



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0135413  
(43) 공개일자 2024년09월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 8/08 (2006.01) G01S 15/89 (2006.01)  
G01S 7/52 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
A61B 8/5253 (2013.01)  
A61B 8/5207 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2024-7028958  
(22) 출원일자(국제) 2022년02월02일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2024년08월28일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2022/014906  
(87) 국제공개번호 WO 2023/149872  
국제공개일자 2023년08월10일

(71) 출원인  
엑소 이미징, 인크.  
미국 캘리포니아 (우편번호: 95054) 산타 클라라  
버튼 드라이브 4201  
(72) 발명자  
스리니바산 세샤드리  
미국 94555 캘리포니아 프리몬트 켄우드 드라이브  
34250  
장 루이잉  
미국 95129 캘리포니아 새너제이 하이드 애비뉴  
1178  
(74) 대리인  
양영준, 김연송, 백만기

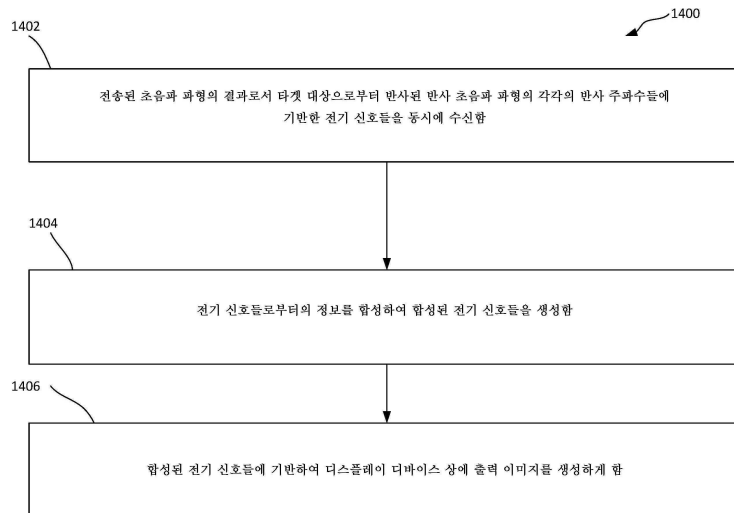
전체 청구항 수 : 총 62 항

(54) 발명의 명칭 각각의 수신된 초음파 주파수들의 신호들을 합성하여 출력 초음파 이미지를 생성하기 위한 장치, 시스템 및 방법

(57) 요약

장치, 방법 및 컴퓨터로 구현된 매체이다. 장치는 전송된 초음파 파형의 결과로서 타겟 대상으로부터 반사된 반사 초음파 파형의 각각의 반사 주파수들에 기반한 전기 신호들을 동시에 수신하고; 전기 신호들로부터의 정보를 합성하여 합성된 전기 신호들을 생성하고; 합성된 전기 신호들에 기반하여 디스플레이 상에 출력 이미지를 생성하게 한다.

대표도



(52) CPC특허분류

*G01S 15/8915* (2013.01)  
*G01S 15/8952* (2013.01)  
*G01S 15/8977* (2021.01)  
*G01S 15/8979* (2013.01)  
*G01S 7/52026* (2013.01)  
*G01S 7/52038* (2013.01)  
*G01S 7/52046* (2013.01)  
*G01S 7/5208* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

컴퓨팅 디바이스의 장치로서,

메모리, 및 상기 메모리에 결합된 하나 이상의 프로세서를 포함하며, 상기 하나 이상의 프로세서는,

전송된 초음파 파형의 결과로서 타겟 대상으로부터 반사된 반사 초음파 파형의 각각의 반사 주파수들에 기반한 전기 신호들을 동시에 수신하고;

상기 전기 신호들로부터의 정보를 합성(compound)하여 합성된 전기 신호들을 생성하고;

상기 합성된 전기 신호들에 기반하여 디스플레이 상에 출력 이미지를 생성하게 하는, 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 각각의 반사 주파수들은 상기 전송된 초음파 파형의 기본 주파수의 각각의 고조파들에 대응하고, 상기 기본 주파수는 상기 전송된 초음파 파형의 단일 주파수인, 장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 전송된 초음파 파형은 상기 반사 초음파 파형의 상기 각각의 주파수들에 대응하는 기본 주파수들을 갖는 다중 모드 파형인, 장치.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 프로세서는,

상기 전기 신호들에 대해 예측 알고리즘을 구현하는 것 - 상기 하나 이상의 프로세서는 상기 타겟 대상의 제1 이미지 영역에 대응하는 제1 전기 신호들로부터의 정보를 이용하여 상기 제1 이미지 영역과 상이한 상기 타겟 대상의 제2 이미지 영역에 대한 예측 전기 신호들을 생성함 -; 및

상기 제2 이미지 영역에서의 상기 출력 이미지가 상기 예측 전기 신호들에 대응하도록, 상기 예측 전기 신호들을 이용하여 상기 합성된 전기 신호들을 획득하는 것

에 의해 상기 정보를 합성하는, 장치.

#### 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 반사 주파수들은 N개의 반사 주파수를 포함하고;

상기 전기 신호들은 N개의 전기 신호 세트를 포함하고, 각각의 전기 신호 세트는 상기 반사 주파수들 중 하나에 대응하고, 상기 N개의 전기 신호 세트는 상기 타겟 대상의 N개의 입력 이미지에 대응하고;

개별 입력 이미지들은 각각의 픽셀 위치들에서의 픽셀들을 포함하고, 상기 N개의 입력 이미지의 각각의 픽셀 위치는 깊이 및 각도에 의해 정의되고;

정보를 합성하는 것은 상기 N개의 전기 신호 세트로부터의 정보를 합성하는 것을 포함하고;

상기 하나 이상의 프로세서는 단순 평균화, 가중 평균화, 깊이 적응적 합성을 이용한 알파 블렌딩, 최대 및 최소 적응적 합성, 예측 합성, 측방향 주파수 합성 및 컬러 도플러 합성 중 적어도 하나를 이용하여 상기 N개의

전기 신호 세트로부터의 상기 정보를 합성하는, 장치.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 하나 이상의 프로세서는 추가로, 합성 이전에 상기 전기 신호들이 이득 보상 또는 동적 범위 보상을 받게 하는, 장치.

#### 청구항 7

제5항에 있어서,

단순 평균화는, 각각의 픽셀 위치에 대해, 상기 N개의 입력 이미지에 걸쳐 각각의 픽셀 방사조도들(pixel irradiances)의 단순 평균화 또는 가중 평균화 중 하나를 수행하는 것을 포함하는, 장치.

#### 청구항 8

제5항에 있어서,

깊이 적응적 합성을 이용한 알파 블렌딩은, 각각의 픽셀 위치에 대해, 대응하는 알파 승수(alpha multiplier)만큼, 상기 N개의 입력 이미지 사이의 각각의 픽셀 방사조도들을 승산하는 것을 포함하고, 각각의 알파 승수는 하나 이상의 알파 값의 함수이고, 상기 하나 이상의 알파 값은 상기 각각의 픽셀 위치의 깊이 또는 상기 각각의 픽셀 위치의 각도 중 적어도 하나의 함수인, 장치.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 상기 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,

$$I_{out} = I_{high} \cdot \alpha_{high} + (1 - \alpha_{high}) \cdot (\alpha_{mid} \cdot I_{mid} + (1 - \alpha_{mid}) \cdot I_{low})$$

에 의해 주어지며, 여기서,

$I_{out}$ 는 상기 출력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 출력 픽셀 방사조도이고;

$I_{high}$ 는 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;

$I_{mid}$ 는 상기 수신 주파수들 중 중간 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;

$I_{low}$ 는 상기 수신 주파수들 중 가장 낮은 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;

$\alpha_{high}$ 는 상기 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수의 깊이 의존적  $\alpha$  값에 대응하고;

$\alpha_{mid}$ 는 상기 수신 주파수들 중 중간 주파수의 깊이 의존적  $\alpha$  값에 대응하는, 장치.

#### 청구항 10

제8항에 있어서,

상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 상기 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,

$$I_{out}(r, \theta) = I_{high} \cdot \alpha_{high}(r, \theta) + (1 - \alpha_{high}(r, \theta)) \cdot (\alpha_{mid}(r, \theta) \cdot I_{mid} + (1 - \alpha_{mid}(r, \theta)) \cdot I_{low})$$

에 의해 주어지며, 여

기서,

r: 깊이;

$\theta$ : 각도;

$I_{out}(r, \theta)$ : 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 출력 픽셀 방사조도;

$I_{high}$ : 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수에 대한 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도;

$I_{mid}$ : 상기 수신 주파수들 중 중간 주파수에 대한 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도;

$I_{low}$ : 상기 수신 주파수들 중 가장 낮은 주파수에 대한 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도;

$\alpha_{high}$ 는 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서 상기 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수의 알파 값에 대응하고;

$\alpha_{mid}$ 는 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서 상기 수신 주파수들 중 중간 주파수에서의 알파 값에 대응하는, 장치.

### 청구항 11

제5항에 있어서,

최대 및 최소 적응적 합성은, 각각의 픽셀 위치에 대해, 상기 N개의 입력 이미지 사이의 최대, 최소 및 평균 픽셀 방사조도들의 블렌딩을 이용하는 것을 포함하는, 장치.

### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 상기 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,

$I_{out} = I_{max} \cdot \alpha_{max} + (1 - \alpha_{max}) \cdot (\alpha_{min} \cdot I_{min} + (1 - \alpha_{min}) \cdot I_{depth\_comp})$ 에 의해 주어지며, 여기서,

$I_{max} = \text{MAX}(I_{high}, I_{mid}, I_{low})$ ;

$I_{min} = \text{MIN}(I_{high}, I_{mid}, I_{low})$ ;

$I_{depth\_comp}$ 는 깊이 보상을 이용한 알파 블렌딩 후의 픽셀 위치에서의 픽셀 방사조도에 대응하고;

$\alpha_{max}$ 는  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , 또는  $I_{depth\_comp}$  중 적어도 하나에 기반한 최대 투명도 알파 값 계수에 대응하고,  $\alpha_{max}$ 는 0과 1 사이의 그리고 0과 1을 포함하는 설정된 제1 값을 가지며;

$\alpha_{min}$ 은  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , 또는  $I_{depth\_comp}$  중 적어도 하나에 기반한 최소 투명도 알파 값 계수에 대응하고,  $\alpha_{min}$ 은 상기 설정된 제1 값과 상이하고 0과 1 사이의 그리고 0과 1을 포함하는 설정된 제2 값을 갖는, 장치.

### 청구항 13

제5항에 있어서,

예측 합성은,

제1 반사 주파수에 대응하는 제1 입력 이미지에서의 제1 영역에 대응하는 제1 전기 신호들과, 제2 반사 주파수에 대응하는 제2 입력 이미지에서의 상기 제1 영역에 대응하는 제2 전기 신호들 사이의 관계를 결정하는 것; 및

상기 관계에 기반하여, 상기 제2 입력 이미지의 제2 영역에 대응하는 제3 전기 신호들을 예측하는 것

을 포함하는, 장치.

### 청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제2 영역에서의 픽셀의 픽셀 방사조도는,

$I_{FF2} = I_{FF1} \cdot I_{NF2} / I_{NF1}$ 에 의해 주어지며, 여기서,

FF1은 상기 제1 입력 이미지에서의 상기 제2 영역이고;  
 FF2는 상기 제2 입력 이미지에서의 상기 제2 영역이고;  
 NF1은 상기 제1 입력 이미지에서의 상기 제1 영역이고;  
 NF2는 상기 제2 입력 이미지에서의 상기 제1 영역이고;  
 $I_{FF2}$ 는 FF2에서의 픽셀 방사조도이고;  
 $I_{FF1}$ 은 영역 FF1에서의 픽셀 방사조도이고;  
 $I_{NF2}$ 는 영역 NF2에서의 픽셀 방사조도이고;  
 $I_{NF1}$ 은 영역 NF1에서의 픽셀 방사조도인, 장치.

### 청구항 15

제13항에 있어서,  
 상기 제2 영역에서의 픽셀의 픽셀 방사조도는,  

$$I_{FF2} = I_{NF2} \times (I_{FF1} * PSF2_{inverse}) / (I_{NF1} * PSF1_{inverse})$$
 에 의해 주어지며, 여기서,

FF1은 상기 제1 입력 이미지에서의 상기 제2 영역이고;  
 FF2는 상기 제2 입력 이미지에서의 상기 제2 영역이고;  
 NF2는 상기 제2 입력 이미지에서의 상기 제1 영역이고;  
 $I_{FF2}$ 는 FF2에서의 픽셀 방사조도이고;  
 $I_{FF1}$ 은 영역 FF1에서의 픽셀 방사조도이고;  
 $I_{NF2}$ 는 영역 NF2에서의 픽셀 방사조도이고;  
 PSF1은 제1 수신 주파수에 대한 포인트 확산 함수(PSF)에 대응하고;  
 PSF2는 제2 수신 주파수에 대한 PSF에 대응하고;  
 $PSF1_{inverse}$ 는 디컨볼루션에 대응하는 PSF1의 역이고;  
 $PSF1_{inverse}$ 는 디컨볼루션에 대응하는 PSF1의 역인, 장치.

### 청구항 16

제13항에 있어서,  
 ML 기반 합성은,  
 상기 제1 영역이 근거리장 영역에 대응하는 것으로 결정하는 것;  
 상기 제2 영역이 원거리장 영역에 대응하는 것으로 결정하는 것;  
 상기 근거리장 영역을 복수의 서브영역들, 예를 들어 정사각형 서브영역들로 세그먼트화하는 것;  
 상기 근거리장 영역에서 다수의 제1 입력 이미지들 및 다수의 제1 출력 이미지들에 기반하여 훈련 데이터 세트를 생성하는 것;  
 상기 훈련 데이터 세트에 기반하여 상기 제1 영역 내의 상기 제1 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들과 상기 제1 영역 내의 상기 제2 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들 사이의 관계에 대한 ML 기반 모델을 개발하는 것; 및  
 상기 모델에 기반하여 상기 제2 영역 내의 상기 제2 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들을 예측하는 것을 포함하는, 장치.

**청구항 17**

제16항에 있어서,

ML 기반 합성은 상기 입력 이미지들의 중거리장 영역에서의 다수의 제1 입력 이미지들 및 다수의 제1 출력 이미지들에 기반하여 검증 데이터 세트를 생성하는 것, 및 상기 훈련 데이터 세트 및 상기 검증 데이터 세트에 기반하여 상기 ML 기반 모델을 개발하는 것을 더 포함하는, 장치.

**청구항 18**

제5항에 있어서,

컬러 도플러 합성은, 각각의 픽셀 위치에 대해, 깊이, 각도, 신호 대 잡음비, 흐름 속도 또는 전력에 관한 정보 중 적어도 하나에 기반하여 상기 N개의 입력 이미지 사이의 각각의 픽셀 방사조도들을 결합하는 것을 포함하는, 장치.

**청구항 19**

제18항에 있어서,

상기 출력 이미지의  $R0_{out}$  및  $R1_{out}$ 는  $R0_{out} = \alpha \cdot R0_{out.max} + (1 - \alpha) \cdot R0_{out.mean}$  및

$R1_{out} = \alpha \cdot R1_{out.max} + (1 - \alpha) \cdot R1_{out.mean}$ 에 의해 주어지며, 여기서,

$R0_{out}$ : 최대 및 평균 제0 래그 자기상관들의 알파 블렌딩 값에 대응하는 제0 래그 출력;

$R1_{out}$ : 최대 및 평균 제1 래그 자기상관들의 알파 블렌딩 값에 대응하는 제1 래그 출력;

$\alpha$ : 알파 블렌딩에 대한 알파 값;

$R0_{out.max}$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관의 최대 제0 래그 출력 값;

$R1_{out.max}$ : 자기상관의 최대 제1 래그 출력 값;

$R0_{out.mean}$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관의 평균 제0 래그 출력 값;

$R1_{out.mean}$ : 자기상관의 평균 제1 래그 출력 값;

$R0_{in}(i)$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관에 대한 이미징 파형들의 주파수 대역에 대응하는 제0 래그 입력 값; 및

$R1_{in}(i)$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관에 대한 이미징 파형들의 주파수 대역에 대응하는 제1 래그 입력 값인, 장치.

**청구항 20**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 각각의 반사 주파수들은 1.75 MHz, 3.5 MHz 및 5.0 MHz를 포함하고,

상기 전송된 초음파 파형의 기본 주파수가 1.75 MHz의 단일 주파수인 것; 또는

상기 전송된 초음파 파형의 각각의 기본 주파수들이 1.75 MHz, 3.5 MHz 및 5.0 MHz를 포함하는 것 중 하나인, 장치.

**청구항 21**

시스템으로서,

디스플레이 디바이스를 포함하는 사용자 인터페이스 디바이스; 및

상기 사용자 인터페이스 디바이스에 통신가능하게 결합된 컴퓨팅 디바이스

를 포함하며, 상기 컴퓨팅 디바이스는 메모리, 및 상기 메모리에 결합된 하나 이상의 프로세서를 포함하고, 상기 하나 이상의 프로세서는,

전송된 초음파 파형의 결과로서 타겟 대상으로부터 반사된 반사 초음파 파형의 각각의 반사 주파수들에 기반한 전기 신호들을 동시에 수신하고;

상기 전기 신호들로부터의 정보를 합성하여 합성된 전기 신호들을 생성하고;

상기 합성된 전기 신호들에 기반하여 디스플레이 디바이스 상에 출력 이미지를 생성하게 하는, 시스템.

#### 청구항 22

제21항에 있어서,

상기 각각의 반사 주파수들은 상기 전송된 초음파 파형의 기본 주파수의 각각의 고조파들에 대응하고, 상기 기본 주파수는 상기 전송된 초음파 파형의 단일 주파수인, 시스템.

#### 청구항 23

제21항에 있어서,

상기 전송된 초음파 파형은 상기 반사 초음파 파형의 상기 각각의 주파수들에 대응하는 기본 주파수들을 갖는 다중 모드 파형인, 시스템.

#### 청구항 24

제21항에 있어서,

상기 하나 이상의 프로세서는,

상기 전기 신호들에 대해 예측 알고리즘을 구현하는 것 - 상기 하나 이상의 프로세서는 상기 타겟 대상의 제1 이미지 영역에 대응하는 제1 전기 신호들로부터의 정보를 이용하여 상기 제1 이미지 영역과 상이한 상기 타겟 대상의 제2 이미지 영역에 대한 예측 전기 신호들을 생성함 -; 및

상기 제2 이미지 영역에서의 상기 출력 이미지가 상기 예측 전기 신호들에 대응하도록, 상기 예측 전기 신호들을 이용하여 상기 합성된 전기 신호들을 획득하는 것

에 의해 상기 정보를 합성하는, 시스템.

#### 청구항 25

제21항 내지 제24항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 반사 주파수들은 N개의 반사 주파수를 포함하고;

상기 전기 신호들은 N개의 전기 신호 세트를 포함하고, 각각의 전기 신호 세트는 상기 반사 주파수들 중 하나에 대응하고, 상기 N개의 전기 신호 세트는 상기 타겟 대상의 N개의 입력 이미지에 대응하고;

개별 입력 이미지들은 각각의 픽셀 위치들에서의 픽셀들을 포함하고, 상기 N개의 입력 이미지의 각각의 픽셀 위치는 깊이 및 각도에 의해 정의되고;

정보를 합성하는 것은 상기 N개의 전기 신호 세트로부터의 정보를 합성하는 것을 포함하고;

상기 하나 이상의 프로세서는 단순 평균화, 가중 평균화, 깊이 적응적 합성을 이용한 알파 블렌딩, 최대 및 최소 적응적 합성, 예측 합성, 측방향 주파수 합성 및 컬러 도플러 합성 중 적어도 하나를 이용하여 상기 N개의 전기 신호 세트로부터의 상기 정보를 합성하는, 시스템.

#### 청구항 26

제25항에 있어서,

상기 하나 이상의 프로세서는 추가로, 합성 이전에 상기 전기 신호들이 이득 보상 또는 동적 범위 보상을 받게



하는, 시스템.

**청구항 27**

제25항에 있어서,

단순 평균화는, 각각의 픽셀 위치에 대해, 상기 N개의 입력 이미지에 걸쳐 각각의 픽셀 방사조도들의 단순 평균화 또는 가중 평균화 중 하나를 수행하는 것을 포함하는, 시스템.

**청구항 28**

제25항에 있어서,

깊이 적응적 합성을 이용한 알파 블렌딩은, 각각의 픽셀 위치에 대해, 대응하는 알파 승수만큼, 상기 N개의 입력 이미지 사이의 각각의 픽셀 방사조도들을 승산하는 것을 포함하고, 각각의 알파 승수는 하나 이상의 알파 값의 함수이고, 상기 하나 이상의 알파 값은 상기 각각의 픽셀 위치의 깊이 또는 상기 각각의 픽셀 위치의 각도 중 적어도 하나의 함수인, 시스템.

**청구항 29**

제28항에 있어서,

상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 상기 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,

$$I_{out} = I_{high} \cdot \alpha_{high} + (1 - \alpha_{high}) \cdot (\alpha_{mid} \cdot I_{mid} + (1 - \alpha_{mid}) \cdot I_{low})$$

에 의해 주어지며, 여기서,

$I_{out}$ 는 상기 출력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 출력 픽셀 방사조도이고;

$I_{high}$ 는 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;

$I_{mid}$ 는 상기 수신 주파수들 중 중간 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;

$I_{low}$ 는 상기 수신 주파수들 중 가장 낮은 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;

$\alpha_{high}$ 는 상기 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수의 깊이 의존적  $\alpha$  값에 대응하고;

$\alpha_{mid}$ 는 상기 수신 주파수들 중 중간 주파수의 깊이 의존적  $\alpha$  값에 대응하는, 시스템.

**청구항 30**

제28항에 있어서,

상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 상기 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,

$$I_{out}(r, \theta) = I_{high} \cdot \alpha_{high}(r, \theta) + (1 - \alpha_{high}(r, \theta)) \cdot (\alpha_{mid}(r, \theta) \cdot I_{mid} + (1 - \alpha_{mid}(r, \theta)) \cdot I_{low})$$

에 의해 주어지며, 여

기서,

r: 깊이;

$\theta$ : 각도;

$I_{out}(r, \theta)$ : 깊이 r 및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 출력 픽셀 방사조도;

$I_{high}$ : 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수에 대한 깊이 r 및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도;

$I_{mid}$ : 상기 수신 주파수들 중 중간 주파수에 대한 깊이 r 및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도;

$I_{low}$ : 상기 수신 주파수들 중 가장 낮은 주파수에 대한 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도;

$\alpha_{high}$ : 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서 상기 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수의 알파 값; 및

$\alpha_{mid}$ : 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서 상기 수신 주파수들 중 중간 주파수에서의 알파 값인, 시스템.

### 청구항 31

제25항에 있어서,

최대 및 최소 적응적 합성은, 각각의 픽셀 위치에 대해, 상기  $N$ 개의 입력 이미지 사이의 최대, 최소 및 평균 픽셀 방사조도들의 블렌딩을 이용하는 것을 포함하는, 시스템.

### 청구항 32

제31항에 있어서,

상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 상기 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,

$I_{out} = I_{max} \cdot \alpha_{max} + (1 - \alpha_{max}) \cdot (\alpha_{min} \cdot I_{min} + (1 - \alpha_{min}) \cdot I_{depth\_comp})$ 에 의해 주어지며, 여기서,

$I_{max}: MAX(I_{high}, I_{mid}, I_{low})$ ;

$I_{min}: MIN(I_{high}, I_{mid}, I_{low})$ ;

$I_{depth\_comp}$ 는 깊이 보상을 이용한 알파 블렌딩 후의 픽셀 위치에서의 픽셀 방사조도에 대응하고;

$\alpha_{max}$ 는  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , 또는  $I_{depth\_comp}$  중 적어도 하나에 기반한 최대 투명도 알파 값 계수에 대응하고,  $\alpha_{max}$ 는 0과 1 사이의 그리고 0과 1을 포함하는 설정된 제1 값을 가지며;

$\alpha_{min}$ 은  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , 또는  $I_{depth\_comp}$  중 적어도 하나에 기반한 최소 투명도 알파 값 계수에 대응하고,  $\alpha_{min}$ 은 상기 설정된 제1 값과 상이하고 0과 1 사이의 그리고 0과 1을 포함하는 설정된 제2 값을 갖는, 시스템.

### 청구항 33

제25항에 있어서,

예측 합성은,

제1 반사 주파수에 대응하는 제1 입력 이미지에서의 제1 영역에 대응하는 제1 전기 신호들과, 제2 반사 주파수에 대응하는 제2 입력 이미지에서의 상기 제1 영역에 대응하는 제2 전기 신호들 사이의 관계를 결정하는 것; 및

상기 관계에 기반하여, 상기 제2 입력 이미지의 제2 영역에 대응하는 제3 전기 신호들을 예측하는 것을 포함하는, 시스템.

### 청구항 34

제33항에 있어서,

상기 제2 영역에서의 픽셀의 픽셀 방사조도는,

$I_{FF2} = I_{FF1} \cdot I_{NF2} / I_{NF1}$ 에 의해 주어지며, 여기서,

FF1은 상기 제1 입력 이미지에서의 상기 제2 영역이고;

FF2는 상기 제2 입력 이미지에서의 상기 제2 영역이고;

NF1은 상기 제1 입력 이미지에서의 상기 제1 영역이고;

NF2는 상기 제2 입력 이미지에서의 상기 제1 영역이고;

$I_{FF2}$ 는 FF2에서의 픽셀 방사조도이고;  
 $I_{FF1}$ 은 영역 FF1에서의 픽셀 방사조도이고;  
 $I_{NF2}$ 는 영역 NF2에서의 픽셀 방사조도이고;  
 $I_{NF1}$ 은 영역 NF1에서의 픽셀 방사조도인, 시스템.

**청구항 35**

제33항에 있어서,  
 상기 제2 영역에서의 픽셀의 픽셀 방사조도는,  

$$I_{FF2} = I_{NF2} \times (I_{FF1} * PSF2_{inverse}) / (I_{NF1} * PSF1_{inverse})$$
 에 의해 주어지며, 여기서,  
 $FF1$ 은 상기 제1 입력 이미지에서의 상기 제2 영역이고;  
 $FF2$ 는 상기 제2 입력 이미지에서의 상기 제2 영역이고;  
 $NF2$ 는 상기 제2 입력 이미지에서의 상기 제1 영역이고;  
 $I_{FF2}$ 는 FF2에서의 픽셀 방사조도이고;  
 $I_{FF1}$ 은 영역 FF1에서의 픽셀 방사조도이고;  
 $I_{NF2}$ 는 영역 NF2에서의 픽셀 방사조도이고;  
 $PSF1$ 은 제1 수신 주파수에 대한 포인트 확산 함수(PSF)에 대응하고;  
 $PSF2$ 는 제2 수신 주파수에 대한 PSF에 대응하고;  
 $PSF1_{inverse}$ 는 디컨볼루션에 대응하는  $PSF1$ 의 역이고;  
 $PSF1_{inverse}$ 는 디컨볼루션에 대응하는  $PSF1$ 의 역인, 시스템.

**청구항 36**

제33항에 있어서,  
 ML 기반 합성은,  
 상기 제1 영역이 근거리장 영역에 대응하는 것으로 결정하는 것;  
 상기 제2 영역이 원거리장 영역에 대응하는 것으로 결정하는 것;  
 상기 근거리장 영역을 복수의 서브영역들, 예를 들어 정사각형 서브영역들로 세그먼트화하는 것;  
 상기 근거리장 영역에서 다수의 제1 입력 이미지들 및 다수의 제1 출력 이미지들에 기반하여 훈련 데이터 세트를 생성하는 것;  
 상기 훈련 데이터 세트에 기반하여 상기 제1 영역 내의 상기 제1 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들과 상기 제1 영역 내의 상기 제2 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들 사이의 관계에 대한 ML 기반 모델을 개발하는 것; 및  
 상기 모델에 기반하여 상기 제2 영역 내의 상기 제2 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들을 예측하는 것을 포함하는, 시스템.

**청구항 37**

제36항에 있어서,  
 ML 기반 합성은 상기 입력 이미지들의 중거리장 영역에서의 다수의 제1 입력 이미지들 및 다수의 제1 출력 이미지들에 기반하여 검증 데이터 세트를 생성하는 것, 및 상기 훈련 데이터 세트 및 상기 검증 데이터 세트에 기반

하여 상기 ML 기반 모델을 개발하는 것을 더 포함하는, 시스템.

