및 Cn<sub>w</sub>의 각각의 쌍에 대해, 이미징 대역에서의 전력 및 노이즈 검출 대역에서의 전력이 계산되었다. 추가의 노이즈 특성화를 위해 대역내 전력이 임계값 Ti보다 큰 윈도우들만이 선택되었다.
- [0367] 통계적 노이즈 전력 측정치들이 노이즈 특성화 동안 계산되었다. 전력이 대역내 노이즈 특성화 어레이 전력 값들의 제96 백분위수와 제99 백분위수 사이에 속하는 대역내 노이즈 특성화 어레이의 윈도우들의 세트가 선택되었다. 이 세트 내에서, 거의 최소의 노이즈 검출 대역 전력을 갖는 윈도우(세트 내의 제20 백분위수)가 w<sub>max</sub>로서 선택되었고, 전력 값들 P(Cn<sub>w<sub>max</sub></sub>) 및 P(Ci<sub>w<sub>max</sub></sub>)이 계산되고, 제각기, Pn<sub>max</sub> 및 Pi<sub>max</sub>로서 표기되었다. 이와 유사하게, 대역내 전력이 대역내 노이즈 특성화 어레이 전력 값들의 제1 백분위수와 제5 백분위수 사이에 속하는 대역내 노이즈 특성화 어레이의 윈도우들의 세트가 선택되었다. 이 세트 내에서, 거의 최소의 노이즈 검출

대역 전력을 갖는 윈도우(세트 내의 제20 백분위수)가  $w_{min}$ 으로서 선택되었고, 전력 값들  $P(Cn_{w_{min}})$  및  $P(Ci_{w_{min}})$ 이 계산되고, 제각기,  $Pn_{min}$  및  $Pi_{min}$ 으로서 표기되었다.

[0368] 도 6b에 도시된 바와 같이, 점들  $(Pn_{max}, Pi_{max})$  및  $(Pn_{min}, Pi_{min})$ 을 통과하는 라인의 기울기(m), 및 y-절편 (c). 완화 파라미터  $\beta$ 는 1로 설정되었다. 함수 f는 다음과 같이 정의되었고:

$$f(Pn) = \begin{cases} 0, & Pn < Pn_{min} \\ (\beta \cdot m \cdot Pn) + c, & Pn_{min} \leq Pn \leq Pn_{max} \\ Pi_{max}, & Pn > Pn_{max} \end{cases}$$

[0370] 여기서  $Pn_w$ 는 검출 대역에서의 전력이다. 본 구현이 이미징 및 검출 대역들에서의 상대 전력들 사이의 함수 관계를 선택하기 위한 예시적인 알고리즘을 예시하기 위해 제공되고, 다른 함수 형태들이 대안적으로 이용될 수 있음이 이해될 것이다.

[0371] 이미징 동안(즉, 펄스가 이미징 에너지를 주기적으로 방출하고, 초음파 에너지가 트랜스듀서 수신 회로에 의해 수신될 때) 획득된 대역내 이미징 파형들의 노이즈 감소를 수행하기 위해 f() 함수가 이용되었다.

[0372]  $Qi_{\theta}$  및  $Qn_{\theta}$ 로서 표기된, 대역내 이미징 어레이들과 검출 대역 이미징 어레이들의 쌍들을 획득하기 위해 이미징 대역 및 노이즈 검출 대역에서의 파형들이 샘플링되었다.  $\theta$ 는 스캔 라인에 대응하는 취득 기간을 식별해 주는 인덱스이다. 이미징 어레이들은,  $Qi_{\theta,w}$  및  $Qn_{\theta,w}$ 로서 표기된, 윈도우들에 따라 시간적으로 세그먼트화되었고, 여기서 아래 첨자 w는 윈도우 번호를 표기하는 정수이다. 대역내 이미징 어레이 및 대역외 이미징 어레이의 각각의 윈도우잉된 부분에 대해, 전력들  $P(Qi_{\theta,w})$  및  $P(Qn_{\theta,w})$ 이 계산되었고, 제각기,  $Pi_{\theta,w}$  및  $Pn_{\theta,w}$ 로서 표기되었다.

[0373] 각각의 윈도우에 대해, 대역외 이미징 전력  $Pn_{\theta,w}$ 이 대역내 이미징 윈도우  $Qi_{\theta,w}$  내에서의 노이즈 에너지  $\hat{P}_{iN\theta,w}$ 를 추정하는 데 사용되었다.  $\hat{P}_{iN\theta,w}$ 는  $f(Pn_{\theta,w})$ 로서 계산되었고, 여기서  $\beta$ 는 1로 설정되었으며 파라미터들 m, c,  $Pn_{max}$  및  $Pn_{min}$ 은 노이즈 특성화 스테이지에서 획득되었다.  $\hat{P}_{iN\theta,w}$ 는  $Pi_{\theta,w}$  미만으로 클램핑되었다. 감쇠 인자는  $[Pi_{\theta,w} - \hat{P}_{iN\theta,w}] / Pi_{\theta,w}$ 로서 계산되었다. 감쇠 인자는 0.02 초과로 클램핑되었다. 감쇠 인자가 어레이  $Qi_{\theta,w}$ 와 곱해져 노이즈 감소된 어레이  $\underline{Qi}_{\theta,w}$ 를 획득하였다. 모든 512개의 스캔 라인에 대한  $\underline{Qi}_{\theta}$ 가 이미지 생성기에 의해 엔벨로핑되고(enveloped) 프로세싱되었다(단계(230)).

[0374] 제1 노이즈 및 제2 노이즈 소스들의 존재 시에 이미징을 수행할 때 대역내 이미징 파형들에서의 노이즈를 감소시키기 위해 전술한 알고리즘이 이용되었다. 도 11a 및 도 11b는, (A) 본 노이즈 감소 알고리즘의 적용을 갖지 않는 및 (B) 본 노이즈 감소 알고리즘의 적용을 갖는, 제1 노이즈 소스의 존재 시에 획득된 이미지들을 도시하고 있다. 도 12a 및 도 12b는, (A) 본 노이즈 감소 알고리즘의 적용을 갖지 않는 및 (B) 본 노이즈 감소 알고리즘의 적용을 갖는, 제2 노이즈 소스의 존재 시에 획득된 이미지들을 도시하고 있다. 양쪽 경우에서 신호대 노이즈비의 명확한 개선(대략 6dB 개선)이 관찰되었다. 추가의 예시를 위해, 도 11c, 도 11d 및 도 11e는 함수 f()의 완화 파라미터  $\beta$ 가 0.5(C), 1(D) 및 1.5(E)로 설정될 때 본 노이즈 감소 방법의 적용을 갖는, 제1 노이즈 소스의 존재 시에 획득된 이미지들을 도시하고 있다.

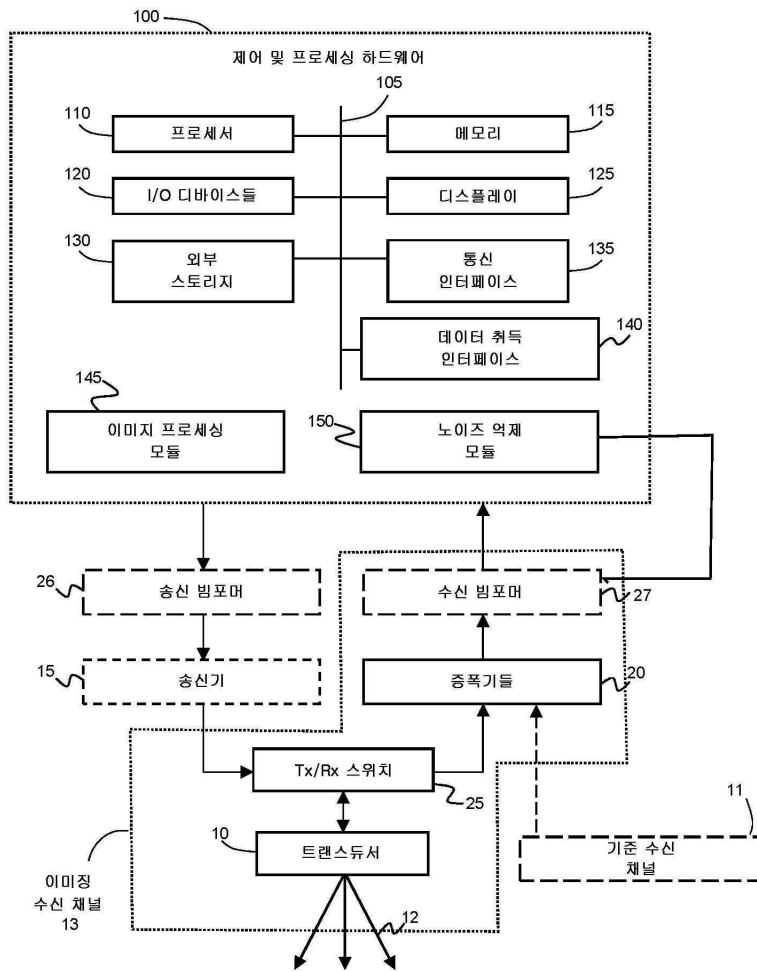
[0375] **예 2: 지연 보정을 갖는 주기적 노이즈 소스의 노이즈 감소(실시예 6)**

