(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년03월27일
(11) 등록번호 10-1378085
(24) 등록일자 2014년03월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/14 (2006.01) *G01N 29/24* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0063401
(22) 출원일자 2012년06월13일
심사청구일자 2013년06월14일
(65) 공개번호 10-2013-0139704
(43) 공개일자 2013년12월23일
(56) 선행기술조사문헌
JP2002345814 A*
KR1020020087706 A
JP2001198122 A
KR1019980000366 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
김배형
서울 마포구 동교로38길 42-8, 102호 (연남동)
김동욱
서울 서초구 동광로46길 13-9, 401호 (반포동, 그린파크)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리앤목특허법인

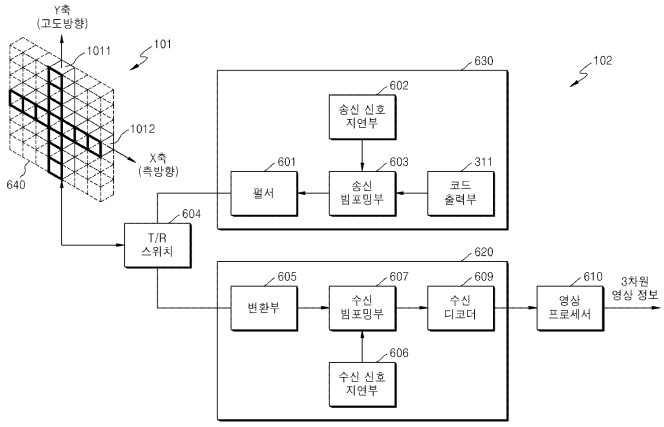
전체 청구항 수 : 총 32 항 심사관 : 박승배

(54) 발명의 명칭 **2차원 배열 트랜스듀서 어레이를 이용한 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법 및 장치**

(57) 요 약

2차원 트랜스듀서 어레이를 이용한 3차원 초음파 볼륨 스캔방법이 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 초음파 볼륨 스캔방법은, 다수의 트랜스듀서들 중에서 적어도 둘 이상의 트랜스듀서들이 선형으로 배열된 적어도 하나의 1차원 트랜스듀서 어레이에 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들을 인가하고, 상기 다수의 트랜스듀서들에 수신된 피검체의 반사신호로부터 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 각각에 대응하는 신호들을 획득하며, 상기 반사된 신호에서 획득된 신호들을 이용하여 상기 피검체의 영상 정보를 생성한다.

대 표 도



(72) 발명자

송종근

경기 용인시 수지구 죽전로 87, 437동 304호 (죽전동, 현대홈타운4차3단지아파트)

이승헌

서울 마포구 토정로5길 31, 101호 (합정동, 호산빌라)

조경일

서울 송파구 양재대로 1218, 229동 502호 (방이동, 올림픽선수기자촌아파트)

특허청구의 범위

청구항 1

다수의 트랜스듀서들이 2차원으로 배열된 2차원 트랜스듀서 어레이를 이용한 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법에 있어서,

상기 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 복수개의 1차원 트랜스듀서 어레이들에 복수개의 서로 직교하는 코드들을 각각 인가하는 단계;

상기 복수개의 1차원 트랜스듀서 어레이들 각각에 선형으로 배열된 다수의 트랜스듀서들에 수신된 피검체의 반사신호로부터 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 각각에 대응하는 신호들을 획득하는 단계; 및

상기 반사 신호에서 획득된 신호들을 이용하여 상기 피검체의 영상 정보를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수개의 1차원 트랜스듀서 어레이들의 개수는 상기 복수개의 1차원 트랜스듀서 어레이들 에 인가된 코드들의 개수와 서로 다른 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 인가하는 단계는,

상기 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 N개의 1차원 트랜스듀서 어레이에 N을 초과하는 개수의 서로 직교하는 코드들을 인가하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 인가하는 단계는,

상기 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 M개의 1차원 트랜스듀서 어레이들에 M개의 서로 직교하는 코드들을 각각 인가하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 인가하는 단계는,

상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들을 지연시키는 적어도 둘 이상의 송신지연패턴들을 각각 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들에 적용하는 단계;

상기 적어도 둘 이상의 송신 지연 패턴들이 적용된 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들을 정합하는 단계; 및

상기 정합된 코드를 상기 복수개의 1차원 트랜스듀서 어레이들 각각에 인가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 송신지연 패턴들을 적용하는 단계는,

상기 복수개의 1차원 트랜스듀서 어레이들로부터의 초음파가 적어도 둘 이상의 평면들에 집속되도록 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 각각에 서로 상이한 송신지연을 가하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서, 상기 송신지연 패턴들을 적용하는 단계는,

상기 복수개의 1차원 트랜스듀서 어레이들로부터 상기 피검체에 집속된 초음파 빔이 축 방향으로 적어도 둘 이상의 초점 거리를 갖도록 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 각각에 서로 상이한 송신지연을 가하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 서로 직교하는 코드들을 인가하는 단계는,

제 1 방향의 1차원 트랜스듀서 어레이에 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 중 제 1 코드를 인가하고, 제 2 방향의 2차원 트랜스듀서 어레이에 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 중 제 2 코드를 인가하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 제 1 방향과 상기 제 2 방향은 서로 교차하는 방향인 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서, 상기 획득하는 단계는,

상기 제 2 방향의 트랜스듀서 어레이에 수신된 피검체의 반사 신호로부터 상기 제 1 코드를 이용하여 상기 제 1 코드에 대응하는 신호를 획득하고, 상기 제 1 방향의 트랜스듀서 어레이에 수신된 피검체의 반사 신호로부터 상기 제 2 코드를 이용하여 상기 제 2 코드에 대응하는 신호를 획득하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서, 상기 획득하는 단계는,

상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 중의 소정의 코드와 상기 반사 신호간의 상관(correlation) 연산을 수행하여 상기 소정의 코드에 대응하는 신호를 획득하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서, 상기 획득하는 단계는,

상기 다수의 트랜스듀서들 각각에 수신된 초음파 신호들을 전기적 신호들로 변환하는 단계;

상기 전기적 신호들을 지연시키는 적어도 하나 이상의 수신 지연패턴을 상기 전기적 신호들에 적용하는 단계;

상기 적어도 하나 이상의 수신 지연패턴이 적용된 전기적 신호들을 합산하는 단계; 및

상기 합산된 신호로부터 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 각각에 대응하는 신호들을 산출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 수신 지연패턴을 적용하는 단계는,

상기 다수의 트랜스듀서들에 수신된 상기 반사신호가 상기 피검체에 적어도 둘 이상의 수신빔 평면을 형성하도록 적어도 둘 이상의 수신 지연패턴들을 이용하여 상기 전기적 신호들을 지연시키는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서, 상기 수신 지연패턴을 적용하는 단계는,

상기 다수의 트랜스듀서들에 수신된 상기 반사신호가 상기 피검체에 적어도 둘 이상의 초점 거리를 갖도록 적어도 둘 이상의 수신 지연패턴들을 이용하여 상기 전기적 신호들을 지연시키는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법.

청구항 15

제 12 항에 있어서, 상기 합산하는 단계는,

적용된 수신 지연 패턴이 동일한 전기적 신호들을 합산하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법.

청구항 16

제 1 항에 있어서, 상기 생성하는 단계는,

상기 반사된 신호에서 획득된 신호들의 세기를 조합하여 상기 피검체의 영상 정보를 생성하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법.

청구항 17

다수의 트랜스듀서들이 2차원으로 배열된 2차원 트랜스듀서 어레이;

상기 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 복수개의 1차원 트랜스듀서 어레이들에 복수개의 서로 직교하는 코드들을 인가하는 송신부;

상기 복수개의 1차원 트랜스듀서 어레이들 각각에 선형으로 배열된 다수의 트랜스듀서들에 수신된 피검체의 반사신호로부터 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 각각에 대응하는 신호들을 획득하는 수신부; 및

상기 반사된 신호에서 획득된 신호들을 이용하여 상기 피검체의 영상 정보를 생성하는 영상 프로세서를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 장치.

청구항 18

제 17 항에 있어서, 상기 송신부는,

상기 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 N개의 1차원 트랜스듀서 어레이에 N을 초과하는 개수의 서로 직교하는 코드들을 인가하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 장치.

청구항 19

제 17 항에 있어서, 상기 송신부는,

상기 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 M개의 1차원 트랜스듀서 어레이들에 M개의 서로 직교하는 코드들을 각각 인가하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 장치.

청구항 20

제 17 항에 있어서, 상기 송신부는,

상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들을 지연시키는 적어도 둘 이상의 송신지연패턴들을 각각 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들에 적용하는 인코더; 및

상기 적어도 둘 이상의 송신 지연 패턴들이 적용된 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들을 정합하고, 상기 정합된 코드를 상기 복수개의1차원 트랜스듀서 어레이들에 출력하는 합산기를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 장치.

청구항 21

제 20 항에 있어서, 상기 인코더는,

상기 복수개의 1차원 트랜스듀서 어레이들로부터의 초음파가 적어도 둘 이상의 평면들에 집속되도록 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 각각에 서로 상이한 송신지연을 가하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 장치.

청구항 22

제 20 항에 있어서, 상기 인코더는,

상기 복수개의 1차원 트랜스듀서 어레이들로부터 상기 피검체에 집속된 초음파 빔이 축 방향으로 적어도 둘 이상의 초점 거리를 갖도록 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 각각에 서로 상이한 지연을 가하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 장치.

청구항 23

제 20 항에 있어서, 상기 송신부는,

제 1 방향의 1차원 트랜스듀서 어레이에 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 중 제 1 코드를 인가하고, 제 2 방향의 2차원 트랜스듀서 어레이에 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 중 제 2 코드를 인가하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 장치.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

상기 제 1 방향과 상기 제 2 방향은 서로 교차하는 방향인 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 장치.

청구항 25

제 23 항에 있어서, 상기 수신부는,

상기 제 2 방향의 트랜스듀서 어레이에 수신된 피검체의 반사 신호로부터 상기 제 1 코드를 이용하여 상기 제 1 코드에 대응하는 신호를 획득하고, 상기 제 1 방향의 트랜스듀서 어레이에 수신된 피검체의 반사 신호로부터 상기 제 2 코드를 이용하여 상기 제 2 코드에 대응하는 신호를 획득하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 장치.

청구항 26

제 17 항에 있어서, 상기 수신부는,

상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 중의 소정의 코드와 상기 반사 신호간의 상관(correlation) 연산을 수행하여 상기 소정의 코드에 대응하는 신호를 획득하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 장치.

청구항 27

제 17 항에 있어서, 상기 수신부는,

상기 다수의 트랜스듀서들 각각에 수신된 초음파 신호들에 대응하는 전기적 신호들을 지연시키는 적어도 하나 이상의 수신 지연패턴을 상기 전기적 신호들에 적용하여 합산하는 수신 빔포밍부; 및

상기 합산된 신호로부터 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 각각에 대응하는 신호들을 산출하는 디코더를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 장치.

청구항 28

제 27 항에 있어서, 상기 수신 빔포밍부는,

상기 다수의 트랜스듀서들에 수신된 상기 반사신호가 상기 피검체에 적어도 둘 이상의 수신빔 평면을 형성하도록 적어도 둘 이상의 수신 지연패턴들을 이용하여 상기 전기적 신호들을 지연시키는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 장치.

청구항 29

제 27 항에 있어서, 상기 수신 빔포밍부는,

상기 다수의 트랜스듀서들에 수신된 상기 반사신호가 상기 피검체에 적어도 둘 이상의 초점 거리를 갖도록 적어도 둘 이상의 수신 지연패턴들을 이용하여 상기 전기적 신호들을 지연시키는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 장치.

청구항 30

제 27 항에 있어서, 상기 수신 빔포빙부는,

적용된 수신 지연 패턴이 동일한 전기적 신호들을 합산하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 장치.

청구항 31

제 17 항에 있어서, 상기 영상 프로세서는,

상기 반사된 신호에서 획득된 신호들의 세기를 조합하여 상기 피검체의 영상 정보를 생성하는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 볼륨 스캔 장치.

청구항 32

제 1 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 기재된 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 초음파 영상 분야에 관한 것으로, 특히 2차원 트랜스듀서 어레이를 이용하여 3차원 초음파 볼륨 스캔을 하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 초음파 진단기에서의 프로브는 일반적으로 트랜스듀서(transducer)로 제조된다. 3차원 영상 검출 장치의 프로브로부터 수 kHz에서 수백 MHz 범위의 초음파가 환자 신체 내부의 특정 부위에 전달되면, 이 초음파는 여러 다른 조직들(tissues) 사이의 계층들로부터 부분적으로 반사된다. 특히, 초음파는 신체 내부에서의 밀도 변화가 있는 곳, 예를 들어, 혈장(blood plasma) 내의 혈구들(blood cells), 장기들(organs) 내의 작은 조직들(structures) 등에서 반사된다. 이와 같이 반사된 초음파들은 프로브의 트랜스듀서를 진동시키고, 트랜스듀서는 이 진동들에 따른 전기적 펄스들(electrical pulses)을 출력한다. 이와 같은 전기적 펄스들이 영상으로 변환된다.

[0003] 최근 의료용 초음파 영상을 위한 초음파 스캐너들은 일반적으로 64 내지 256개의 트랜스듀서 배열 소자(transducer array element)를 이용하여 초음파 빔(ultrasound beam)을 전자적으로 스위칭(switching)하거나 조종(steer)하여 포커싱한다. 여기서, 복수 개의 트랜스듀서들을 선형적으로 배열하게 되면, 이 초음파 빔을 측방향(Lateral direction)으로만을 스위칭하거나 조종할 수 있게 되고, 그 결과 고도 방향(elevation direction)으로는 스위칭하거나 조종할 수 없어 2차원 영상만을 얻을 수 있다.

[0004] 트랜스듀서들이 고도 방향과 측 방향 모두로 배열된 2차원 배열은 측 방향 및 고도 방향 둘 다에서 초음파 빔을 스위칭하거나 조종할 수 있게 되어, 양방향으로 동적 포커싱(dynamic focusing)을 가능할 수 있게 한다. 그 결과 최근 3차원 볼륨의 초음파 영상을 얻을 수 장비들이 나오고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 적은 개수의 트랜스듀서를 사용하고 시간당 데이터 처리양을 감소시켜, 실시간으로 초음파 3차원 볼륨의 영상을 얻는 방법 및 장치를 제공하는데 있다. 또한, 상기 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공하는데 있다. 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 이하의 실시예들로부터 또 다른 기술적 과제들이 유추될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 측면에 따른 다수의 트랜스듀서들이 2차원으로 배열된 2차원 트랜스듀서 어레이를 이용한 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법은, 2차원으로 배열된 상기 다수의 트랜스듀서들 중에서 적어도 둘 이상의 트랜스듀서들이 선형으로 배열된 적어도 하나의 1차원 트랜스듀서 어레이에 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들을 인가하는 단계; 상기 다수의 트랜스듀서들에 수신된 피검체의 반사신호로부터 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 각각에 대응하는 신호들을 획득하는 단계; 및 상기 반사된 신호에서 획득된 신호들을 이용하여 상기 피

검체의 영상 정보를 생성하는 단계를 포함한다.

[0007] 본 발명의 다른 일 측면에 따라 상기된 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공한다.

[0008] 본 발명의 또 다른 일 측면에 따른 3차원 초음파 볼륨 스캔장치는, 다수의 트랜스듀서들이 2차원으로 배열된 2차원 트랜스듀서 어레이; 2차원으로 배열된 상기 다수의 트랜스듀서들 중에서 적어도 둘 이상의 트랜스듀서들이 선형으로 배열된 적어도 하나의 1차원 트랜스듀서 어레이에 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들을 인가하는 송신부; 상기 다수의 트랜스듀서들에 수신된 피검체의 반사신호로부터 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들 각각에 대응하는 신호들을 획득하는 수신부; 및 상기 반사된 신호에서 획득된 신호들을 이용하여 상기 피검체의 영상 정보를 생성하는 영상 프로세서를 포함한다.

발명의 효과

[0009] 실시간으로 초음파 3차원 볼륨 영상을 제공하면서도 높은 수준의 프레임율과 고해상도의 영상의 질을 유지할 수 있는 방법 및 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 영상 시스템의 구성도이다.

도 2는 하나의 1차원 트랜스듀서 어레이(21)가 2차원 영상의 픽셀 하나에 대한 영상 정보를 얻는 방법을 도시한 도면이다.

도 3는 고도 방향의 1차원 트랜스듀서 어레이에 의해서 형성된 송신빔평면(2021) 또는 수신빔평면(2022)을 도시한 도면이다.

도 4는 1차원 트랜스듀서 어레이에서 빔의 동적 집속(dynamic focusing)을 도시하는 도면이다.

도 5는 교차 트랜스듀서 어레이(1011, 1012)를 이용한 스캔라인 형성을 도시한 도면이다.

도 6은 도 1에 도시된 프로브(101)와 초음파 볼륨 스캔 장치(102)의 구성도이다.

도 7a 내지 7d는 본 발명의 일 실시예에 따른 2차원 트랜스듀서 어레이를 도시한 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 1차원 트랜스듀서 어레이의 빔 평면의 형성을 도시한 도면이다.

도 9은 본 발명의 일 실시예에 따른 빔의 동적 집속을 도시한 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 빔의 스티어링 및 동적 집속을 도시한 도면이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따라 복수의 1차원 트랜스듀서 어레이를 이용한 초음파 빔의 동적 집속을 도시한 도면이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 송신부(630) 및 수신부(620)의 구조를 도시한 도면이다.

도 13a 및 도 13b는 골레이 코드의 일례를 도시한 도면이다.

도 13C는 도 13A의 코드가 펄서(601)에서 출력될 경우 트랜스듀서에서 발생되는 음파를 나타낸 도면이다.

도 13D는 도 13B의 코드가 펄서(601)에서 출력될 경우 트랜스듀서에서 발생되는 음파를 나타낸 도면이다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 2차원 트랜스듀서 어레이가 하나의 집속점에 두가지 코드를 이용하여 송신하는 것을 도시한 도면이다

도 15는 도 14의 교차 트랜스듀서 어레이(1411,1412)가 두 가지 코드를 수신하는 것을 도시한 도면이다.

도 16은 도 14 및 도 15에 따른 수신 디코더(609)의 구조를 도시한 도면이다.

도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법의 순서도를 도시한 도면이다.

도 18은 도 14에 도시된 교차 트랜스듀서 어레이를 이용한 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법의 순서도를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다.

[0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 영상 시스템의 구성도이다. 도 1를 참조하면, 도 1에 도시된 실시예에 따른 초음파 영상 시스템은 프로브(101), 초음파 볼륨 스캔 장치(102), 영상 표시 장치(103)로 구성된다. 프로브(101)는 고도 방향으로 일렬로 배치되어 있는 1차원 트랜스듀서들의 집합인 고도 방향의 트랜스듀서 어레이와 측 방향으로 일렬로 배치되어 있는 1차원 트랜스듀서들의 집합인 측 방향의 트랜스듀서 어레이가 교차된 형태의 2차원 트랜스듀서 어레이를 포함한다. 2차원 트랜스듀서 어레이의 상세한 구조에 대해서는 후술한다. 프로브(101)의 트랜스듀서 어레이들에 포함된 각 트랜스듀서에 초음파 볼륨 스캔 장치(102)로부터 각 트랜스듀서에 대응하는 전기적 신호가 입력되면, 각 트랜스듀서는 이와 같이 입력된 전기적 신호를 피검체 내부의 영상 정보를 검출하기 위한 소스 신호로 변환한다.

[0013] 여기에서, 피검체의 대표적인 예로는 인체가 될 수 있으며, 그 밖에 동물의 신체(body), 금속 등도 포함될 수 있다. 이하에서는 피검체를 인체로 특정하여 본 발명의 실시예들을 설명하기로 한다. 다만, 도 1에 도시된 실시예 및 이하에서 설명될 실시예들에서 피검체가 인체 이외에 다른 대상들, 예를 들어 동물의 신체, 금속 등이 될 수 있음을 상기된 실시예들이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이해할 수 있다. 한편, 프로브(101)가 하나의 트랜스듀서만을 사용하지 않고, 상기된 트랜스듀서 어레이와 같이 복수 개의 트랜스듀서 어레이 소자들을 사용하는 이유는 하나의 트랜스듀서에서 생성되는 소스 신호의 세기가 피검체 내부의 영상 정보를 검출할 만큼 강하지 않아서 어레이 소자를 이용하여 원하는 지점에 신호를 집속함으로써 신호의 세기와 영상의 해상도를 모두 향상시킬 수 있기 때문이다.

