(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl. [7]
A61B 8/00

(11) 공개번호 특2002-0087706
(43) 공개일자 2002년11월23일

(21) 출원번호 10-2001-0026650
(22) 출원일자 2001년05월16일

(71) 출원인 주식회사 메디슨
강원 홍천군 남면 양덕원리 114

(72) 발명자 황재섭
서울특별시도봉구도봉2동삼환아파트3동213호
송태경
서울특별시서초구잠원동동아아파트105동1403호

(74) 대리인 주성민
장수길

심사청구 : 있음

(54) 직교 성질을 갖는 골레이 코드 세트를 이용하는 초음파영상 형성 장치 및 방법

요약

본 발명은 직교 성질을 갖는 골레이 코드 세트를 초음파 송수신 신호로서 이용하는 초음파 영상 형성 장치 및 방법에 관한 것으로서, 골레이 코드의 직교성을 이용하여 동시에 여러 코드를 포함하는 초음파 신호를 송신하는 초음파 영상 형성 장치 및 방법을 제공한다. 골레이 코드의 직교성과 복수의 코드를 이용하는 본 발명은 골레이 코드를 이용하는 종래의 방법에 비해 훨씬 뛰어난 SNR을 기대할 수 있는 동시에, 일반적인 펄싱 기법에 비해 프레임 레이트가 저하되지 않는다.

대표도
도 3

색인어
초음파 송신, 골레이 코드, 직교 성질, 펄스 압축, 상관기

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 골레이 코드를 사용하는 초음파 영상 형성 장치의 개략적인 구성도.

도 2는 도 1에 도시한 종래 기술의 초음파 영상 형성 장치에 있어서 초음파 송신 과정을 설명하는 도면.

도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 초음파 영상 형성 장치의 개략적인 구성도.

도 4는 M = 2, L = 32인 경우의 제1 코드 시퀀스 세트(A_1, A_2) 및 제2 코드 시퀀스 세트(B_1, B_2)의 코드 패턴의 일례를 도시한 파형도.

도 5는 변환자의 중심 주파수로 변조된 코드 패턴의 일례를 도시한 파형도.

도 6은 도 3에 도시한 펄스 압축 필터링부(145)의 내부 구성도.

도 7은 본 발명의 제1 실시예에 따른 초음파 송신 과정을 설명한 도면.

도 8은 본 발명의 제2 실시예에 따른 초음파 송신 과정을 설명한 도면.

< 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >

100, 100' : 초음파 송신부

110 : 배열 변환자

120 : 송/수신 스위치

130 : 아날로그 수신부

140 : A/D 변환기

145 : 펄스 압축 필터링부

150, 150' : 수신 빔 형성부

155 : 펄스 압축부

160 : 에코 처리부

170 : 주사 변환부

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 초음파 영상 형성 장치 및 방법에 관한 것으로서, 특히 직교 성질을 갖는 골레이 코드 세트를 초음파 송수신 신호로서 이용하는 초음파 영상 형성 장치 및 방법에 관한 것이다.

초음파 영상 형성 장치는, 관측하려는 대상체로 초음파 신호를 송신하고, 대상체 내의 매질에서 반사되어 돌아오는 신호를 수신하고 처리하여 실시간으로 대상체의 단면 영상(plane images)을 제공하는 것으로서, 의료 기기 등에서 널리 유용하게 사용되고 있다.

초음파 영상 형성 장치에서 사용되는 초음파는, 그 세기가 클수록 매질에서 산란 또는 반사되어 수신되는 초음파의 세기가 커져서 좋은 신호 대 잡음비(SNR)를 얻을 수 있다. 따라서, 가능한 한 큰 진폭을 갖는 초음파, 즉 가능한 한 높은 전압의 송신파를 사용하는 것이 유리하다. 이 때, 초음파의 펄스 길이가 짧을수록 축방향(axial direction)의 해상도가 높아진다. 결과적으로, 진폭은 크고 펄스 길이는 짧은 초음파를 송신하는 것이 바람직하다.

