



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0050724
(43) 공개일자 2018년05월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 15/89 (2006.01) A61B 8/08 (2006.01)
A61B 8/12 (2006.01) G10K 11/34 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01S 15/8915 (2013.01)
A61B 8/12 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-7009826
(22) 출원일자(국제) 2016년02월25일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2018년04월06일
(86) 국제출원번호 PCT/CA2016/050193
(87) 국제공개번호 WO 2017/041166
국제공개일자 2017년03월16일
(30) 우선권주장
62/215,548 2015년09월08일 미국(US)
62/237,414 2015년10월05일 미국(US)

(71) 출원인
달하우지 유니버시티
캐나다, 비3에이치 4에이치6 노바 스코셔, 할리팩스, 사우스 스트리트 6299
(72) 발명자
브라운 제레미
캐나다 비3엘 1와이1 노바 스코셔 할리팩스 리버풀 스트리트 6381
레이섬 캐서린
캐나다 비2와이 0비7 노바 스코셔 다트머스 아이리쉬타운 로드 씨9-19
(74) 대리인
김태홍, 김진희

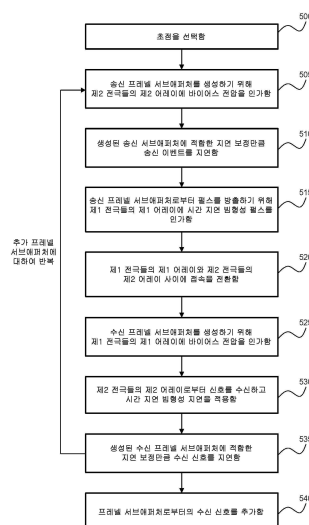
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 발명의 명칭 지연 보정된 프레넬 서브에퍼처를 이용한 결합형 위상 배열 및 프레넬 구역 판 빔형성 시스템 및 방법

(57) 요약

교차 전극 초음파 변환기 어레이에 의해 이미징을 수행하는 시스템 및 방법이 개시되고, 이때 초음파 변환기 어레이는 종래의 시간 지연 위상 배열 빔형성을 통해 일 방향으로 포커싱하고, 바이어스 전압의 인가에 의해 형성된 프레넬 에퍼처를 통해 제2 방향으로 포커싱하도록 구성된다. 초음파 변환기 어레이 접속은 송신 동작과 수신 동작 사이에서 전환되고, 그래서 프레넬 에퍼처는 송신시에 제1 방향으로 생성되고 수신시에 제2 방향으로 생성된다. 송신 프레넬 에퍼처와 수신 프레넬 에퍼처 중의 어느 하나 또는 둘 다는 지연 보정된 프레넬 서브에퍼처의 집합으로서 구성되고, 이때 각각의 프레넬 서브에퍼처와 연관된 지연은 프레넬 서브에퍼처와 초점 간의 경로 길이의 변동을 보상하도록 선택된다. 다수의 프레넬 서브에퍼처와 시간 지연 보정을 이용함으로써 조향으로 유도되는 대역폭 저하와 연관된 문제점들을 극복한다.

대표도 - 도4b



(52) CPC특허분류

A61B 8/5207 (2013.01)

G01S 15/8927 (2013.01)

G10K 11/346 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

초음파 이미징 시스템에 있어서,

초음파 변환기로서,

초음파 요소의 어레이 - 각각의 초음파 요소는 각각의 초음파 요소에의 바이어스 전압의 인가시 음향 변환을 할 수 있고, 상기 바이어스 전압이 존재할 때 상기 초음파 변환기에의 전압 펄스의 인가시 상기 초음파 변환기가 초음파 에너지를 방출함 - ;

상기 초음파 요소의 어레이의 제1 측부에 제공되는 제1 전극의 제1 어레이 - 각각의 제1 전극은 제 1 방향으로 연장됨 - ;

상기 초음파 요소의 어레이의 제2 측부에 제공되는 제2 전극의 제2 어레이 - 각각의 제2 전극은 제2 방향으로 연장되고, 상기 제1 방향 및 상기 제2 방향은, 상기 제1 전극의 제1 어레이 및 상기 제2 전극의 제2 어레이가 교차 전극 구성으로 배열되도록 구성됨 - 를 포함하는 것인, 상기 초음파 변환기, 및

상기 초음파 변환기에 동작가능하게 커플링되는 제어 및 처리 하드웨어로서, 상기 제어 및 처리 하드웨어는 송신 동작을 수행하도록 구성되는 처리 전자장치를 포함하고, 상기 송신 동작은,

포커싱된 가시선(line of sight)을 따라 초음파 펄스가 초점에 송신되도록 송신 전압 펄스를 상기 제1 전극의 제1 어레이에 제공하고 제1 바이어스 전압을 상기 제2 전극의 제2 어레이에 제공하는 동작을 포함하고,

상기 전압 펄스는, 제1 방향을 포함하며 상기 초음파 변환기의 방출 표면에 수직인 제1 평면 내의 초점에 상기 초음파 펄스를 포커싱하기 위해 시간 지연 송신 빔형성 애플러가 이용되도록 상기 제1 전극의 제1 어레이에 제공되고,

상기 제1 바이어스 전압은, 제2 방향을 포함하며 상기 초음파 변환기의 상기 방출 표면에 수직인 제2 평면 내의 초점에 상기 초음파 펄스를 포커싱하기 위해 송신 프레넬(Fresnel) 애플러가 형성되도록 상기 제2 전극의 제2 어레이에 제공되는 것인, 상기 제어 및 처리 하드웨어

를 포함하고,

상기 처리 전자장치는 수신 동작을 수행하도록 구성되고, 상기 수신 동작은,

제2 바이어스 전압을 상기 제1 전극의 제1 어레이에 인가하고 상기 제2 전극의 제2 어레이로 신호를 수신하는 동작을 포함하고,

상기 제2 바이어스 전압은, 상기 제1 평면 내의 초점으로부터의 수신된 초음파 에너지를 포커싱하기 위해 수신 프레넬 애플러가 형성되도록 상기 제1 전극의 제1 어레이에 제공되고,

상기 제2 전극의 제2 어레이로부터 획득된 신호는 동적으로 빔형성되도록 구성되고, 상기 제2 평면 내에 상기 수신된 초음파 에너지를 포커싱하기 위해 시간 지연 수신 빔형성 애플러가 이용되고,

상기 처리 전자장치는 또한, 상기 송신 프레넬 애플러 및 상기 수신 프레넬 애플러 중 어느 하나 또는 둘 다가 프레넬 서브애플러의 집합으로서 순차적으로 생성되고 상기 프레넬 서브애플러의 집합과 연관된 다수의 송신/수신 이벤트로부터의 신호는 함께 가산되고,

상기 처리 전자장치는 또한,

상기 송신 프레넬 애플러가 송신 프레넬 서브애플러의 집합으로서 생성될 때 각각의 송신 프레넬 서브애플러에 대응하는 각각의 송신 이벤트가 상기 송신 프레넬 서브애플러와 상기 초점 간의 경로 길이에서의 변동을 보상하도록 선택된 각각의 송신 시간 지연만큼 지연되고;

상기 수신 프레넬 애플러가 수신 프레넬 서브애플러의 집합으로서 생성될 때 상기 수신 프레넬 서브애플러로부터의 각각의 신호를 함께 가산하기 전에, 각각의 수신 프레넬 서브애플러에 대응하는 각각의 신호가 상기 수신

프레넬 서브에퍼처와 상기 초점 간의 경로 길이에서의 변동을 보상하도록 선택된 시간 지연만큼 지연되도록 구성되고;

상기 처리 전자장치는, 초음파 이미지를 생성하기 위한 초음파 이미지 데이터를 생성하도록 복수의 포커싱된 가시선을 따라 송신 동작 및 수신 동작을 수행하도록 구성되는 것인, 초음파 이미징 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 초음파 요소의 어레이는 상기 제1 전극의 제1 어레이에 의해 그리고 상기 제2 전극의 제2 어레이에 의해 전왜 층(electrostrictive layer) 내에 규정되는 것인, 초음파 이미징 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 초음파 요소의 어레이는 용량성 미세가공된 초음파 변환기(capacitive micromachined ultrasound transducer; CMUT) 어레이 요소를 포함하는 것인, 초음파 이미징 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 초음파 요소의 어레이는 커핑된(kerfed) 전왜 어레이 요소를 포함하는 것인, 초음파 이미징 시스템.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 방향은 상기 제2 방향에 수직인 것인, 초음파 이미징 시스템.

청구항 6

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 방향은 방위각(azimuthal) 평면 내에 있고, 상기 제2 방향은 양각(elevation) 평면 내에 있는 것인, 초음파 이미징 시스템.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 처리 전자장치는 또한, 송신 프레넬 에퍼처 및 수신 프레넬 에퍼처 둘 다가 송신 프레넬 서브에퍼처 및 수신 프레넬 서브에퍼처의 각각의 집합으로서 생성되도록 구성되는 것인, 초음파 이미징 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 처리 전자장치는 또한, 상기 수신 프레넬 서브에퍼처의 집합이 각각의 송신 프레넬 서브에퍼처에 대하여 순차적으로 생성되도록 구성되고, 송신/수신 이벤트의 총 수는 주어진 포커싱된 가시선에 대하여, 송신 프레넬 서브에퍼처의 수와 수신 프레넬 서브에퍼처의 수의 곱과 동일한 것인, 초음파 이미징 시스템.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 처리 전자장치는 또한, 하나 이상의 송신 프레넬 서브에퍼처가 그와 연관된 단일의 특유한(unique) 수신 프레넬 서브에퍼처를 각각 갖도록 구성되고, 하나 이상의 송신 프레넬 서브에퍼처 각각에 대하여 단일의 송신/수신 이벤트가 생성되는 것인, 초음파 이미징 시스템.

청구항 10

제7항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 처리 전자장치는, 송신 프레넬 서브에퍼처의 수가 수신 프레넬 서브에퍼처의 수와 동일하도록 구성되는 것인, 초음파 이미징 시스템.

청구항 11

제7항에 있어서, 상기 처리 전자장치는, 송신 프레넬 서브에퍼처의 수가 수신 프레넬 서브에퍼처의 수와 동일하도록 구성되고;

상기 처리 전자장치는 또한, 단일의 특유한 수신 프레넬 서브에퍼처가 각각의 송신 프레넬 서브에퍼처에 대하여

생성되도록 구성되는 것인, 초음파 이미징 시스템.

청구항 12

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 처리 전자장치는 또한, 상기 프레넬 서브애퍼처의 수가 조향각(steering angle)에 의존하도록 구성되고, 상기 프레넬 서브애퍼처의 수는 조향각의 증가에 따라 증가하는 것인, 초음파 이미징 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 프레넬 서브애퍼처의 수는, 해상도와 관련하여 일관된 이미지를 생성하기에 적합한 레이트(rate)로 조향각에 따라 증가되는 것인, 초음파 이미징 시스템.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 따른 초음파 이미징 시스템을 포함하는, 내시경(endoscope).

청구항 15

초음파 변환기를 사용하여 초음파 이미징을 수행하는 방법에 있어서,

상기 초음파 변환기는,

초음파 요소의 어레이 - 각각의 초음파 요소는 각각의 초음파 요소에의 바이어스 전압의 인가시 음향 변환을 할 수 있고, 상기 바이어스 전압이 존재할 때 상기 초음파 변환기에의 전압 펄스의 인가시 상기 초음파 변환기가 초음파 에너지를 방출함 - ;

상기 초음파 요소의 어레이의 제1 측부에 제공되는 제1 전극의 제1 어레이 - 각각의 제1 전극은 제 1 방향으로 연장됨 - ;

상기 초음파 요소의 어레이의 제2 측부에 제공되는 제2 전극의 제2 어레이 - 각각의 제2 전극은 제2 방향으로 연장되고, 상기 제1 방향 및 상기 제2 방향은, 상기 제1 전극의 제1 어레이 및 상기 제2 전극의 제2 어레이가 교차 전극 구성으로 배열되도록 구성됨 - 를 포함하고,

상기 방법은,

포커싱된 가시선을 따라 초음파 펄스가 초점에 송신되도록 송신 전압 펄스를 상기 제1 전극의 제1 어레이에 제공하고 제1 바이어스 전압을 상기 제2 전극의 제2 어레이에 제공함으로써 송신 동작을 수행하는 단계로서,

상기 전압 펄스는, 제1 방향을 포함하며 상기 초음파 변환기의 방출 표면에 수직인 제1 평면 내의 초점에 상기 초음파 펄스를 포커싱하기 위해 시간 지연 송신 빔형성 애퍼처가 이용되도록 상기 제1 전극의 제1 어레이에 제공되고,

상기 제1 바이어스 전압은, 제2 방향을 포함하며 상기 초음파 변환기의 상기 방출 표면에 수직인 제2 평면 내의 초점에 상기 초음파 펄스를 포커싱하기 위해 송신 프레넬 애퍼처가 형성되도록 상기 제2 전극의 제2 어레이에 제공되는 것인, 상기 송신 동작을 수행하는 단계, 및

제2 바이어스 전압을 상기 제1 전극의 제1 어레이에 인가하고 상기 제2 전극의 제2 어레이로 신호를 수신함으로써 수신 동작을 수행하는 단계로서,

상기 제2 바이어스 전압은, 상기 제1 평면 내의 초점으로부터의 수신된 초음파 에너지를 포커싱하기 위해 수신 프레넬 애퍼처가 형성되도록 상기 제1 전극의 제1 어레이에 제공되고,

상기 제2 전극의 제2 어레이로부터 획득된 신호는 동적으로 빔형성되고, 상기 제2 평면 내에 상기 수신된 초음파 에너지를 포커싱하기 위해 시간 지연 수신 빔형성 애퍼처가 이용되는 것인, 상기 수신 동작을 수행하는 단계를 포함하고,

상기 송신 프레넬 애퍼처 및 상기 수신 프레넬 애퍼처 중 어느 하나 또는 둘 다가 프레넬 서브애퍼처의 집합으로서 순차적으로 생성되고 상기 프레넬 서브애퍼처의 집합과 연관된 다수의 송신/수신 이벤트로부터의 신호는 함께 가산되고,

상기 송신 프레넬 애퍼처 및 상기 수신 프레넬 애퍼처 중 어느 하나 또는 둘 다는,

상기 송신 프레넬 애퍼처가 송신 프레넬 서브애퍼처의 집합으로서 생성될 때 각각의 송신 프레넬 서브애퍼처에 대응하는 각각의 송신 이벤트가 상기 송신 프레넬 서브애퍼처와 상기 초점 간의 경로 길이에서의 변동을 보상하도록 선택된 각각의 송신 시간 지연만큼 지연되고;

상기 수신 프레넬 애퍼처가 수신 프레넬 서브애퍼처의 집합으로서 생성될 때 상기 수신 프레넬 서브애퍼처로부터의 각각의 신호를 함께 가산하기 전에, 각각의 수신 프레넬 서브애퍼처에 대응하는 각각의 신호가 상기 수신 프레넬 서브애퍼처와 상기 초점 간의 경로 길이에서의 변동을 보상하도록 선택된 시간 지연만큼 지연되도록 구성되고;

송신 동작 및 수신 동작은, 복수의 포커싱된 가시선을 따라 수행됨으로써, 초음파 이미지를 생성하기 위한 초음파 이미지 데이터를 제공하는 것인, 초음파 이미징 수행 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 초음파 요소의 어레이는 상기 제1 전극의 제1 어레이에 의해 그리고 상기 제2 전극의 제2 어레이에 의해 전왜 층 내에 규정되는 것인인, 초음파 이미징 수행 방법.