[0014] 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 도 1에 도시된 바와 같이 프로브(101)와 별개의 장치로써 구현될 수 있다. 도 1에 도시된 실시예에 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 프로브(101)와 초음파 볼륨 스캔 장치(102)를 하나의 장치로 통합하여 구현할 수도 있음을 이해할 수 있다. 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 다음과 같이 2차원 의료 영상을 생성할 수 있다. 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 프로브(101)의 교차 트랜스듀서 어레이로부터 송신된 소스 신호들이 인체 내부의 어느 지점에 집속되고, 이와 같이 집속된 소스 신호들이 반사되어 형성된 반사 신호로부터 그 집속된 지점에 대응하는 픽셀의 영상 정보를 검출한다. 이어서, 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 프로브(101)의 2차원 배열 혹은 교차 트랜스듀서 어레이로부터 송신된 소스 신호들이 인체 내부의 다른 지점에 집속되고, 이와 같이 집속된 소스 신호들이 반사되어 형성된 반사 신호로부터 그 집속된 다른 지점에 대응하는 다른 픽셀의 영상 정보를 검출한다. 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 인체 내부의 2차원 촬영 영역을 구성하는 모든 지점들에 대하여 상기된 과정을 반복함으로써 인체 내부의 2차원 촬영 영역을 구성하는 픽셀들의 영상 정보를 검출하고, 이와 같이 검출된 픽셀들의 영상 정보를 병합함으로써 인체 내부의 2차원 촬영 영역의 의료 영상을 생성할 수 있다.

[0015] 도 2는 하나의 1차원 트랜스듀서 어레이(21)가 2차원 영상의 픽셀 하나에 대한 영상 정보를 얻는 방법을 도시한 도면이다. 도 2에서 1차원 트랜스듀서 어레이(21)는 9개의 트랜스듀서가 선형적으로 배열되어 있고, 각 트랜스듀서에는 위에서부터 차례로 숫자가 적혀있다. 다만, 본발명에서 선형의 의미 반드시 직선에 한정되지 않으며 곡선을 포함할 수 있다. 예컨대, 본 발명의 1차원 트랜스듀서 어레이의 곡률을 증가시켜 폐 곡선, 즉 환형 어레이(annular array)를 형성하도록 변형하여 실시할 수 있다. 집속점(focal point)(20)은 앞서 설명한 바와 같이 소스 신호들이 집속되어 2차원 영상의 영상 정보를 검출하는 지점을 말하며, 2차원 영상의 픽셀 위치에 대응되는 피검체 내부의 지점에 해당된다. 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 프로브(101) 내부의 트랜스듀서 어레이(21)의 각 트랜스듀서가 소스 신호로 변환할 수 있는 복수 개의 전기적 신호(23)를 출력한다.(초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 프로브(101) 내부의 트랜스듀서의 개수 만큼의 전기적 신호를 출력한다. 도 2에서의 송신 트랜스듀서의 개수인 9개의 전기적 신호를 출력한다.) 여기서 프로브(101)가 생성하는 9 개의 소스 신호가 중첩되기 위해서는 집속점 (20)에 동시에 도달해야 한다. 한편, 프로브(101) 내부의 송신 트랜스듀서 어레이의 1차원적인 배열 때문에, 임의의 집속점(20)과 각 트랜스듀서간의 거리는 다르다. 따라서, 각 트랜스듀서가 소스 신호를 동시에 발생한다고 가정하면, 임의의 집속점(20)과 각 트랜스듀서간의 거리의 차이에 의해 소스 신호가 임의의 집속점(20)에 도달하는 시간은 다르다. 즉, 도면에서 집속점(20)과 트랜스듀서 어레이(21)의 1번 트랜스듀서가 가장 가까우며, 2번에서 9번으로 갈수록 조금씩 거리가 더 늘어나게 될 것이다. 따라서 9번 트랜스듀서가 가장 집속점(20)과 거리가 멀 것이다. 결국 프로브(101)가 생성한 복수 개의 소스 신호가 집속점(20)에 동시에 도달하기 위해서는 집속점(20)에서 상대적으로 먼 트랜스듀서가 먼저 소스 신호를 생성하고, 상대적으로 가까운 트랜스듀서가 늦게 소스 신호를 생성해야 한다. 그러면, 1번 트랜스듀서가 신호를 가장 늦게 생성을 하게 되며, 1

번 트랜스듀서가 신호를 생성하는 순간, 나머지 트랜스듀서에서 생성된 신호가 자신의 경로 상에 위치하는 지점을 연결한 선은 집속점(20)에 대응하는 지연패턴(22)이라고 한다.

[0016] 결국, 프로브(101) 내부의 각 트랜스듀서가 소스 신호를 생성하는 시간이 다르기 위해서는, 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 프로브(101) 내부의 각 트랜스듀서에 복수 개의 전기적 신호(23)(도 2의 경우 9개의 전기적 신호)가 입력되는 시간을 다르게 설정한다. 위에서 설명한 바와 같이 이 9개의 전기적 신호를 프로브(101)가 9개의 소스 신호로 출력한다. 즉, 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 각 트랜스듀서와 집속점(20)과의 거리 차이에 반비례하는 시간 길이만큼 각 트랜스듀서에 입력될 전기적 신호를 지연시킨 후에 각 트랜스듀서에 출력함으로써 각 트랜스듀서로부터 출력된 소스 신호들을 하나의 집속점(20)에 집속시킬 수 있다. 어떤 트랜스듀서에 어떤 시간만큼 지연되어 입력된 전기적 신호는 그 시간만큼 지연되어 그 트랜스듀서에서 소스 신호가 생성되게 된다. 여기에서, 트랜스듀서 어레이(21)의 트랜스듀서들 중 집속점(20)과의 거리가 가장 먼 트랜스듀서로 입력되는 전기적 신호는 트랜스듀서 어레이(21)의 트랜스듀서들에 입력되는 전기적 신호들 중 마지막에 입력되기 때문에 이 전기적 신호에 대해서는 시간 지연 없이 트랜스듀서에 입력될 수 있다. 이와 같은 방법으로 초음파 볼륨 스캔 장치(102)가 원하는 임의의 집속점(20)에 복수 개의 신호가 동시에 도달하도록 소스 신호를 제어하는 것을 송신 빔포밍(beamforming)이라고 한다.

[0017] 상술된 바와 같은 빔포밍은 초음파 볼륨 스캔 장치(102)로부터 송신되는 신호들에만 적용되는 것이 아니라, 초음파 볼륨 스캔 장치(102)에 수신된 신호들에도 마찬가지로 적용될 수 있다. 트랜스듀서 어레이(21)가 송신한 소스 신호들은 상기된 바와 같은 송신 빔포밍에 의해 집속점(20)에서 중첩(superposition)되고, 중첩된 소스 신호들은 집속점(20)으로부터 반사되어 다시 트랜스듀서 어레이(21)에 도달한다. 트랜스듀서 어레이(21)의 각 트랜스듀서는 각 트랜스듀서에 도달된 반사 신호를 다시 전기적 신호로 변환하여 초음파 볼륨 스캔 장치(102)에 출력한다. 앞서 설명된 바와 같이 이렇게 변환된 전기적 신호들의 세기는 매우 미약하기 때문에, 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 각 전기적 신호들을 단독적으로는 영상을 구성하는데 사용하지 않는다. 그 대신 전기적 신호들을 하나로 합친 신호를 사용하여 영상을 구성한다. 하지만, 각 트랜스듀서와 집속점(20)과의 거리차이 때문에 반사된 소스 신호들이 다시 각 트랜스듀서에 도달하는 시간이 다르고, 결과적으로 각 트랜스듀서가 전기적 신호를 생성하는 시간도 다르다. 따라서, 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 각 트랜스듀서로부터 출력된 전기적 신호들을 하나의 신호로 합치기 위하여, 각 트랜스듀서와 집속점(20)과의 거리차이에 반비례하는 시간 길이만큼 각 트랜스듀서로부터 출력된 전기적 신호을 지연시킨 후에 트랜스듀서 어레이(21)의 모든 트랜스듀서들로부터의 전기적 신호들의 출력이 완료되는 시점에 트랜스듀서 어레이(21)의 모든 트랜스듀서들로부터의 전기적 신호들을 합산한다. 여기에서, 트랜스듀서 어레이(21)의 트랜스듀서들 중 집속점(20)과의 거리가 가장 먼 트랜스듀서로부터 출력된 전기적 신호는 초음파 볼륨 스캔 장치(102)에 마지막에 입력되기 때문에 이 전기적 신호에 대해서는 시간 지연 없이 다른 트랜스듀서들로부터 출력된 전기적 신호들과 합산될 수도 있다. 이와 같이, 각 트랜스듀서로부터 출력된 전기적 신호와 그 전기적 신호를 생성하는 시간 차이를 고려하여, 트랜스듀서 어레이(21)의 모든 트랜스듀서들로부터의 전기적 신호들을 합산하는 것을 수신 빔포밍이라고 한다.

[0018] 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 프로브(101) 내부의 트랜스듀서 어레이(21)가 생성한 복수 개의 전기적 신호들을 수신 빔포밍하여, 빔포밍된 신호의 세기를 이용해 집속점의 밝기 정보로 추출한다. 그리고 이를 인체 내부의 2차원 촬영 영역의 여러 지점에 대해 반복적으로 수행하여 얻은 밝기 정보들을 합쳐서 2차원 의료 영상을 생성한다. 이러한 밝기 정보에 기초한 영상을 B 모드 영상이라고 한다. 다만, 당업자라면 B 모드 영상 이외에, A 모드 및 M 모드 영상을 자명하게 예측 가능하므로 이에 대한 구체적 설명은 생략한다. 생성된 의료 영상은 영상 표시 장치(103)으로 보내진다. 도 2의 1차원 트랜스듀서 어레이(21)를 이용하면, 2차원 영상을 생성할 수 있지만, 본 발명의 실시예는 교차 트랜스듀서 어레이를 이용하여 3차원 초음파 볼륨 영상을 얻을 수 있다.

[0019] 영상 표시 장치(103)는 초음파 볼륨 스캔 장치(102)로부터 의료 영상을 입력받아 이를 디스플레이(display)한다.

[0020] 한편, 전술한 송신 또는 수신 빔포밍의 집속점(20)은 송신하는 신호 또는 수신한 신호의 위상 변환 또는 시간 지연을 통해서 또 다른 집속점(24)으로 변경될 수 있다. 이를 빔의 스티어링(steering)이라 한다. 이하에서, 지연이라 함은 위상 변환과 시간의 지연을 포괄하는 개념으로 해석한다. 송신 빔포밍의 스티어링의 경우 각 집속점들 별로 트랜스듀서 어레이(21)에 가해지는 지연패턴이 상이하므로, 일반적인 송신 빔포밍은 동시에 다중의 집속점을 형성할 수 없는 문제가 있다. 예컨대, 집속점(20)에 대한 송신 빔포밍을 완료한 다음 다른 집속점(24)에 대하여 송신 빔포밍을 수행한다. 송신 빔포밍에서의 스티어링은 집속점 수 만큼 송신 빔을 형성하는 회수가 늘어나므로 하나의 3차원 영상을 획득하는데 소요되는 시간은 송신 빔 형성 회수에 비례하여 증가한다. 이와 대조적으로 수신 빔포밍의 스티어링은 트랜스듀서 어레이(21)의 각 트랜스듀서들에 수신된 신호를 메모리 등의

기억매체에 저장하고, 그 저장된 신호에 지연패턴(21)과 지연패턴(24)를 병렬적으로 적용할 수 있으므로 3차원 영상을 획득하는데 소요되는 시간을 증가시키지 않는다. 즉, 수신 빔포밍의 스티어링은 수신된 신호를 처리과정에서 지연 패턴을 변경하는 것으로 이해할 수 있다.

[0021] 도 3는 고도 방향의 1차원 트랜스듀서 어레이에 의해서 형성된 송신빔평면(2021) 또는 수신빔평면(2022)을 도시한 도면이다. 도 3에서의 육면체로 도시된 부분들 각각은 트랜스듀서를 나타내고, 트랜스듀서 복수 개가 직렬로 결합된 부분은 트랜스듀서 어레이(21)이다. 각 트랜스듀서에 전기적 신호를 인가할 경우, 호이겐스의 원리에 의해 각 트랜스듀서에서 방사형으로 소스 신호가 전파된다. 도 2의 예에서와 같이 초음파 신호의 빔포밍을 수행하면, 트랜스듀서들에서 방사형으로 전파된 소스 신호들이 중첩되게 된다. 도 3을 참조하면, 3차원 공간에서 중첩이 되는 부분은 트랜스듀서 어레이(21)의 정중앙에 있는 트랜스듀서를 중심으로 반지름 r을 갖는 하나의 부채꼴 모양의 평면 형상을 갖는다. 이와 같은 평면을 송신빔평면(2021)이라고 한다. 이에 대한 선행기술로서 US Patent 5,305,756 및 US Patent 5,417,219는 송신빔평면 또는 수신빔평면의 빔 집속에 대해 개시하고 있다.

[0022] 도 3에서의 측 방향(203)과 깊이 방향(204)으로 이루어진 평면과 송신빔평면(2021)이 이루는 각을 Φ라고 정할 수 있다. 한편, 여기서 깊이 방향은 형성된 초음파 빔의 축과 일치하는 방향이므로, 깊이 방향은 축 방향(axial direction)과 같은 의미로 사용된다. 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 도 2에서 기술된 빔포밍의 스티어링을 통해 송신빔평면 Φ의 값을 변하게 할 수 있다. 이와 마찬가지로 수신빔평면(2022)을 정의할 수 있는데, 송신빔평면(2021)을 형성할 때와 마찬가지로, 소스 신호가 반사되어 돌아오는 신호를 빔포밍할 때 생성되는 부채꼴 모양의 평면을 의미한다. 수신빔평면(2022)도 마찬가지로 빔포밍을 통해 Φ의 값을 변하게 할 수 있다. 상호 직교하는 교차 트랜스듀서 어레이를 사용하는경우, 1차원 트랜스듀서 어레이 두 개를 직교하여 배치한 구조가 된다. 측 방향의 1차원 트랜스듀서 어레이의 송신빔평면, 수신빔평면의 형성은 고도 방향의 1차원 트랜스듀서 어레이에서의 송신빔평면, 수신빔평면 형성과 동일하므로, 그 설명을 생략한다.

[0023] 도 4는 1차원 트랜스듀서 어레이에서 빔의 동적 집속(dynamic focusing)을 도시하는 도면이다. 빔의 동적 집속이란, 트랜스듀서 어레이가 집속한 빔의 초점 거리(R_f)를 그 빔의 축 방향(Z 방향)으로 변경하여 집속하는 것을 의미한다. 다수의 트랜스듀서들이 고정된 집속점에 빔을 포밍하면, 그 집속점에서는 고도방향의 분해능이 우수하지만, 집속점에서 멀어질수록 고도방향의 분해능이 저하되는 단점이 있다. 그럼에도 불구하고 일반적인 초음파 볼륨 스캔 방법에서는 송신빔을 고정 집속하고, 수신빔을 동적 집속하는 일 방향 동적 집속(1-way dynamic focusing)을 이용하고 있다. 송신시와 수신시 모두 빔을 동적으로 집속하는 양 방향 동적 집속(2-way dynamic focusing)은 일 방향 동적 집속에 비하여 우수한 고도 방향 해상도를 얻을 수 있다. 그러나 양 방향 동적 집속은 하나의 3차원 영상을 얻기 위하여 여러번의 초음파 신호를 송신하고, 그 초음파 신호의 송신 회수에 비례하여 3차원 영상을 얻는데 소요되는 시간이 증가한다. 따라서, 양 방향 동적 집속은 실시간으로 3차원 영상을 얻는데는 일반적으로 부적합한 것으로 알려져 있다. 이를 보다 구체적으로 설명하면, 송신시 동적 집속을 하는 경우 일반적인 초음파 볼륨 스캔 장치는 각 초점 거리들(R_{f1}, R_{f2}, R_{f3})에 대응하는 지연패턴들이 적용된 초음파 신호들을 순차적으로 포밍한다. 따라서, 송신시 동적 집속은 포컬 포인트의 개수만큼 초음파 빔을 포밍하는 회수가 늘어나게 된다. 반면에, 수신시 동적 집속은 트랜스듀서 어레이에 수신된 신호들을 각 초점거리들 별로 대응하는 지연패턴들을 병렬적으로 적용할 수 있다. 따라서, 수신시 동적 집속은 3차원 영상을 얻는데 소요되는 시간을 증가시키지 않는다.

[0024] 도 3에서 설명한 빔의 스티어링과 도 4에서 설명한 빔의 동적 집속은 모두 빔의 집속에 시간의 지연을 사용한다. 스티어링은 각도 Φ의 변경을, 동적 집속은 초점 거리 R_f 를 변경하는 차이가 있다. 그러나, 양자는 공간상에서 집속점 변경을 위하여 지연 시간을 달리하는 점에서 공통점이 있다. 양자를 개념적으로 구분하면, 스티어링은 서로 다른 스캔라인들을 구성하는데 비하여, 동적집속은 하나의 스캔라인 내에서 다른 위치들에 집속하는 것으로 구분할 수 있다.

[0025] 도 5는 교차 트랜스듀서 어레이(1011, 1012)를 이용한 스캔라인 형성을 도시한 도면이다. 교차 트랜스듀서 어레이(1011, 1012)를 이용하여 3차원 영상을 얻는 선행기술로서는 직교하는 두 트랜스듀서 어레이 중 하나만 신호를 송신하고, 다른 하나의 트랜스듀서 어레이는 신호를 수신만하는 방법으로서 CA-FF(Cross Array using Fixed Focusing)가 있다. 이는 US patent 5,901,708 "Method and apparatus for forming ultrasonic three-dimensional images using cross array" 에 개시된 발명이다. 즉, 고도 방향 트랜스듀서 어레이(1011) 각각의 트랜스듀서에 펄서로부터 송신 신호 패턴들이 입력되면, 대상체에 전파되는 소스 신호를 생성한다. 이 생성된 소스 신호가 대상체에 반사되어 돌아오는 반사 신호를 측 방향 트랜스듀서 어레이(1012)가 수신하여 이를 전기적인 신호로 변환하고, 변환된 전기적 신호를 변환부에 출력할 수 있다. 따라서 고도 방향 트랜스듀서 어레이

(1011)가 송신 어레이라고 가정하면 도 4에서의 송신빔 평면(401)이 형성되고, 측 방향 트랜스듀서 어레이(1012)가 수신 어레이라고 가정하면 수신빔평면(402)이 형성된다. 고도 방향을 y축, 측 방향을 x축, 깊이 방향을 z축으로 하는 좌표계를 이용하여 이하의 설명을 계속한다. Φ는 x-z평면과 송신빔평면이 이루는 각, Θ는 수신빔평면과 y-z평면과 이루는 각을 의미한다. 송신 어레이(1011)의 각 트랜스듀서들에 Φ에 대응하는 송신 신호 패턴이 인가됨으로써, 각Φ을 갖는 송신빔평면(401)을 형성할 수 있다. 이 경우 송신 어레이(1011)에 의한 신호가 중첩되는 영역은 송신빔평면(401) 부채꼴 모양의 중심에서 거리가 r인 원호에 해당하는 영역이다. 마찬가지로 수신 어레이(1012)가 반사 소스 신호를 빔포밍시키면 각 Θ를 갖는 수신빔평면(402)을 형성할 수 있다. 이 경우도 신호가 증폭될 수 있는 지점은 수심빔평면 부채꼴 모양의 중심에서 거리가 r만큼 떨어진 원호영역이다. 이와 같이 형성된 송신빔평면(401)과 수신빔평면(402)이 교차되는 직선이 생기는데 이 직선이 스캔라인이다. 스캔라인이란, 영상의 정보를 얻을 수 있는 경로를 의미한다. 즉, 스캔라인은 Φ와 Θ을 특정함으로써 정의할 수 있는데, 소정의 스캔라인에서 부채꼴 모양의 중심에서의 거리 r을 조정하면 그 스캔라인 경로상에 중심에서의 거리 r위치에 있는 위치의 영상 정보를 생성할 수 있다. 따라서 교차 트랜스듀서 어레이(1011, 1012)에 인가하는 전기적 신호의 지연 값을 조절하여 Φ와 Θ소정의 값(예를 들면 1도)씩 변경하고, 중심에서의 거리 r을 소정의 값만큼 변경하면서, 각각의 스캔라인 및 거리 r에 해당하는 정보를 영상으로 전환하면 3차원 볼륨 초음파 영상이 형성된다.

[0026] 여기서, Θ는 수신빔평면(402)의 스티어링 각도를 의미하므로, 수신 어레이(1012)에 수신된 신호에 다수의 수신 지연 패턴들을 병렬적으로 적용함으로써, 스티어링된 다수의 수신빔평면을이 동시에 형성될 수 있다.

[0027] 한편, 교차 트랜스듀서 어레이(1011, 1012)에 의해 스캔라인이 형성되기 위해서는 송신빔평면(401)과 수신빔평면(402)이 평행하게 형성되서는 안된다. 즉, 송신빔평면(401)을 생성하는 트랜스듀서 어레이와 수신빔평면(402)를 생성하는 트랜스듀서 어레이의 방향은 서로 상이한 방향으로 구성되어야 한다. Θ 값을 조정하여 다수의 수신빔평면들을 형성하면, 하나의 송신빔평면에 대하여 다수의 스캔라인들이 형성될 수 있다.

