



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0094774
(43) 공개일자 2018년08월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/00 (2006.01) A61B 8/08 (2006.01)
G01S 15/89 (2006.01) G01S 7/52 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 8/4461 (2013.01)
A61B 8/5207 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7029980
(22) 출원일자(국제) 2016년03월16일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2017년10월18일
(86) 국제출원번호 PCT/US2016/022723
(87) 국제공개번호 WO 2016/149427
국제공개일자 2016년09월22일
(30) 우선권주장
62/135,066 2015년03월18일 미국(US)

(71) 출원인
디지전 사이선씨즈 메디컬 컴패니, 엘엘씨
미국 92064 캘리포니아주 포웨이 스위트 100 퍼스트
아메리칸 웨이 12345
(72) 발명자
헤이스 제임스 제이.
미국 92064 캘리포니아주 포웨이 스위트 100 퍼스트
아메리칸 웨이 12345
프라이부르크 에반
미국 92064 캘리포니아주 포웨이 스위트 100 퍼스트
아메리칸 웨이 12345
크루제 더스틴
미국 92064 캘리포니아주 포웨이 스위트 100 퍼스트
아메리칸 웨이 12345
(74) 대리인
양영준, 김윤기

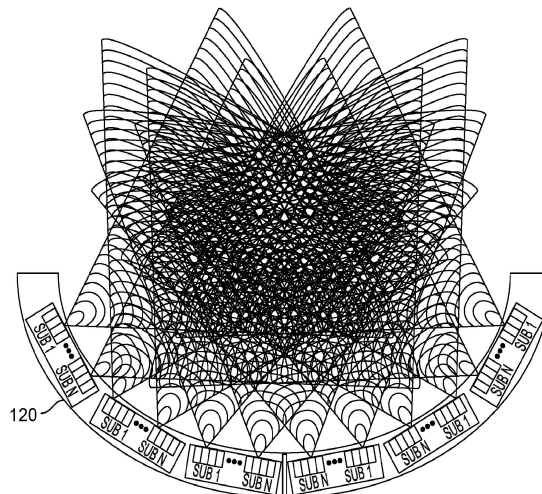
전체 청구항 수 : 총 29 항

(54) 발명의 명칭 합성 개구 초음파 시스템

(57) 요약

합성 개구 음향 촬영(synthetic aperture acoustic imaging), 범위-도플러 측정(range-Doppler measurement) 및 치료를 위한 시스템, 디바이스 및 방법이 개시된다. 한 합성 개구 음향 시스템은, 합성 개구 초음파(SAU; synthetic aperture ultrasound) 응용에서, 코히어런트, 확산-스펙트럼, 순간-광대역, 코딩된 파형들의, 생성, 전송, 수신, 및 처리를 가능하게 하도록 설계된 파형 생성 및 처리 디바이스와 음향 프로브 디바이스를 포함한다.

대표도 - 도12



(52) CPC특허분류

A61B 8/5223 (2013.01)

A61B 8/54 (2013.01)

G01S 15/8927 (2013.01)

G01S 15/8997 (2013.01)

G01S 7/52079 (2013.01)

G01S 7/52082 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

합성 개구 음향 파형 시스템(synthetic aperture acoustic waveform system)으로서,

- (i) 파형 생성 및 처리 디바이스, 및
- (ii) 음향 프로브 디바이스를 포함하고,

상기 파형 생성 및 처리 디바이스는 :

하나 이상의 파형 합성기와 통신하며 파형 생성기에 의해 제공되는 파형 정보에 따라 하나 이상의 파형을 생성하는 상기 파형 생성기, 및

데이터를 저장하는 메모리 및 상기 메모리에 결합되어 데이터를 처리하는 처리 유닛을 포함하는 제어기 유닛을 포함하고,

상기 음향 프로브 디바이스는 :

생물학적 피험체의 신체 구조와 인터페이스하는 성형된 섹션(shaped section)을 포함하는 하우징 본체,

상기 하우징 본체의 상기 성형된 섹션 상에 배열되어, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스에 의해 생성된 하나 이상의 파형에 대응하는 음향 파형을 상기 생물학적 피험체의 표적 체적을 향해 전송하고 상기 표적 체적의 적어도 일부로부터 귀환하는 귀환 음향 파형을 수신하는 트랜스듀서 요소들의 어레이를 포함하는 하나 이상의 트랜스듀서 세그먼트,

음향 결합 컴포넌트와 접촉할 때 상기 생물학적 피험체의 신체 구조와 상기 트랜스듀서 요소들 사이에서 상기 음향 파형을 전도하는 상기 음향 결합 컴포넌트, 및

상기 제어기 유닛 및 상기 트랜스듀서 요소들의 어레이와 통신하며, 상기 어레이의 하나 이상의 트랜스듀서 요소를 선택해 상기 파형을 대응하는 음향 파형으로 트랜스듀싱하고, 상기 어레이의 하나 이상의 트랜스듀서 요소를 선택해 상기 귀환 음향 파형을 수신하는 멀티플렉싱 유닛

을 포함하며,

상기 파형 생성 및 처리 디바이스는 :

상기 음향 프로브 디바이스의 상기 트랜스듀서 요소들의 어레이에 의해 수신된 귀환 음향 파형을, 상기 표적 체적의 적어도 일부의 정보를 포함하는 수신 파형으로서, 아날로그 포맷으로부터 디지털 포맷으로 변환하는 아날로그 대 디지털(A/D) 변환기들의 어레이,

상기 하나 이상의 파형 합성기와 통신하며 전송을 위해 상기 음향 프로브 디바이스에 제공되는 개개의 직교 코딩된 파형을 수정하는 하나 이상의 증폭기, 및

상기 음향 프로브 디바이스 및 상기 A/D 변환기들의 어레이와 통신하며 상기 A/D 변환기에 제공되는 상기 수신된 귀환 음향 파형을 수정하는 하나 이상의 전치증폭기

를 포함하는, 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제어기 유닛의 처리 유닛은, 상기 수신된 귀환 음향 파형을 처리하여 상기 표적 체적의 적어도 일부의 상기 정보를 포함하는 데이터 세트를 생성하도록 동작가능한, 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 저장된 데이터는, 상기 수신된 귀환 음향 파형의 디지털 포맷, 대응하는 합성된 파형, 및 각각 전송 및 수신 위치들에서, 전송하도록 동작되는 트랜스듀서 요소들 및 수신하도록 동작되는 트랜스듀서 요

소들의 대응하는 위치 데이터를 포함하는, 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 처리 유닛은 디지털 신호 프로세서를 포함하는, 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스는, 상기 제어기 유닛과 통신하며 상기 시스템의 요소들 중 적어도 하나에서 시간을 동기화하는 마스터 클록을 포함하는, 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스의 상기 제어기 유닛이 상기 표적 체적의 적어도 일부의 상기 정보를 포함하는 처리된 데이터를 컴퓨터에 전송하게끔 구성되도록, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스가 프로세서 및 메모리를 포함하는 상기 컴퓨터와 통신하는, 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 컴퓨터는 상기 정보에 기초하여 상기 표적 체적의 적어도 일부의 이미지를 생성하도록 구성되고, 상기 컴퓨터는, 상기 이미지를 디스플레이하는 시각적 디스플레이, 및 상기 시스템의 동작을 위한 동작 모드를 포함하는 사용자 입력 데이터를 수신하는 사용자 입력 단말을 포함하는, 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 제어기 유닛의 상기 처리 유닛은, 상기 수신된 귀환 음향 파형을 처리하여 상기 표적의 적어도 일부로부터의 범위 데이터 및 연관된 범위 레이트 데이터(range rate data)를 포함하는 상기 표적 체적의 적어도 일부의 정보를 포함하는 데이터 세트를 생성하도록 동작가능한, 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 음향 파형을 전송하도록 선택된 트랜스듀서 요소들은 상기 음향 파형을 전송하는 하나 이상의 전송 위치로, 1차원, 2차원 또는 3차원으로 이동하도록 동작가능한, 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 귀환 음향 파형을 수신하도록 선택된 트랜스듀서 요소들은 상기 귀환 음향 파형을 수신하는 하나 이상의 수신 위치로, 1차원, 2차원 또는 3차원으로 이동하도록 동작가능한, 시스템.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 음향 파형을 전송하고 상기 귀환 음향 파형을 수신하도록 선택된 트랜스듀서 요소들은, 각각, 상기 음향 파형을 전송하는 하나 이상의 전송 위치로 및 상기 귀환 음향 파형을 수신하는 하나 이상의 수신 위치로, 1차원, 2차원 또는 3차원으로 이동하도록 동작가능한, 시스템.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 트랜스듀서 요소들은, 다른 트랜스듀서 세그먼트로부터, 1차원, 2차원 또는 3차원으로 별개로 이동할 수 있는, 시스템.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 음향 파형을 전송하도록 선택된 트랜스듀서 요소들의 수는 상기 귀환 음향 파형을 전송하도록 선택된 트랜스듀서 요소들의 수보다 큰, 시스템.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 귀환 음향 파형을 수신하도록 선택된 트랜스듀서 요소들의 수는 상기 음향 파형을 전송하도록 선택된 트랜스듀서 요소들의 수보다 큰, 시스템.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 생물학적 피험체는 인간 또는 비인간 동물을 포함하는, 시스템.

청구항 16

제1항에 있어서, 상기 표적 체적은 상기 생물학적 피험체의 조직 구조를 포함하고, 상기 프로브 디바이스의 상기 성형된 섹션은 상기 생물학적 피험체의 신체 구조와 접촉하는, 시스템.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 신체 구조는, 복부, 흉부, 인후를 포함한 목, 팔, 다리, 무릎 관절, 둔부 관절, 발목 관절, 팔꿈치 관절, 어깨 관절, 허리 관절, 가슴, 생식기, 또는 두개골을 포함한 머리를 포함하는, 시스템.

청구항 18

제16항에 있어서, 상기 성형된 섹션은 상기 하우징 본체의 만곡형 섹션을 포함하고, 상기 만곡형 섹션은 상기 신체 구조와의 완전 접촉을 가능하게 하는 곡률을 가져, 상기 음향 결합 컴포넌트가 상기 신체 구조의 피부와 직접 접촉하게 하는, 시스템.

청구항 19

제16항에 있어서, 상기 생물학적 구조는, 양성 또는 비양성 종양, 내부 병변, 결합 조직 염좌, 조직 파열, 또는 뼈를 포함하는, 시스템.

청구항 20

제1항에 있어서, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스는 수학적 관계에 기초하여 특성규정되는 임의 파형(arbitrary waveform)을 생성하도록 동작가능한, 시스템.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스는 상기 임의 파형을 빔포밍 및 조향하도록 동작가능한, 시스템.

청구항 22

제20항에 있어서, 상기 임의 파형은, 직사각형 펄스, 삼각형 펄스, 가우스 펄스(Gaussian pulse), 정현파 펄스, 싱크 펄스(sinc pulse), 멕시코 모자 웨이브릿 펄스(Mexican hat wavelet pulse), Haar 웨이브릿 펄스, 선형 FM 처프 펄스(linear FM chirped pulse), 쌍곡선 FM 처프 펄스(hyperbolic FM chirped pulse), 또는 이들의 조합 중 하나 이상을 포함하는, 시스템.

청구항 23

제1항에 있어서, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스는, 상기 파형 생성기에 의해 제공된 상기 파형 정보에 따라 상기 하나 이상의 파형 합성기에 의해 생성된 상이한 주파수 대역들에 대응하는 개개의 직교 코딩된 파형들 중 2개 이상을 포함하는 복합 파형을 생성하도록 동작가능하고, 상기 개개의 직교 코딩된 파형들은 서로 상호 직교하고 상이한 주파수 대역들에 대응하여, 상기 개개의 직교 코딩된 파형들 각각이 대응하는 위상을 갖는 고유 주파수를 포함하게 하는, 시스템.

청구항 24

제23항에 있어서, 상기 개개의 직교 코딩된 파형들 각각은, 각각, 개별적으로 진폭 가중되고 개별적으로 위상 가중된 복수의 진폭 및 복수의 위상을 포함하는, 시스템.

청구항 25

제23항에 있어서, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스는, 각각의 개개의 직교 코딩된 파형의 주파수 대역, 진폭, 시간-대역폭 곱 파라미터, 및 위상 파라미터를 결정하도록 동작가능한, 시스템.

청구항 26

제25항에 있어서, 상기 위상 파라미터는, 의사-난수 세트 또는 결정론적 수들의 세트로부터 결정되는, 시스템.

청구항 27

제23항에 있어서, 상기 개개의 직교 코딩된 파형들은 코히어런트 파형들을 포함하는, 시스템.

청구항 28

제23항에 있어서,

상기 파형 생성 및 처리 디바이스와 통신하며, 상기 음향 파형을 전송하고 상기 귀환 음향 파형을 수신하는 제2 음향 프로브 디바이스를 더 포함하는 시스템.

청구항 29

제23항에 있어서,

상기 파형 생성 및 처리 디바이스와 통신하며, 하나 이상의 파형을 상기 음향 프로브 디바이스 또는 복수의 음향 프로브 디바이스에 제공하기 위한 추가 채널들을 제공하는 제2 파형 생성 및 처리 디바이스를 더 포함하는 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원의 상호참조

[0002] 본 출원은 2015년 3월 18일 출원된 미국 특허 가출원 번호 제62/135,066호의 우선권 혜택을 주장한다. 앞서 언급된 특허 출원의 전체 내용은 본 문서의 개시의 일부로서 참조로 포함된다.

[0003] 본 특허 문서는, 음향 에너지 진단 및 치료를 위한 시스템, 디바이스 및 프로세스에 관한 것이다.

배경 기술

[0004] 음향 촬영(acoustic imaging)은 매체를 통해 이동하는 음파의 특성을 이용하여 시각적 이미지를 렌더링하는 촬영 방식이다. 고주파 음향 촬영은 동물 및 인간의 내부 구조와 기능을 보기 위해 다양한 생체의학 분야에서 수십 년 동안 촬영 양식으로서 이용되어 왔다. 생체의학 촬영에 이용되는 고주파 음향 파는, 상이한 주파수들, 예를 들어, 1 내지 20 MHz, 또는 훨씬 더 높은 주파수에서 동작할 수 있고, 종종 초음파라고 불린다. 부적절한 공간 해상도 및 조직 구분을 비롯한 몇 가지 요인으로 인해, 기존의 초음파 촬영 기술을 이용하여 원하는 이미지 품질을 달성할 수 없어서, 많은 임상 증상이나 응용에 대한 그 이용이 제한될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0005] 합성 개구 음향 촬영(synthetic aperture acoustic imaging), 범위-도플러 측정(range-Doppler measurement) 및 치료를 위한 시스템, 디바이스 및 방법이 개시된다. 한 실시예에서, 합성 개구 음향 파형 시스템은, 파형 생성 및 처리 디바이스(waveform generation and processing device)와 음향 프로브 디바이스(acoustic probe device)를 포함한다. 파형 생성 및 처리 디바이스는 하나 이상의 파형 합성기와 통신하며 파형 생성기에 의해 제공되는 파형 정보에 따라 하나 이상의 파형을 생성하는 상기 파형 생성기와, 데이터를 저장하는 메모리 및 메모리에 결합되어 데이터를 처리하는 처리 유닛을 포함하는 제어기 유닛을 포함한다. 음향 프로브 디바이스는, 생물학적 피험체의 신체 구조와 인터페이스하는 성형된 섹션(shaped section)을 포함하는 하우징 본체와, 하우징 본체의 성형된 섹션 상에 배열되어 파형 생성 및 처리 디바이스에 의해 생성된 하나 이상의 파형에 대응하는

음향 파형을 생물학적 피험체의 표적 체적을 향해 전송하고 표적 체적의 적어도 일부로부터 귀환하는 귀환 음향 파형을 수신하는 트랜스듀서 요소들의 어레이를 포함하는 하나 이상의 트랜스듀서 세그먼트를 포함한다. 음향 프로브 디바이스는, 음향 결합 컴포넌트와 접촉할 때 생물학적 피험체의 신체 구조와 트랜스듀서 요소들 사이에서 음향 파형을 전도하는 음향 결합 컴포넌트와, 제어기 유닛 및 트랜스듀서 요소들의 어레이와 통신하여 어레이의 하나 이상의 트랜스듀서 요소를 선택해 파형을 대응하는 음향 파형으로 트랜스듀싱하고, 상기 어레이의 하나 이상의 트랜스듀서 요소를 선택해 귀환 음향 파형을 수신하는 멀티플렉싱 유닛을 더 포함한다.

[0006]

상기 언급된 실시예에서, 파형 생성 및 처리 디바이스는, 음향 프로브 디바이스의 트랜스듀서 요소들의 어레이에 의해 수신된 귀환 음향 파형을, 표적 체적의 적어도 일부의 정보를 포함하는 수신 파형으로서, 아날로그 포맷으로부터 디지털 포맷으로 변환하는 아날로그 대 디지털(A/D) 변환기들의 어레이와, 하나 이상의 파형 합성기와 통신하여 전송을 위해 음향 프로브 디바이스에 제공되는 개개의 적고 코딩된 파형을 수정하는 하나 이상의 증폭기를 포함한다. 파형 생성 및 처리 디바이스는, 음향 프로브 디바이스 및 A/D 변환기들의 어레이와 통신하며 A/D 변환기들에 제공되는 수신된 귀환 음향 파형을 수정하는 하나 이상의 전치증폭기를 더 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0007]

도 1은 개시된 기술의 합성 개구 음향 시스템의 한 예시적인 실시예의 블록도를 도시한다.

도 2a는 64-채널 전송/수신 전자 모듈(TREM; transmit/receive electronics module)의 한 예시적인 아키텍처의 블록도를 도시한다.

도 2b는 예시적인 TREM 유닛의 이미지를 도시한다.

도 2c는 인쇄 회로 기판 상의 TREM 유닛의 예시적인 백플레인의 도면을 도시한다.

도 2d는 예시적인 합성 개구 음향 시스템의 데이터 흐름도를 도시한다.

도 3a는 TREM 유닛의 예시적인 제어 유닛의 블록도를 도시한다.

도 3b는 제어 유닛을 이용한 클로킹(clocking)의 블록도를 도시한다.

도 3c는 TREM 유닛의 제어 유닛을 포함하는 예시적인 인쇄 회로 기판 설계를 도시한다.

도 4a는 TREM 유닛의 Tx/Rx 카드의 예시적인 회로의 블록도를 도시한다.

도 4b는 Tx/Rx 회로의 16-채널 선택 회로의 블록도를 도시한다.

도 4c는 Tx/Rx 카드를 통해 동작되는 클로킹의 블록도를 도시한다.