청구항 17

제15항에 있어서, 상기 초음파 요소의 어레이는 용량성 미세가공된 초음파 변환기(CMUT) 어레이 요소를 포함하는 것인, 초음파 이미징 수행 방법.

청구항 18

제15항에 있어서, 상기 초음파 요소의 어레이는 커핑된 전왜 어레이 요소를 포함하는 것인, 초음파 이미징 수행 방법.

청구항 19

제15항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 방향은 상기 제2 방향에 수직인 것인, 초음파 이미징 수행 방법.

청구항 20

제15항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 방향은 방위각 평면 내에 있고, 상기 제2 방향은 앙각 평면 내에 있는 것인, 초음파 이미징 수행 방법.

청구항 21

제15항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 송신 프레넬 애퍼처 및 상기 수신 프레넬 애퍼처는 송신 프레넬 서브애퍼처 및 수신 프레넬 서브애퍼처의 각각의 집합으로서 생성되는 것인, 초음파 이미징 수행 방법.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 수신 서브애퍼처의 집합은 각각의 송신 프레넬 서브애퍼처에 대하여 순차적으로 생성되고, 송신/수신 이벤트의 총 수는 주어진 포커싱된 가시선에 대하여, 송신 프레넬 서브애퍼처의 수와 수신 프레넬 서브애퍼처의 수의 곱과 동일한 것인, 초음파 이미징 수행 방법.

청구항 23

제21항에 있어서, 하나 이상의 송신 프레넬 서브애퍼처는 그와 연관된 단일의 특유한 수신 프레넬 서브애퍼처를 각각 갖고, 상기 하나 이상의 송신 프레넬 서브애퍼처 각각에 대하여 단일의 송신/수신 이벤트가 생성되는 것인, 초음파 이미징 수행 방법.

청구항 24

제21항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 송신 프레넬 서브애퍼처의 수는 상기 수신 프레넬 서브애퍼처의 수와 동일한 것인, 초음파 이미징 수행 방법.

청구항 25

제21항에 있어서, 상기 송신 서브애퍼처의 수는 상기 수신 서브애퍼처의 수와 동일하고;

각각의 송신 프레넬 서브애퍼처에 대하여 단일의 특유한 수신 프레넬 서브애퍼처가 생성되는 것인, 초음파 이미징 수행 방법.

청구항 26

제15항 내지 제25항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 프레넬 서브애퍼처의 수는 조향각에 의존하고, 상기 프레넬 서브애퍼처의 수는 조향각의 증가에 따라 증가하는 것인, 초음파 이미징 수행 방법.

청구항 27

제26항에 있어서, 상기 프레넬 서브애퍼처의 수는, 해상도와 관련하여 일관된 이미지를 생성하기에 적합한 레이트로 조향각에 따라 증가되는 것인, 초음파 이미징 수행 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 이 출원은 "지연 보정된 프레넬(Fresnel) 서브애퍼처를 이용한 결합형 위상 배열 및 프레넬 구역 판 빔형성 시스템 및 방법"의 명칭으로 2015년 9월 8일자 출원된 미국 가특허 출원 제62/215,548호, 및 "지연 보정된 프레넬 서브애퍼처를 이용한 결합형 위상 배열 및 프레넬 구역 판 빔형성 시스템 및 방법"의 명칭으로 2015년 10월 5일자 출원된 미국 가특허 출원 제62/237,414호에 대한 우선권을 주장하며, 상기 가특허 출원들의 전체 내용은 인용에 의해 본원에 통합된다.

[0002] 본 발명은 초음파 빔형성 및 초음파 이미징에 관한 것이다. 일부 양태에서, 본 발명은 용적 초음파 이미징에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 프레넬 기반 빔 포커싱은 3D 이미징 어레이의 조향 렌즈로서 사용하기 위해 연구되어 왔다. 빛과 같은 음향파는 프레넬 렌즈 또는 구역 판(zone plate) 접근법을 이용하여 포커싱될 수 있다. 프레넬 구역 판은 특히 큰 애퍼처를 이용할 때 좁은 포커스를 생성할 수 있다. 종래의 프레넬 구역 판은 투과 영역과 불투명 영역이 교호하는 링 또는 스트립으로 구성된다. 파들은 불투명 구역 주위에서 회절하고, 특수 공간 때문에 포커스 주위에서 적극적으로 간섭한다. 위상 구역 판에서, 양측 구역은 파를 투과시키지만, 매 다른 구역마다 위상 반전이 있다. 이 유형의 판은 효율성의 장점이 있고 수동 초음파 포커싱을 위한 양호한 접근법으로 될 잠재력을 나타낸다.

발명의 내용

[0004] 교차 전극 초음파 변환기 어레이에 의해 이미징을 수행하는 시스템 및 방법이 개시되고, 이때 초음파 변환기 어레이는 종래의 시간 지연 위상 배열 빔형성을 통해 일 방향으로 포커싱하고, 바이어스 전압의 인가에 의해 형성된 프레넬 애퍼처를 통해 제2 방향으로 포커싱하도록 구성된다. 초음파 변환기 어레이 접속은 송신 동작과 수신 동작 사이에서 전환되고, 그래서 프레넬 애퍼처는 송신시에 제1 방향으로 생성되고 수신시에 제2 방향으로 생성된다. 송신 프레넬 애퍼처와 수신 프레넬 애퍼처 중의 어느 하나 또는 둘 다는 지연 보정된 프레넬 서브애퍼처의 집합으로서 구성되고, 이때 각각의 프레넬 서브애퍼처와 연관된 지연은 프레넬 서브애퍼처와 초점(focal point) 간의 경로 길이의 변동을 보상하도록 선택된다. 다수의 프레넬 서브애퍼처와 시간 지연 보정을 이용함으로써 조향으로 유도되는(steering-induced) 대역폭 저하와 연관된 문제점들을 극복한다.

[0005] 따라서, 제1 양태에서 초음파 이미징 시스템이 제공되고, 이 초음파 이미징 시스템은 초음파 변환기 및 이 초음파 변환기에 동작가능하게 커플링된 제어 및 처리 하드웨어를 포함하며, 상기 초음파 변환기는,

[0006] 바이어스 전압이 있을 때 전압 펄스를 인가한 경우 초음파 변환기가 초음파 에너지를 방출하도록 바이어스 전압 인가시에 각각 음향 변환을 할 수 있는 초음파 요소들의 어레이와;

[0007] 상기 초음파 요소들의 어레이의 제1 측부에 제공되고 제1 방향으로 각각 연장되는 제1 전극들의 제1 어레이와;

[0008] 상기 초음파 요소들의 어레이의 제2 측부에 제공되고 제2 방향- 상기 제1 방향과 상기 제2 방향은 상기 제1 전

극들의 제1 어레이와 상기 제2 전극들의 제2 어레이가 교차 전극 구성으로 배열되도록 구성된 것임 -으로 각각 연장되는 제2 전극들의 제2 어레이를 포함하고,

- [0009] 상기 제어 및 처리 하드웨어는 초음파 펄스가 포커싱된 가시선(line of sight)을 따라 초점에 송신되도록 송신 전압 펄스를 상기 제1 전극들의 제1 어레이에 송신하고 제1 바이어스 전압을 상기 제2 전극들의 제2 어레이에 제공하는 동작- 상기 전압 펄스는 제1 방향을 포함하고 상기 초음파 변환기의 방출 표면에 수직인 제1 평면 내의 초점에 상기 초음파 펄스를 포커싱하기 위해 시간 지연 송신 빔형성 애퍼처를 이용하도록 상기 제1 전극들의 제1 어레이에 제공되는 것이고, 상기 제1 바이어스 전압은 제2 방향을 포함하고 상기 초음파 변환기의 상기 방출 표면에 수직인 제2 평면 내의 초점에 상기 초음파 펄스를 포커싱하기 위해 송신 프레넬 애퍼처가 형성되도록 상기 제2 전극들의 제2 어레이에 제공되는 것임 -을 포함한 송신 동작을 수행하도록 구성된 처리 전자장치를 포함하며,
- [0010] 상기 처리 전자장치는 제2 바이어스 전압을 상기 제1 전극들의 제1 어레이에 인가하고 상기 제2 전극들의 제2 어레이로 신호들을 수신하는 동작- 상기 제2 바이어스 전압은 상기 제1 평면 내의 초점으로부터 수신된 초음파 에너지를 포커싱하기 위해 수신 프레넬 애퍼처가 형성되도록 상기 제1 전극들의 제1 어레이에 제공되는 것이고, 상기 제2 전극들의 제2 어레이로부터 획득된 신호들은 상기 제2 평면 내에 상기 수신된 초음파 에너지를 포커싱하기 위해 시간 지연 수신 빔형성 애퍼처를 이용하도록 동적으로 빔형성되는 것임 -을 포함한 수신 동작을 수행하도록 구성되고,
- [0011] 상기 처리 전자장치는 상기 송신 프레넬 애퍼처와 상기 수신 프레넬 애퍼처 중의 어느 하나 또는 둘 다가 프레넬 서브애퍼처의 집합으로서 순차적으로 생성되고 상기 프레넬 서브애퍼처의 집합과 연관된 다수의 송신/수신 이벤트로부터의 신호들이 함께 가산되도록 또한 구성되며;
- [0012] 상기 처리 전자장치는 상기 송신 프레넬 애퍼처가 송신 프레넬 서브애퍼처의 집합으로서 생성될 때 각각의 송신 프레넬 서브애퍼처에 대응하는 각각의 송신 이벤트가 상기 송신 프레넬 서브애퍼처와 상기 초점 간의 경로 길이의 변동을 보상하도록 선택된 각각의 송신 시간 지연만큼 지연되고; 상기 수신 프레넬 애퍼처가 수신 프레넬 서브애퍼처의 집합으로서 생성될 때, 상기 수신 프레넬 서브애퍼처로부터의 각각의 신호를 함께 가산하기 전에, 각각의 수신 프레넬 서브애퍼처에 대응하는 각각의 신호가 상기 수신 프레넬 서브애퍼처와 상기 초점 간의 경로 길이의 변동을 보상하도록 선택된 시간 지연만큼 지연되도록 또한 구성되며;
- [0013] 상기 처리 전자장치는 초음파 이미지를 생성하기 위한 초음파 이미지 데이터를 생성하도록 복수의 포커싱된 가시선을 따라 송신 동작과 수신 동작을 수행하도록 구성된다.
- [0014] 다른 양태에서 초음파 변환기를 이용하여 초음파 이미징을 수행하는 방법이 제공되는데, 상기 초음파 변환기는,
- [0015] 바이어스 전압이 있을 때 전압 펄스를 인가한 경우 초음파 변환기가 초음파 에너지를 방출하도록 바이어스 전압 인가시에 각각 음향 변환을 할 수 있는 초음파 요소들의 어레이와;
- [0016] 상기 초음파 요소들의 어레이의 제1 측부에 제공되고 제1 방향으로 각각 연장되는 제1 전극들의 제1 어레이와;
- [0017] 상기 초음파 요소들의 어레이의 제2 측부에 제공되고 제2 방향- 상기 제1 방향과 상기 제2 방향은 상기 제1 전극들의 제1 어레이와 상기 제2 전극들의 제2 어레이가 교차 전극 구성으로 배열되도록 구성된 것임 -으로 각각 연장되는 제2 전극들의 제2 어레이를 포함한 것이고,
- [0018] 상기 방법은,
- [0019] 초음파 펄스가 포커싱된 가시선을 따라 초점에 송신되도록 송신 전압 펄스를 상기 제1 전극들의 제1 어레이에 송신하고 제1 바이어스 전압을 상기 제2 전극들의 제2 어레이에 제공함으로써 송신 동작을 수행하는 단계- 상기 전압 펄스는 제1 방향을 포함하고 상기 초음파 변환기의 방출 표면에 수직인 제1 평면 내의 초점에 상기 초음파 펄스를 포커싱하기 위해 시간 지연 송신 빔형성 애퍼처를 이용하도록 상기 제1 전극들의 제1 어레이에 제공되는 것이고, 상기 제1 바이어스 전압은 제2 방향을 포함하고 상기 초음파 변환기의 상기 방출 표면에 수직인 제2 평면 내의 초점에 상기 초음파 펄스를 포커싱하기 위해 송신 프레넬 애퍼처가 형성되도록 상기 제2 전극들의 제2 어레이에 제공되는 것임 -와;
- [0020] 제2 바이어스 전압을 상기 제1 전극들의 제1 어레이에 인가하고 상기 제2 전극들의 제2 어레이로 신호들을 수신함으로써 수신 동작을 수행하는 단계- 상기 제2 바이어스 전압은 상기 제1 평면 내의 초점으로부터 수신된 초음파 에너지를 포커싱하기 위해 수신 프레넬 애퍼처가 형성되도록 상기 제1 전극들의 제1 어레이에 제공되는 것이고, 상기 제2 전극들의 제2 어레이로부터 획득된 신호들은 상기 제2 평면 내에 상기 수신된 초음파 에너지를 포

커싱하기 위해 시간 지연 수신 빔형성 애퍼처를 이용하도록 동적으로 빔형성되는 것임 -를 포함하며;

[0021] 상기 송신 프레넬 애퍼처와 상기 수신 프레넬 애퍼처 중의 어느 하나 또는 둘 다는 프레넬 서브애퍼처의 집합으로서 순차적으로 생성되고 상기 프레넬 서브애퍼처의 집합과 연관된 다수의 송신/수신 이벤트로부터의 신호들은 함께 가산되며;

[0022] 상기 송신 프레넬 애퍼처와 상기 수신 프레넬 애퍼처 중의 어느 하나 또는 둘 다는 상기 송신 프레넬 애퍼처가 송신 프레넬 서브애퍼처의 집합으로서 생성될 때 각각의 송신 프레넬 서브애퍼처에 대응하는 각각의 송신 이벤트가 상기 송신 프레넬 서브애퍼처와 상기 초점 간의 경로 길이의 변동을 보상하도록 선택된 각각의 송신 시간 지연만큼 지연되고, 상기 수신 프레넬 애퍼처가 수신 프레넬 서브애퍼처의 집합으로서 생성될 때, 상기 수신 프레넬 서브애퍼처로부터의 각각의 신호를 가산하기 전에, 각각의 수신 프레넬 서브애퍼처에 대응하는 신호들의 각각의 집합이 상기 수신 프레넬 서브애퍼처와 상기 초점 간의 경로 길이의 변동을 보상하도록 선택된 시간 지연만큼 지연되도록 또한 구성되며;

[0023] 상기 송신 동작과 수신 동작은 초음파 이미지를 생성하기 위한 초음파 이미지 데이터를 제공하도록 복수의 포커싱된 가시선을 따라 수행된다.