**청구항 38**

제25항에 있어서,

컬러 도플러 합성은, 각각의 픽셀 위치에 대해, 깊이, 각도, 신호 대 잡음비, 흐름 속도 또는 전력에 관한 정보 중 적어도 하나에 기반하여 상기 N개의 입력 이미지 사이의 각각의 픽셀 방사조도들을 결합하는 것을 포함하는, 시스템.

**청구항 39**

제38항에 있어서,

상기 출력 이미지의  $R0_{out}$  및  $R1_{out}$ 는  $R0_{out} = \alpha \cdot R0_{out.max} + (1 - \alpha) \cdot R0_{out.mean}$  및  $R1_{out} = \alpha \cdot R1_{out.max} + (1 - \alpha) \cdot R1_{out.mean}$ 에 의해 주어지며, 여기서,

$R0_{out}$ : 최대 및 평균 제0 래그 자기상관들의 알파 블렌딩 값에 대응하는 제0 래그 출력;

$R1_{out}$ : 최대 및 평균 제1 래그 자기상관들의 알파 블렌딩 값에 대응하는 제1 래그 출력;

$\alpha$ : 알파 블렌딩에 대한 알파 값;

$R0_{out.max}$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관의 최대 제0 래그 출력 값;

$R1_{out.max}$ : 자기상관의 최대 제1 래그 출력 값;

$R0_{out.mean}$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관의 평균 제0 래그 출력 값;

$R1_{out.mean}$ : 자기상관의 평균 제1 래그 출력 값;

$R0_{in}(i)$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관에 대한 이미징 파형들의 주파수 대역에 대응하는 제0 래그 입력 값; 및

$R1_{in}(i)$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관에 대한 이미징 파형들의 주파수 대역에 대응하는 제1 래그 입력 값인, 시스템.

**청구항 40**

제21항 내지 제24항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 각각의 반사 주파수들은 1.75 MHz, 3.5 MHz 및 5.0 MHz를 포함하고,

상기 전송된 초음파 파형의 기본 주파수가 1.75 MHz의 단일 주파수인 것; 또는

상기 전송된 초음파 파형의 각각의 기본 주파수들이 1.75 MHz, 3.5 MHz 및 5.0 MHz를 포함하는 것 중 하나인, 시스템.

**청구항 41**

메모리, 및 상기 메모리에 결합된 하나 이상의 프로세서를 포함하는 컴퓨팅 디바이스에서 수행되는 방법으로서, 전송된 초음파 파형의 결과로서 타겟 대상으로부터 반사된 반사 초음파 파형의 각각의 반사 주파수들에 기반한 전기 신호들을 동시에 수신하는 단계;

상기 전기 신호들로부터의 정보를 합성하여 합성된 전기 신호들을 생성하는 단계; 및

상기 합성된 전기 신호들에 기반하여 디스플레이 디바이스 상에 출력 이미지를 생성하게 하는 단계를 포함하는, 방법.

**청구항 42**

제41항에 있어서,

상기 각각의 반사 주파수들은 상기 전송된 초음파 파형의 기본 주파수의 각각의 고조파들에 대응하고, 상기 기본 주파수는 상기 전송된 초음파 파형의 단일 주파수인, 방법.

**청구항 43**

제41항에 있어서,

상기 전송된 초음파 파형은 상기 반사 초음파 파형의 상기 각각의 주파수들에 대응하는 기본 주파수들을 갖는 다중 모드 파형인, 방법.

**청구항 44**

제41항에 있어서,

상기 정보를 합성하는 것은,

상기 전기 신호들에 대해 예측 알고리즘을 구현하는 것 - 상기 하나 이상의 프로세서는 상기 타겟 대상의 제1 이미지 영역에 대응하는 제1 전기 신호들로부터의 정보를 이용하여 상기 제1 이미지 영역과 상이한 상기 타겟 대상의 제2 이미지 영역에 대한 예측 전기 신호들을 생성함 -; 및

상기 제2 이미지 영역에서의 상기 출력 이미지가 상기 예측 전기 신호들에 대응하도록, 상기 예측 전기 신호들을 이용하여 상기 합성된 전기 신호들을 획득하는 것

을 포함하는, 방법.

**청구항 45**

제41항에 있어서,

상기 반사 주파수들은 N개의 반사 주파수를 포함하고;

상기 전기 신호들은 N개의 전기 신호 세트를 포함하고, 각각의 전기 신호 세트는 상기 반사 주파수들 중 하나에 대응하고, 상기 N개의 전기 신호 세트는 상기 타겟 대상의 N개의 입력 이미지에 대응하고;

개별 입력 이미지들은 각각의 픽셀 위치들에서의 픽셀들을 포함하고, 상기 N개의 입력 이미지의 각각의 픽셀 위치는 깊이 및 각도에 의해 정의되고;

정보를 합성하는 것은 상기 N개의 전기 신호 세트로부터의 정보를 합성하는 것을 포함하고;

상기 방법은 단순 평균화, 가중 평균화, 깊이 적응적 합성을 이용한 알파 블렌딩, 최대 및 최소 적응적 합성, 예측 합성, 측방향 주파수 합성 및 컬러 도플러 합성 중 적어도 하나를 이용하여 상기 N개의 전기 신호 세트로부터의 상기 정보를 합성하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 46**

제45항에 있어서,

합성 이전에 상기 전기 신호들이 이득 보상 또는 동적 범위 보상을 받게 하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 47**

제45항에 있어서,

단순 평균화는, 각각의 픽셀 위치에 대해, 상기 N개의 입력 이미지에 걸쳐 각각의 픽셀 방사조도들의 단순 평균화 또는 가중 평균화 중 하나를 수행하는 것을 포함하는, 방법.

**청구항 48**

제45항에 있어서,

깊이 적응적 합성을 이용한 알파 블렌딩은, 각각의 픽셀 위치에 대해, 대응하는 알파 승수만큼, 상기 N개의 입력 이미지 사이의 각각의 픽셀 방사조도들을 승산하는 것을 포함하고, 각각의 알파 승수는 하나 이상의 알파 값의 함수이고, 상기 하나 이상의 알파 값은 상기 각각의 픽셀 위치의 깊이 또는 상기 각각의 픽셀 위치의 각도 중 적어도 하나의 함수인, 방법.

#### 청구항 49

제48항에 있어서,

상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 상기 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,

$$I_{out} = I_{high} \cdot \alpha_{high} + (1 - \alpha_{high}) \cdot (\alpha_{mid} \cdot I_{mid} + (1 - \alpha_{mid}) \cdot I_{low})$$

에 의해 주어지며, 여기서,

$I_{out}$ 는 상기 출력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 출력 픽셀 방사조도이고;

$I_{high}$ 는 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;

$I_{mid}$ 는 상기 수신 주파수들 중 중간 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;

$I_{low}$ 는 상기 수신 주파수들 중 가장 낮은 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;

$\alpha_{high}$ 는 상기 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수의 깊이 의존적  $\alpha$  값에 대응하고;

$\alpha_{mid}$ 는 상기 수신 주파수들 중 중간 주파수의 깊이 의존적  $\alpha$  값에 대응하는, 방법.

#### 청구항 50

제48항에 있어서,

상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 상기 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,

$$I_{out}(r, \theta) = I_{high} \cdot \alpha_{high}(r, \theta) + (1 - \alpha_{high}(r, \theta)) \cdot (\alpha_{mid}(r, \theta) \cdot I_{mid} + (1 - \alpha_{mid}(r, \theta)) \cdot I_{low})$$

에 의해 주어지며, 여기서,

$r$ 은 깊이를 나타내고;

$\theta$ 는 각도를 나타내고;

$I_{out}(r, \theta)$ 는 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 출력 픽셀 방사조도이고;

$I_{high}$ 는 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수에 대한 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도이고;

$I_{mid}$ 는 상기 수신 주파수들 중 중간 주파수에 대한 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도이고;

$I_{low}$ 는 상기 수신 주파수들 중 가장 낮은 주파수에 대한 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도이고;

$\alpha_{high}$ 는 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서 상기 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수의 알파 값에 대응하고;

$\alpha_{mid}$ 는 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서 상기 수신 주파수들 중 중간 주파수에서의 알파 값에 대응하는, 방법.

#### 청구항 51

제45항에 있어서,

최대 및 최소 적응적 합성은, 각각의 픽셀 위치에 대해, 상기 N개의 입력 이미지 사이의 최대, 최소 및 평균 픽

셀 방사조도들의 블렌딩을 이용하는 것을 포함하는, 방법.

**청구항 52**

제51항에 있어서,

상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 상기 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,

$$I_{out} = I_{max} \cdot \alpha_{max} + (1 - \alpha_{max}) \cdot (\alpha_{min} \cdot I_{min} + (1 - \alpha_{min}) \cdot I_{depth\_comp})$$

에 의해 주어지며, 여기서,

$$I_{max}: MAX(I_{high}, I_{mid}, I_{low});$$

$$I_{min}: MIN(I_{high}, I_{mid}, I_{low});$$

$I_{depth\_comp}$  는 깊이 보상을 이용한 알파 블렌딩 후의 픽셀 위치에서의 픽셀 방사조도에 대응하고;

$\alpha_{max}$  는  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , 또는  $I_{depth\_comp}$  중 적어도 하나에 기반한 최대 투명도 알파 값 계수에 대응하고,  $\alpha_{max}$  는 0과 1 사이의 그리고 0과 1을 포함하는 설정된 제1 값을 가지며;

$\alpha_{min}$  은  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , 또는  $I_{depth\_comp}$  중 적어도 하나에 기반한 최소 투명도 알파 값 계수에 대응하고,  $\alpha_{min}$  은 상기 설정된 제1 값과 상이하고 0과 1 사이의 그리고 0과 1을 포함하는 설정된 제2 값을 갖는, 방법.

**청구항 53**

제45항에 있어서,

예측 합성은,

제1 반사 주파수에 대응하는 제1 입력 이미지에서의 제1 영역에 대응하는 제1 전기 신호들과, 제2 반사 주파수에 대응하는 제2 입력 이미지에서의 상기 제1 영역에 대응하는 제2 전기 신호들 사이의 관계를 결정하는 것; 및 상기 관계에 기반하여, 상기 제2 입력 이미지의 제2 영역에 대응하는 제3 전기 신호들을 예측하는 것을 포함하는, 방법.

**청구항 54**

제43항에 있어서,

상기 제2 영역에서의 픽셀의 픽셀 방사조도는,

$$I_{FF2} = I_{FF1} \cdot I_{NF2} / I_{NF1}$$

에 의해 주어지며, 여기서,

FF1은 상기 제1 입력 이미지에서의 상기 제2 영역이고;

FF2는 상기 제2 입력 이미지에서의 상기 제2 영역이고;

NF1은 상기 제1 입력 이미지에서의 상기 제1 영역이고;

NF2는 상기 제2 입력 이미지에서의 상기 제1 영역이고;

$I_{FF2}$ 는 FF2에서의 픽셀 방사조도이고;

$I_{FF1}$ 은 영역 FF1에서의 픽셀 방사조도이고;

$I_{NF2}$ 는 영역 NF2에서의 픽셀 방사조도이고;

$I_{NF1}$ 은 영역 NF1에서의 픽셀 방사조도인, 방법.

**청구항 55**

제53항에 있어서,

상기 제2 영역에서의 픽셀의 픽셀 방사조도는,

$I_{FF2} = I_{NF2} \times (I_{FF1} * PSF2_{inverse}) / (I_{NF1} * PSF1_{inverse})$ 에 의해 주어지며, 여기서,

FF1은 상기 제1 입력 이미지에서의 상기 제2 영역이고;

FF2는 상기 제2 입력 이미지에서의 상기 제2 영역이고;

NF2는 상기 제2 입력 이미지에서의 상기 제1 영역이고;

$I_{FF2}$ 는 FF2에서의 픽셀 방사조도이고;

$I_{FF1}$ 은 영역 FF1에서의 픽셀 방사조도이고;

$I_{NF2}$ 는 영역 NF2에서의 픽셀 방사조도이고;

PSF1은 제1 수신 주파수에 대한 포인트 확산 함수(PSF)에 대응하고;

PSF2는 제2 수신 주파수에 대한 PSF에 대응하고;

$PSF1_{inverse}$ 는 디컨볼루션에 대응하는 PSF1의 역이고;

$PSF1_{inverse}$ 는 디컨볼루션에 대응하는 PSF1의 역인, 방법.

#### 청구항 56

제53항에 있어서,

ML 기반 합성은,

상기 제1 영역이 근거리장 영역에 대응하는 것으로 결정하는 것;

상기 제2 영역이 원거리장 영역에 대응하는 것으로 결정하는 것;

상기 근거리장 영역을 복수의 서브영역들, 예를 들어 정사각형 서브영역들로 세그먼트화하는 것;

상기 근거리장 영역에서 다수의 제1 입력 이미지들 및 다수의 제1 출력 이미지들에 기반하여 훈련 데이터 세트를 생성하는 것;

상기 훈련 데이터 세트에 기반하여 상기 제1 영역 내의 상기 제1 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들과 상기 제1 영역 내의 상기 제2 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들 사이의 관계에 대한 ML 기반 모델을 개발하는 것; 및

상기 모델에 기반하여 상기 제2 영역 내의 상기 제2 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들을 예측하는 것

을 포함하는, 방법.

#### 청구항 57

제56항에 있어서,

ML 기반 합성은 상기 입력 이미지들의 중거리장 영역에서의 다수의 제1 입력 이미지들 및 다수의 제1 출력 이미지들에 기반하여 검증 데이터 세트를 생성하는 것, 및 상기 훈련 데이터 세트 및 상기 검증 데이터 세트에 기반하여 상기 ML 기반 모델을 개발하는 것을 더 포함하는, 방법.

#### 청구항 58

제45항에 있어서,

컬러 도플러 합성은, 각각의 픽셀 위치에 대해, 깊이, 각도, 신호 대 잡음비, 흐름 속도 또는 전력에 관한 정보 중 적어도 하나에 기반하여 상기 N개의 입력 이미지 사이의 각각의 픽셀 방사조도들을 결합하는 것을 포함하는, 방법.

#### 청구항 59



제58항에 있어서,

상기 출력 이미지의  $R0_{out}$  및  $R1_{out}$ 는  $R0_{out} = \alpha \cdot R0_{out.max} + (1 - \alpha) \cdot R0_{out.mean}$  및

$R1_{out} = \alpha \cdot R1_{out.max} + (1 - \alpha) \cdot R1_{out.mean}$ 에 의해 주어지며, 여기서,

$R0_{out}$ : 최대 및 평균 제로 래그 자기상관들의 알파 블렌딩 값에 대응하는 제로 래그 출력;

$R1_{out}$ : 최대 및 평균 제1 래그 자기상관들의 알파 블렌딩 값에 대응하는 제1 래그 출력;

$\alpha$ : 알파 블렌딩에 대한 알파 값;

$R0_{out.max}$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관의 최대 제로 래그 출력 값;

$R1_{out.max}$ : 자기상관의 최대 제1 래그 출력 값;

$R0_{out.mean}$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관의 평균 제로 래그 출력 값;

$R1_{out.mean}$ : 자기상관의 평균 제1 래그 출력 값;

$R0_{in}(i)$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관에 대한 이미징 파형들의 주파수 대역에 대응하는 제로 래그 입력 값; 및

$R1_{in}(i)$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관에 대한 이미징 파형들의 주파수 대역에 대응하는 제1 래그 입력 값인, 방법.

#### 청구항 60

제41항에 있어서,

상기 각각의 반사 주파수들은 1.75 MHz, 3.5 MHz 및 5.0 MHz를 포함하고,

상기 전송된 초음파 파형의 기본 주파수가 1.75 MHz의 단일 주파수인 것; 또는

상기 전송된 초음파 파형의 각각의 기본 주파수들이 1.75 MHz, 3.5 MHz 및 5.0 MHz를 포함하는 것 중 하나인, 방법.

#### 청구항 61

장치로서,

제41항 내지 제60항 중 어느 한 항의 방법을 수행하기 위한 수단을 포함하는, 장치.

#### 청구항 62

하나 이상의 컴퓨터 판독가능한 매체로서,

실행될 때, 하나 이상의 프로세서로 하여금 제41항 내지 제60항 중 어느 한 항의 방법을 수행하게 하는 저장된 복수의 명령어를 포함하는, 하나 이상의 컴퓨터 판독가능한 매체.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

실시예들은 일반적으로 이미징 디바이스들에 대한 신호 처리 분야, 및 마이크로기계화된 초음파 트랜스듀서들 (micromachined ultrasound transducers)(MUT들)을 포함하는 것들과 같은 초음파 이미징 디바이스들 (ultrasound imaging devices) 또는 프로브들에 대한 신호 처리 분야에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0001]

- [0002] 초음파 이미징은 의학 및 비파괴적 테스트 분야에서 널리 이용된다.
- [0003] 초음파 이미징 프로브 또는 초음파 이미징 디바이스는 통상적으로, 이미징될 타겟에 대한 음향 에너지를 방출 및 수신하는데 이용되는 많은 개별 초음파 트랜스듀서들(픽셀들)의 어레이를 포함한다. 반사 파형은 트랜스듀서(예를 들어, 마이크로기화된 초음파 트랜스듀서)에 의해 수신되고, 전기 신호로 변환되고, 추가 신호 처리에 의해, 이미지가 생성된다. 유체 속도 및 (예를 들어, 혈류에 대한) 유체 흐름의 방향이 또한 초음파에 의해 측정 또는 검출되고 초음파 이미징 디바이스 조작자에게 시각적으로 제시될 수 있다. 해부학적 구조들 및 움직임의 이러한 정량화 및 시각화는 다양한 의료 진단 응용들 및 다른 의료 수술들의 지원에 이용될 수 있다.

[0004] 초음파 이미징 디바이스의 이용을 통해 획득된 이미지들에 대한 이미지 품질은 때때로 충분한 확실성으로 해부학적 특징들을 구별하는 것을 어렵게 할 수 있다. 초음파 이미징 디바이스들에 의해 획득된 이미지 품질을 개선하기 위한 메커니즘들이 필요하다.

### 발명의 내용

[0005] 일부 실시예들의 초음파 이미징 디바이스는, 그 품질이 종래 기술의 것들보다 더 신뢰성 있는 초음파 이미지들을 획득하는 것을 보조하기 위해, 집합적으로 또는 개별적으로 알고리즘들을 이용하여 하나 이상의 명령어 세트에 따라 동작할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0006] 본 발명의 새로운 특징들은 첨부된 청구항들에서 구체적으로 제시된다. 일부 실시예들의 특징들 및 이점들의 더 나은 이해는 본 발명의 원리들이 이용되는 예시적인 실시예들을 제시하는 다음의 상세한 설명, 및 첨부 도면들(또한 본 명세서에서의 "도면" 및 "도")을 참조하여 획득될 것이다.

도 1은 개시된 실시예들에 따른, 선택적으로 변경가능한 특성들을 갖는 이미징 디바이스의 블록도이다.

도 2는 개시된 실시예들에 따른, 선택적으로 변경가능한 특성들을 갖는 이미징 시스템의 도면이다.

도 3은 개시된 실시예들에 따른, 선택적으로 변경가능한 특성들을 갖는 이미징 디바이스의 개략도이다.

도 4는 본 명세서에 설명된 원리들의 예에 따른 수신 채널을 도시한다.

도 5는 이미징 타겟의 상이한 주파수들 및 상이한 침투 깊이들에서의 수신된 초음파 파형에 대한 데시벨(DB) 단위의 전력 대 메가헤르츠(MHz) 단위의 주파수를 플로팅하는 일련의 그래프들이다.

도 6은 타겟 대상의 4개의 각각의 초음파 이미지의 세트를 도시하며, 출력 이미지(D)는 이미지들(A-C)의 픽셀 방사조도들(pixel irradiances)의 단순 평균화를 통해 획득되고, 이미지들(A-C) 각각은 상이한 반사 주파수에 대응한다.

도 7은 타겟 대상의 4개의 각각의 초음파 이미지의 세트를 도시하며, 출력 이미지(D)는 3개의 각각의 반사 주파수에 대응하는 이미지들(A-C)의 픽셀 방사조도들의 깊이 적응적 합성(depth adaptive compounding)(DAC)을 이용한 알파 블렌딩(alpha blending)을 통해 획득된다.

도 8은 DAC를 이용한 알파 블렌딩에 대한  $\alpha$  값 대 깊이의 플롯의 예이다.

도 9a는 펄스들 1.75 MHz, 3.5 MHz 및 5.1 MHz로 전송하기 위해 기본 주파수들을 이용하는 다중 모드 펄스에 대한 초 단위의 시간에 대한 전압의 플롯을 도시한다.

도 9b는, DB 단위의 전력 대 Hz 단위의 주파수를 플로팅한, 도 9a의 전송된 초음파 파형에 대한 주파수 분포의 플롯을 도시한다.

도 10은 도 6의 것들과 유사하지만, 도 9a 및 도 9b의 펄스를 이용하여 이미지들(A-C)을 생성하고, 또한 단순 합성을 이용하여 합성 이미지(D)를 생성하는 이미지들의 세트이다.

도 11은 도 6의 것들과 유사하지만, 도 9a 및 도 9b에 도시된 것과 같은 다중 모드 펄스의 DAC를 이용한 알파 블렌딩을 이용하는 이미지들의 세트이다.

도 12는 2개의 출력 이미지 D1 및 D2를 도시하며, 이미지 D1은 도 6의 것들과 유사한 3개의 수신 주파수 상에서 DAC를 이용한 알파 블렌딩을 이용하여 획득된 것을 나타내고, D2는 동일한 3개의 수신 주파수 상에서 DR 보상을 이용하여 획득된 것을 나타낸다.

도 13은 3개의 출력 이미지 D1, D2 및 D3의 세트를 도시하며, 이미지 D1은 도 6의 것들과 유사한 3개의 수신 주파수 상에서 단순 합성을 이용하여 획득된 것을 나타내고, D2는 동일한 3개의 수신 주파수 상에서 DAC를 이용한 알파 블렌딩을 이용하여 획득된 것을 나타내고, D3은 적응적 합성을 이용하여 획득된 것을 나타낸다.

도 14는 일부 실시예에 따른 프로세스의 흐름도를 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0007] 일부 실시예들은 컴퓨팅 디바이스의 장치, 컴퓨터 판독가능한 저장 매체, 방법 및 시스템에 관한 것이다. 컴퓨팅 디바이스의 장치는 전송된 초음파 파형을 겪은 타겟 대상으로부터 반사된 반사 초음파 파형에 대응하는 각각의 주파수들에 기반하는 각각의 전기 신호들을 동시에 수신하고; 각각의 전기 신호들로부터의 정보를 합성하여 합성된 전기 신호들을 생성하고; 합성된 전기 신호들에 기반하여 디스플레이 상에 이미지를 생성하게 한다.
- [0008] 일부 실시예들에서, 각각의 주파수는 기본 주파수의 각각의 고조파이고, 고조파는 반사 초음파 파형에 대응하며, 전송된 초음파 파형은 기본 주파수에 있다. 이러한 실시예들에서는, 단일 전송 주파수, 기본 주파수, 예를 들어, 1.75 MHz가 있다.
- [0009] 일부 실시예들에서, 각각의 주파수는 반사 초음파 파형의 각각의 주파수이고, 전송된 초음파 파형은 반사 초음파 파형의 각각의 주파수에 대응하는 기본 주파수를 갖는 다중 모드 파형이다. 이 실시예에서, 초음파 이미징 디바이스의 트랜스듀서 어레이의 트랜스듀서 요소들은, 이하에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 다중 모드일 수 있다. 따라서, 트랜스듀서 요소들은, 예를 들어, 1.75 MHz 기본, 3.5 MHz 기본, 및 5.0 MHz 기본 등의, 다수의 상이한 기본 주파수에 기반하는 전송된 초음파 파형을 생성한다.
- [0010] 일부 실시예들에서, 장치는 타겟 대상의 제1 영역에 대응하는 전기 신호들로부터의 정보를 이용하여 제1 영역과 상이한 타겟 대상의 제2 영역에 대한 예측 전기 신호들을 생성하고; 합성된 전기 신호들과 예측 전기 신호들의 결합인 결합된 전기 신호들에 기반하여 디스플레이 상에 이미지를 생성하게 하는 예측 알고리즘을 추가로 구현한다.
- [0011] 일부 실시예들에 따른 합성은, 그 임의의 조합을 포함하여, 단순 평균화, 가중 평균화, 깊이 적응적 합성을 이용한 알파 블렌딩, 이득-보상된 합성, 적응적 합성, 예측 합성, 측방향 주파수 합성 및 도플러 합성 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 이러한 합성 방법들은 아래에 더 상세히 설명될 것이다.
- [0012] 유리하게도, 일부 실시예들은, 반사 초음파 파형의 더 낮은 주파수와 연관된 더 깊은 타겟 대상 위치에서의 더 나은 이미지 해상도의 혜택과 반사 초음파 파형의 더 높은 주파수와 연관된 더 얇은 침투에서의 더 나은 해상도의 혜택을 블렌딩하는 것을 허용하는 초음파 이미지의 생성을 가능하게 하는 알고리즘을 제공한다. 후자는 타겟 대상의 다양한 깊이들에서의 개선된 이미지 해상도를 나타내는 이미지들의 생성을 가능하게 한다.
- [0013] 일부 기존의 해결책들은 조직 고조파 이미징(TiHI)을 이용한다. TiHI에서, 트랜스듀서는 단일의 기본 주파수(1.5 MHz)에서 전송된 초음파 파형을 생성하고, 디바이스는 전송된 초음파 파형(전송된 초음파 파형)의 기본 주파수의 1 고조파에서, 전형적으로는 기본 주파수의 2배(3.0 MHz)에 기반한 고조파에서 반사 초음파 파형을 처리한다.
- [0014] 일부 기존의 해결책들은 합성 고조파 이미징(CHI)을 이용한다.
- [0015] CHI에서, 트랜스듀서는, 별개의 시간들에서, 주어진 기본 주파수(3.0 MHz 및 3.5 MHz)에서 각각 별개의 전송된 초음파 파형을 생성하고, 디바이스는 기본 주파수들 각각의 제2 고조파에서 2개의 대응하는 반사 초음파 파형을 처리한다. 처리는 2개의 수신된 신호를 합성하는 것을 포함하고, 소정 형태의 알파 블렌딩을 포함할 수 있지만, 전송은 상이한 시간들에서의 다수의 전송을 포함하므로, 합성은 단일 전송에 기반하는 반사 초음파 파형에 기반하지 않는다.
- [0016] 이제, 본 명세서에 설명되는 바와 같은 일부 실시예들을 구현하는데 이용될 수 있는 디바이스들 및 회로들을 도시하는 도 1 내지 도 4를 참조한다. 실시예들의 특정 논의는 이후 도 5 내지 도 14의 맥락에서 이하에 추가로 제공된다.
- [0017] 일부 실시예들은 이미징 디바이스들에 관한 것으로, 더 구체적으로는 전자적으로 구성가능한 초음파 이미징 디바이스들에 관한 것이다. 초음파 이미징 디바이스들은 인간 또는 동물 신체들의 내부 조직, 뼈들, 혈류, 또는 장기들을 비침습적 방식으로 이미징하는데 이용될 수 있다. 이어서, 이미지들이 디스플레이될 수 있다. 초음파 이미징을 수행하기 위해, 초음파 이미징 디바이스는 초음파 신호를 신체 내로 전송하고 이미징 중인 신체 부

분으로부터 반사된 신호를 수신한다. 이러한 초음파 이미징 디바이스는 트랜시버 또는 이미저라고 지칭될 수 있고 광-음향 또는 초음파 효과에 기반할 수 있는 트랜스듀서 및 연관된 전자 장치를 포함한다. 이러한 트랜스듀서들은 이미징에 이용될 수 있고, 다른 응용들에서도 이용될 수 있다. 예를 들어, 트랜스듀서는 의료 이미징; 파이프, 스피커, 및 마이크로폰 어레이에서의 흐름 측정; 쇄석술; 치료를 위한 국소화된 조직 가열; 및 고집중 포커싱된 초음파(HIFU) 수술에서 이용될 수 있다.

[0018] 일부 실시예들의 추가적인 양태들 및 이점들은 예시적인 실시예들만이 도시되고 설명되는 본 상세한 설명으로부터 본 기술분야의 통상의 기술자에게 쉽게 명백해질 것이다. 인지될 바와 같이, 일부 실시예들은 다른 상이한 목표들을 달성할 수 있고, 이들의 몇몇 상세들은 모두 본 개시내용으로부터 벗어나지 않고 다양하고 명백한 측면들에서 수정할 수 있다. 따라서, 도면들 및 설명은 제한적인 것이 아니라 사실상 예시적인 것으로 간주되어야 한다.