[0028] 상기된 CA-FF 기법에 의한 3차원 볼륨 초음파 영상은 송신 고정 집속 및 수신 동적 집속하는 일 방향 동적집속에 의하기 때문에, 송신 빔의 초점거리 외에서는 고도 방향의 해상도가 좋지 못하다는 단점이 있다. 즉, CA-FF 기법은 양 방향 동적 집속이 불가능한 문제가 있다. 또한, CA-FF 기법에 의한 3차원 볼륨 초음파 영상은 Φ 값이 상이한 N개의 송신빔 평면을 형성하기 위해서는, N번의 빔 송신이 필요하므로 다수의 빔 송신으로 3차원 영상을 획득하는데 소요되는 시간이 증가한다는 문제점이 있다.

[0029] 그러나 본 발명에 따른 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 양 방향 동적 집속과 송신빔 평면의 스티어링을 수행하더라도 서로 직교하는 코드들을 이용하므로, 3차원 영상을 얻는데 소요되는 시간을 증가시키지 않는다. 이하에서는 다수의 스캔라인들, 다수의 빔 평면들 또는 다수의 초점거리들에 대응하여 직교하는 코드들을 2차원 트랜스듀서 어레이에 인가함으로써 3차원 초음파 영상을 얻는 방법을 설명한다.

[0030] 도 6은 도 1에 도시된 프로브(101)와 초음파 볼륨 스캔 장치(102)의 구성도이다. 본 발명에 의한 초음파 장치의 프로브(601)는 다수의 트랜스듀서들이 2차원으로 배열된 2차원 트랜스듀서 어레이를 포함한다. 2차원 트랜스듀서 어레이에는 적어도 둘 이상의 1차원 트랜스듀서 어레이가 서로 다른 방향으로 배열되어 있다. 2차원 트랜스듀서 어레이는 도 5의 교차 트랜스듀서 어레이 이외에도 도 7a 내지 7d에서 후술하는 바와 같이 다양한 형태로 변경하여 실시 가능하다.

[0031] 도 6에 도시된 프로브(601)와 초음파 볼륨 스캔 장치(602)는 2차원 트랜스듀서 어레이(640), T/R스위치(transmit/receive)스위치(604), 송신부(630), 수신부(620) 및 영상 프로세서(610)으로 이루어져 있다. 송신부(630)는 펄서(pulser)(601), 송신 신호 지연부(602), 송신 빔포밍부(603) 및 코드 출력부(611)로 구성되며, 수신부(620)는 변환부(605), 수신 신호 지연부(606), 수신 빔포밍부(607) 및 수신 디코더(609)로 구성되어 있다.

[0032] 2차원 트랜스듀서 어레이(610)는 프로브(601) 내부에 구성되며, 도 5 및 도 7a 내지 도 7d에 도시된 바와 같이 적어도 둘 이상의 1차원 트랜스듀서 어레이를 포함한다. 도 5의 교차 트랜스듀서 어레이를 예시하면, 고도 방향(elevation direction) 으로의 트랜스듀서 어레이(1011)과, 측 방향(lateral direction)으로의 트랜스듀서 어레이(1012)로 구성되어 있다. 교차 트랜스듀서 어레이(1011, 1012)은 서로 교차하며, x축과 y축의 원점의 트랜스듀서 하나를 공유할 수 있다. 2차원 트랜스듀서 어레이(640)은 펄서(601)로부터 T/R 스위치(604)를 통해 각각의 트랜스듀서에 송신 신호 패턴을 입력받게 되면, 이를 소스 신호로 변환(transduce)한다. 2차원 트랜스듀서 어레이(640)는 이 소스 신호가 대상체에 의해 반사되어 돌아오면 반사된 소스 신호를 다시 전기적 신호로 변환한다.

[0033] 한편, 1개의 1차원 트랜스듀서 어레이만으로 3차원 볼륨의 영상을 형성하는 기법으로는 프리 핸드 스캔 (Free-hand scan) 또는 모터에 의한 기계적인 스캔을 하는 와블링(Wobbling) 방식이 있다. 그러나 프리 핸드 스캔 또는 와블링 방식에 따르면 3차원 영상의 해상도나 프레임 율에는 한계가 있다. 따라서, 고속 및 고 해상도의 3차원 영상을 제공하기 위해서는 2차원 트랜스듀서 어레이를 이용하는 것이 바람직하다. 여기서 트랜스듀서의 개수는 예를들어 고도 방향과 측 방향으로 각각 96개로 이루어져 있다면, 96x96개 즉 9216개의 트랜스듀서가 필요하다. 이렇게 많은 수의 트랜스듀서를 포함하는 일반적인 2차원 트랜스듀서 어레이를 사용하기 위해서는 트랜스듀서 각각에 인가되는 신호를 제어하고 해석하기 위한 초음파 스캔 장치 또한 규모가 커질 수 밖에 없다. 결국, 트랜스듀서 어레이 및 초음파 스캔 장치의 생산을 위한 단가는 높아질 수 밖에 없다. 본 발명에서의 교차 트랜스듀서 어레이(1011, 1012)의 트랜스듀서 개수는 예를 들어 고도 방향과 축 방향으로 각각 96개로 이루어져 있다면 96*2개(192개)의 트랜스듀서만이 필요하다. 따라서, 교차 트랜스듀서 어레이(1011, 1012)을 이용한 초음파 볼륨 스캔 장치 및 프로브는, 일반적인 2차원 트랜스듀서 어레이를 이용할 때 보다 훨씬 적은 수의 소자로 구현할 수 있어 같은 품질의 영상을 생성하는 조건에서 훨씬 더 경제적일 수 있다. 또한 어레이의 개수가 많아질수록 프로브(601)와 초음파 스캔 장치(602)를 연결하는 케이블의 개수도 많아지므로, 결국 케이블의 무게가 무거워질 수 있다. 일반적으로, 초음파는 검사 소요 시간이 평균 20~30분이 걸리고 경우에 따라 더 길 수도 있기 때문에, 케이블은 가벼워질 것이 요구된다.

[0034] 펄서(pulser)(601)는 양극 펄서(bipolar-pulser)일 수 있고, 송신 빔포밍부(603)로부터 지연된 송신 신호 패턴을 입력받고, 이를 미리 정해진 크기의 전압을 가진 이극성 펄스(bipolar pulse)로 증폭한 후, T/R 스위치(604)를 통하여 2차원 트랜스듀서 어레이(640)에 인가한다. 2차원 트랜스듀서 어레이(640)가 펄서(601)로부터 입력된 이극성 펄스의 전압에 응답하여 초음파 펄스를 생성하여 인체 내부의 어느 지점으로 송신한다.

[0035] 송신 신호 지연부(602)는 송신 빔포밍부(603)에 2차원 트랜스듀서 어레이(640)의 각 트랜스듀서의 위치에 따라 달라지는, 초음파가 대상체에 도달하는 시간을 보상하기 위한 초음파 펄스의 지연패턴을 룩업 테이블(look-up table) 형태로 저장한다. 2차원 트랜스듀서 어레이(640)에 포함된 소정의 1차원 트랜스듀서 어레이의 송신빔평면의 스티어링 각 및 원호의 반지름 r을 변경하기 위해서 펄서(601)가 각각의 트랜스듀서에 송신 신호 패턴이 인가되는 시간을 달리 설정해줘야 하기 때문이다. 이는 앞서 도 2에서 설명된 빔포밍의 개념이다. 따라서 송신 신호 지연부(602)는 임의의 송신빔평면의 스티어링 각 및 반지름 r에 대해서 신호가 인가되는 시간을 테이블로 저장을 하고, 제어부(미도시)에 의해 송신빔평면의 스티어링 각 및 반지름 r을 입력받으면, 이 각에 대응되는 지연 룩업 테이블(look-up table)을 송신 빔포밍부(603)에 출력한다.

[0036] 송신 빔포밍부(603)는 송신 신호 지연부(602)로부터 초점을 맞추기 위한 지연 값들을 송신 시마다 매번 업데이트 하기 이하여 룩업 테이블(look-up table)과 같은 형태로 입력받고 코드 출력부(611)로부터 송신 신호 패턴들을 입력받는다. 이 송신 신호 패턴들을 각각의 트랜스듀서에 대해 지연 시간 정보를 담은 룩업 테이블과 같이 송신시마다 새로 생성되는 지연 값 정보들을 기초로 지연된 송신 신호 패턴들을 생성한다.

[0037] 코드 출력부(611)는 송신 빔포밍부(603)에 제공하기 위한 송신 신호 패턴들을 저장한다. 예를 들면 서로 직교하는 코드들로서, a,b 코드를 저장하고 이 코드들을 송신 빔포밍부(603)에 출력하는 것으로 설명한다.

[0038] T/R 스위치(Transmit/receive switch)(604)는 펄서(601), 변환부(605) 및 2차원 트랜스듀서 어레이(640)를 연결하고 차단한다. 펄서(601)가 송신 신호 패턴을 2차원 트랜스듀서 어레이(640)에 출력할 때에는 변환부(605)를 차단하고, 2차원 트랜스듀서 어레이(640)가 반사 신호를 수신하여 전기적 신호를 발생시켜 변환부(605)에 출력할 때에는 펄서(601)과의 연결을 차단하고 2차원 트랜스듀서 어레이(640)과 변환부(605)만을 연결한다. 즉, T/R 스위치(604)는 펄서(601)에서 방출되는 고압의 전력이 변환부(605)에 영향을 주지 않도록 하는 듀플렉서(duplexer)의 역할을 하며, 2차원 트랜스듀서 어레이(640)가 송신 및 수신을 번갈아가면서 수행할 때, 펄서(601)와 변환부(605)를 변환자에 적절히 스위칭 하는 역할을 한다.

[0039] 위 동시에 송신된 두 코드 a,b의 소스 신호가 대상체에 반사되어 돌아온 반사 신호를 2차원 트랜스듀서 어레이(640)가 수신한다. 여기서 2차원 트랜스듀서 어레이(640)가 수신한 반사 신호는 a, b 코드가 섞여 있다. 2차원 트랜스듀서 어레이(640) 내부의 각각 트랜스듀서는 수신한 a, b코드가 혼합되어 있는 신호를 각각의 트랜스듀서에서 전기적 신호로 전환하여 복수 개의 전기적 신호를 T/R스위치(604)를 통해 변환부(605)에 출력한다.(여기서 전기적 신호의 개수는 트랜스듀서의 개수와 동일하다.)

[0040] 수신부(620)는 2차원 트랜스듀서 어레이(640)에 수신된 반사 신호로부터 직교하는 코드들 a,b각각의 코드 성분을 획득한다. 예컨대, 2차원 트랜스듀서 어레이가 교차 트랜스듀서 어레이인 경우를 설명하면, 측방향 트랜스듀서 어레이에 수신된 피검체의 반사 신호로부터 고도 방향 트랜스듀서 어레이가 송신한 코드를 획득하고, 고도

방향 트랜스듀서 어레이에 수신된 피검체의 반사 신호로부터 측 방향 트랜스듀서 어레이가 송신한 코드를 획득한다.

[0041] 변환부(605)는 2차원 트랜스듀서 어레이(640)로부터 T/R 스위치(604)를 통해 인가된 반사 신호를 증폭한 후 디지털 신호로 변환한다. 변환부(605)는 예를 들어 전치 증폭기(pre-amplifier), 초음파가 신체 내부를 통과하면서 발생하는 감쇄를 보상해주기 위한 시간 이득 보상(TGC:Time Gain Compression) 유닛 및 아날로그-디지털 변환기(ADC:Analog to Digital Converter)로 구성되어 있다.

[0042] 수신 신호 지연부(606)는 수신 빔포밍부(607)에 지연 룩업 테이블(look-up table)과 같은 형태로 수신 빔포밍을 위한 수신 시간 지연값들의 정보들을 제공한다. 지연 룩업 테이블과 같은 형태란, 수신 빔포밍부(607)가 각 트랜스듀서로부터 출력된 전기적 신호들을 하나의 신호로 합치기 위하여, 각 트랜스듀서와 집속점과의 거리차이에 해당하는 시간 길이에 대한 정보를 테이블 형태로 저장한 것을 말한다.

[0043] 수신 빔포밍부(607)는 수신 신호 지연부(606)로부터 지연 값에 대한 정보를 룩업 테이블과 같은 형태로 입력받으면, 이에 기초하여 변환부(605)이 변환한 전기적 신호을 지연시킨 후에 2차원 트랜스듀서 어레이(640)에 포함된 소정의 트랜스듀서 어레이의 모든 트랜스듀서들로부터의 전기적 신호들의 출력이 완료되는 시점에 그 전기적 신호들을 합산하여 수신 디코더(609)에 출력한다.

[0044] 수신 디코더(609)는 수신 빔포밍부(607)로부터 출력된 신호들을 입력받고, 이와 같은 입력된 신호들을 a 코드 성분이 포함된 신호와 b 코드 성분이 포함된 신호로 분리하고, 이와 같이 분리된 신호들 각각으로부터 영상 정보를 추출하여 영상 프로세서(610)에 출력한다. 코드를 분리해내는 이유는 3차원 영상을 형성하기 위해서 2차원 트랜스듀서 어레이(640) 중 어느 하나의 트랜스듀서 어레이가 소스 신호를 송신한다면, 반사되어 돌아오는 반사 신호를 그 트랜스듀서 어레이가 수신해서는 안되고, 다른 트랜스듀서 어레이가 반사 신호를 수신해야 한다. 따라서 앞서 설명한 교차 트랜스듀서 어레이의 경우와 같이 고도 방향 트랜스듀서 어레이가 a코드를 송신하면, 측 방향 트랜스듀서 어레이가 a 코드의 반사신호를 수신해야하고, 반대로 측 방향 트랜스듀서 어레이가 b 코드를 송신한다면 고도 방향 트랜스듀서 어레이가 b 코드의 반사신호를 수신해야 한다. 측 방향 트랜스듀서 어레이가 수신한 전기적 신호는 수신 디코더가 a코드와 상관연산을 수행하여 a 코드의 반사 신호만을 추출하며, 고도 방향 트랜스듀서 어레이가 수신한 전기적 신호는 수신 디코더(609)가 b코드의 반사 신호만을 추출해야 한다.

[0045] 도 7a 내지 7d는 본 발명의 일 실시예에 따른 2차원 트랜스듀서 어레이를 도시한 도면이다.

[0046] 먼저, 도 7a의 2차원 트랜스듀서 어레이(700a)를 살펴보면, 2차원 트랜스듀서 어레이(700a)는 측방향(j방향)으로 6개의 트랜스듀서들이 배열되고, 고도 방향(i방향)으로도 6개의 트랜스듀서들이 배열되어 있다. 따라서, 2차원 트랜스듀서 어레이(700a)는 총 36개의 트랜스듀서들을 포함하는 6 X 6 행렬과 같은 구조를 갖는다. 여기서, 6 X 6의 2차원 트랜스듀서 어레이(700a)는 M X N의 2차원 트랜스듀서 어레이를 예시적으로 설명하기 위하여 M과 N을 6로 표현하였다. 본 발명의 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 2차원 트랜스듀서 어레이(700a)에 포함된 트랜스듀서들에 서로 직교하는 코드를 인가한다. 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 2차원 트랜스듀서 어레이(700a)에 포함된 적어도 하나의 1차원 트랜스듀서 어레이에 서로 직교하는 코드를 의미한다. 초음파 볼륨 스캔 장치(102)가 서로 직교하는 코드를 인가하는 방법은 도 8 이하에서 설명하도록 하고, 그에 앞서 직교 코드 인가의 대상이 되는 1차원 트랜스듀서 어레이에 대하여 설명한다. 2차원 트랜스듀서 어레이(700a)는 다수개의 1차원 트랜스듀서 어레이들을 포함한다. 예컨대, 2차원 트랜스듀서 어레이(700a)를 행렬로 표현하면, 각각의 행과 열은 모두 1차원 트랜스듀서 어레이에 해당하므로 2차원 트랜스듀서 어레이(700a)는 행과 열을 합하여 12개의 1차원 트랜스듀서 어레이를 포함한다. 각 행과 열에 대응하는 1차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 트랜스듀서들은 선형으로 배열되면 충분하므로, 트랜스듀서는 반드시 6개가 아니라도 무방하다. 예컨대, 각 트랜스듀서를 (i,j)로 표현하면, 5개의 트랜스듀서들의 집합으로 {(0,1),(0,2),(0,3),(0,4),(0,5)}은 하나의 1차원 트랜스듀서 어레이를 형성할 수 있다. 또한, 1차원 트랜스듀서 어레이에서 트랜스듀서들은 선형으로 배열되면 충분하므로, 1차원 트랜스듀서 어레이의 방향은 반드시 측방향 또는 고도방향과 평행하지 않아도 무방하다. 예컨대, 대각선 방향의 트랜스듀서들의 집합 {(0,0),(1,1),(2,2),(3,3),(4,4),(5,5)}은 또 다른 1차원 트랜스듀서 어레이를 형성한다. 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 적어도 하나의 1차원 트랜스듀서 어레이를 초음파 신호를 송신하는 어레이로 이용한다. 본 발명에서 초음파 신호를 수신하는 1차원 트랜스듀서 어레이는 그 초음파 신호를 송신한 1차원 트랜스듀서 어레이와 상이한 방향으로 배치되어야 함은 전술한 바와 같다. 따라서, 도 7a 도시된 바와 같이 본 발명의 2차원 트랜스듀서 어레이는 적어도 하나의 송신 어레이와 적어도 하나의 수신 어레이를 각각 포함하므로 적어도 2개 이상의 1차원 트랜스듀서 어레이를 포함해야 한다. 한편, 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 2차원 트랜스듀서 어레이(700a)에 포함된 36개의 트랜스듀서들을 모두 사용하여 초음파 신호

를 송수신할 수 있지만, 전술한 바와 같이 적어도 2개 이상의 1차원 트랜스듀서 어레이들만을 이용하여 초음파 신호를 송수신할 수도 있다. 따라서, 본 발명의 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 2차원 트랜스듀서 어레이(700a)에서 초음파 송수신에 사용되지 않는 트랜스듀서들을 제거한 형태의 2차원 트랜스듀서 어레이를 사용할 수 있다.

[0047] 이상의 설명에 따르면 2차원 트랜스듀서 어레이(700a)에 포함된 선형의 1차원 트랜스듀서 어레이는 트랜스듀서들이 직선형으로 배열된 것을 가정하여 설명하였다. 그러나, 본 발명에 있어서 선형의 의미 반드시 직선에 한정되지 않으며 곡선을 포함할 수 있다. 또한, 본 발명의 1차원 트랜스듀서 어레이의 곡률을 증가시켜 폐 곡선, 즉 환형 어레이(annular array)를 형성하도록 변형하여 실시할 수 있다.

[0048] 도 7b 내지 도 7d는 본 발명의 일 실시예에 따라서, 초음파 송수신에 사용되지 않는 트랜스듀서들을 제거한 형태의 2차원 트랜스듀서 어레이를 도시한다. 다만, 도 7b 내지 도 7d의 2차원 트랜스듀서 어레이들은 적어도 2개 이상의 1차원 트랜스듀서 어레이를 포함하는 2차원 트랜스듀서 어레이들을 예시적으로 열거한 도면일 뿐 본 발명의 진정한 권리범위는 상기의 실시예에 한정되지 않는다.

[0049] 이하 도 8 내지 도 12에 대한 설명에서는 초음파 볼륨 스캔 장치(102)가 2차원 트랜스듀서 어레이(640)에 포함된 하나의 1차원 트랜스듀서 어레이에 다수의 직교 코드들을 인가하는 방법을 설명하기로 한다. 즉, 초음파 볼륨 스캔장치(102)가 2차원 트랜스듀서 어레이(640)에 포함된 N(N은 1 이상)개의 1차원 트랜스듀서 어레이에 M(M>N)개의 직교하는 코드들을 인가하는 방법을 설명한다.

[0050] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 1차원 트랜스듀서 어레이의 빔 평면의 형성을 도시한 도면이다.

[0051] 도 8을 참조하면, 1차원 트랜스듀서 어레이(810)는 한번의 송신으로 3개의 송신 빔 평면들(820,830,840)을 동시에 형성한다. 도 8의 1차원 트랜스듀서 어레이(810)는 도 5, 도 7a 내지 도 7d의 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 어느 하나의 1차원 트랜스듀서 어레이를 의미한다.

[0052] 종래 기술에 따르면 1차원 트랜스듀서 어레이(810)는 집속하는 빔의 각도를 스티어링함으로써 송신 빔 평면들(820,830,840)을 하여 순차적으로 형성하였다. 그러나 본 발명에서는 각 송신 빔 평면들의 스티어링 각에 대응하는 송신 지연 패턴을 서로 직교하는 코드들에 적용함으로써 송신 빔 평면들(820,830,840)을 동시에 형성할 수 있다. 하나의 송신 빔 평면 내에 N 개의 스캔라인이 형성된다고 가정할 때, 종래의 기술에 따르면 한 번의 빔 송신 결과를 이용하여 N 개의 스캔라인을 형성할 수 있지만 본 발명에 따르면 한 번의 빔 송신 결과를 이용하여 3 X N 개의 스캔 라인이 형성될 수 있다. 도 8에서, 송신 빔 평면들은 3개임을 가정하고 있으나 이는 설명의 편의를 위한 예시일 뿐 K(K>1)개의 송신 빔 평면들을 형성할 수 있다.