도 4d는 TREM 유닛의 Tx/Rx 카드의 예시적인 인쇄 회로 기판 설계를 도시한다.

도 5는 TREM 유닛의 전력 증폭기의 예시적인 인쇄 회로 기판 설계를 도시한다.

도 6은 TREM 유닛의 프로브 인터페이스 어댑터의 예시적인 인쇄 회로 기판 설계를 도시한다.

도 7a는 예시적인 음향 프로브 디바이스의 분해 개략도를 도시한다.

도 7b는 음향 프로브 디바이스의 예시적인 실시예의 개략도를 도시한다.

도 8은 예시적인 음향 프로브 디바이스의 트랜스듀서 어레이 L0 프로브 유닛에 대한 예시적인 인쇄 회로 기판 설계를 도시한다.

도 9는 TREM 유닛과 예시적인 프로브 디바이스 사이의 프로브 데이터에 대한 예시적인 데이터 흐름도를 도시한다.

도 10은 예시적인 프로브 디바이스의 멀티플렉서 유닛들의 블록도를 도시한다.

도 11은 트랜스듀서 세그먼트들 상의 예시적인 트랜스듀서 요소 배열의 블록도를 도시한다.

도 12는 음향 프로브의 180° 곡률을 따라 복수의 전송 위치로부터 합성 개구 빔을 형성하는 복수의 트랜스듀서 세그먼트 상의 트랜스듀서 서브-어레이들에 의해 생성된 예시적인 복합 초음파 빔의 도면을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008]

본 설명에서, "예시적인"이라는 용어는, 예, 사례, 또는 예시로서 역할한다는 것을 의미하기 위해 사용된다.

여기서 "예시적인"이라고 설명된 임의의 실시예 또는 설계는 다른 실시예 또는 설계에 비해 반드시 바람직하거나 유익한 것으로 해석되는 것은 아니다. 오히려, 예시적인이라는 용어의 사용은 개념을 구체적인 방식으로 나타내기 위한 것이다.

[0009] 음향 촬영은, 조직(tissue)을 포함한 생물학적 매체 등의 물리적 탄성 매체 내에서 음향 파형(예를 들어, 펄스)을 방출함으로써 수행될 수 있다. 음향 파형은, (예를 들어, 트랜스듀서 요소들의 어레이의) 트랜스듀서 요소로부터 표적 관심 체적(VOI; volume of interest)을 향해 전송된다. 표적 체적을 향한 매체에서의 음향 파형의 전파는, 음향 파형이 2개의 매체(예를 들어, 상이한 생물학적 조직 구조들) 사이의 경계로부터 부분적으로 반사되고 부분적으로 전달되게 하는 구조를 만날 수 있다. 전송된 음향 파형의 반사는 2개의 매체 사이의(예를 들어, 2개의 상이한 생물학적 조직 유형 사이의 계면에서의) 음향 임피던스 차이에 의존할 수 있다. 예를 들어, 전송된 음향 파형의 음향 에너지의 일부는 계면에서 트랜스듀서로 다시 산란되어 수신되고, 처리되어, 정보를 추출할 수 있는 반면, 나머지는 계속 이동하여 다음 매체로 진행할 수 있다. 일부 경우에, 반사의 산란은, 산란 중심으로서 작용하는 반사 매체에 포함된 2개 이상의 임피던스의 결과로서 발생할 수 있다. 추가로, 예를 들어, 음향 에너지는, 매체의 특성 및/또는 음향 파의 성질에 기초하여 굴절, 회절, 지연, 및/또는 감쇠될 수 있다.

[0010] 음향 촬영 시스템 트랜스듀서는 압전 요소(piezoelectric element)들의 어레이를 이용하여 음향 펄스를 표적 VOI(예를 들어, 표적 생물학적 조직)를 향해 전송하고 그 내부의 산란 구조로부터 귀환하는 귀환 음향 신호(에코)를 수신할 수 있다. 이러한 시스템에서, 트랜스듀서 어레이는 촬영 시스템의 개구(aperture)로서 기능한다. 음향 파형(예를 들어, 초음파 펄스)은, 평면 또는 체적을 통해 펄스 시퀀스로서 전자적으로 조향되고 포커싱될 수 있으며, 표적의 이미지를 형성하는데 이용되는 귀환 에코의 1D, 2D 및/또는 3D 맵을 생성하는데 이용될 수 있다. 빔포밍(beamforming)은 전송 및 수신 양쪽 모두에서 발생할 수 있다. 예를 들어, 전송에서, 빔포밍은, 빔을 형성, 포커싱 및 조향하기 위해 채널들 사이의 위상차의 이용을 포함할 수 있다. 일부 구현에서, 트랜스듀서 어레이에서 전송 및 수신되는 초음파 펄스 및 귀환 에코는 어레이의 각각의 트랜스듀서에서 시간적으로 개별적으로 지연되어 위상 어레이로서 작용할 수 있다.

[0011] 종래의 실제 개구 초음파 촬영 시스템에서, 이미지의 품질은 초음파 시스템의 트랜스듀서에 의해 생성된 음향(acoustic field)에 직접적으로 의존하고, 이미지는 통상적으로, 한번에 하나의 축 방향 이미지 라인씩 순차적으로 취득된다(즉, 표적 영역 범위의 슬라이스별 스캔). 이것은, 예를 들어 움직이는 표적의 촬영을 포함한, 다양한 실시간 초음파 촬영 응용에서 해로울 수 있는, 촬영 동안의 프레임 속도에 대한 제한을 설정한다.

[0012] 종래의 실제 개구 초음파 촬영에서의 제한을 해결하기 위해, 합성 개구 초음파 촬영을 이용하여 초음파 이미지의 품질을 향상시킬 수 있다. "합성 개구(synthetic aperture)"는, 위상 중심이 특정한 또는 임의의 형상의 알려진 1차원(1D), 2차원(2D), 및/또는 3차원(3D) 경로를 따라 움직이는, VOI를 검사하기 위한 하나 이상의 더 작은 실제의 부개구(sub-aperture)를 연속적으로 이용하여 이미지 취득을 위한 더 큰 유효(비-실제) 개구를 구현하는 개념이다. 합성 개구는, 전기-음향 트랜스듀서(예를 들어, 트랜스듀서 어레이)의 공간적 위치를 연속적인 빔 전송 및/또는 수신 위치들로 기계적으로 변경함으로써, 또는 전기 음향 트랜스듀서 어레이 상의 연속적인 빔 전송 및/또는 수신 위치들의 위상 중심을 전자적으로 변경함으로써, 또는 양쪽 모두의 조합에 의해 형성될 수 있다. 합성 개구-기반의 촬영은, 원래, 레이더 시스템에서, 상공으로부터 관심 지역을 스캔하는 항공기로부터 지상의 넓은 지역을 촬영하기 위해 이용되었다. 초음파 촬영에서 합성 개구 포커싱은, 초음파 전송 요소로부터 VOI 위치까지의 기하학적 거리 및 그 위치로부터 다시 초음파 수신 요소까지의 거리에 기초한다. 초음파 촬영에서, 합성 개구의 이용은, 모든 방향으로부터 복수의 전송기 및 수신기 위치들에서 기록된, 귀환 에코(예를 들어, 단안정적(mono-static) 및 쌍안정적(bi-static) 에코)의 수신된 진폭 및 위상 데이터를 분석함으로써 표적 영역 내의 한 지점 상의 포커싱을 가능하여, 전체 영역에 대한 정보를 제공한다. 귀환된 에코의 방향은 하나의 수신기 채널만으로 결정될 수 없기 때문에, 많은 수신기 채널들이 이용되어, 채널들의 일부 또는 전체에 걸쳐 처리되는 귀환 에코에 포함된 정보를 결정하여, 궁극적으로 표적 영역의 이미지를 생성하는데 이용되는 정보를 렌더링한다.

[0013] 합성 개구 음향 촬영(synthetic aperture acoustic imaging), 범위-도플러 측정(range-Doppler measurement) 및 치료를 위한 시스템, 디바이스 및 방법이 개시된다. 일부 구현에서, 개시된 합성 개구 음향 시스템은, 합성 개구 초음파(SAU; synthetic aperture ultrasound) 응용에서, 코히어런트, 확산-스펙트럼, 순간적-광대역, 코딩된 파형을, 생성, 전송, 수신 및 처리하도록 설계된 아키텍처를 포함한다.

[0014] 개시된 SAU 시스템은, 예를 들어, 기존 초음파 촬영 기술과 비교하여, 고선명(HD) 및 향상된, 이미지 품질, 콘

트라스트 및 해상도를 제공할 수 있고, 표적 VOI에서 촬영된 구조의 조직 구분 및 분류를 가능하게 할 수 있다. 개시된 SAU 시스템은, 예를 들어 임의의 선형 또는 비선형 파형 또는 코딩된 파형을 포함한, 복수의 유형의 파형을, 생성, 송수신, 및 처리하는 전문화된 하드웨어 설계를 포함한다. 임의의 파형 또는 코딩된 파형은, 코히어런트, 순간적으로 송수신될 수 있고, 및/또는 스펙트럼의 선택된 영역 또는 영역들에 걸쳐 확산될 수 있다. 개시된 기술의 SAU 시스템은, 선택된 트랜스듀서 요소들에서 개개의 임의의 파형 또는 코딩된 파형을 생성하여, SAU 시스템의 트랜스듀서 어레이의 하나 또는 복수의 전송 위치들로부터 표적 VOI를 향해 (음향 파형으로서) 전송될 각각 2개 이상의 개개의 파형으로 구성된 하나 이상의 복합 파형을 형성하고, 트랜스듀서 어레이의 하나 또는 복수의 수신 위치들로부터 귀환 음향 파형을 수신할 수 있다. 한 예에서, 일부 또는 전부가 코딩된 파형일 수 있는 3개의 개개의 임의의 파형의 복합 파형은, 개시된 SAU 시스템에 의해 생성되고 다양한 선택된 트랜스듀서 요소들에서의 전송/수신 위치로부터 송수신되며, 여기서, 제1 개개의 임의의 또는 코딩된 파형은 제1 중심 주파수 ω_1 을 포함하고, 제2 개개의 임의의 또는 코딩된 파형은 제2 중심 주파수 ω_2 를 포함하며, 제3 개개의 임의의 또는 코딩된 파형은 제3 중심 주파수 ω_3 을 포함하고, 각각의 개개의 파형은 동일하거나 상이한 진폭 또는 위상으로 생각된다.

[0015] 예를 들어, 시스템 아키텍처는, 빔포밍되거나, 전송되거나, 조향되거나 및/또는 포커싱될 임의의 파형(예를 들어, 수학적으로 기술됨)을 생성하는 능력을 제공한다. 유사하게, 예를 들어, 시스템은 표적 VOI를 향해 전송되고 표적 VOI로부터 수신되는 2개 이상의 개개의 코딩된 파형으로 형성된 복합 파형의 생성을 허용한다. 복합 파형의 개개의 코딩된 파형은 서로 상호 직교하고 상이한 주파수 대역들에 있어서, 개개의 상호직교 코딩된 파형들 각각이 대응하는 위상을 갖는 고유 주파수를 포함한다. 트랜스듀서 어레이의 전송 및 수신 위치들은, 트랜스듀서 어레이의 트랜스듀서 요소들 중 선택된 트랜스듀서 서브어레이로부터 각각 송수신되는 복합 파형에 대해 표적 VOI에 관한 트랜스듀서 어레이의 선택된 공간적 위치들을 포함할 수 있다. 트랜스듀서 어레이의 전송 및 수신 위치들은, 트랜스듀서 어레이의 선택된 트랜스듀서 서브어레이로부터 각각 송수신되는 복합 파형에 대해 트랜스듀서 어레이의 선택된 빔 위상 중심 위치들을 포함할 수 있다.

[0016] 개시된 코히어런트, 확산-스펙트럼, 순간-광대역, 코딩된 파형에 관한 추가 정보는, 본 개시내용의 일부로서 본 특허 문서에 참조에 의해 포함되는, (공개 번호 제2015/0080725호로 미국 특허 출원으로서 공개된) 발명의 명칭이 "COHERENT SPREAD-SPECTRUM CODED WAVEFORMS IN SYNTHETIC APERTURE IMAGE FORMATION"인 미국 특허 번호 제8,939,909호 및 미국 특허 출원 제14/479,249호에 기술되어 있다.

[0017] 개시된 SAU 시스템의 구현에서 코히어런트 파형의 이용은, 예를 들어, 전송된 파형 등의, 선택된 기준 신호와 에코 귀환의 일부 또는 전체의 복소 상관을 허용할 수 있다. 이러한 코히어런트 복소 상관은 이미지 및 신호 아티팩트의 감소 및 더 낮은 신호 대 잡음비 및 간섭의 존재하에서의 데이터 추출을 허용한다.

[0018] 개시된 SAU 시스템의 구현에서 확산-스펙트럼 신호의 이용은, 고의적이고 명시적인 진폭 및 위상 주파수 내용을 갖는 음향 파형의 확실한 설계를 허용할 수 있다. 예를 들어, 확산 스펙트럼 복합 음향 파형의 각각의 주파수 성분의 진폭 및/또는 위상을 명시적으로 정의함으로써, 신호 및 정보 처리 기술을 이용하여 에코 귀환으로부터, 예를 들어, 수학적 한계에 접근하는, 최대의 정보량을 추출할 수 있다.

[0019] 개시된 SAU 시스템의 구현에서 순간 코히어런트, 광대역, 확산-스펙트럼, 코딩된 파형의 이용은, 각각의 전송-수신 구간 동안 모든 가용 정보의 포착을 가능하게 할 수 있어서, 예를 들어, 살아있는 생물 표본의 불균질적인, 역동적 특성, 및 수집 과정의 움직임 유도된 아티팩트에 의한 귀환 신호의 손상을 최소화할 수 있다. 추가로, (예를 들어, 벌크 모듈러스, 밀도, 감쇠, 음향 임피던스, 진폭 반사, 그룹 지연 또는 기타 등의) 기본적인 물리적 파라미터들이, 개시된 기술의 신호 및 정보 처리 방법을 이용하여 추출되어 VOI에서 조직의 구분 및 분류를 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 개시된 SAU 기술의 일부 신호 및 정보 처리 방법은, VOI에서 조직을 구분 및/또는 분류하기 위한 수신된 주파수 및 각도 의존 광대역, 확산 스펙트럼, 합성 개구 수신된 신호 에코에 관해 동작하는 역 수학적 기술(inverse mathematical technique) 뿐만 아니라, 전문가 시스템 기술, 예를 들어, 결정론적, 지원 벡터 네트워크 및 신경망 기술을 포함할 수 있다.

[0020] 개시된 SAU 시스템의 구현에서 파형들의 각각의 주파수 성분의 명시적 진폭 및/또는 위상 코딩은 복수의 이점을 제공할 수 있다. 예를 들어, 진폭 코딩은 트랜스듀서 어레이 및 음향 전파 채널의 주파수-분산 특성의 명시적 보상을 허용한다. 각각의 주파수 성분의 진폭 및/또는 위상 코딩은 결정론적 빔포밍 및 넓은-순간 파형의 조향을 허용한다. 예시적인 전송된 신호의 각각의 주파수 성분의 명시적 진폭 및 위상 코딩은, 피크-대-평균 전력 비(PAPR; peak-to-average power ratio)의 최소화, 및 넓은 대역에 걸친 음향 파워의 확산을 허용하여, 예를 들어 해로운 생물학적 효과를 최소화한다. 예를 들어, 확산-스펙트럼 신호의 각각의 주파수 성분의 진폭 및/또

는 위상을 명시적으로 정의함으로써, 신호 및 정보 처리 기술이 이용되어 각각의 전송된 파형과 연관된 수신된 신호를 복원할 수 있도록, 서로간에 최소 간섭을 보이는 파형들이 동시에 전송될 수 있게끔 구성될 수 있다. 또한, 개시된 SAU 기술의 코딩된, 확산-스펙트럼 음향 파형은 이들 파형의 특정한 모호성 특성으로 인해 움직임 보상(motion compensation)을 허용할 수 있다.

[0021] 도 1은 개시된 기술의 합성 개구 음향 시스템(100)의 한 예시적인 실시예의 블록도를 도시한다. 도 1에 도시된 바와 같이, SAU 시스템(100)은 음향 프로브 디바이스(120) 및 데이터 처리 유닛 또는 컴퓨터(130)와 전기적으로 통신하는 전송/수신 전자 모듈(TREM)(110)을 포함한다. TREM(110)은, 개개의 생성된 코딩된 파형에 기초하여 하나 이상의 복합 파형(예를 들어, 코히어런트, 확산-스펙트럼, 순간-광대역, 코딩된 파형들)을 전송 및 수신하기 위한 프로브 디바이스(120)에 전달되는 복수의 채널 상에 개개의 코딩된 파형을 생성하도록 구성된다. TREM(110)은, 함수 생성기 및 임의의 파형 생성기(AWG)를 포함하는 파형 생성기 유닛을 포함한다. TREM(110)은 개개의 코딩된 파형들의 합성을 위해 파형 생성기 유닛을 제어하는 시스템 제어 유닛을 포함한다. TREM(110)은, 예를 들어, 아날로그/디지털 변환기, 멀티플렉서, 증폭기 등을 포함할 수 있는, 아날로그 및 디지털 신호를 증폭, 선택 및/또는 변환하는 신호 조절 및 처리 회로를 포함한다. TREM(110)은, 예를 들어, 파형 합성 또는 프로브 제어에 관한 실행가능한 명령어 및/또는 취득되거나 처리된 데이터 등의 데이터를 컴퓨터(130)의 중앙 처리 디바이스(CPU)에 전송하도록 구성된 데이터 처리 유닛(예를 들어, 프로세서 또는 마이크로제어기, 및 메모리)을 포함한다.