[0019] 전통적으로, 의료 이미징에서 이용되는 초음파 이미저들과 같은 이미징 디바이스들은 압전(PZT) 재료들 또는 다른 압전 세라믹 및 폴리머 합성물들을 이용한다. 이러한 이미징 디바이스들은 PZT 재료로 트랜스듀서들을 하우징하기 위한 하우징은 물론, 이미지를 형성하고 이를 디스플레이 유닛 상에 디스플레이하는 다른 전자 장치들을 포함할 수 있다. 벌크 PZT 요소들 또는 트랜스듀서들을 제조하기 위해, 두꺼운 압전 재료 슬래브는 큰 직사각형 형상의 PZT 요소들로 절단될 수 있다. 이들 직사각형 형상의 PZT 요소들은 제작하기에 고가일 수 있는데, 왜냐하면 제조 프로세스가 직사각형 형상의 두꺼운 PZT 또는 세라믹 재료를 일반적으로 정밀하게 절단하고 그것을 정밀한 간격으로 기관들 상에 탑재하는 것을 수반하기 때문이다. 또한, 트랜스듀서들의 임피던스는 트랜스듀서들에 대한 전송/수신 전자 장치들의 임피던스보다 훨씬 높으며, 이는 성능에 영향을 미칠 수 있다.

[0020] 또한 추가로, 이러한 두꺼운 벌크 PZT 요소들은 전송 신호들을 생성하기 위해 매우 높은 전압 펄스들, 예를 들어, 100볼트(V) 이상을 요구할 수 있다. 이러한 높은 구동 전압은 높은 전력 소모를 유발하는데, 이는 트랜스듀서들에서의 전력 소모가 구동 전압의 제곱에 비례하기 때문이다. 이러한 고전력 소모는 이미징 디바이스 내에 열을 발생시키며, 따라서 냉각 배열들이 필요하다. 이러한 냉각 시스템들은 이미징 디바이스들의 제조 비용 및 중량을 증가시키며, 이는 이미징 디바이스들을 동작시키기에 더 부담스럽게 한다.

[0021] 더구나, 트랜스듀서들에 대한 전송/수신 전자 장치들은 트랜스듀서들 자체로부터 멀리 위치할 수 있으며, 따라서 트랜스듀서들과 전송/수신 전자 장치들 사이에 마이크로-동축 케이블들을 필요로 한다. 일반적으로, 케이블은 지연 및 임피던스 매칭을 위한 정밀한 길이를 가지며, 상당히 종종, 케이블을 통한 전자 장치로의 트랜스듀서의 효율적인 접속을 위해 추가의 임피던스 매칭 네트워크가 이용된다.

[0022] 일부 실시예들은 본 명세서에 더 상세히 설명되는 바와 같이, 압전 마이크로기계화된 초음파 트랜스듀서(pMUT) 또는 용량성 마이크로기계화된 초음파 트랜스듀서(cMUT) 기술들을 이용하는 이미징 디바이스들의 맥락에서 이용될 수 있다.

[0023] 일반적으로, cMUT 및 pMUT 둘 다와 같은 MUT들은 다이어프램(그 예지들에, 또는 프로브의 내부의 소정의 포인트에 부착된 얇은 멤브레인을)을 포함하는 반면, "전통적인" 벌크 PZT 요소는 재료의 고체 조각으로 통상적으로 구성된다.

[0024] 압전 마이크로기계화된 초음파 트랜스듀서들(pMUT들)은 다양한 반도체 웨이퍼 제조 동작들을 활용하여 기관 상에 효율적으로 형성될 수 있다. 반도체 웨이퍼는 현재 6인치, 8인치, 및 12인치 크기일 수 있고, 수백 개의 트랜스듀서 어레이를 하우징할 수 있다. 이러한 반도체 웨이퍼들은 다양한 처리 동작들이 수행되는 실리콘 기관으로서 시작한다. 이러한 동작의 예는 절연 산화물들로도 알려진 SiO<sub>2</sub> 층들의 형성이다. 상호접속부들 및 본드 패드들의 역할을 하는 금속층들의 추가와 같은 다양한 다른 동작들은 다른 전자 장치들에의 접속을 허용하도록 수행된다. 기계 동작의 또 다른 예는 캐비티들의 에칭이다. 부피가 큰 압전 재료를 갖는 종래의 트랜스듀서들에 비해, 반도체 기관들 상에 구축된 pMUT 요소들은 부피가 작고, 제조하기에 더 저렴하며, 전자 장치와 트랜스듀서들 사이의 더 간단하고 더 높은 성능의 상호접속을 갖는다. 따라서, 이들은 동일한 것을 이용하는 이미징 디바이스의 동작 주파수에서 더 큰 유연성 및 더 높은 품질의 이미지들을 생성할 가능성을 제공한다.

[0025] 일부 실시예들에서, 이미징 디바이스는 전송 드라이버, 수신된 에코 신호를 위한 감지 회로, 및 다양한 동작을 제어하는 제어 회로를 포함하는 주문형 집적 회로(ASIC)에 결합된다. ASIC는 다른 반도체 웨이퍼 상에 형성될 수 있다. 이 ASIC는 기생 손실들을 감소시키기 위해 pMUT 또는 cMUT 요소들에 매우 근접하여 배치될 수 있다. 특정한 예로서, ASIC는 트랜스듀서 어레이로부터 50 마이크로미터(μm) 이하 떨어져 있을 수 있다. 보다 넓은 예에서, 2개의 웨이퍼 또는 2개의 다이 사이에 100 μm 미만의 분리가 있을 수 있고, 여기서 각각의 웨이퍼는

많은 다이를 포함하고, 다이는 트랜스듀서 웨이퍼 내의 트랜스듀서 및 ASIC 웨이퍼 내의 ASIC를 포함한다. 일부 실시예들에서, ASIC는 pMUT 또는 cMUT 어레이에 대해 매칭되는 치수들을 가지며, 디바이스들이 ASIC 웨이퍼 상의 웨이퍼 대 웨이퍼 상호접속 또는 트랜스듀서 다이 또는 트랜스듀서 다이 대 ASIC 다이 상호접속을 위해 적층되는 것을 허용한다. 대안적으로, 트랜스듀서는 또한, ASIC 처리와 호환되는 저온 압전 재료 스퍼터링 및 다른 저온 처리를 이용하여 ASIC 웨이퍼의 상단에 전개될 수 있다.

- [0026] 일 실시예에 따르면, ASIC 및 트랜스듀서 상호접속부 어디에서나, 이 둘은 유사한 풋프린트들을 가질 수 있다. 더 구체적으로, 후자의 실시예에 따르면, ASIC의 풋프린트는 MUT 풋프린트의 정수배 또는 제수일 수 있다.
- [0027] 이미징 디바이스가 pMUT 또는 cMUT에 기반하는지에 관계없이, 일부 실시예들에 따른 이미징 디바이스는 다수의 전송 채널 및 다수의 수신 채널을 포함할 수 있다. 전송 채널들은 트랜스듀서 요소들이 응답하는 주파수에서 전압 펄스로 트랜스듀서 요소들을 구동한다. 이것은 초음파 파형이 요소들로부터 방출되게 하고, 이 파형은 신체 내의 장기 또는 다른 조직을 향하는 것과 같이, 이미징될 대상(타겟 대상)을 향할 것이다. 일부 예들에서, 트랜스듀서 요소들의 어레이를 갖는 이미징 디바이스는 이미징 디바이스와 신체 사이에 겔을 이용하여 신체와 기계적 접촉을 이룰 수 있다. 초음파 파형은 대상, 즉 장기를 향해 이동하고, 파형의 일부는 수신된/반사된 초음파 에너지의 형태로 트랜스듀서 요소들에 다시 반사되며, 수신된 초음파 에너지는 이미징 디바이스 내의 전기 에너지로 변환될 수 있다. 그 다음, 수신된 초음파 에너지는 수신된 초음파 에너지를 전기 신호들로 변환하기 위해 다수의 수신 채널들에 의해 추가로 처리될 수 있고, 전기 신호들은 전기 신호들에 기반하여 디스플레이를 위한 대상의 이미지를 전개하기 위해 다른 회로에 의해 처리될 수 있다.
- [0028] 초음파 이미징 디바이스의 실시예는, 트랜스듀서 어레이, 및 예를 들어, 주문형 집적 회로(ASIC), 및 전송 및 수신 빔포밍 회로를 포함한 제어 회로, 및 선택적으로 추가의 제어 전자 장치를 포함한다.
- [0029] 실시예들의 특징들을 포함하는 이미징 디바이스는 이롭게도 문제들을 줄이거나 해결할 수 있다.
- [0030] 실시예에서, 이미징 디바이스는 트랜스듀서들 및 제어 회로 및 선택적으로 컴퓨팅 디바이스와 같은 연관된 전자 회로들이 하우징되는 핸드헬드 케이싱을 포함할 수 있다. 이미징 디바이스는 또한 전자 회로들에 전력을 공급하기 위한 배터리를 포함할 수 있다.
- [0031] 따라서, 일부 실시예들은 2D 어레이에서 pMUT 요소들 또는 cMUT 요소들을 이용하는 휴대용 이미징 디바이스에 관한 것이다. 일부 실시예들에서, 트랜스듀서 요소들의 이러한 어레이는 이미징 디바이스의 주문형 집적 회로(ASIC)에 결합된다.
- [0032] 이하의 설명에서, 설명의 목적상, 본 개시내용의 이해를 제공하기 위해 구체적인 상세들이 기재되어 있다. 그러나, 본 개시내용은 이러한 상세들 없이 실시될 수 있다는 점이 본 기술분야의 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 더구나, 본 기술분야의 통상의 기술자는 후술하는 본 개시내용의 예들이 프로세스, 제어 회로의 하나 이상의 프로세서(처리 회로), 컴퓨팅 디바이스의 하나 이상의 프로세서(또는 처리 회로), 시스템, 디바이스 또는 유형의 컴퓨터 판독가능한 매체 상의 방법과 같은 다양한 방식으로 구현될 수 있다는 것을 인식할 것이다.
- [0033] 본 기술분야의 통상의 기술자는 (1) 특정 제조 동작들이 선택적으로 수행될 수 있는 것; (2) 그 동작들이 본 명세서에 제시된 특정 순서로 제한되지 않을 수 있는 것; 및 (3) 특정 동작들이 동시에 수행되는 것을 포함하여 상이한 순서들로 수행될 수 있는 것을 인식할 것이다.
- [0034] 도면들에 도시된 요소들/구성요소들은 예시적인 실시예들을 예시하며, 본 개시내용을 모호하게 하는 것을 피하도록 의도된다. 본 명세서에서 "일 예", "바람직한 예", "예", "예들", "실시예", "일부 실시예들", 또는 "실시예들"에 대한 언급은 그 예와 관련하여 설명된 특정한 특징, 구조, 특성, 또는 기능이 본 개시내용의 적어도 하나의 예에 포함되고 하나보다 많은 예에 있을 수 있다는 것을 의미한다. 본 명세서의 여러 곳에서 나오는 "일 예에서", "예에서", "예들에서", "실시예에서", "일부 실시예들에서", 또는 "실시예들에서"라는 문구들의 출현들은 반드시 모두 동일한 예 또는 예들을 지칭하는 것은 아니다. 용어들 "포함하다(include)", "포함하는(including)", "포함하다(comprise)", 및 "포함하는(comprising)"은 개방형 용어들인 것으로 이해되어야 하고, 후속하는 임의의 리스트들은 예들이며, 열거된 항목들로 제한되는 것으로 의도되지 않는다. 본 명세서에서 사용되는 임의의 제목들은 단지 조직화 목적들을 위한 것이며, 설명 또는 청구항들의 범위를 제한하는데 사용되지 않아야 한다. 또한, 본 명세서의 다양한 곳에서의 특정 용어들의 사용은 예시를 위한 것이며, 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다.
- [0035] 이제 도면들을 참조하면, 도 1은 본 명세서에 설명된 원리에 따라 선택적으로 변경가능한 채널(108, 110)을 제어하고 컴퓨팅 디바이스(112) 상에서 수행되는 이미징 계산을 갖는 제어기 또는 제어 회로(106)를 갖는 이미징

디바이스(100)의 블록도이다. 전술한 바와 같이, 이미징 디바이스(100)는 인간 또는 동물 신체들의 내부 조직, 뼈, 혈류 또는 장기들의 이미지를 생성하는데 이용될 수 있다. 따라서, 이미징 디바이스(100)는 신호를 신체 내로 전송하고, 이미징되는 신체 부분으로부터 반사된 신호를 수신할 수 있다. 이러한 이미징 디바이스들은 광-음향 또는 초음파 효과들에 기반할 수 있는, 트랜스듀서들 또는 이미저들이라고 지칭될 수 있는, pMUT 또는 cMUT를 포함할 수 있다. 이미징 디바이스(100)는 다른 대상들도 이미징하는데 이용될 수 있다. 예를 들어, 이미징 디바이스는, 의료 이미징; 파이프, 스피커, 및 마이크로폰 어레이에서의 흐름 측정; 쇄석술; 치료를 위한 국소적 조직 가열; 및 고집중 포커싱된 초음파(HIFU) 수술에서 이용될 수 있다.

[0036] 인간 환자들에서의 이용에 더하여, 이미징 디바이스(100)는 동물의 내부 장기들의 이미지도 획득하는데 이용될 수 있다. 또한, 내부 장기를 이미징하는 것 외에도, 이미징 디바이스(100)는 또한, 도플러 모드 이미징에서와 같이 동맥 및 정맥에서의 혈류의 방향 및 속도를 결정하는데 이용될 수 있고, 또한 조직 강성을 측정하는데 이용될 수 있다.

[0037] 이미징 디바이스(100)는 상이한 유형의 이미징을 수행하는데 이용될 수 있다. 예를 들어, 이미징 디바이스(100)는 A-스캔으로도 알려진 1차원 이미징, B 스캔으로도 알려진 2차원 이미징, C 스캔으로도 알려진 3차원 이미징 및 도플러 이미징(즉, 도플러 초음파를 이용하여 혈관 내의 유체 흐름과 같은 움직임을 결정하는 것)을 수행하는데 이용될 수 있다. 이미징 디바이스(100)는 선형 모드 및 섹터 모드를 포함하지만 이에 제한되지 않는 상이한 이미징 모드들로 스위칭되고, 프로그램 제어 하에 전자적으로 구성될 수 있다.

[0038] 이러한 이미징을 용이하게 하기 위해, 이미징 디바이스(100)는 하나 이상의 초음파 트랜스듀서(102)를 포함하고, 각각의 트랜스듀서(102)는 초음파 트랜스듀서 요소들(104)의 어레이를 포함한다. 각각의 초음파 트랜스듀서 요소(104)는, pMUT 또는 cMUT 요소 등의, 임의의 적절한 트랜스듀서 요소로서 구현될 수 있다. 트랜스듀서 요소들(104)은 1) 신체 또는 다른 질량체를 통과할 초음파 압력파들을 생성하고 2) 이미징될, 신체 또는 다른 질량체 내의 대상에서 반사된 파들(수신된 초음파 에너지)을 수신하도록 동작한다. 일부 예들에서, 이미징 디바이스(100)는 초음파 파형들 또는 초음파 압력파들(줄여서 압력파들)을 동시에 전송 및 수신하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어 회로(106)는 특정 트랜스듀서 요소들(104)이 이미징되는 타겟 대상을 향해 압력 파들을 전송하고, 동시에 다른 트랜스듀서 요소들(104)이 타겟 대상으로부터 반사된 압력파들/초음파 에너지를 수신하고, 수신된 파들/수신된 초음파 에너지/수신된 에너지에 응답하여 그에 기반하여 전하들을 생성하게 제어하도록 구성될 수 있다.

[0039] 일부 예들에서, 각각의 트랜스듀서 요소(104)는, 중심 주파수와 연관된 특정의 주파수 및 대역폭에서 뿐만 아니라, 선택적으로, 추가의 중심 주파수 및 대역폭에서 신호를 전송 또는 수신하도록 구성될 수 있다. 이러한 다중 주파수 트랜스듀서 요소들(104)은 다중 모드 요소들(104)로 지칭될 수 있고 이미징 디바이스(100)의 대역폭을 확장할 수 있다. 트랜스듀서 요소(104)는, 약 0.1 내지 약 100 메가헤르츠 등의, 임의의 적절한 중심 주파수에서 신호를 방출 또는 수신할 수 있다. 트랜스듀서 요소(104)는 약 1.75 내지 약 5 메가헤르츠 범위의 하나 이상의 중심 주파수에서 신호를 방출 또는 수신하도록 구성될 수 있다.

[0040] 압력파들을 생성하기 위해, 이미징 디바이스(100)는 다수의 전송(Tx) 채널(108) 및 다수의 수신(Rx) 채널(110)을 포함할 수 있다. 전송 채널들(108)은 트랜스듀서(102), 즉 트랜스듀서 요소들(104)의 어레이를 그들이 응답하는 주파수의 전압 펄스로 구동하는 다수의 구성요소를 포함할 수 있다. 이것은 초음파 파형이 트랜스듀서 요소들(104)로부터 이미징될 대상을 향해 방출되게 한다.

[0041] 일부 실시예들에 따르면, 초음파 파형은 이미징 디바이스의 하나 이상의 대응하는 트랜스듀서 요소로부터 실질적으로 동시에 전송된 하나 이상의 초음파 압력파를 포함할 수 있다.

[0042] 초음파 파형은 이미징될 대상을 향해 이동하고, 파형의 일부는 트랜스듀서(102)로 다시 반사되고, 트랜스듀서는 이를 압전 효과를 통해 전기 에너지로 변환된다. 수신 채널들(110)은 이와 같이 획득된 전기 에너지를 수집하고, 이를 처리하며, 이를, 예를 들어, 디스플레이될 수 있는 이미지를 전개하거나 생성하는 컴퓨팅 디바이스(112)로 전송한다.

[0043] 일부 예들에서, 이미징 디바이스(100) 내의 전송 채널(108) 및 수신 채널(110)의 수는 일정하게 유지될 수 있는 반면, 이들이 결합되는 트랜스듀서 요소(104)의 수는 달라질 수 있다. 일 실시예에서, 트랜스듀서 요소들에 대한 전송 및 수신 채널들의 결합은 제어 회로(106)에 의해 제어될 수 있다. 일부 예들에서, 예를 들어 도 1에 도시된 바와 같이, 제어 회로는 전송 채널들(108) 및 수신 채널들(110)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 트랜스듀서(102)의 트랜스듀서 요소들(104)은 N개의 열 및 M개의 행을 갖는 2차원 공간 어레이로 형성될 수 있다. 특

정한 예에서, 트랜스듀서 요소들(104)의 2차원 어레이는 128개의 열과 32개의 행을 가질 수 있다. 이 예에서, 이미징 디바이스(100)는 최대 128개의 전송 채널(108) 및 최대 128개의 수신 채널(110)을 가질 수 있다. 이 예에서, 각각의 전송 채널(108) 및 수신 채널(110)은 다수의 또는 단일 픽셀(104)에 결합될 수 있다. 예를 들어, 이미징 모드(예를 들어, 다수의 트랜스듀서가 동일한 공간 방향으로 초음파를 전송하는 선형 모드인지, 또는 다수의 트랜스듀서가 상이한 공간 방향으로 초음파를 전송하는 섹터 모드인지)에 따라, 트랜스듀서 요소들(104)의 각각의 열은 단일 전송 채널(108) 및 단일 수신 채널(110)에 결합될 수 있다. 이 예에서, 전송 채널(108) 및 수신 채널(110)은 복합 신호들을 수신할 수 있고, 이 복합 신호들은 각각의 열 내의 각각의 트랜스듀서 요소(104)에서 수신된 신호들을 결합한다. 또 다른 예에서, 즉, 상이한 이미징 모드 동안에, 각각의 트랜스듀서 요소(104)는 그 전용 전송 채널(108) 및 그 전용 수신 채널(110)에 결합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 트랜스듀서 요소(104)는 전송 채널(108) 및 수신 채널(110) 양쪽 모두에 결합될 수 있다. 예를 들어, 트랜스듀서 요소(104)는 초음파 펄스를 생성 및 전송한 다음 반사된 초음파 에너지를 전기 에너지로 변환하는 형태로 그 펄스의 에코를 검출하도록 적응될 수 있다.

[0044] 제어 회로(106)는 본 명세서에 설명된 기능들을 수행하도록 구성된 임의의 회로 또는 회로들로서 구현될 수 있다. 예를 들어, 제어 회로(106)는, 주문형 집적 회로(ASIC), 필드 프로그래머블 게이트 어레이(FPGA), 시스템-온-칩, 프로세서 및 메모리, 전압 소스, 현재 소스, 하나 이상의 증폭기, 하나 이상의 디지털-아날로그 변환기, 하나 이상의 아날로그-디지털 변환기 등으로서 구현되거나 기타의 방식으로 이들을 포함할 수 있다.

[0045] 예시적인 컴퓨팅 디바이스(112)는 하나 이상의 프로세서, 메모리 회로, 통신 회로, 배터리, 디스플레이 등과 같은 임의의 적절한 구성요소들을 포함하는 임의의 적절한 컴퓨팅 디바이스로서 구현될 수 있다. 일 실시예에서, 컴퓨팅 디바이스(112)는, 예를 들어 도 1의 실시예에서 제안된 바와 같이, 제어 회로(106), 트랜스듀서들(102) 등과 함께 단일 패키지 또는 단일 칩, 또는 단일 시스템 온 칩(SoC)으로 통합될 수 있다. 다른 실시예들에서, 컴퓨팅 디바이스들의 일부 또는 전부는, 예를 들어, 이하에서 더 상세히 설명되는 바와 같이 도 2의 실시예에서 제안된 바와 같이, 제어 회로 및 트랜스듀서 등과 별개의 패키지 내에 있을 수 있다.

[0046] 각각의 트랜스듀서 요소는 정사각형, 직사각형, 타원형, 또는 원형과 같은 임의의 적절한 형상을 가질 수 있다. 트랜스듀서 요소들은 본 명세서에 언급된 바와 같이 N개의 열 및 M개의 행과 같이 직교 방향으로 배열된 2차원 어레이로 배열될 수 있거나, 비대칭(또는 스테거형) 직선 어레이로 배열될 수 있다.

[0047] 트랜스듀서 요소들(104)은 연관된 전송 채널들의 연관된 전송 드라이버 회로들, 및 연관된 수신 채널들의 저잡음 증폭기들을 가질 수 있다. 따라서, 전송 채널은 전송 드라이버들을 포함할 수 있고, 수신 채널은 하나 이상의 저잡음 증폭기를 포함할 수 있다. 예를 들어, 명시적으로 도시되지는 않았지만, 전송 및 수신 채널들 각각은, 특정한 트랜스듀서 요소들 및 트랜스듀서 요소들의 세트들이 활성화, 비활성화 또는 저전력 모드에 놓일 수 있게 하는 멀티플렉싱 및 어드레스 제어 회로를 포함할 수 있다. 트랜스듀서들은 직교 행들 및 열들 외의 패턴들로, 예를 들어 원형 방식으로, 또는 그로부터 생성될 초음파 파형들의 범위들에 기반하는 다른 패턴들로 배열될 수 있다는 것을 이해한다.

[0048] 도 2는 실시예에 따른, 선택적으로 구성가능한 특성들을 갖는 이미징 시스템을 포함하는 이미징 환경의 도면이다. 도 2의 이미징 시스템은 이미징 디바이스(202), 및 아래에 더 상세히 설명되는 바와 같이 컴퓨팅 디바이스(216) 및 컴퓨팅 디바이스에 결합된 디스플레이(220)를 포함하는 컴퓨팅 시스템(222)을 포함할 수 있다.

[0049] 도 2에 도시된 바와 같이, 컴퓨팅 디바이스(216)는, 일 실시예에 따르면, 그리고 도 1의 실시예와 달리, 이미징 디바이스(220)로부터 물리적으로 분리될 수 있다. 예를 들어, 컴퓨팅 디바이스(216) 및 디스플레이 디바이스(220)는 이미징 디바이스(202)의 구성요소들과 비교하여 개별 디바이스(이러한 맥락에서, 도시된 컴퓨팅 시스템(222)은 동작 동안 이미징 디바이스(202)로부터 물리적으로 분리됨) 내에 배치될 수 있다. 컴퓨팅 시스템(222)은 휴대폰 또는 태블릿과 같은 모바일 디바이스, 또는 사용자에게 이미지들을 디스플레이할 수 있는 고정 컴퓨팅 디바이스를 포함할 수 있다. 다른 예에서, 예를 들어 도 1에 도시된 바와 같이, 디스플레이 디바이스, 컴퓨팅 디바이스 및 연관된 디스플레이는 이미징 디바이스(202)의 일부일 수 있다(이제 도시된다). 즉, 이미징 디바이스(100), 컴퓨팅 디바이스(216) 및 디스플레이 디바이스(220)는 단일 하우징 내에 배치될 수 있다.

[0050] 본 명세서에서 언급된 "컴퓨팅 디바이스"는, 일부 실시예들에서, 대상의 이미지가 디스플레이 상에 디스플레이되게 하는 것, 또는 이미지에 관한 정보가 사용자에게 통신되게 하는 것 중 적어도 하나를 행하기 위한 신호들을 생성하도록 구성될 수 있다.

[0051] 도시된 바와 같이, 이미징 시스템은 전송 모드/프로세스에서 전송 채널들(도 1, 108)을 통해 심장(214)과 같은

대상을 향해 압력파들(210)을 생성하고 전송하도록 구성되는 이미징 디바이스(202)를 포함한다. 내부 장기 또는 이미징될 다른 대상은 압력파들(210)의 일부를 이미징 디바이스(202)를 향해 반사할 수 있으며, 이미징 디바이스는 (도 1의 트랜스듀서(102)와 같은) 트랜스듀서, 수신 채널들(도 1, 110) 및 제어 회로(도 1, 106)를 통해 반사된 압력파들을 수신할 수 있다. 트랜스듀서는 수신 모드/프로세스에서 수신된 초음파 에너지에 기반하여 전기 신호를 생성할 수 있다. 전송 모드 또는 수신 모드는 전송 또는 수신 중 어느 하나를 하도록 구성될 수 있는 이미징 디바이스들의 맥락에서, 그러나 상이한 시간들에서 적용가능할 수 있다. 그러나, 이전에 언급된 바와 같이, 실시예들에 따른 일부 이미징 디바이스들은 동시에 전송 모드 및 수신 모드 모두에 있도록 적용될 수 있다. 시스템은 또한 도시된 무선 통신 채널(218)과 같은 통신 채널을 통해 이미징 디바이스(100)와 통신하는 컴퓨팅 디바이스(216)를 포함하지만, 실시예들은 또한 컴퓨팅 시스템과 이미징 디바이스 사이의 유선 통신을 그 범위 내에 포함한다. 이미징 디바이스(100)는 대상의 이미지의 형성을 완료하기 위해 수신된 신호들을 처리하는 하나 이상의 프로세서를 가질 수 있는 컴퓨팅 디바이스(216)에 신호들을 통신할 수 있다. 컴퓨팅 시스템(222)의 디스플레이 디바이스(220)는 이어서 컴퓨팅 디바이스로부터의 신호들을 이용하여 대상의 이미지들을 디스플레이할 수 있다. 컴퓨팅 시스템은 위에서 언급된 바와 같이 결합 픽셀에 관한 정보를 사용자에게 추가로 전달할 수 있다.

[0052] 일부 실시예들에 따른 이미징 디바이스는 휴대용 디바이스, 및/또는 통신 채널을 통해, (IEEE 802.11 또는 Wi-Fi 프로토콜, 블루투스 로우 에너지(Bluetooth Low Energy)를 포함하는 블루투스 프로토콜, mmWave 통신 프로토콜, 또는 통상의 기술자의 지식 내에 있는 임의의 다른 무선 통신 프로토콜과 같은 무선 통신 프로토콜을 이용하여) 무선으로, 또는 (USB2, USB 3, USB 3.1, 및 USB-C와 같은) 케이블과 같은 유선 접속 또는 마이크로전자 디바이스 상의 상호접속부들과 같은 유선 접속을 통해, 컴퓨팅 디바이스와 신호들을 통신하도록 적용되는 핸드헬드 디바이스를 포함할 수 있다. 테더드(tethered) 또는 유선 접속의 경우, 이미징 디바이스는 컴퓨팅 디바이스와 통신하는 케이블의 케이블 접속을 수용하기 위한 도 3과 관련하여 더 상세히 설명되는 바와 같은 포트를 포함할 수 있다. 무선 접속의 경우, 이미징 디바이스(100)는 컴퓨팅 디바이스(216)와 통신하기 위한 무선 트랜시버를 포함할 수 있다.