[0024] 발명의 기능적 양태 및 유리한 양태의 추가적인 이해는 이하의 상세한 설명 및 도면을 참조함으로써 실현될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 이제, 각종 실시형태를 첨부 도면을 참조하면서 단지 예로서 설명한다.

도 1a 및 도 1b는 양각-방위각(elevation-azimuth) 평면에서의 양방향 방사 패턴, 및 양각에서 조향 가능한 프레넬 애퍼처를 이용하고 양 평면에서 축에(A) 및 20도에(B) 포커싱된 방위각에서 위상 배열 빔형성을 이용하는 어레이의 빔 윤곽을 보인 도이다.

도 2는 송신 모드와 수신 모드의 교차 배열 스위칭 방식을 보인 도이다.

도 3a 및 도 3b는 송신 중에 프레넬 애퍼처가 방위각 방향으로 포커싱하기 위해 사용되고 종래의 위상 배열 빔형성이 양각 방향으로 포커싱하기 위해 사용되며, 수신 중에 프레넬 애퍼처가 양각 방향으로 포커싱하기 위해 사용되고 종래의 위상 배열 빔형성이 방위각 방향으로 포커싱하기 위해 사용되는, 양각-방위각 평면에서의 양방향 방사 패턴, 및 양 평면에서 축에(A) 및 20도에(B) 포커싱된 조향 가능한 프레넬 애퍼처를 이용하는 어레이의 빔 윤곽을 보인 도이다.

도 4a는 교차 전극 변환기를 포함한 예시적인 이미징 시스템을 보인 도이다.

도 4b는 주어진 가시선에 대한 송신 및 수신시에 다수의 프레넬 서브애퍼처를 이용하는 예시적인 방법을 보인 흐름도이다.

도 5a 및 도 5b는 서브애퍼처로부터 초점까지의 경로 길이와 프레넬 서브애퍼처에 의해 야기되는 유효 경로 길이 간의 비교(A), 및 추가의 보정 지연이 있는 경우에 서브애퍼처로부터 초점까지의 경로 길이와 프레넬 서브애퍼처에 의해 야기되는 유효 경로 길이 간의 비교(B)를 보인 도로서, 프레넬 패턴을 4개의 서브애퍼처로 나눈 예를 보인 도이다.

도 6a는 8×8 교차 전극 어레이에서 송신 및 수신 모두에 프레넬 서브애퍼처를 이용하고, 단일의 특유한(unique) 수신 프레넬 서브애퍼처가 각각의 송신 프레넬 서브애퍼처에 대하여 생성되며, 4개의 서브애퍼처가 송신용으로 사용되고 4개의 서브애퍼처가 수신용으로 사용되는 예시적인 구현을 보인 도이다.

도 6b는 8×8 교차 전극 어레이에서 송신 및 수신 모두에 프레넬 서브애퍼처를 이용하는데 4개의 서브애퍼처가 송신용으로 사용되고 4개의 서브애퍼처가 수신용으로 사용되는 예시적인 구현을 보인 도로서, 최초의 송신 프레넬 서브애퍼처와 연관된 송신/수신 이벤트에 대응하는 송신 프레넬 서브애퍼처와 수신 프레넬 서브애퍼처의 조합을 보이고, 그 다음에 유사한 송신/수신 이벤트가 추가의 송신 프레넬 서브애퍼처에 대하여 수행되어, 각각의 송신 프레넬 서브애퍼처에 대하여, 송신/수신 이벤트의 집합이 각각의 수신 프레넬 서브애퍼처에 대하여 수행되게 하는 것을 보인 도이다.

도 7은 4개, 6개 또는 8개의 서브애퍼처를 이용할 때 방위각에서 20도로 조향되고 이 어레이의 포커스에서 양각(하부) 필스에서 20도로 각각 조향된, 스위칭 프레넬 포커싱을 이용하는 교차 전극 어레이의 포커스에서(상부)

필스에 대한 시뮬레이트 결과를 보인 도이다(하부).

도 8a 및 도 8b는 SA를 이용한 능동 어레이와 필스 에코(A) 대 완전한 교차 전극 행/열(B)을 보인 도이다.

도 9a 내지 도 9d는 0도(A)와 25도(C) 조향각에 대하여 여기에서 및 실시예 2에서 설명한 서브애퍼처 프레넬형 기법을 0도(B)와 25도(D) 조향각에 대하여 실시예 2에서 설명한 스위칭 SA 기법과 비교하고, 각각의 윤곽이 완전히 샘플링된 종래 방식으로 빔형성된 2D 어레이의 윤곽(흑색 점선)과 비교된 것을 보인 도이다.

도 10a 및 도 10b는 송신시에 단일 프레넬 애퍼처를 이용하고(도 10a) 그 다음에 송신시에 8개의 서브애퍼처를 이용한 경우(도 10b)에 축으로부터 20도 벗어나 위치된 점 산란자의 시뮬레이트 이미지를 보인 도로서, 이미지들을 30dB 동적 범위로 나타낸 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 본 발명의 각종 실시형태 및 양태는 뒤에서 설명하는 세부와 관련하여 설명될 것이다. 이하의 설명 및 도면은 발명을 예시하는 것이고 발명을 제한하는 것으로 해석되지 않는다. 본 발명의 각종 실시형태의 완전한 이해를 제공하기 위해 여러 가지 특정 세부들이 설명된다. 그러나 소정 사례에서, 잘 알려진 종래의 세부들은 본 발명의 실시형태들을 간명하게 설명하기 위해 설명되지 않는다.
- [0027] 여기에서 사용되는 용어 "포함한다" 및 "포함하는"은 내포적이고 제한이 없는 것으로 해석되어야 하며, 배타적으로 해석되어서는 안된다. 구체적으로, 명세서 및 청구범위에서 사용될 때, 용어 "포함한다", "포함하는" 및 그 변체는 특징의 특징, 단계 또는 컴포넌트가 포함된다는 것을 의미한다. 이러한 용어들은 다른 특징, 단계 또는 컴포넌트들의 존재를 배제하는 것으로 해석되지 않는다.
- [0028] 여기에서 사용하는 용어 "예시적인"은 "예, 사례 또는 실례로서 소용되는"을 의미하고, 여기에서 개시되는 다른 구성보다 양호하거나 유리한 것으로서 해석되지 않아야 한다.
- [0029] 여기에서 사용하는 용어 "약" 및 "대략"은 특성, 파라미터 및 치수의 변동과 같이 값의 범위의 상한 및 하한 내에 있을 수 있는 변동들을 포괄하는 의미이다. 다르게 특정하지 않는 한, 용어 "약" 및 "대략"은 $\pm 25\%$ 이하를 의미한다.
- [0030] 다르게 특정하지 않는 한, 임의의 특정된 범위 또는 그룹은 소정 범위 또는 그룹의 각 구성원을 개별적으로 인용할 뿐만 아니라 그 안에 내포된 각각의 가능한 하위 범위 또는 하위 그룹 및 유사하게 그 안의 임의의 하위 범위 또는 하위 그룹과 관련된 각각의 구성원을 인용하는 속기 방법이라고 이해되어야 한다. 다르게 특정하지 않는 한, 본 발명은 각각의 특정 구성원 및 하위 범위 또는 하위 그룹의 조합과 관련되고 이들을 명시적으로 통합한다.
- [0031] 여기에서 사용하는 용어 "...과 비슷한 정도"(on the order of)는 양 또는 파라미터와 함께 사용될 때 제시된 양 또는 파라미터의 대략 1/10 내지 10배에 달하는 범위를 말한다.
- [0032] **초음파 빔형성 및 이미징에서의 프레넬 구역 판**
- [0033] 초음파 변환기에서 프레넬 구역 판 접근법 구현은 필스 극성의 제어를 요구한다. 예를 들면, 전왜(electrostrictive) 세라믹에 구축된 어레이 또는 용량성 미세가공 변환기 어레이는 각 어레이 요소의 응답이 DC 바이어스에 의해 제어되기 때문에 이 접근법에 적당하다. PMN-PT(마그네슘 니오브산납-티탄산납) 세라믹과 같은 전왜 세라믹은 종래의 압전 대신에 어레이 기관으로서 사용될 수 있다. 이 유형의 물질은 바이어스 전압이 인가되는 동안 단지 압전식으로 활성이고, 그 응답은 바이어스 전압의 진폭으로 조절 가능하다. 변환기에 전압이 인가되지 않을 때, 그 응답은 무시할 수 있고, DC 바이어스가 인가될 때 생성된 음향파의 위상은 바이어스가 양인지 또는 음인지에 따라서 +90도 또는 -90도로 정량화된다. 그러므로 전왜 기관에서 규정되는 어레이 요소들은 개별적으로 및 병렬로 다루어질 수 있다. 이로써 재구성 가능한 간섭계 프레넬 구역 판이 바이어싱 패턴을 변화시킴으로써 생성될 수 있다.
- [0034] 종래의 선형 위상 어레이는 음향 렌즈를 이용하여 이미지의 양각 슬라이스 해상도(두께)를 개선한다. 만일 양각 렌즈(elevation lens)가 적당한 각으로 조향하도록 재구성될 수 있으면, 3D 용적 이미지가 추가의 빔형성 채널을 추가하지 않고 전기 접속의 수를 단지 적당히 증가시킴으로써 포착될 수 있다. 이것은 기계적인 음향 렌즈를 프레넬 구역 판에 가까운 전기적으로 재구성 가능한 렌즈로 교체함으로써 달성될 수 있다. 프레넬 구역 판은 각 요소로부터의 필스들의 극성을 결정하는 어레이의 양각 방향을 따라 양 및 음 바이어스의 적당한 패턴을 인가함으로써 생성될 수 있다.

- [0035] 예시적인 일 구현예에서, 교차 전극 어레이는 하부 전극들의 집합이 상부 전극에 직교하게 연장되게 함으로써 형성될 수 있다. 하부 전극들은 양각 평면에서 능동 렌즈 제어를 제공하고, 그 결과 약 $2N$ 개의 전기 접속을 요구하는 어레이가 생성된다. 3D 이미지 용적을 포착하는 대안적인 접근법은 N^2 의 요소들을 구비한 2D 어레이를 사용하는 것이다. 용적 측정 이미징에서 사용되는 다른 2D 어레이 설계에 대한 이 교차 전극 접근법의 장점은 낮은 빔형성 복잡도 및 최소 전기 접속성에 있다.
- [0036] 이러한 교차 전극 어레이 구성에 있어서, 프레넬 바이어스 패턴은 하부 전극(양각 방향)을 따라 적용될 수 있고, 상부 전극(방위각 방향)은 신호들을 운반하고 전통적인 방식으로 빔형성된다(즉, 송신 및 수신시에 종래의 시간 지연 빔형성 애퍼처를 이용하고, 선택적으로 수신시에 동적 빔형성을 이용해서). 이러한 예시적인 실시 형태에서, 프레넬 패턴은 렌즈와 직접적으로 유사하다. 그러나 양각 평면에 포커싱하기 위해 순전히 재구성 가능한 프레넬 구역 판에 의존함으로써, 수용할 수 없게 높은 2차 돌출부(lobe)가 야기되고 이 기법에 의해 유용한 진단 이미지를 생성할 수 없게 된다.
- [0037] 도 1a 및 도 1b는 종래의 위상 배열 시간 지연 빔형성이 방위각 평면에서 사용되고 재구성 가능한 프레넬 구역 판이 양각 판에서 사용되도록 구성된 교차 전극 어레이의 예시적인 방사 패턴을 보인 것이다. 프레넬 구역 판을 조향하지 않고도(0도, 도 1a) 2차 돌출부가 너무 높아서 이 도면의 어레이에 대하여 이미지를 디스플레이할 수 있는 콘트라스트를 제한한다.
- [0038] **양방향 집속 프레넬/위상 배열 방법**
- [0039] 그러나 어레이의 방사 패턴은 송신과 수신 사이에 어레이에서 바이어스 및 신호 선들의 위치를 전환(즉, 프레넬 애퍼처를 하나의 방향으로부터 다른 방향으로 전환하고, 또한 시간 지연 빔형성 애퍼처를 하나의 방향으로부터 다른 방향으로 전환)함으로써 개선될 수 있다(도 2). 이 도면에서의 프레넬 애퍼처는 송신시에 방위각에 포커싱되는 반면 양각 요소들은 종래의 시간 지연 빔형성을 이용하여 빔형성된다(또는 그 반대). 송신 이벤트와 수신 이벤트 사이에서 신호들은 측면으로 전환한다. 그 다음에 바이어스가 프레넬 구역 판 포커싱을 위해 양각으로 인가되고, 동적 수신 빔형성(dynamic receive beamforming, DRB)이 방위각에서 완성될 수 있다. 동등한 양방향 포커스가 양측의 이미징 평면에서 생성된다.
- [0040] 이 기술을 시뮬레이트하는 대표적인 방사 패턴 및 빔 윤곽은 도 3a 및 도 3b에 도시되어 있다. 그 결과들을 4096 요소(64×64)의 완전히 샘플링되고 빔형성된 어레이와 비교하였다. 프레넬 애퍼처를 이용한 -6dB 빔폭은 0, 15 및 25도로 각각 조향될 때 102, 111 및 $137\mu\text{m}$ 이었다. 비교를 위해, 4096 요소 어레이는 동일한 조향각 집합에 대하여 89, 92 및 $96\mu\text{m}$ 의 빔폭을 시뮬레이트하였다. 측면 돌출부 레벨은 프레넬 접근법을 이용할 때 약 15dB만큼 상승하였다. 수신된 에너지 진폭이 비슷할 때 감도는 거의 영향을 받지 않고 유지되었다. 송신과 수신 사이에서 신호 치수로 바이어스 치수를 전환하면 프레넬 애퍼처로 만들어진 근사치의 부정적 효과를 최소화한다. 이 접근법을 이용하면 방위각 및 양각에서의 빔폭이 동일하다.
- [0041] 추가적인 개선은 프레넬 패턴을 조심스럽게 선택함으로써 달성될 수 있다. 앞에서 언급한 것처럼, 주어진 초점 위치에 대한 프레넬 패턴은 특유하지 않다. 빔 특성은 최적의 프레넬 패턴을 선택함으로써 주어진 초점에 대하여 개선될 수 있다. 프레넬 애퍼처 시뮬레이션에 의하면 종래의 빔형성된 2D 어레이에 필적하는 빔폭을 가진 각각의 이미징 평면에서 양방향 포커스가 달성될 수 있는 것으로 밝혀졌다. 이 조향 렌즈 기법은 단지 N 개의 신호 채널과 N 개의 바이어스 채널을 가진 3D 이미지를 생성할 수 있었다. 시뮬레이트 각도 범위에서 이 도면에 도시된 어레이에 대한 성능은 N^2 채널이 필요한 종래의 2D 어레이의 성능에 필적한다.
- [0042] **양방향 집속 프레넬/위상 배열 방법의 문제점**
- [0043] 진술한 프레넬 접근법은 위상 지연을 2개의 값($+\pi/2$ 또는 $-\pi/2$ 라디안의 위상 지연 또는 등가적으로 $+\lambda/4$ 또는 $-\lambda/4$ 의 경로 길이)으로 양자화한다. 프레넬 구역 판의 이론은 연속과 동작에 기초를 둔다. 펄스형 초음파 이미징, 특히 펄스 대역폭의 저하에 종래 기법을 적용할 때 난제가 있다. 이것은 경로 길이 차가 더 큰 넓은 각도로 조향할 때 특히 해가 된다. 즉 축방향 해상도는 어레이와 포커스 사이의 경로 지연이 증가하여 더 넓은 조향각 쪽으로 이미지의 흐려짐(blurring)을 증가시키기 때문에 조향각에 따라서 저하된다.
- [0044] 예를 들면, 조향각이 증가할 때, 어레이 요소로부터 초점까지의 경로 길이의 차는 커진다. 적당한 각에서조차도, 요소와 기준 경로 길이 간의 경로 길이 차는 파장의 수 배가 될 수 있다(예를 들면, 20도에서 최대 10 파장). 모든 요소들이 동시에 펄스화될 때, 경로 길이 차는 1 파장 내에서만 보정될 수 있고, 따라서 포커스에서의 펄스는 겹쳐지지 않고 결과적인 적극적으로 간섭하는 펄스는 시간적으로 신장된다(헵대역). 이와 같