[0022] TREM(110)은 다음과 같은 서브시스템들을 포함하는 고도로 병렬화된 고대역 신호 처리 시스템이다. TREM(110)은, 하드웨어 디지털-대-아날로그 변환기(DAC) 및 시퀀싱 로직/메모리/펌웨어를 포함하는 함수 생성기 및/또는 임의의 파형 생성기(AWG)(110(a))를 포함한다. 도 2a에 도시된 예에서, TREM(110)은 64개의 채널을 포함하도록 구성되지만, 128개의 채널을 제공할 수 있다. 다른 예에서, TREM(110)의 파형 생성기는 128개보다 많은 채널, 예를 들어 256, 512 또는 그 이상의 채널을 제공할 수 있다. TREM(110)은 다른 서브시스템들의 실시간 구성을 담당하는 시스템 시퀀서(110(b))를 포함한다. TREM(110)은, 1차 전송기/수신기를 복수의 개개의 요소, 예를 들어 이론상 수만개의 개개의 요소로 라우팅하는데 이용되는, 채널 멀티플렉싱 회로(110(c))를 포함한다. 한 예에서, TREM(110)은 2개의 어레이들(예를 들어, 개개의 트랜스듀서 세그먼트들 상의 개개의 어레이들로 각각 조직화된, 전송 어레이 및 수신 어레이) 사이에서 선택될 수 있고, 여기서, 하나의 어레이는 1536개의 트랜스듀서 요소를 포함하고 다른 어레이는 약 8000개의 트랜스듀서 요소를 포함한다. 양쪽 어레이들은 동일하거나 인접한 VOI들에 관해 동작할 수 있다. 채널 멀티플렉싱 회로는 TREM(110)과 음향 프로브 디바이스(120) 사이에서 스캔(span)할 수 있다. TREM(110)은, 내부 서브시스템들을 극히 정밀한/낮은 지터의 클록 네트워크 및 트리거 분배와 동기화하는데 이용되는 트리거 및 클로킹 시스템(110(d))을 포함한다. 클록 및 트리거는, CCU(예를 들어, 제어 유닛이라고도 함) 또는 외부 디바이스 또는 시스템(슬레이브일 경우)에서 시작하여 TREM(110)의 백플레인에 걸쳐 분배된다. TREM(110)은, 압전 요소들을 구동하는데 이용되는 고도의 선형 변압기 결합된 전력 증폭기들을 포함하는 전송 드라이버(110(e))를 포함한다. 일부 예에서, TREM(110)은 64개의 전송 드라이버를 포함할 수 있는 반면, 다른 예에서는 128개의 전송 드라이버를 포함할 수 있다. TREM(110)은, 하드웨어 아날로그-대-디지털 변환기(ADC) 및 시퀀싱 로직/메모리/펌웨어 및 DMA 기반 데이터 전달 체인을 포함하는 프런트 엔드 수신기 및 ADC(110(f))를 포함한다. TREM(110)은, 시스템(100)의 백플레인의 일부인 디바이스간 통신 채널(110(g))을 포함하는데, 예를 들어, 이것은, 일부 구현 예에서는, 각각의 전송기 카드(Tx/Rx, CTM당 8개)와 시스템 제어기(CCU, CTM당 1개) 사이에서 엄청난 대역폭을 제공하는 Aurora over a Xilinx 직렬 물리 계층이라 불리는 표준 직렬 시그널링 프로토콜을 이용하도록 구성될 수 있다. 트리거 및 클록 외에도, CCU는 각각의 Tx/Rx 카드 상의 메모리 공간에 액세스하고 외부 PCI Express 링크를 통해 이들 디바이스들로부터 호스트 PC로의 DMA 전송을 조율한다. TREM(110)은, 프로브 채널 선택/시퀀싱에 이용될 수 있는 프로브 제어 및 데이터 경로(110(h))를 포함한다. 추가로 또는 대안으로서, 예를 들어, 프로브(120)는 또한, 채널 선택/시퀀싱에 이용되는 FPGA를 보드 상에 포함할 수 있다. 그러나, 이 디바이스는 중속 직렬 링크에 의해 접속되고, 프로브 헤드 상에 국지적으로 파형 생성 및 포착기(ADC/DAC)를 포함할 수 있다. 이것은, 예를 들어, TREM(110)의 현재 설계에서 이용되는 아날로그 접속 및 회로의 많은 부분을 제거할 것이다. TREM(110)은 호스트 인터페이스(110(i))를 포함하고, 여기서, CCU는 Gen2 4x PCI Express 외부 접속을 통해 컴퓨터(130), 예를 들어, 호환가능한 호스트 컴퓨터에 접속된다. 이것은, TREM(110)으로부터 호스트 컴퓨터(130)로의 직접 메모리 액세스뿐만 아니라 TREM(100)으로부터 호스트 컴퓨터(130)로의 직접 메모리 액세스를 제공한다. 이 양방향 시스템은, 호스트 프로세서 오버헤드를 최소화하기 위해 호스트로의 구성 액세스 및 TREM(110)으로의 DMA 데이터 전송을 제공한다. TREM(110)은 Aux 서브시스템(110(j))을 포함한다. 예를 들어, 하드웨어로 또는 FPGA 패브릭에서 인스턴스화된 1차 서브시스템들과 함께 기능하여 그들의 동작을 가능하게 하는 다양한 메모리들과 디바이스들이 있다.

- [0023] 시스템(100)의 TREM(110)은, 임의의 유형의 음향 프로브 상에서 파형의 전송 및 수신을 동작시킬 수 있는 모듈러 시스템 아키텍처를 제공한다. TREM(110)은, 전송된 서브시스템에 기초하여, 임의의 크기, 기하학적 구조 또는 회로 복잡성을 갖는 단일의 또는 복수의 채널 프로브와 인터페이스할 수 있는 유연한 아키텍처를 포함한다. 또한, 시스템(100)의 개시된 아키텍처는, 진단 응용(예를 들어, 초음파 촬영, 도플러 범위 측정 또는 기타) 및 치료 응용(예를 들어, 고강도 포싱된 초음파(HIFU) 또는 기타) 양쪽 모두에서 구현할 수 있는 능력을 제공한다.
- [0024] TREM(110)은, 수신된 데이터 신호의 실시간 속도 및 병렬 계산으로 대량 데이터 전송이 가능하다. 예를 들어, TREM(110)은 인입 RF 데이터에 관해 실시간으로 복수의 복소 상관을 동시에 수행할 수 있다(예를 들어, 도 2a에서 나중에 도시되는 예에 도시된 바와 같이, 시스템 내의 총 10개의 경우, 각각의 Tx/Rx 카드 상에 하나씩 뿐만 아니라 CCU 상의 마스터 FPGA 및 프로브 헤드 그 자체 상의 슬레이브의, 총 8개의 FPGA에 의해 가능함).
- [0025] TREM(110)은, 주어진 또는 가변 채널의 복수의 TREM 유닛의 모듈식 확장이 가능한 아키텍처를 포함한다. 예를 들어, TREM(110)에서의 FPGA의 이용은, 시스템(100)이 초음파 파형들의 이론적으로 무한한 개수의 개별 채널들의 생성, 전송/수신 및 처리를 관리하도록 업스케일하는 것을 허용한다.
- [0026] 데이터 처리 기능 외에도, TREM(110)은 신속하게 자신을 재구성할 수 있으므로, TREM(110)은 한 구성으로부터 다음 구성으로 신속하게 전환할 수 있도록 설계된다. 설명된 예에서, 개시된 기술의 HD 초음파 이미지를 생성하기 위해, 단일의 HD 이미지는, 각각이 재구성을 요구하는, (예를 들어, 4000개의 서브프레임 등의) 수천개의 서브프레임들로 형성될 수 있다. 재구성 시간은 조직 움직임을 최소화하기 위해 최소화될 필요가 있다. 예를 들어, 재구성은, 개개의 요소들을 어드레싱하도록 멀티플렉서를 구성(예를 들어, 할당)하는 것; 일부 시나리오에서, 필요/적용가능한 경우, 음향 프로브 디바이스(200)의 특정한 수신 채널의 인에이블/디스에이블; AWG 채널에 대한 빔 형성 파라미터(예를 들어, 위상)를 설정하는 것; AWG 채널에 대한 전송 파형(들)의 파형 정보 데이터를 로딩하는 것; 전압 제어형 감쇠기에 대한 시간 이득 곡선을 설정하는 것; ADC 프론트 엔드에 대한, 샘플 수 등의 포착 파라미터들을 설정하는 것; 및/또는 각각의 수신 시퀀스에 대한 DMA 어드레스 및 전송 크기를 설정하는 것을 포함할 수 있다.
- [0027] TREM(110)은, 복수의 음향 프로브 설계, 예를 들어, 고 임피던스 어레이 설계, 저 임피던스 표준 설계, 및 저 임피던스/저주파 설계를 지원하도록 구성된다. 예를 들어, TREM(110)은, Ultrasonix Sonix Touch HW와 호환되도록 구성할 수 있다. 일부 구현에서, TREM(110)은 모든 채널 상에서의 전송을 위한 임의 파형 발생을 생성하도록 구성된다. TREM(110)은, 소프트웨어 엔드포인트(software endpoint)를 통해 가능하게 될 수 있는, RF 기반의 파형 발생(예를 들어, RF 데이터 가용성)을 허용한다.
- [0028] 도 2a는 64-채널 TREM(110)의 한 예시적인 아키텍처의 블록도를 도시한다. 도 2b는, 하우징에 부분적으로 인클로징된 예시적인 전송/수신 전자 모듈의 이미지를 도시하며, 프로브 디바이스(120) 및 컴퓨터(130)와의 통신을 위한 다양한 데이터 포트를 도시한다. 하우징은 특정한 폼 팩터에 맞게 설계된 인클로저를 제공하여, 예를 들어, 병원 침대 아래, 이동식 또는 고정식 랙이나 선반 상에 또는 기타의 것 등을 포함한, 원하는 설정으로 통합할 수 있다. 도 2b에 도시된 바와 같이, 시스템 아키텍처는 다양한 Tx/Rx 카드가 (하우징 내의) TREM(110) 내외로 교체되는 것을 허용하여 맞춤화가능한 아키텍처를 허용한다. 도 2a에 도시된 바와 같이, 예시적인 64-채널 TREM(110)은, (예를 들어, 전송 파형을 위한) 8개의 전력 증폭기 및 8-채널 멀티플렉서에 접속된 8-채널 AFE와 통신하는 처리 유닛(예를 들어, FPGA)을 포함하는 8개의 8-채널 전송/수신 서브-모듈들을 포함한다. 예시적인 64-채널 TREM(110)은, 마스터 클록(예를 들어, 클로킹 인터페이스)과, PCI 익스프레스 인터페이스, 백플레인 인터페이스 및 프로브 인터페이스를 포함한 복수의 인터페이스와 통신하는 처리 유닛(예를 들어, FPGA 및/또는 ARM 프로세서)을 포함하는 제어 유닛을 포함한다. 예시적인 64-채널 TREM(110)은, 8개의 8-채널 Tx/Rx 서브-모듈들 및 제어 유닛의 통신을 가능하게 하고 어댑터(예를 들어, ZIF 156 어댑터) 및 프로브 디바이스(120)의 통신을 가능하게 하는 백플레인을 포함한다. 예를 들어, ZIF 156 어댑터는 '통과(pass through)' 신호 어댑터로서 이용되는 수동 디바이스이다. 일부 구현에서, 예를 들어, TREM(110)의 백플레인은, 모듈식이고, Ultrasonix Modulo와 직접 호환되며, 모든 128개 채널(예를 들어, 카드 당 16 채널)에 대한 완전한 전송/수신 액세스를 가지며, 제어 유닛 마스터 데이터 및 전력 인터페이스를 지원하고, 및/또는 55dB+의 신호 절연을 갖도록 구성될 수 있다. TREM(110)은, 예를 들어 12V@750W / -12V@150W 전원 및/또는 24V@1200W 전원을 포함할 수 있는 하나 이상의 전원 유닛을 포함한다. TREM(110)의 백플레인을 특징으로하는 예시적인 인쇄 회로 기판 설계가 도 2c에 도시되어 있다.
- [0029] 도 2d는, TREM(110), 음향 프로브 디바이스(120), 및 호스트 컴퓨터(130) 사이의 데이터 흐름을 포함한 시스템(100)의 데이터 흐름도를 도시한다. 도 2d의 흐름도는 또한, 함께 인터페이스된 선택사항적인 추가의

TREM(110) 유닛들 사이의 데이터 흐름 접속을 도시한다. 도면에 도시된 바와 같이, 데이터 흐름은 컴퓨터(130)의 제어 호스트 프로세서에 의해 개시되고 종료될 수 있다. 구성 데이터는, 호스트 컴퓨터(130)로부터, TREM(110)의 제어 유닛, TREM(110)의 Tx/Rx 유닛들 중 하나, 또는 프로브 디바이스(120) 상에 존재하는 메모리 및/또는 디바이스에 직접 기록된다. 일단 구성 데이터가 프로그램되고 나면, 이미지 시퀀스가 시작될 수 있다. 시퀀스가 시작되고 전역 트리거가 TREM(110)의 제어 유닛으로부터 Tx/Rx 모듈 및 프로브 디바이스(120)로 동시에 분배된다. 예를 들어, Tx/Rx 카드는, 특정한 채널로부터 전송하도록 프로그램된 경우, 요구되는 DAC 프론트 엔드를 인에이블하고 임의의 파형 시퀀스를 생성한다. Tx/Rx 카드로부터 방출된 아날로그 신호는 백플레인을 통해 프로브 디바이스(120)로 이동하여, 관심 체적을 향해 전송되는 음향 신호로서 트랜스듀싱된다. 관심 체적으로부터의 귀환 음향 신호는 프로브 디바이스(120)로 귀환되어, 프로브(120)에 의해 전기 신호로 트랜스듀싱되고, TREM(110)에 전달되어, 동일한(또는 인접한) 아날로그 신호 경로를 따라 다시 Tx/Rx 카드까지 이동하여, 그 곳에서 ADC 프론트 엔드에 의해 디지털화된다. ADC 프론트 엔드로부터의 신호는 DMA를 통해 큰 로컬 메모리로 스트리밍되어, 그 곳에서, 제어 유닛 DMA에 의해 할당된 호스트 메모리로 다시 전송될 수 있다. 시스템(100)은, 데이터의 복수의 프레임(Tx, Rx 시퀀스들)을 버퍼링하여 고속 취득 및 더 느린 호스트 데이터 전송/처리를 허용하는 능력을 갖고 있다. 제어 유닛은 또한, 예를 들어 클럭 및 트리거 출력을 포함한, 3개 이상까지의 TREM을 슬레이브화하는데 적합한 외부 접속을 구현할 수 있다.

[0030] TREM(110)의 제어 유닛은, Tx/Rx 카드에 트리거를, Tx/Rx 카드에 구성 데이터를, Tx/Rx 카드에 파형 데이터를 제공하도록 구성된다. 제어 유닛은, 예를 들어 RF-기반의 파형 데이터 구현을 가능하게 하기 위해, 컴퓨터(130)에 고속 IO 기능을 제공하도록 구성된다. 예를 들어, TREM(110)의 제어 유닛은, 도 2a에 도시된 PCI Express 외부 버스를 통해 컴퓨터(130)와 통신한다. 제어 유닛은, 시스템 구성 및 (예를 들어, 전송 및 수신을 위한 파형의) 시퀀싱을 관리하도록 구성된다. 일부 구현에서, TREM(110)의 제어 유닛은, 디지털-대-아날로그 변환기(DAC) 및/또는 아날로그-대-디지털 변환기(ADC) 동작을 위해 Tx/Rx 카드에 대한 고안정 100 MHz 클럭을 포함하도록 구성될 수 있다. 일부 구현에서, TREM(110)의 제어 유닛은 Tx/Rx 카드들로부터의 프론트 엔드 ADC 데이터를 동기화하도록 구성될 수 있다.

[0031] 도 3a는 제어 유닛의 FPGA로의 및 FPGA로부터의 디바이스 접속을 나타내는 TREM(110)의 예시적인 제어 유닛의 블록도를 도시한다. 도 3b는, 좌측으로부터 우측으로 진행되는 클럭 및 트리거 경로를 나타내는, 제어 유닛을 통해 동작되는, 클로킹 및 트리거링 분배 동작의 블록도를 도시한다. 도 3c는 TREM(110)의 제어 유닛을 포함한 예시적인 인쇄 회로 기판 설계를 도시하며, 제어 유닛의 다양한 서브컴포넌트들의 배치 및 접속을 도시한다.

[0032] TREM(110)은 다음과 같은 예시적인 레이트로, 예를 들어, 채널당 50 MHz ADC/16 비트/300 μ s/15000 샘플에서; 프레임당 24576 수신 파로(예를 들어, 16개 Tx 트랜스듀서 x 12개 세그먼트 x 128개 Rx 트랜스듀서); 및 29.3 KB/wave로 데이터를 처리하도록 구성될 수 있다. TREM(110)은 다음과 같은 예시적인 레이트로, 예를 들어, 703 MB/프레임 —여기서, Tx/Rx 카드는 CCU에서 총 4,096 MB의 Ram 및 512 MB일 수 있고, 임의의 시간에 버퍼에는 5.82 프레임이 있음— 으로, 및 2.275/초 프레임 데이터 전송(예를 들어, 2.0GB/s)으로, 수신된 귀환 음향 파형을 처리하도록 구성될 수 있다.

[0033] TREM(110)의 Tx/Rx 카드는, 아날로그 프론트 엔드(AFE) 및 디지털-대-아날로그 변환기(DAC)에 낮은 지터의 클럭 분할/분배를 제공하도록 구성된다. TREM(110)의 Tx/Rx 카드는, AFE 및 전원 어댑터(PA)에 전원 및 제어를 제공하도록 구성된다. TREM(110)의 Tx/Rx 카드는, 임의의 파형 시퀀싱을 전송하고, AFE로부터 데이터 싱크(data sink)를 수신하며 CCU에 공급하도록 구성된다.

[0034] 도 4a는, FPGA에서 시작하고 끝나는 신호 채널 루프를 도시하는, TREM(110)의 Tx/Rx 카드의 예시적인 회로의 블록도를 도시한다. 도 4b는 Tx/Rx 회로의 16-채널 선택 회로의 블록도를 도시한다. 도 4c는 Tx/Rx 카드 상의 클럭 분배 동작의 도면을 도시한다. 도 4d는 TREM(110)의 Tx/Rx 카드의 예시적인 인쇄 회로 기판 설계를 도시한다.

[0035] 도 5는 TREM(110)의 전력 증폭기 유닛의 예시적인 인쇄 회로 기판 설계를 도시한다. 전력 증폭기는, 75 Ω 으로의 80V_{pp}, 500V/ μ s 슬루율(slew rate), PRF 7kHz, 셧다운, 예러 신호, 낮은 왜곡, 50 Ω 입력으로의 1V_{pp}, 및 250 kHz 내지 10 MHz 대역폭(3dB)을 포함한 예시적인 피쳐들을 제공하도록 구성될 수 있다.

[0036] 도 6은 TREM(110)의 프로브 인터페이스 어댑터 유닛의 예시적인 인쇄 회로 기판 설계를 도시한다. 프로브 인터페이스 어댑터는, 12V 디지털(30W), 7V/-7V 아날로그(예를 들어, 각각의 채널당 10W) 및 48V/-48V(예를 들어, 각각의 채널당 2W)의 전압 명세; 차동 디지털 신호(예를 들어, 1 입력, 1 출력, 1 클럭); 전력/구성 디지털 리

셋 제어; 및 공통 모드 필터링을 포함한, 예시적인 피쳐들을 제공하도록 구성될 수 있다.