[0053] 다양한 실시예들에서, 본 개시내용의 상이한 양태들은 상이한 구성요소들에서 수행될 수 있다는 것을 알아야 한다. 예를 들어, 일 실시예에서, 이미징 디바이스는 초음파 파형들이 그 트랜스듀서들을 통해 전송 및 수신되게 하는 회로(예컨대, 채널들)를 포함할 수 있는 반면, 컴퓨팅 디바이스는 전압 신호들을 이용하여 이미징 디바이스의 트랜스듀서 요소들에서 초음파 파형들을 생성하고, 또한 수신된 초음파 에너지의 처리를 위해 이러한 회로를 제어하도록 적용될 수 있다.

[0054] 도 3은 아래에 더 상세히 설명되는 바와 같이 일부 실시예들에 따른 이미징 디바이스의 도면을 나타낸다.

[0055] 도 3에 도시된 바와 같이, 이미징 디바이스(300)는 트랜스듀서들(302) 및 연관된 전자 장치들이 하우징되는 핸드헬드 케이싱(331)을 포함할 수 있다. 이미징 디바이스는 또한, 전자 장치에 전력을 공급하는 배터리(338)를 포함할 수 있다. 따라서, 도 3은, 선택적으로 실리콘 웨이퍼 상에 구축된 2D 어레이의 pMUT를 이용한 2D 및 3D 이미징이 가능한 휴대용 이미징 디바이스의 실시예를 도시한다. 특정 파라미터들의 전자 구성을 갖는 주문형 집적 회로(ASIC)(106)에 결합된 이러한 어레이는 이전에 가능했던 것보다 낮은 비용으로 더 높은 품질의 이미지 처리를 가능하게 한다. 게다가, 특정 파라미터들, 예를 들어 이용되는 채널들의 수를 제어함으로써, 전력 소비가 변경될 수 있고, 온도가 변경될 수 있다.

[0056] 일부 실시예들에 따른 이미징 디바이스(300)는 하나 이상의 결합 픽셀에 관한 정보(결합 픽셀 데이터)에 기반하여 실시간으로 시스템 구성가능성 및 적용가능성을 허용하도록 구성된다. 이것은 예를 들어 아래에 더 상세히 설명되는 바와 같이 이미징 디바이스의 트랜스듀서 어레이의 하나 이상의 픽셀의 현재 픽셀 성능 데이터 세트를 동일한 픽셀들의 베이스라인 픽셀 성능 데이터 세트와 비교함으로써 행해진다.

[0057] 이제 도 3을 보다 상세히 살펴보면, 도 3은 일부 실시예들에 따른, 선택적으로 조정가능한 특징들을 갖는 이미징 디바이스(300)의 개략도이다. 이미징 디바이스(300)는 단지 예로서 도 1의 이미징 디바이스(100) 또는 도 2의 이미징 디바이스(202)와 유사할 수 있다. 전술한 바와 같이, 이미징 디바이스는 초음파 의료 프로브를 포함할 수 있다. 도 3은 이미징 디바이스(300)의 트랜스듀서(들)(302)를 도시한다. 전술한 바와 같이, 트랜스듀서(들)(302)는 압력파들(도 2, 210)을 전송 및 수신하도록 적용되는 트랜스듀서 요소들(도 1, 104)의 어레이들을 포함할 수 있다. 일부 예들에서, 이미징 디바이스(300)는 트랜스듀서들(302)과 인체 또는 압력파들(도 2, 210)이 전송되는 다른 질량체 또는 조직 사이의 임피던스 매칭 계면으로서 작용하는 코팅층(322)을 포함할 수 있다. 일부 경우들에서, 코팅층(322)은 원하는 초점 거리와 일치하는 곡률로 설계될 때 렌즈의 역할을 할 수 있다.



다.

- [0058] 이미징 디바이스(300)는 임의의 적절한 폼 팩터로 구현될 수 있다. 일부 실시예들에서, 트랜스듀서들(302)을 포함하는 이미징 디바이스(300)의 일부는 이미징 디바이스(100)의 나머지에서 밖으로 연장할 수 있다. 이미징 디바이스(300)는, 볼록 어레이 프로브, 마이크로-볼록 어레이 프로브, 선형 어레이 프로브, 질내 프로브(endovaginal probe), 직장내 프로브(endorectal probe), 수술 프로브(surgical probe), 수술중 프로브(intraoperative probe) 등의, 임의의 적절한 초음파 의료 프로브로서 구현될 수 있다.
- [0059] 일부 실시예들에서, 사용자는 코팅층(322)과 인체 사이의 계면에서의 임피던스 매칭이 개선될 수 있도록 코팅층(322)과의 직접 접촉 전에 생체의 피부 상에 겔을 적용할 수 있다. 임피던스 매칭은 계면에서의 압력파들(도 2, 210)의 손실 및 계면에서 이미징 디바이스(300)를 향해 이동하는 반사파의 손실을 줄인다.
- [0060] 일부 예들에서, 코팅층(322)은 트랜스듀서(들)(102)로부터 신체로의 그리고 그 반대로의 음향 신호들의 전송을 최대화하기 위해 평탄한 층일 수 있다. 코팅층(322)의 두께는 트랜스듀서(들)(102)에서 생성될 압력파(도 2, 210)의 1/4 파장일 수 있다.
- [0061] 이미징 디바이스(300)는 또한 트랜스듀서들(102)을 제어하기 위한, 선택적으로 주문형 집적 회로(ASIC 칩 또는 ASIC) 형태의 하나 이상의 프로세서와 같은 제어 회로(106)를 포함한다. 제어 회로(106)는 예를 들어 범프들을 통해 트랜스듀서들(102)에 결합될 수 있다. 전술한 바와 같이, 전송 채널들(108) 및 수신 채널들(110)은 선택적으로 변경가능하거나 조정가능할 수 있는데, 이는 주어진 시간에 활성인 전송 채널들(108) 및 수신 채널들(110)의 수량이 변경될 수 있어서, 예를 들어, 결합이 있는 것으로 결정된 하나 이상의 픽셀이 이용되지 않는다는 것을 의미한다. 예를 들어, 제어 회로(106)는 결합들에 대해 테스트될 픽셀들에 기반하여, 그리고/또는 결합이 있는 것으로 결정된 픽셀들에 기반하여 전송 채널들(108) 및 수신 채널(110)을 선택적으로 조정하도록 적용될 수 있다.
- [0062] 일부 예들에서, 채널들을 변경하기 위한 기초는 동작 모드일 수 있고, 동작 모드는 결국 어느 픽셀들이 결합이 있는 것으로 결정되는지에 기반하여, 그리고 선택적으로 각각의 결합 픽셀의 결합의 유형에 기반하여 선택될 수 있다.
- [0063] 이미징 디바이스는 또한 이미징 디바이스(100)의 구성요소들을 제어하기 위한 하나 이상의 프로세서(326)를 포함할 수 있다. 하나 이상의 프로세서(326)는, 제어 회로(106) 외에도, 트랜스듀서 요소들의 활성화를 제어하는 것, 트랜스듀서 요소들로부터의 반사 초음파 파형에 기반한 전기 신호를 처리하는 것, 또는 도 1의 컴퓨팅 디바이스(112) 또는 도 2의 컴퓨팅 디바이스(216) 등의 컴퓨팅 디바이스의 하나 이상의 프로세서에 의해 이미징되고 있는 대상의 이미지의 생성을 야기하는 신호를 생성하는 것 중 적어도 하나를 수행하도록 구성될 수 있다. 하나 이상의 프로세서(326)는 이미징 디바이스와 연관된 다른 처리 기능들을 수행하도록 추가로 적용될 수 있다. 하나 이상의 프로세서(326)는 임의의 유형의 프로세서들(326)로서 구현될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 프로세서(326)는 단일 또는 멀티-코어 프로세서(들), 단일 또는 멀티-소켓 프로세서, 디지털 신호 프로세서, 그래픽 프로세서, 신경망 계산 엔진, 이미지 프로세서, 마이크로제어기, 필드 프로그래머블 게이트 어레이(FPGA), 또는 다른 프로세서 또는 처리/제어 회로로서 구현될 수 있다. 이미징 디바이스(100)는 또한 신호들을 처리/조정하기 위한 AFE(Analog Front End)와 같은 회로(들)(328), 및 트랜스듀서들(102)에 의해 생성되어 회로들(328)을 향해 전파되는 파들을 흡수하기 위한 음향 흡수체층(330)을 포함할 수 있다. 즉, 트랜스듀서(들)(102)는 기관 상에 탑재될 수 있고 음향 흡수체층(330)에 부착될 수 있다. 이 층은 역방향으로(즉, 포트(334)를 향하는 방향으로 코팅층(322)으로부터 멀어지는 방향으로) 방출되는 임의의 초음파 신호들을 흡수하며, 이것은 그렇지 않으면 반사되어 이미지의 품질을 방해할 수 있다. 도 3이 음향 흡수체층(330)을 도시하지만, 이 구성 요소는 다른 구성요소들이 역방향으로의 초음파의 재료 투과를 방지하는 경우들에서 생략될 수 있다.
- [0064] 아날로그 프론트 엔드(328)는 제어 회로(106) 및 프로세서(326)와 같은 이미징 디바이스의 다른 구성요소들과 인터페이스하도록 구성되는 임의의 회로 또는 회로들로서 구현될 수 있다. 예를 들어, 아날로그 프론트 엔드(328)는 예를 들어 하나 이상의 디지털-아날로그 변환기, 하나 이상의 아날로그-디지털 변환기, 하나 이상의 증폭기 등을 포함할 수 있다.
- [0065] 이미징 디바이스는 예를 들어 포트(334) 또는 무선 트랜시버를 통해 컴퓨팅 디바이스(도 2, 216)와 같은 외부 디바이스와 제어 신호들을 포함하는 데이터를 통신하기 위한 통신 유닛(332)을 포함할 수 있다. 이미징 디바이스(100)는 데이터를 저장하기 위한 메모리(336)를 포함할 수 있다. 메모리(336)는 본 명세서에 설명된 기능들을 수행할 수 있는 임의의 유형의 휘발성 또는 비휘발성 메모리 또는 데이터 저장소로서 구현될 수 있다. 동작

시, 메모리(336)는 운영 체제, 애플리케이션, 프로그램, 라이브러리 및 드라이버와 같은 이미징 디바이스(100)의 동작 동안 이용되는 다양한 데이터 및 소프트웨어를 저장할 수 있다.

[0066] 일부 예들에서, 이미징 디바이스(100)는 이미징 디바이스(100)의 구성요소들에 전력을 제공하기 위한 배터리(338)를 포함할 수 있다. 배터리(338)는 또한 무선 또는 유선 충전 회로들(도시되지 않음)일 수 있는 배터리 충전 회로들을 포함할 수 있다. 이미징 디바이스는 소비된 배터리 전하를 표시하고 개선된 배터리 수명을 위해 전력 관리를 최적화하도록 이미징 디바이스를 구성하는데 이용되는 게이지를 포함할 수 있다. 추가로 또는 대안적으로, 일부 실시예들에서, 이미징 디바이스는 외부 전원에 의해, 예컨대 이미징 디바이스를 벽 콘센트에 플러그하는 것에 의해 전력공급될 수 있다.

[0067] 도 4는 본 명세서에 설명된 원리들의 예에 따른 수신 채널(110)을 도시한다. 수신 채널(110)은 반사된 압력파(도 2, 210)를 수신하도록 트랜스듀서 요소(도 1, 104)에 결합된다. 도 4는 또한 트랜스듀서 요소(도 1, 104)와 전송 채널(도 1, 110) 사이의 접촉을 도시한다. 일 예에서, 전송 채널(도 1, 108)은 수신된 압력 및 전송된 펄스가 만나는 노드에서의 수신 동작 동안 높은 임피던스를 향해 간다. 구체적으로, 반사된 압력파는 트랜스듀서 요소(104)에서 전하로 변환되고, 이것은 저잡음 증폭기(LNA)(456)에 의해 전압으로 변환된다. LNA(456)는 전하 증폭기이며, 여기서 전하는 출력 전압으로 변환된다. 일부 예들에서, LNA(456)는 프로그래머블 이득을 가지며, 여기서 이득은 실시간으로 변경될 수 있다.

[0068] LNA(456)는 트랜스듀서 내의 전하를 전압 출력으로 변환하고, 또한 수신된 에코 신호를 증폭한다. 스위치(전송/수신 스위치)는 수신 동작 모드에서 LNA(456)를 트랜스듀서 요소(104)에 접속시킨다.

[0069] 그 다음, 이 LNA(456)의 출력은 신호를 조정하도록 다른 구성요소들에 접속된다. 예를 들어, 프로그래머블 이득 증폭기(PGA)(458)는 전압의 크기를 조정하고 시간의 함수로서 이득을 변경하는 방법을 제공하며, 시간 이득 증폭기(TGA)로서 알려질 수 있다. 신호가 조직 내로 더 깊게 이동함에 따라, 신호는 감쇠된다.

[0070] 따라서, 보상을 위해 더 큰 이득이 이용되고, 이 더 큰 이득은 TGA에 의해 구현된다. 대역통과 필터(460)는 잡음 및 대역의 신호들을 필터링하도록 동작한다. 아날로그-디지털 변환기(ADC)(462)는 추가의 처리가 디지털적으로 행해질 수 있도록 신호를 디지털 도메인으로 변환하기 위해 아날로그 신호를 디지털화한다. ADC(462)로부터의 데이터는 그 후 복조 유닛(464)에서 디지털적으로 처리되고 FPGA(326)에 전달되어 스캔 라인을 생성한다. 일부 구현들에서, 복조 유닛(464)은 다른 곳에서, 예를 들어 FPGA에서 구현될 수 있다. 복조 유닛은 캐리어 신호를 직교의 2개의 성분(I 및 Q)을 갖는 기저대역으로 주파수-시프트하고, 일부 예들에서 추가의 디지털 처리를 위해, 아날로그-디지털 변환기(ADC)(462)는 ADC(462)의 레이턴시를 감소시키기 위해 연속적-근사-레지스터(SAP) 아키텍처를 구현할 수 있다. 즉, ADC(462)가 반복적으로 턴오프 및 턴온됨에 따라, 턴온 이후의 신호 처리를 지연시키지 않도록 레이턴시를 거의 내지 전혀 가질 필요가 없다.

[0071] 일부 실시예들은 저주파수 펄스의 낮은 기본 주파수에서 전송된 초음파 파형을 효과적으로 생성하고, 단일의 기본 주파수의 고조파들에서 이미징함으로써, 위에서 설명된 것들과 같은 트랜스듀서 어레이의 트랜스듀서 요소들의 광대역을 활용하는 것을 목표로 한다. 3중 고조파 이미징(THI) 구현에서, 제1 내지 제3 고조파는 예를 들어 반사 초음파 파형을 나타내는 각각의 전기 신호들을 실질적으로 동시에 생성하는데 이용될 수 있다. 도 6, 도 7 및 도 10은 일부 실시예들에 따른 THI를 도시하는 대표적인 도면들이다. 이들 도면들은 이하에서 더 상세히 설명될 것이다.

[0072] 일부 실시예들은 또한, 저주파수 및 고주파수 펄스를 포함한 다수의 기본 주파수 펄스에서 다중 모드 전송된 초음파 파형을 효과적으로 생성하고, 기본 주파수 펄스와 동일하거나 유사한 주파수 펄스에서 이미징함으로써, 전술한 것들과 같은, 트랜스듀서 어레이의 트랜스듀서 요소들의 광대역을 활용하는 것을 목표로 한다. 다중 모드 이미징(MI) 구현에서, 프로세스들인 반사 초음파 파형의 주파수들은 예를 들어 반사 초음파 파형을 나타내는 각각의 전기 신호들을 실질적으로 동시에 생성하는데 이용될 수 있다. 도 11은 일부 실시예들에 따른 THI를 도시하는 대표적인 도면이다. 이들 도면들은 이하에서 더 상세히 설명될 것이다.

[0073] 도 5는, 이미징 타겟의 상이한 주파수와 상이한 침투 깊이에서의 수신된 초음파 파형에 대한 데시벨(DB) 단위의 전력 대 메가헤르츠(MHz) 단위의 주파수를 플로팅한 일련의 그래프를 도시하는 플롯(500)이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 반사 초음파 파형은 더 낮은 주파수들(1.5 MHz)에서 더 높은 전력을 나타낼 수 있고, 따라서 더 나은 침투를 나타낼 수 있는 반면(심지어 140-160 mm의 깊이가 더 높은 DB들과 연관된다는 점에 유의함), 반사 초음파 파형은 주파수가 증가함에 따라 점점 더 낮은 전력을 나타낼 수 있다. 얇은 침투(예컨대, 20-40 mm)에서도, 더 낮은 주파수가 더 높은 전력을 나타낸다. 도 5는 앞서 살펴본 바와 같이 더 큰 침투에서의 해상도의 면

에서 더 낮은 주파수의 이점을 보여준다. 도면은 더 얇은 칩투들 또는 깊이들에 대해, 더 높은 주파수들이 더 나은 해상도로 이어질 수 있다는 것을 추가로 제안한다(예를 들어, 20-40 mm의 깊이에 대한 플롯 참조).

[0074] 일부 실시예들은 (THI가 이용될 때의) 더 높은 고조파들 또는 (MI가 이용될 때의) 더 높은 주파수들의 이점들을 활용하는 것을 허용하며, 이는 (더 낮은 고조파들/더 낮은 주파수들과 비교하여) 전체적으로 더 높은 공간 해상도 및 더 낮은 고조파들/더 낮은 주파수들의 이점들을 제공한다. 더 낮은 고조파들/더 낮은 주파수들은 (더 높은 고조파들/더 높은 주파수들과 비교하여) 더 나은 칩투 해상도를 제공한다. 본 명세서에서 이용되는 바와 같은 "칩투"는 타겟 대상의 이미징 깊이를 지칭한다.

[0075] 일부 실시예들은 유리하게도, 반사 초음파 파형으로부터 생성된 전기 신호로부터 모든 이미징 깊이에서 높은 정보 내용을 추출하기 위해 광대역의 트랜스듀서 요소를 이용하는 것을 허용한다. 일부 실시예들은 (1) 더 높은 주파수에서 반사 초음파 파형을 처리하여 이미지의 근거리장(더 낮은/더 얇은 칩투에 대응하는 장)에 대응하고 더 뾰족한 측방향 이미지 각도(도 6의 맥락에서 더 상세히 설명되는 바와 같은, 각도  $\theta$ 를 지칭하는 측방향 이미지 각도)에 대응하는 전기 신호를 획득하는 것; 및 (2) 더 낮은 주파수에서 반사 초음파 파형을 처리하여 이미지의 원거리장(더 높은/더 깊은 칩투에 대응하는 장)에 대응하는 그리고/또는 더 넓은 측방향 이미지 각도에 대한 전기 신호를 획득하는 것에 의해 높은 정보 내용을 추출한다.

[0076] 도 6, 도 7, 도 10, 도 11, 도 12 및 도 13은 초음파 프레임들에 대응하는 초음파 이미지들을 도시한다. 본 명세서에서 언급되는 "프레임" 또는 "이미지"는 대상을 통한 단면 평면의 이미지를 지칭하며, 개별 스캔 라인들로 구성될 수 있다. 스캔 라인은 이미지의 개별 층 또는 슬라이스로서 보여질 수 있다. 해상도에 따라, 특정 이미지는 100개 미만 내지 수백 개에 이르는 상이한 수들의 스캔 라인들을 포함할 수 있다.

[0077] 이제, 타겟 대상의 4개의 각각의 초음파 이미지의 세트(600)를 나타내는 도 6을 참조하며, 깊이는 좌측 축(cm) 상에 플로팅되었으며, 출력 이미지(이미지 D)는 이미지들(A-C)의 픽셀 방사조도들의 단순 평균화를 통해 획득되고, 이미지들(A-C) 각각은 주어진 반사 주파수에 대응한다. 도 6에서, 이미지들 A, B, C 및 D는 각각 다음을 나타낸다: A. 반사 초음파 파형의 제1 주파수에 대응하는 전기 신호들로부터 생성된 이미지이며, 제1 주파수는 전송된 초음파 파형의 전송의 기본 주파수에 대응하고; B. 반사 초음파 파형의 제2 주파수에 대응하는 전기 신호들로부터 생성된 이미지이며, 제2 주파수는 기본 주파수의 제2 고조파에 대응하고; C. 반사 초음파 파형의 제3 주파수에 대응하는 전기 신호들로부터 생성된 이미지이며, 제3 주파수는 기본 주파수의 제3 고조파에 대응하고; D. 이미지들 A 내지 C의 각각의 이미지들의 전기 신호들의 단순 합성으로부터 생성된 이미지이다. 도 6의 라인 13 및 라인 9는 각각 13 cm 및 9 cm의 칩투 깊이를 나타낸다.

[0078] 도 6은 단일의 수신 주파수(즉, 반사 초음파 파형이 디스플레이될 출력 이미지를 생성하기 위해 처리 또는 복조될 단일 주파수)에 기반하여 이미징하고 있는 경우에 발생할 수 있는 문제들을 나타낸다. 예를 들어, 이미지 A를 보면, 전체적으로 더 나은 칩투 해상도, 및 더 넓은 이미지 각도들  $\theta$ ( $\theta$ 는 라인 CL의 양측의 각도를 나타냄)에서 더 나은 해상도를 갖는다. 그러나, ("소프트라이트" 영역들(SL)에 의해 이미지들(B 및 C)에 나타내진 바와 같은) 이미지들(B 및 C)에 대한 더 얇은 깊이들에서의 해상도와 비교할 때, 더 얇은 깊이들에서의 이미지(A)의 해상도가 개선될 수 있다. 따라서, 주어진 수신 주파수에 대한 어떠한 하나의 이미지도 원하는 깊이들 및/또는 이미지 각도들에서 충분한 해상도를 갖는 적절한 이미지를 제공하지 못할 수 있다. 또한, 더 균일한 이미지를 갖기 위해 SL 영역을 없애면서도 해상도를 유지하는 것이 바람직하다.

[0079] 도 6은 이미지의 개선이 다수의 차원에서, 예를 들어 도시된 바와 같은 타겟 대상의 깊이를 따라 그리고 또한 각도  $\theta$ 에 걸쳐 발생할 수 있다는 사실을 강조한다. 더 넓은 각도들  $\theta$ 에 대해, 더 높은 주파수들은 더 낮은 주파수들과 비교하여 양호한 충실도 또는 신호 대 잡음비를 갖지 않을 것이다.

[0080] 일부 실시예들은, 더 깊은 칩투와 더 넓은 각도 양쪽 모두에 대해 반사 초음파 파형의 더 낮은 주파수 처리에 대응하는 전기 신호로부터 획득된 더 나은 해상도를 활용하는 것을 고려한다.

[0081] 초음파 이미징에서 발생할 수 있는 문제들 중 일부를 나타내는 도면으로서 전술한 도 6은  $\theta$ 가 측정될 수 있는 중심 라인(CL) 및 더 높은 주파수 처리에 대한 더 나은 해상도의 영역들에 대응하는 소프트라이트 영역(SL)을 나타낸다. 도 7 및 도 10 내지 도 12는 도 6의 이미지들과 비슷한 종류의 이미지들을 나타내며, 결과적으로 CL, SL 및  $\theta$ 의 도시는 이러한 픽처들에서 생략되었지만, 도 6과 관련하여 논의된 바와 같은 CL, SL 및  $\theta$ 의 개념들은 도 7 및 도 10 내지 도 12에 동일하게 적용될 수 있다는 것을 이해해야 하며, 이러한 도면들과 관련하여 이하에서 논의될 수 있다.

[0082] 도 6, 도 7, 도 10 및 도 11은 THI의 예들을 도시하며, 여기서 단일 저주파수 전송 펄스(1.75 MHz)가 전송된 초

음과 파형에 인가되고, 결과적인 반사 초음파 파형은 3개의 이미징 주파수 대역(1.75 MHz, 3.5 MHz, 5.25 MHz)에서 복조된다. THI의 경우, 3개의 이미징 고조파의 복조에 대응하는 전기 신호들에 대해 좁은 기저대역 필터가 적용될 수 있으며, 이어서 도 6, 도 7, 도 10 및 도 11 각각에 대해 3개의 이미지, 즉 이미지들 A, B 및 C에 대응하는 전기 신호들을 생성하기 위한 추가 처리가 이어질 수 있다. 그 후, 3개의 이미지(A-C)에 대응하는 전기 신호들은 콘트라스트 해상도, 공간 해상도 또는 침투 해상도를 개선하기 위해 아래에 열거되는 임의의 합성 프로세스에 따라 합성될 수 있다. 실시예들에 따른 일부 합성 방법들은 단순 평균화, 가중 평균화, 깊이 적응적 합성을 이용한 알파 블렌딩, 이득-보상된 합성, 최대 및 최소 적응적 합성, 예측 합성, 측방향 주파수 적응적 합성 및 도플러 합성을 포함할 수 있다. 이러한 합성 방법들은 아래에 더 상세히 설명될 것이다.

[0083] **단순 평균화**

[0084] 위에서 이미 부분적으로 설명된 도 6을 다시 참조한다. 도 6의 예에 따르면, A, B 및 C에서의 3개의 수신 주파수(도 6의 경우에는 기본 및 2개의 고조파이지만, 다중 모드 이미징 실시예에서는 실시예들에 따른 단순 평균화가 또한 이용될 수 있음)의 이미지들에 대응하는 전기 신호들의 합성이 D에서의 이미지를 획득하기 위한 단순 평균화를 통해 달성될 수 있다. 도 6의 맥락에서의 단순 평균화는 깊이 및 이미지 각도에 의해 정의되는 각각의 주어진 픽셀 위치에 대해, 수신 주파수들의 각각의 주파수들에 대응하는 상기 주어진 픽셀 위치의 각각의 픽셀 방사조도들을 평균화하는 것을 포함할 수 있다.

[0085] 반사 초음파 파형의 주어진 주파수에 대해, 주어진 픽셀 위치에서의 "픽셀 방사조도" I는 주어진 수신 주파수에 대응하는 전기 신호들에 기반하여 생성될 주어진 픽셀 위치에서의 (방사 에너지의 흐름의 방향에 수직인) 단위 면적당 방사 에너지의 플럭스를 지칭한다.

[0086] 예를 들어, 8 cm의 깊이 및 5도의 이미지 각도에 있다고 하는 주어진 픽셀 위치에 대한 수신 주파수들 각각에서의 픽셀 방사조도들은 그 위치에서의 픽셀 방사조도의 단순 평균을 계산하는데 이용되고, 이미지 D에서의 픽셀 방사조도를 생성하는데 이용될 수 있다. 후자는 선형 평균일 것이다. 단순 평균화에 대해 아래의 수학적 식 1을 참조한다:

**수학적 식 1**

[0087] 
$$I_{out} = (I_{high} + I_{mid} + I_{low})/3$$

[0088] 여기서,

[0089]  $I_{out}$ 는 출력 이미지(이미지 D)에 대한 주어진 픽셀 위치에서의 출력 픽셀 방사조도이고;

[0090]  $I_{high}$ 는 높은 수신 주파수 이미지(이미지 C)에 대한 주어진 픽셀 위치에서의 픽셀 방사조도이고;

[0091]  $I_{mid}$ 는 중간 수신 주파수 이미지(이미지 B)에 대한 주어진 픽셀 위치에서의 픽셀 방사조도이고;

[0092]  $I_{low}$ 는 낮은 수신 주파수 이미지(이미지 A)에 대한 주어진 픽셀 위치에서의 픽셀 방사조도이다.

[0093] **가중 평균화**

[0094] 가중 평균화를 수반하는 합성에서, 주어진 픽셀 위치에서의 픽셀 방사조도는 아래의 수학적 식 2와 같은 수학적 식을 통해 획득될 수 있다:

**수학적 식 2**

[0095] 
$$I_{out} = (\alpha \times I_{high} + \beta \times I_{mid} + \gamma \times I_{low})/3$$

[0096] 여기서,  $I_{out}$ ,  $I_{high}$ ,  $I_{mid}$  및  $I_{low}$ 는 위의 수학적 식 1에 대해 정의된 바와 같고,  $\alpha$ ,  $\beta$  및  $\gamma$ 는 언급된 픽셀 방사조도들 각각에 대해 이용될 가중치들이다.  $\alpha$ ,  $\beta$  및  $\gamma$ 는 깊이 해상도가 필요한지와 같은 응용 요구들에 기반할 수 있다.