[0376] 본 예에서, ICE 콘솔의 초음파 트랜스듀서에 의해 검출된 초음파 파형들의 노이즈 감소는 도 8a 및 도 8b에 예시된 방법의 구현에 따라 수행되었다. 이 예에 대한 데이터는 전자기 트래커가 존재하는 ICE 콘솔로 수집되었다. 전자기 트래커의 제어 유닛은, 도 13a에 도시된 바와 같이, 초음파 이미지 데이터에서 의사-주기적 노이즈 패턴을 생성하는 것으로 관찰되었다.

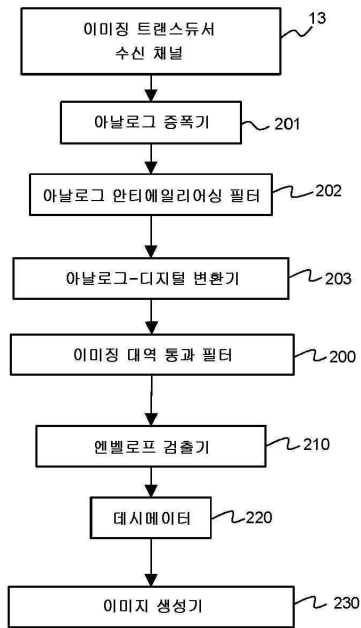
- [0377] ICE 시스템을 수반하는 본 예시적인 구현에서, 이미징 트랜스듀서가 이미징 에너지를 수신하고 있지 않는 동안 원시/RF 모드에서 데이터를 수집할 때 하나의 파형(200MS/s로 샘플링되어 길이가 125us임)이 획득되었다.
- [0378] 데이터는 한 쌍의 어레이(즉, 샘플링된 파형들)로서 저장되었고, 첫 번째 어레이는 엔벨로프 검출을 수행한 후에 샘플링된 대역내 노이즈 특성화 파형(7 내지 13 MHz)으로 이루어져 있고, 대응하는 어레이는 엔벨로프 검출을 수행한 후에 샘플링된 15 내지 25MHz 대역에서의 대역외 노이즈 특성화 파형으로 이루어져 있다. 이 대역내 및 검출 대역 노이즈 특성화 어레이들은, 제각기,  $C_i$  및  $C_n$ 으로서 표기된다.
- [0379] 상관된 대역내 노이즈 및 대역외 노이즈는 이어서 이미징 데이터의 취득 동안, 즉 초음파 트랜스듀서가 초음파 에너지를 수신하고 있는 동안, 대역내 이미징 파형의 노이즈 감소를 수행하는 데 사용되었다.
- [0380] 이미징하는 동안, 대응하는 몇개의 취득 기간들에 대한 한 쌍의 어레이가 획득되었으며, 각각의 기간은 스캔 라인  $\theta$  에 대응한다. 각각의 어레이 쌍에 대해, 이미징 대역(7 내지 13MHz)에서 하나의 어레이가 획득되었고, 노이즈 검출 대역(15 내지 25MHz)에서 하나의 어레이가 획득되었다. 각각의 어레이는 200MS/s로 샘플링되어 길이가 125us이었다. 대역내 이미징 및 대역외 이미징 어레이들이라고 지칭되고, 제각기,  $Q_{i\theta}$  및  $Q_{n\theta}$ 로서 표기된 어레이들은 이미징 동안, 즉 트랜스듀서가 이미징 에너지를 수신하고 있는 동안 측정되었다.
- [0381] 대역내 노이즈 특성화 어레이를 사용하여 노이즈 감소를 위해 각각의 대역내 이미징 어레이가 프로세싱되어, 대역내 이미징 어레이로부터의 노이즈를 감소시켰다.
- [0382] 대역내 및 대역외 이미징 어레이들  $Q_{i\theta}$  및  $Q_{n\theta}$  이 복수의 시간 윈도우들로 세그먼트화되었다. 본 예시적인 구현에서, 윈도우 크기는 800 샘플이었고(이 경우에, 200MS/s의 레이트에서 4  $\mu$ s임), 인접한 윈도우들 사이에 75% 오버랩이 있었다. 윈도우들에 따라 시간적으로 세그먼트화된, 이미징 어레이들은  $Q_{i\theta,w}$  및  $Q_{n\theta,w}$ 로서 표기되고, 여기서 아래 첨자 w는 윈도우 번호를 표기하는 정수이다.
- [0383]  $Q_{n\theta,w}$  와  $C_n$  사이의 시간적 정렬은 윈도우별로 달성되었다. 시간 정렬은 대역외 노이즈 특성화 어레이( $C_n$ )와 대역외 이미징 어레이  $Q_{n\theta,w}$  사이의 교차 상관을 계산하고, 최대 교차 상관에 대응하는 상대 시간 지연  $\tau$ 를 선택하는 것에 의해 달성되었다. 대역내 노이즈와 대역외 노이즈 사이의 상관으로 인해, 이 시간 지연  $\tau$ 는 또한 대역내 노이즈 특성화 어레이를 윈도우잉된 대역내 이미징 어레이에 대해 정렬시키기 위해 적용되었다. 정렬된 대역내 노이즈 특성화 어레이는 이어서 윈도우잉된다( $C_{i,w}$ 로 표기됨).
- [0384] 대역내 노이즈 특성화 어레이( $C_{i,w}$ )가 대역내 이미징 어레이  $Q_{i\theta,w}$ 로부터 감산되기 전에 대역내 노이즈 특성화 어레이( $C_{i,w}$ )에 스케일링 인자가 적용되었다. 노이즈 감소된 대역내 이미징 어레이  $Q_{i\theta,w}$ 는  $Q_{i\theta,w} = Q_{i\theta,w} - \alpha C_{i,w}$ 에 따라 계산되었으며, 여기서  $\alpha = 0.25$  는 윈도우잉을 고려하기 위한 스케일링 인자였다. 음수 값들은 0으로 대체되었다.
- [0385] 이 프로세스는 각각의 부가의 윈도우에 대해, 각각의 스캔 라인에 대해 반복되었다.
- [0386] 전술한 방법은 노이즈 소스로서 기능한, Aurora™ 전자기 트래킹 시스템(Northern Digital Inc)의 존재 시에 이미징을 수행할 때 획득된 데이터의 노이즈를 감소시키기 위해 이용되었다. 도 13a 및 도 13b는, (A) 본 노이즈 감소 방법의 적용을 갖지 않는 및 (B) 본 노이즈 감소 방법의 적용을 갖는, 노이즈 소스의 존재 시에 획득된 이미지들을 도시하고 있다. 노이즈 감소 방법이 구현될 때 신호대 노이즈비의 명백한 개선(대략 5dB)이 관찰되었다.
- [0387] 앞서 설명된 특정 실시예들은 예로서 도시되었으며, 이러한 실시예들이 다양한 수정들 및 대안의 형태로 가능할 수 있음이 이해되어야 한다. 청구항들이 개시된 특성의 형태들로 제한되는 것으로 의도되지 않고, 오히려 본 개시내용의 사상 및 범위 내에 속하는 모든 수정들, 등가물들, 및 대안들을 커버하는 것으로 의도되어 있음이 추가로 이해되어야 한다.