[0037] 다시 도 1을 참조하면, 음향 프로브 디바이스(120)는, TREM(110)에 의해 제공된 임의의 파형 또는 코딩된 파형에 기초하여 하나 이상의 트랜스듀서 세그먼트 상에 배열된 트랜스듀서 요소들의 고밀도 어레이를 따라 피험체의 표적 VOI에서 음향 신호를 동시에 전송 및 수신하도록 구성될 수 있다. 도 1에 도시된 예에서, 음향 프로브 디바이스(120)는, 각각의 프로브 트랜스듀서 세그먼트와 통신하는 프로브 인터페이스 유닛과 통신하는 프로브 제어기 유닛을 포함한다. 전송을 위해, 프로브 제어기는, 프로브 트랜스듀서 세그먼트 상의 트랜스듀서 요소들에 의해 트랜스듀싱되는, TREM(110)과 프로브 디바이스(120) 사이의 복수의 통신 채널을 통해 운반되는 생성된 개개의 파형들의 파형 정보를 TREM(110)으로부터 수신하도록 동작가능하다. 프로브 인터페이스는, 파형 신호를 선택된 트랜스듀서 요소들에 라우팅하는 멀티플렉싱 회로를 포함한다. 예를 들어, 도 2d의 가장 우측에 도시된 바와 같이, 제어 경로는, 예를 들어 호스트 컴퓨터(130)에 의해 결정될 수 있는, 프로브 제어기 구성 정보를 TREM(110)의 제어 유닛으로부터 직접 제공한다. 일부 구현에서, 예를 들어, 호스트 컴퓨터(130)는 다수의 프리셋으로 직접 프로브 디바이스(120)를 효과적으로 프리로드할 수 있고, 그 다음, 제어 유닛 내의 시퀀서는 각각의 전송/수신 동작 사이에서 이들을 통해 반복할 수 있다. 프로브 디바이스(120)는, 시스템(100)의 구현 동안에 신체 구조와 접촉하는 특정한 기하학적 구조를 갖는 하우징 본체의 섹션 상에 배치된 하나의 트랜스듀서 세그먼트 또는 복수의 트랜스듀서 세그먼트의 어레이를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 예를 들어, 섹션은, 납작한 형상을 포함할 수 있는 반면, 다른 실시예에서는 섹션은 만곡형 형상을 포함할 수 있다. 하나 또는 복수의 트랜스듀서 세그먼트는, 프로브 제어기 및/또는 프로브 인터페이스 상에 제공된 멀티플렉싱 회로에 기초하여 TREM(110)의 채널들 중 임의의 것 또는 모든 것과 통신할 수 있다.

[0038] 도 7a는, 표적 VOI가 놓여 있는 피험체의 신체 구조와 인터페이싱하기 위해 트랜스듀서 어레이를 제공하기 위해 180° 곡률을 갖는 음향 프로브 디바이스(120)의 예시적인 실시예의 분해 개략도를 도시한다. 도 7a에 도시된 음향 프로브 디바이스(120)의 예시적인 실시예는, 케이싱 구조물(121)(적어도 일부가 도시됨), 트랜스듀서들과 인터페이싱하는 프로브 전자기기(122), 180° 곡률로 배열된 12개의 트랜스듀서 세그먼트(123) - 여기서 트랜스듀서 세그먼트는 개개의 트랜스듀서 요소들의 어레이를 포함함 - 및 트랜스듀서(123)를 표적 VOI의 수신 매체와 음향적으로 결합하는 커플란트(couplant)를 포함한다. 다른 구현에서, 예를 들어, 음향 프로브 디바이스(120)는, 프로브 디바이스(120)의 360° 곡률을 따라 배치된 24개의 트랜스듀서 세그먼트를 포함할 수 있는 360° 프로브를 포함한다. 개시된 시스템의 음향 신호 전송 커플란트 디바이스의 예시적인 실시예를 포함한, 개시된 합성 개구 초음파 시스템 기술의 음향 프로브 디바이스(120)에 관한 추가 정보는, 본 개시내용의 일부로서 본 특허 문서에 포함되는, 발명의 명칭이 "ACOUSTIC SIGNAL TRANSMISSION COUPLANTS"인 미국 가출원 제 62/120,839호의 첨부된 문서에 기술되어 있다.

[0039] 도 7b는, 예를 들어 트랜스듀서 세그먼트(123)를 포함한, 프로브 디바이스(120)의 컴포넌트들을, 프로브 디바이스(120)가 인터페이싱하는 표적 VOI의 수신 매체에 관해 제어가능하게 이동시키는 스테퍼 모터 구동 유닛(125)을 포함하는 음향 프로브 디바이스(120)의 예시적인 실시예의 개략도를 도시한다. 일부 구현에서, 예를 들어, 음향 프로브 디바이스(120)는, 케이싱 구조물(121), 프로브 전자기기(122), 및 트랜스듀서 세그먼트(123)의 어레이를 적어도 부분적으로 인클로징하는 보호 하우징(126)을 포함할 수 있다. 다른 예시적인 실시예에서, 프로브 디바이스(120)의 트랜스듀서들의 전송 및 수신 위치들은, 프로브 디바이스(120)를 물리적으로 이동시키고 관성 운동 유닛(IMU)을 이용하여 프로브 디바이스(120)의 움직임을 추적함으로써 이동될 수 있다.

[0040] 시스템(110)의 일부 실시예에서, 시스템(110)은 함께 작동하는 4개의 TREM(100) 유닛을 포함하며, 그 각각은, 예를 들어 180° 반-링(half-ring), 360° 링, 및 180° 반-링의 슈퍼셋 등의 더 복잡한 표면(예를 들어, 다리, 상반신, 머리 등의 큰 영역을 스캔하기 위한 절반 파이프를 형성하는 4개의 만곡형 링 컴포넌트 등)을 포함한다. 다양한 구성의 최대 12개의 트랜스듀서 세그먼트를 지원할 수 있다. 개시된 시스템 아키텍처는 더 많은 TREM(110) 유닛을 단일의 거대한 스캐너에 통합할 수 있다.

[0041] 도 8은, TREM(110)의 어댑터와 통신하는, 음향 프로브 디바이스(120)의 트랜스듀서 어레이 L0 프로브 유닛을 위한 예시적인 인쇄 회로 기판 설계를 도시한다. 도 9는, TREM, 프로브 제어기, 및 어레이 PCA 사이의 신호 레벨 상호접속 구성을 도시하는, TREM(110)과 프로브 디바이스(120) 사이의 프로브 데이터에 대한 예시적인 데이터 흐름도를 도시한다. 도 10은 프로브 디바이스(120) 내의 멀티플렉서 유닛의 블록도를 도시한다.

[0042] 일부 구현에서, 예를 들어, 하나 이상의 트랜스듀서 세그먼트(123) 상의 다양한 어레이들이 음향 파형을 전송하고 귀환 음향 파형을 수신하도록 선택될 수 있다. 이러한 선택된 어레이는, 임의의 파형 또는 직교 코딩된 음향 파형을 생성하기 위해, 하나 이상의 트랜스듀서 세그먼트(123) 상에서 선택될 수 있는, 하나 이상의 서브-어레이

이의 트랜스듀서 요소들의 다양한 조합을 포함할 수 있다. 도 11은, 개시된 기술의 복합 초음파 빔을 생성하기 위한 복수의 트랜스듀서 세그먼트(123a 및 123b) 상의 특정한 트랜스듀서 요소들의 선택된 서브-어레이들을 포함한 예시적인 선택된 트랜스듀서 어레이의 도면을 도시한다. 예를 들어, 서브-어레이는, 도 11에 도시된 바와 같이, 하나의 트랜스듀서 세그먼트 상의 또는 복수의 트랜스듀서 세그먼트들 사이의 개개의 트랜스듀서 요소들의 조합을 포함할 수 있다. 도 11의 예에서, 선택된 트랜스듀서 어레이는, 복수의 트랜스듀서 요소(123a 및 123b)의 8개의 서브-어레이에 배열된 79개의 개개의 트랜스듀서 요소를 포함한다. 이 예에서 79개의 개개의 트랜스듀서 요소는 개개의 파형 또는 복합 파형의 양태를 전송하기 위해 선택되며(예를 들어, 순차적으로, 동시에 또는 무작위로), 예를 들어, 여기서, 개개의 파형은, 개개의 임의 파형 또는 개개의 직교, 코딩된 음향 파형을 포함할 수 있다. 예를 들어, 서브-어레이 1은 (행, 열) : 1,1; 1,2; 2,1; 2,2; 3,1; 3,2에서 트랜스듀서 세그먼트(123a) 상에; 및 (행, 열) : 1,1; 14,14; 14,15; 15,14; 15,15; 16,14; 16,15에서 트랜스듀서 세그먼트(123b) 상에 9개의 트랜스듀서 요소를 포함한다. 서브-어레이 2는 (행, 열) : 1,14; 1,15; 1,16; 2,14; 2,15; 2,16; 3,14; 3,15; 3,16에서 트랜스듀서 세그먼트(123a) 상에 트랜스듀서 요소들을 포함한다. 서브-어레이 3은 (행, 열) : 15,1; 15,2; 16,1; 16,2에서 트랜스듀서 세그먼트(123a) 상에 트랜스듀서 요소들을 포함한다. 서브-어레이 4는 (행, 열) : 15,14; 15,15; 15,16; 16,14; 16,15; 16,16에서 트랜스듀서 세그먼트(123a) 상에 트랜스듀서 요소들을 포함한다. 서브-어레이 5는 (행, 열) : 1,14; 1,15; 1,16; 2,14; 2,15; 2,16에서 트랜스듀서 세그먼트(123b) 상에 트랜스듀서 요소들을 포함한다. 서브-어레이 6은 (행, 열) : 14,1; 14,2; 14,3; 15,1; 15,2; 15,3; 16,1; 16,2; 16,3에서 트랜스듀서 세그먼트(123b) 상에 트랜스듀서 요소들을 포함한다. 서브-어레이 7은 (행, 열) : 14,1; 14,2; 14,3; ... 14,16에서 트랜스듀서 세그먼트(123a) 상에 트랜스듀서 요소들을 포함한다. 서브-어레이 8은 (행, 열) : 1,4; 2,4; 3,4; ... 16,4에서 트랜스듀서 세그먼트(123b) 상에 트랜스듀서 요소들을 포함한다. 서브-어레이의 구성은, 도 1에 도시된 바와 같이, 파형 생성기와 트랜스듀서 어레이 사이에서 인터페이스되는 (예를 들어, 멀티플렉서 유닛 등의) 스위칭 요소를 이용하여 생성될 수 있다.

[0043] 도 12는 음향 프로브(120)의 180° 곡률을 따라 복수의 전송 위치로부터 합성 개구 빔을 형성하는 복수의 트랜스듀서 세그먼트 상의 트랜스듀서 서브-어레이들에 의해 생성된 예시적인 복합 초음파 빔의 도면을 도시한다. 도면에 도시된 바와 같이, 음향 프로브(120)는 트랜스듀서 세그먼트(123)들 중 하나 이상에 있는 하나 이상의 실제 개구 서브-어레이들 Sub1, Sub2, ... Sub N을 형성하는데 이용되는 복수의 트랜스듀서 세그먼트(123)를 포함한다. 트랜스듀서 어레이를 형성하는 트랜스듀서 요소들의 일부 또는 전부는, 초음파 촬영을 위한 합성 개구를 형성하는 복수의 서브-어레이 위상 중심 위치들로부터 표적 VOI로 전송되는, 개개의, 상호직교하는, 코딩된 음향 파형들의 하나 이상의 복합 음향 파형을 (예를 들어, 순차적으로, 동시에 또는 무작위로) 전송할 수 있다. 일부 구현에서, 트랜스듀서 세그먼트(123) 상의 상이한 트랜스듀서 요소들은 (개개의, 상호직교하는, 코딩된 음향 파형에 기초하여 형성된) 전송된 음향 파형에 대응하는 귀환 음향 파형을 수신하는 수신 어레이를 형성하도록 선택될 수 있고, 여기서, 수신된 음향 파형은 VOI의 적어도 일부로부터 산란되어 (예를 들어, 반사, 굴절, 회절, 지연 및/또는 감쇠되어) 귀환된다. 반면, 일부 구현 예에서, 전송 어레이를 형성하는 트랜스듀서 요소들의 일부 또는 전부는 또한, 전송된 음향 파형에 대응하는 귀환 음향 파형을 수신할 수 있다. 수신된 개개의 음향 파형들은 이로써 전송된 복합 음향 파형에 대응하는 하나 이상의 수신된 복합 파형을 형성한다. 복합 음향 파형은, 개개의 음향 파형을 생성하는데 이용되는 복수의 확산-스펙트럼, 넓은 순간적 대역폭, 코딩된 파형으로 형성된 복합 합성 파형에 기초하여 생성될 수 있다. 개개의, 복합, 음향 파형은, 트랜스듀서 어레이의 서브-어레이들 중 하나 이상에 의해 트랜스듀싱될 수 있다. 트랜스듀서 어레이는, 알려진 경로, 및/또는 복수의 빔-조향 위치들을 따라 복수의 물리적 위치에 놓여 있어서, 위상 중심은, 연속적인 위치들에, 기계적으로, 전자적으로, 또는 기계적 및 전자적 양쪽 모두로 위치된다, 예를 들어, 합성 개구를 형성한다.

[0044] 예들

[0045] 아래의 예들은 본 기술의 몇 가지 실시예들을 예시한다. 본 기술의 다른 예시적인 실시예들이, 이하에 열거된 예들 이전에 또는 이하에 열거된 예들 이후에 제시될 수 있다.

[0046] 본 기술의 한 예(예 1)에서, 합성 개구 음향 파형 시스템은, (i) 파형 생성 및 처리 디바이스와, (ii) 음향 프로브 디바이스를 포함한다. 상기 (i) 파형 생성 및 처리 디바이스는 하나 이상의 파형 합성기와 통신하며 상기 파형 생성기에 의해 제공되는 파형 정보에 따라 하나 이상의 파형을 생성하는 상기 파형 생성기와, 데이터를 저장하는 메모리 및 상기 메모리에 결합되어 데이터를 처리하는 처리 유닛을 포함하는 제어기 유닛을 포함한다. 상기 (ii) 음향 프로브 디바이스는, 생물학적 피험체의 신체 구조와 인터페이스하는 성형된 섹션(shaped section)을 포함하는 하우징 본체와, 상기 하우징 본체의 성형된 섹션 상에 배열되어 상기 파형 생성 및 처리 디바이스에 의해 생성된 하나 이상의 파형에 대응하는 음향 파형을 생물학적 피험체의 표적 체적을 향해 전송하

고 상기 표적 체적의 적어도 일부로부터 귀환하는 귀환 음향 파형을 수신하는 트랜스듀서 요소들의 어레이를 포함하는 하나 이상의 트랜스듀서 세그먼트, 음향 결합 컴포넌트와 접촉할 때 생물학적 피험체의 신체 구조와 상기 트랜스듀서 요소들 사이에서 상기 음향 파형을 전도하는 음향 결합 컴포넌트, 및 상기 제어기 유닛 및 상기 트랜스듀서 요소들의 어레이와 통신하여 상기 어레이의 하나 이상의 트랜스듀서 요소를 선택해 상기 파형을 대응하는 음향 파형으로 트랜스듀싱하고, 상기 어레이의 하나 이상의 트랜스듀서 요소를 선택해 상기 귀환 음향 파형을 수신하는 멀티플렉싱 유닛을 포함한다. 상기 (i) 파형 생성 및 처리 디바이스는 : 상기 음향 프로브 디바이스의 트랜스듀서 요소들의 어레이에 의해 수신된 귀환 음향 파형을, 상기 표적 체적의 적어도 일부의 정보를 포함하는 수신 파형으로서, 아날로그 포맷으로부터 디지털 포맷으로 변환하는 아날로그 대 디지털(A/D) 변환기들의 어레이와, 상기 하나 이상의 파형 합성기와 통신하여 전송을 위해 상기 음향 프로브 디바이스에 제공되는 개개의 직교 코딩된 파형을 수정하는 하나 이상의 증폭기, 및 상기 음향 프로브 디바이스 및 상기 A/D 변환기들의 어레이와 통신하며 상기 A/D 변환기에 제공되는 수신된 귀환 음향 파형을 수정하는 하나 이상의 전치증폭기를 포함한다.

- [0047] 예 2는, 상기 제어기 유닛의 처리 유닛이, 수신된 귀환 음향 파형을 처리하여 상기 표적 체적의 적어도 일부의 정보를 포함하는 데이터 세트를 생성하도록 동작가능한 예 1의 시스템을 포함한다.
- [0048] 예 3은, 상기 저장된 데이터가, 수신된 귀환 음향 파형의 디지털 포맷, 대응하는 합성된 파형, 및 각각 전송 및 수신 위치들에서, 전송하도록 동작되는 트랜스듀서 요소들 및 수신하도록 동작되는 트랜스듀서 요소들의 대응하는 위치 데이터를 포함하는 예 1의 시스템을 포함한다.
- [0049] 예 4는, 상기 처리 유닛이 디지털 신호 프로세서를 포함하는 예 1의 시스템을 포함한다.
- [0050] 예 5는, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스가, 상기 제어기 유닛과 통신하며 상기 시스템의 요소들 중 적어도 하나에서 시간을 동기화하는 마스터 클록을 포함하는 예 1의 시스템을 포함한다.
- [0051] 예 6은, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스의 제어기 유닛이 상기 표적 체적의 적어도 일부의 정보를 포함하는 처리된 데이터를 컴퓨터에 전송하게끔 구성되도록, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스가 프로세서 및 메모리를 포함하는 상기 컴퓨터와 통신하는, 예 1의 시스템을 포함한다.
- [0052] 예 7은, 상기 컴퓨터가 상기 정보에 기초하여 상기 표적 체적의 적어도 일부의 이미지를 생성하도록 구성되고, 상기 컴퓨터가, 상기 이미지를 디스플레이하는 시각적 디스플레이, 및 상기 시스템의 동작을 위한 동작 모드를 포함하는 사용자 입력 데이터를 수신하는 사용자 입력 단말을 포함하는, 예 6의 시스템을 포함한다.
- [0053] 예 8은, 상기 제어기 유닛의 처리 유닛이, 상기 수신된 귀환 음향 파형을 처리하여 상기 표적의 적어도 일부로부터, 예를 들어, 도플러 주파수 시프트 데이터라고 지칭될 수 있는, 범위 데이터 및 연관된 범위 레이트 데이터를 포함하는 상기 표적 체적의 적어도 일부의 정보를 포함하는 데이터 세트를 생성하도록 동작가능한 예 1의 시스템을 포함한다.
- [0054] 예 9는, 상기 음향 파형을 전송하도록 선택된 트랜스듀서 요소들이 상기 음향 파형을 전송하는 하나 이상의 전송 위치로 1차원, 2차원 또는 3차원으로 이동하도록 동작가능한, 예 1의 시스템을 포함한다.
- [0055] 예 10은, 상기 귀환 음향 파형을 수신하도록 선택된 트랜스듀서 요소들은 상기 귀환 음향 파형을 수신하는 하나 이상의 수신 위치로 1차원, 2차원 또는 3차원으로 이동하도록 동작가능한, 예 1의 시스템을 포함한다.
- [0056] 예 11은, 상기 음향 파형을 전송하고 상기 귀환 음향 파형을 수신하도록 선택된 트랜스듀서 요소들이, 각각, 상기 음향 파형을 전송하는 하나 이상의 전송 위치로 및 상기 귀환 음향 파형을 수신하는 하나 이상의 수신 위치로 1차원, 2차원 또는 3차원으로 이동하도록 동작가능한, 예 1의 시스템을 포함한다.
- [0057] 예 12는, 트랜스듀서 요소들이 다른 트랜스듀서 세그먼트로부터 1차원, 2차원 또는 3차원으로 별개로 이동할 수 있는 예 1의 시스템을 포함한다.
- [0058] 예 13은, 상기 음향 파형을 전송하도록 선택된 트랜스듀서 요소들의 수가 상기 귀환 음향 파형을 전송하도록 선택된 트랜스듀서 요소들의 수보다 큰, 예 1의 시스템을 포함한다.
- [0059] 예 14는, 상기 귀환 음향 파형을 수신하도록 선택된 트랜스듀서 요소들의 수가 상기 음향 파형을 전송하도록 선택된 트랜스듀서 요소들의 수보다 큰, 예 1의 시스템을 포함한다.
- [0060] 예 15는, 상기 생물학적 피험체가 인간 또는 비인간 동물을 포함하는 예 1의 시스템을 포함한다.