은 협대역 펄스는 축방향 해상도가 펄스의 길이에 비례하기 때문에 이미징에서 수용될 수 없다.

[0045] **자연 보정된 스플릿 애퍼처 프레넬 빔형성을 통한 양방향 집속 프레넬/위상 배열 방법**

[0046] 일부 예시적인 실시형태에서, 교차 전극 변환기는 전술한 양방향 포커싱 방법(송신과 수신 사이에 바이어스와 신호 접속을 전환함)을 이용하여 이미징하도록 구성될 수 있고, 송신 프레넬 애퍼처와 수신 프레넬 애퍼처 중의 어느 하나 또는 둘 다가 자연 보정된 프레넬 서브애퍼처의 집합으로서 구성되는 추가의 수정을 갖는다. 단일 프레넬 애퍼처를 이용하는 전술한 예와 달리, 본 발명의 예시적인 실시형태는 별도의 순차적 송신/수신 이벤트 중에 프레넬 서브애퍼처의 집합을 이용하고, 이때 프레넬 서브애퍼처를 수반하는 송신 및/또는 수신 동작의 타이밍은 서브애퍼처와 초점 간의 경로 길이 변동을 보정하여 포커스에서 각각의 송신 펄스의 펄스 길이를 단축(즉, 대역폭을 넓힘)한다. 그러므로 이 수정은 조향으로 유도되는 대역폭 감소에 관한 전술한 제한을 다루고 극복하기 위해 사용될 수 있다.

[0047] 이제, 도 4a를 참조하면, 자연 보정된 다수의 프레넬 서브애퍼처에 의한 교차 전극 기반 양방향 집속 이미징을 수행하는 예시적인 이미징 시스템이 도시되어 있다. 예시적인 시스템은 교차 전극 초음파 변환기(400)(이것은 초음파 영상 내시경(endoscope)과 같은 초음파 영상 장치의 컴포넌트일 수 있음), 펄스-리시버 회로(320)를 구비한 송신 빔포머(300), 수신 빔포머(310), 바이어스 생성기(330), MUX 스위치(340) 및 제어 및 처리 하드웨어(200)(예를 들면, 제어기, 컴퓨터 또는 다른 컴퓨팅 시스템)를 포함한다.

[0048] 제어 및 처리 하드웨어(200)는 송신 빔포머(300), 수신 빔포머(310) 및 MUX 스위치(340)를 제어하고 빔형성된 수신 신호를 처리하기 위해 사용된다. 도 4에 도시된 것처럼, 일 실시형태에서, 제어 및 처리 하드웨어(200)는 프로세서(210), 메모리(220), 시스템 버스(205), 하나 이상의 입력/출력 장치(230) 및 복수의 선택적인 추가 장치, 예컨대 통신 인터페이스(260), 디스플레이(240), 외부 스토리지(250) 및 데이터 획득 인터페이스(270)를 포함할 수 있다.

[0049] 교차 전극 초음파 변환기(400)의 일 예가 "용량성 막 또는 전왜 초음파 변환기를 구비한 초음파 영상용 회전 애퍼처"의 명칭으로 출원된 미국 특허 출원 US 2007/0079658(와그너)에 설명되어 있다. 도 4에서, 교차 전극 초음파 변환기의 다른 예는 전왜 층(430)의 측면에 제1 전극(410)들의 제1 어레이와 제2 전극(420)들의 제2 어레이를 포함하는 것으로 도시되어 있다. 제1 전극(410)은 제1 방향으로 연장되고 제2 전극(420)은 제2 방향으로 연장된다. 제1 전극(410)은 초음파 변환기의 방사면에 수직하고 제1 방향을 포함한 제1 평면에 초음파 에너지를 포커싱하기 위해 사용된다. 제2 전극(420)은 초음파 변환기의 방사면에 수직하고 제2 방향을 포함한 제2 평면에 초음파 에너지를 포커싱하기 위해 사용된다. 상기 제1 및 제2 평면은 직교 방향(예를 들면, 방위각과 양각)의 주사를 가능하게 하기 위해 수직으로 될 수 있다.

[0050] 본 발명의 예시적인 구현예에서, 제1 전극(410)과 제2 전극(420)은 수직 교차 구성으로 도시되어 있지만, 다른 예시적인 구현예에서는 전극들이 90도가 아닌 다른 각도를 가진 교차 구성으로 제공될 수 있다. 또한, 비록 도면에서는 제1 전극과 제2 전극을 세로 전극으로 도시하고 있지만, 만일 제1 전극이 제1 방향으로 연장되고 제2 전극이 제2 방향으로 연장되며 2차원에서 초음파 요소들의 선형 어레이를 규정하면, 전극들은 그 모양이 엄격하게 선형일 필요가 없는 것으로 이해된다.

[0051] 비록 도면에서는 초음파 변환 층으로서 전왜 물질의 커핑되지 않은 층(unkperfed layer)을 수반하는 예시적인 구현예를 도시하고 있지만, 다른 물질 및 구성을 이용할 수 있는 것으로 이해된다. 예를 들면, 초음파 변환 층은 전왜 어레이 요소의 커핑된 어레이, 또는 용량성 미세가공 초음파 변환기의 어레이일 수 있고, 이들은 둘 다, 커핑되지 않은 전왜 층과 같이, 바이어스 전압 인가시에 음향 변환을 할 수 있으며, 그래서 바이어스 전압이 있을 때 전압 펄스를 인가하면 초음파 에너지가 방출된다.

[0052] 제1 전극(410)들의 제1 어레이와 제2 전극(420)들의 제2 어레이는 도체(360)를 통해 MUX 스위치(340)의 별도의 출력과 전기 통신 관계에 있고, 그래서 송신 중에 제1 전극들의 제1 어레이는 Tx/Rx 스위치(320)를 통해 송신 빔포머(300)와 전기 통신관계에 있고 송신 전압 펄스가 종래의 시간 지연 송신 빔형성을 통해 초음파 펄스를 포커싱하기 위해 제1 전극들의 제1 어레이에 제공된다. 전술한 바와 같이, 제1 전극들의 제1 어레이는 초음파 펄스를 제1 평면에 포커싱한다. 또한, 송신 중에, 바이어스 생성기(330)는 초음파 펄스가 프레넬 애퍼처를 통해 제2 평면에 포커싱되도록 도체(370)를 통해 제2 전극(420)들의 제2 어레이에 바이어스를 인가한다.

[0053] MUX 스위치(340)는 수신 동작을 수행하기 전에 제어 및 처리 하드웨어(200)에 의해 활성화되어 바이어스 및 신호 접속을 송신으로부터 수신으로 전환한다. 제2 전극(410)들의 제2 어레이는 Tx/Rx 스위치(320)를 통해 수신 빔포머(300)와 전기 통신관계에 있고, 그래서 초음파 신호가 종래의 시간 지연 수신 빔형성을 통해(선택적으로

동적 수신 빔형성을 통해) 초음파 펄스를 포커싱하기 위해 제2 전극들의 제2 어레이에 의해 선택된 가시선을 따라 수신된다. 또한, 수신 중에, 바이어스 생성기(330)는 수신 초음파 신호가 프레넬 애퍼처를 통해 제2 평면에 포커싱되도록 도체(370)를 통해 제1 전극(420)들의 제1 어레이에 바이어스를 인가한다.

[0054] 전술한 바와 같이, 본 발명의 예시적인 실시형태는 송신 및/또는 수신 중에 프레넬 서브애퍼처를 사용한다. 각각의 프레넬 서브애퍼처에 대하여, 바이어스 전압은 프레넬 패턴의 일부가 형성되도록 전극들의 부분집합에 인가되고, 이때 풀(full) 프레넬 애퍼처는 (원하는 가시선을 따라) 원하는 조향각의 포커스를 생성하도록 구성된다.

[0055] 본 발명의 예시적인 실시형태에서, 시간적으로 신장하는 펄스의 원치않은 효과와 관련된 전술한 문제점을 피하기 위해, 주어진 프레넬 서브애퍼처가 송신 및/또는 수신시에 사용될 때 추가 지연이 추가될 수 있다. 임의의 주어진 서브애퍼처에 대하여, 송신 프레넬 서브애퍼처와 초점 간의 경로 길이의 변동을 보상하는 추가 지연이 제공된다. 그러므로 상기 추가 지연은 $+\lambda/4$ 또는 $-\lambda/4$ 의 경로 길이로 양자화되는 프레넬 기법의 제한을 보상한다. 후술하는 바와 같이, 상기 추가 지연은 프레넬 서브애퍼처가 송신시 및/또는 수신시에 사용될 때 추가될 수 있다. 예시적인 일 구현예에서, 각각의 프레넬 서브애퍼처에 대한 지연은 각각의 프레넬 서브애퍼처의 중심 (또는 각각의 프레넬 서브애퍼처와 연관된 어떤 다른 위치)와 초점 간의 경로 길이 차를 계산하고, 서브애퍼처들 중에서 경로 길이의 차를 보상하는 지연을 생성함으로써 결정될 수 있다.

[0056] 제1 전극들의 제1 어레이에 바이어스 전압을 인가함으로써 형성되는 송신 프레넬 애퍼처는 송신 프레넬 서브애퍼처들의 집합으로서 구현될 수 있고, 이때 각각의 송신 프레넬 서브애퍼처는 서로 연관된 별도의 순차적으로 활성화된 송신/수신 이벤트를 갖고, 전술한 바와 같이 경로 길이 변동을 보상하기 위해 각각의 송신 이벤트에 대하여 추가 지연이 추가된다. 제2 전극들의 제2 어레이에 바이어스 전압을 인가함으로써 형성되는 수신 프레넬 애퍼처는 수신 프레넬 서브애퍼처들의 집합으로서 추가적으로 또는 대안적으로 구현될 수 있고, 이때 각각의 수신 프레넬 서브애퍼처는 서로 연관된 별도의 순차적으로 활성화된 송신/수신 이벤트를 갖고, 전술한 바와 같이 경로 길이 변동을 보상하기 위해 각각의 수신 이벤트에 대하여 추가 지연이 추가된다. 송신 및 수신을 위하여 프레넬 서브애퍼처를 사용하는 예시적인 방법은 도 4b에 도시된 흐름도에서 설명된다.

[0057] 단일 가시선/초점에 대하여 전술한 방법을 수행한 후에, 그 방법은 이미지(예를 들면, 용적 이미지)를 생성하기 위한 데이터 집합을 수집하기 위해 추가의 가시선들에 대하여 반복될 수 있다. 이미지 처리 모듈(280)은 그 다음에 상기 데이터 집합을 처리하여, 예를 들면 주사 변환법을 이용하여 이미지를 연출할 수 있다.

[0058] 전술한 추가 지연 보상과 함께 프레넬 서브애퍼처에 대한 양자화 프레넬 패턴의 사용은 유사하거나 동일한 유효 경로 길이를 경험하는 상이한 프레넬 서브애퍼처로부터 송신 및/또는 수신되는 펄스들을 야기한다. 프레넬 서브애퍼처에 대한 이 지연 매개 경로 길이 보상은 도 5a 및 도 5b에 도시되어 있다. 도 5a는 추가 지연이 없을 때 말단 초점과 각 어레이 요소 간의 경로 길이의 차를 보인 도이고, 이 차를 프레넬 패턴의 위상 지연에 의해서만 생성된 비교적 평평한 $\lambda/4$ 양자화 유효 경로 길이 차와 비교한다(본 예는 4-서브애퍼처 지연 보정 구성을 나타낸다). 도 5b와는 극명하게 대조되게, 요소 대 초점 경로 길이 차와 각각의 프레넬 서브애퍼처에 대하여 사용되는 프레넬 패턴과 지연 보정의 조합에 의해 생성되는 유효 경로 길이 차 사이의 긴밀한 대응성을 보여준다.