도면

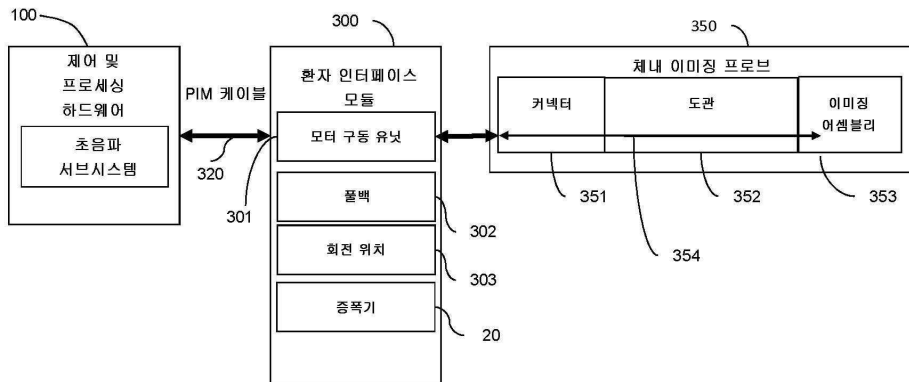
도면1a



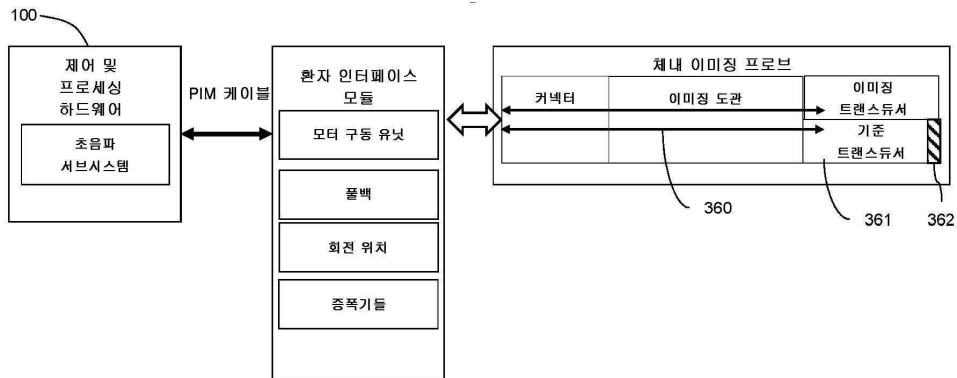
도면1b



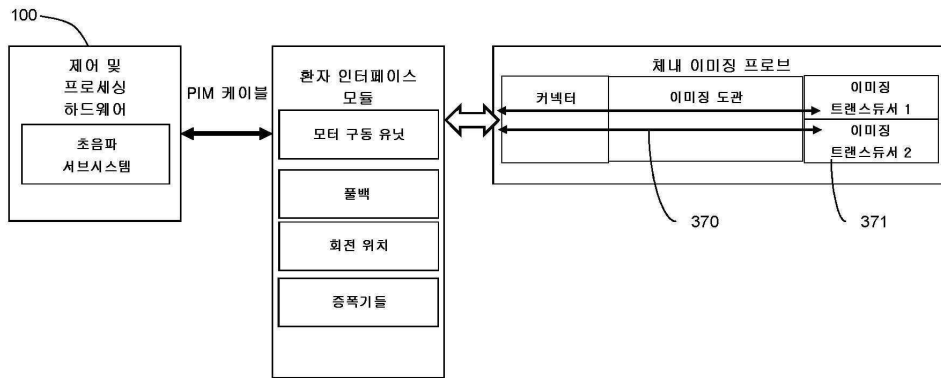
도면1c



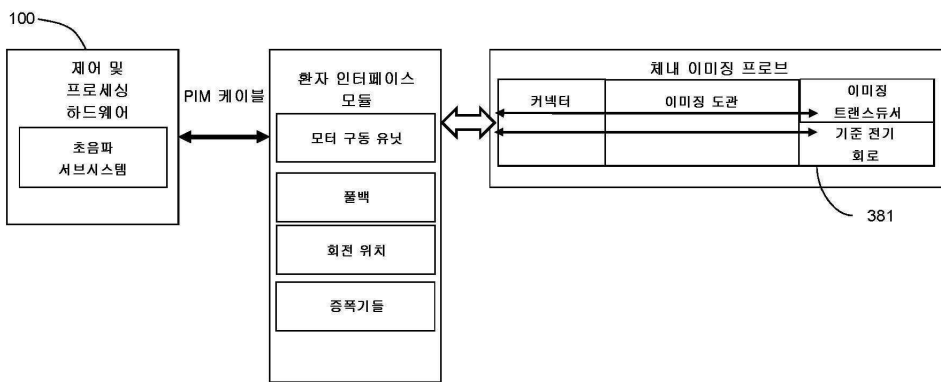
도면1d



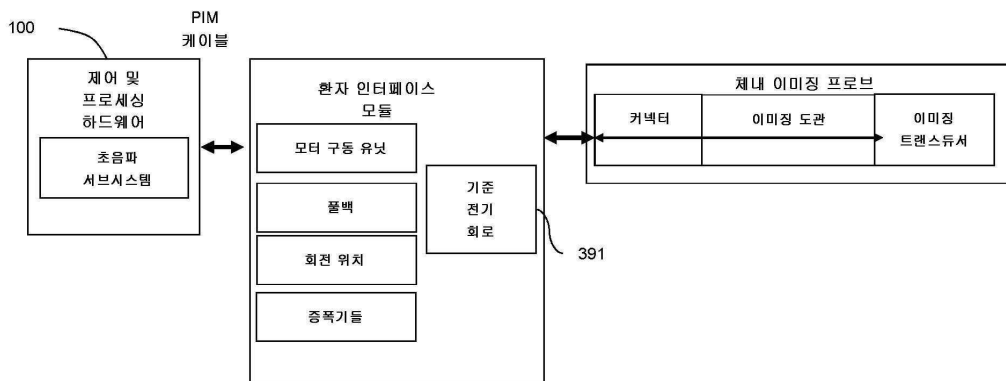
도면1e



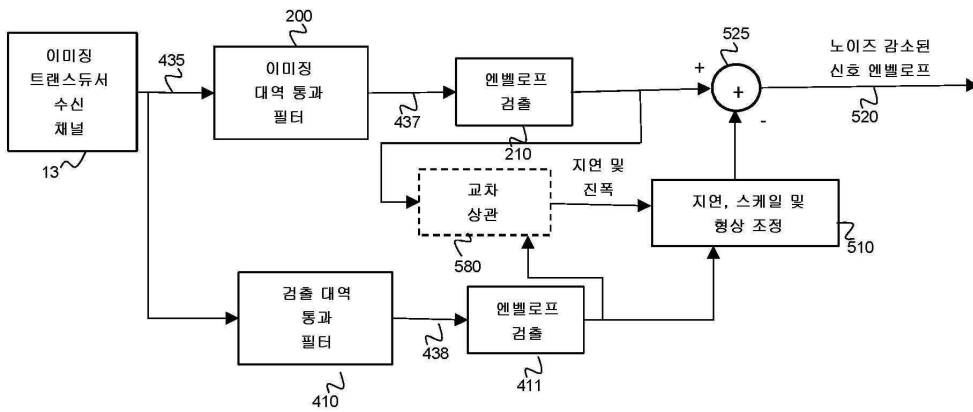