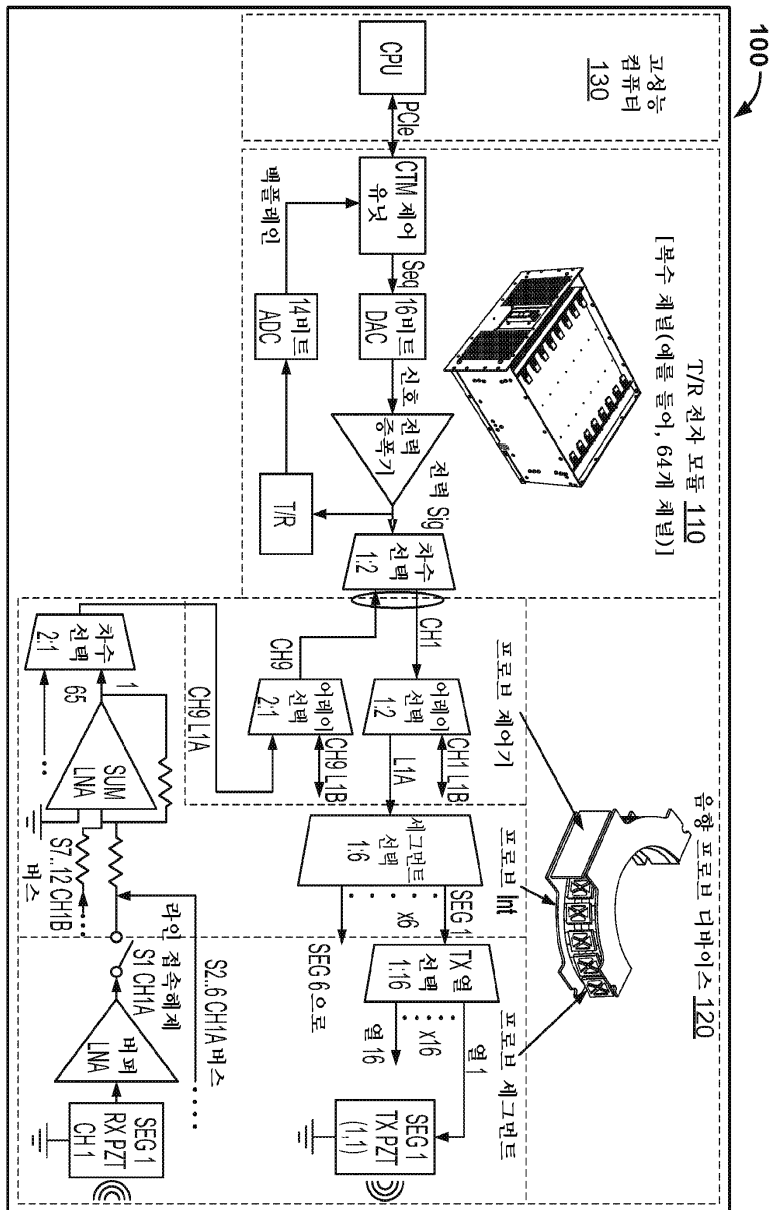
- [0061] 예 16은, 상기 표적 체적이 생물학적 피험체의 조직 구조를 포함하고, 상기 프로브 디바이스의 성형된 섹션이 상기 생물학적 피험체의 신체 구조와 접촉하는 예 1의 시스템을 포함한다.
- [0062] 예 17은, 상기 신체 구조가, 복부, 흉부, 인후를 포함한 목, 팔, 다리, 무릎 관절, 둔부 관절, 발목 관절, 팔꿈치 관절, 어깨 관절, 허리 관절, 가슴, 생식기, 또는 두개골을 포함한 머리를 포함하는, 예 16의 시스템.
- [0063] 예 18은, 상기 성형된 섹션이 상기 하우징 본체의 만곡형 섹션을 포함하고, 상기 만곡형 섹션은 상기 신체 구조와의 완전 접촉을 가능하게 하는 곡률을 가져, 상기 음향 결합 컴포넌트가 상기 신체 구조의 피부와 직접 접촉하게 하는, 예 16의 시스템을 포함한다.
- [0064] 예 19는, 상기 생물학적 구조가, 암성 또는 비암성 종양, 내부 병변, 결합 조직 염좌, 조직 파열, 또는 뼈를 포함하는, 예 16의 시스템을 포함한다.
- [0065] 예 20은, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스가 수학적으로 기술될 수 있는 임의의 임의 파형(arbitrary waveform)을 생성하도록 동작가능한 예 1의 시스템을 포함한다.
- [0066] 예 21은, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스가 상기 임의 파형을 빔포밍 및 조향하도록 동작가능한, 예 20의 시스템을 포함한다.
- [0067] 예 22는, 상기 임의 파형이, 직사각형 펄스, 삼각형 펄스, 가우스 펄스(Gaussian pulse), 정현파 펄스, 싱크 펄스(sinc pulse), 멕시코 모자 웨이브릿 펄스(Mexican hat wavelet pulse), Haar 웨이브릿 펄스, 선형 FM 처프 펄스(linear FM chirped pulse), 쌍곡선 FM 처프 펄스(hyperbolic FM chirped pulse), 또는 이들의 조합 중 하나 이상을 포함하는, 예 20의 시스템을 포함한다.
- [0068] 예 23은, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스가, 상기 파형 생성기에 의해 제공된 상기 파형 정보에 따라 상기 하나 이상의 파형 합성기에 의해 생성된 상이한 주파수 대역들에 대응하는 개개의 직교 코딩된 파형들 중 2개 이상을 포함하는 복합 파형을 생성하도록 동작가능하고, 상기 개개의 직교 코딩된 파형들은 서로 상호 직교하고 상이한 주파수 대역들에 대응하여, 상기 개개의 직교 코딩된 파형들 각각이 대응하는 위상을 갖는 고유 주파수를 포함하게 하는, 예 1의 시스템을 포함한다.
- [0069] 예 24는, 상기 개개의 직교 코딩된 파형들 각각은, 각각, 개별적으로 진폭 가중되고 개별적으로 위상 가중된 복수의 진폭 및 복수의 위상을 포함하는, 예 23의 시스템을 포함한다.
- [0070] 예 25는, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스가 각각의 개개의 직교 코딩된 파형의 주파수 대역, 진폭, 시간-대역폭 곱 파라미터 및 위상 파라미터를 결정하도록 동작가능한, 예 23의 시스템을 포함한다.
- [0071] 예 26은, 상기 위상 파라미터가 의사-난수 세트 또는 결정론적 수들의 세트로부터 결정되는, 예 25의 시스템을 포함한다.
- [0072] 예 27은, 상기 개개의 직교 코딩된 파형들이 코히어런트 파형들을 포함하는, 예 23의 시스템을 포함한다.
- [0073] 예 28은, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스와 통신하며 상기 음향 파형을 전송하고 상기 귀환 음향 파형을 수신하는 제2 음향 프로브 디바이스를 더 포함하는 예 23의 시스템을 포함한다.
- [0074] 예 29는, 상기 파형 생성 및 처리 디바이스와 통신하며 하나 이상의 파형을 상기 음향 프로브 디바이스 또는 복수의 음향 프로브 디바이스에 제공하기 위한 추가 채널들을 제공하는 제2 파형 생성 및 처리 디바이스를 더 포함하는, 예 23의 시스템을 포함한다.
- [0075] 본 특허 문서에서 설명된 주제와 기능적 동작들의 구현은, 본 명세서에서 개시된 구조들 및 그들의 구조적 균등물들을 포함한, 다양한 시스템들, 디지털 전자 회로, 컴퓨터 소프트웨어, 펌웨어, 또는 하드웨어로, 또는 이들 중 하나 이상의 조합으로 구현될 수 있다. 본 명세서에서 설명된 주제의 구현은, 하나 이상의 컴퓨터 프로그램 제품, 즉, 데이터 처리 장치에 의해 실행되거나 데이터 처리 장치의 동작을 제어하기 위한 유형의 및 비일시적인 컴퓨터 판독가능한 매체에 인코딩된 컴퓨터 프로그램 명령어들의 하나 이상의 모듈로서 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독가능한 매체는, 머신 판독가능한 저장 디바이스, 머신 판독가능한 저장 기관, 메모리 디바이스, 머신 판독가능한 전파된 신호에 영향을 미치는 물질의 조성, 또는 이들 중 하나 이상의 조합일 수 있다. 용어 "데이터 처리 장치"는, 예로서 프로그램가능한 프로세서, 컴퓨터, 또는 복수의 프로세서나 컴퓨터를 포함한, 데이터를 처리하기 위한 모든 장치, 디바이스, 및 머신을 포괄한다. 장치는, 하드웨어 외에도, 해당 컴퓨터 프로그램에 대한 실행 환경을 생성하는 코드, 예를 들어, 프로세서 펌웨어, 프로토콜 스택, 데이터베이스 관리 시스템,

운영 체제, 또는 이들 중 하나 이상의 조합으로 구성된 코드를 포함할 수 있다.

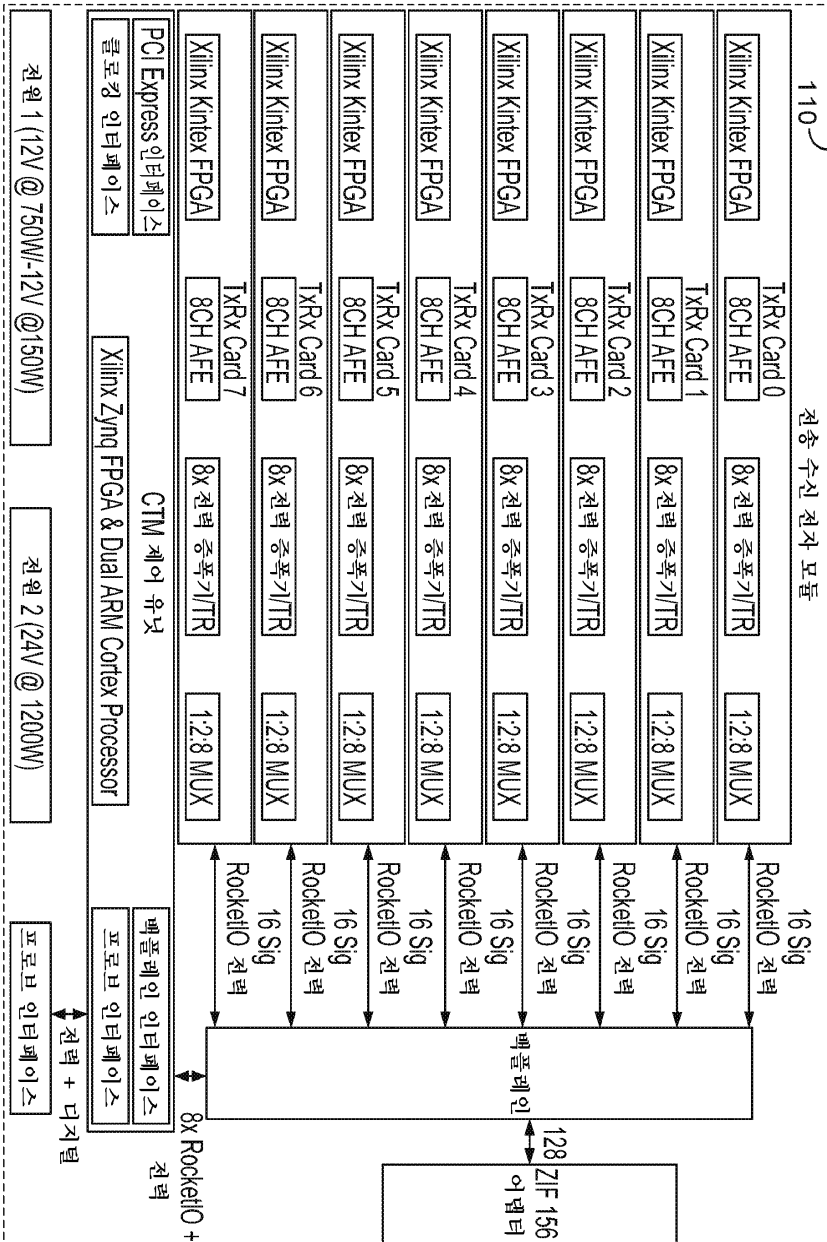
- [0076] (프로그램, 소프트웨어, 소프트웨어 애플리케이션, 스크립트, 또는 코드라고도 알려진) 컴퓨터 프로그램은, 컴파일형 또는 인터프리터형 언어를 포함한 임의의 형태의 프로그래밍 언어로 작성될 수 있고, 단독형 프로그램이나, 모듈, 컴포넌트, 서브루틴, 또는 컴퓨팅 환경에서 이용하기에 적합한 기타의 유닛을 포함한, 임의의 형태로 배치될 수 있다.
- [0077] 컴퓨터 프로그램은 반드시 파일 시스템 내의 파일에 대응할 필요는 없다. 프로그램은 다른 프로그램이나 데이터를 보유하고 있는 파일(예를 들어, 마크업 언어 문서에 저장된 하나 이상의 스크립트)의 일부로서, 해당 프로그램에 전용된 단일 파일에, 또는 복수의 조율된 파일들(예를 들어, 하나 이상의 모듈, 서브 프로그램, 또는 코드의 부분들을 저장하고 있는 파일들)에 저장될 수 있다.
- [0078] 컴퓨터 프로그램은, 하나의 컴퓨터에서, 또는 적어도 하나의 사이트에 위치하거나 복수의 사이트에 걸쳐 분산되고 통신 네트워크를 통해 상호접속된 복수의 컴퓨터에서 실행되도록 배치될 수 있다.
- [0079] 본 명세서에서 설명된 프로세스들 및 로직 흐름들은, 입력 데이터에 관해 동작하고 출력을 생성함으로써 기능을 수행하는 하나 이상의 컴퓨터 프로그램을 실행하는 하나 이상의 프로그램가능한 프로세서에 의해 수행될 수 있다. 프로세스들과 로직 흐름들은 또한, 특별 목적 로직 회로, 예를 들어, FPGA(필드 프로그래머블 게이트 어레이) 또는 ASIC(application specific integrated circuit; 주문형 집적 회로)에 의해 수행될 수 있고, 또한 장치가 이들로서 구현될 수 있다.
- [0080] 컴퓨터 프로그램을 실행하기에 적합한 프로세서로는, 예로서, 범용 마이크로프로세서 및 특별 목적 마이크로프로세서 양쪽 모두, 및 임의의 종류의 디지털 컴퓨터의 임의의 하나 이상의 프로세서가 포함된다. 일반적으로, 프로세서는 판독 전용 메모리나 랜덤 액세스 메모리 또는 양쪽 모두로부터 명령어와 데이터를 수신할 것이다. 컴퓨터의 본질적 요소들은, 명령어를 실행하기 위한 프로세서와, 명령어 및 데이터를 저장하기 위한 하나 이상의 메모리 디바이스이다. 일반적으로, 컴퓨터는 또한, 데이터를 저장하기 위한 하나 이상의 대용량 저장 디바이스, 예를 들어, 자기, 광자기 디스크, 또는 광 디스크를 포함하거나, 이들로부터 데이터를 수신, 이들에게 데이터를 전송, 또는 양쪽 모두를 위해 동작적으로 결합될 수 있다. 그러나, 컴퓨터는 이러한 디바이스를 가질 필요는 없다. 컴퓨터 프로그램 명령어 및 데이터를 저장하기에 적합한 컴퓨터 판독가능한 매체는, 예로서 반도체 메모리 디바이스들, 예를 들어 EPROM, EEPROM 및 플래시 메모리 디바이스를 포함한, 모든 형태의 비휘발성 메모리, 매체 및 메모리 디바이스를 포함한다. 프로세서와 메모리는 특별 목적 로직 회로에 의해 보충되거나, 이에 병합될 수 있다.
- [0081] 본 특허 문서가 많은 특정한 사항들을 포함하지만, 이들은 본 발명의 범위의 또는 청구 범위에 관한 제한으로서 해석되어서는 안 되고, 특정한 발명의 특정한 실시예들 고유의 피쳐들의 설명으로서 해석되어야 한다. 별개의 실시예들의 정황에서 본 특허 문서에서 설명된 소정 피쳐들은 또한, 단일의 실시예에서 조합하여 구현될 수 있다. 역으로, 단일 실시예의 정황에서 설명된 다양한 피쳐들은 또한, 복수의 실시예에서 별개로 구현되거나 임의의 적절한 부조합(subcombination)으로 구현될 수 있다. 게다가, 피쳐들이 상기에서 소정 조합으로 작용하는 것으로 설명되거나 심지어 그와 같이 처음 청구되더라도, 청구된 조합으로부터의 하나 이상의 피쳐들은 일부 경우에는 그 조합으로부터 삭제될 수도 있고, 청구된 조합은 부조합이나 부조합의 변형에 관한 것일 수도 있다.
- [0082] 마찬가지로, 동작들이 도면에서 특정 순서로 도시되더라도, 이것은, 바람직한 결과를 달성하기 위해 이러한 동작들이 도시된 특정 순서로 또는 순차적 순서로 수행될 것을 요구하거나, 도시된 모든 동작들이 수행될 것을 요구하는 것으로 이해되어서는 안 된다. 또한, 본 특허 문헌에서 설명된 실시예들에서의 다양한 시스템 컴포넌트들의 분리는 모든 실시예에서 이러한 분리를 요구하는 것으로 이해되어서는 안 된다.
- [0083] 단지 몇 개의 구현 및 예들만이 설명되었지만, 본 특허 문서에서 설명되고 예시된 내용에 기초하여 다른 구현, 개선 및 변형이 이루어질 수 있다.