[0053] 송신빔평면들(820,830,840)을 각각 구분하기 위하여 코드 출력부(611)는 서로 직교하는 코드 세트 A를 송신 빔 포밍부(603)로 출력한다. SET A={a1,a2,a3}는 상호 직교하는 코드들 a1,a2,a3를 포함한다. 여기서, 직교란 자기 상관(auto-correlation)은 1이고, 교차 상관(cross-correlation)은 0 이 되는 특성을 의미한다. 따라서, ai 와 aj(단,i≠j)의 상관은 0이 되는 특성이 있다. 다시 말해서, 직교란 신호의 직교를 말하고 특성이 동일한 둘 이상의 신호 체계가 서로 영향을 주지 않으면서 함께 동작할 수 있는 상태나 특성을 말한다. 직교 코드를 활용하면, 동시에 두 개 이상의 신호를 송신해도 서로 간섭 없이 반사신호를 분석할 수 있다.

[0054] 하지만 의사(Pseudo) 직교 특성을 갖는 코드들을 직교 코드로도 사용할 수 있다. 의사 직교 특성이란 자기 상관 결과가 임펄스 함수(일반적으로 Dirac-delta function을 말하며 δ(t)=1 at t=0, δ(t)=0 at t≠0 의 특성을 갖는 함수)와 유사하고 교차 상관 결과가 0에 가까운 특성을 갖는 것을 의미한다. 여기서 유사하다는 의미는 t=0에서의 자기 상관 값에 비해 t≠0에서의 자기 상관 값과 교차 상관 값이 예컨대 30dB 보다 더 작은 값을 갖는 것을 말한다.

[0055] 이하, 직교 코드 SET A를 이용하여 송신빔평면들(820,830,840)을 형성하는 방법을 설명한다. 1차원 트랜듀서 어레이(810)는 M개의 트랜스듀서들을 포함한다.

[0056] 송신빔평면(820)에 대한 제 1 송신 지연 패턴(Z1)은 M개의 트랜스듀서들 각각에 대한 지연시간을 정의한다. 이와 동일하게, 송신빔평면(830)과 송신빔평면(840)에 대응하는 제 2 송신 지연 패턴(Z2)과 제 3 송신 지연 패턴(Z3)이 존재한다. 송신 신호 지연부(602)는 제어부(미도시)로부터 송신빔 평면들(820,830,840)각각의 스티어링 각도 Φ 및 거리 r를 입력받아, 송신 지연 패턴들(Z1,Z2,Z3)을 송신 빔포밍부(603)에 출력한다.

수학식 1

[0057] $$Z1=[d1,d2,d3,\ldots\ldots,dm]T$$

[0058] $$Z2=[e1,f2,f3,\ldots\ldots fm]T$$

[0059] $$Z3=[f1,f2,f3,\ldots\ldots,fm]T$$

[0060] 송신 빔포밍부(603)는 송신 신호 지연부(602)로부터 송신 지연 패턴들(Z1,Z2,Z3)을 입력받아 송신 신호 g(t)를 지연시킨다. 여기서, 송신신호 g(t)를 송신 지연 패턴들에 따라서 지연시킨 신호들은 수학식 2와 같이 Matrix G로 나타낼 수 있다.

수학식 2

[0061] $$\text{Matrix G}=\begin{bmatrix} g(t-d1) & g(t-e1) & g(t-f1) \\ g(t-d2) & g(t-e2) & g(t-f2) \\ g(t-d3) & g(t-e3) & g(t-f3) \\ g(t-d4) & g(t-e4) & g(t-f4) \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ g(t-dm) & g(t-em) & g(t-fm) \end{bmatrix}$$

[0062] 트랜스듀서 어레이(810)의 i번째 트랜스듀서는 Matrix G의 i번째 행에 대응하고, 각 송신빔평면들(820,830,840)은 Matrix G의 각 열에 대응한다. Matrix G의 각 신호들은 동일한 신호 g(t)를 시간 지연한 것이므로 서로 상관되어 (correlated) 있다. 따라서, Matrix G의 각 신호들을 트랜스듀서 어레이(810)에 그대로 인가하면 피검체에서 반사된 신호의 성분을 송신빔평면 별로 분리할 수 없다.이러한 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명에서는 직교하는 코드 set A와 Matrix G의 각 엘리먼트를 콘볼루션하고, 콘볼루션한 성분을 합산하여 트랜스듀서 어레이(810)에 인가한다. 즉, 송신 빔포밍부(603)은 지연된 송신신호 Matrix G를 직교코드 set A와 콘볼루션한다. 여기서 송신 빔포밍부(603)는 송신신호 g(t)를 지연시키고, 지연된 송신신호와 직교코드의 콘볼루션을 수행하기 위하여 인코더를 포함한다. 인코더를 포함하는 송신 빔포밍부(603)의 상세한 구제에 대해서는 도 12에서 후술하기로 한다.

수학식 3

[0063] $$G*A=\begin{bmatrix} a1*g(t-d1)+a2*g(t-e1)+a3*g(t-f1) \\ a1*g(t-d2)+a2*g(t-e2)+a3*g(t-f2) \\ a1*g(t-d3)+a2*g(t-e3)+a3*g(t-f3) \\ \vdots \\ a1*g(t-dm)+a2*g(t-em)+a3*g(t-fm) \end{bmatrix}$$

[0064] 연산자 '*'는 콘볼루션을 의미한다. 상기 행렬식의 각 행은 트랜스듀서 어레이(810)의 각 트랜스듀서에 인가되는 신호를 의미한다.

[0065] 송신빔 평면(820)의 초점거리 r에서 트랜스듀서 어레이(810)의 각 트랜스듀서들이 송신한 신호들은 중첩되므로, 빔 포밍이 수행되고, 그 신호는 M X a1*g(t-q1)가 된다. 여기서, M은 M개의 트랜스듀서들에 의한 송신신호의 전파과정에서 매체(medium)에 의한 신호 손실이 없다고 가정한 경우로서 초점거리 r에서의 신호의 크기(amplitude)를 의미한다. q1은 M개의 트랜스듀서들에 의한 송신신호의 전파 지연(propagation delay) 시간들과 송신 지연 패턴 Z1의 지연시간을 합산한 결과로서 모든 트랜스듀서들에 대하여 초점거리 r에서 동일한 값을 갖는다. 예컨대, 1번 트랜스듀서에서 송신빔 평면(820)에 도달되는 전파 지연시간이 t1이고, M번 트랜스듀서에서 송신빔 평면(820)에 도달되는 전파 지연시간이 tm 라고 가정한다. 이 경우, t1+d1= t2+d2 =...=tm+dm= q1이 되므로, 각각의 트랜스듀서에서 송신된 초음파 신호는 송신빔 평면(820)에 동일한 시간에 집속될 수 있다. 마찬가지로 송신빔 평면(830)의 초점거리 r에서의 신호는 M X a2*g(t-q2)가 되고, 송신빔 평면(840)의 초점거리 r에서의 신호는 M X a3*g(t-q3)가 된다.

[0066] 이하에서는, 송신빔평면들(820,830,840)에 집속된 초음파 빔으로부터 반사된 신호를 수신하여, 수신빔 평면을 형성하는 방법을 설명한다. 트랜스듀서 어레이(850)는 각 송신빔평면들(820,830,840)으로부터 반사된 초음파 신호를 수신한다. 트랜스듀서 어레이(850)는 송신빔평면들(820,830,840)을 형성하는 트랜스듀서 어레이(810)와 서로 상이한 방향으로 배치된다. 예컨대, 도 5 및 도 7a 내지 도 7d에 예시된 2차원 트랜스듀서 어레이들 중에서 동일한 평면상에서 서로 상이한 방향으로 배열된 2개의 1차원 트랜스듀서 어레이들을 선택하면, 하나는 트랜스듀서 어레이(810)가 되고 다른 하나는 트랜스듀서 어레이(850)가 된다.

[0067] 트랜스듀서 어레이(850)에는 M X a1*g(t-q1),M X a2*g(t-q2),M X a3*g(t-q3)의 반사신호가 도달한다. 실제 피검체에 초음파를 집속하여 반사된 신호는 전반사가 아니고, 도달 과정에서 일부는 피검체에 의해 감쇄되므로 반사신호의 크기가 감소된다. 설명의 편의상, 1/M으로 크기가 감소한 것으로 가정한다. 트랜스듀서 어레이(850)은 초점거리가 r인 수신빔 평면(860)을 형성한다. 수신빔 평면(860)이 3개의 송신빔평면들(820,830,840)과 교차됨으로써, 3개의 스캔라인이 형성된다. 스티어링 각이 Θ인 수신빔평면(860)을 형성하기 위한 수신 지연패턴 Z4, 수학식 4와 같이 표현할 수 있다. 수신 신호 지연부(606)는 제어부(미도시)로부터 스티어링 각 Θ 및 수신빔 평면(860)의 초점거리를 입력받으면, 수신빔 평면에 대한 수신 지연패턴 Z4를 수신 빔포밍부(603)에 출력한다.

수학식 4

[0068] $$Z4=[w1,w2,w3,\ldots\ldots,wm]T$$

[0069] 수신 빔포밍부(603)는 수신 신호 지연부(606)로부터 입력받은 수신지연패턴 Z4에 따라서, 트랜스듀서 어레이(850)의 각 트랜스듀서들에 수신된 신호를 지연시킨다. 트랜스듀서 어레이(850)의 각 트랜스듀서들에 수신된 신호에 수신지연 패턴 Z4를 적용한 결과는 Matrix R과 같이 표현할 수 있다.

수학식 5

Matrix R

[0070]
$$= \begin{bmatrix} a1*g(t-q1-u1-w1)+a2*g(t-q2-u1-w1)+a3*g(t-q3-u1-w1) \\ a1*g(t-q1-u2-w2)+a2*g(t-q2-u2-w2)+a3*g(t-q3-u2-w2) \\ a1*g(t-q1-u3-w3)+a2*g(t-q2-u3-w3)+a3*g(t-q3-u3-w3) \\ a1*g(t-q1-u4-w4)+a2*g(t-q2-u4-w4)+a3*g(t-q3-u4-w4) \\ a1*g(t-q1-u5-w5)+a2*g(t-q2-u5-w5)+a3*g(t-q3-u5-w5) \\ \vdots \\ a1*g(t-q1-um-wm)+a2*g(t-q2-um-wm)+a3*g(t-q3-u1-wm) \end{bmatrix}$$

[0071] 행렬 R의 각 행은 트랜스듀서 어레이(850)의 각 트랜스듀서들에 수신된 초음파신호를 수신지연패턴 Z4를 적용하

여 지연시킨 신호를 의미한다. 여기서, u1,u2..um은 송신빔평면(820)으로부터의 초음파 신호가 트랜스서 어레이(850)의 각 소자에 전달되기까지의 전파지연(propagation delay) 값을 의미한다. 수신 빔포밍부(603)는 수신지연패턴이 Z4가 적용된 Matrix R의 모든 엘리먼트를 합산함으로써 수신 빔포밍을 수행한다. 여기서, 3개의 스캔라인을 동시에 형성하기 위해서는 각 송신빔평면들(820,830,840)별로 합산된 신호들을 분리하여야 한다.

[0072] 수신 디코더(609)는 각 송신빔평면들(820,830,840) 별로 합산된 Matrix R 의 신호를 분리하기 위하여 코드 출력부(611)로부터 수신한 직교 코드 SET A를 이용한다. 이하에서는, 송신빔평면(820)에 대하여 신호를 분리하는 방법을 설명하기로 한다. 수신 디코더(609)는 합산된 신호와 a1 코드와의 상관 연산을 수행한다. 코드 SET A의 직교 특성에 따라서, 합산된 신호에서 a2 및 a3가 콘볼루션 된 다항식의 항(term)은 제거되고, a1이 콘볼루션된 항만이 남겨진다. 그리고 남겨진 항(term)들을 모두 더하면, 송신빔평면(820) 및 수신빔평면(860)을 통해서 형성된 스캔라인의 영상정보를 얻을 수 있다. 그 결과는 수학식 6과 같이 표현할 수 있다.

수학식 6

[0073] $$R1=g(t-q1-u1-w1)+g(t-q1-u1-w2)+g(t-q1-u1-w3)+.....+g(t-q1-u1-wm)$$

[0074] $$=M*g(t-j1)$$

[0075] 수학식 6에서, q1+u1+w2 = q1+u1+w2 =...= q1+u1+wm = j1 으로 표현할 수 있는데, 이는 수신지연패턴 Z4가 수신에 소요된 전파지연을 보상하기 때문이다. 따라서, 트랜스듀서 어레이(850)의 각 트랜스듀서들에 수신된 신호들을 하나의 초음파 신호로서 집속할 수 있다.

[0076] 마찬가지로, 코드 SET A의 a2 및 a3 각각에 대하여 전술한 과정을 동일하게 적용함으로써, 송신빔평면(830,840)과 수신빔평면(860)이 형성하는 스캔라인들로부터 영상정보를 각각 획득할 수 있다. 다만, 전술한 과정에서는 행렬식 R의 모든 엘리먼트를 합산한 이후에 SET A와 상관연산을 수행하였으나, 상관 연산을 먼저 수행한 이후에 그 상관 연산 결과를 합산하더라도 동일한 값을 얻을 수도 있다. 코드 SET A의 a1, a2, a3를 적용하는 것은 순차적으로 적용할 수도 있으나, 복수의 수신 디코더들을 병렬적으로 구성함으로써, a1,a2,a3의 상관연산을 병렬적으로 수행할 수 있다. 이 경우, 스캔라인 3개를 동시에 형성할 수 있다. 복수의 수신 디코더를 병렬적으로 배치한 수신부(620)의 구조는 도 12에서 후술하기로 한다.

[0077] 한편, 수신빔평면(860)과 스티어링 각 Θ이 상이한 다른 수신빔평면들에 대해서도 전술한 스캔라인 형성 과정을 동일하게 적용할 수 있다. 이 경우, 적용되는 수신 지연 패턴은 Z4가 아니라 스티어링 각 Θ에 대응하는 수신지연패턴 Z5,Z6 등이 적용되어야 한다. 수신지연패턴을 적용을 병렬적으로 처리하면 복수의 수신빔평면들을 동시에 형성할 수 있다. 만약, s개의 송신빔평면들을 동시에 형성하고 t개의 수신빔평면들을 동시에 형성하면, s*t개의 스캔라인들로부터 영상정보를 얻을 수 있다. 즉, 한번의 초음파 송신과 수신의 과정을 통해서 s*t개의 스캔들로부터 영상정보를 얻을 수 있으므로 3차원 영상을 구성하는데 소요되는 시간이 줄어든다.그리고, s와 t값들은 실시간으로 3차원 영상을 획득하는데 필요한 적절한 값으로 조정될 수 있다. 예컨대,30 frame/sec의 3차원 영상은, 10 frame /sec의 3차원 영상에 비하여 보다 높은 s*t값이 요구된다.

[0078] 도 9은 본 발명의 일 실시예에 따른 빔의 동적 집속을 도시한 도면이다. 전술한 바와 같이, 빔의 동적집속과 스티어링은 개념상 구분되지만 동적집속의 원리는 스티어링과 동일하다. 따라서, 도 8의 설명과 중복하는 부분에 대해서는 그 설명을 생략한다.

[0079] 도 9를 참조하면, 1차원 트랜스듀서 어레이(910)는 한번의 송신으로 3개의 초점거리(930,940,950)들에 빔을 동시에 집속한다. 도 9의 1차원 트랜스듀서 어레이(910)는 도 5, 도 7a 내지 도 7d의 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 어느 하나의 1차원 트랜스듀서 어레이를 의미한다.

[0080] 각 초점거리들에 대응하는 송신 지연 패턴들을 서로 직교하는 코드들에 적용함으로써 다수의 초점거리들(920,930,940)에 동시에 빔을 집속할 수 있다. 종래의 기술에 따르면 송신 동적 집속을 위해서는 초점거리의 수에 비례하여 초음파 빔의 송신회수가 증가한다. 따라서, 종래기술에 따르면 송신 동적 집속 방식은 3차원 영상을 획득하는데 소요되는 시간을 증가시키고 실시간으로 3차원 영상을 획득하기 어렵다는 단점이 있었다. 그러나, 본 발명에 따르면 한번의 초음파 신호의 송신을 통해서 송신 동적 집속을 할 수 있으므로 3차원 영상을 획득한는데 소요되는 시간을 증가시키지 않고 고도방향의 해상도가 향상된 3차원 영상을 획득할 수 있다. 도 9

에서 3개의 서로 다른 초점거리에 빔을 집속하는 것을 예시하고 있지만 이는 설명의 편의를 위한 예시일 뿐 K(K>1)개의 초점거리들에 빔을 집속할 수 있다.

[0081] 코드 출력부(611)는 각 초점거리들(920,930,940)에 집속된 초음파 빔을 각각 구분하기 위하여 서로 직교하는 코드 SET B를 송신 빔포밍부(603)에 출력한다. 코드 SET B={b1,b2,b3}는 상호 직교하는 코드들 b1,b2,b3를 포함한다. 1차원 트랜듀서 어레이(910)는 M개의 트랜스듀서들을 포함한다.

[0082] 제 1 송신 지연 패턴(Y1)은 초점거리(920)에 대하여 M개의 트랜스듀서들 각각의 지연시간을 정의한다. 이와 동일하게, 초점거리(930)과 초점거리(940)에 대응하는 제 2 송신 지연 패턴(Y2)과 제 3 송신 지연 패턴(Y3)이 존재한다. 송신 신호 지연부(602)는 초점거리들(920,930,940)의 r값을 제어부(미도시)로부터 입력받아, 송신지연패턴들(Y1,Y2,Y3)를 송신 빔포밍부(603)으로 출력한다.

수학식 7

[0083] $$Y1=[h1,h2,h3,\ldots\ldots,hm]T$$

[0084] $$Y2=[i1,i2,i3,\ldots\ldots,im]T$$

[0085] $$Y3=[j1,j2,j3,\ldots\ldots,jm]T$$

[0086] 송신 빔포밍부(603)는 송신신호 g(t)를 송신지연패턴들(Y1,Y2,Y3)에 따라서 지연시킨다. 송신 빔포밍부(603)가 송신신호 g(t)를 송신 지연 패턴들에 따라서 지연시킨 신호들은 Matrix G 로 나타낼 수 있다.

수학식 8

[0087] $$\text{Matrix G} = \begin{bmatrix} g(t-h1) & g(t-i1) & g(t-j1) \\ g(t-h2) & g(t-i2) & g(t-j2) \\ g(t-h3) & g(t-i3) & g(t-j3) \\ g(t-h4) & g(t-i4) & g(t-j4) \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ g(t-hm) & g(t-im) & g(t-jm) \end{bmatrix}$$

[0088] 송신 빔포밍부(603)는 전술한 송신빔의 스티어링과 유사하게, 직교하는 코드 set B와 Matrix G의 각 엘리먼트를 콘볼루션하고, 콘볼루션한 성분을 합산한다. 합산된 신호는 T/R스위치(604)를 거쳐 트랜스듀서 어레이(910)에 인가된다.

수학식 9

[0089]
$$G * B = \begin{bmatrix} b1 * g(t-h1) + b2 * g(t-i1) + b3 * g(t-j1) \\ b1 * g(t-h2) + b2 * g(t-i2) + b3 * g(t-j2) \\ b1 * g(t-h3) + b2 * g(t-i3) + b3 * g(t-j3) \\ \vdots \\ b1 * g(t-hm) + b2 * g(t-im) + b3 * g(t-jm) \end{bmatrix}$$

[0090] 수학식 9의 행렬식의 각 행은 트랜스듀서 어레이(910)의 각 트랜스듀서에 인가되는 신호를 의미한다.

[0091] 각 초점거리들(920,930,940)에서 트랜스듀서 어레이(910)의 각 트랜스듀서들이 송신한 신호들은 중첩되고 그 신호는 M X b1*g(t-q1)가 된다. q1은 M개의 트랜스듀서들에 의한 송신신호의 전파 지연(propagation delay) 시간들과 송신 지연 패턴 Y1의 지연시간을 합산한 결과를 의미한다. 마찬가지로 초점거리(930)에서의 신호는 M X b2*g(t-q2)가 되고, 초점거리(940)에서의 신호는 M X b3*g(t-q3)가 된다.

[0092] 이하에서는, 각 초점거리들(920,930,940)에서 반사된 신호를 수신하여, 수신동적 집속 하는 방법을 설명한다. 트랜스듀서 어레이(950)은 각 초점거리들(920,930,940)로부터 반사된 초음파 신호를 수신한다. 트랜스듀서 어레이(950)는 트랜스듀서 어레이(910)와 서로 상이한 방향으로 배치된다. 예컨대, 도 5 및 도 7a 내지 도 7d에 예시된 2차원 트랜스듀서 어레이들 중에서 동일한 평면상에서 서로 상이한 방향으로 배열된 2개의 1차원 트랜스듀서 어레이들을 선택하면, 하나는 트랜스듀서 어레이(910)가 되고 다른 하나는 트랜스듀서 어레이(950)가 된다.