도면1f



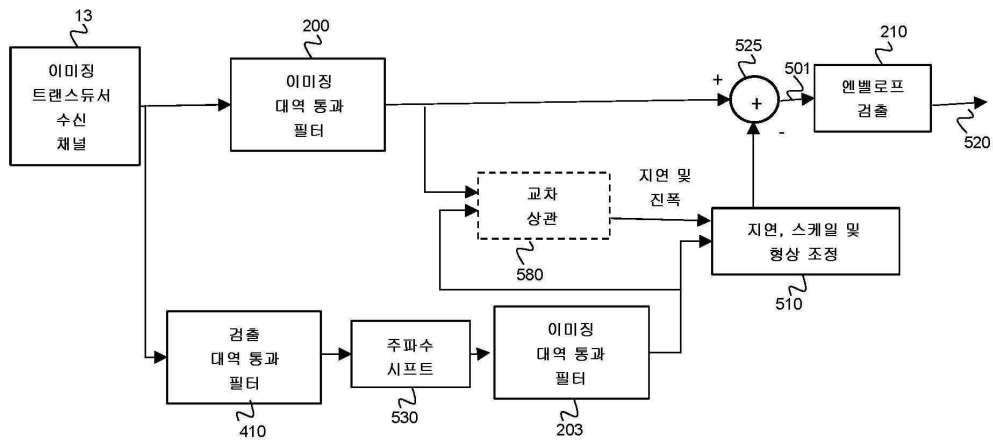
도면1g



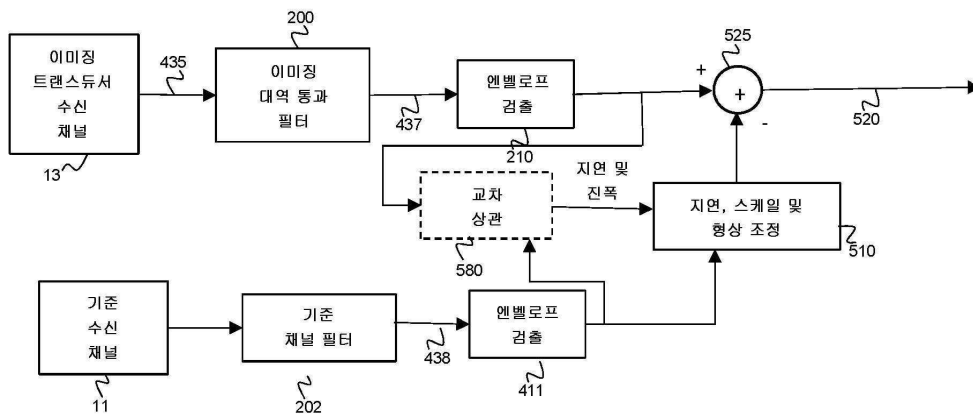
도면2a



도면2b

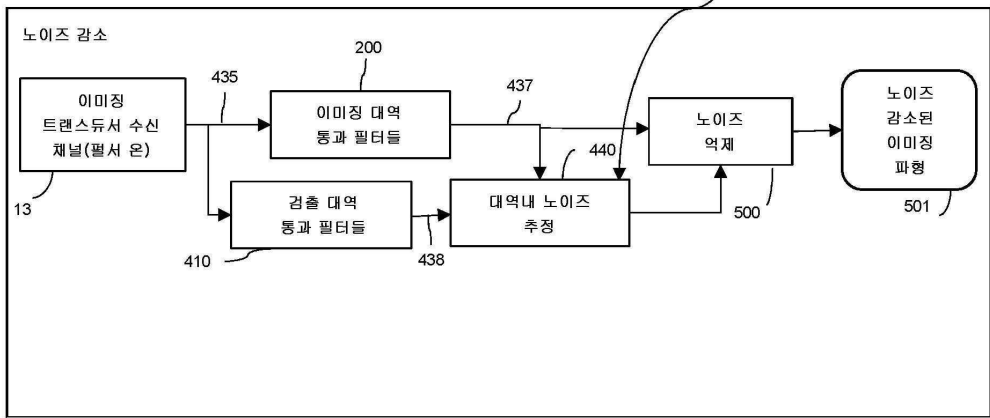
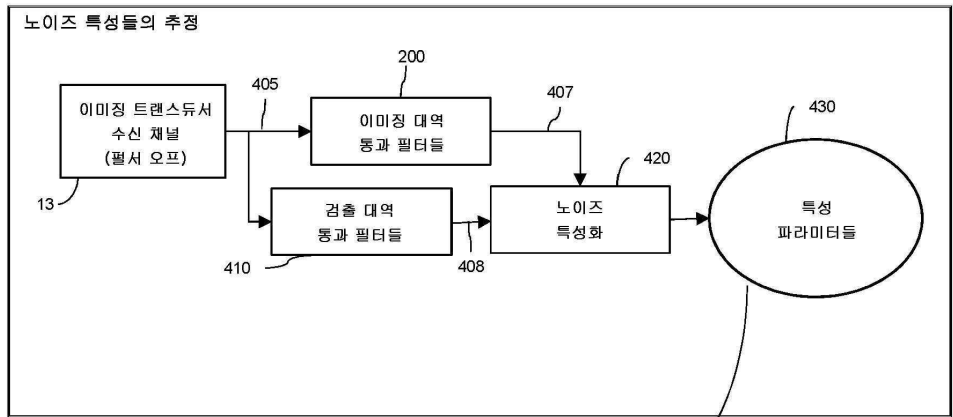


도면2c

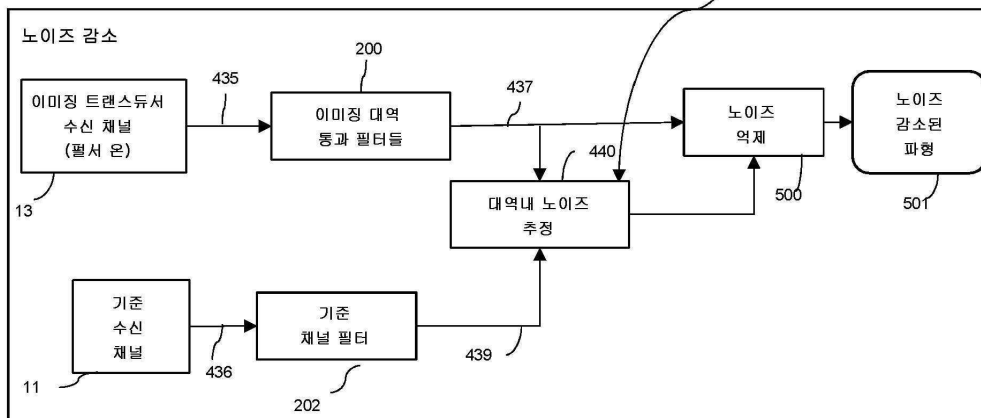
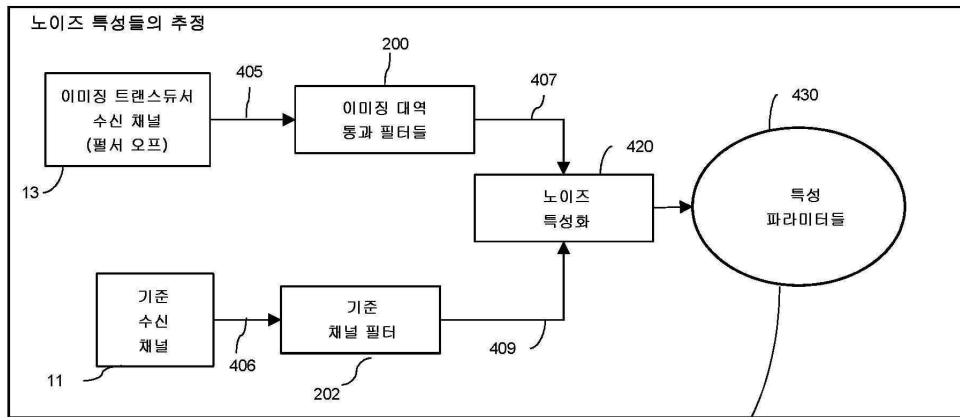