도면

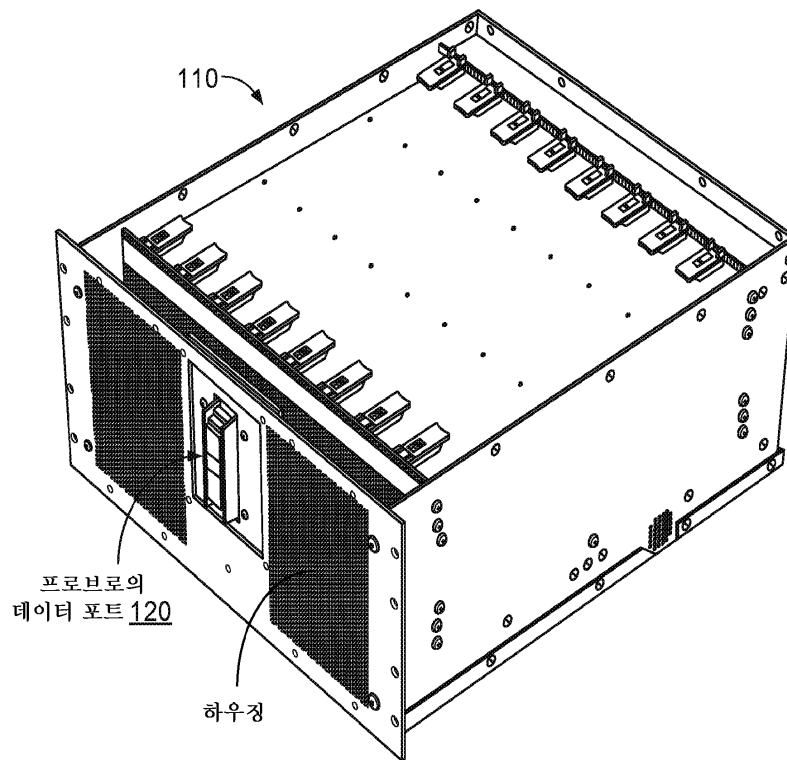
도면1



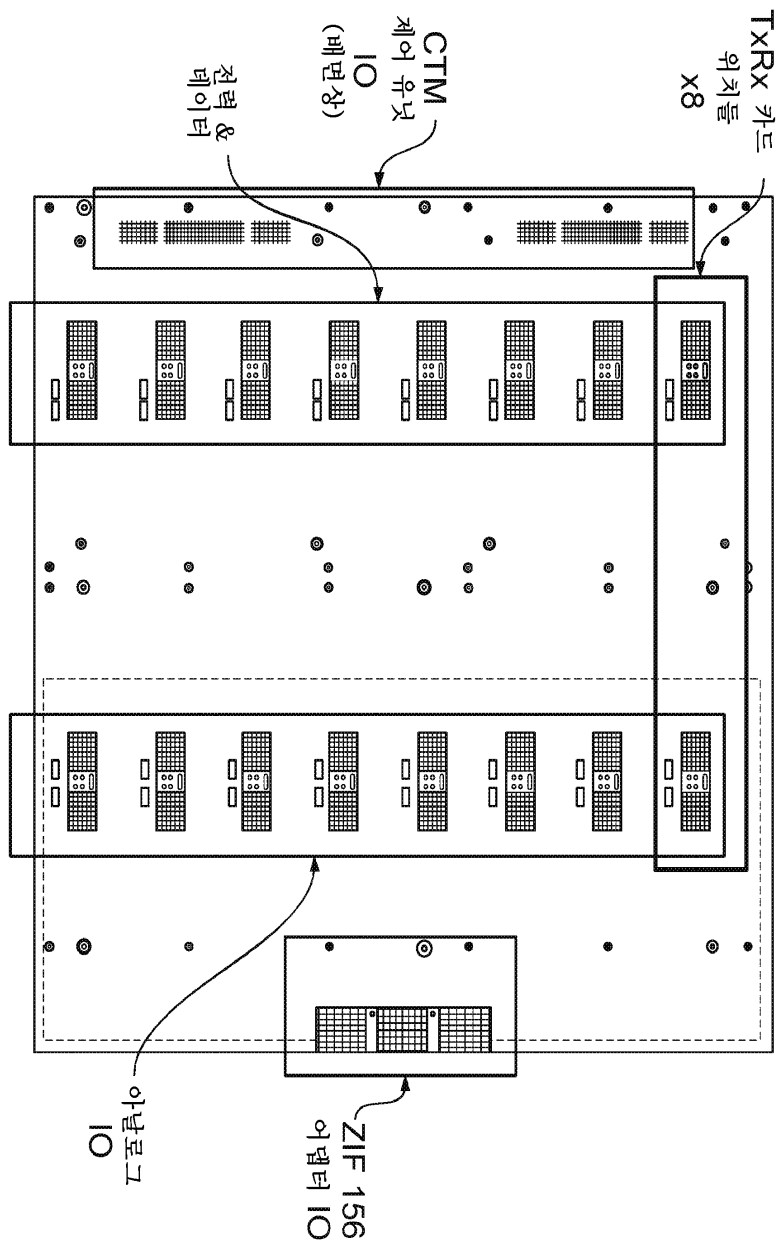
도면2a



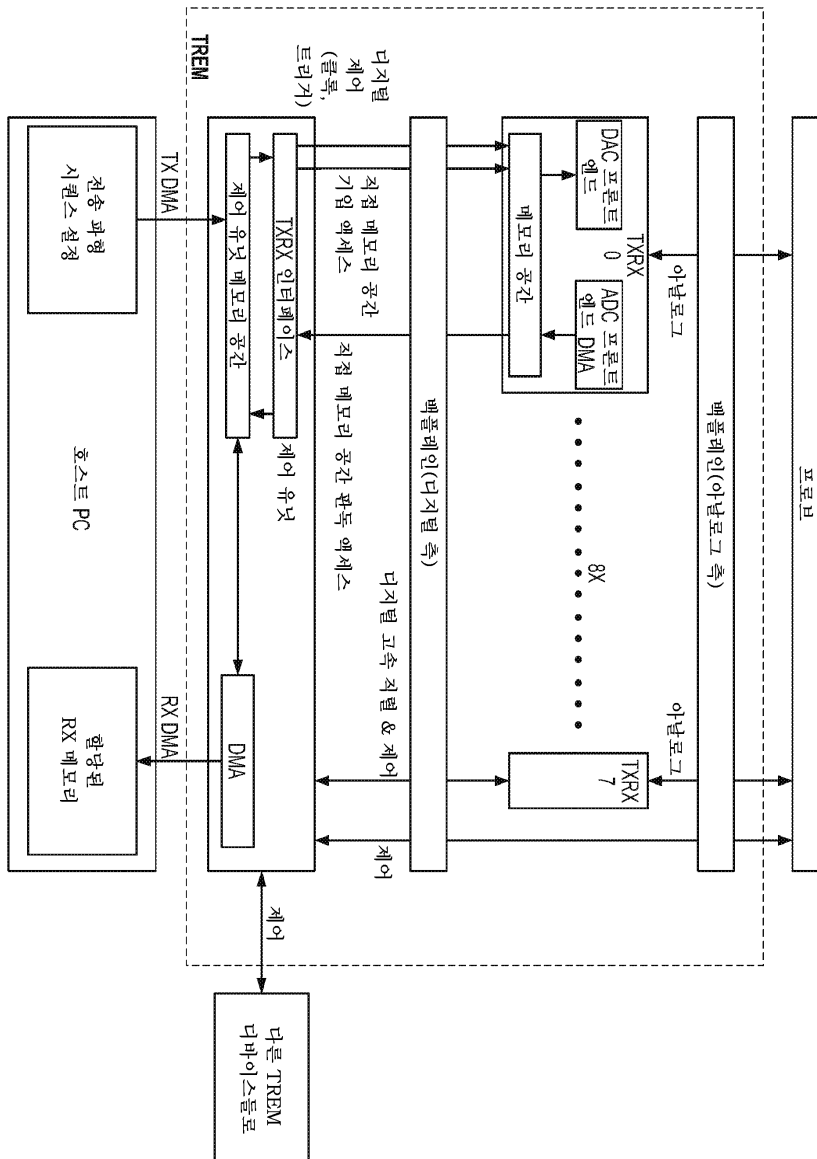
도면2b



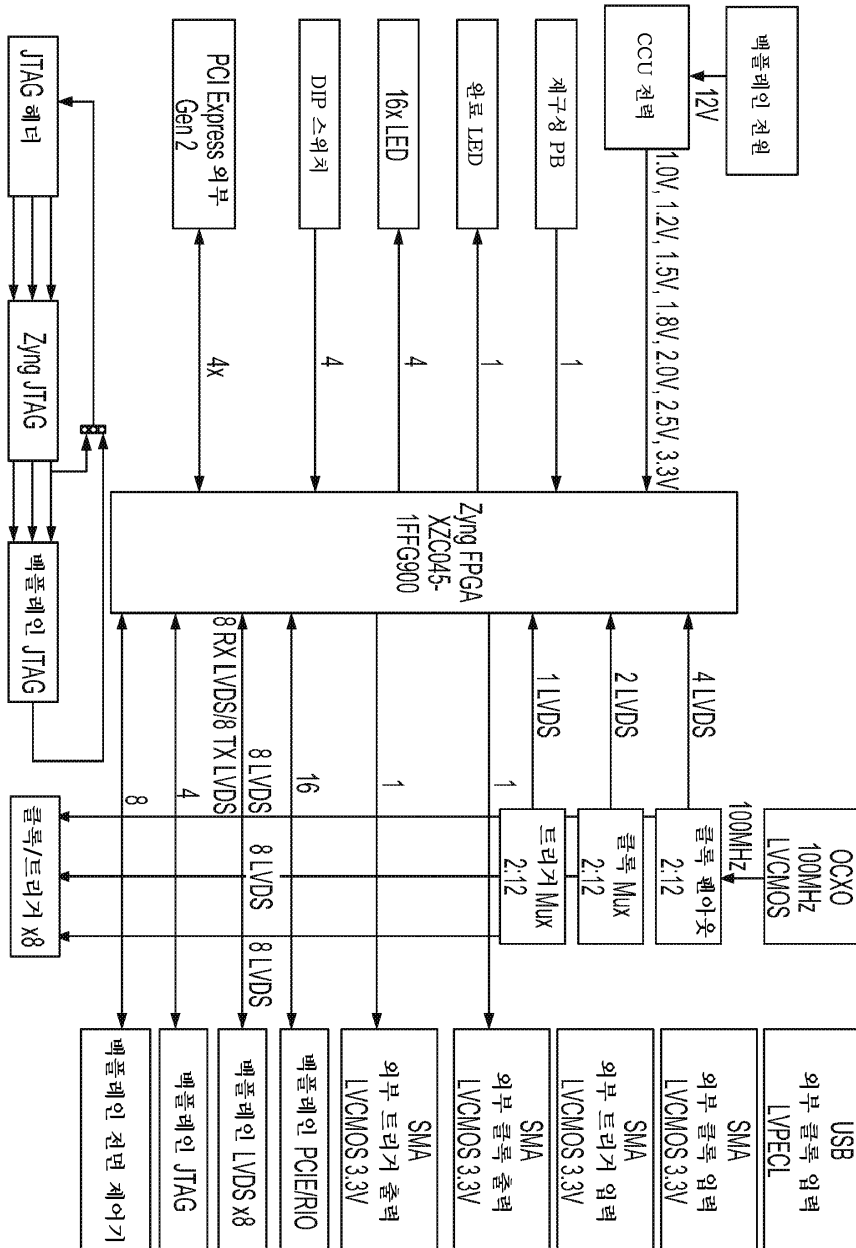
도면2c



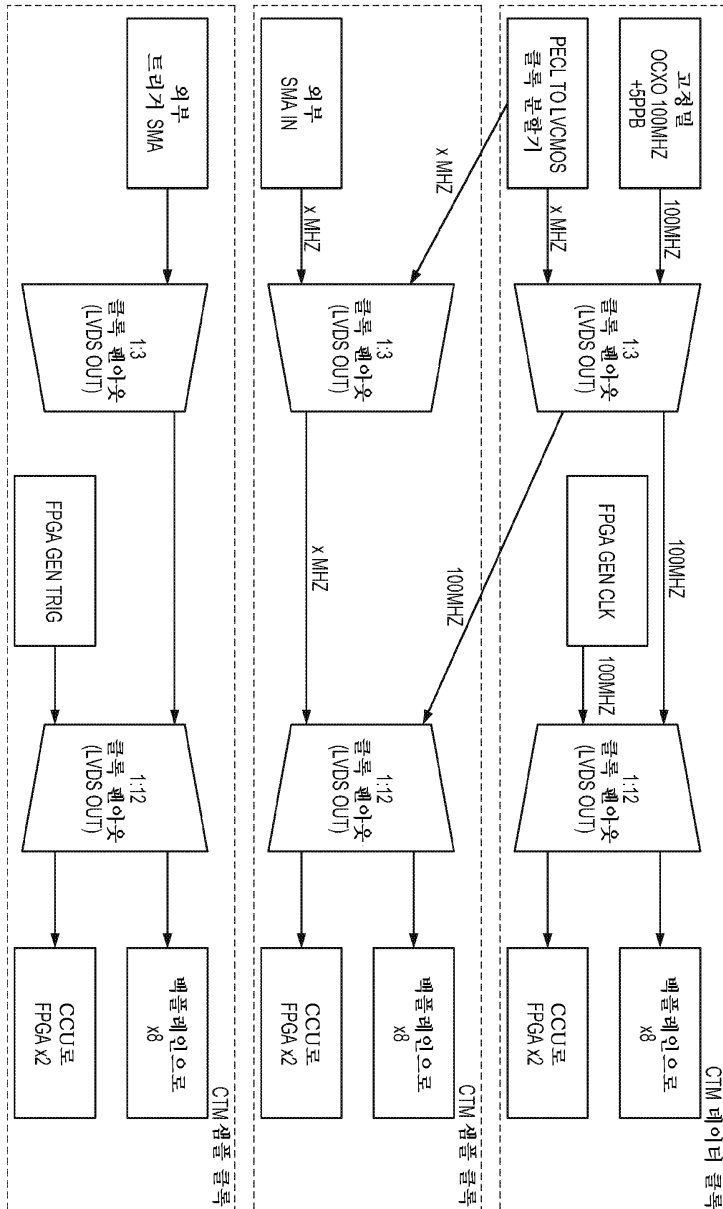
도면2d



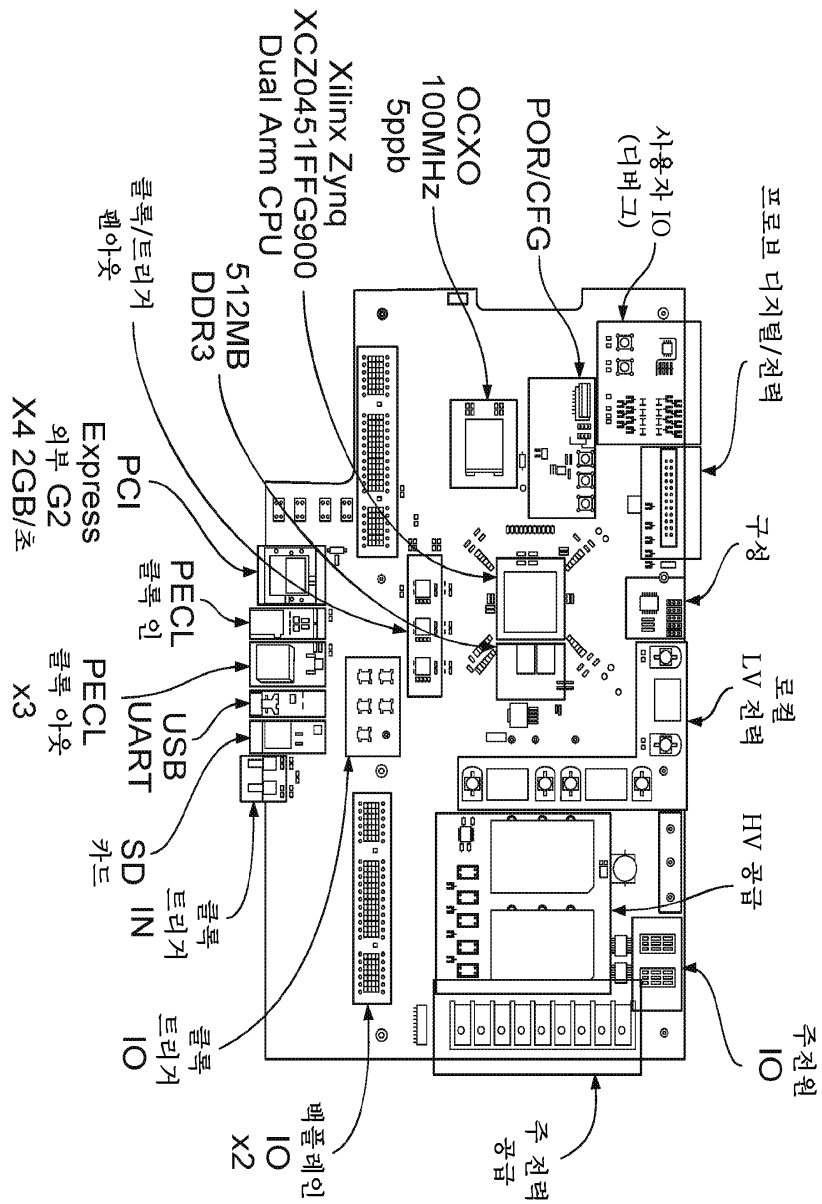
도면3a



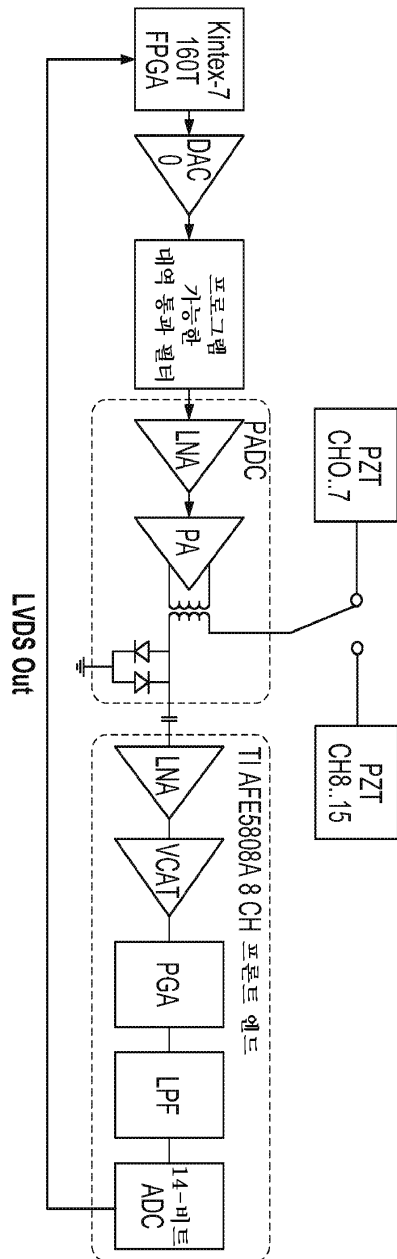