[0097] 깊이 적응적 합성을 이용한 알파 블렌딩

[0098] 이제, 깊이 적응적 합성(DAC)을 이용한 알파 블렌딩을 수반하는 일 실시예에 따른 합성 방법의 맥락에서 도 7 및 도 8을 참조한다.

[0099] 도 7은 타겟 대상의 4개의 각각의 초음파 이미지의 세트(700)를 도시하며, 여기서 출력 이미지(이미지 D)는 이미지들(A-C)의 픽셀 방사조도들의 알파 블렌딩 DAC를 통해 획득된다. 도 6의 것들과 유사한 도 7의 이미지들(A-C)은 기본 주파수와 동일한 수신 주파수에서 획득된 이미지(A), 기본 주파수의 제2 고조파와 동일한 수신 주파수에서 획득된 이미지(B) 및 기본 주파수의 제3 고조파와 동일한 수신 주파수에서 획득된 이미지(C)에 대응한다. 라인 13은 13 cm에서의 침투 깊이를 나타내고, 라인 9는 9 cm에서의 침투 깊이를 나타낸다.

[0100] 도 7의 맥락에서 DAC를 이용한 알파 블렌딩은, 깊이 및 이미지 각도에 의해 정의되는 각각의 주어진 픽셀 위치에 대해, 수신 주파수들의 각각의 주파수들에 대응하는 상기 주어진 픽셀 위치의 각각의 픽셀 방사조도들을 각각의 알파 승수(alpha multiplier)만큼 승산하는 것을 포함할 수 있다. 주어진 픽셀 위치에서의 픽셀 방사조도들 각각에 대한 승수들 각각은 하나 이상의 알파 값의 함수일 수 있고, 여기서 개별 알파 값들은 침투 깊이의 함수이다.

[0101] DAC를 이용한 알파 블렌딩의 예에 대해서는 아래의 수학적 식 3을 참조한다:

**수학적 식 3**

[0102] 
$$I_{out} = I_{high} \cdot \alpha_{high} + (1 - \alpha_{high}) \cdot (\alpha_{mid} \cdot I_{mid} + (1 - \alpha_{mid}) \cdot I_{low})$$

[0103] 여기서,  $I_{out}$ ,  $I_{high}$ ,  $I_{mid}$  및  $I_{low}$ 는 위의 수학적 식 1에 대해 정의된 바와 같고,

[0104]  $\alpha_{high}$ 는 높은 수신 주파수의 깊이 의존적  $\alpha$  값에 대응하고;

[0105]  $\alpha_{mid}$ 는 중간 수신 주파수의 깊이 의존적  $\alpha$  값에 대응한다.

[0106] 따라서, 위의 수학적 식 3으로부터의 픽셀 방사조도들 각각에 대한 승수는 다음과 같을 수 있다:

[0107]  $\alpha_{high}$ :  $I_{high}$  승수이고;

[0108]  $(1 - \alpha_{high}) \times \alpha_{mid}$ :  $I_{mid}$  승수이고;

[0109]  $(1 - \alpha_{high}) \times (1 - \alpha_{mid})$ :  $I_{low}$  승수이다.

[0110] 도 8은 위의 수학적 식 4에서 이용되는  $\alpha_{high}$  및  $\alpha_{mid}$ 에 대한  $\alpha$  값 대 깊이(mm)의 플롯(800)의 일 예이다. 플롯(800)으로부터,  $\alpha_{high}$ 에 대한  $\alpha$  값은 주어진 깊이에서, 예컨대 플롯(800)의 예의 경우에 약 92 mm의 깊이에서 0으로 떨어질 수 있음이 명백하다. 대조적으로,  $\alpha_{mid}$ 의  $\alpha$  값은  $\alpha_{high}$ 보다 훨씬 더 점진적으로 0으로 떨어지고, 플롯(800)의 예의 경우에, 200 mm에서, 훨씬 더 깊은 침투에서 0으로 떨어진다. 따라서, DAC를 이용한 알파 블렌딩은, 낮은 해상도 및 충실도가 주어지면, 더 깊은 깊이들에서 픽셀 방사조도에 대한 더 높은 수신 주파수들의 기여를 최소화하는 것을 목표로 할 수 있다. 더 깊은 픽셀 위치들에 대해, 높은 및 중간 수신 주파수들에서의 픽셀 방사조도들의 기여는 0으로 갈 수 있으며, 이 경우 DAC를 이용한 알파 블렌딩은 더 낮은 수신 주파수의 픽셀 방사조도(도 8의 경우, 200 mm 초과)만을 이용할 것이다.

[0111] 따라서, 다양한 수신 주파수들에 대한 픽셀 방사조도들의 승수들은 픽셀 위치의 깊이에 기반할 수 있다.

[0112] 다중 모드 전송된 초음파 파형들

[0113] 앞서 언급된 바와 같이, 실시예들, 및 이에 따른 본 명세서에 설명된 합성 방법들은, 전송된 초음파 파형이 전송 주파수로서 단일의 기본 주파수를 가질 것을 요구하지 않으며, 반사 초음파 파형의 수신 주파수들은 그 기본 주파수(THI)의 고조파를 포함한다. 일부 다른 실시예는, 전송 주파수로서 3개의 기본 주파수를 특징으로 하는 전송된 초음파 파형의 이용을 그 범위 내에 포함하고, 수신 주파수는 기본 주파수(MI)에 대응한다. 전술한 바

와 같이, 일부 트랜스듀서 요소들은 다중 모드 능력을 가질 수 있으며, 따라서 다중 모드 요소들에 대응할 수 있고, 이는 다중 모드 이미징 양상을 가능하게 할 것이다. 실시예들은 THI 양상 및 MI 양상 둘 다에 기반하여 전기 신호들을 처리할 수 있는 컴퓨팅 디바이스를 그 범위 내에 포함한다.

[0114] 도 9a, 도 9b, 도 10 및 도 11은 더 나은 침투 해상도를 위해 MI를 이용하는 것에 관한 것이며, 본 명세서에 설명된 MI 실시예에서 이용될 수 있는 예시적인 다중 모드 펄스를 나타낸 것이다. 특히, 도 9a는 펄스들(1.75 MHz, 3.5 MHz 및 5.1 MHz)로 전송하기 위해 기본 주파수들을 이용하는 다중 모드 펄스에 대한 시간(초 단위)에 대해 플로팅된 전압을 보여주는 플롯(900A)을 도시한다. 도 9b는, DB 단위의 전력 대 Hz 단위의 주파수를 플로팅한, 도 9a의 전송된 초음파 파형에 대한 주파수 분포의 플롯(900B)을 도시한다.

[0115] 도 10은 도 6의 것들과 유사하지만, 이번에는 도 9a 및 도 9b의 펄스를 이용하여 이미지들(A-C)을 생성하고, 또한 전술한 바와 같은 단순 합성을 이용함으로써 이미지들(A-C)에 대응하는 전기 신호들을 합성하여 합성 이미지(D)를 생성하는 이미지들의 세트(1000)이다.

[0116] 도 11은 도 6의 것들과 유사하지만, 도 9a 및 도 9b에 도시된 것과 같은 다중 모드 펄스에 대해 전술한 바와 같은 DAC를 이용한 알파 블렌딩을 이용하는 이미지들의 세트(1000)이다.

[0117] 도 11과 도 10의 비교로부터 알 수 있는 바와 같이, 도시된 예에서의 MI에서의 DAC를 이용한 알파 블렌딩은 MI에서의 단순 합성과 비교하여 전체적으로 더 나은 해상도를 갖는 출력 이미지(D)를 낳는다. 도 6과 도 10의 비교로부터 알 수 있는 바와 같이, 도시된 예에서의 THI에서의 단순 합성은 MI에서의 단순 합성과 비교하여 더 나은 전체 해상도를 갖는 출력 이미지(D)를 낳는다. 도 7과 도 11의 비교로부터 알 수 있는 바와 같이, 도시된 예에서의 THI에서의 DAC를 이용한 알파 블렌딩은 MI에서의 적응적 합성과 비교하여 더 나은 전체 해상도를 갖는 출력 이미지(D)를 낳는다. 도 11과 도 6의 비교로부터 알 수 있는 바와 같이, 도시된 예에서의 MI에서의 DAC를 이용한 알파 블렌딩은 THI에서의 적응적 합성과 비교하여 더 나은 전체 해상도를 갖는 출력 이미지(D)를 낳는다.

[0118] **합성 전의 이득-보상**

[0119] 일 실시예에 따르면, 합성 방법은 이득-보상된 합성을 포함할 수 있고, 이에 따라 반사 초음파 파형의 개별 주파수 대역들은 합성 이전에 전처리될 수 있다. 예를 들어, 이미지 생성을 위해 처리되는 수신 주파수들 각각에 대응하는 전기 신호들은 출력 이미지의 품질을 개선하기 위해 이득 보상 또는 동적 범위(DR) 보상을 받을 수 있다.

[0120] 이제, 2개의 출력 이미지 D1 및 D2를 도시하는 도 12를 참조하며, 이미지 D1은 도 6, 도 7, 도 10 또는 도 11의 것들과 유사한 3개의 수신 주파수 상에서 DAC를 이용한 알파 블렌딩을 이용하여 획득된 것을 나타내고, D2는 60의 DR 및 상이한 이득들을 갖는 동일한 3개의 수신 주파수 상에서 DR 보상을 이용하여 획득된 것을 나타낸다. D1과 D2의 비교는 DAC를 이용한 알파 블렌딩과 비교하여 DR 보상을 이용한 개선된 콘트라스트의 명확한 이점을 보여주며, 그 외에는 모두 동일하다.

[0121] **최대 및 최소 적응적 합성**

[0122] 적응적 합성은 일반적으로 반사 초음파 파형들의 수신 주파수들에 대응하는 전기 신호들을 결합 또는 합성하는 여러 비선형 방법들을 포함한다. 예시적인 적응적 합성 기술이 아래에 설명될 것이다.

[0123] 이제, 3개의 출력 이미지 D1, D2 및 D3의 세트를 도시하는 도 13을 참조하며, 이미지 D1은 도 6, 도 7, 도 10 또는 도 11의 것들과 유사한 3개의 수신 주파수 상에서 단순 합성을 이용하여 획득된 것을 나타내고, D2는 동일한 3개의 수신 주파수 상에서 DAC를 이용한 알파 블렌딩을 이용하여 획득된 것을 나타내며, D3은 아래의 수학적 식 5에 따라 최대 및 최소 적응적 합성을 이용하여 획득된 것을 나타낸다. D1, D2 및 D3의 비교는 단순 합성 및 DAC를 이용한 알파 블렌딩과 비교하여 적응적 합성을 이용한 개선된 콘트라스트 및 더 나은 해상도의 명확한 이점을 보여주며, 그 외에는 모두 동일하다.

[0124] 도 13의 출력 이미지(D3)는 아래의 수학적 식 4에 따른, 최대, 최소 및 평균 프레임들 또는 픽셀 방사조도들의 블렌딩을 이용하는 단순한 비선형 적응적 합성 방법의 결과이다:

수학식 4

[0125] 
$$I_{out} = I_{max} \cdot \alpha_{max} + (1 - \alpha_{max}) \cdot (\alpha_{min} \cdot I_{min} + (1 - \alpha_{min}) \cdot I_{depth\_comp})$$

[0126] 여기서,

[0127] 
$$I_{max}: MAX(I_{high}, I_{mid}, I_{low});$$

[0128] 
$$I_{min}: MIN(I_{high}, I_{mid}, I_{low});$$

[0129]  $I_{depth\_comp}$  는 수학식 3의 맥락에서 전술한 바와 같이 깊이 보상을 갖는 알파 블렌딩 후의 픽셀 위치에서의 픽셀 방사조도에 대응하고;

[0130]  $\alpha_{max}$  : 알려진 알파 블렌딩 방법들에 기반하는 최대 투명도 계수("알파 값", 또는  $I_{max}$ 에 대해 이용될 투명도 계수)이다. 예를 들어,  $\alpha_{max}$ 는 방사조도(즉,  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , 또는  $I_{depth\_comp}$  중 적어도 하나)를, 예를 들어, 0과 1 사이 그리고 0과 1을 포함하는 것과 같은 주어진 값에 매핑하는 룩업 테이블로부터 결정될 수 있다. 따라서, 일 예에 따르면, 선택된 방사조도(즉,  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , 또는  $I_{depth\_comp}$  중 적어도 하나)가 임계치 X1보다 큰 경우,  $\alpha_{max}$ 는 설정된 제1 값(예를 들어, 0과 1 사이 그리고 0과 1을 포함함)을 가질 수 있고; 선택된 방사조도가 X2보다 작은 경우,  $\alpha_{max}$ 는 제2 설정 값(0과 1 사이 그리고 0과 1을 포함하며, 여기서 제2 설정 값은 제1 설정 값과 상이함)을 가질 수 있고; 선택된 방사조도가 X1과 X2 사이에 있는 경우,  $\alpha_{max}$ 는 제1 설정 값과 제2 설정 값 사이의 직선인 선형 함수에 기반하여 결정되며;

[0131]  $\alpha_{min}$  : 알려진 알파 블렌딩 방법들에 기반한 최소 투명도 계수( $I_{max}$ 에 대해 이용될 투명도 계수)이다. 예를 들어,  $\alpha_{max}$ 와 유사하게,  $\alpha_{min}$ 은 방사조도(즉,  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , 또는  $I_{depth\_comp}$  중 적어도 하나)를, 예를 들어, 0과 1 사이 그리고 0과 1을 포함하는 것과 같은 주어진 값에 매핑하는 룩업 테이블로부터 결정될 수 있다. 따라서, 일 예에 따르면, 선택된 방사조도(즉,  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , 또는  $I_{depth\_comp}$  중 적어도 하나)가 임계치 X1보다 큰 경우,  $\alpha_{min}$ 은 설정된 제1 값(예를 들어, 0과 1 사이 그리고 0과 1을 포함함)을 가질 수 있고; 선택된 방사조도가 X2보다 큰 경우,  $\alpha_{min}$ 은 제2 설정 값(0과 1 사이 그리고 0과 1을 포함하며, 여기서 제2 설정 값은 제1 설정 값과 상이함)을 가질 수 있고; 선택된 방사조도가 X1과 X2 사이에 있는 경우,  $\alpha_{min}$ 은 제1 설정 값과 제2 설정 값 사이의 직선인 선형 함수에 기반하여 결정될 수 있다.

[0132] **예측 합성**

[0133] 일부 실시예들에 따른 예측 합성은, 제1 수신 주파수에 기반한 이미지의 제1 영역(영역 NF)에 대응하는 제1 전기 신호들과, 제2 수신 주파수에 기반한 이미지의 제1 영역(영역 NF)에 대응하는 전기 신호들 사이의 관계를 결정하고, 제2 수신 주파수에 기반하여 이미지의 제2 영역(영역 FF)에 대응하는 제3 전기 신호들을 예측하는 것을 포함한다. 예를 들어, 도 6을 참조하면, 예측 합성은 영역 NF1(1.75 MHz 수신 주파수의 영역 NF)에 대응하는 전기 신호와 영역 A2(3.5 MHz 수신 주파수의 영역 NF)에 대응하는 전기 신호 사이의 관계를 결정하는데 이용될 수 있다. 예측 합성은 이어서, 영역 FF1(1.75 MHz 수신 주파수의 영역 FF)에서의 전기 신호들과 함께, 그 관계를 이용하여 영역 FF2(3.5 MHz 수신 주파수의 영역 FF)에서의 전기 신호들을 예측하는 것을 포함할 수 있다.

[0134] 이 관계는, 예를 들어, 더 높은 수신 주파수들에서 더 깊은 칩투들에서의 이미지들을 예측하기 위해 더 낮은 주파수들의 더 나은 칩투를 입력 신호들로서 이용할 수 있게 하는데 도움이 될 수 있다. 따라서, 더 높은 주파수들에서의 타겟 대상의 더 깊은 깊이들에서의 이미지들을 더 낮은 주파수들에서의 동일한 깊이들로부터 예측된 이미지들로 대체할 수 있다.

[0135] 단순 예측 합성, 포인트 확산 함수들(PSF들)을 이용한 예측 합성, 및 기계 학습(ML) 기반 예측 합성을 포함하는 예측 합성의 일부 예들이 아래에 설명된다.

[0136] **단순 예측 합성**

[0137] 예측 합성을 이용하는 단순한 방법은 수학식 5의 이용을 포함할 수 있다:

**수학식 5**

[0138] 
$$I_{FF2} = I_{FF1} \cdot I_{NF2} / I_{NF1}$$

[0139] 여기서,

[0140]  $I_{FF2}$ : 영역 FF2에서의 픽셀 방사조도이며, 이것은 예측 픽셀 방사조도이고;

[0141]  $I_{FF1}$ : 반사 초음파 파형으로부터 획득된, 영역 FF1에서의 픽셀 방사조도이고;

[0142]  $I_{NF2}$ : 반사 초음파 파형으로부터 획득된, 영역 NF2에서의 픽셀 방사조도이고;

[0143]  $I_{NF1}$ : 반사 초음파 파형으로부터 획득된, 영역 NF1에서의 픽셀 방사조도이다.

[0144] 더 높은 수신 주파수들로부터의 더 높은 해상도 영역이 더 낮은 수신 주파수들에 대한 동일 영역을 예측하는데 이용될 수 있는 경우 역이 또한 행해질 수 있다. 더 낮은 수신 주파수들은 더 높은 수신 주파수들만큼 양호한 해상도를 갖지 않는다. 적응적 예측 합성의 이용은 더 낮은 주파수의 이미지의 더 낮은 침투의 이점들과 더 높은 주파수의 더 나은 해상도를 이용하게 할 것이며, 따라서 예를 들어 더 높은 주파수들에서 더 나은 침투를 나타내는 일부 예측 부분들을 갖는 이미지를 낳는다.

[0145] 예를 들어, 위에서 설명된 바와 같이 관계가 발견되면, 예측 합성을 이용하는 5 MHz 이미지에 대해, 예를 들어 예측 합성을 이용하지 않는 5 MHz 이미지보다 10배의 더 나은 침투가 존재할 수 있다.

[0146] **포인트 확산 함수(PSF)를 이용한 예측 합성**

[0147] 반사 초음파 파형의 포인트 확산 함수(PSF)는 수신 주파수, 수신 대역폭, 및 타겟 대상에서의 초점을 포함한, 다수의 인자에 의존한다. PSF는 타겟 대상으로부터의 반사된 빔의 산란을 나타내는 것으로 생각될 수 있다. 이미징되는 타겟 대상의 영역에 대응하는 이미지를 획득하기 위해, 예측 척도로서, PSF는 픽셀과 같은, 이미징되는 타겟 대상의 영역에 대응하는 산란 분포와 컨볼루션될 수 있다. 따라서, 주파수 의존적 PSF는 타겟 대상 의존적 산란 분포와 컨볼루션될 수 있다. 따라서, 수신 주파수가 상이할 때, 즉 1.75 MHz의 수신 주파수로부터 3.5 MHz까지 갈 때, PSF는 변할 것이지만, 이미징되는 동일 영역에 대해서는 산란 분포가 동일할 것이다.

[0148] 예를 들어 도 6의 이미지들과 관련하여 예측 합성의 일반적인 논의에서 진술한 바와 같이, 다음이 가정된다:

- [0149] • 영역 NF1은 1.75 MHz 수신 주파수 이미지의 영역 NF에 대응하고;
- [0150] • 영역 FF1은 1.75 MHz 수신 주파수 이미지의 영역 FF에 대응하고;
- [0151] • 영역 NF2는 영역 NF에 대응하지만 3.5 MHz 수신 주파수 이미지의 영역 NF에 대응하고;
- [0152] • 영역 FF2는 영역 FF에 대응하지만 3.5 MHz 수신 주파수 이미지의 영역 FF에 대응하고;
- [0153] • PSF1은 1.75 MHz 수신 주파수 이미지에 대한 PSF에 대응하고;
- [0154] • PSF2는 3.5 MHz 수신 주파수 이미지에 대한 PSF에 대응하고;
- [0155] • PSFinverse는 PSF의 역이다.

[0156] 위의 정의들이 주어지면, 산란 분포(이는 영역 FF에서 타겟 대상과 상관됨)를 나타내는, B2에서의 픽셀 방사조도를 예측하기를 원하면, 수학식 6을 이용할 수 있다고 가정할 수 있다:



**수학식 6**

[0157] 
$$I_{FF2} = I_{NF2} \times (I_{FF1} * PSF2_{inverse}) / (I_{NF1} * PSF1_{inverse})$$

[0158] 여기서, \*PSF<sub>inverse</sub>는 PSF에 기반한 디컨볼루션을 나타낸다.

[0159] **ML 기반 예측 합성**

[0160] 일부 실시예들은 ML 기반 디컨볼루션을 이용하여 원거리장에서 더 높은 해상도의 이미지(예로서, 5 MHz)를 제공하면서 더 낮은 주파수(예로서, 1.75 MHz)의 침투를 유지할 수 있는 ML 기반 예측 합성을 제안한다.

[0161] **제안된 방법:**

[0162] 기본 아이디어는 a) 근거리장 데이터를 이용하여 저주파수 및 고주파수 이미지의 로컬 영역들 간의 관계를 식별하고 b) 저주파수 이미지에 대해 식별된 관계를 적용함으로써 원거리장에서 고주파수 이미지를 획득하는 것이다. 아래의 단계들은 제안된 방법을 상세히 설명한다.

[0163] **훈련 및 검증 데이터 세트:**

[0164] 일부 실시예들에 따라 ML 기반 합성을 수행하기 위해 아래의 동작들이 수행될 수 있다:

- [0165] 1) 1.75 MHz 이미지를 입력으로서 선택하고 5.0 MHz를 원하는 출력 이미지로서 선택하는 것;
- [0166] 2) 1.75 MHz 및 5.0 MHz 이미지들 각각에서 (예로서, 0-5 cm의 깊이)의 근거리장 영역 NF를 선택하는 것;
- [0167] 3) 근거리장 영역 NF를 많은 "스펙클 셀들(speckle cells)"로 세그먼트화하여 훈련 데이터 세트를 생성하는 것, 즉, 근거리장 영역 내에서 많은 서브영역, 예를 들어, 5 mm x 5 mm를 측정하는 정사각형 서브영역을 생성하여 입력(1.75 MHz 서브영역) 및 출력(5.0 MHz 서브영역)을 생성하는 것;
- [0168] 4) 훈련 데이터 세트를 생성하기 위해 개별 서브영역들의 다수의 프레임 및/또는 다수의 뷰를 이용하는 것; 예를 들어, 각각의 서브영역의 핀 타겟 패턴 및 스펙클 패턴 상에서 약 50개의 상이한 이미징 뷰를 이용하는 것은, 선택적으로, 필요하다면 변환, 스케일링 등에 의해 또한 증강될 수 있는, 훈련 데이터 세트로서 이용할 약 5000개 초과 이미지들을 생성할 수 있고;
- [0169] 5) (5-10 cm)에서 중거리장(mid-field) 스펙클 셀들을 이용하여 검증 데이터 세트를 생성하는 것;
- [0170] 6) 1.75 MHz 및 5.0 MHz 이미지 각각에서 (예컨대, 0-5 cm의 깊이에서의) 중거리장 영역 MF를 검증 데이터 세트로서 이용하는 것;
- [0171] 7) 훈련 데이터 세트 및 검증 데이터 세트에 기반하여 1.75 MHz 및 5 MHz 수신 주파수들의 영역들 A 간의 관계에 대한 ML 기반 훈련 모델을 개발하는 것; 및
- [0172] 8) 훈련 모델에 기반하여 1.75 MHz 및 5 MHz 수신 주파수들의 영역들 B에서 이미지를 예측하는 것이며, B는 원거리장 영역이다.

[0173] 훈련 데이터 세트는 더 낮은 수신 주파수와 더 높은 수신 주파수 사이와 같이 영역들 A 간의 관계를 식별하는데 이용될 수 있다. 이러한 관계는 또한 스펙클 셀을 식별하는 것, 스펙클을 잡음과 구별하는 것, 이득 등화, 예지 향상 등과 같은 다른 ML 관련 응용들에 이용될 수 있다.

[0174] **측방향 주파수 합성**

[0175] 단일의 수신 주파수에 기반하여 이미징하고 있는 경우에 발생할 수 있는 문제들을 나타내는 것으로서 도 6을 다시 참조한다. 예를 들어, 이미지 A를 보면, 전체적으로 더 나은 침투 해상도, 및 더 넓은 이미지 각도들  $\theta$ ( $\theta$ 는 라인 CL의 양측의 각도를 나타냄)에서 더 나은 해상도를 갖는다. 그러나, 이미지들 B 및 C는 근거리장 및 중거리장 영역들 내의 스포트라이트 영역 SL을 보여준다. 그러나, SL은 더 낮은 주파수 이미지 A로부터는 누락되어 있다.

[0176] 측방향 주파수 합성은, 깊이 및 이미지 각도에 의해 정의되는 각각의 주어진 픽셀 위치에 대해, 수신 주파수들의 각각의 주파수들에 대응하는 상기 주어진 픽셀 위치의 각각의 픽셀 방사조도들을 각각의 알파 승수만큼 승산

하는 것을 포함할 수 있다. 주어진 픽셀 위치에서의 픽셀 방사조도들 각각에 대한 승수들 각각은 하나 이상의 알파 값의 함수일 수 있고, 여기서 개별 알파 값들은 이미지 각도 및 침투 깊이 둘 다의 함수일 수 있다.

[0177] 측방향 주파수 합성의 예에 대해서는 아래의 수학적 식 7을 참조한다:

**수학적 식 7**

[0178] 
$$I_{out}(r, \theta) = I_{high} \cdot \alpha_{high}(r, \theta) + (1 - \alpha_{high}(r, \theta)) \cdot (\alpha_{mid}(r, \theta) \cdot I_{mid} + (1 - \alpha_{mid}(r, \theta)) \cdot I_{low})$$

[0179] 여기서,

[0180]  $I_{out}(r, \theta)$ : 깊이 r 및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 출력 픽셀 방사조도이고;

[0181]  $I_{high}$ : 높은 수신 주파수 이미지(이미지 C)에 대한 깊이 r 및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도이고;

[0182] r: 이미지 깊이이고;

[0183]  $\theta$ : 이미지 각도이고;

[0184]  $\alpha_{high}(r, \theta)$ : 높은 수신 주파수에 대한 깊이 r 및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 투명도 계수  $\alpha$ 이고, 여기서  $\alpha_{high}(r, \theta)$ 는  $\alpha_{max}$  또는  $\alpha_{min}$  중 어느 하나에 대해 위에서 설명된 것과 동일한 방식으로 결정될 수 있고, 차이는  $\alpha_{high}(r, \theta)$ 가 상이한 r들 및 상이한  $\theta$ 들에 대해 상이한 범위들 및 상이한 중단점들 X1 및 X2를 가질 수 있다는 것이고;

[0185]  $\alpha_{mid}(r, \theta)$ : 중간 수신 주파수에 대한 깊이 r 및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 투명도 계수  $\alpha$ 이고, 여기서  $\alpha_{mid}(r, \theta)$ 는  $\alpha_{max}$  또는  $\alpha_{min}$  중 어느 하나에 대해 위에서 설명된 것과 동일한 방식으로 결정될 수 있고, 차이는  $\alpha_{mid}(r, \theta)$ 가 상이한 r들 및 상이한  $\theta$ 들에 대해 상이한 범위들 및 상이한 중단점들 X1 및 X2를 가질 수 있다는 것이고;

[0186]  $I_{mid}$ : 중간 수신 주파수 이미지(이미지 B)에 대한 깊이 r 및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도이고;

[0187]  $I_{low}$ : 낮은 수신 주파수 이미지(이미지 A)에 대한 깊이 r 및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도이다.

[0188] 따라서, 위의 수학적 식 4로부터의 픽셀 방사조도들 각각에 대한 승수는 다음과 같을 수 있다:

[0189]  $\alpha_{high}(r, \theta)$ :  $I_{high}$  승수이고;

[0190]  $(1 - \alpha_{high}(r, \theta)) \cdot (\alpha_{mid}(r, \theta))$ :  $I_{mid}$  승수이고;

[0191]  $(1 - \alpha_{high}(r, \theta)) \cdot (1 - \alpha_{mid}(r, \theta))$ :  $I_{low}$  승수이다.