[0059] 다른 장점들 중에서, 송신 및/또는 수신시에 경로 길이 보상된 프레넬 서브애퍼처의 사용은 더 큰 조향각에서 펄스 대역폭의 보존을 야기하고, 이것은 다른 경우에 프레넬 접근법에서 고유적인 빔형성 오차를 보정한다. 각각의 서브애퍼처와 연관된 다수의 송신/수신 이벤트로부터의 각각의 신호가 수신시에 함께 추가되고, 또한 전술한 서브애퍼처마다의 지연 보정을 이용하여 애퍼처 경로 길이 변동을 보상할 때, 수신 에코는 원하는 방사 패턴 및 측방향 해상도를 희생시키지 않고 넓은 대역폭을 유지한다. 이러한 실시형태를 이용한 결과적인 펄스 길이는 광범위의 조향각에서 위상 배열 이미징을 위해 적당하다.

[0060] 일부 실시형태에서, 프레넬 서브애퍼처와 경로 길이 지연 보정은 전술한 바와 같이 송신 및 수신 둘 다에서 사용될 수 있다. 도 6a는 8×8 교차 전극 어레이에 대한 송신 및 수신에서 프레넬 서브애퍼처를 사용하는 예시적인 구현예를 보인 것이다. 본 발명의 예시적인 구현예에서, 프레넬 서브애퍼처들은 인접 전극들의 쌍에 기초하여 송신 및 수신 둘 다에서 규정되고, 그래서 4개의 프레넬 서브애퍼처가 송신 및 수신 각각에서 사용된다. 총 4개의 송신/수신 이벤트가 각 가시선에 대하여 사용된다. 최초의 송신/수신 이벤트에서는 가장 좌측의 방위각 프레넬 서브애퍼처가 송신시에 사용되고 가장 상측의 양각 프레넬 서브애퍼처가 수신시에 사용된다. 송신 및 수신 프레넬 서브애퍼처는 둘 다 후속 송신/수신 이벤트 중에 시프트되고, 그래서 모든 송신 프레넬 서브애퍼처와 모든 수신 프레넬 서브애퍼처가 단지 4개의 송신/수신 이벤트를 수반하는 콤팩트 시퀀스를 이용하여 사용된다. 본 발명의 예시적인 실시형태에서, 송신 프레넬 서브애퍼처의 수는 수신 프레넬 서브애퍼처의 수와 동일하다.

- [0061] 도 6b는 송신 동작과 수신 동작 둘 다에 프레넬 서브애퍼처를 이용하는 다른 예시적인 구현예를 보인 것이고, 여기에서는 주어진 가시선에 대하여 송신/수신 이벤트의 시퀀스가 송신 프레넬 서브애퍼처와 수신 프레넬 서브애퍼처의 모든 조합을 이용하여 수행된다. 도 6b는 4개의 송신/수신 이벤트의 제1 집합을 보인 것이고, 여기에서는 모든 수신 프레넬 서브애퍼처의 집합이 제1(가장 좌측 방위각) 송신 애퍼처에 대하여 사용된다. 추가의 12개의 송신/수신 이벤트가 계속해서 수행될 것이고, 그래서 송신/수신 이벤트는 3개의 나머지 송신 프레넬 서브애퍼처 각각에 대하여 수행되고, 4개의 송신/수신 이벤트가 모든 4개의 수신 프레넬 애퍼처에 대응하는 각각의 나머지 송신 프레넬 서브애퍼처에 대하여 수행된다. 도 6a 및 도 6b에 도시된 서브애퍼처 구성 및 시퀀스는 단지 예로서 제공된 것이고, 다른 수의 송신 및 수신 프레넬 서브애퍼처, 및 다른 서브애퍼처 시퀀스가 대안적으로 사용될 수 있다고 이해된다.
- [0062] 일부 예시적인 실시형태에서, 프레넬 서브애퍼처가 송신 및 수신 둘 다에 사용될 때, 송신 프레넬 서브애퍼처의 수는 수신 프레넬 서브애퍼처의 수와 동일할 필요가 없다. 예를 들면, 측방향 해상도는 다른 방향에서보다 더 적은 수의 프레넬 서브애퍼처를 이용함으로써 일 방향에서 감소될 수 있다.
- [0063] 프레넬 서브애퍼처를 이용하여 송신/수신 동작을 수행하는 본 발명의 예시적인 방법은 프로세서(210) 및/또는 메모리(220)를 통하여 구현될 수 있다. 도 4에 도시된 것처럼, 서브애퍼처의 선택 및 프레넬 서브애퍼처와 연관된 송신/수신 이벤트의 타이밍 제어를 포함한 프레넬 서브애퍼처의 제어는 프레넬 서브애퍼처 모듈(290)로서 표시된 실행 명령어를 통해 제어 및 처리 하드웨어(200)에 의해 구현될 수 있다. 제어 및 처리 하드웨어(200)는 주사 변환 소프트웨어(예를 들면, 실시간 주사 변환 소프트웨어)를 포함하고 이 소프트웨어를 실행할 수 있다.
- [0064] 여기에서 설명하는 기능들은 프로세서(210)의 하드웨어 로직을 통해서 및 부분적으로 메모리(220)에 저장된 명령어를 이용하여 부분적으로 구현될 수 있다. 일부 실시형태는 메모리(220)에 저장된 추가 명령어 없이 프로세서(210)를 이용하여 구현될 수 있다. 일부 실시형태는 하나 이상의 범용 마이크로프로세서에 의해 실행되는 메모리(220)에 저장된 명령어를 이용하여 구현된다. 따라서 본 발명은 특정 구성의 하드웨어 및/또는 소프트웨어로 제한되지 않는다.
- [0065] 일부 실시형태에서, 규정되는 복수의 프레넬 서브애퍼처는 함께 변환기 애퍼처의 면적과 동일할 수 있다. 일부 실시형태에서, 서브애퍼처는 어레이 요소들의 직선 영역과 동일하다.
- [0066] 예시적인 일 구현예에서, 프레넬 서브애퍼처는 동일한 직선 영역들로서 규정될 수 있고, 그 영역들의 합은 변환기 애퍼처의 영역과 면적이 동일할 수 있다. 다른 예시적인 구현예에서, 프레넬 서브애퍼처는 2개 이상의 동일하지 않은 직선 영역들로서 규정될 수 있고, 그 영역들의 합은 변환기 애퍼처의 영역과 면적이 동일할 수 있다.
- [0067] 다른 예시적인 구현예에서, 프레넬 서브애퍼처는 동일한 직선 영역들로서 규정될 수 있고, 그 영역들의 합은 변환기 애퍼처보다 더 적은 면적과 동일할 수 있으며, 그래서 변환기 애퍼처의 일부만이 풀 프레넬 애퍼처를 생성하는데 사용된다. 다른 예시적인 구현예에서, 프레넬 서브애퍼처는 2개 이상의 동일하지 않은 직선 영역들로서 규정될 수 있고, 그 영역들의 합은 변환기 애퍼처보다 더 적은 면적과 동일할 수 있으며, 그래서 변환기 애퍼처의 일부만이 풀 프레넬 애퍼처를 생성하는데 사용된다.
- [0068] 예시적인 일 구현예에서, 프레넬 서브애퍼처는 프레넬 패턴의 서브섹션을 표시할 수 있고, 서브섹션들은 집합적으로 프레넬 패턴에 기초한 프레넬형 애퍼처에 대응한다.
- [0069] 다른 예시적인 구현예에서, 프레넬 서브애퍼처는 프레넬 패턴의 서브섹션을 표시할 수 있고, 서브섹션들은 집합적으로 프레넬 패턴에 기초한 프레넬형 애퍼처의 프레넬 패턴과 다른 프레넬 패턴에 대응한다.
- [0070] 일부 예시적인 구현예에서, 하나 이상의 프레넬 서브애퍼처는 적어도 2개의 행 또는 열의 어레이 요소들을 수반할 수 있다. 일부 예시적인 구현예에서, 각각의 프레넬 서브애퍼처는 적어도 2개의 행 또는 열의 어레이 요소들을 수반한다.
- [0071] 일부 실시형태에서, 프레넬 서브애퍼처는 어레이를 가로 질러 위에서 아래로 규정된다. 일부 실시형태에서, 프레넬 서브애퍼처는 어레이를 가로 질러 좌측에서 우측으로 규정된다. 일부 실시형태에서, 프레넬 서브애퍼처들의 집합은 수신 모드에서 위에서 아래로 및 송신 모드에서 좌측에서 우측으로, 또는 그 반대로 규정될 수 있다. 일부 실시형태에서, 적어도 8개의 프레넬 서브애퍼처가 있다. 일부 실시형태에서, 6개 내지 8개의 프레넬 서브애퍼처가 있다. 일부 실시형태에서, 4개 내지 8개의 프레넬 서브애퍼처가 있다. 일부 실시형태에서, 3개 내지 8개의 프레넬 서브애퍼처가 있다.
- [0072] 일부 실시형태에서, 프레넬 서브애퍼처의 수는 프레넬 이미징 평면에서의 이미징 각에 기초하여 동적으로 구성

될 수 있다. 예를 들면, 프레넬 서브에퍼처의 수는 조향각이 증가함에 따라 증가할 수 있다. 프레넬 서브에퍼처의 수는 해상도와 관련하여 일관된 이미지를 생성하기에 적합한 레이트(rate)로 조향각의 증가에 따라 증가할 수 있다. 조향각에 대한 서브에퍼처 수의 의존성은 제어 및 처리 하드웨어(200)에서 프로그램될 수 있고, 바이어스 생성기(330)는 적당한 수의 프레넬 서브에퍼처를 생성하도록 제어 및 처리 하드웨어(200)에 의해 동적으로 제어될 수 있다.

[0073] 예를 들어서 어레이 앞에서 포커싱할 때, 광대역 펄스를 달성하기 위해 단지 1개 또는 2개의 프레넬 서브에퍼처가 요구될 수 있다. 그 이유는 어레이를 가로지르는 경로 길이 차이가 이 경우에 예를 들면 단지 약 2개의 파장과 같이 작기 때문이다. 조향각이 증가함에 따라, 어레이를 가로지르는 큰 경로 길이가 야기되고, 그러므로 1 파장만큼 시프트되는 더 많은 프레넬 서브에퍼처가 광대역 펄스를 유지하기 위해 요구된다.

[0074] 주어진 이미징 애플리케이션에 대해 규정되는 서브에퍼처의 수는 애플리케이션, 조향각 또는 포커싱되는 각의 크기, 이미징 대상 체적 및 원하는 프레임 레이트를 포함한 다수의 인수에 의존할 수 있다.

[0075] 교차 전극 어레이를 이용하는 실시형태에서, 송신/수신 이벤트의 수 및 그에 따른 총 수집 시간은 양각 및 방위 각 방향에서 이미징 선들의 수 및 사용되는 서브에퍼처의 평균 수와 관련된다. 예를 들어서 만일 양 방향에 64개의 이미징 선들이 있고 평균 6개의 서브에퍼처(프레넬 서브에퍼처의 수가 조향각에 의존할 때 다른 조향각에 대응하는 다수의 가시선에서 평균화된 것)가 있으면, 체적을 포착하기 위해 24,576개의 송신/수신 이벤트를 취할 것이고, 이를 위해 12mm 이미징 깊이가 약 2.5Hz의 프레임 레이트를 야기할 것이다. 일부 실시형태에서, 더 작은 체적이 양각에서의 섹터 각을 제한함으로써 이미징될 수 있고; 이때 더 적은 수의 이미징 선이 있고 서브에퍼처의 평균 수가 또한 감소할 것이기 때문에 더 적은 수의 송신/수신 이벤트가 요구될 것이다.

[0076] 다시, 도 4를 참조하면, 도면에 도시된 예시적인 시스템은 주어진 구현예에서 사용될 수 있는 컴포넌트로 제한되는 것으로 의도되지 않는다는 것을 이해하여야 한다. 예를 들면, 시스템은 하나 이상의 추가 프로세서를 포함할 수 있다. 또한, 제어 및 처리 하드웨어(200)의 하나 이상의 컴포넌트가 처리 장치에 인터페이스되는 외부 컴포넌트로서 제공될 수 있다. 예를 들면, 도면에 도시된 것처럼, 송신 빔포머(300), 수신 빔포머(310) 및 바이어스 생성기(330) 중의 임의의 하나 이상은 제어 및 처리 하드웨어(200)의 컴포넌트로서 포함될 수 있고(점선 내에 도시된 것처럼), 또는 하나 이상의 외부 장치로서 제공될 수 있다. 송신 빔포머(300), 수신 빔포머(310), 이미지 처리 모듈(280) 및 지연 생성 모듈(290)은 여기에서 설명하는 방법들을 수행하기 위한 알고리즘을 실행하도록 구성 또는 프로그램될 수 있다.

[0077] 일부 실시형태가 완전하게 기능하는 컴퓨터 및 컴퓨터 시스템으로 구현될 수 있지만, 각종 실시형태는 다양한 형태의 컴퓨팅 제품으로서 분산될 수 있고, 상기 분산을 실제로 실시하기 위해 사용되는 특수 유형의 기계 또는 컴퓨터 판독가능 매체와 관계없이 적용될 수 있다.

[0078] 여기에서 개시되는 적어도 일부 양태는 적어도 부분적으로 소프트웨어로 구체화될 수 있다. 즉, 기법들은 ROM, 휘발성 RAM, 비휘발성 메모리, 캐시 또는 원격 스토리지 장치와 같은 메모리에 저장된 명령어 시퀀스를 실행하는 마이크로프로세서와 같은 그 프로세서에 응답하여 컴퓨터 시스템 또는 다른 데이터 처리 시스템에서 실행될 수 있다.

[0079] 컴퓨터 판독가능 스토리지 매체는 데이터 처리 시스템에 의해 실행될 때 시스템이 각종 방법을 수행하게 하는 소프트웨어 및 데이터를 저장하기 위해 사용될 수 있다. 실행 가능한 소프트웨어 및 데이터는 예를 들면 ROM, 휘발성 RAM, 비휘발성 메모리 및/또는 캐시를 포함한 각종 장소에 저장될 수 있다. 이 소프트웨어 및/또는 데이터의 일부는 상기 스토리지 장치들 중 임의의 하나에 저장될 수 있다. 여기에서 사용하는 구 "컴퓨터 판독가능 자료" 및 "컴퓨터 판독가능 스토리지 매체"는 일시적으로 전파하는 신호 자체를 제외하고 모든 컴퓨터 판독가능 매체를 말한다.