[0093] 트랜스듀서 어레이(950)에는 M X b1*g(t-q1),M X b2*g(t-q2),M X b3*g(t-q3)의 반사신호가 도달한다. 실제 피검체로부터 반사된 신호는 전반사된 신호가 아니고, 반사된 신호의 일부는 피검체에 의해 감쇄된다. 설명의 편의상, 반사된 신호는 1/M으로 크기가 감소한 것으로 가정한다.

[0094] 트랜스듀서 어레이(950)의 각 트랜스듀서들에 수신된 신호는 Matrix R과 같이 표현할 수 있다.

수학식 10

[0095]
$$\text{Matrix R} = \begin{bmatrix} b1 * g(t-q1-u1) + b2 * g(t-q2-v1) + b3 * g(t-q3-t1) \\ b1 * g(t-q1-u2) + b2 * g(t-q2-v2) + b3 * g(t-q3-t2) \\ b1 * g(t-q1-u3) + b2 * g(t-q2-v3) + b3 * g(t-q3-t3) \\ \vdots \\ b1 * g(t-q1-um) + b2 * g(t-q2-vm) + b3 * g(t-q3-tm) \end{bmatrix}$$

[0096] i번째 행에서 ui,vi,ti은 각 초점거리들(920,930,940)로부터 반사된 초음파 신호가 트랜스서 어레이(950)의 각 소자에 전달되기까지의 전파지연(propagation delay) 값 들을 의미한다. 코드 출력부(611)는 각 초점거리들(920,930,940) 별로 Matrix R의 신호를 분리하기 위하여 직교 코드 SET B를 수신 디코더(609)로 출력한다. 이하에서는, 초점거리(920)에 대한 신호성분을 분리하는 방법을 설명하기로 한다. 수신 디코더(609)는 행렬식 R의 각 행과 b1 코드와의 상관 연산을 수행한다. 그 결과에 따라 i번 째 행의 엘리먼트는 수학식 11과 같이 표현할 수 있다.

수학식 11

[0097] $$Ri(t)=g(t-q1-ui)$$

[0098] 트랜스듀서 어레이(950)가 초점거리가 r인 지점에 대하여 수신 빔포밍을 수행하기 위해서, 제어부(미도시)는 초점거리 r값을 수신 신호 지연부(606)에 제공한다. 수신 신호 지연부(606)는 r값에 대응하는 수신 지연 패턴 Y4를 수신 빔포밍부(603)로 출력한다. 수신 지연 초점거리 r은 깊이 방향으로 임의의 지점일 수 있으나, 설명의 편의상 초점거리(920)과 동일한 것으로 가정한다. 초점거리 r에 대응하는 수신 지연 패턴 Y4는 수학식 12와 같이 표현할 수 있다.

수학식 12

[0099] $$Y4=[x1,x2,x3,.....,xm]T$$

[0100] 수신지연패턴 Y4는 반사 신호의 전파지연 시간을 보상한다. 즉, 초점거리(920)로부터 반사된 신호에 수신지연패턴 Y4를 적용함으로써 수신빔을 집속할 수 있다. 다시 말하면, u1 + x1 = u2 + x2 = ... = um + xm 가 된다. 수신 빔포밍부(603)는 수신 수신 지연 패턴 Y4를 적용하여 반사신호를 합산한다. 수신 빔포밍부(603)가 반사신호를 합산한 결과는 수학식 13과 같이 표현할 수 있다.

수학식 13

[0101] $$R1(t)=g(t-q1-u1-x1)+g(t-q1-u2-x1)+....+g(t-q1-um-x1)$$

[0102] $$=M*g(t-p1)$$

[0103] 마찬가지로, 코드 SET B의 b2 및 a3 각각에 대하여 전술한 과정을 동일하게 적용함으로써, 초점거리(930,940)에 대하여 수신 동적 집속을 수행할 수 있다. 코드 SET B의 b1, b2, b3를 적용하는 것은 순차적으로 적용할 수도 있으나, 복수의 상관 연산기를 병렬적으로 구성함으로써, b1,b2,b3를 이용한 상관연산들을 병렬적으로 수행할 수 있다. 이 경우, 수신 디코더(609)는 복수의 코드들의 상관연산을 병렬적으로 처리하기 위하여 병렬적으로 배치된 복수의 디코더들을 포함한다. 수신 디코더(609)의 구성에 대한 상세한 내용은 도 12의 설명에서 후술하기로 한다.

[0104] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 빔의 스티어링 및 동적 집속을 도시한 도면이다.

[0105] 도 10에서는 도 8의 스티어링과 도 9의 동적 집속을 동시에 적용하여 초음파빔을 송수신하는 방법을 설명한다. 앞에서 설명한 바와 같이, 빔의 동적 집속과 스티어링은 지연패턴들을 이용하여 초음파 신호가 집속되는 위치를 변경하는 방법이라는 점에서 공통된다. 또한, 이용된 지연 패턴에 대응하여 서로 상이한 직교코드들을 이용하고 있다. 따라서, 도 10에서 스티어링 및 동적 집속을 수행하는 것은 서로 다른 지연패턴 및 지연패턴에 대응하는 직교 코드를 이용하여 빔을 집속하는 것으로 이해할 수 있다. 이하, 도 8 및 도 9에서 전술한 내용에 대해서는 그 설명을 생략하기로 한다.

[0106] 도 10을 참조하면, 트랜스듀서 어레이(1010)는 제1 송신빔평면(1020) 및 제 2 송신빔평면(1030)을 형성한다. 제1 송신빔평면(1020)에는 제1 초점거리(r1) 및 제2 초점거리(r2)가 위치하고, 제2 송신빔평면(1030)에는 제3 초점거리(r3) 및 제4 초점거리(r4)가 위치한다. 즉, 트랜스듀서 어레이(1010)는 제1 송신빔평면(1020)의 스티어링 각도 Φ1에 대하여 2개의 초점거리들(r1,r2)에 송신 동적 집속하고, 제2 송신빔평면의 스티어링 각도 Φ2에 대하여 2개의 초점거리들(r3,r4)에 송신 동적 집속한다. 본 발명에서는 k(k>1)개의 송신빔평면들과 l(l>1)개의 초점거리들을 형성할 수 있으나, 설명의 편의를 위하여 2개의 송신빔평면들과 2개의 초점거리들을 형성하는 방법을 설명하기로 한다.

[0107] 먼저, 송신 지연 패턴 Z1 내지 Z4는 수학식 14와 같이 표현할 수 있다. Z1은 Φ1 및 제1 초점거리(r1)에 대응하고, Z2는 Φ1 및 제2 초점거리(r2)에 대응하고, Z3은 Φ2 및 제3 초점거리(r3)에 대응하고, Z4는 Φ2 및 제4 초점거리(r4)에 대응하는 송신 지연 패턴이다. 송신 신호 지연부(606)는 제어부(미도시)로부터 (Φ1,r1),(Φ1,r2),(Φ2,r3),(Φ2,r4)를 입력받고, 송신 지연 패턴들(Z1,Z2,Z3,Z4)를 송신 빔포밍부(603)로 출력한다.

수학식 14

[0108] $$Z1=[a1,a2,a3,\ldots\ldots,am]T$$

[0109] $$Z2=[b1,b2,b3,\ldots\ldots,bm]T$$

[0110] $$Z3=[c1,c2,c3,\ldots\ldots,cm]T$$

[0111] $$Z4=[d1,d2,d3,\ldots\ldots,dm]T$$

[0112] 코드 출력부(611)는 송신지연패턴들(Z1,Z2,Z3,Z4)에 대응하여 서로 직교하는 코드 SET E={e1,e2,e3,e4}을 송신 빔포밍부(603)에 출력한다. 송신 빔포밍부(603)는 직교하는 코드 SET E를 송신신호에 적용한다. 코드 SET E가 적용된 송신 신호는 수학식 15와 같이 표현할 수 있다. 수학식 15에서 Gi(t)는 트랜스듀서 어레이(1010)의 i번째 트랜스듀서에 인간되는 신호를 의미한다.

수학식 15

[0113] $$Gi(t)=e1*(t-ai)+e2*(t-bi)+e3*(t-ci)+e4*(t-di)$$

[0114] 트랜스듀서 어레이(1040)는 피검체로부터 반사된 신호를 수신한다. 도 8 및 도 9와 동일하게 트랜스듀서 어레이(1010)과 트랜스듀서 어레이(1040)는 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 1차원 트랜스듀서 어레이로서, 서로 다른 방향으로 배치되어 있다. 트랜스듀서 어레이(1040)의 i번째 트랜스듀서에 수신된 신호 Ri(t)는 수학식 16과 같다.

수학식 16

[0115] $$Ri(t)=e1*(t-q1-\xi)+e2*(t-q2-yi)+e3*(t-q3-wi)+e4*(t-q4-zi)$$

[0116] 이하에서는 트랜스듀서 어레이(1040)에 수신된 초음파신호로부터 제1 송신빔평면(1020)의 제1 초점거리(r1)에서 반사된 신호 성분을 얻는 방법을 설명한다. 수신 디코더(609)는 코드 출력부(611)로부터 수신한 코드 SET E 중 코드 e1을 이용하여 Ri(t)에서 e1이 콘볼루션된 항만을 남겨두고 나머지 신호 성분들을 제거하여 Ri(t)'= e1*(t-q1-xi) 을 얻을 수 있다.

[0117] 트랜스듀서 어레이(1040)가 스티어링 각도 Θ를 갖는 수신빔 평면(150)을 형성하기 위하여, 수신 신호 지연부(606)은 각도 Θ 및 제1 초점거리(r1)에 대응하는 수신 지연 패턴 Z5를 수신 빔포밍부(607)로 출력한다. 수신 빔포밍부(607)는 수신 지연 패턴 Z5를 이용하여 Ri(t)'을 지연시킨 후 지연된 각 신호들을 합산한다. 각도 Θ를 변형함으로써, 제1 송신빔평면(1020) 및 제1 초점거리(r1)에서1 다수의 스캔라인을 형성할 수 있음은 도 8에서 설명한 바와 같다. 이와 동일하게, 수신부(620)는 제1 송신빔평면(1020)의 제2 초점거리(r2) 및2 제2 송신빔평면(1030)의 제3 초점거리(r3) 및 제4 초점거리(r4)에 대한 다수의 스캔라인을 형성할 수 있다.

[0118] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따라 복수의 1차원 트랜스듀서 어레이를 이용한 초음파 빔의 동적 집속을 도시한 도면이다. 도 11을 참조하면, 2개의 1차원 트랜스듀서 어레이들(1110, 1120)이 서로 상이한 방향으로 배치되어 있다. 여기서, 각각의 1차원 트랜스듀서 어레이들(1110, 1120)은 도 10의 트랜스듀서 어레이(1010)처럼 초음

파 빔을 송신 동적 집속하고 및 스티어링된 다수의 송신빔 평면을 형성한다. 따라서, 도 8 내지 도 10에서 설명한 내용과 중복하는 내용에 대해서는 그 설명을 생략한다.

[0119] 트랜스듀서 어레이들(1110,1120)은 각각 초음파 신호를 송신할 뿐만 아니라, 피검체로부터 반사된 초음파 신호를 수신한다. 트랜스듀서 어레이(1110)이 형성한 송신빔 평면들(1130,1140)로부터 반사된 초음파 신호는 트랜스듀서 어레이(1120)이 수신하고, 트랜스듀서 어레이(1120)가 형성한 송신빔 평면들(1150,1160)로부터 반사된 초음파 신호는 트랜스듀서 어레이(1110)가 수신한다. 여기서, 트랜스듀서 어레이(1110)이 송신한 초음파 신호와 트랜스듀서 어레이(1120)이 송신한 초음파 신호를 구분하기 위하여 코드 출력부(611)는 직교하는 코드 SET Y={y1,y2}를 송신 빔 포밍부(603)으로 출력한다. 즉, 트랜스듀서 어레이들(1110,1120)에 인가되는 신호는 도 10의 수학식 15의 Gi(t) 신호에 또 다른 직교하는 코드 SET Y을 콘볼루션한 신호가 된다. 즉, 트랜스듀서 어레이(1110)에 인가하려는 신호를 Si(t)라고 하고, 트랜스듀서 어레이(1120)에 인가하려는 신호를 Ti(t)라고 하면, Si(t) 및 Ti(t)는 수학식 17과 같이 표현할 수 있다.

수학식 17

[0120] $$Si(t)=y1*Gi(t)$$

[0121] $$Ti(t)=y2*Gi(t)$$

[0122] 수학식 17은, 트랜스듀서 어레이(1110)에서는 공통적으로 수학식 15의 Gi(t)를 사용하는 것으로 예시하였다. 그러나, 수학식 14의 송신 지연 패턴들과 다른 송신 지연 패턴을 적용하여 수학식 15와 Gi(t)와 다른 신호를 사용할 수 있음은 당업자에게 자명하나 여기서는, Gi(t)를 사용하는 것으로 설명하기로 한다.

[0123] 도 10에서 설명한 바와 같이, 트랜스듀서 어레이(1110)는 Si(t)에 대응하는 다수의 송신빔 평면들에 대하여 송신 동적 집속을 수행하고, 트랜스듀서 어레이(1120)은 Ti(t)에 대응하는 다수의 송신빔 평면들에 대하여 송신 동적 집속을 수행한다.

[0124] 트랜스듀서 어레이(1110)에 수신되는 신호는 도 10의 수학식 16의 Ri(t)를 이용하여 표현할 수 있다. 트랜스듀서 어레이(1110)에 수신되는 신호는 트랜스듀서 어레이(1120)이 송신한 초음파 신호의 반사신호뿐만 아니라, 트랜스듀서 어레이(1110)이 송신한 초음파 신호의 반사신호를 포함한다. 트랜스듀서 어레이(1110)에 수신되는 신호 Qi(t)는 수학식 18과 같이 표현할 수 있다.

수학식 18

[0125] $$Qi(t)=y1*Ri(t)+y2*Ri(t)$$

[0126] 그러나, 트랜스듀서 어레이(1110)는 자신이 형성한 송신빔 평면에 대해서는 스캔라인을 형성할 수 없기 때문에, 트랜스듀서 어레이(1120)가 형성한 송신빔 평면에 대하여 스캔라인을 형성하여야 한다. 따라서, 트랜스듀서 어레이(1110)는 수신된 신호 Qi(t)로부터 자신이 송신한 초음파 신호의 반사신호 성분을 제거하여야 한다. 이를 위하여, 수신 디코더(609)는 수신된 Qi(t)와 직교하는 코드 y2와의 상관 연산을 수행하여, y1이 콘볼루션된 항을 제거한다. y1이 콘볼루션된 항이 제거된 이후에 수신 동적 집속 및 수신빔평면의 스티어링 과정은 도 10에서 설명한 바와 동일하게 전개된다. 또한, 트랜스듀서 어레이(1120)에 수신된 반사신호를 이용하여 스캔라인을 형성하는 방법은 트랜스듀서 어레이(1110)와 달리 직교하는 코드 y1을 사용하는 것 외에는 트랜스듀서 어레이(1110)에서 스캔라인을 형성하는 과정과 실질적으로 동일하므로, 그 설명을 생략한다. 도 11에서는 2개의 1차원 트랜스듀서 어레이들을 이용하고 있지만, 전술한 방법은 K(K>1)개의 직교 코드들을 이용하여 K개의 1차원 트랜스듀서 어레이들에 대하여 적용할 수 있다.

[0127] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 송신부(630) 및 수신부(620)의 구조를 도시한 도면이다. 도 12에서 설명하는 송신부(630) 및 수신부(620)는 도 8 내지 도 11에서 전술한 바와 같이, 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 하나의 1차원 트랜스듀서 어레이가 직교코드를 이용하여 다수의 빔 평면을 동시에 형성하거나 동적 집속을 하기 위한 구조로 구성된다. 송신부(630)는 펄서(601), 송신 빔포밍부(603), 코드 출력부(611)를 포함하며, 펄서

(601) 및 코드 출력부(611)는 도 6에 대한 설명을 참조한다.

[0128] 송신 빔포밍부(603)는 N개의 인코더들(1210)과 합산기(1220)를 포함한다. N개의 인코더들(1210)은 병렬적으로 배치되어 있으며, 합산기(1220)에서 각각의 인코더들(1210)으로부터 출력된 신호들을 합산한다. N개의 인코더들(1210)은 송신 신호 지연부(602)로부터 N개의 송신 지연 패턴을 수신하고, 코드 출력부(611)로부터 N개의 서로 직교하는 코드들을 수신한다. N=3이 되는 도 8의 경우를 예시하면,하나의 인코더는 하나의 송신빔평면에 대한 송신 지연 패턴 및 직교 코드를 수신한다. 각 인코더는 송신신호 g(t)를 송신 지연 패턴에 따라서 지연시키고, 직교 코드와 콘볼루션 연산을 수행한다. 예컨대, N개의 인코더들(1210) 중 제1 인코더는 송신 빔 평면(820)에 대한 송신 지연 패턴 Z1을 송신 신호 지연부(602)로부터 수신하고, 코드 출력부(611)로부터 직교코드 SET A의 a1코드를 수신한다. 제1 인코더는 g(t)를 Z1에 따라서 지연시킨 다음 a1코드를 콘볼루션한다. 마찬가지로, 제2 인코더 및 제3 인코더는 송신빔 평면(830) 및 송신빔 평면(840)에 대한 송신신호 g(t)의 인코딩을 수행한다.

[0129] 합산기(1220)는 N개의 인코더들(1210)로부터 수신된 신호들을 합산한다. 합산기(1220)는 송신신호 g(t)가 N개의 인코더들(1210)에 의해 인코딩되어 출력되면, 그 신호들을 합산함으로써, 수학식 3과 같은 행렬식의 각 행의 신호들을 출력한다. 합산기(1220)에 의해 합산된 신호는 펄서(601) 및 T/R 스위치(604)를 거쳐 2차원 트랜스듀서 어레이(610)에 인가된다. 이상의 설명에서는 도 8의 경우를 예시하였으나, 도 9 및 도 10에서의 송신 지연 패턴 및 직교 코드들에 대해서도 동일하게 적용될 수 있다. 즉, 도 10에서는 4개의 송신 지연 패턴들(Z1,Z2,Z3,Z4) 및 4개의 직교 코드들 SET E를 예시하고 있으므로, 도 10의 송신 빔포밍부(603)는 4개의 인코더들이 병렬로 배치된 구조로 구성된다.

[0130] 도 11을 도 10과 비교하면, 도 11의 송신 빔포밍부(603)는 도 10의 직교 코드 SET E를 이용하고, 또한 각 트랜스듀서 어레이들(1110,1120)을 구분하기 위한 직교코드 SET Y를 이용하고 있다. 다시 말해서, 도 11의 송신 빔포밍부(603)는 2개의 직교코드 SET E, SET Y를 이용하고 있다. 전술한 N개의 인코더들(1210)은 코드 SET E를 이용하여 송신신호 g(t)를 인코딩하고, 합산기(1220)는 코드 SET E를 이용하여 인코딩된 신호들을 합산함으로써 수학식 15의 Gi(t)를 출력한다. 한편, 도 11의 경우, 트랜스듀서 어레이들(1110,1120)이 송신한 신호들을 구분하기 위하여 수학식 15의 Gi(t) 신호와 코드 SET Y을 콘볼루션하기 위하여 인코더(1230)을 이용한다. 즉, 인코더(1230)는 합산기(1220)로부터 수신한 Gi(t)신호를 y1을 이용하여 인코딩한다. 인코더(1230)로부터 출력된 신호는 펄서(601) 및 T/R스위치(604)를 통해서 트랜스듀서 어레이(1110)에 인가된다. 한편, 트랜스듀서 어레이(1120)에 인가되는 신호 역시 트랜스듀서 어레이(1110)에 인가되는 신호와 동일한 신호처리가 필요하다. 송신 빔포밍부(603)는 트랜스듀서 어레이(1110) 및 트랜스듀서 어레이(1120) 각각에 대하여 순차적으로 신호를 인가할 수 있지만, 트랜스듀서 어레이(1110) 및 트랜스듀서 어레이(1120)에 동시에 신호를 인가할 수도 있다. 트랜스듀서 어레이(1110) 및 트랜스듀서 어레이(1120)에 동시에 신호를 인가하는 경우, N개의 인코더들(1210), 합산기(1220), 인코더(1230)들은 트랜스듀서 어레이(1110)에 대해 동작한다. 트랜스듀서 어레이(1120)에 대하여 전술한 N개의 인코더들(1210), 합산기(1220), 인코더(1230)들과 별도의 N개 인코더들(미도시), 별도의 합산기(미도시), 별도의 인코더(미도시)들이 병렬적으로 배치되어 동작할 수 있다.

[0131] 수신부(620)는 변환부(605), 수신 신호 지연부(606), 수신 빔포밍부(607) 및 수신 디코더(609)를 포함하며, 변환부(605) 및 수신 신호 지연부(606)에 대한 설명은 도 6을 참조한다.