[0192] 따라서, 계수  $\alpha$ (투명도 계수)는 더 높은 주파수들에서의 "스포트라이트" 아티팩트들을 줄이는 것은 물론, 측방향들에서의 신호 대 잡음비(SNR)를 개선하기 위한 이미지 각도의 함수이다. 아래의 수학적 식 9는 위의 관계를 나타낸다:

**수학적 식 8**

[0193] 
$$Img_{out}(r, p) = \sum_{i=1}^3 \alpha(r, p, i) \cdot Img_{in}(r, p, i)$$

[0194] 여기서,

[0195] i: 이미징 파형들의 주파수 대역이고;

[0196] p: 이미지에 대한 라인 인덱스 좌표이고;

[0197]  $Img_{out}(r, p)$ : 깊이  $r$  및 라인 인덱스 좌표  $p$ 에서의 출력 이미지 방사조도이고;

[0198]  $Img_{in}(r, p, i)$ : 각각 입력 이미지 강도들이고;

[0199]  $\alpha(r, p, i)$ : 깊이  $r$ , 라인 인덱스 좌표  $p$ , 및 주파수 대역  $I$ 에 대한 투명도 계수이고, 여기서  $\alpha(r, p, i)$ 는  $\alpha_{max}$  또는  $\alpha_{min}$  중 어느 하나에 대해 위에서 설명된 것과 동일한 방식으로 결정될 수 있고, 차이는  $\alpha(r, p, i)$ 가 상이한  $r$  들, 상이한  $p$ 들 및 상이한  $i$ 들에 대해 상이한 범위들 및 상이한 중단점들  $X1$  및  $X2$ 를 가질 수 있다는 것이다.

[0200] 측방향 합성은 지향성을 개선하고, 150도 시야와 같은 더 큰 시야 등을 제공할 수 있다.

[0201] **컬러 도플러/흐름 합성**

[0202] 일부 실시예들에 따른 컬러 도플러를 이용한 합성은 방사조도 외에도 속도(흐름 및 방향)를 포함한 도플러 이미징과 연관된 추가 파라미터를 이용한다. 일부 실시예들에 따른 컬러 도플러 합성은 다수의 주파수 데이터로부터의 흐름 속도 또는 전력을 결합하는 것을 포함할 수 있다. 다수의 주파수 대역들로부터의 전력 또는 속도는 a) 깊이, b) 각도, c) SNR, d) 흐름 속도 등에 기반하여 결합된다.

[0203] 일 실시예에 따르면, 수학적 9 내지 수학적 12를 이용하여, 컬러 도플러 합성을 이용하여 생성된 출력 이미지에 대한 알파 블렌딩 결과들을 계산할 수 있다.

[0204] **최대 파라미터:**

**수학적 9**

[0205]  $R0_{out.max} = \max(\sum_{i=1}^{Nfreq} R0_{in}(i))$

**수학적 10**

[0206]  $R1_{out.max} = \maxfreq(\sum_{i=1}^{Nfreq} \tan^{-1}(R1_{in}(i)))$

[0207] **평균 파라미터:**

**수학적 11**

[0208]  $R0_{out.mean} = \max(\sum_{i=1}^{Nfreq} R0_{in}(i))$

**수학적 12**

[0209]  $R1_{out.mean} = \max(\sum_{i=1}^{Npfreq} R1_{in}(i))$

[0210] 여기서,

[0211]  $R0_{out.max}$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관의 최대 제로 래그 출력 값이고;

[0212]  $R1_{out.max}$ : 자기상관의 최대 제1 래그 출력 값이고;

[0213]  $R0_{out.mean}$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관의 평균 제로 래그 출력 값이고;

[0214]  $R1_{out.mean}$ : 자기상관의 평균 제1 래그 출력 값이고;

[0215]  $R0_{in}(i)$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관에 대한 이미징 과정들의 주파수 대역  $i$ 에 대응하는 제0 래그 입력 값이고(예를 들어, 아래의 수학적 식 14 및 수학적 식 15 참조);

[0216]  $R1_{in}(i)$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관에 대한 이미징 과정들의 주파수 대역  $i$ 에 대응하는 제1 래그 입력 값이다(예를 들어, 이하의 수학적 식 14 및 수학적 식 15 참조).

[0217]  $R0$  및  $R1$ 의 최대 및 평균은 위의 수학적 식 9 내지 수학적 식 12로부터 계산되고, 이어서 아래의 수학적 식 14 및 수학적 식 15에 나타난 바와 같이 알파 블렌딩된다:

**수학적 식 13**

[0218] 
$$R0_{out} = \alpha \cdot R0_{out.max} + (1 - \alpha) \cdot R0_{out.mean}$$

**수학적 식 14**

[0219] 
$$R1_{out} = \alpha \cdot R1_{out.max} + (1 - \alpha) \cdot R1_{out.mean}$$

[0220] 여기서,

[0221]  $R0_{out}$ : 최대 및 평균 제0 래그 자기상관들의 알파 블렌딩 값에 대응하는 제0 래그 출력이고;

[0222]  $R1_{out}$ : 최대 및 평균 제1 래그 자기상관들의 알파 블렌딩 값에 대응하는 제1 래그 출력이고;

[0223]  $\alpha$ : 알파 블렌딩에 대한 알파 값이다.

[0224] 예시적인 실시예들의 위의 설명은 구체적으로 정맥들을 언급할 수 있지만, 실시예들은 이것으로 제한되지 않고, 이물질에 의해 혈관이 액세스될 초음파 이미징의 대상일 수 있는 신체의 임의의 혈관들의 검출 및 추적에 관한 것이다. 또한, 액세스에 대한 적합성 또는 혈관에 관련된 다른 파라미터를 나타내기 위해 특성의 컬러들이 앞서 언급되었지만, 실시예들은 이것으로 제한되지 않고, 그 범위 내에서, 텍스트, 시각적 이미지 또는 코드, 음성 통신을 통해서와 같이 임의의 방식으로 UI를 통해 사용자에게 혈관 파라미터를 표시하는 것을 포함한다.

[0225] 예에서, 프로세서(326)에 의해 구현되는 명령어들은 메모리(336) 또는 이미징 디바이스의 임의의 다른 메모리 또는 저장 디바이스를 통해 제공될 수 있거나, 또는 프로세서(326) 또는 이미징 디바이스의 임의의 다른 프로세서는 프로세서(326)가 본 명세서의 방법들/프로세스들 중 어느 하나에 대응하는 동작들과 같은, 케이싱 내의 전자 동작들을 수행하도록 지시하는 코드를 포함하는 유형의, 비일시적 기계 판독가능한 매체로서 구현될 수 있다. 프로세서(326)는 메모리(336)와 프로세서(326) 사이의 상호접속부를 통해 비일시적 기계 판독가능한 매체에 액세스할 수 있다. 예를 들어, 비일시적 기계 판독가능한 매체는 메모리(336) 또는 프로세서(326) 내의 별개의 메모리에 의해 구현될 수 있거나, 광학 디스크들, 플래시 드라이브들, 또는 케이싱에 플러깅될 수 있는 임의의 수의 다른 하드웨어 디바이스들과 같은 특정 저장 유닛들을 포함할 수 있다. 비일시적 기계 판독가능한 매체는, 예를 들어, 본 명세서에 묘사된 동작들 및 기능의 흐름도(들) 및 블록도(들)에 관하여 설명된 바와 같이, 액션들의 특정 시퀀스 또는 흐름을 수행하도록 프로세서(326)에 지시하는 명령어들을 포함할 수 있다. 본 명세서에서 사용될 때, 용어들 "기계 판독가능한 매체" 및 "컴퓨터 판독가능한 매체"는 상호교환가능하다.

[0226] 도 14는 메모리, 및 메모리에 결합된 하나 이상의 프로세서를 포함하는 컴퓨팅 디바이스에서 수행되는 방법(1400)을 도시한다. 방법(1400)은 동작(1402)에서, 전송된 초음파 파형의 결과로서 타겟 대상으로부터 반사된 반사 초음파 파형의 각각의 반사 주파수들에 기반한 전기 신호들을 동시에 수신하는 단계를 포함한다. 이 방법은 동작(1404)에서 전기 신호들로부터의 정보를 합성하여 합성된 전기 신호들을 생성하는 단계를 포함한다. 이 방법은 동작(1406)에서 합성된 전기 신호들에 기반하여 디스플레이 디바이스 상에 출력 이미지를 생성하게 하는 단계를 포함한다.

[0227] 명시적으로 달리 언급되지 않는 한, 아래에 설명되는 예들 중 임의의 것은 임의의 다른 예(또는 예들의 조합)와 조합될 수 있다. 본 명세서에 설명된 양태들은 또한 예를 들어, 상이한 기능들(예를 들어, 낮은/중간/높은 우

선순위 등)에 대한 이용의 계층적 우선순위화를 도입함으로써 방식의 계층적 적용을 구현할 수 있다.

[0228] 구현들이 특정한 예시적인 양태들을 참조하여 설명되었지만, 본 개시내용의 더 넓은 범위로부터 벗어나지 않고 이들 양태들에 대해 다양한 수정들 및 변경들이 이루어질 수 있다는 것이 명백할 것이다. 본 명세서에 설명된 배열들 및 프로세스들 중 다수는 조합하여 또는 병렬 구현들로 이용될 수 있다. 따라서, 본 명세서 및 도면들은 제한적인 의미보다는 예시적인 의미로 간주되어야 한다. 본 명세서의 일부를 형성하는 첨부 도면들은, 제한이 아닌 예시로서, 본 주제가 실시될 수 있는 특정 양태들을 도시한다. 예시된 양태들은 본 기술분야의 통상의 기술자가 본 명세서에 개시된 교시들을 실시할 수 있도록 충분히 상세하게 설명된다. 다른 양태들이 이용될 수 있고 그로부터 유도될 수 있어서, 구조적 및 논리적 치환들 및 변경들은 본 개시내용의 범위로부터 벗어나지 않으면서 행해질 수 있다. 따라서, 이 상세한 설명은 제한적인 의미로 취해져서는 안 되며, 다양한 양태들의 범위는 첨부된 청구항들과 함께, 이러한 청구항들에 부여되는 등가물들의 전체 범위에 의해서만 정의된다.

[0229] 본 발명의 주제의 이러한 양태들은 단지 편의를 위해 그리고 하나보다 많은 것이 실제로 개시되면 본 출원의 범위를 임의의 단일 양태 또는 발명의 개념으로 자발적으로 제한하려는 의도 없이, 개별적으로 및/또는 집합적으로, 본 명세서에 언급될 수 있다.

[0230] 본 개시내용의 바람직한 실시예들이 본 명세서에 도시되고 설명되었지만, 이러한 실시예들이 단지 예로서 제공된다는 것이 본 기술분야의 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 실시예들이 본 명세서 내에 제공되는 특정 예들에 의해 제한되는 것으로 의도되지 않는다. 본 개시내용의 실시예들이 전술한 명세서를 참조하여 설명되었지만, 본 명세서의 실시예들의 설명들 및 예시들은 제한적인 의미로 해석되도록 의도되지 않는다. 이제, 본 개시내용의 개념들로부터 벗어나지 않고 본 기술분야의 통상의 기술자에게 다수의 변형들, 변경들 및 대체들이 발생할 것이다. 게다가, 다양한 실시예들의 모든 양태들이, 각종의 조건들 및 변수들에 의존하는, 본 명세서에 기재된 특정 묘사들, 구성들, 또는 상대 비율들로 제한되지 않는다는 것을 잘 이해할 것이다. 본 명세서에 설명된 실시예들에 대한 다양한 대안들이 이용될 수 있다는 것을 이해해야 한다. 따라서, 본 개시내용은 또한 임의의 이러한 대안들, 수정들, 변형들 또는 등가물들을 커버하는 것으로 고려된다.

[0231] **예들**

[0232] 본 명세서에 개시된 기술들의 예시적인 예들이 아래에 제공된다. 이러한 기술들의 실시예는 아래에 설명되는 예들 중 임의의 하나 이상 및 임의의 조합을 포함할 수 있다.

[0233] 예 1은 메모리, 및 메모리에 결합된 하나 이상의 프로세서를 포함하는 컴퓨팅 디바이스의 장치를 포함하며, 하나 이상의 프로세서는, 전송된 초음파 파형의 결과로서 타겟 대상으로부터 반사된 반사 초음파 파형의 각각의 반사 주파수들에 기반한 전기 신호들을 동시에 수신하고; 전기 신호들로부터의 정보를 합성하여 합성된 전기 신호들을 생성하고; 합성된 전기 신호들에 기반하여 디스플레이 상에 출력 이미지를 생성하게 한다.

[0234] 예 2는 예 1의 주제를 포함하며, 각각의 반사 주파수들은 전송된 초음파 파형의 기본 주파수의 각각의 고조파들에 대응하고, 기본 주파수는 전송된 초음파 파형의 단일 주파수이다.

[0235] 예 3은 예 1의 주제를 포함하며, 전송된 초음파 파형은 반사 초음파 파형의 각각의 주파수들에 대응하는 기본 주파수들을 갖는 다중 모드 파형이다.

[0236] 예 4는 예 1의 주제를 포함하며, 하나 이상의 프로세서는, 전기 신호들에 대해 예측 알고리즘을 구현하는 것 - 하나 이상의 프로세서는 타겟 대상의 제1 이미지 영역에 대응하는 제1 전기 신호들로부터의 정보를 이용하여 제1 이미지 영역과 상이한 타겟 대상의 제2 이미지 영역에 대한 예측 전기 신호들을 생성함 -; 및 제2 이미지 영역에서의 출력 이미지가 예측 전기 신호들에 대응하도록, 예측 전기 신호들을 이용하여 합성된 전기 신호들을 획득하는 것에 의해 정보를 합성한다.

[0237] 예 5는 예 1 내지 예 4 중 어느 하나의 주제를 포함하며, 반사 주파수들은 N개의 반사 주파수를 포함하고; 전기 신호들은 N개의 전기 신호 세트를 포함하고, 각각의 전기 신호 세트는 반사 주파수들 중 하나에 대응하고, N개의 전기 신호 세트는 타겟 대상의 N개의 입력 이미지에 대응하고; 개별 입력 이미지들은 각각의 픽셀 위치들에서의 픽셀들을 포함하고, N개의 입력 이미지의 각각의 픽셀 위치는 깊이 및 각도에 의해 정의되고; 정보를 합성하는 것은 N개의 전기 신호 세트로부터의 정보를 합성하는 것을 포함하고; 하나 이상의 프로세서는 단순 평균화, 가중 평균화, 깊이 적응적 합성을 이용한 알파 블렌딩, 최대 및 최소 적응적 합성, 예측 합성, 측방향 주파수 합성 및 컬러 도플러 합성 중 적어도 하나를 이용하여 N개의 전기 신호 세트로부터의 정보를 합성한다.

[0238] 예 6은 예 5의 주제를 포함하며, 하나 이상의 프로세서는 추가로, 합성 이전에 전기 신호들이 이득 보상 또는

동적 범위 보상을 받게 한다.

- [0239] 예 7은 예 5의 주제를 포함하며, 단순 평균화는, 각각의 픽셀 위치에 대해, N개의 입력 이미지에 걸쳐 각각의 픽셀 방사조도들의 단순 평균화 또는 가중 평균화 중 하나를 수행하는 것을 포함한다.
- [0240] 예 8은 예 5의 주제를 포함하며, 깊이 적응적 합성을 이용한 알파 블렌딩은, 각각의 픽셀 위치에 대해, 대응하는 알파 승수만큼, N개의 입력 이미지 사이의 각각의 픽셀 방사조도들을 승산하는 것을 포함하고, 각각의 알파 승수는 하나 이상의 알파 값의 함수이고, 하나 이상의 알파 값은 상기 각각의 픽셀 위치의 깊이 또는 상기 각각의 픽셀 위치의 각도 중 적어도 하나의 함수이다.
- [0241] 예 9는 예 8의 주제를 포함하며, 상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,  $I_{out} = I_{high} \cdot \alpha_{high} + (1 - \alpha_{high}) \cdot (\alpha_{mid} \cdot I_{mid} + (1 - \alpha_{mid}) \cdot I_{low})$ 에 의해 주어지며, 여기서,  $I_{out}$ 는 출력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 출력 픽셀 방사조도이고;  $I_{high}$ 는 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;  $I_{mid}$ 는 수신 주파수들 중 중간 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;  $I_{low}$ 는 수신 주파수들 중 가장 낮은 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;  $\alpha_{high}$ 는 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수의 깊이 의존적  $\alpha$  값에 대응하고;  $\alpha_{mid}$ 는 수신 주파수들 중 중간 주파수의 깊이 의존적  $\alpha$  값에 대응한다.
- [0242] 예 10은 예 8의 주제를 포함하며, 상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,  $I_{out}(r, \theta) = I_{high} \cdot \alpha_{high}(r, \theta) + (1 - \alpha_{high}(r, \theta)) \cdot (\alpha_{mid}(r, \theta) \cdot I_{mid} + (1 - \alpha_{mid}(r, \theta)) \cdot I_{low})$ 에 의해 주어지며, 여기서,  $r$ : 깊이;  $\theta$ : 각도;  $I_{out}(r, \theta)$ : 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 출력 픽셀 방사조도;  $I_{high}$ : 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수에 대한 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도;  $I_{mid}$ : 수신 주파수들 중 중간 주파수에 대한 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도;  $I_{low}$ : 수신 주파수들 중 가장 낮은 주파수에 대한 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도;  $\alpha_{high}$ 는 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수의 알파 값에 대응하고;  $\alpha_{mid}$ 는 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서 수신 주파수들 중 중간 주파수에서의 알파 값에 대응한다.
- [0243] 예 11은 예 5의 주제를 포함하며, 최대 및 최소 적응적 합성은, 상기 각각의 픽셀 위치에 대해, N개의 입력 이미지 사이의 최대, 최소 및 평균 픽셀 방사조도들의 블렌딩을 이용하는 것을 포함한다.
- [0244] 예 12는 예 11의 주제를 포함하며, 각각의 픽셀 위치에 대해, 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,  $I_{out} = I_{max} \cdot \alpha_{max} + (1 - \alpha_{max}) \cdot (\alpha_{min} \cdot I_{min} + (1 - \alpha_{min}) \cdot I_{depth\_comp})$ 에 의해 주어지며, 여기서,  $I_{max}$ :  $MAX(I_{high}, I_{mid}, I_{low})$ ;  $I_{min}$ :  $MIN(I_{high}, I_{mid}, I_{low})$ ;  $I_{depth\_comp}$ 는 깊이 보상을 이용한 알파 블렌딩 후의 픽셀 위치에서의 픽셀 방사조도에 대응하고;  $\alpha_{max}$ 는  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , 또는  $I_{depth\_comp}$  중 적어도 하나에 기반한 최대 투명도 알파 값 계수에 대응하고,  $\alpha_{max}$ 는 0과 1 사이의 그리고 0과 1을 포함하는 설정된 제1 값을 가지며;  $\alpha_{min}$ 은  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , 또는  $I_{depth\_comp}$  중 적어도 하나에 기반한 최소 투명도 알파 값 계수에 대응하고,  $\alpha_{min}$ 은 설정된 제1 값과 상이하고 0과 1 사이의 그리고 0과 1을 포함하는 설정된 제2 값을 갖는다.
- [0245] 예 13은 예 5의 주제를 포함하며, 예측 합성은, 제1 반사 주파수에 대응하는 제1 입력 이미지에서의 제1 영역에 대응하는 제1 전기 신호들과, 제2 반사 주파수에 대응하는 제2 입력 이미지에서의 제1 영역에 대응하는 제2 전기 신호들 사이의 관계를 결정하는 것; 및 관계에 기반하여, 제2 입력 이미지의 제2 영역에 대응하는 제3 전기 신호들을 예측하는 것을 포함한다.
- [0246] 예 14는 예 13의 주제를 포함하며, 제2 영역에서의 픽셀의 픽셀 방사조도는,  $I_{FF2} = I_{FF1} \cdot I_{NF2}/I_{NF1}$ 에 의해 주어지며, 여기서,  $FF1$ 은 제1 입력 이미지에서의 제2 영역이고;  $FF2$ 는 제2 입력 이미지에서의 제2 영역이고;  $NF1$ 은 제1 입력 이미지에서의 제1 영역이고;  $NF2$ 는 제2 입력 이미지에서의 제1 영역이고;  $I_{FF2}$ 는  $FF2$ 에서의 픽셀 방사

조도이고;  $I_{FF1}$ 은 영역 FF1에서의 픽셀 방사조도이고;  $I_{NF2}$ 는 영역 NF2에서의 픽셀 방사조도이고;  $I_{NF1}$ 은 영역 NF1에서의 픽셀 방사조도이다.

[0247] 예 15는 예 13의 주제를 포함하며, 제2 영역에서의 픽셀의 픽셀 방사조도는,  $I_{FF2} = I_{NF2} \times (I_{FF1} * PSF2_{inverse}) / (I_{NF1} * PSF1_{inverse})$ 에 의해 주어지며, 여기서, FF1은 제1 입력 이미지에서의 제2 영역이고; FF2는 제2 입력 이미지에서의 제2 영역이고; NF2는 제2 입력 이미지에서의 제1 영역이고;  $I_{FF2}$ 는 FF2에서의 픽셀 방사조도이고;  $I_{FF1}$ 은 영역 FF1에서의 픽셀 방사조도이고;  $I_{NF2}$ 는 영역 NF2에서의 픽셀 방사조도이고; PSF1은 제1 수신 주파수에 대한 포인트 확산 함수(PSF)에 대응하고; PSF2는 제2 수신 주파수에 대한 PSF에 대응하고;  $PSF1_{inverse}$ 는 디컨볼루션에 대응하는 PSF1의 역이고;  $PSF1_{inverse}$ 는 디컨볼루션에 대응하는 PSF1의 역이다.

[0248] 예 16은 예 13의 주제를 포함하며, ML 기반 합성은, 제1 영역이 근거리장 영역에 대응하는 것으로 결정하는 것; 제2 영역이 원거리장 영역에 대응하는 것으로 결정하는 것; 근거리장 영역을 복수의 서브영역들, 예를 들어 정사각형 서브영역들로 세그먼트화하는 것; 근거리장 영역에서 다수의 제1 입력 이미지들 및 다수의 제1 출력 이미지들에 기반하여 훈련 데이터 세트를 생성하는 것; 훈련 데이터 세트에 기반하여 제1 영역 내의 제1 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들과 제1 영역 내의 제2 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들 사이의 관계에 대한 ML 기반 모델을 개발하는 것; 및 모델에 기반하여 제2 영역 내의 제2 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들을 예측하는 것을 포함한다.

[0249] 예 17은 예 16의 주제를 포함하며, ML 기반 합성은 입력 이미지들의 중거리장 영역에서의 다수의 제1 입력 이미지들 및 다수의 제1 출력 이미지들에 기반하여 검증 데이터 세트를 생성하는 것, 및 훈련 데이터 세트 및 검증 데이터 세트에 기반하여 ML 기반 모델을 개발하는 것을 더 포함한다.

[0250] 예 18은 예 5의 주제를 포함하며, 컬러 도플러 합성은, 각각의 픽셀 위치에 대해, 깊이, 각도, 신호 대 잡음비, 흐름 속도 또는 전력에 관한 정보 중 적어도 하나에 기반하여 N개의 입력 이미지 사이의 각각의 픽셀 방사조도들을 결합하는 것을 포함한다.

[0251] 예 19는 예 18의 주제를 포함하며, 출력 이미지의  $RO_{out}$  및  $R1_{out}$ 는  $RO_{out} = \alpha \cdot RO_{out,max} + (1 - \alpha) \cdot RO_{out,mean}$  및  $R1_{out} = \alpha \cdot R1_{out,max} + (1 - \alpha) \cdot R1_{out,mean}$ 에 의해 주어지며, 여기서,  $RO_{out}$ : 최대 및 평균 제로 래그 자기상관들의 알파 블렌딩 값에 대응하는 제로 래그 출력;  $R1_{out}$ : 최대 및 평균 제1 래그 자기상관들의 알파 블렌딩 값에 대응하는 제1 래그 출력;  $\alpha$ : 알파 블렌딩에 대한 알파 값;  $RO_{out,max}$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관의 최대 제로 래그 출력 값;  $R1_{out,max}$ : 자기상관의 최대 제1 래그 출력 값;  $RO_{out,mean}$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관의 평균 제로 래그 출력 값;  $R1_{out,mean}$ : 자기상관의 평균 제1 래그 출력 값;  $RO_{in}(i)$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관에 대한 이미징 파형들의 주파수 대역에 대응하는 제로 래그 입력 값; 및  $R1_{in}(i)$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관에 대한 이미징 파형들의 주파수 대역에 대응하는 제1 래그 입력 값이다.

[0252] 예 20은 예 1 내지 예 4 중 어느 하나의 주제를 포함하며, 각각의 반사 주파수들은 1.75 MHz, 3.5 MHz 및 5.0 MHz를 포함하고, 전송된 초음파 파형의 기본 주파수가 1.75 MHz의 단일 주파수인 것; 또는 전송된 초음파 파형의 각각의 기본 주파수들이 1.75 MHz, 3.5 MHz 및 5.0 MHz를 포함하는 것 중 하나이다.

[0253] 예 21은 디스플레이 디바이스를 포함하는 사용자 인터페이스 디바이스; 및 사용자 인터페이스 디바이스에 통신 가능하게 결합된 컴퓨팅 디바이스를 포함하는 시스템을 포함하며, 컴퓨팅 디바이스는 메모리, 및 메모리에 결합된 하나 이상의 프로세서를 포함하고, 하나 이상의 프로세서는, 전송된 초음파 파형의 결과로서 타겟 대상으로부터 반사된 반사 초음파 파형의 각각의 반사 주파수들에 기반한 전기 신호들을 동시에 수신하고; 전기 신호들로부터의 정보를 합성하여 합성된 전기 신호들을 생성하고; 합성된 전기 신호들에 기반하여 디스플레이 디바이스 상에 출력 이미지를 생성하게 한다.

[0254] 예 22는 예 21의 주제를 포함하며, 각각의 반사 주파수들은 전송된 초음파 파형의 기본 주파수의 각각의 고조파들에 대응하고, 기본 주파수는 전송된 초음파 파형의 단일 주파수이다.