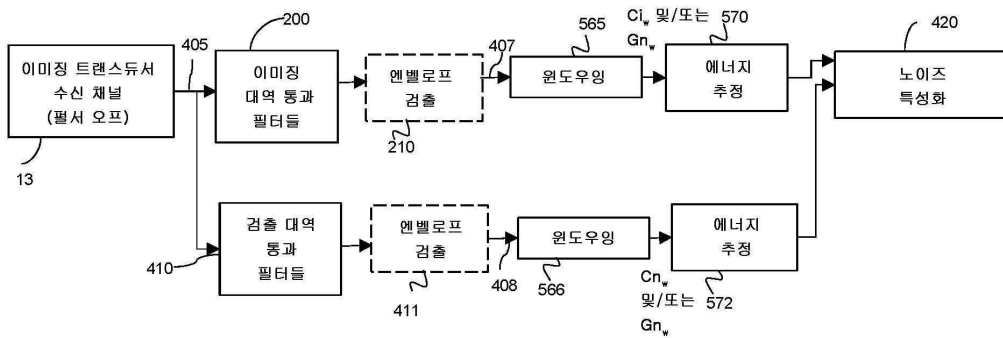
도면5a



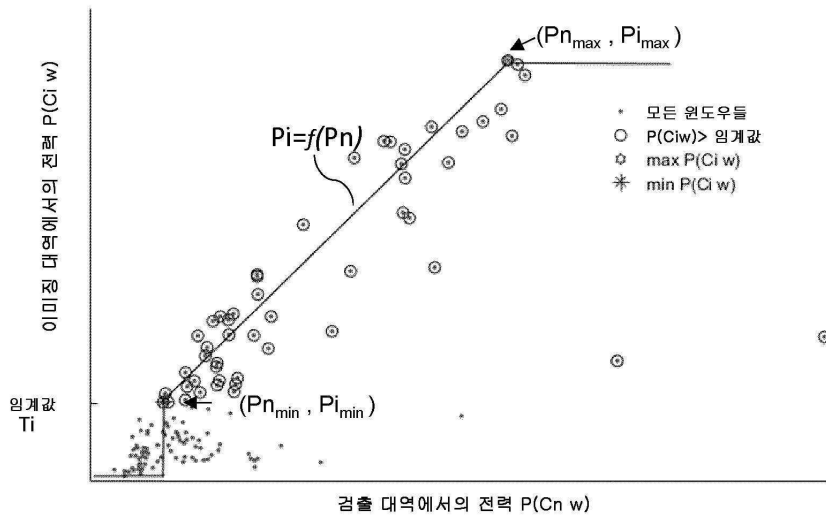
도면5b



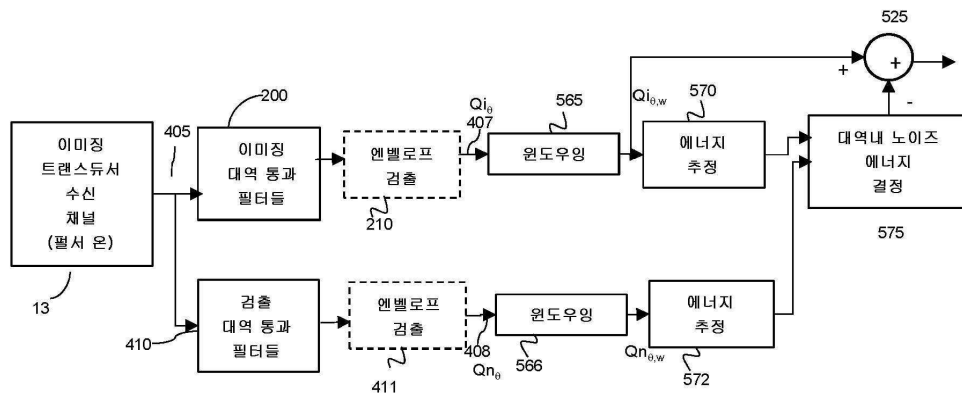
도면6a



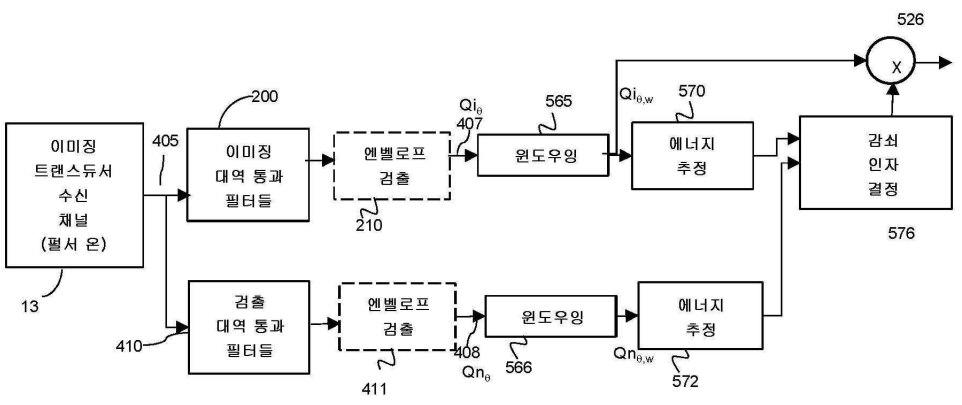
도면6b



도면6c



도면6d



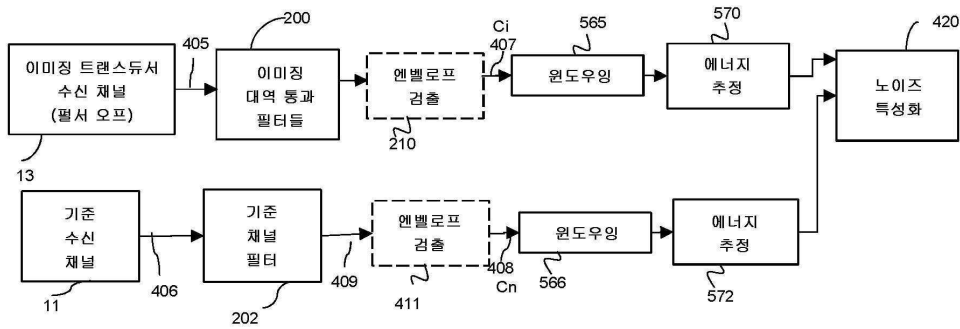
도면6e

이웃 고려 이전의 윈도우들의 분류										
어레이/윈도우	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
어레이 1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
어레이 2	N	S	S	N	N	S	S	S	N	S
어레이 3	N	S	S	S	S	S	S	N	N	S
어레이 4	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S
어레이 5	S	N	N	S	N	N	S	S	S	S

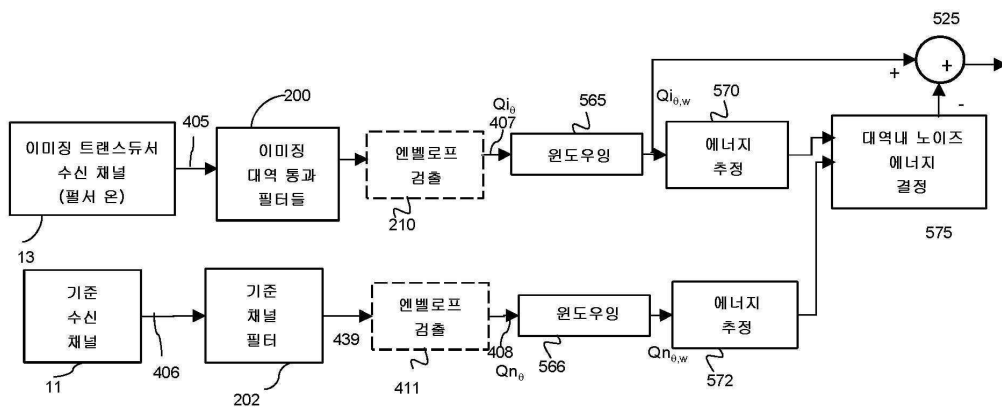
도면6f

이웃 고려 이후의 윈도우들의 분류										
어레이/윈도우	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
어레이 1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
어레이 2	N	S	S	대체	대체	S	S	S	N	S
어레이 3	N	S	S	S	S	S	S	N	N	S
어레이 4	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S
어레이 5	S	N	N	N	N	N	S	S	S	S