[0080] **실시예**

[0081] 하기의 실시예는 당업자가 본 발명의 실시형태들을 이해하고 실시할 수 있게 하기 위해 제시된다. 이 실시예들은 발명의 범위를 제한하는 것으로 생각하여서는 안되고, 단지 본 발명의 예시적이고 대표적인 예로서 생각하여야 한다.

[0082] **실시예 1: 서브에퍼처에 의한 펄스 대역폭의 시뮬레이션**

[0083] 프레넬형 어레이에서 각 요소의 바이어스 값이 그 요소와 포커스 간의 기하학적 경로 길이를 고려하여 계산된다. 그 요소의 상대 위상 지연이 수학식 1로 주어진다.

수학식 1

$$\varphi = 2\pi \left[z - \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \right] / \lambda$$

여기에서 x , y 및 z 는 어레이 요소에 관한 원하는 포커스의 좌표이고 λ 는 매체의 여기 펄스의 중심 주파수의 파장이다. 바이어스의 부호(S_{bias})는 수학식 2로 주어진다.

수학식 2

$$S_{bias} = \text{sign}[\text{mod}(\varphi + \text{offset}, -2\pi) - \pi]$$

여기에서 우리는 각 요소의 상대 위상 지연을 단일 파장 내에 있는 부분으로서 근사화한다($+\pi/2$ 또는 $-\pi/2$ 라디안만큼 시프트된 것으로 양자화됨). 이것은 구역 판의 순수 투명 영역과 펄스 반전 영역을 모델링한다. 중심 요소의 기준 위상을 시프트시키는 계산에 오프셋 위상이 추가될 수 있다. 따라서 주어진 초점에 대해 특유한 프레넬 패턴이 하나도 없다. 패턴은 다른 빔 영상들을 최적화하도록 선택될 수 있다(예를 들면, 주 돌출부 폭, 측면 돌출부 레벨, 감도).

필드 II는 이미징 기법의 잠재성을 설명하기 위해 조향 가능 렌즈로서 프레넬 애퍼처를 시뮬레이트하기 위해 사용되었다. 프레넬 애퍼처는 위에서 설명한 바와 같이 각 요소의 바이어스 부호에 대응하도록 어포디제이션(apodization) 값을 설정함으로써 시뮬레이트되었다. 모든 시뮬레이션은 예전에 개발된 40MHz 내시경과 유사한 λ 피치, 64개의 방위각 요소 및 64개의 양각 요소를 가진 40MHz 예시적 어레이에 대하여 완성되었다. 최고 절대 압력은 방사 패턴으로 그려진다.

각종 수의 서브애퍼처가 필드 II 소프트웨어 패키지를 이용하는 시뮬레이션에서 전술한 바와 같이 교차 전극 어레이와 함께 규정되었다. 측에 포커싱될 때(0도 조향각), 펄스 대역폭은 36%로 계산되었다. 15도의 조향각에서, 펄스 대역폭은 1 애퍼처, 4 서브애퍼처 및 8 서브애퍼처를 이용한 때 8%, 27% 및 36%로 계산되었다. 빔폭이 또한 단일 애퍼처를 사용한 때의 $111\mu\text{m}$ 로부터 8 서브애퍼처를 사용한 때의 $97\mu\text{m}$ 로 개선되었다. 펄스 길이의 감소는 도 7에 도시되어 있다.

실시예 2: 완전 송신/수신 합성 애퍼처(SA) 이미징과 프레넬 애퍼처/교차 전극 어레이의 비교

전술한 바와 같이 교차 전극 어레이에서 프레넬 애퍼처를 구현하는 것은 완전 송신/수신 합성 애퍼처(SA) 이미징에 비하여 장점이 있다. 합성 애퍼처 기법은 영상 내의 모든 점에서 초점이 맞추어지지만, 2가지의 중요한 단점, 즉 1) 능동 요소의 크기가 작고, 2) 체적을 이미징하는데 다수의 송신/수신 이벤트가 필요하다는 단점을 갖는다.

완전 합성 애퍼처는 디포커스된 펄스를 생성하기 위해 단일 요소의 펄싱을 요구한다. 요소 임피던스는 활성 영역에 반비례한다. 단일 요소는 매우 큰 임피던스를 갖고, 따라서 전기 매칭 및 감도 문제를 갖는다. 교차 전극의 전체 행 또는 열이 활성일 때 면적은 N 배 더 크고, 이것은 임피던스가 N 배 더 낮다는 것을 의미한다. 설명을 위해, 2개의 어레이 요소를 KLM 모델을 이용하여 시뮬레이트 하였다. 제1 요소는 치수가 $\lambda \times \lambda$ 이었고 제2 요소는 $\lambda \times N\lambda$ 이었으며, 이것은 각각 합성 애퍼처 단일 요소 및 교차 전극 어레이의 행/열을 표시한다(도 8a 및 도 8b). 소스 및 부하 임피던스는 50Ω 으로서 모델링되었다. 요소들의 수(N)는 상기 시뮬레이트된 어레이와 일치하도록 64로 설정되었다. 예상되는 바와 같이, 더 작은 요소는 큰 요소보다 64배 더 큰 임피던스를 갖는다($6.5k\Omega$ 대 102Ω). 또한, 작은 요소의 삽입 손실은 완전 행 또는 열 요소의 경우보다 34dB 더 크다.

송신/수신 이벤트의 수(또는 프레임 레이트)는 교차 전극 어레이에 의한 종래의 합성 애퍼처 이미징과 비교되는 프레넬 접근법의 다른 하나의 장점이다. 종래의 합성 애퍼처 이미징에서는 단일 요소가 펄싱되고 모든 요소들이 병렬로 수신한다. 그 다음에 처리는 어레이를 가로질러 개별 요소들을 펄싱함으로써 반복된다. 영상 내의 모든 지점에서 포커싱하는데 필요한 지연은 데이터 수집 후에 추가되고 잠재적으로 비교적 빠른 프레임 레이트를 야기한다. 그러나 교차 전극 어레이에서는 신호들이 각각의 상부 및 하부 어레이 요소로부터 병렬로 수집될 수 없다. 그러므로 SA 이미징에 필요한 모든 데이터를 수집하기 위해, 하부 전극(열)들은 각각의 디포커스된 송신/수

신 이벤트에 대하여 N개의 수신 이벤트를 추가함으로써 다중화되어야 한다. 교차 전극 어레이에 대한 종래의 SA 접근법에 필요한 송신/수신 이벤트의 총 수는 N^3 이다. 송신/수신 이벤트의 수는 일반적으로 여기에서 설명한 방법에 필요한 수신 약 N^2 [서브애퍼처의 수]를 초과한다.

[0094] 제2 합성 애퍼처 기법은 위에서 설명한 프레넬 기법에 대한 비교로서 고려되었다. 프레넬 기법과 유사한 방법으로, 종래의 빔형성은 송신 중에 하나의 평면에서 완성되고, 그 다음에 수신시에 다른 평면으로 전환될 수 있다. 이 기법은 양방향 포커싱과 일방향의 종래 빔형성(고품질)과 일방향의 프레넬 포커싱(저품질)의 조합이기 때문에 유효하였다. 마찬가지로, 상부 전극과 하부 전극을 스위칭함으로써, 영상은 일방향의 종래 빔형성과 일방향의 합성 애퍼처의 조합에 의해 생성될 수 있다(이러한 예시적인 실시형태는 변환을 위해 전압 바이어스에 의존하는 초음파 변환 물질을 사용할 필요가 없다). 그 다음에, 하나는 일방향 합성 애퍼처 포커싱의 품질을 저하시킬 수 있지만, 요소들을 작은 디포커싱 서브애퍼처로 그룹화함으로써 해결할 수 있다. 이렇게 함으로써, 송신/수신 이벤트의 총 수는 포커싱 품질과 트레이드오프된다. 그러나 프레넬 렌즈의 스위칭과 유사하게, 고품질 포커싱과 저품질 포커싱 간의 조합은 수용 가능한 방식 패턴을 야기한다. SA 이미징 방식의 시뮬레이팅된 빔 윤곽은 도 9a 내지 도 9d에서 여기에서 설명한 방법과 비교된다. 간단히 하기 위해, 시뮬레이션은 1D 어레이를 이용하여 하나의 평면에서만 완성되었다. 이 시뮬레이션에서, 4개의 요소들이 합성 애퍼처에 대한 4λ 폭 요소를 효과적으로 생성하는 16개의 서브애퍼처를 형성하도록 그룹화되었다. 여기에서 설명하는 방법들이 평균 약 6-8 서브애퍼처만을 요구하기 때문에, 16개의 서브애퍼처를 가진 SA는 필적하는 해상도를 가진 3D 영상을 생성하기 위해 7.1배 더 길게 걸릴 것이다.

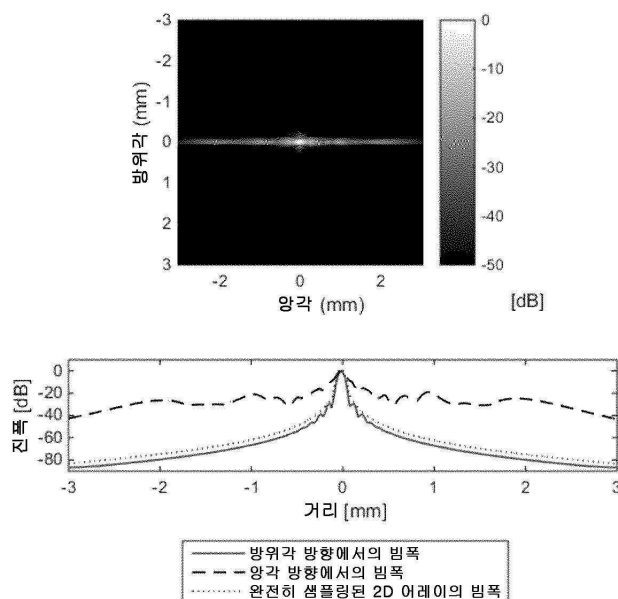
[0095] **실시예 3: 프레넬 서브애퍼처가 있는 경우와 없는 경우의 점 산란자의 시뮬레이팅된 이미징**

[0096] 도 10a 및 도 10b는 송신시에 단일 프레넬 애퍼처(도 10a) 및 그 다음에 송신시에 8개의 서브애퍼처(도 10b)를 이용한, 축에서 20도 벗어나서 위치된 점 산란자(point scatterer)의 시뮬레이팅된 영상을 보인 것이다. 영상들은 30dB 동적 범위로 도시되었다.

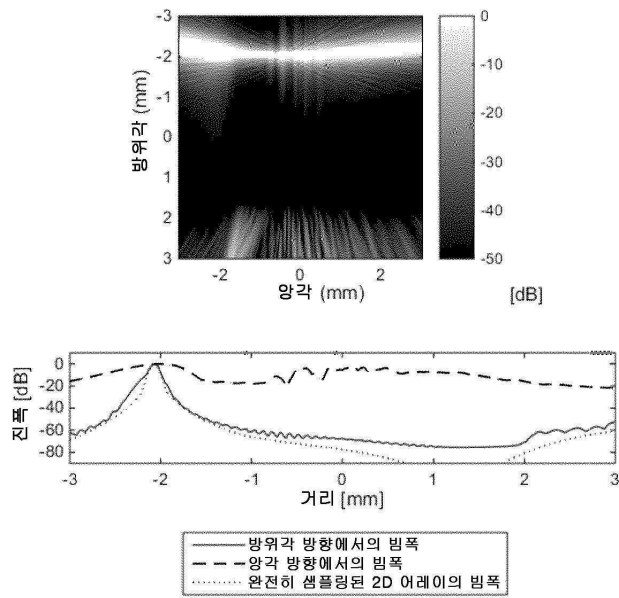
[0097] 진술한 특정 실시형태들은 예로서 도시되었고, 이러한 실시형태들은 각종 수정 및 대안적인 형태로 될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한, 특허 청구범위는 진술한 특정 형태로 제한되지 않고, 본 발명의 정신 및 범위 내에 있는 모든 수정, 균등물 및 대안예를 포괄하는 것으로 의도된다는 것을 이해하여야 한다.