- [0255] 예 23은 예 21의 주제를 포함하며, 전송된 초음파 파형은 반사 초음파 파형의 각각의 주파수들에 대응하는 기본 주파수들을 갖는 다중 모드 파형이다.
- [0256] 예 24는 예 21의 주제를 포함하며, 하나 이상의 프로세서는, 전기 신호들에 대해 예측 알고리즘을 구현하는 것 - 하나 이상의 프로세서는 타겟 대상의 제1 이미지 영역에 대응하는 제1 전기 신호들로부터의 정보를 이용하여 제1 이미지 영역과 상이한 타겟 대상의 제2 이미지 영역에 대한 예측 전기 신호들을 생성함 -; 및 제2 이미지 영역에서의 출력 이미지가 예측 전기 신호들에 대응하도록, 예측 전기 신호들을 이용하여 합성된 전기 신호들을 획득하는 것에 의해 정보를 합성한다.
- [0257] 예 25는 예 21 내지 예 24 중 어느 하나의 주제를 포함하며, 반사 주파수들은 N개의 반사 주파수를 포함하고; 전기 신호들은 N개의 전기 신호 세트를 포함하고, 각각의 전기 신호 세트는 반사 주파수들 중 하나에 대응하고, N개의 전기 신호 세트는 타겟 대상의 N개의 입력 이미지에 대응하고; 개별 입력 이미지들은 각각의 픽셀 위치들에서의 픽셀들을 포함하고, N개의 입력 이미지의 각각의 픽셀 위치는 깊이 및 각도에 의해 정의되고; 정보를 합성하는 것은 N개의 전기 신호 세트로부터의 정보를 합성하는 것을 포함하고; 하나 이상의 프로세서는 단순 평균화, 가중 평균화, 깊이 적응적 합성을 이용한 알파 블렌딩, 최대 및 최소 적응적 합성, 예측 합성, 측방향 주파수 합성 및 컬러 도플러 합성 중 적어도 하나를 이용하여 N개의 전기 신호 세트로부터의 정보를 합성한다.
- [0258] 예 26은 예 25의 주제를 포함하며, 하나 이상의 프로세서는 추가로, 합성 이전에 전기 신호들이 이득 보상 또는 동적 범위 보상을 받게 한다.
- [0259] 예 27은 예 25의 주제를 포함하며, 단순 평균화는, 각각의 픽셀 위치에 대해, N개의 입력 이미지에 걸쳐 각각의 픽셀 방사조도들의 단순 평균화 또는 가중 평균화 중 하나를 수행하는 것을 포함한다.
- [0260] 예 28은 예 25의 주제를 포함하며, 깊이 적응적 합성을 이용한 알파 블렌딩은, 각각의 픽셀 위치에 대해, 대응하는 알파 승수만큼, N개의 입력 이미지 사이의 각각의 픽셀 방사조도들을 승산하는 것을 포함하고, 각각의 알파 승수는 하나 이상의 알파 값의 함수이고, 하나 이상의 알파 값은 상기 각각의 픽셀 위치의 깊이 또는 상기 각각의 픽셀 위치의 각도 중 적어도 하나의 함수이다.
- [0261] 예 29는 예 28의 주제를 포함하며, 상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,  $I_{out} = I_{high} \cdot \alpha_{high} + (1 - \alpha_{high}) \cdot (\alpha_{mid} \cdot I_{mid} + (1 - \alpha_{mid}) \cdot I_{low})$  에 의해 주어지며, 여기서,  $I_{out}$ 는 출력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 출력 픽셀 방사조도이고;  $I_{high}$ 는 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;  $I_{mid}$ 는 수신 주파수들 중 중간 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;  $I_{low}$ 는 수신 주파수들 중 가장 낮은 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;  $\alpha_{high}$ 는 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수의 깊이 의존적  $\alpha$  값에 대응하고;  $\alpha_{mid}$ 는 수신 주파수들 중 중간 주파수의 깊이 의존적  $\alpha$  값에 대응한다.
- [0262] 예 30은 예 28의 주제를 포함하며, 상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,  $I_{out}(r, \theta) = I_{high} \cdot \alpha_{high}(r, \theta) + (1 - \alpha_{high}(r, \theta)) \cdot (\alpha_{mid}(r, \theta) \cdot I_{mid} + (1 - \alpha_{mid}(r, \theta)) \cdot I_{low})$  에 의해 주어지며, 여기서,  $r$ : 깊이;  $\theta$ : 각도;  $I_{out}(r, \theta)$ : 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 출력 픽셀 방사조도;  $I_{high}$ : 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수에 대한 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도;  $I_{mid}$ : 수신 주파수들 중 중간 주파수에 대한 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도;  $I_{low}$ : 수신 주파수들 중 가장 낮은 주파수에 대한 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도;  $\alpha_{high}$ : 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수의 알파 값; 및  $\alpha_{mid}$ : 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서 수신 주파수들 중 중간 주파수에서의 알파 값이다.
- [0263] 예 31은 예 25의 주제를 포함하며, 최대 및 최소 적응적 합성은, 각각의 픽셀 위치에 대해, N개의 입력 이미지 사이의 최대, 최소 및 평균 픽셀 방사조도들의 블렌딩을 이용하는 것을 포함한다.
- [0264] 예 32는 예 31의 주제를 포함하며, 상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,



$I_{out} = I_{max} \cdot \alpha_{max} + (1 - \alpha_{max}) \cdot (\alpha_{min} \cdot I_{min} + (1 - \alpha_{min}) \cdot I_{depth\_comp})$ 에 의해 주어지며, 여기서,  $I_{max}: MAX(I_{high}, I_{mid}, I_{low})$ ;  $I_{min}: MIN(I_{high}, I_{mid}, I_{low})$ ;  $I_{depth\_comp}$ 는 깊이 보상을 이용한 알파 블렌딩 후의 픽셀 위치에서의 픽셀 방사조도에 대응하고;  $\alpha_{max}$ 는  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , 또는  $I_{depth\_comp}$  중 적어도 하나에 기반한 최대 투명도 알파 값 계수에 대응하고,  $\alpha_{max}$ 는 0과 1 사이의 그리고 0과 1을 포함하는 설정된 제1 값을 가지며;  $\alpha_{min}$ 은  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , 또는  $I_{depth\_comp}$  중 적어도 하나에 기반한 최소 투명도 알파 값 계수에 대응하고,  $\alpha_{min}$ 은 설정된 제1 값과 상이하고 0과 1 사이의 그리고 0과 1을 포함하는 설정된 제2 값을 갖는다.

[0265] 예 33은 예 25의 주제를 포함하며, 예측 합성은, 제1 반사 주파수에 대응하는 제1 입력 이미지에서의 제1 영역에 대응하는 제1 전기 신호들과, 제2 반사 주파수에 대응하는 제2 입력 이미지에서의 제1 영역에 대응하는 제2 전기 신호들 사이의 관계를 결정하는 것; 및 관계에 기반하여, 제2 입력 이미지의 제2 영역에 대응하는 제3 전기 신호들을 예측하는 것을 포함한다.

[0266] 예 34는 예 33의 주제를 포함하며, 제2 영역에서의 픽셀의 픽셀 방사조도는,  $I_{FF2} = I_{FF1} \cdot I_{NF2} / I_{NF1}$ 에 의해 주어지며, 여기서, FF1은 제1 입력 이미지에서의 제2 영역이고; FF2는 제2 입력 이미지에서의 제2 영역이고; NF1은 제1 입력 이미지에서의 제1 영역이고; NF2는 제2 입력 이미지에서의 제1 영역이고;  $I_{FF2}$ 는 FF2에서의 픽셀 방사조도이고;  $I_{FF1}$ 은 영역 FF1에서의 픽셀 방사조도이고;  $I_{NF2}$ 는 영역 NF2에서의 픽셀 방사조도이고;  $I_{NF1}$ 은 영역 NF1에서의 픽셀 방사조도이다.

[0267] 예 35는 예 33의 주제를 포함하며, 제2 영역에서의 픽셀의 픽셀 방사조도는,  $I_{FF2} = I_{NF2} \times (I_{FF1} * PSF2_{inverse}) / (I_{NF1} * PSF1_{inverse})$ 에 의해 주어지며, 여기서, FF1은 제1 입력 이미지에서의 제2 영역이고; FF2는 제2 입력 이미지에서의 제2 영역이고; NF2는 제2 입력 이미지에서의 제1 영역이고;  $I_{FF2}$ 는 FF2에서의 픽셀 방사조도이고;  $I_{FF1}$ 은 영역 FF1에서의 픽셀 방사조도이고;  $I_{NF2}$ 는 영역 NF2에서의 픽셀 방사조도이고; PSF1은 제1 수신 주파수에 대한 포인트 확산 함수(PSF)에 대응하고; PSF2는 제2 수신 주파수에 대한 PSF에 대응하고;  $PSF1_{inverse}$ 는 디컨볼루션에 대응하는 PSF1의 역이고;  $PSF2_{inverse}$ 는 디컨볼루션에 대응하는 PSF2의 역이다.

[0268] 예 36은 예 33의 주제를 포함하며, ML 기반 합성은, 제1 영역이 근거리장 영역에 대응하는 것으로 결정하는 것; 제2 영역이 원거리장 영역에 대응하는 것으로 결정하는 것; 근거리장 영역을 복수의 서브영역들, 예를 들어 정사각형 서브영역들로 세그먼트화하는 것; 근거리장 영역에서 다수의 제1 입력 이미지들 및 다수의 제1 출력 이미지들에 기반하여 훈련 데이터 세트를 생성하는 것; 훈련 데이터 세트에 기반하여 제1 영역 내의 제1 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들과 제1 영역 내의 제2 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들 사이의 관계에 대한 ML 기반 모델을 개발하는 것; 및 모델에 기반하여 제2 영역 내의 제2 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들을 예측하는 것을 포함한다.

[0269] 예 37은 예 36의 주제를 포함하며, ML 기반 합성은 입력 이미지들의 중거리장 영역에서의 다수의 제1 입력 이미지들 및 다수의 제1 출력 이미지들에 기반하여 검증 데이터 세트를 생성하는 것, 및 훈련 데이터 세트 및 검증 데이터 세트에 기반하여 ML 기반 모델을 개발하는 것을 더 포함한다.

[0270] 예 38은 예 25의 주제를 포함하며, 컬러 도플러 합성은, 각각의 픽셀 위치에 대해, 깊이, 각도, 신호 대 잡음비, 흐름 속도 또는 전력에 관한 정보 중 적어도 하나에 기반하여 N개의 입력 이미지 사이의 각각의 픽셀 방사조도들을 결합하는 것을 포함한다.

[0271] 예 39는 예 38의 주제를 포함하며, 출력 이미지의  $RO_{out}$  및  $RI_{out}$ 는  $RO_{out} = \alpha \cdot RO_{out,max} + (1 - \alpha) \cdot RO_{out,mean}$  및  $RI_{out} = \alpha \cdot RI_{out,max} + (1 - \alpha) \cdot RI_{out,mean}$ 에 의해 주어지며, 여기서,  $RO_{out}$ : 최대 및 평균 제로 래그 자기상관들의 알파 블렌딩 값에 대응하는 제로 래그 출력;  $RI_{out}$ : 최대 및 평균 제1 래그 자기상관들의 알파 블렌딩 값에 대응하는 제1 래그 출력;  $\alpha$ : 알파 블렌딩에 대한 알파 값;  $RO_{out,max}$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관의 최대 제로 래그 출력 값;  $RI_{out,max}$ : 자기상관의 최대 제1 래그 출력 값;  $RO_{out,mean}$ : 이용될 알파 블렌딩에

대응하는 자기상관의 평균 제로 래그 출력 값;  $R1_{out,mean}$ : 자기상관의 평균 제1 래그 출력 값;  $R0_{in}(i)$  이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관에 대한 이미징 파형들의 주파수 대역에 대응하는 제0 래그 입력 값; 및  $R1_{in}(i)$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관에 대한 이미징 파형들의 주파수 대역에 대응하는 제1 래그 입력 값이다.

[0272] 예 40은 예 21 내지 예 24 중 어느 하나의 주제를 포함하며, 각각의 반사 주파수들은 1.75 MHz, 3.5 MHz 및 5.0 MHz를 포함하고, 전송된 초음파 파형의 기본 주파수가 1.75 MHz의 단일 주파수인 것; 또는 전송된 초음파 파형의 각각의 기본 주파수들이 1.75 MHz, 3.5 MHz 및 5.0 MHz를 포함하는 것 중 하나이다.

[0273] 예 41은 메모리, 및 메모리에 결합된 하나 이상의 프로세서를 포함하는 컴퓨팅 디바이스에서 수행되는 방법을 포함하며, 이 방법은, 전송된 초음파 파형의 결과로서 타겟 대상으로부터 반사된 반사 초음파 파형의 각각의 반사 주파수들에 기반한 전기 신호들을 동시에 수신하는 단계; 전기 신호들로부터의 정보를 합성하여 합성된 전기 신호들을 생성하는 단계; 및 합성된 전기 신호들에 기반하여 디스플레이 디바이스 상에 출력 이미지를 생성하게 하는 단계를 포함한다.

[0274] 예 42는 예 41의 주제를 포함하며, 각각의 반사 주파수들은 전송된 초음파 파형의 기본 주파수의 각각의 고조파들에 대응하고, 기본 주파수는 전송된 초음파 파형의 단일 주파수이다.

[0275] 예 43은 예 41의 주제를 포함하며, 전송된 초음파 파형은 반사 초음파 파형의 각각의 주파수들에 대응하는 기본 주파수들을 갖는 다중 모드 파형이다.

[0276] 예 44는 예 41의 주제를 포함하며, 정보를 합성하는 것은, 전기 신호들에 대해 예측 알고리즘을 구현하는 것 - 하나 이상의 프로세서는 타겟 대상의 제1 이미지 영역에 대응하는 제1 전기 신호들로부터의 정보를 이용하여 제1 이미지 영역과 상이한 타겟 대상의 제2 이미지 영역에 대한 예측 전기 신호들을 생성함 -; 및 제2 이미지 영역에서의 출력 이미지가 예측 전기 신호들에 대응하도록, 예측 전기 신호들을 이용하여 합성된 전기 신호들을 획득하는 것을 포함한다.

[0277] 예 45는 예 41의 주제를 포함하며, 반사 주파수들은 N개의 반사 주파수를 포함하고; 전기 신호들은 N개의 전기 신호 세트를 포함하고, 각각의 전기 신호 세트는 반사 주파수들 중 하나에 대응하고, N개의 전기 신호 세트는 타겟 대상의 N개의 입력 이미지에 대응하고; 개별 입력 이미지들은 각각의 픽셀 위치들에서의 픽셀들을 포함하고, N개의 입력 이미지의 각각의 픽셀 위치는 깊이 및 각도에 의해 정의되고; 정보를 합성하는 것은 N개의 전기 신호 세트로부터의 정보를 합성하는 것을 포함하고; 이 방법은 단순 평균화, 가중 평균화, 깊이 적응적 합성을 이용한 알파 블렌딩, 최대 및 최소 적응적 합성, 예측 합성, 측방향 주파수 합성 및 컬러 도플러 합성 중 적어도 하나를 이용하여 N개의 전기 신호 세트로부터의 정보를 합성하는 단계를 더 포함한다.

[0278] 예 46은 예 45의 주제를 포함하며, 합성 이전에 전기 신호들이 이득 보상 또는 동적 범위 보상을 받게 하는 단계를 더 포함한다.

[0279] 예 47은 예 45의 주제를 포함하며, 단순 평균화는, 각각의 픽셀 위치에 대해, N개의 입력 이미지에 걸쳐 각각의 픽셀 방사조도들의 단순 평균화 또는 가중 평균화 중 하나를 수행하는 것을 포함한다.

[0280] 예 48은 예 45의 주제를 포함하며, 깊이 적응적 합성을 이용한 알파 블렌딩은, 각각의 픽셀 위치에 대해, 대응하는 알파 승수만큼, N개의 입력 이미지 사이의 각각의 픽셀 방사조도들을 승산하는 것을 포함하고, 각각의 알파 승수는 하나 이상의 알파 값의 함수이고, 하나 이상의 알파 값은 상기 각각의 픽셀 위치의 깊이 또는 상기 각각의 픽셀 위치의 각도 중 적어도 하나의 함수이다.

[0281] 예 49는 예 48의 주제를 포함하며, 상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,  $I_{out} = I_{high} \cdot \alpha_{high} + (1 - \alpha_{high}) \cdot (\alpha_{mid} \cdot I_{mid} + (1 - \alpha_{mid}) \cdot I_{low})$  에 의해 주어지며, 여기서,  $I_{out}$ 는 출력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 출력 픽셀 방사조도이고;  $I_{high}$ 는 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;  $I_{mid}$ 는 수신 주파수들 중 중간 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;  $I_{low}$ 는 수신 주파수들 중 가장 낮은 주파수에 대응하는 입력 이미지에 대한 상기 각각의 픽셀 위치에 대한 픽셀 방사조도이고;  $\alpha_{high}$ 는 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수의 깊이 의존적  $\alpha$  값에 대응하고;  $\alpha_{mid}$ 는 수신 주파수들 중 중간 주파수

의 깊이 의존적  $\alpha$  값에 대응한다.

[0282] 예 50은 예 48의 주제를 포함하며, 상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,  $I_{out}(r, \theta) = I_{high} \cdot \alpha_{high}(r, \theta) + (1 - \alpha_{high}(r, \theta)) \cdot (\alpha_{mid}(r, \theta) \cdot I_{mid} + (1 - \alpha_{mid}(r, \theta)) \cdot I_{low})$  에 의해 주어지며, 여기서,  $r$ 은 깊이를 나타내고;  $\theta$ 는 각도를 나타내고;  $I_{out}(r, \theta)$ 는 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 출력 픽셀 방사조도이고;  $I_{high}$ 는 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수에 대한 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도이고;  $I_{mid}$ 는 수신 주파수들 중 중간 주파수에 대한 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도이고;  $I_{low}$ 는 수신 주파수들 중 가장 낮은 주파수에 대한 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서의 픽셀 방사조도이고;  $\alpha_{high}$ 는 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서 수신 주파수들 중 가장 높은 주파수의 알파 값에 대응하고;  $\alpha_{mid}$ 는 깊이  $r$  및 이미지 각도  $\theta$ 에서 수신 주파수들 중 중간 주파수에서의 알파 값에 대응한다.

[0283] 예 51은 예 45의 주제를 포함하며, 최대 및 최소 적응적 합성은, 각각의 픽셀 위치에 대해,  $N$ 개의 입력 이미지 사이의 최대, 최소 및 평균 픽셀 방사조도들의 블렌딩을 이용하는 것을 포함한다.

[0284] 예 52는 예 51의 주제를 포함하며, 상기 각각의 픽셀 위치에 대해, 출력 이미지에서의 출력 방사조도는,  $I_{out} = I_{max} \cdot \alpha_{max} + (1 - \alpha_{max}) \cdot (\alpha_{min} \cdot I_{min} + (1 - \alpha_{min}) \cdot I_{depth\_comp})$  에 의해 주어지며, 여기서,  $I_{max}: MAX(I_{high}, I_{mid}, I_{low})$ ;  $I_{min}: MIN(I_{high}, I_{mid}, I_{low})$ ;  $I_{depth\_comp}$ 는 깊이 보상을 이용한 알파 블렌딩 후의 픽셀 위치에서의 픽셀 방사조도에 대응하고;  $\alpha_{max}$ 는  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , 또는  $I_{depth\_comp}$  중 적어도 하나에 기반한 최대 투명도 알파 값 계수에 대응하고,  $\alpha_{max}$ 는 0과 1 사이의 그리고 0과 1을 포함하는 설정된 제1 값을 가지며;  $\alpha_{min}$ 은  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , 또는  $I_{depth\_comp}$  중 적어도 하나에 기반한 최소 투명도 알파 값 계수에 대응하고,  $\alpha_{min}$ 은 설정된 제1 값과 상이하고 0과 1 사이의 그리고 0과 1을 포함하는 설정된 제2 값을 갖는다.

[0285] 예 53은 예 45의 주제를 포함하며, 예측 합성은, 제1 반사 주파수에 대응하는 제1 입력 이미지에서의 제1 영역에 대응하는 제1 전기 신호들과, 제2 반사 주파수에 대응하는 제2 입력 이미지에서의 제1 영역에 대응하는 제2 전기 신호들 사이의 관계를 결정하는 것; 및 관계에 기반하여, 제2 입력 이미지의 제2 영역에 대응하는 제3 전기 신호들을 예측하는 것을 포함한다.

[0286] 예 54는 예 43의 주제를 포함하며, 제2 영역에서의 픽셀의 픽셀 방사조도는,  $I_{FF2} = I_{FF1} \cdot I_{NF2}/I_{NF1}$  에 의해 주어지며, 여기서,  $FF1$ 은 제1 입력 이미지에서의 제2 영역이고;  $FF2$ 는 제2 입력 이미지에서의 제2 영역이고;  $NF1$ 은 제1 입력 이미지에서의 제1 영역이고;  $NF2$ 는 제2 입력 이미지에서의 제1 영역이고;  $I_{FF2}$ 는  $FF2$ 에서의 픽셀 방사조도이고;  $I_{FF1}$ 은 영역  $FF1$ 에서의 픽셀 방사조도이고;  $I_{NF2}$ 는 영역  $NF2$ 에서의 픽셀 방사조도이고;  $I_{NF1}$ 은 영역  $NF1$ 에서의 픽셀 방사조도이다.

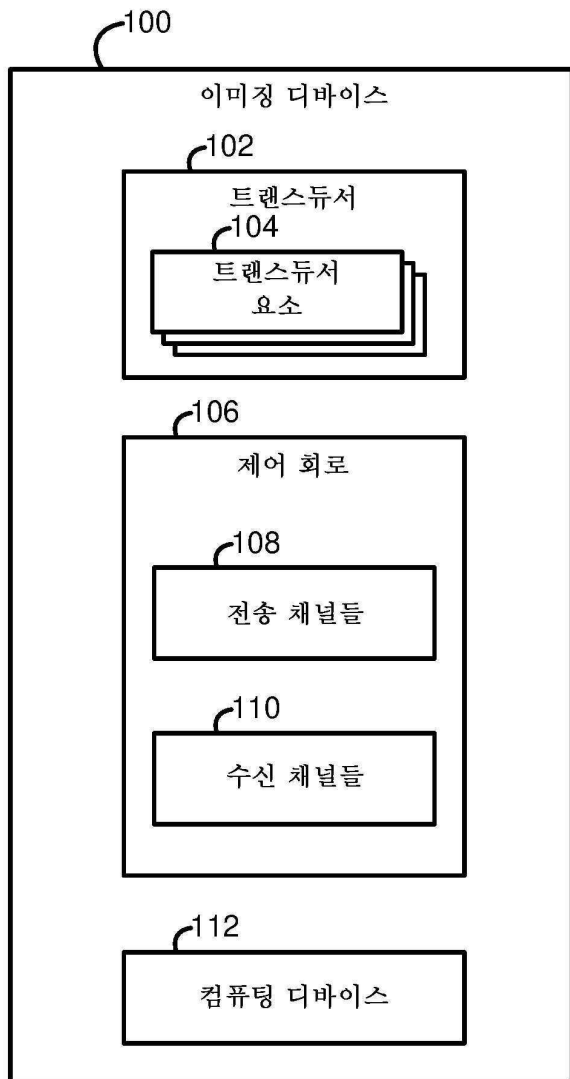
[0287] 예 55는 예 53의 주제를 포함하며, 제2 영역에서의 픽셀의 픽셀 방사조도는,  $I_{FF2} = I_{NF2} \times (I_{FF1} * PSF2_{inverse}) / (I_{NF1} * PSF1_{inverse})$  에 의해 주어지며, 여기서,  $FF1$ 은 제1 입력 이미지에서의 제2 영역이고;  $FF2$ 는 제2 입력 이미지에서의 제2 영역이고;  $NF2$ 는 제2 입력 이미지에서의 제1 영역이고;  $I_{FF2}$ 는  $FF2$ 에서의 픽셀 방사조도이고;  $I_{FF1}$ 은 영역  $FF1$ 에서의 픽셀 방사조도이고;  $I_{NF2}$ 는 영역  $NF2$ 에서의 픽셀 방사조도이고;  $PSF1$ 은 제1 수신 주파수에 대한 포인트 확산 함수(PSF)에 대응하고;  $PSF2$ 는 제2 수신 주파수에 대한 PSF에 대응하고;  $PSF1_{inverse}$ 는 디컨볼루션에 대응하는  $PSF1$ 의 역이고;  $PSF2_{inverse}$ 는 디컨볼루션에 대응하는  $PSF2$ 의 역이다.

[0288] 예 56은 예 53의 주제를 포함하며, ML 기반 합성은, 제1 영역이 근거리장 영역에 대응하는 것으로 결정하는 것; 제2 영역이 원거리장 영역에 대응하는 것으로 결정하는 것; 근거리장 영역을 복수의 서브영역들, 예를 들어 정사각형 서브영역들로 세그먼트화하는 것; 근거리장 영역에서 다수의 제1 입력 이미지들 및 다수의 제1 출력 이미지들에 기반하여 훈련 데이터 세트를 생성하는 것; 훈련 데이터 세트에 기반하여 제1 영역 내의 제1 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들과 제1 영역 내의 제2 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들 사이의 관계에 대한 ML 기반 모델을 개발하는 것; 및 모델에 기반하여 제2 영역 내의 제2 반사 주파수에서의 픽셀 방사조도들을 예측하는 것을 포함한다.

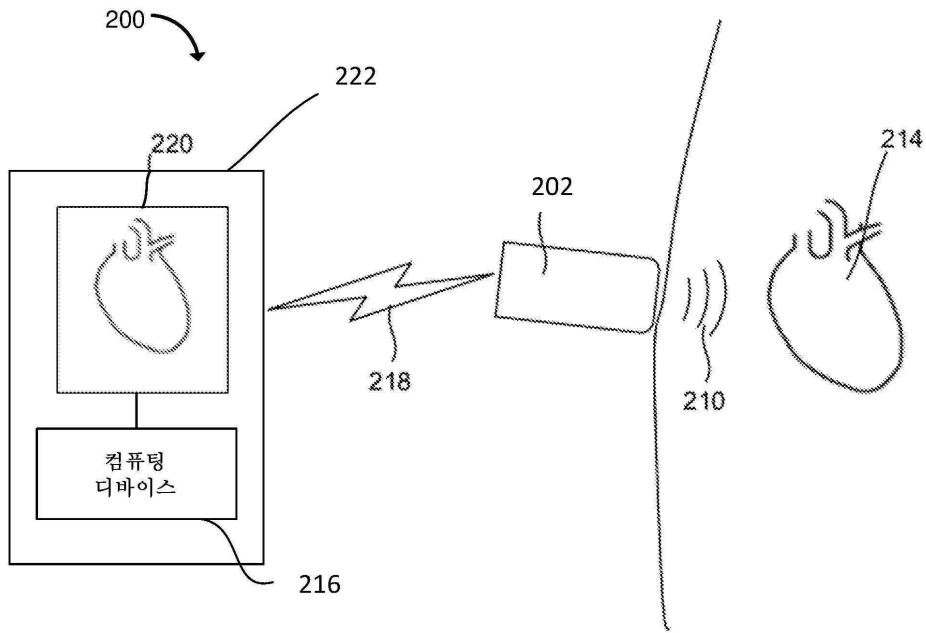
- [0289] 예 57은 예 56의 주제를 포함하며, ML 기반 합성은 입력 이미지들의 중거리장 영역에서의 다수의 제1 입력 이미지들 및 다수의 제1 출력 이미지들에 기반하여 검증 데이터 세트를 생성하는 것, 및 훈련 데이터 세트 및 검증 데이터 세트에 기반하여 ML 기반 모델을 개발하는 것을 더 포함한다.
- [0290] 예 58은 예 45의 주제를 포함하며, 컬러 도플러 합성은, 각각의 픽셀 위치에 대해, 깊이, 각도, 신호 대 잡음비, 흐름 속도 또는 전력에 관한 정보 중 적어도 하나에 기반하여 N개의 입력 이미지 사이의 각각의 픽셀 방사조도들을 결합하는 것을 포함한다.
- [0291] 예 59는 예 58의 주제를 포함하며, 출력 이미지의  $R0_{out}$  및  $R1_{out}$ 는  $R0_{out} = \alpha \cdot R0_{out,max} + (1 - \alpha) \cdot R0_{out,mean}$  및  $R1_{out} = \alpha \cdot R1_{out,max} + (1 - \alpha) \cdot R1_{out,mean}$ 에 의해 주어지며, 여기서,  $R0_{out}$ : 최대 및 평균 제로 래그 자기상관들의 알파 블렌딩 값에 대응하는 제로 래그 출력;  $R1_{out}$ : 최대 및 평균 제1 래그 자기상관들의 알파 블렌딩 값에 대응하는 제1 래그 출력;  $\alpha$ : 알파 블렌딩에 대한 알파 값;  $R0_{out,max}$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관의 최대 제로 래그 출력 값;  $R1_{out,max}$ : 자기상관의 최대 제1 래그 출력 값;  $R0_{out,mean}$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관의 평균 제로 래그 출력 값;  $R1_{out,mean}$ : 자기상관의 평균 제1 래그 출력 값;  $R0_{in}(i)$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관에 대한 이미징 파형들의 주파수 대역에 대응하는 제로 래그 입력 값; 및  $R1_{in}(i)$ : 이용될 알파 블렌딩에 대응하는 자기상관에 대한 이미징 파형들의 주파수 대역에 대응하는 제1 래그 입력 값이다.
- [0292] 예 60은 예 41의 주제를 포함하며, 각각의 반사 주파수들은 1.75 MHz, 3.5 MHz 및 5.0 MHz를 포함하고, 전송된 초음파 파형의 기본 주파수가 1.75 MHz의 단일 주파수인 것; 또는 전송된 초음파 파형의 각각의 기본 주파수들이 1.75 MHz, 3.5 MHz 및 5.0 MHz를 포함하는 것 중 하나이다.
- [0293] 예 61은 제41항 내지 제60항 중 어느 한 항의 방법을 수행하기 위한 수단을 포함하는 장치를 포함한다.
- [0294] 예 62는, 실행될 때, 하나 이상의 프로세서로 하여금 제41항 내지 제60항 중 어느 한 항의 방법을 수행하게 하는 저장된 복수의 명령어를 포함하는 하나 이상의 컴퓨터 판독가능한 매체를 포함한다.
- [0295] 예 63은 제1항 내지 제20항 중 어느 한 항의 장치를 포함하고, 사용자 인터페이스 디바이스를 더 포함하는 이미징 디바이스를 포함한다.
- [0296] 예 64는, 적어도 하나의 컴퓨터 프로세서에 의해 실행될 때, 적어도 하나의 프로세서로 하여금 예 21 내지 예 40 중 어느 하나의 방법을 수행할 수 있게 하도록 동작가능한 컴퓨터 실행가능한 명령어들을 포함하는 하나 이상의 유형의 컴퓨터 판독가능한 비일시적 저장 매체를 포함하는 제품을 포함한다.