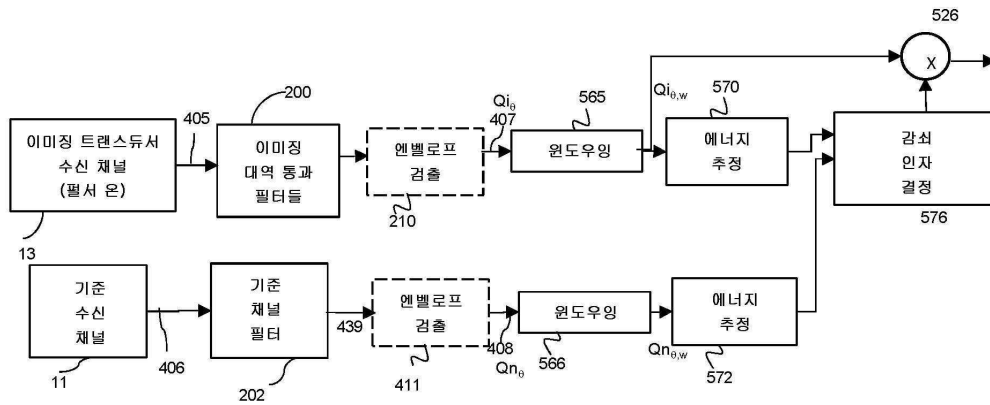
도면6g



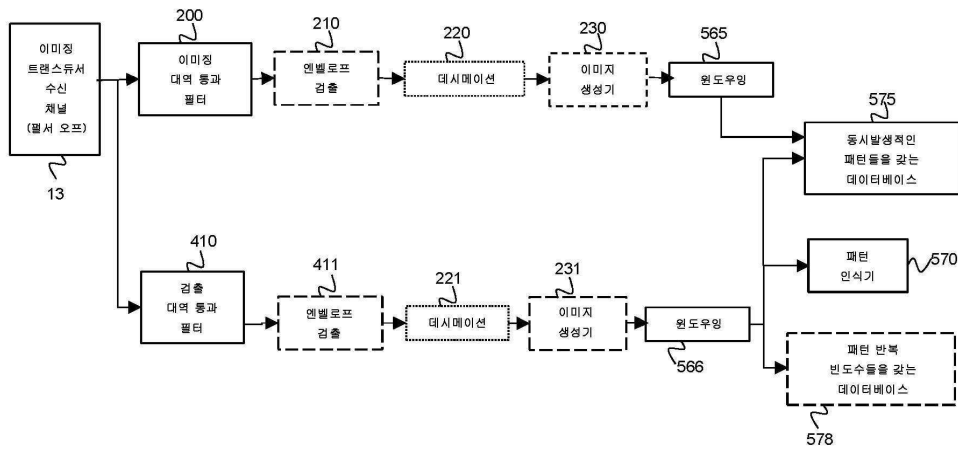
도면6h



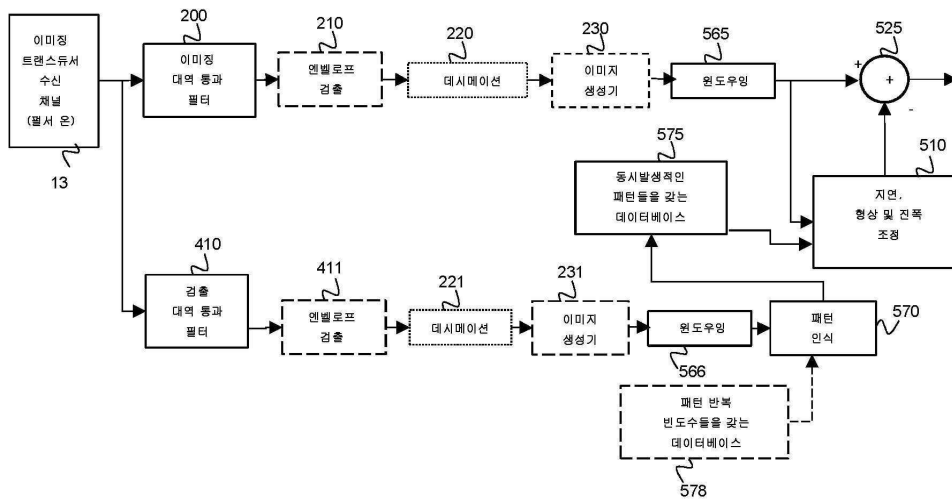
도면6i



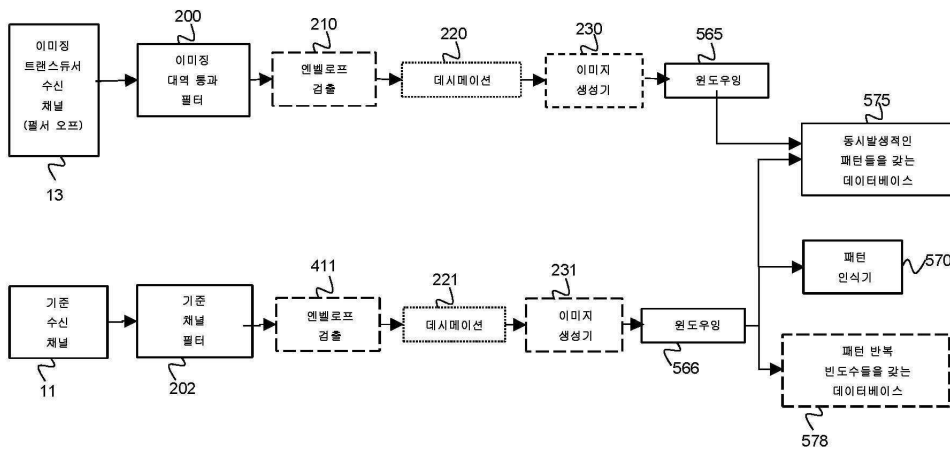
도면7a



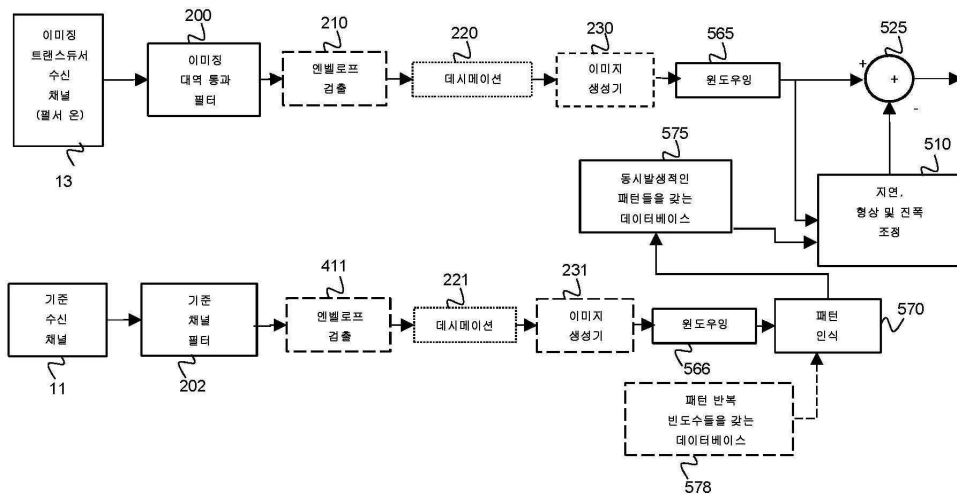
도면7b



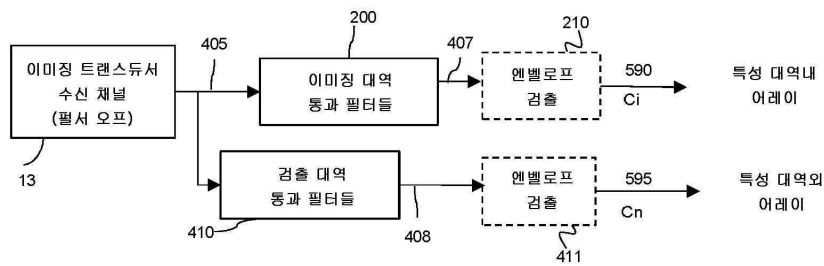
도면7c



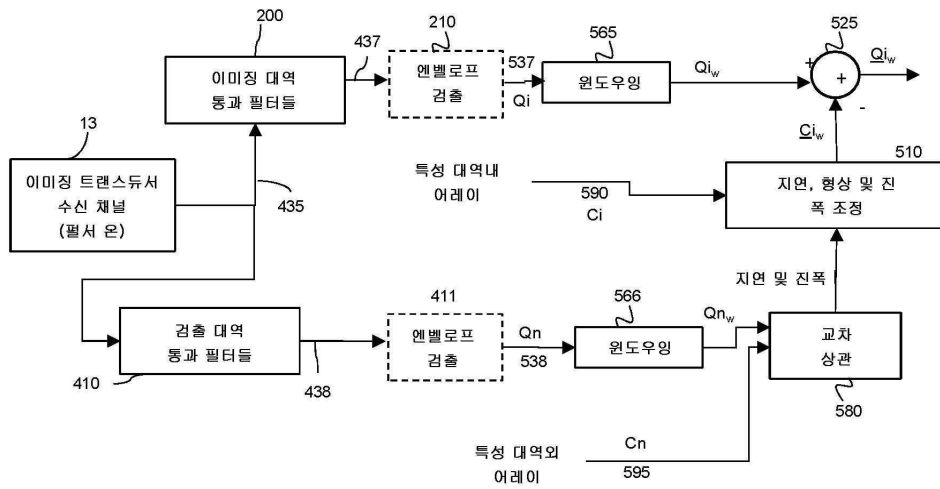
도면7d



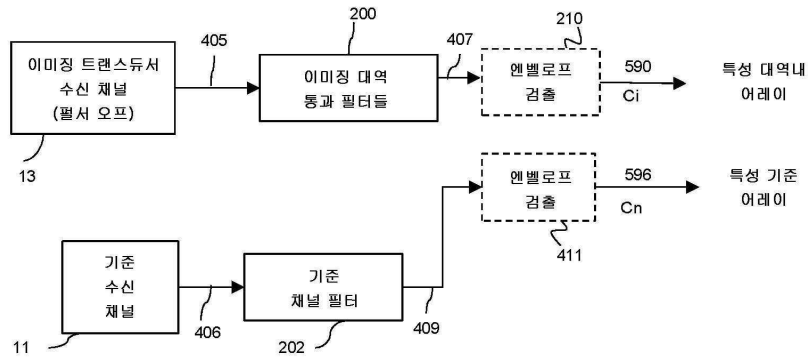
도면8a



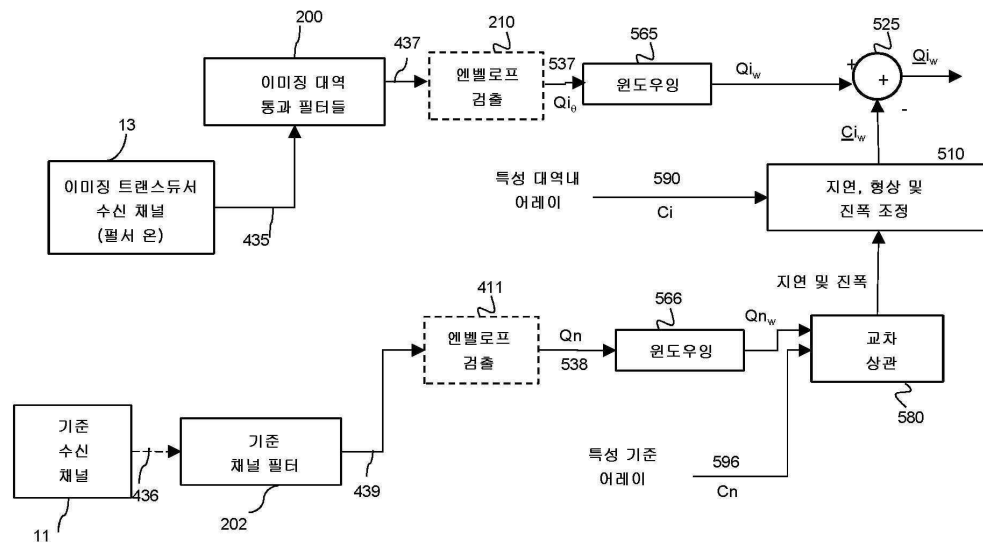
도면8b



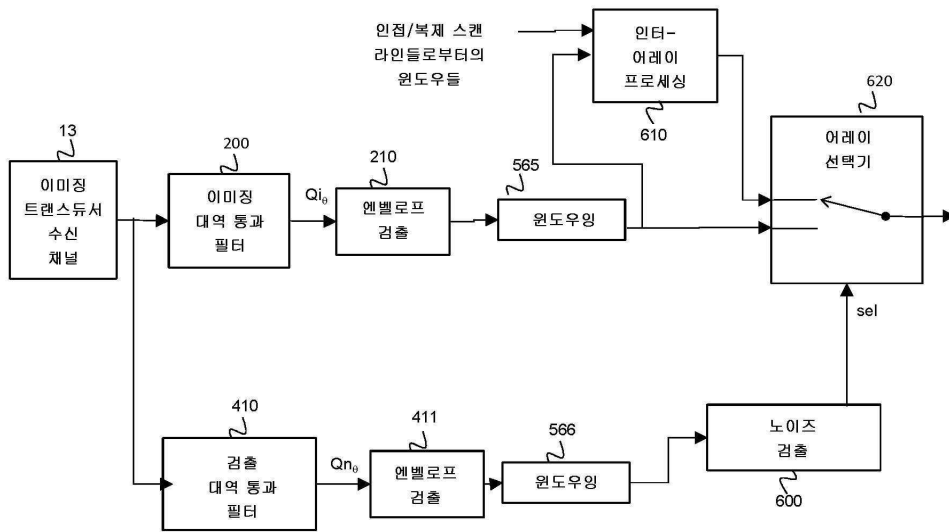
도면8c