도면

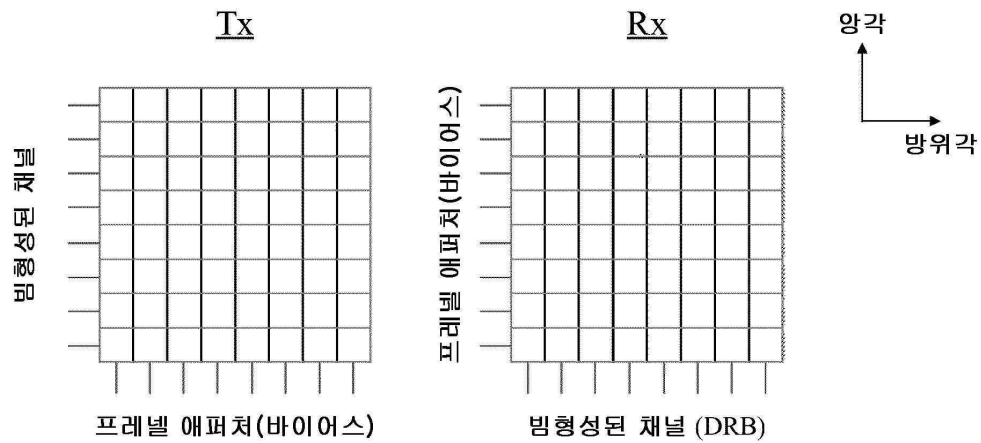
도면1a



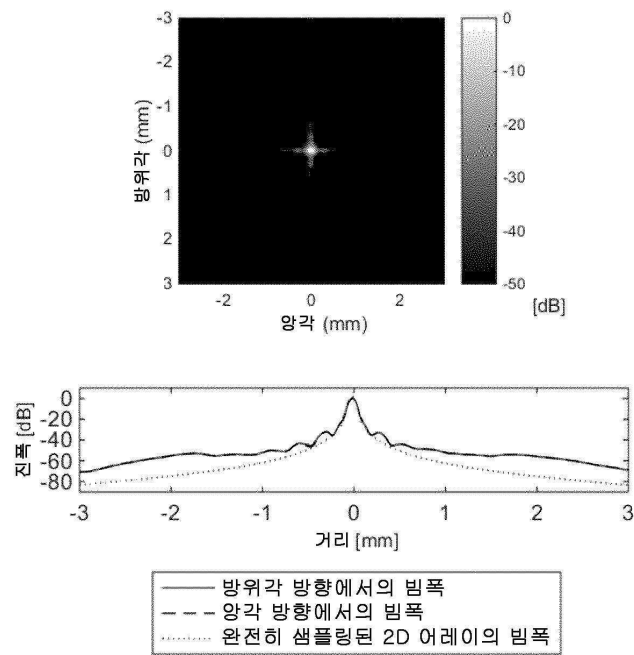
도면1b



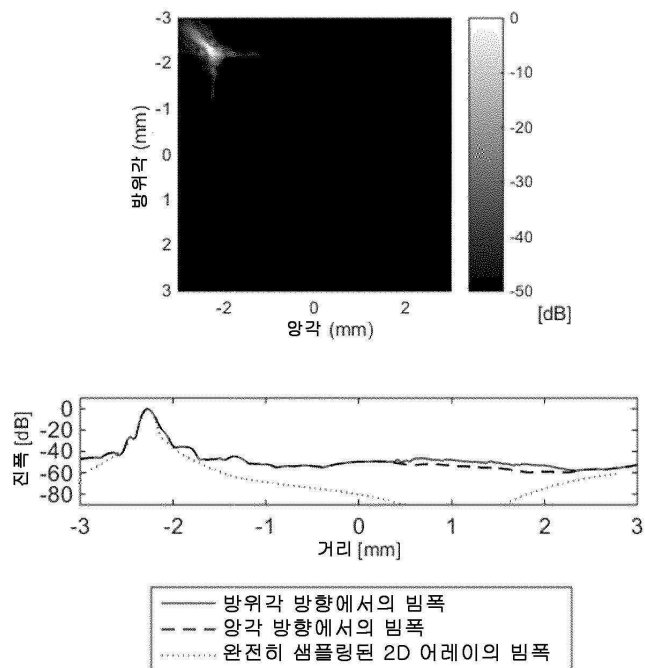
도면2



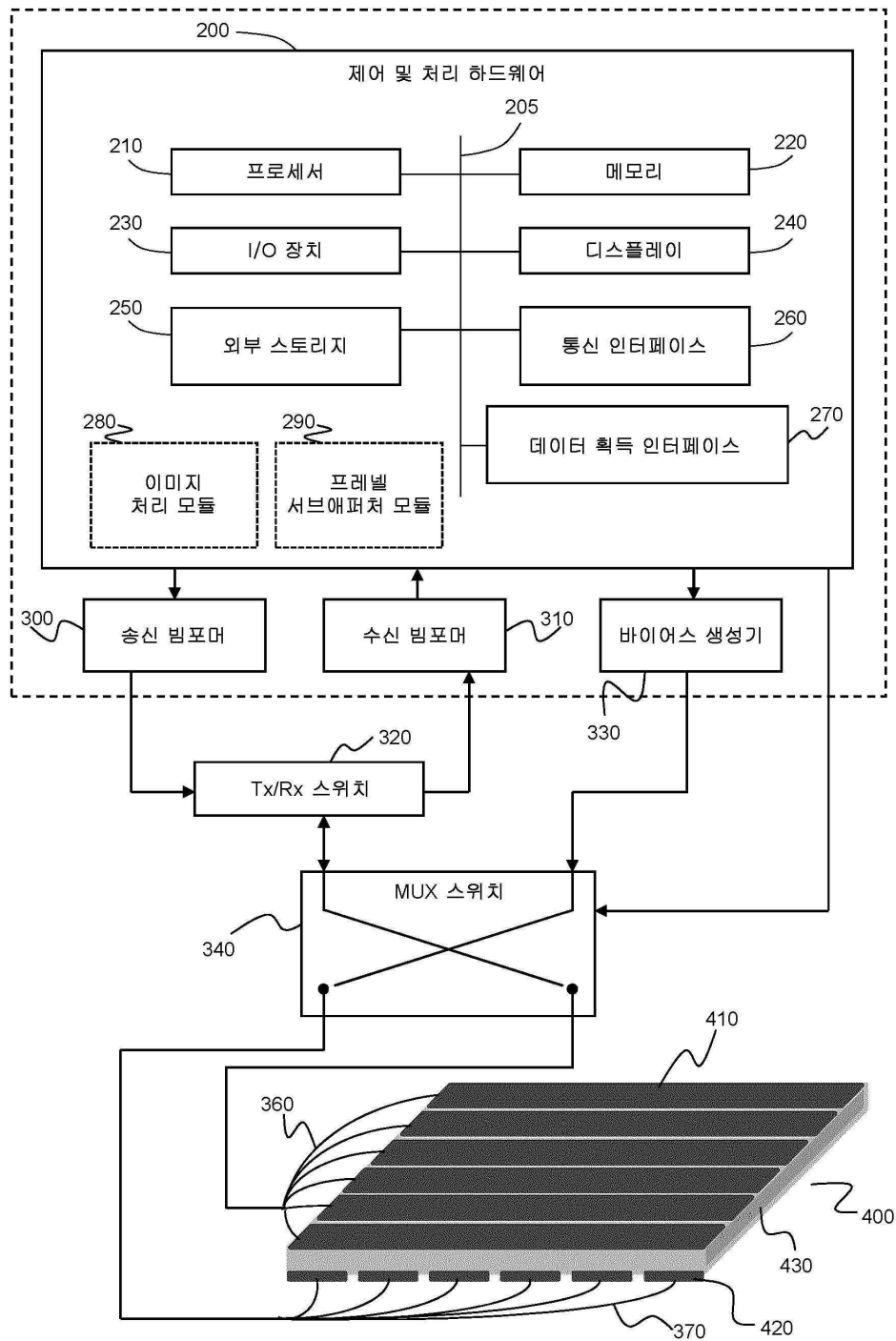
도면3a



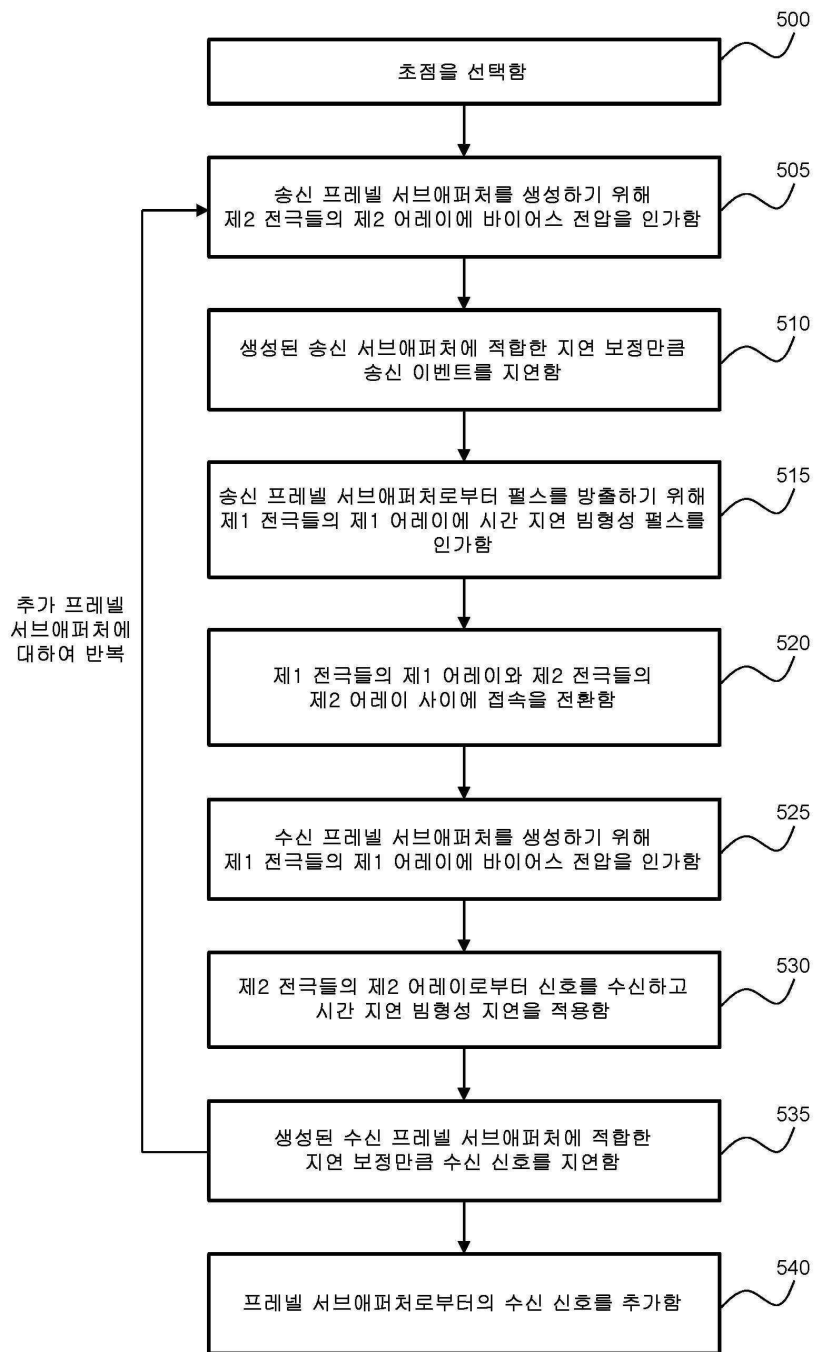
도면3b



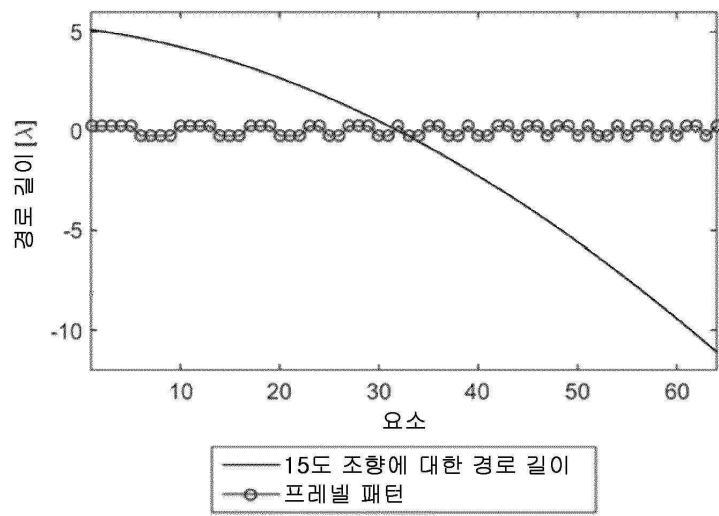
도면4a



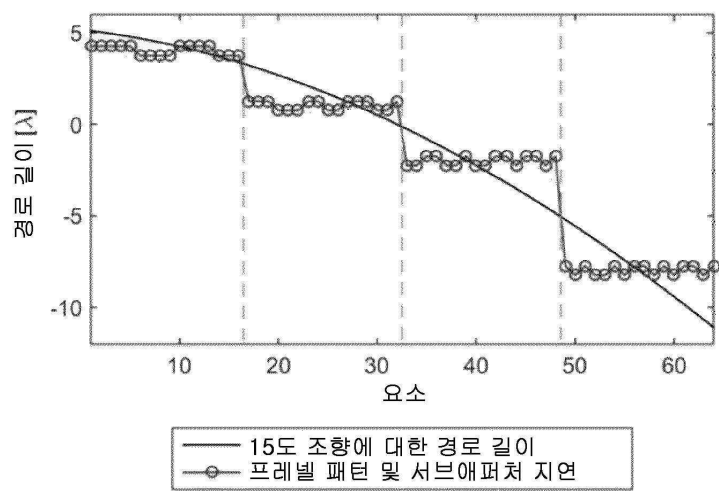
도면4b



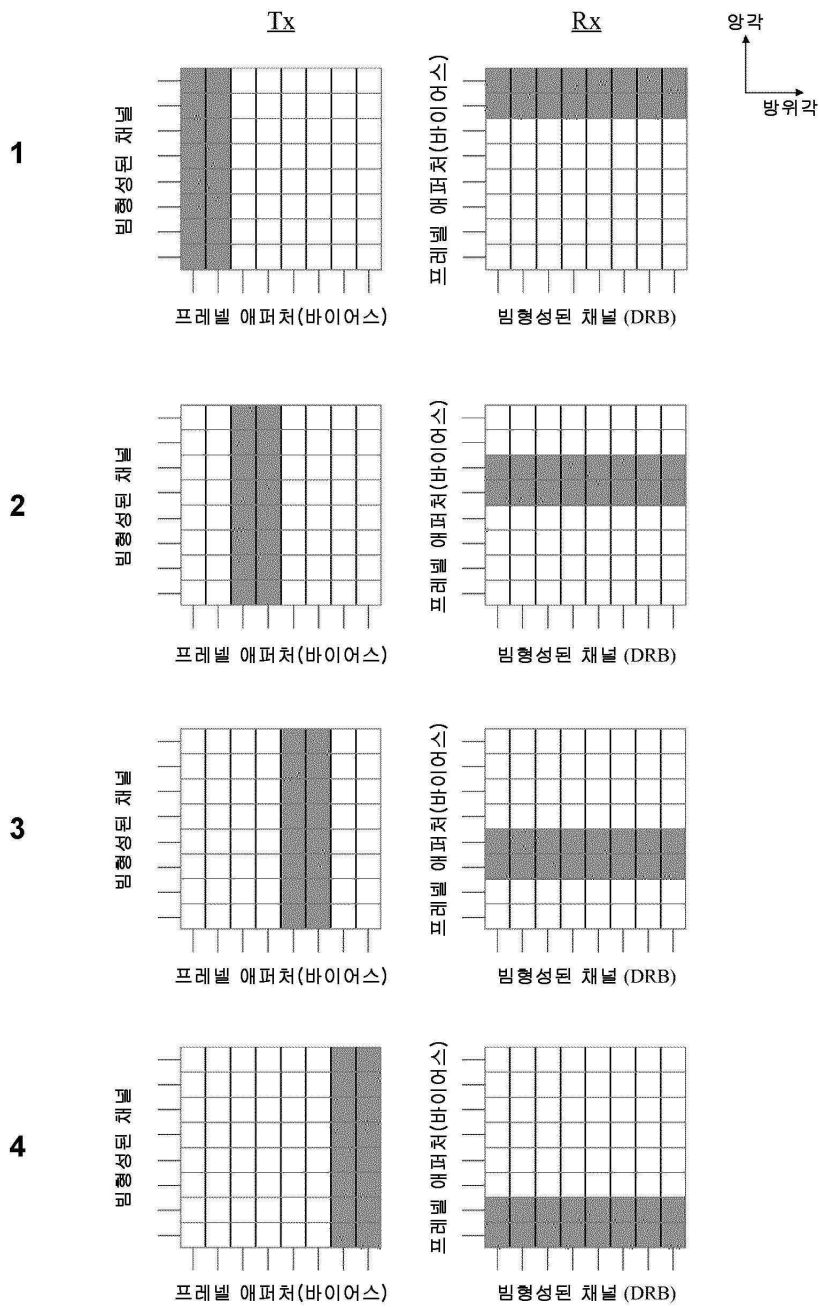
도면5a



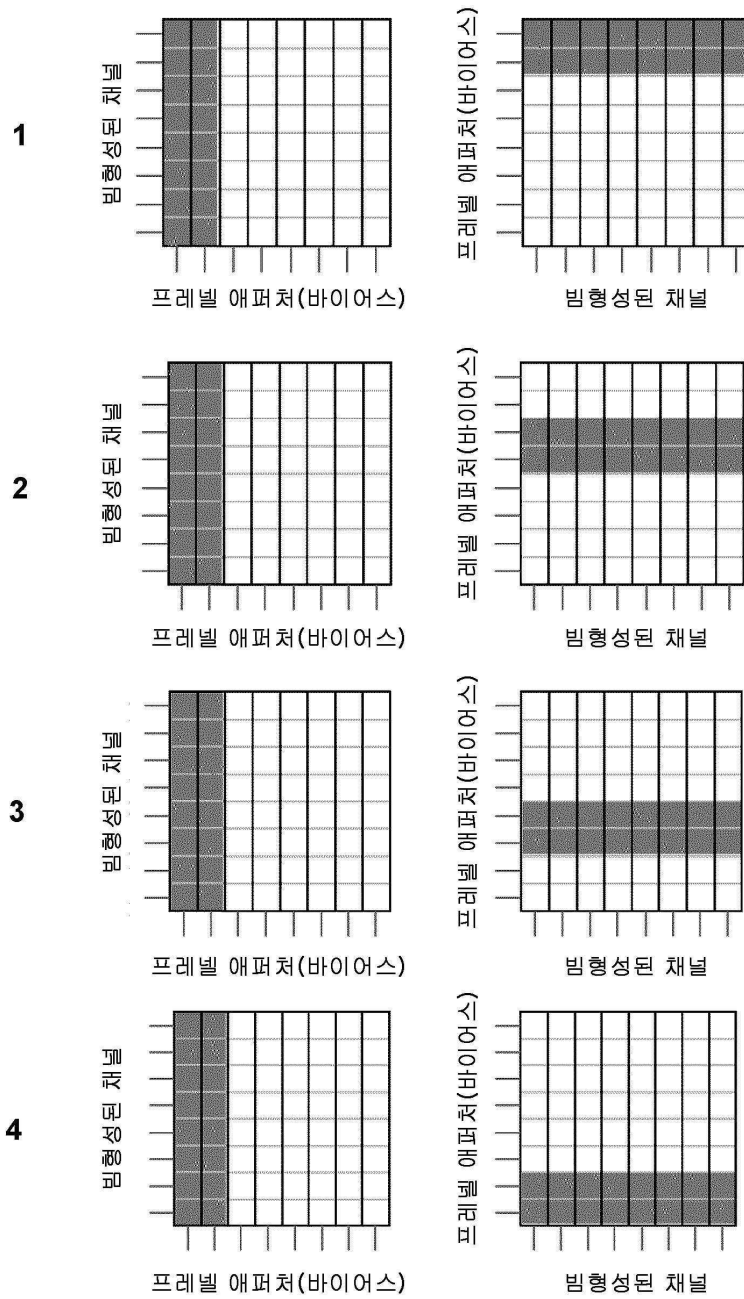
도면5b



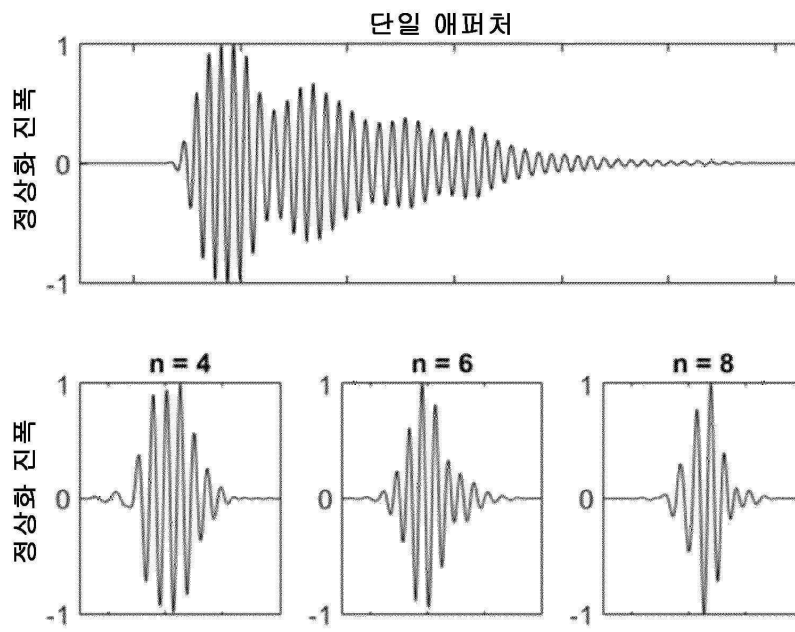
도면6a



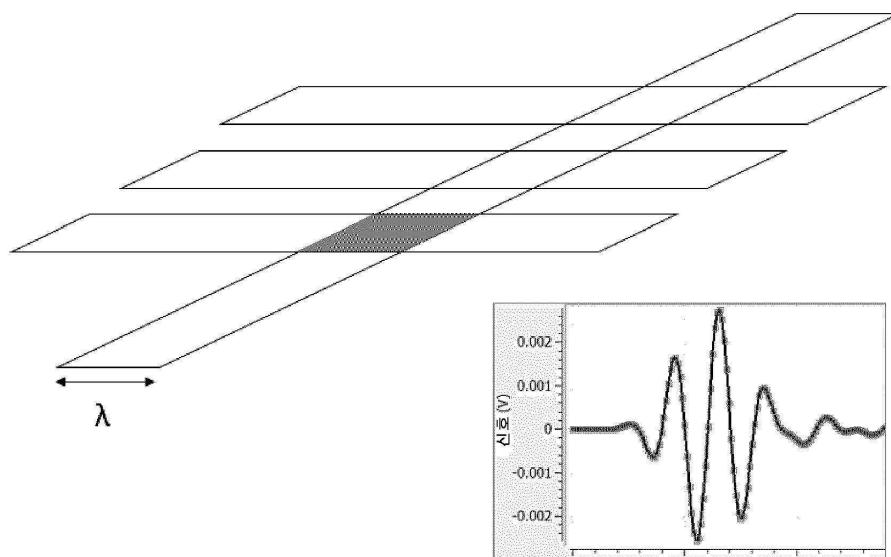
도면6b



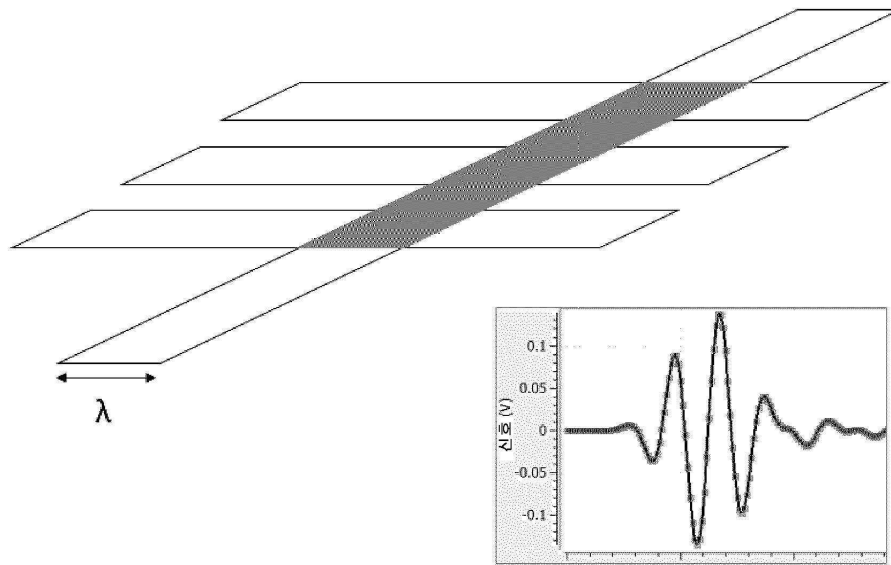
도면7



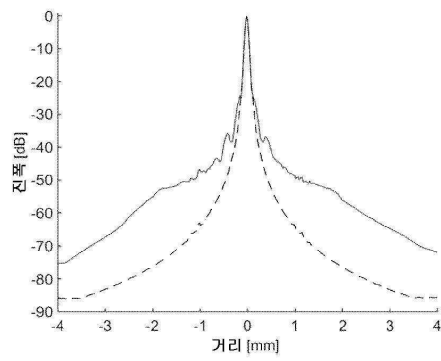
도면8a



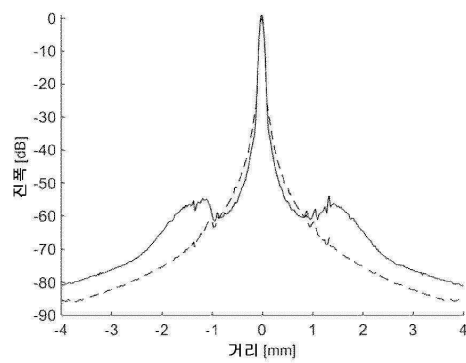
도면8b



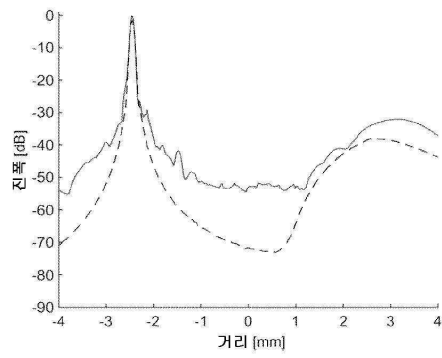
도면9a



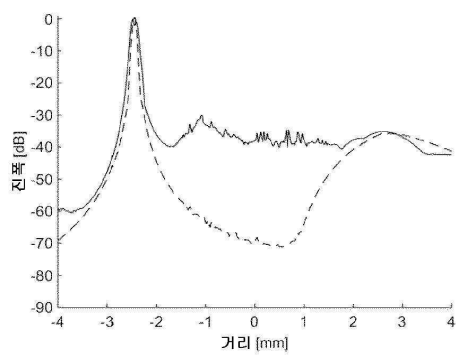
도면9b



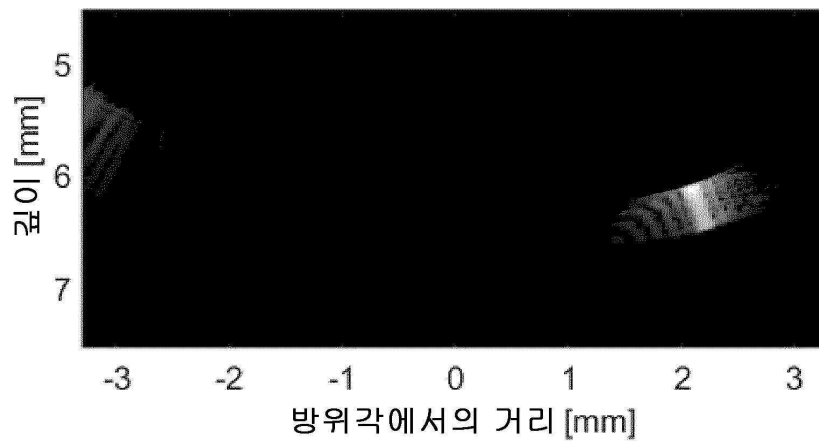
도면9c



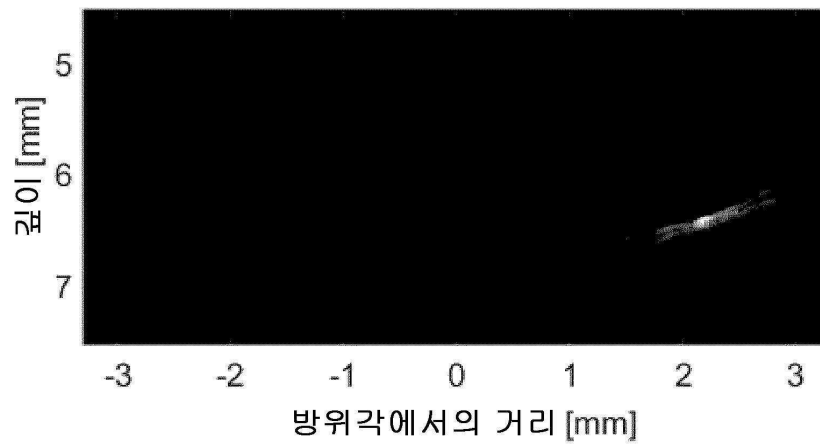