도면

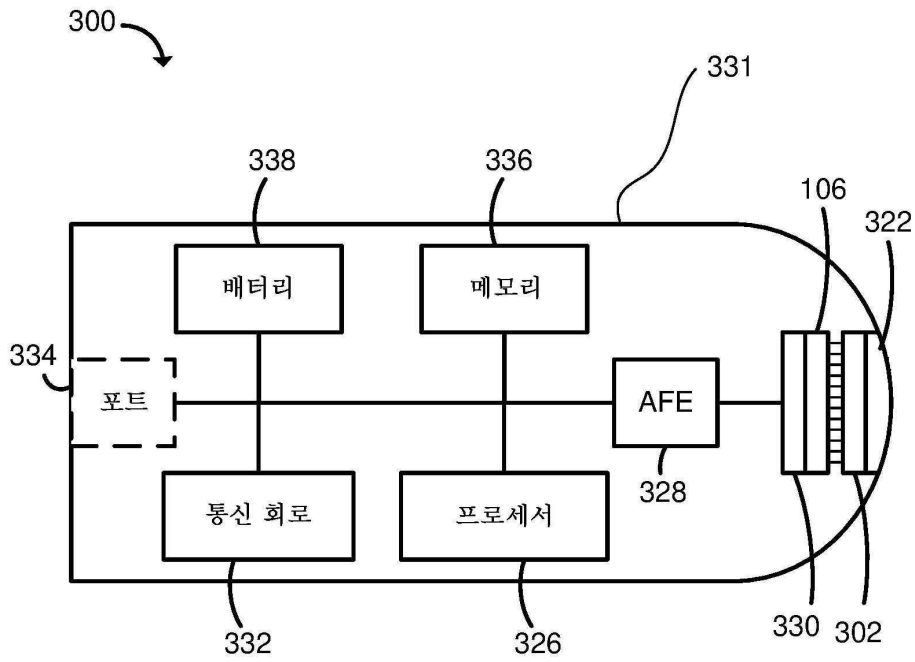
도면1



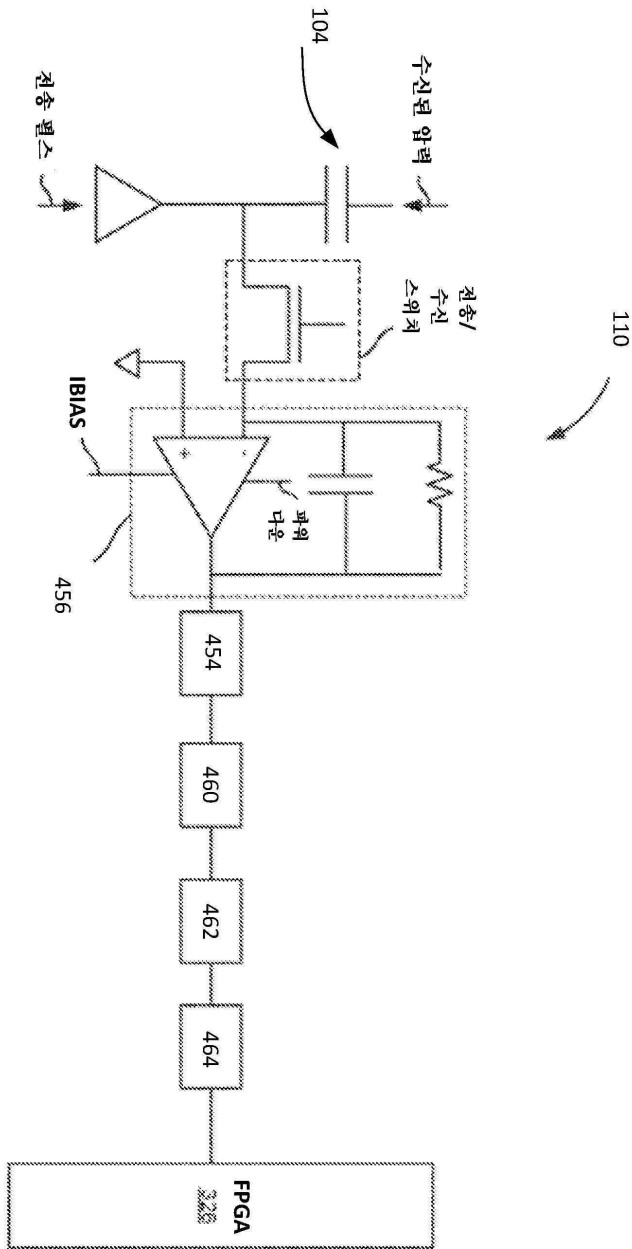
도면2



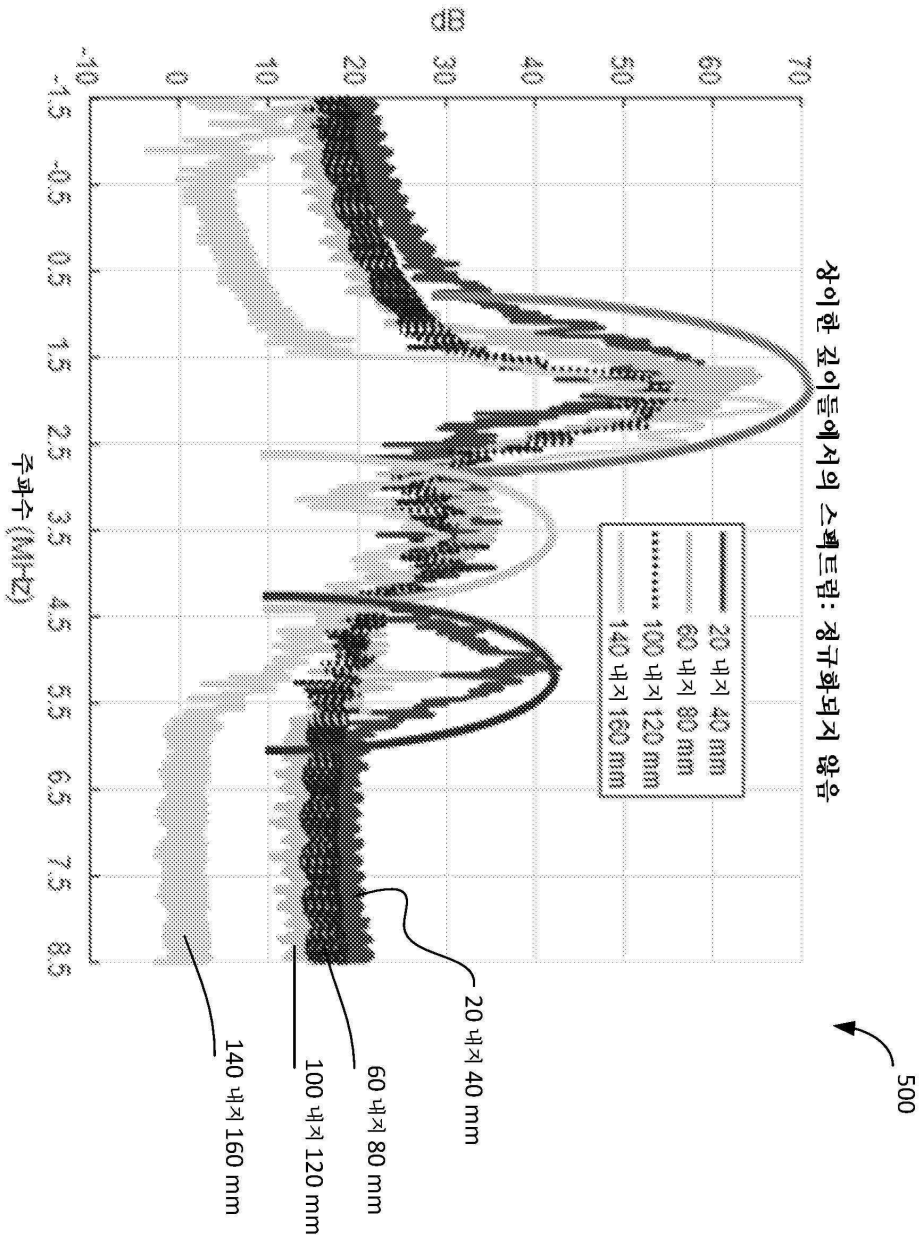
도면3



도면4

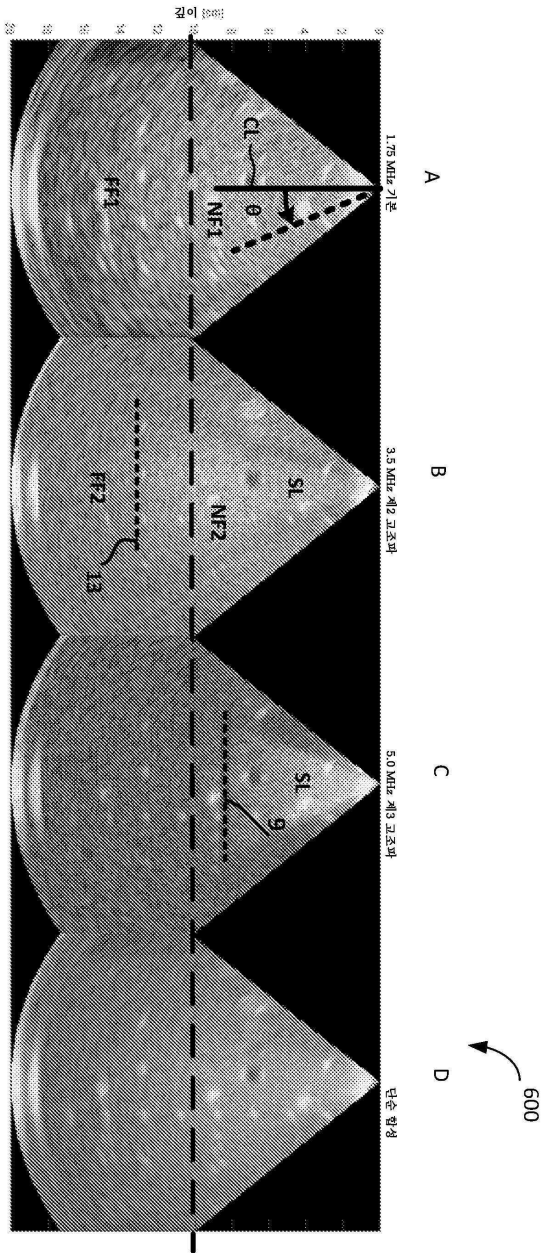


도면5

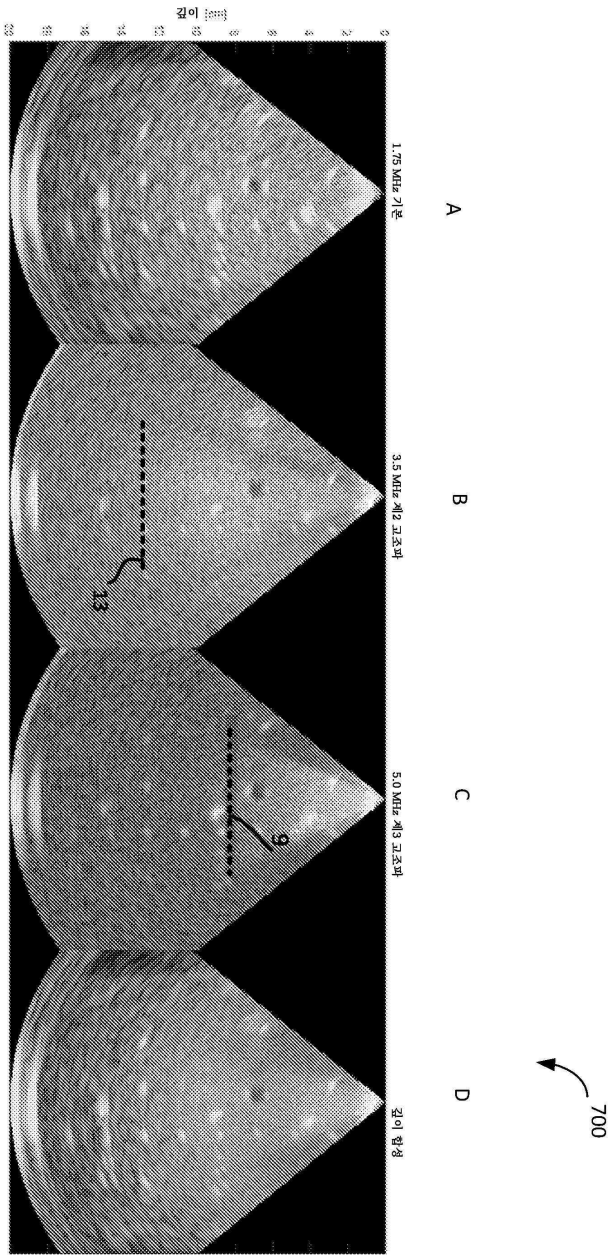




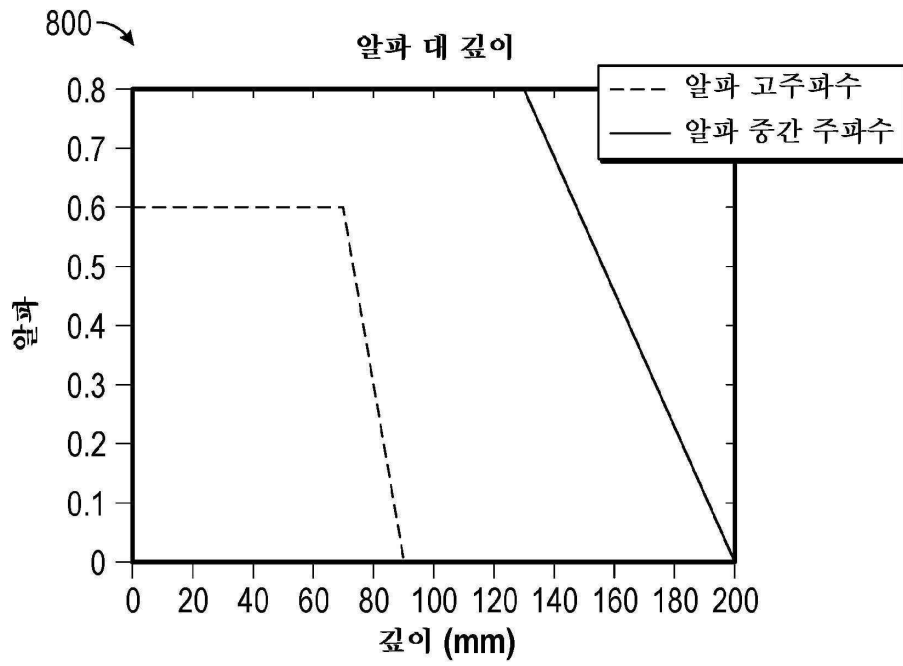
도면6



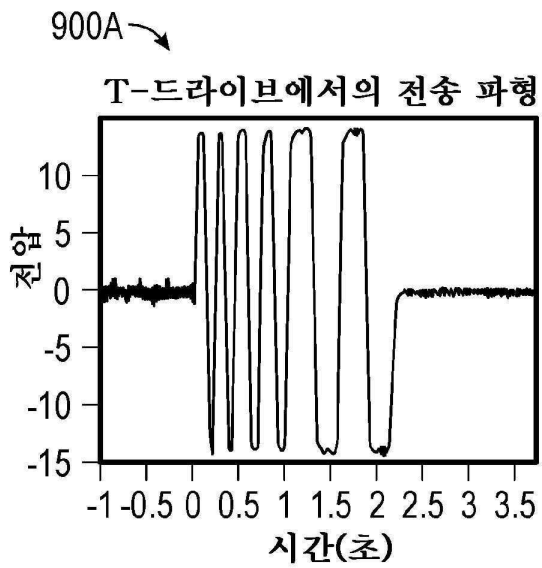
도면7



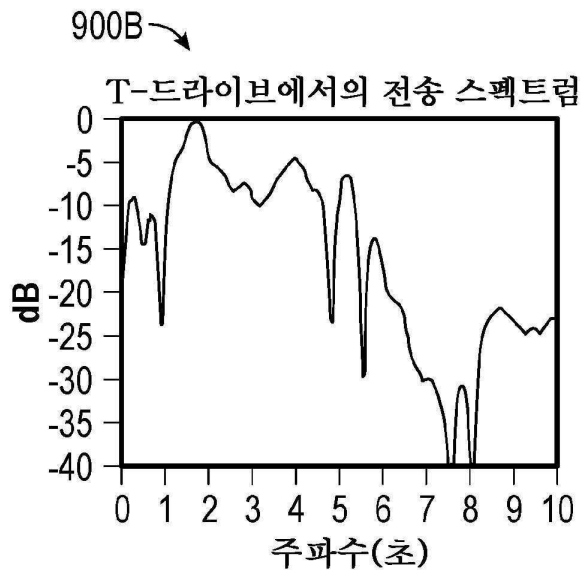
도면8



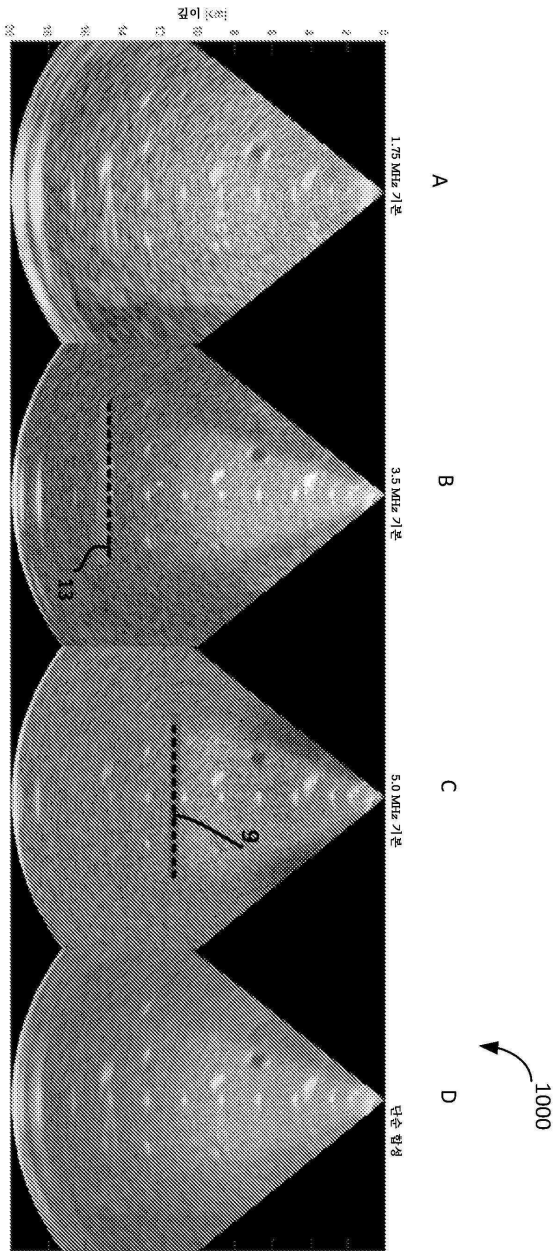
도면9a



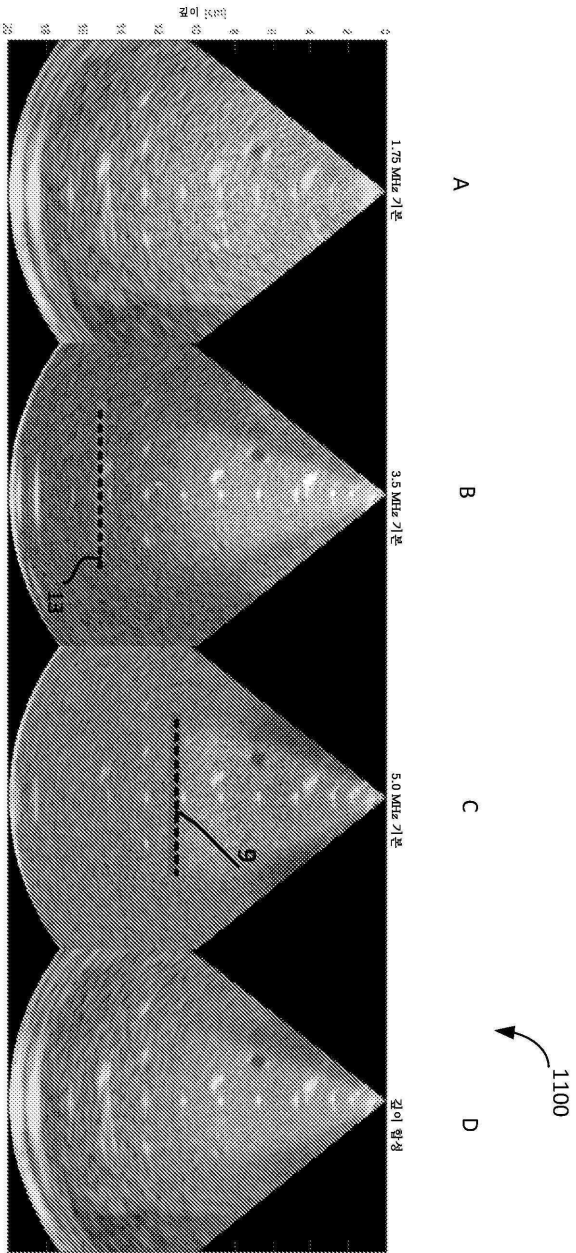
도면 9b



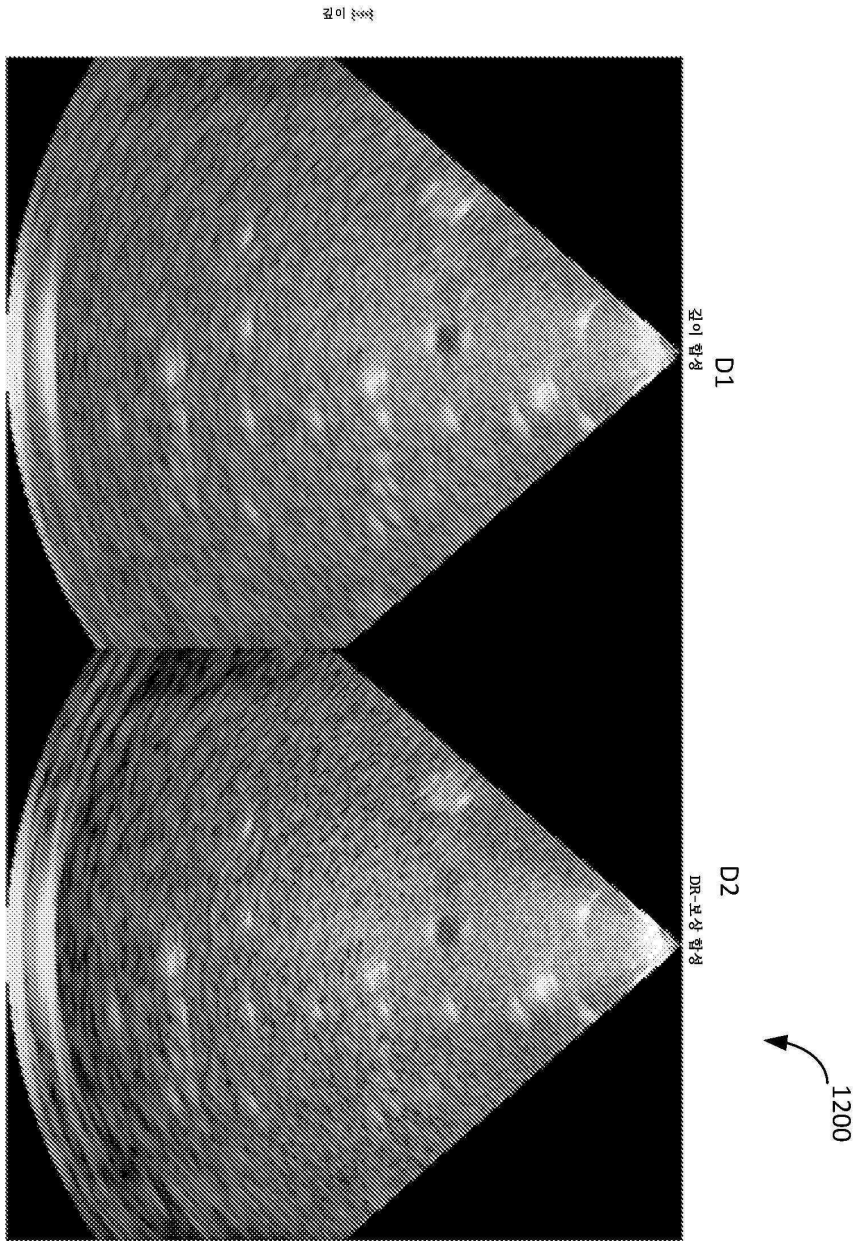
도면10



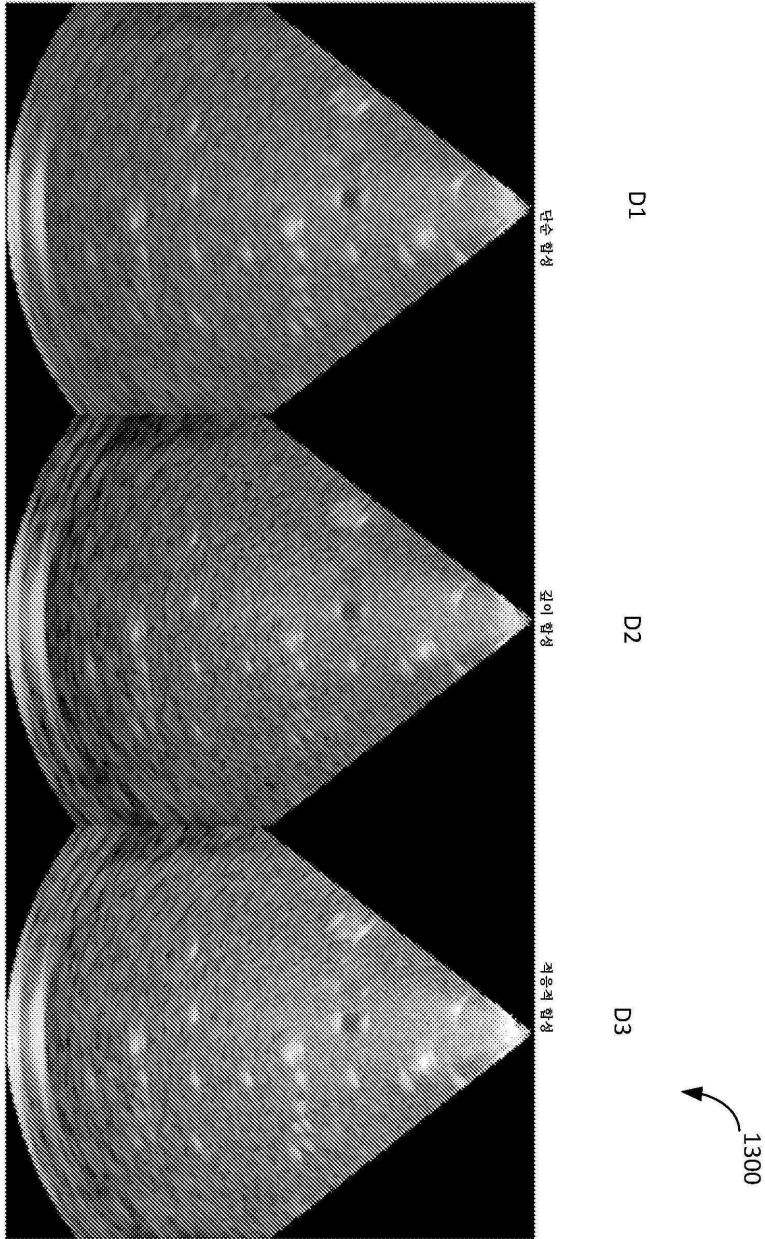
도면11



도면12



도면13





도면14