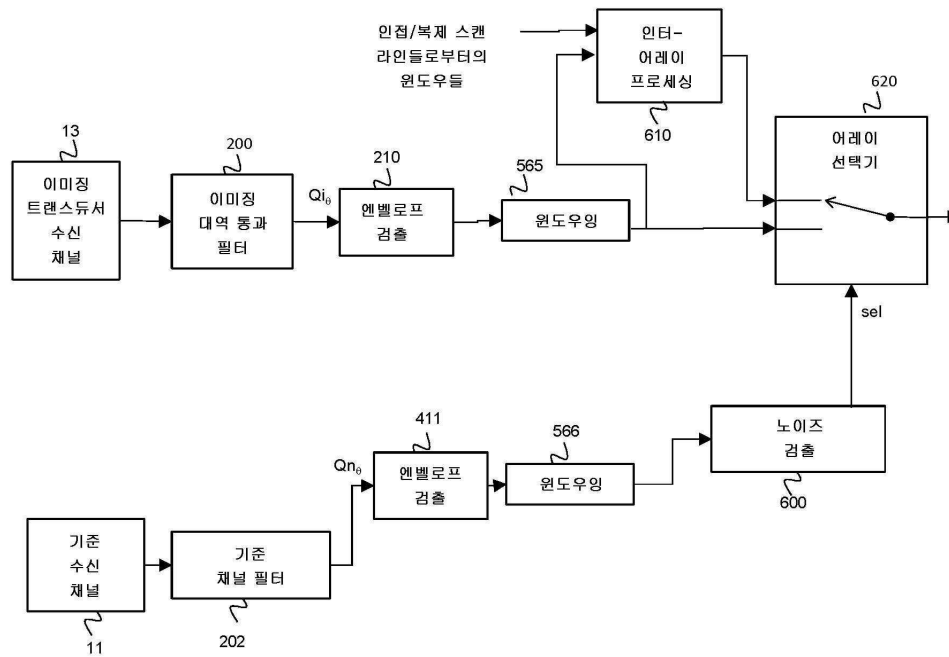
도면8d



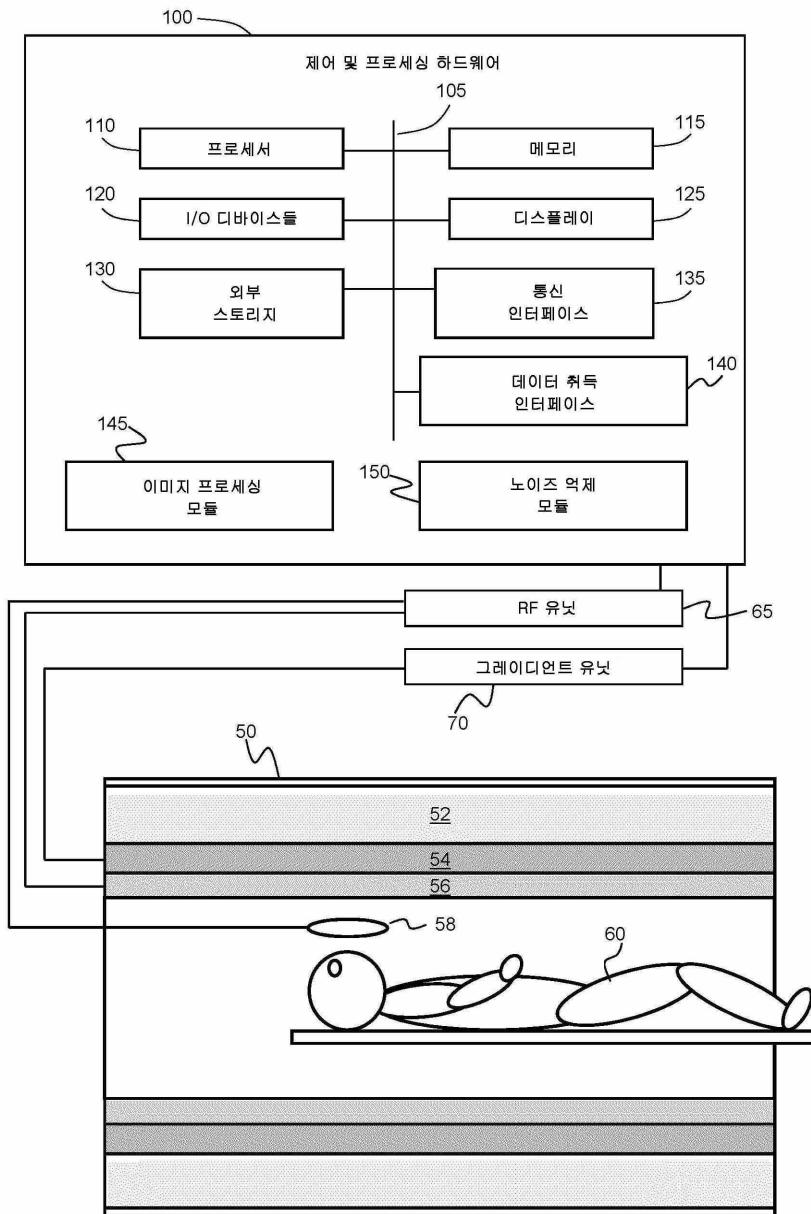
도면8e



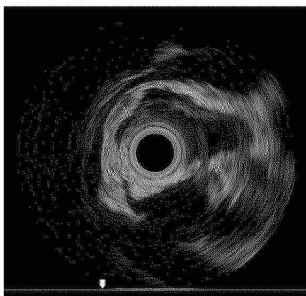
도면8f



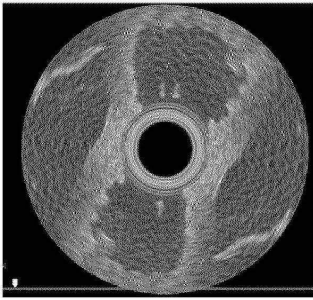
도면9



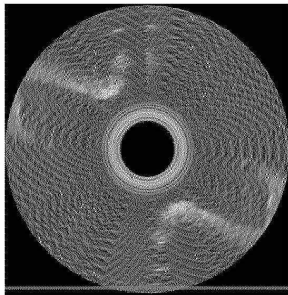
도면10a



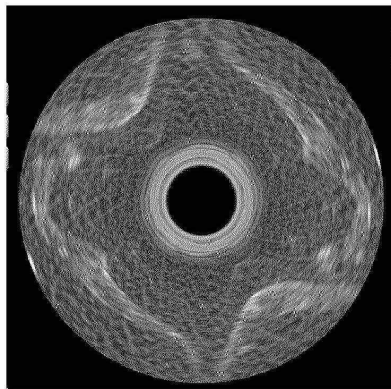
도면10b



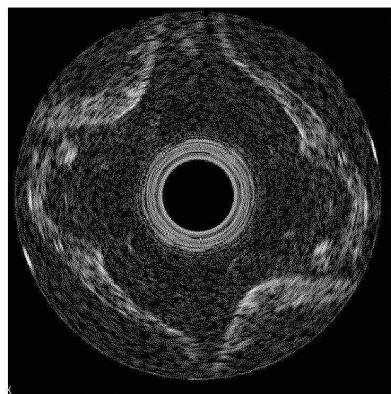
도면10c



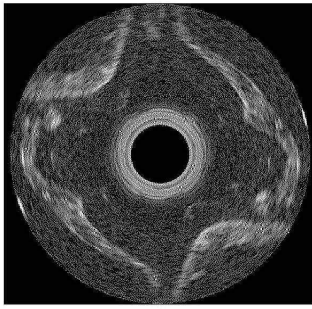
도면11a



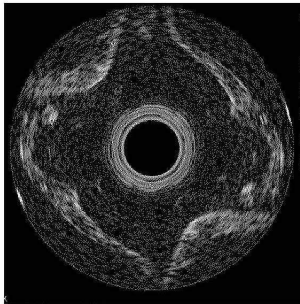
도면11b



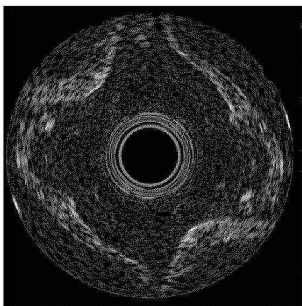
도면11c