도면3b



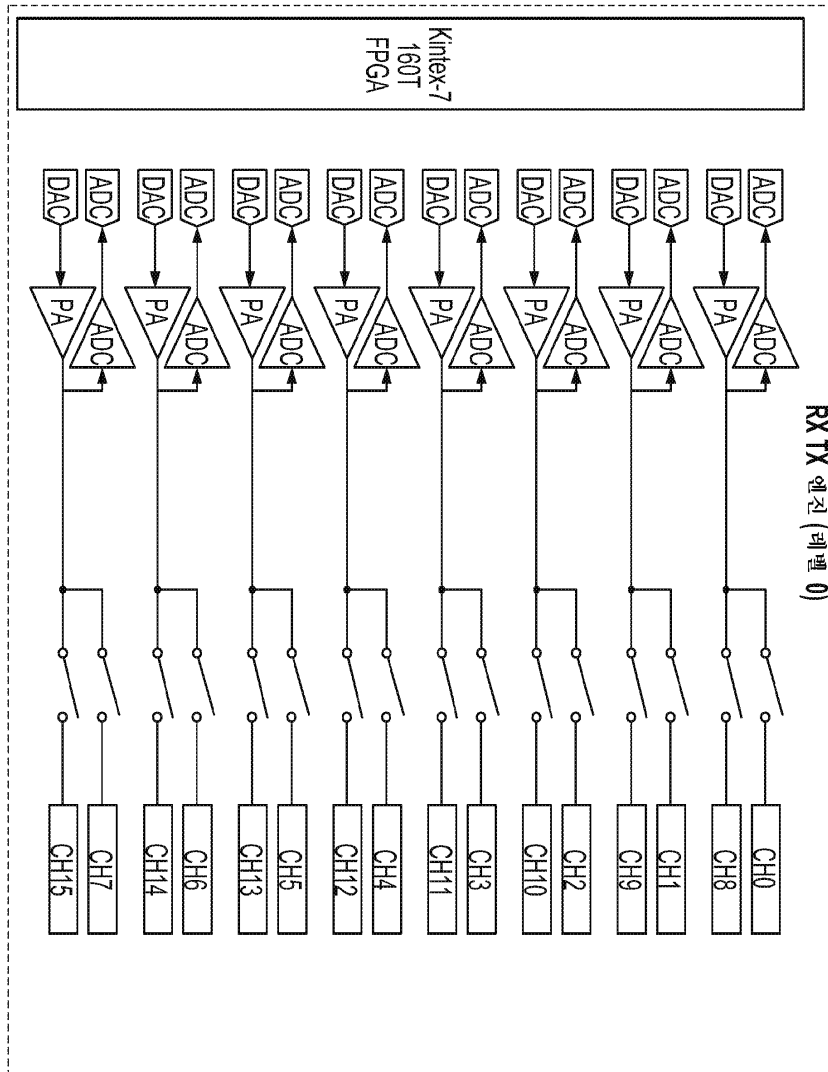
도면3c



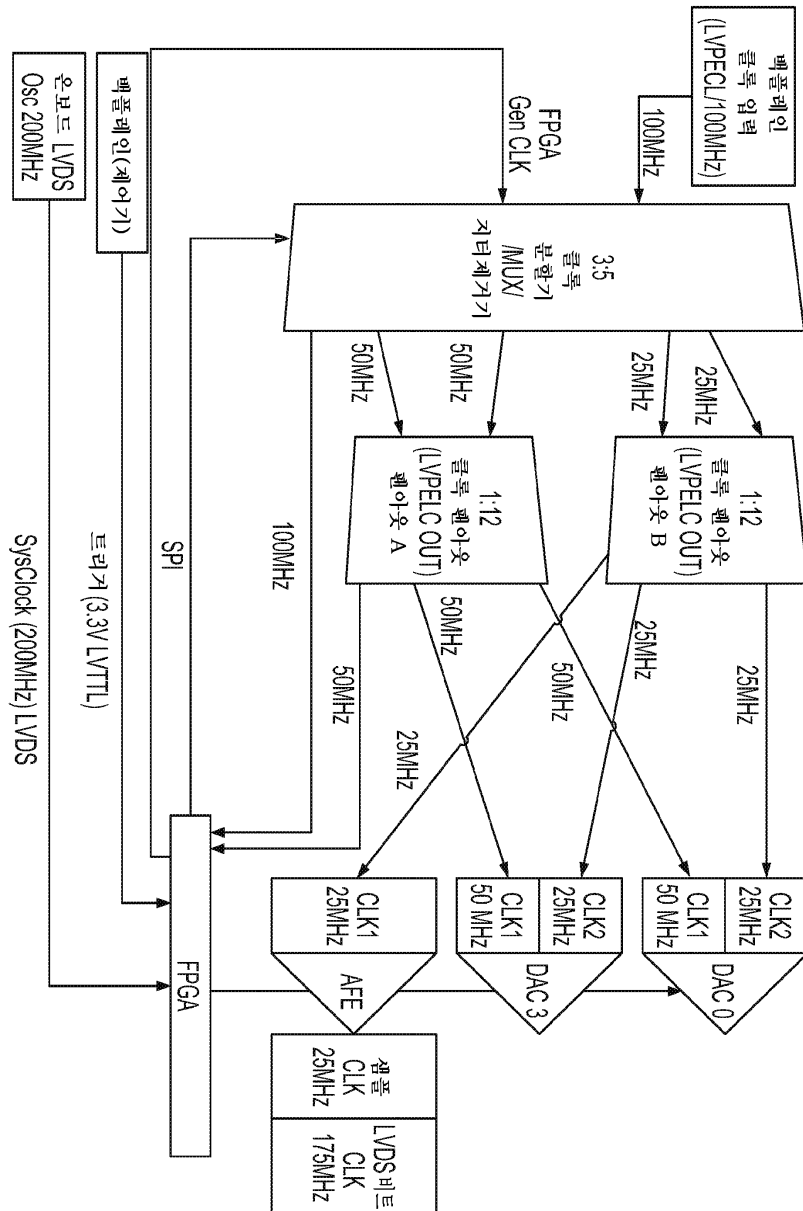
도면4a



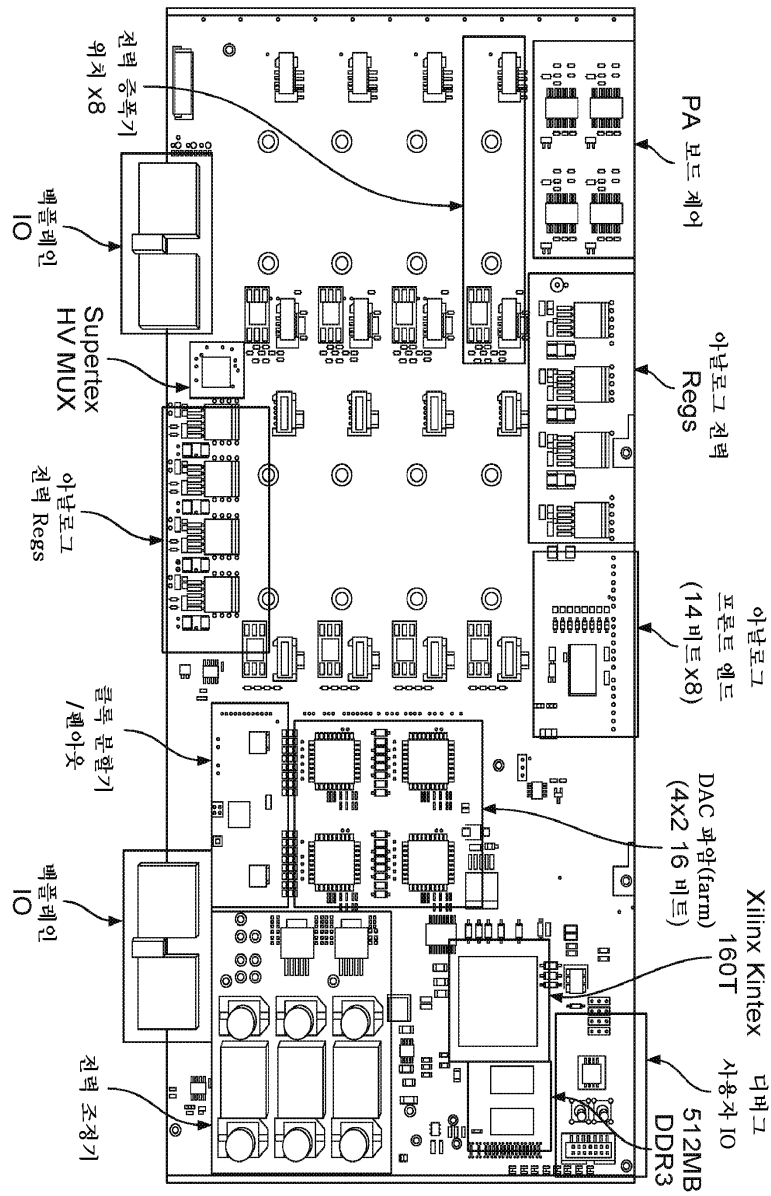
도면4b



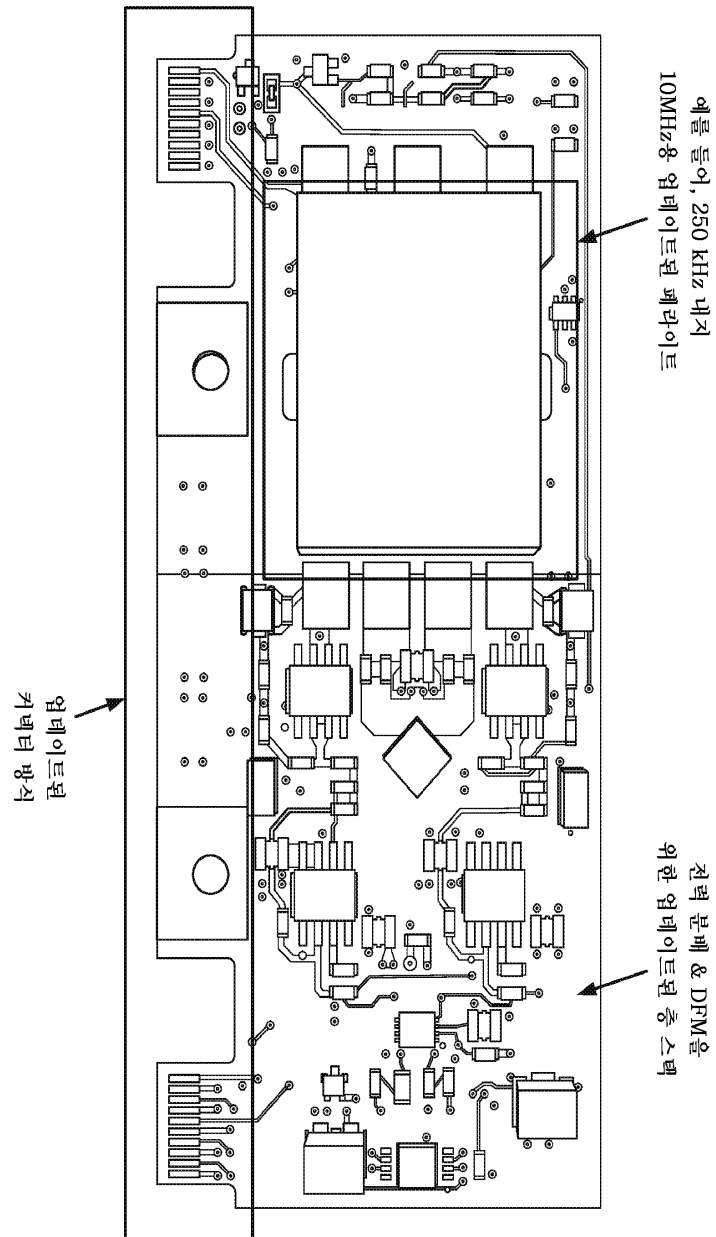
도면4c



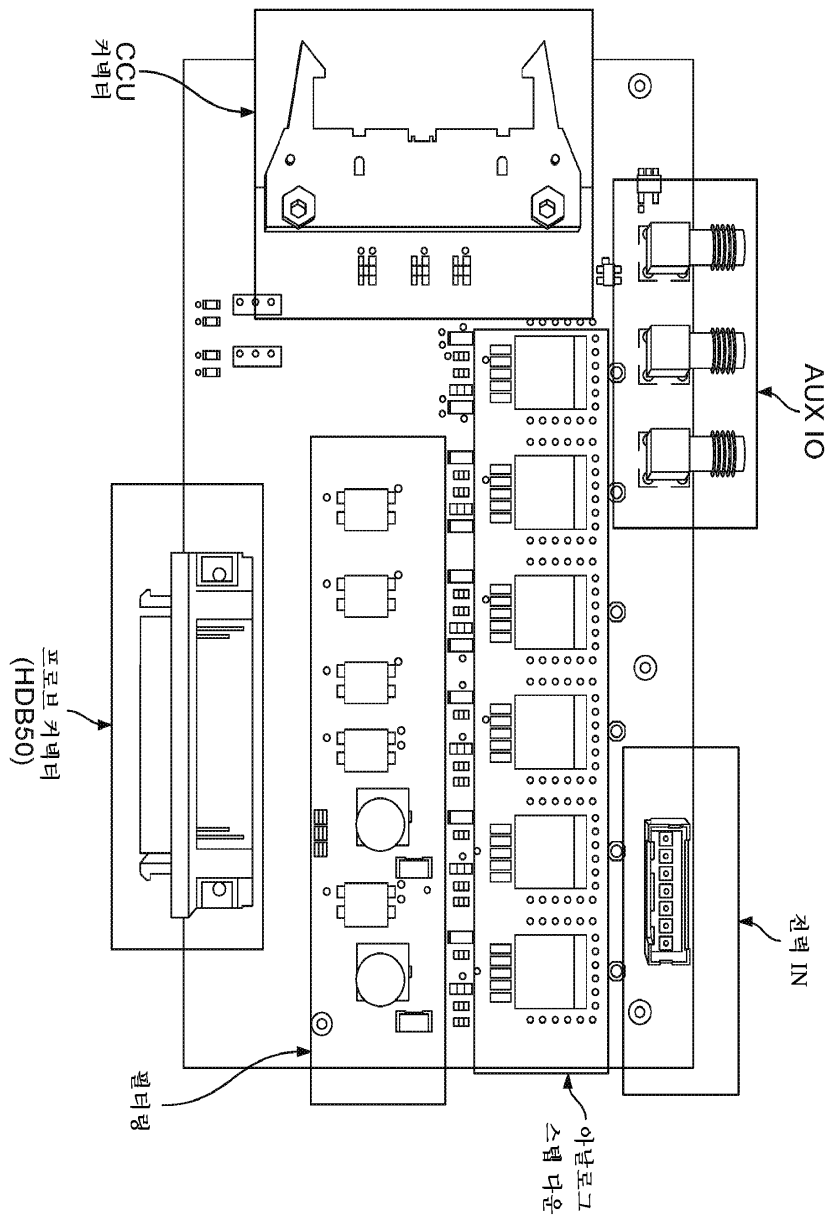
도면4d



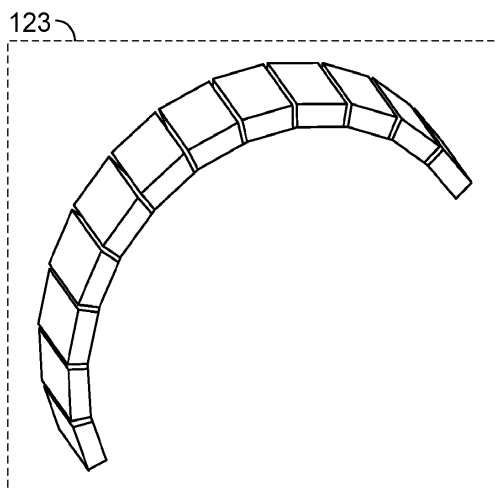
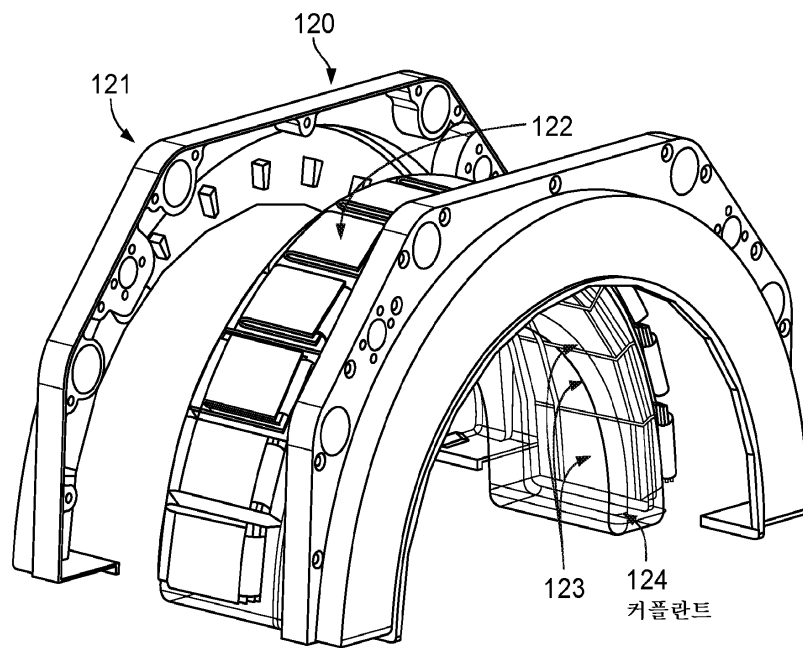
도면5