도면9d



도면10a



도면10b



专利名称(译)	组合相控阵和菲涅耳波带板波束形成系统和方法使用延迟校正的菲涅耳子孔径		
公开(公告)号	KR1020180050724A	公开(公告)日	2018-05-15
申请号	KR1020187009826	申请日	2016-02-25
申请(专利权)人(译)	月亮，性战.		
[标]发明人	BROWN JEREMY 브라운제레미 레이섬캐서린		
发明人	브라운제레미 레이섬캐서린		
IPC分类号	G01S15/89 A61B8/08 A61B8/12 G10K11/34		
CPC分类号	G01S15/8915 G01S15/8927 A61B8/12 A61B8/5207 G10K11/346 A61B8/4488 A61B8/4494 B06B1/0292 G01N29/2406 G01N29/262 G01S7/5202 G01S15/8925 G10K11/341		
代理人(译)	Gimtaehong Gimjinhoe		
优先权	62/215548 2015-09-08 US 62/237414 2015-10-05 US		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

跨电极是通过超声换能器阵列进行成像的系统和方法被公开，其中，所述超声换能器阵列是通过常规的时间延迟相控阵的波束形成聚焦在一个方向，并且通过偏置电压Fresnel孔径的应用形成在第二个方向。超声换能器阵列连接在发射操作和接收操作之间切换，使得菲涅耳孔径在发射时在第一方向上产生，在接收时在第二方向上产生。并且被配置为发送菲涅耳孔径和接收菲涅耳柯之一或两者的延迟校正菲涅耳子孔径cheoui设置的孔，其中每个菲涅耳子孔径相关联的延迟是菲涅耳子孔径和焦点之间的并且选择它以补偿路径长度的变化。通过使用多个菲涅耳子孔径和时间延迟校正克服与带宽引起的转向劣化相关的问题。