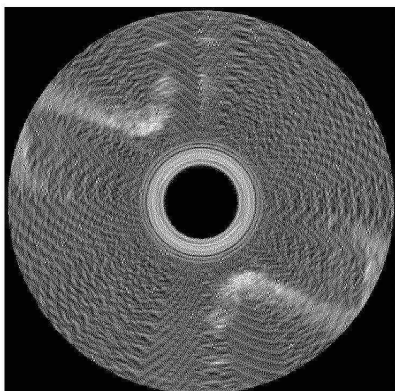
도면11d



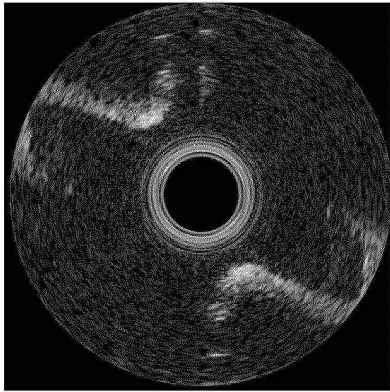
도면11e



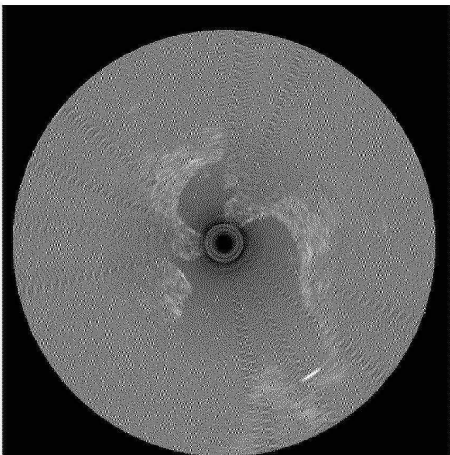
도면12a



도면12b



도면13a



도면13b



도면14

	이미징 트랜스듀서 수신 채널		기준 수신 채널	
	노이즈 검출 파형			
	이미징 대역	노이즈 검출 대역		
		검출 대역 파형		
	"대역내"	"대역외"	"대역 내부"	
이미징 모드	노이즈 검출 이미징 파형			
	대역내 이미징 파형	검출 대역 이미징 파형		
		대역외 노이즈 검출 이미징 파형	(임의적) 대역 내부 노이즈 검출 이미징 파형	
특성화 모드	노이즈 특성화 파형들			
	대역외 노이즈 특성화 파형	검출 대역 노이즈 특성화 파형		
		대역외 노이즈 특성화 파형	(임의적) 대역 내부 노이즈 특성화 파형	
	대역내 베이스라인 노이즈 특성화 파형	검출 대역 베이스라인 노이즈 특성화 파형		