[0132] 수신 디코더(609)는 병렬적으로 배치된 N개의 디코더들(1240)를 포함한다. 여기서, N은 사용된 직교코드들의 개수에 비례한다. 도 8의 경우, 직교 코드 SET에는 3개의 코드들(a1,a2,a3)이 있으므로, 수신 디코더(609)는 3개의 디코더들(1240)을 포함한다. 각각의 디코더들(1240)은 수학식 5의 Martix R의 각 행에 대하여 a1, a2, a3와 콘볼루션 연산을 수행함으로써, 수학식 6의 수신신호를 출력한다. 이상의 설명에서는 도 8의 경우를 예시하였으나, 도 9 및 도 10에서의 직교 코드들에 대해서도 동일하게 적용될 수 있다. 즉, 도 10에서는 4개의 직교 코드들 SET E를 예시하고 있으므로, 도 10의 수신 디코더(609)는 4개의 디코더들이 병렬로 배치된 구조로 구성될 수 있다.

[0133] 한편, 도 11은 2개의 직교코드 SET E, SET Y를 이용하고 있다. 여기서, 수신 디코더(609)는 전술한 바와 같이 직교 코드 SET E와 수학식 16의 Ri(t)와의 콘볼루션 연산을 수행한다. 도 11의 수신부(620)는 수신 디코더(609)가 직교 코드 SET E와 상관 연산을 수행하기 이전에, 수학식 18의 Qi(t)와 직교코드 SET Y와 상관 연산을 수행하기 위한 디코더(1250)을 포함한다. 디코더(1250)는 수신 빔포밍부(1250)에 포함되는 것으로 도시되어 있으나, 디코더(1250)는 디코더들(1240)보다 선행하는 신호 처리를 위하여 디코더들(1240)의 앞쪽에 배치되면 충분하다. 디코더(1250)은 직교코드 y1,y2와의 상관연산을 병렬적으로 처리하기 위하여 복수의 디코더들을 포함할 수 있다. 도 11의 경우 디코더(1250)은 병렬적으로 배치된 2개의 디코더들을 포함한다. 디코더(1250)는 직교 코

드 SET Y와 수학식 18의 Qi(t)간의 상관연산을 수행함으로써 수신 디코더(609)에 수학식 16의 Ri(t)를 출력한다.

[0134] 이상의 설명에서, 직교 코드는 골레이 코드(Golay code)의 활용을 예로 들 수 있다. 골레이 코드란, 디지털 통신에서 에러 교정 코드 종류 중 하나이며, 서로 보수 관계인 이상 시퀀스(complementary bi-phase sequences)의 세트로 구성된 코드이다. 이상 코드(bi-phase code)중에서 골레이 코드는 공지된 바와 같이 펄스 압축된 출력에서 사이드 로브(side lobe)가 완전히 제거된다는 특성이 있으므로 긴 펄스를 사용하는 초음파 영상 장치에서 이를 적용하는 시도가 많이 있다. 골레이 코드의 일예를 들면, A 타입 코드와 B 타입 코드는 서로 직교하며, A 타입 코드의 종류는 a1, a2코드가 존재하고, B타입 코드는 b1, b2 코드가 존재한다고 가정한다.(종류는 타입별로 2개 이상일 수 있다.)

[0135] 도 13A는 a타입 골레이 코드의 일례를 도시한 도면이다. 도 13B는 b타입 골레이 코드의 일례를 도시한 도면이다. ai은 도 13A에, bi는 도면 13B에 도시되어 있다. ai={1,-1,-1,-1,1,1,-1,1,1,-1,-1,-1,-1,-1,1,-1,1,-1,-1,-1,1,1,-1,1,-1,1,1,1,1,1,1,-1,1}의 순서를 갖는 코드이다. bi은 bi={1,-1,-1,-1,1,1,-1,1,1,-1,-1,-1,-1,1,-1,-1,1,1,1,-1,-1,1,-1,1,-1,-1,-1,-1,1,1,-1}의 순서를 갖는 코드이다. 도 13C는 도 13A의 코드가 펄서(601)에서 출력될 경우 트랜스듀서에서 발생되는 음파를 나타낸 도면이다. 도 13D는 도 13B의 코드가 펄서(601)에서 출력될 경우 트랜스듀서에서 발생되는 음파를 나타낸 도면이다.

[0136] 이상의 도 8 내지 도 12에 대한 설명에서는 초음파 볼륨 스캔 장치(102)가 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 하나의 1차원 트랜스듀서 어레이에 다수의 직교 코드들을 인가하는 방법을 설명하였다. 즉,초음파 볼륨 스캔장치(102)가 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 N(N은 1 이상)개의 1차원 트랜스듀서 어레이에 M(M>N)개의 직교하는 코드들을 인가하는 방법을 설명하였다. 그러나, 본원 발명의 초음파 볼륨 스캔 장치(102)는 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 적어도 둘 이상의 1차원 트랜스듀서 어레이에 적어도 둘 이상의 직교 코드들을 인가함으로써, 하나의 1차원 트랜스듀서 어레이에는 하나의 직교 코드만이 인가될 수 있다. 이하에서는, 2차원 트랜스듀서 어레이에 N(N>1)개의 1차원 트랜스듀서 어레이가 포함된 경우, N개의 서로 직교하는 코드들을 2차원 트랜스듀서 어레이에 인가하는 방법을 설명한다. 다만, 설명의 편의를 위하여 N=2 인 경우를 가정하여 설명하도록 한다.

[0137] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 2차원 트랜스듀서 어레이가 하나의 집속점에 두가지 코드를 이용하여 송신하는 것을 도시한 도면이다. 도 14에서는 2차원 트랜스듀서 어레이는 도 5 및 도 7a 내지 7d에 도시된 어느 하나의 2차원 트랜스듀서 어레이 일 수 있다. 다만, 설명의 편의를 위하여 도 5의 교차 트랜스듀서 어레이를 가정하여 설명한다. 또한, 도 14의 직교코드는 도 13A 및 13B의 골레이 코드가 사용된 것을 가정하도록 한다.

[0138] 도 14에서는 식별하기 쉽게 트랜스듀서의 개수를 고도 방향 트랜스듀서 어레이(1411)가 5개, 측 방향 트랜스듀서 어레이(1412)가 5개(중앙 트랜스듀서 하나를 공유)로 표현했을 뿐, 본 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 개수가 변할 수 있음을 알 수 있다. 고도방향 트랜스듀서 어레이(y축 방향)(1411)는 a1타입 코드를 송신하고 있으며, 측 방향 트랜스듀서 어레이(x축 방향)(1412)는 b1타입 코드를 송신하고 있다. 이렇게 동시에 두 코드를 송신할 수 있는 이유는 두 코드 신호가 섞여서 진행하고, 반사되더라도 수신시에 직교성을 이용하여 두 코드로 분리해 낼 수 있기 때문이다. 즉, 도 14에서 1개의 1차원 트랜스듀서 어레이에는 1개의 직교 코드가 인가된다.

[0139] 도 15는 도 14의 교차 트랜스듀서 어레이(1411,1412)가 두 가지 코드를 수신하는 것을 도시한 도면이다. 여기서, 고도 방향 트랜스듀서 어레이(y축 방향)(1411)로 반사되어 들어오는 반사 신호는 b1코드 뿐만 아니라 a1코드도 섞여서 들어온다. 하지만 고도 방향 트랜스듀서 어레이(y축 방향)(1411)는 들어오는 반사신호 중 a1코드 반사신호는 필요하지 않고, b1코드의 반사신호만이 필요하다. 그 이유는 앞서 설명한 바와 같이 송신을 하는 트랜스듀서 어레이와 수신을 하는 트랜스듀서 어레이가 서로 다른 방향이어야 하기 때문이다. 예컨대, 서로 다른 방향이란 서로 직각을 이루는 방향일 수 있다. 따라서 고도 방향 트랜스듀서 어레이(y축 방향)(1411)로 들어온 신호는 수신 디코더(609)가 b1코드만을 분리한다. 마찬가지 이유로 측 방향 트랜스듀서 어레이(x축 방향)(1412)로 들어오는 신호는 a1코드만이 필요하기 때문에 수신 디코더(609)가 a1코드만을 분리한다. 즉, 도 15에 도시된 바는 마치 고도 방향 트랜스듀서 어레이(y축 방향)(1411)는 b1타입의 코드만을 수신하고, 축 방향 트랜스듀서 어레이(x축 방향)(1412)는 a1타입의 코드만을 수신하는 것처럼 되어 있으나, 실질적으로 교차 트랜스듀서 어레이(1411,1412)가 두 코드 모두를 수신하나, 수신 후 수신 디코더(609)가 분리해 사용되는 코드만을 도시한 도면이다. 즉, 고도 방향 트랜스듀서 어레이(y축 방향)(1411)는 수신한 반사 신호 중 b1타입의 코드만을 분리하여 사용하고, 측 방향 트랜스듀서 어레이(x축 방향)(1412)는 수신한 반사 신호 중 a1타입의 코드만을 분

리하여 사용한다. 이와 같이, 수신 디코더(609)는 수신 디코더(609)에 수신된 신호를 코드별로 분리한다.

[0140] 한편, 교차 트랜스듀서 어레이(1411, 1412)는 펄서(601)로부터 송신 신호 패턴을 입력받고, A 타입과 B 타입의 코드를 송신할 때, 각 타입 별로 복수 개의 코드를 사용할 수 있다. 예를 들면 각 타입 별로 두 개의 코드를 이용하여 송신할 수 있다. A 타입 코드의 종류인 a1 코드와, a2 코드를 이용하고, B 타입 코드의 종류인 b1 코드와 b2 코드를 연속적으로 송신할 수 있다. 여기서 연속적이란 a1 코드와 b1코드를 송신하고 집속점에 두 코드가 반사되어 돌아온 후에 바로 각각 같은 종류의 코드인 a2 코드와 b2 코드를 송신할 수 있다.

[0141] 도 16은 도 14 및 도 15에 따른 수신 디코더(609)의 구조를 도시한 도면이다. 도 16의 수신 디코더(609)는 A 코드 디코더(1601) 및 B 코드 디코더(1602) 로 구성된다.

[0142] A 코드 디코더(1601)의 출력은 신호 중 A코드 반사신호만을 분리해 영상 프로세서(610)로 출력한다. A코드 반사신호는 앞선 예에서 보면 고도 방향 트랜스듀서 어레이(y축 방향)(1411)가 송신한 코드이므로, 측 방향 트랜스듀서 어레이(1412)가 수신을 하는 코드이다. 따라서 A 코드 디코더(1601)가 분리한 신호는, 고도 방향 트랜스듀서 어레이(y축 방향)(1411)가 송신 트랜스듀서 어레이가 되고, 측 방향 트랜스듀서 어레이(x축 방향)(1412)가 수신 트랜스듀서 어레이가 된다. 반면 B 코드 디코더(1602)의 출력은 신호 중 B 코드 반사신호만을 분리해 영상 프로세서(610)로 출력한다. B코드 반사신호는 앞선 예에서 보면 측 방향 트랜스듀서 어레이(x축 방향)(1412)가 송신 트랜스듀서 어레이가 되고, 고도 방향 트랜스듀서 어레이(y축 방향)(1411)가 수신 트랜스듀서 어레이가 된다. 이하 A 코드 디코더(1601)과 B 코드 디코더(1602)의 구조를 통해 신호를 코드별로 구분하는 구성에 대해서 설명한다.

[0143] A 코드 디코더(1601)은 A 코드 스위칭부(1611), a1 상관기(correlator)(1612), a2 상관기(1613), A 코드 합산부(1614)로 구성된다. a1 상관기(712)와 a2 상관기(713)는 코드의 개수별로 구비될 수 있으므로, a3, a4 등 상관기의 개수는 늘어날 수 있다. A 코드 스위칭부(1611)는 코드 출력부(611)로부터 출력된 코드의 타입에 따라 수신 빔포밍부(607)로부터 출력된 신호를 a1 상관기(1612) 또는 a2 상관기(1613)로 출력한다. 보다 상세하게 설명하면, A 코드 스위칭부(1611)는 코드 출력부(611)로부터 출력된 코드가 a1코드일 경우에는 수신 빔포밍부(607)로부터 출력된 신호를 a1 상관기(1612)로 출력하고, 코드 출력부(611)로부터 출력된 코드가 a2코드일 경우에는 수신 빔포밍부(607)로부터 출력된 신호를 a2 상관기(1612)로 출력한다. 만일, 코드 출력부(1611)로부터 a1 코드만 출력되는 경우에는 A 코드 스위칭부(1611)는 a1 상관기(1612)로 스위치가 고정되어 있을 수 있다. a1 상관기(1612)는 A 코드 스위칭부(1611)로부터 출력된 신호를 입력받으면, A 코드 스위칭부(1611)로부터 출력된 신호와 a1코드를 이용하여 집속점에 해당하는 인체의 영상 정보를 나타내는 신호를 추출한다. 보다 상세하게 설명하면, a1 상관기(1612)는 A 코드 스위칭부(1611)로부터 출력된 신호와 a1코드를 콘볼루션함으로써 A 코드 스위칭부(1611)로부터 출력된 신호로부터 집속점에 해당하는 인체의 영상 정보를 나타내는 신호를 추출한다.

[0144] 마찬가지로, a2 상관기(1613)는 A 코드 스위칭부(1611)로부터 출력된 신호를 입력받으면, A 코드 스위칭부(1611)로부터 출력된 신호와 a2코드를 이용하여 집속점에 해당하는 인체의 영상 정보를 나타내는 신호를 추출한다. 보다 상세하게 설명하면, a2 상관기(1613)는 A 코드 스위칭부(1611)로부터 출력된 신호와 a2코드를 콘볼루션함으로써 A 코드 스위칭부(1611)로부터 출력된 신호로부터 집속점에 해당하는 인체의 영상 정보를 나타내는 신호를 추출한다.

[0145] 다음 수학식 25는 x(t)와 y(t)을 컨벌루젼하는 일반적인 수학식을 나타낸다. 여기서 t는 시간이고, x는 적분상수, "⊗"는 상관연산을 의미한다. x(t)는 전기적 신호를 의미하고 y(t)는 코드 신호를 의미한다. 그리고 상관연산의 결과를 Ψ_{xy}라고 표시하고, 아래첨자 x,y는 상관연산을 수행한 두 신호를 의미한다.

수학식 25

[0146]
$$x(t) \otimes y(t) = x(t) * y(-t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)y(t-\tau)d\tau = \Psi_{xy}$$

[0147] 상술한 바와 같이, A타입 코드와 B타입 코드는 서로 직교하는 특성을 갖기 때문에 A타입 코드와 B타입 코드에 대해 상관연산이 수행되면, 다음 수학식 26에서와 같이 0이 산출된다.

수학식 26

$$\Psi_{a1b1} = a_1(t) \otimes b_1(t) = 0$$
$$\Psi_{b1a1} = b_1(t) \otimes a_1(t) = 0$$
$$\Psi_{a2b2} = a_2(t) \otimes b_2(t) = 0$$
$$\Psi_{b2a2} = b_2(t) \otimes a_2(t) = 0$$

[0148]

[0149] 한편, 동일한 타입의 코드들간의 상관연산이 수행되면, 다음 수학식 27에서와 같이 임펄스 함수가 산출된다.

수학식 27

$$\Psi_{a1a1} = a_1(t) \otimes a_1(t) = \delta(t)$$
$$\Psi_{a2a2} = a_2(t) \otimes a_2(t) = \delta(t)$$
$$\Psi_{b1b1} = b_1(t) \otimes b_1(t) = \delta(t)$$
$$\Psi_{b2b2} = b_2(t) \otimes b_2(t) = \delta(t)$$

[0150]

[0151] 수신 빔포밍부(607)로부터 출력된 신호를 x(t)라고 할 때, 이 x(t)에는 송신시의 A타입 코드 신호와 B타입 코드 신호 성분이 둘 다 포함되어 있다. 따라서 수학식 28와 같이 x(t)를 표현할 수 있다. 여기에서, a1(t)는 A타입 코드를 의미하고, b1(t)는 B타입 코드를 의미한다.

수학식 28

$$x(t) = \{a_1(t - t_a - t_r) + b_1(t - t_b - t_r)\}$$

[0152]

[0153] a1 상관기(1612)는 다음 수학식 29를 이용하여 A 코드 스위칭부(1611)로부터 출력된 신호 x(t)와 a1코드에 해당하는 a1(t)를 상관연산함으로써 A 코드 스위칭부(1611)로부터 출력된 신호로부터 집속점에 해당하는 인체의 영상 정보를 나타내는 신호 Ψ_{xy}를 추출할 수 있다. 여기에서, tr은 교차 트랜스듀서 어레이(1411, 1412)가 a1코드가 송신한 후, 대상체에 반사되어 되돌아오는데 걸리는 시간을 의미하고, ta와 tb는 a코드와 b코드를 빔포밍하기 위한 딜레이를 의미한다.

수학식 29

$$x(t) \otimes a_1(t) = \{a_1(t - t_r) + b_1(t - t_r)\} \otimes a_1(t)$$
$$= a_1(t - t_r) \otimes a_1(t) + b_1(t - t_r) \otimes a_1(t)$$
$$= \Psi_{a1a1}$$

[0154]

[0155] b1 상관기(1622)는 다음 수학식 30을 이용하여 B 코드 스위칭부(1621)로부터 출력된 신호 x(t)와 b1코드에 해당

하는 b1(t)를 상관연산함으로써 B 코드 스위칭부(1621)로부터 출력된 신호로부터 집속점에 해당하는 인체의 영상 정보를 나타내는 신호 Ψ_{xy}를 추출할 수 있다. 여기에서, tr은 교차 트랜스듀서 어레이(1411, 1412)가 b1코드가 송신한 후, 대상체에 반사되어 되돌아오는데 걸리는 시간을 의미한다.

수학식 30

[0156]
$$x(t)\otimes b_1(t)=\{a_1(t-t_r)+b_1(t-t_r)\}\otimes b_1(t)$$
$$=a_1(t-t_r)\otimes b_1(t)+b_1(t-t_r)\otimes b_1(t)$$
$$=\Psi_{b1b1}$$

[0157] A 코드 합산부(1614)는 이와 같이 a1 상관기(1612) 또는 a2 상관기(1613)이 컨벌루젼을 수행한 결과를 영상 프로세서(610)에 출력한다.

[0158] B 코드 디코더(1602)는 상기 A 코드 디코더(1601)과 같은 구조를 가지고 있다. B 코드 디코더(1602)는 B 코드 스위칭부(1621), b1 상관기(1622), b2 상관기(1623), B 코드 합산부(1624)로 구성된다. 마찬가지로 b1 상관기(1622), b2 상관기(1623) 등은 초음파 스캔 장치(102)가 사용하는 코드의 개수별로 구비될 수 있으므로, b3, b4 등 상관기의 개수는 늘어날 수 있다. B 코드 스위칭부(1621)는 수신 빔포밍부(607)에 의해 빔포밍 된 신호를 b1 상관기(1622) 또는 b2 상관기(1623)에 출력한다. 여기서 B 코드 스위칭부(1621) b1코드 신호일 때에는 b1 상관기에, b2코드 신호일 때에는 b2 상관기에 출력하는데, b1코드인지 b2코드인지 여부는 송신시 미리 정해진 규칙에 따라 송신을 하게 되면 수신시에 이 규칙에 따라 스위칭을 수행할 수 있다. b1 상관기(1622) 및 b2 상관기(1623)는 B 코드 스위칭부(1621)로부터 신호를 입력받으면, 각각 b1코드, b2코드를 이용하여 컨벌루젼 적분(convolution integral)을 수행한다.

[0159] B 코드 합산부(1624)는 이와 같이 b1 상관기(1622) 또는 b2 상관기(1623)가 컨벌루젼을 수행한 결과를 영상 프로세서(610)에 출력한다.

[0160] 코드 합산부(1603)는 A 코드 합산부(1614)와 B 코드 합산부(1624)의 각각 결과를 조합하여 신호의 세기를 영상 정보로써 영상 프로세서(610)에 출력한다. 여기서, 조합은 단순히 두 결과 신호의 세기를 평균낼 수 있다.

[0161] 영상 프로세서(610)는 A 코드 합산부(1614)와 B 코드 합산부(1624)의 각각 결과를 조합하여 신호의 세기를 3차원 영상 픽셀의 밝기 영상정보를 얻을 수 있다. 이 밝기 영상 정보를 기초로 3차원 영상을 형성하여 영상 표시 장치(103)로 출력한다.

[0162] 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법의 순서도를 도시한 도면이다. 이하의 순서도의 설명에서는 도 8 내지 도 16과 중복하는 내용에 대해서는 그 설명을 생략하고, 도 8 내지 도 16의 설명을 참조할 수 있다.