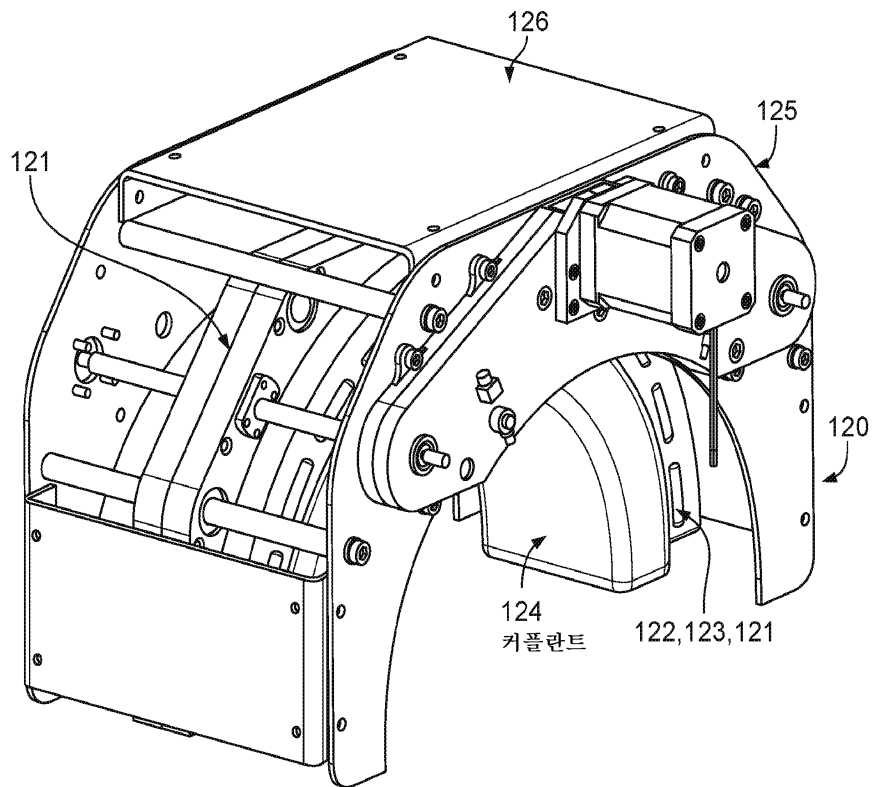
도면6



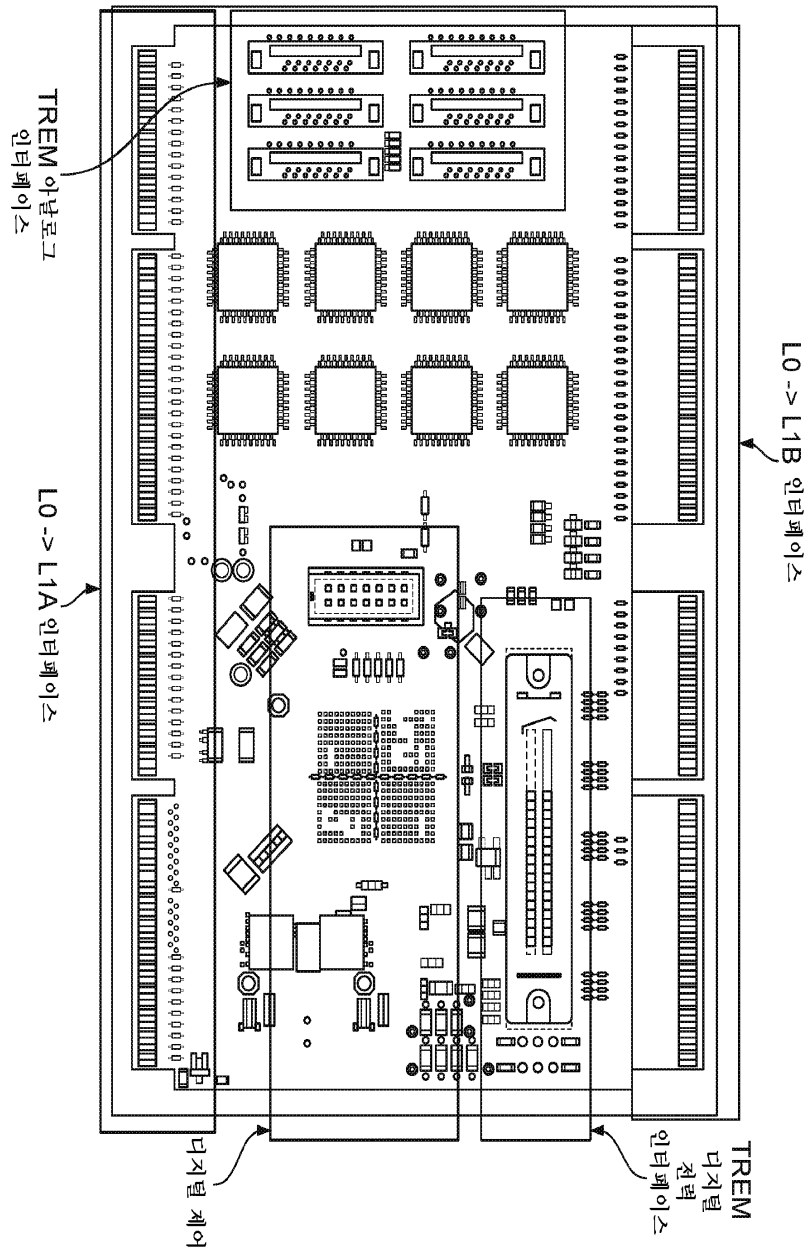
도면7a



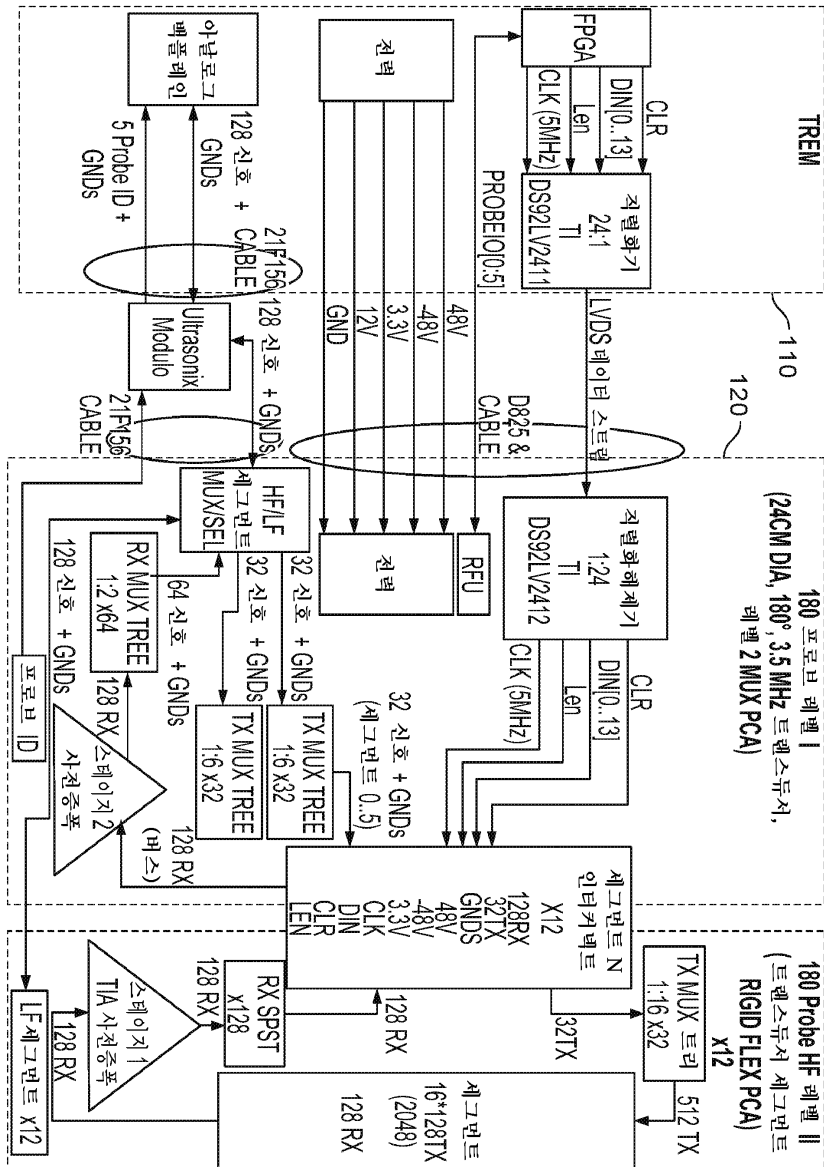
도면7b



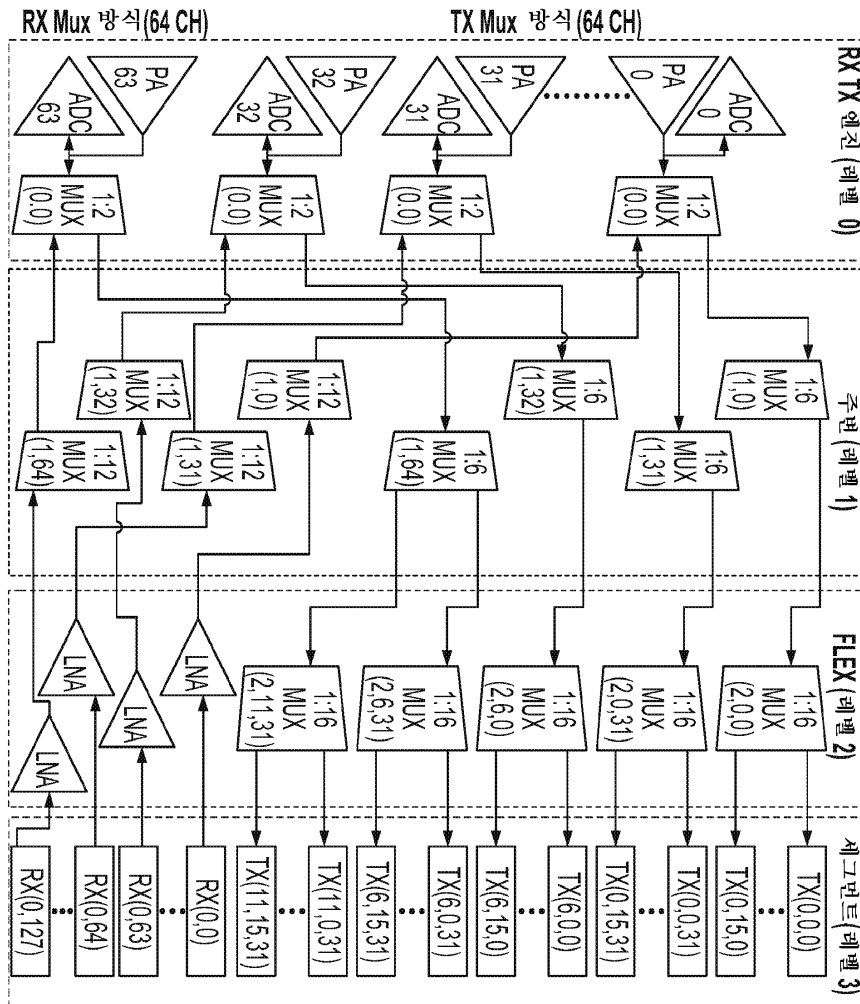
도면8



도면9



도면10



TX(세그먼트, 열, 행)

총 카운트 (180 어레이):

레벨 0 Tx/Rx Mux: 8

레벨 1 Tx Mux: 24

레벨 2 Tx Mux: 768

총 Tx Mux: 800

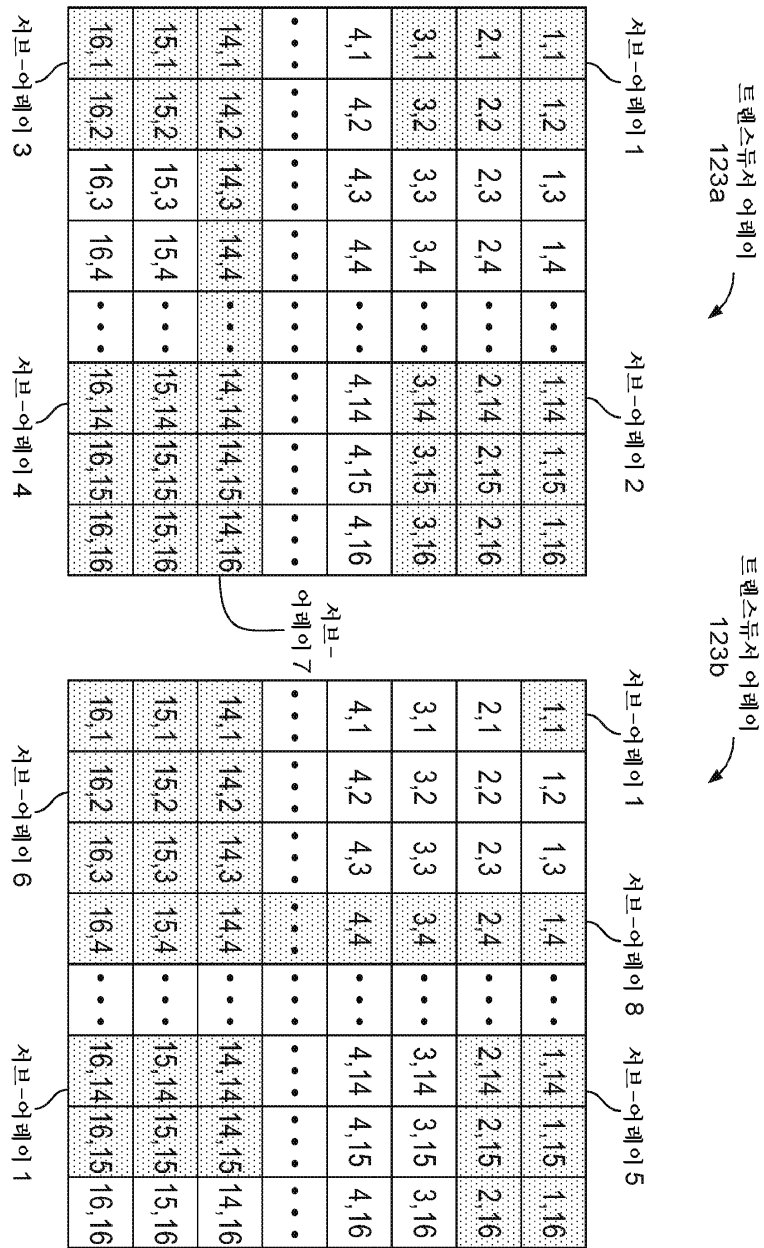
레벨 1 Rx Mux: 128

레벨 2 Rx Mux: 0

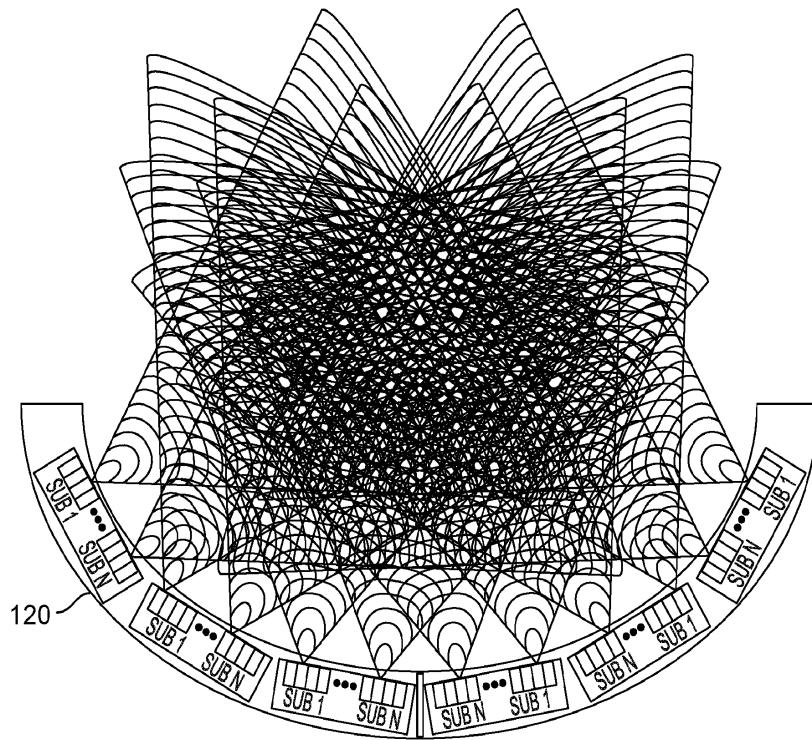
레벨 2 LNA: 128

RX(세그먼트, 열)

도면11



도면12



专利名称(译)	合成孔径超声系统		
公开(公告)号	KR1020180094774A	公开(公告)日	2018-08-24
申请号	KR1020177029980	申请日	2016-03-16
[标]申请(专利权)人(译)	我公司的医疗决策科学		
[标]发明人	HAYES JAMES J 헤이스제임스제이 FREIBURG EVAN 프라이부르크에반 KRUSE DUSTIN 크루제더스틴		
发明人	헤이스제임스제이. 프라이부르크에반 크루제더스틴		
IPC分类号	A61B8/00 A61B8/08 G01S7/52 G01S15/89		
CPC分类号	A61B8/4461 A61B8/5207 A61B8/54 G01S15/8927 G01S15/8997 G01S7/52082 A61B8/5223 G01S7/52079 G01S15/8934 G01S15/8959		
代理人(译)	Gimyungi Yangyoungjun		
优先权	62/135066 2015-03-18 US		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

公开了组合物开口声学摄影(合成孔径声学成像),范围-多普勒测量(距离-多普勒测量)和用于治疗的系统,以及装置和方法。一个合成开放音频系统包括合成开放超声(SAU:合成孔径超声)应用,扩频,矩-宽带,编码波形的产生,传输,接收和波形信息生成,其设计是为了使处理装置和声音探测装置成为可能。