[0163] 도 17을 참조하면 먼저, 송신부(630)는 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 적어도 하나의 1차원 트랜스듀서 어레이에 적어도 둘 이상의 서로 직교하는 코드들을 인가한다(S1710). 2차원 트랜스듀서 어레이는 도 5과 도 7a 내지 도 7d에 예시된 2차원 트랜스듀서 어레이 이외에도 복수의 1차원 트랜스듀서 어레이들을 포함하는 2차원 트랜스듀서 어레이로 변형하여 실시할 수 있다. 또한, 송신부(630)는 도 8 내지 도 12에서 전술한 바와 같이 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 1차원 트랜스듀서 어레이에 적어도 둘 이상의 직교하는 코드들을 인가하거나, 도 14에서 설명한 바와 같이 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 1차원 트랜스듀서 어레이에 1개의 직교하는 코드를 인가할 수 있다. 여기서, 전자는 1개의 1차원 트랜스듀서 어레이가 다수의 송신 빔평면들을 형성하거나 또는 송신 동적 집속하는 경우를 말하고, 후자는 1개의 1차원 트랜스듀서 어레이가 1개의 송신 빔평면을 형성하고 및 송신 고정 집속하는 경우를 말한다. 다만, 후자의 경우는 2차원 트랜스듀서 어레이에 포함된 적어도 둘 이상의 1차원 트랜스듀서 어레이 각각에 대하여 1개의 서로 직교하는 코드를 인가함으로써, 종래 기술인 CA-FF 기법에 비하여 보다 향상된 고도 방향의 분해능이 보장되고 및 실시간으로 3차원 영상을 획득할 수 있음은 이미 설명한 바와 같다.

[0164] 수신부(620)는 2차원 트랜스듀서 어레이에 수신된 피검체의 반사신호로부터 상기 적어도 둘 이상의 서로 직교하

는 코드들 각각에 대응하는 신호들을 획득한다(S1720). 즉, 수신부(620)는 피검체의 반사신호로부터 서로 직교하는 코드들 중의 소정의 코드에 대한 신호 성분을 획득하기 위하여, 반사된 신호와 그 소정의 코드간의 상관연산을 수행한다. 이 경우, 코드의 직교성에 의해서 서로 상이한 코드에 대한 신호성분은 제거될 수 있음은 이미 설명한 바와 같다. 또한, 수신부(620)는 반사된 신호를 수신 동적 집속하거나, 수신 빔평면의 스티어링을 위하여 수신 신호 지연부(606)가 출력하는 수신 지연 패턴을 반사된 신호에 적용한다. 수신부(620)는 수신 지연 패턴이 적용된 신호들을 합산함으로써, 수신 빔포밍을 수행할 수 있다. 한편, 수신부(620)는 도 8 내지 도 16에서 전술한 바와 같이, 2차원 트랜스듀서 어레이가 다수의 수신빔평면을 동시에 형성하거나, 수신빔 평면이 피검체에서 적어도 둘 이상의 초점거기를 갖도록 적어도 둘 이상의 수신 지연패턴들을 병렬적으로 적용할 수 있다.

[0165] 영상프로세서(610)는 수신부(620)가 반사된 신호에서 획득한 신호들을 이용하여 상기 피검체의 영상 정보를 생성한다(S1730). 수신부(620)가 반사된 신호에서 획득된 신호들의 세기를 조합하여 상기 피검체의 영상 정보를 생성한다. 예컨대, 영상프로세서(610)는 수신부(620)가 획득한 신호들을 집속점별로 분류하고, 집속점 별로 분류된 신호들의 평균값을 그 집속점에 대한 영상 정보로 이용할 수 있다. 예를 들어, 소정의 집속점에 대한 N개의 신호세기의 평균값을 산출하고 이를 B 모드 초음파 영상의 밝기값으로 이용할 수 있다.

[0166] 도 18은 도 14에 도시된 교차 트랜스듀서 어레이를 이용한 3차원 초음파 볼륨 스캔 방법의 순서도를 도시한 도면이다. 도 18을 참조하면, S16단계에서 송신부(630)는 고도 방향 트랜스듀서 어레이(y축 방향)(1411)에 서로 직교하는 코드 쌍 중 하나의 코드를 인가하고, 측 방향 트랜스듀서 어레이(x축 방향)(1412)에 위 코드 쌍 중 다른 코드를 인가한다. 16단계는 S11단계와 S12단계로 나뉘어 진다.

[0167] S11단계에서 펄서(601)는 교차 트랜스듀서 어레이(1411, 1412)에 송신 신호 패턴들을 생성하여 출력한다. 여기서 교차 트랜스듀서 어레이의 각 선형 트랜스듀서 어레이에 다른 코드의 송신 신호 패턴을 출력한다. 도 14에 의하면, x축 트랜스듀서 어레이에는 B코드 송신 신호 패턴을, y축 트랜스듀서 어레이에는 A코드 송신 신호 패턴을 출력한다.

[0168] S12단계에서 교차 트랜스듀서 어레이(1411, 1412)은 펄서(601)로부터 송신 신호 패턴들을 입력받으면 이를 초음파 신호로 변환하여 대상체에 송신한다. x축 트랜스듀서 어레이는 B코드의 초음파 신호를, y축 트랜스듀서 어레이는 A코드의 초음파 신호를 송신한다.

[0169] S17단계에서 수신부(620)는 측 방향 트랜스듀서 어레이(x축 방향)에 수신된 피검체의 반사 신호로부터 고도 방향 트랜스듀서 어레이(y축 방향)(1411)가 송신한 코드를 획득하고, 고도 방향 트랜스듀서 어레이(y축 방향)(1411)수신된 피검체의 반사 신호로부터 축 방향 트랜스듀서 어레이(x축 방향)(1412)가 송신한 코드를 획득한다. S17단계는 S13단계와 S14단계로 나뉘어 진다.

[0170] S13단계에서 교차 트랜스듀서 어레이(1411, 1412)은 송신된 A코드, B코드 초음파 신호가 대상체에 반사되어 돌아온 반사 초음파 신호를 전기 신호로 다시 변환한다.

[0171] S14단계에서 수신 디코더(609)는 이 변환된 전기 신호를 A코드 신호와 B코드 신호로 분리한다.

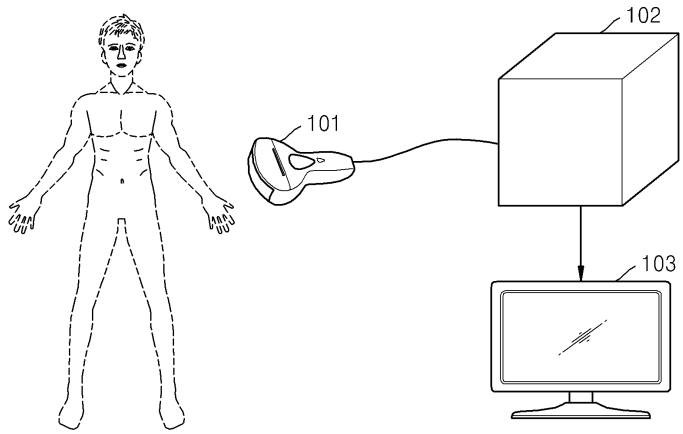
[0172] S15단계에서 영상 프로세서(610)는 분리된 A코드,B코드 신호를 이용하여 영상 정보를 얻고, 이 영상 정보를 이용하여 3차원 볼륨의 초음파 영상을 생성한다.

[0173] 한편, 상술한 본 발명의 실시예들은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성 가능하고, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다. 또한, 상술한 본 발명의 실시예에서 사용된 데이터의 구조는 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 여러 수단을 통하여 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체는 마그네틱 저장매체(예를 들면, 롬, 플로피 디스크, 하드 디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, 디브이디 등)와 같은 저장매체를 포함한다.

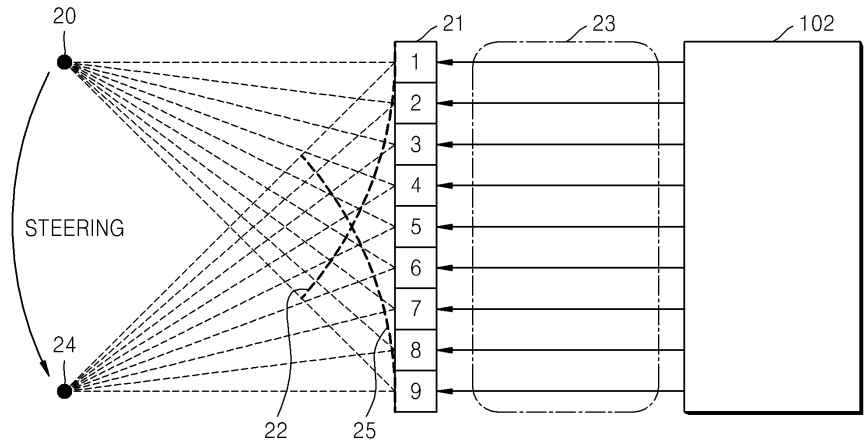
[0174] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

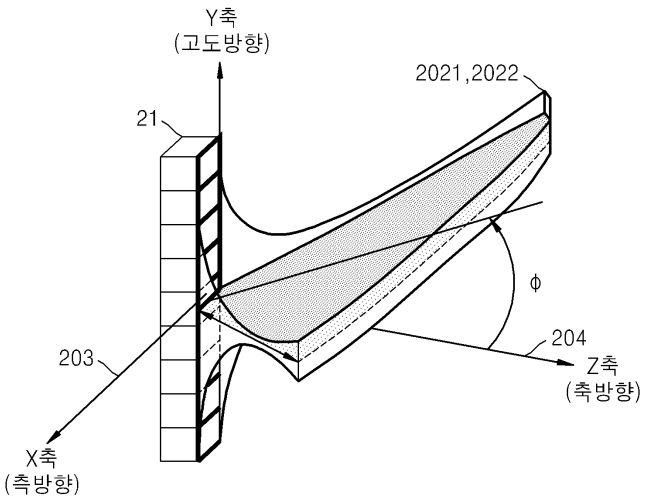
도면1



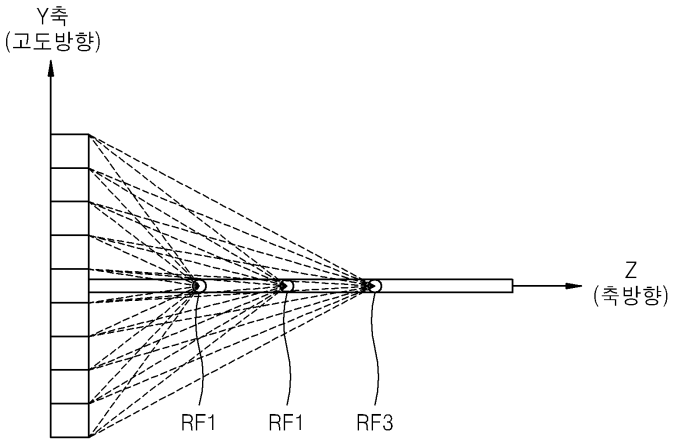
도면2



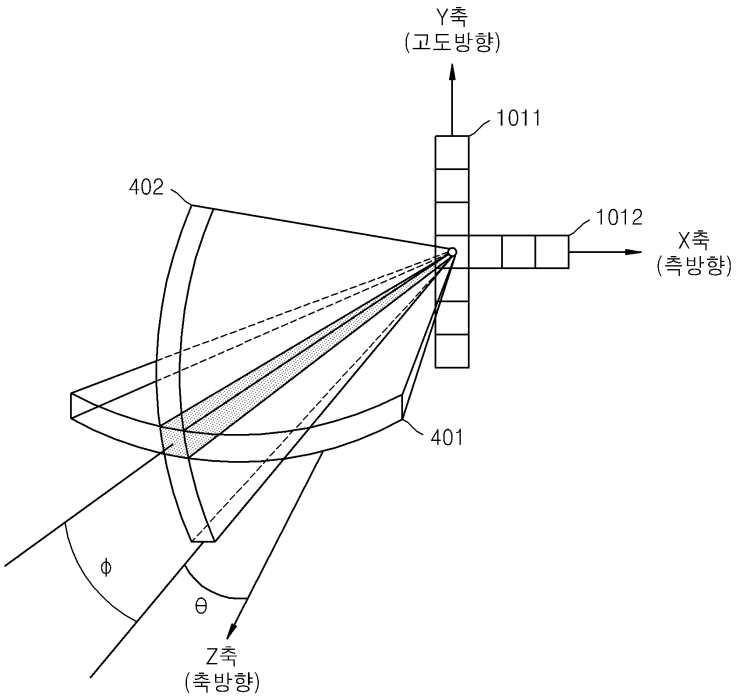
도면3



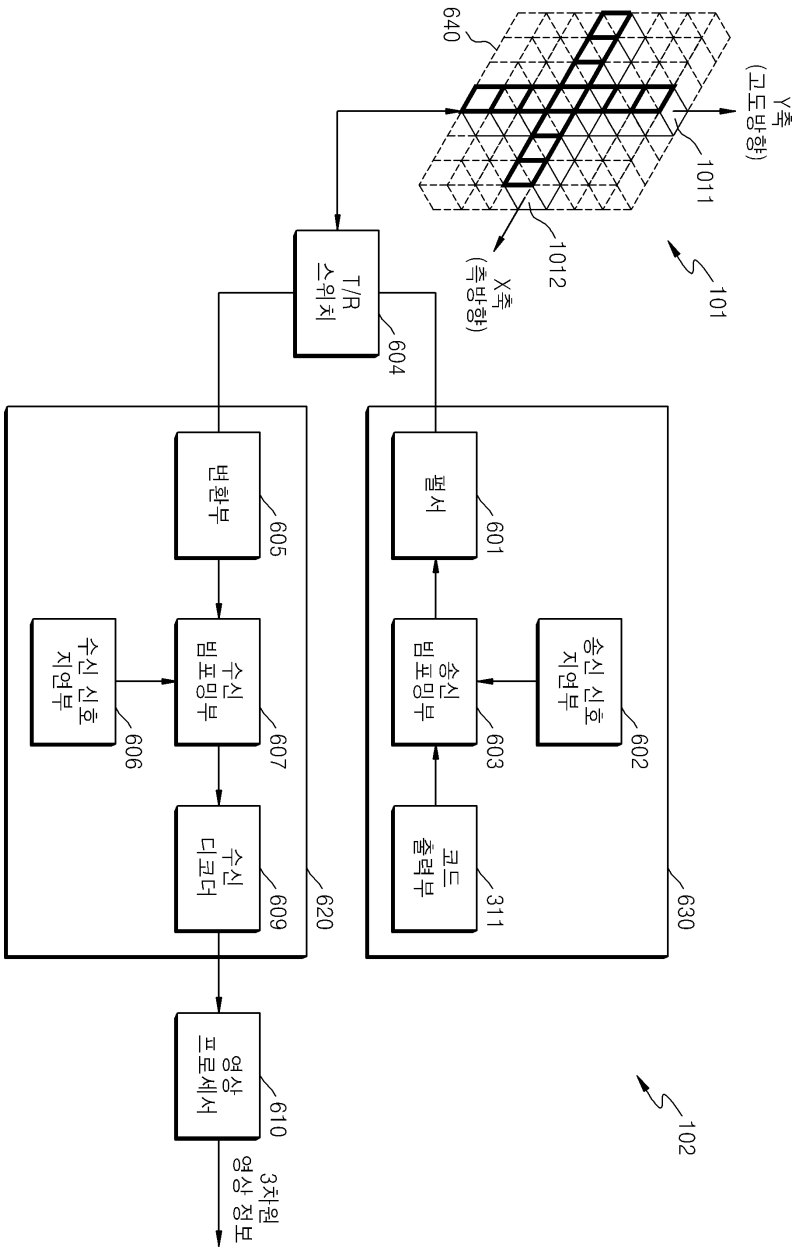
도면4


Y축
(고도방향)
Z
(축방향)
RF1
RF1
RF3

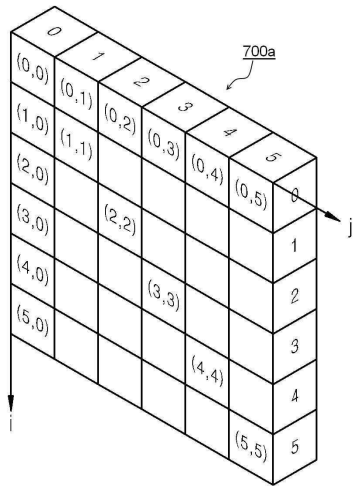
도면5


Y축
(고도방향)
1011
402
1012
X축
(측방향)
401
ϕ
θ
Z축
(축방향)

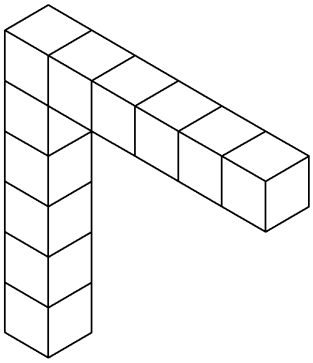
도면6


640
Y축
(고도방향)
1011
1012
X축
(측방향)
101
T/R
스위치
604
펄서
601
송신
빔포밍부
603
송신 신호
지연부
602
코드
출력부
311
630
변환부
605
수신
빔포밍부
607
수신 신호
지연부
606
수신
디코더
609
620
영상
프로세서
610
3차원
영상 정보
102

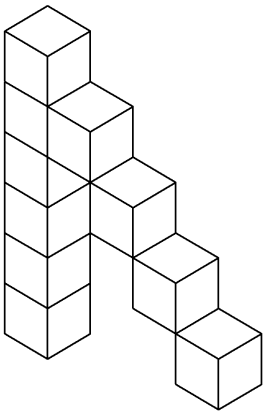
도면7a



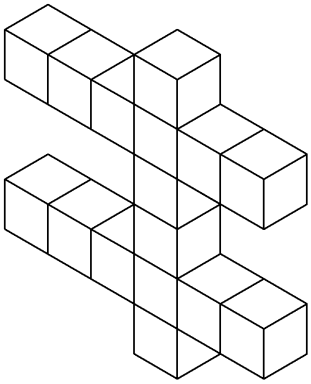
도면7b



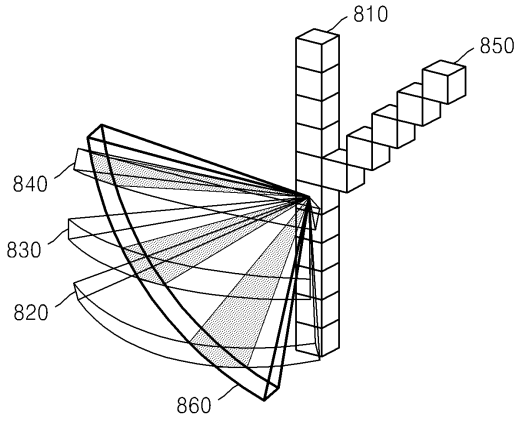
도면7c



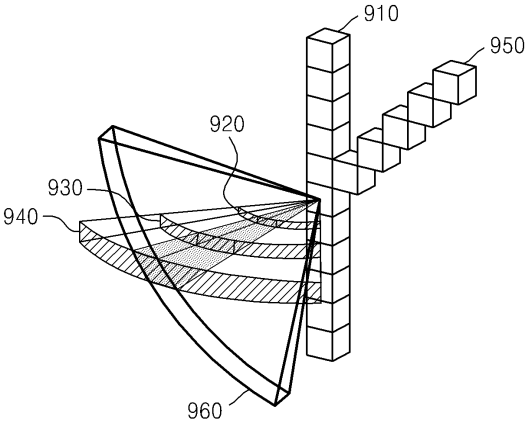
도면7d



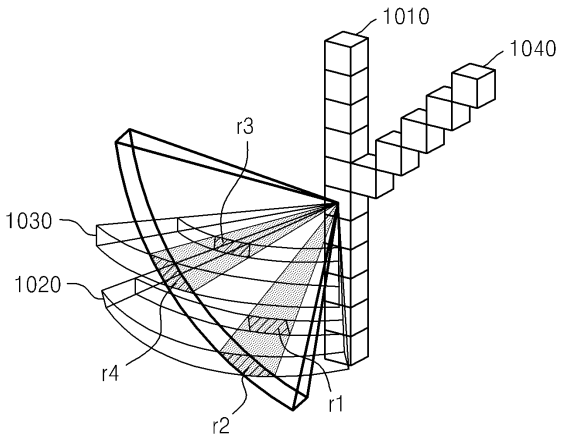
도면8



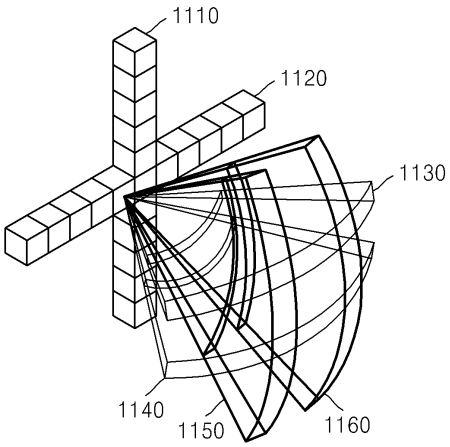
도면9



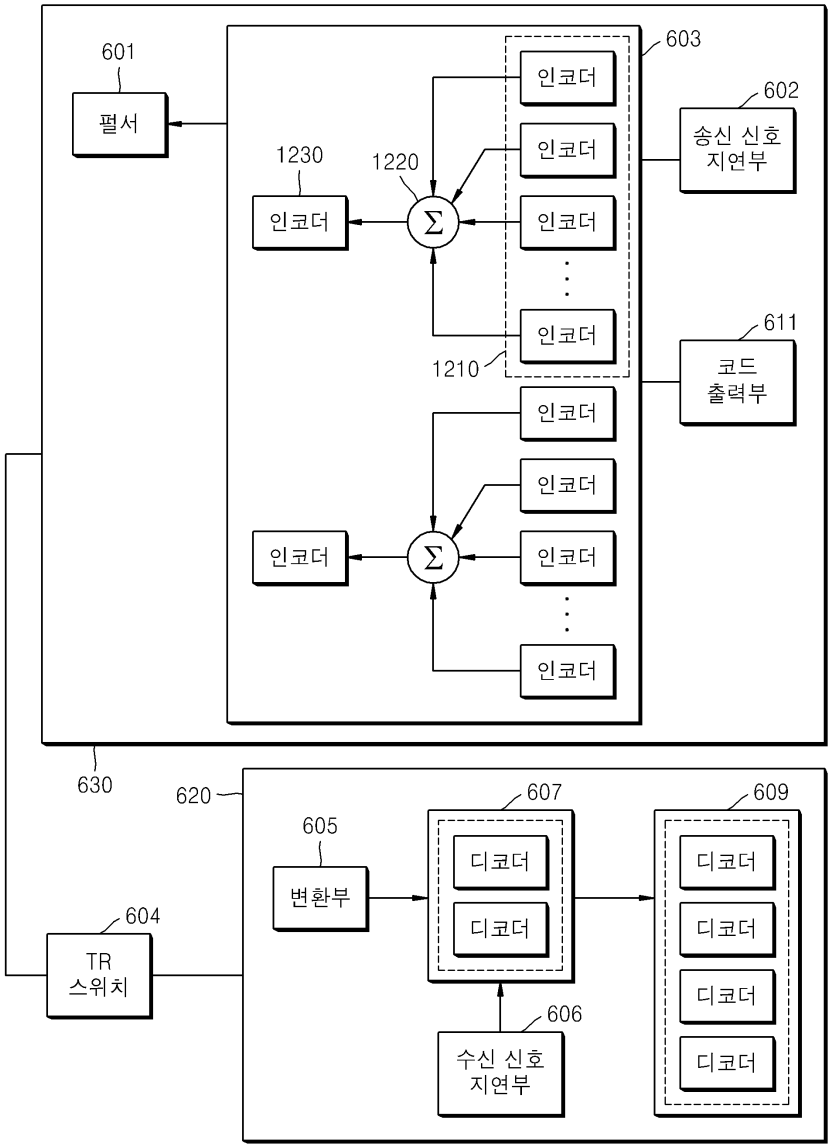
도면10



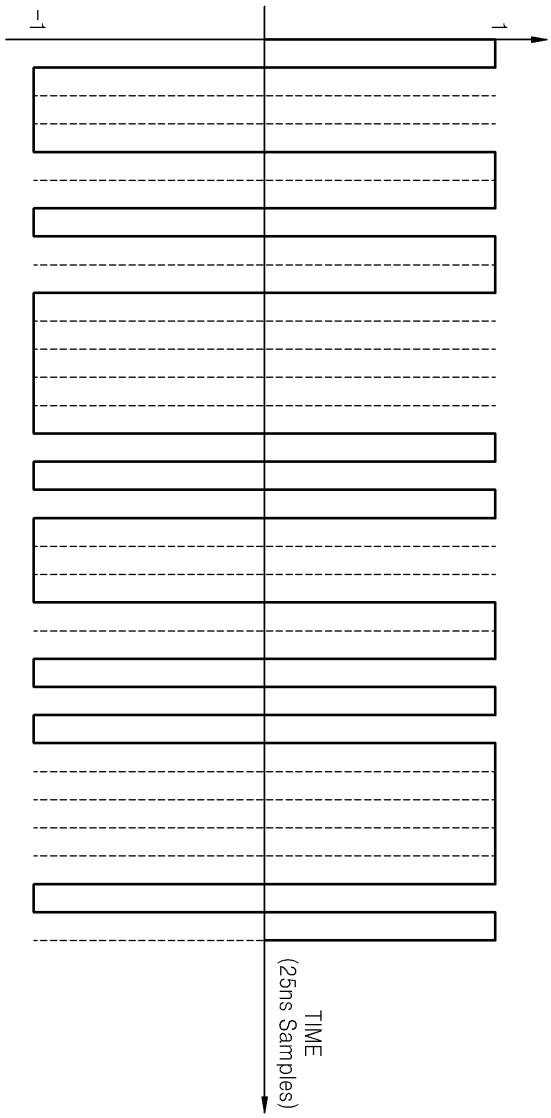
도면11



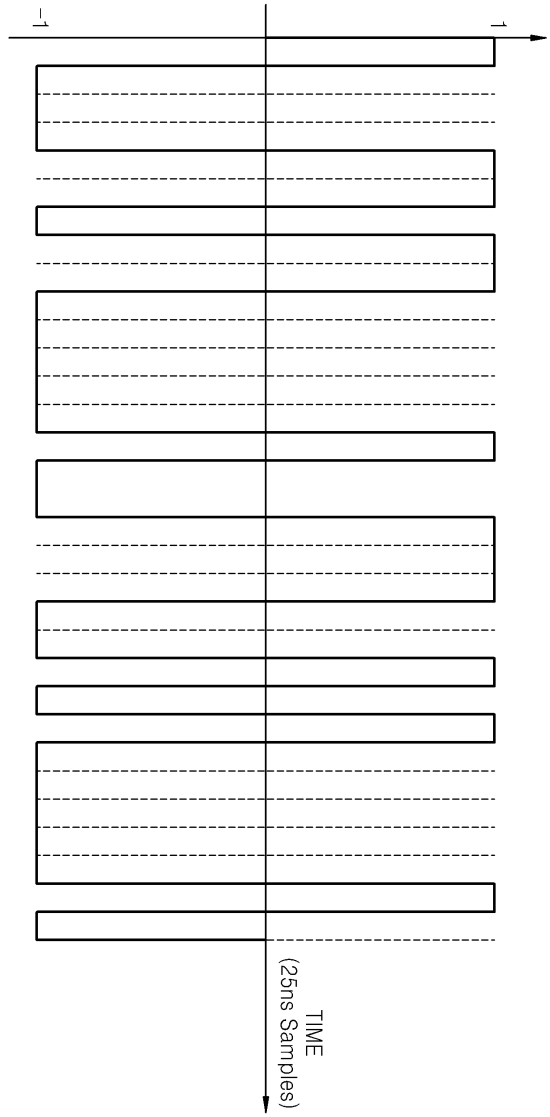
도면12


601
펄서
603
인코더
602
송신 신호 지연부
1230
1220
인코더
Σ
인코더
611
코드 출력부
1210
630
620
607
609
605
변환부
디코더
604
TR 스위치
606
수신 신호 지연부

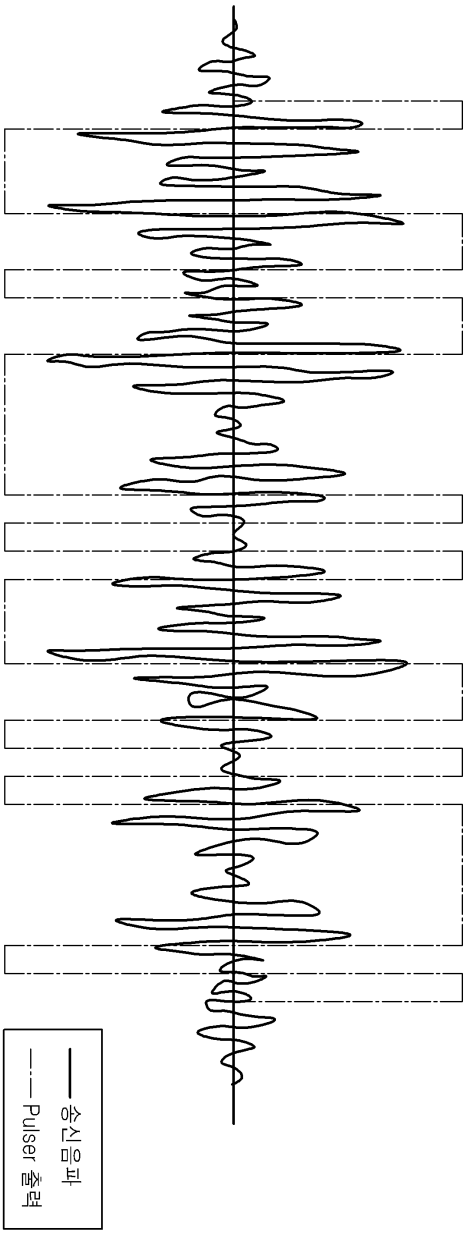
도면13a



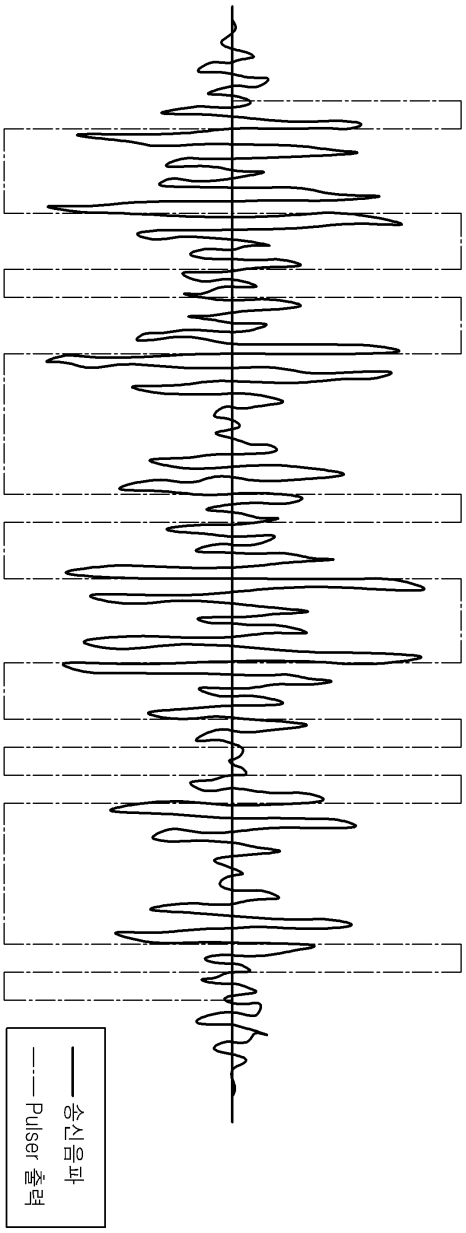
도면13b



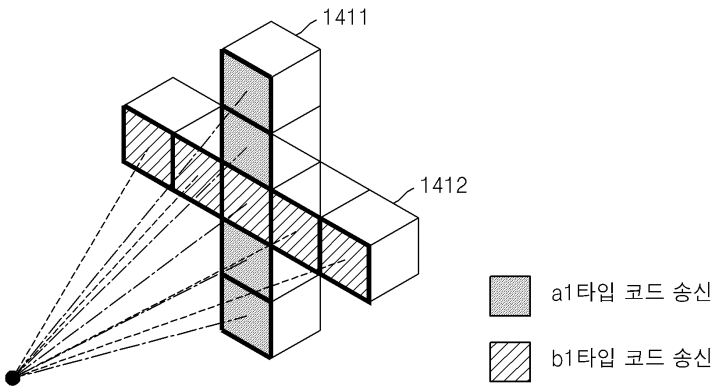
도면13c



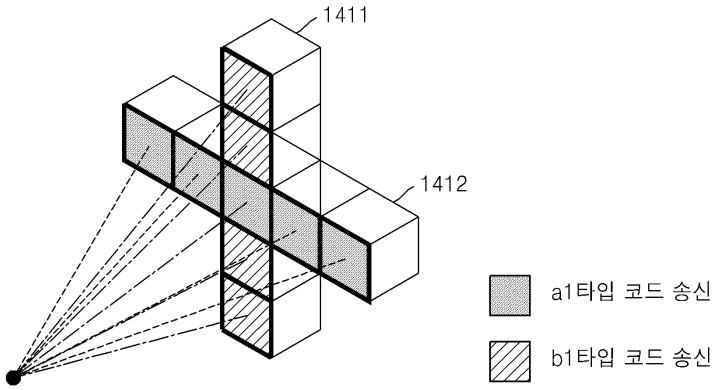
도면13d



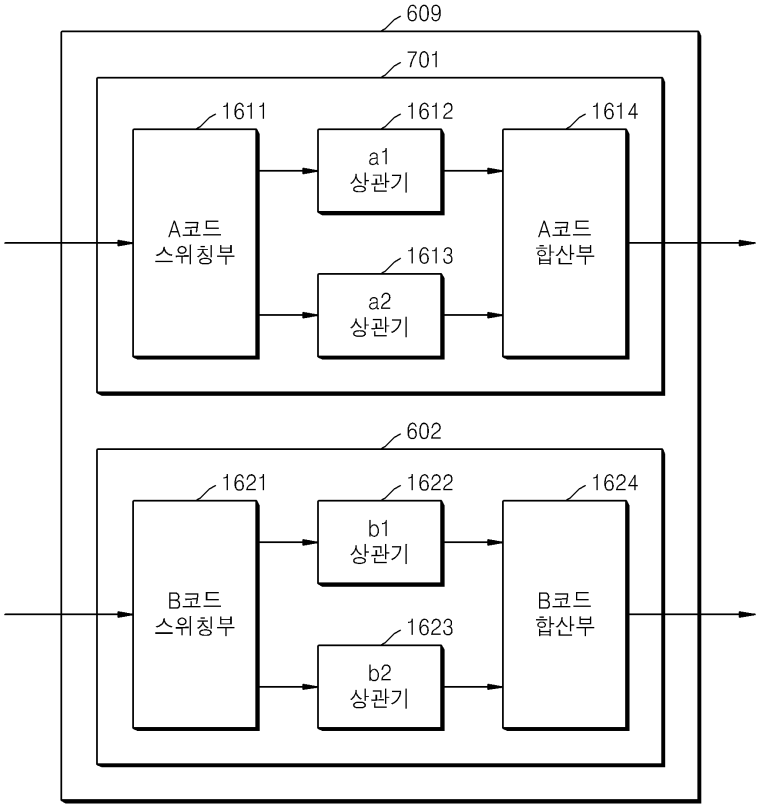
도면14



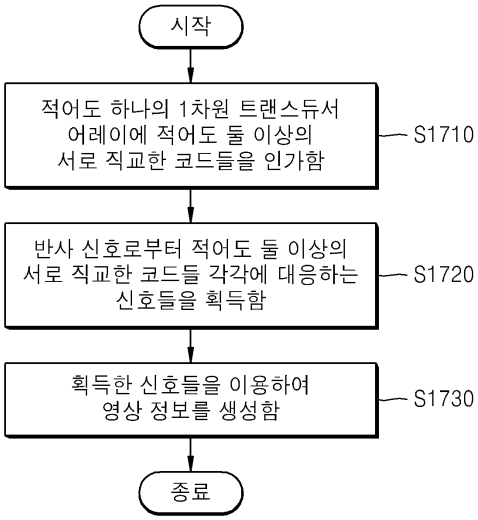
도면15


1411
1412
a1타입 코드 송신
b1타입 코드 송신

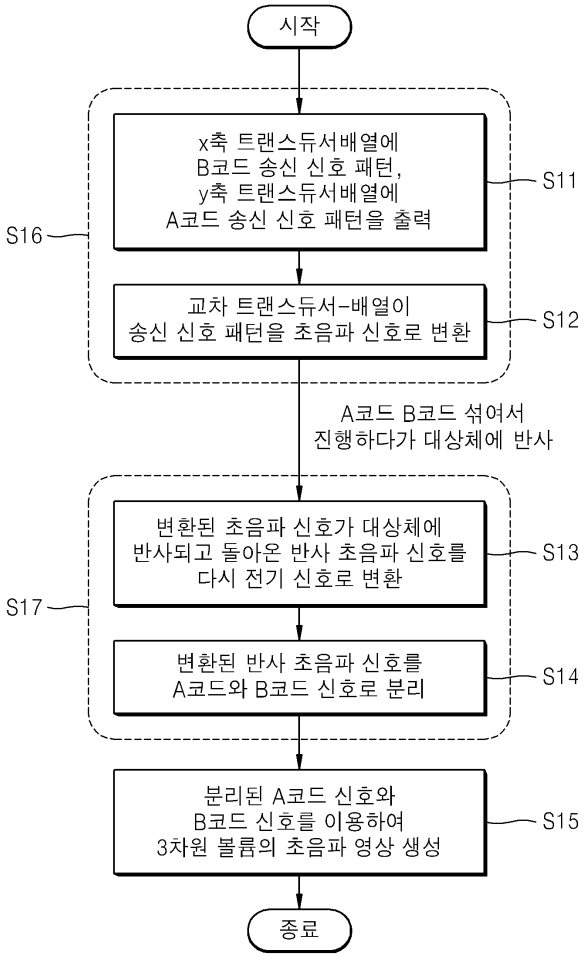
도면16


609
701
1611
1612
1614
a1
상관기
A코드
스위칭부
A코드
합산부
1613
a2
상관기
602
1621
1622
1624
b1
상관기
B코드
스위칭부
B코드
합산부
1623
b2
상관기

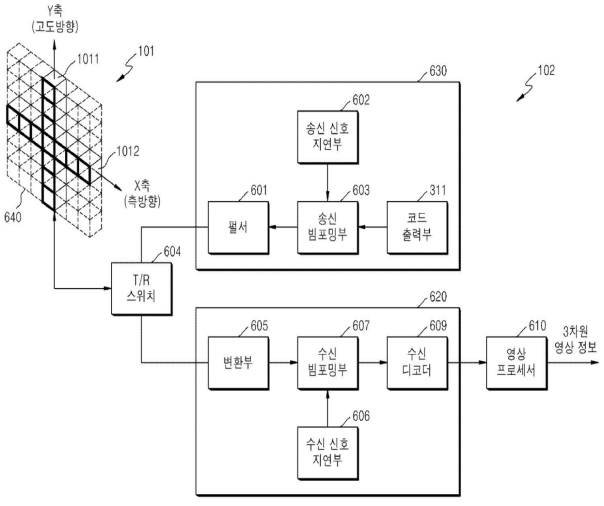
도면17


시작
적어도 하나의 1차원 트랜스듀서 어레이에 적어도 둘 이상의 서로 직교한 코드들을 인가함
S1710
반사 신호로부터 적어도 둘 이상의 서로 직교한 코드들 각각에 대응하는 신호들을 획득함
S1720
획득한 신호들을 이용하여 영상 정보를 생성함
S1730
종료

도면18


시작
x축 트랜스듀서배열에 B코드 송신 신호 패턴, y축 트랜스듀서배열에 A코드 송신 신호 패턴을 출력
S11
S16
교차 트랜스듀서-배열이 송신 신호 패턴을 초음파 신호로 변환
S12
A코드 B코드 섞여서 진행하다가 대상체에 반사
변환된 초음파 신호가 대상체에 반사되고 돌아온 반사 초음파 신호를 다시 전기 신호로 변환
S13
S17
변환된 반사 초음파 신호를 A코드와 B코드 신호로 분리
S14
분리된 A코드 신호와 B코드 신호를 이용하여 3차원 볼륨의 초음파 영상 생성
S15
종료

专利名称(译)	使用二维阵列换能器阵列进行三维超声体积扫描的方法和装置		
公开(公告)号	KR101378085B1	公开(公告)日	2014-03-27
申请号	KR1020120063401	申请日	2012-06-13
[标]申请(专利权)人(译)	三星电子株式会社		
申请(专利权)人(译)	三星电子有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	三星电子有限公司		
[标]发明人	KIM BAE HYUNG 김배형 KIM DONG WOOK 김동욱 SONG JONG KEUN 송종근 LEE SEUNG HEUN 이승헌 CHO KYUNG IL 조경일		
发明人	김배형 김동욱 송종근 이승헌 조경일		
IPC分类号	A61B8/14 G01N29/24		
CPC分类号	G01S15/8959 G01S15/8925 G01S7/52095 G01S15/8927 G01S7/52093 G01S15/8913 G01S15/8993 A61B8/4494		
其他公开文献	KR1020130139704A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

一种通过使用二维（2D）换能器阵列执行三维（3D）超声体积扫描的方法和设备，其中多个换能器元件被二维布置，包括应用至少两个与之正交的代码。彼此连接到包括在2D换能器阵列中的至少一个一维（1D）换能器阵列，1D换能器阵列具有从多个换能器元件中线性排列的换能器元件;从由目标对象反射并由多个换能器元件接收的信号中获得分别对应于彼此正交的代码的信号;通过使用获得的信号生成关于目标对象的图像数据。