그러나, 초음파 영상 형성 장치를 인체에 사용하는 경우에 인체에 미치는 영향 및 시스템의 하드웨어적 제약 등으로 인해, 신호 세기가 큰 초음파를 사용하는 데에는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하는 방법으로서, 여러가지 코드 형태의 초음파 신호를 사용하는 방법이 제안되었다. 코드 형태의 초음파 신호를 사용하면, 보다 긴 길이의 초음파를 송신할 수 있게 되므로, 순간적인 초음파의 세기를 적당히 조절하면서 보다 많은 에너지를 보낼 수 있어서 좋은 SNR을 얻을 수 있고, 또한 수신된 신호를 그 코드에 맞는 신호 처리를 통해 길이를 압축하여 축방향의 해상도도 확보할 수 있다.

이러한 코드에는 여러 가지가 있으나, 크게 나누어 1과 -1로만 구성되는 이상(biphase) 코드와 그렇지 않고 임의의 값으로 구성되는 코드로 나눌 수 있다. 이 중, 이상 코드를 사용하면 초음파 송신부의 하드웨어를 간편하게 할 수 있다. 이러한 이상 코드 중에서 골레이 코드는 이론적으로 가장 이상적인 압축이 가능하다고 알려져 있다.

골레이 코드는 서로 보수 관계인 이상 시퀀스(complementary biphase sequences)의 세트로 구성된 코드이다. 여기서, 길이가 L인 M개의 시퀀스를 갖는 임의의 이상 시퀀스 세트는 수학식 1과 같이 표현될 수 있다.

수학식 1

$$A_i = [a_{i1}, a_{i2}, \cdots, a_{iL}], \quad i = 1,2,\cdots,M$$

이러한 시퀀스 세트가 다음의 수학식 2를 만족하면 보수 관계를 갖는 이상 시퀀스 세트이고, 이러한 보수 관계의 이상 시퀀스 세트는 골레이 코드로 사용될 수 있다.

수학식 2

$$x(k) = \sum_{i=1}^{M} \sum_{l=1}^{L-k} a_{il}\ a^{*}_{i,l+k} = ML\delta(k), \quad k = 0,1,\cdots,L-1$$

여기서, δ(k)는 일반적인 디락 함수(dirac function)를 나타낸다.

이하에서는 일반적인 골레이 코드를 사용하는 초음파 영상 형성 장치에 대해 설명한다.

도 1은 종래의 골레이 코드를 사용하는 초음파 영상 형성 장치의 개략적인 구성도이다. 도 1에 도시한 바와 같이, 종래의 초음파 영상 형성 장치는, 초음파 송신부(100), 배열 변환자(array transducer)(110), 송/수신 스위치(120), 아날로그 수신부(130), A/D 변환기(140), 수신 빔 형성부(150), 펄스 압축부(155), 에코 처리부(160) 및 주사 변환부(170)로 이루어져 있다.

초음파 송신부(100)는 배열 변환자(110)에 전압 펄스를 인가하여, 배열 변환자(110)의 각각의 변환자에서 초음파 펄스가 출력되도록 한다. 보다 구체적으로, 각각의 변환자는 펄서에서 인가하는 펄스에 반응하여 초음파 신호를 발생시킨다. 송신 시에는 배열 변환자의 각각의 변환자에서 초음파 신호를 발생시키는 타이밍을 조절함으로써 진단 영역 내의 임의의 위치에 초음파가 송신 집속(transmit focusing)되도록 할 수 있다. 즉, 진단 영역 내의 임의의 위치에 초음파 신호가 동시에 도달하도록 펄서에서 각각의 변환자에 시간 지연을 두어서 펄스를 인가함으로써 원하는 위치에 초음파 신호를 송신 집속시키는 것이다. 이 때, 각 변환자에 대한 초음파 송신 지연 패턴을 결정하는 방법으로서, 대상체 내의

소정의 지점으로 초음파 펄스의 에너지가 집속되도록 하는 고정 집속 기법이 주로 사용되어 왔다. 또한, 근래에는 고정 집속 기법을 사용함으로써 생기는 해상도의 한계를 극복하기 위한 여러 가지 노력 중의 하나로서 합성 구경 기법(synthetic aperture method)이 제안되고 있다.

송/수신 스위치(120)는 초음파 송신부(100)에서 방출되는 고압의 전력이 아날로그 수신부(130)에 영향을 주지 않도록 하는 역할을 한다. 즉, 변환자가 송신 및 수신을 번갈아가며 수행할 때, 초음파 송신부(100)와 아날로그 수신부(130)를 적절히 스위칭해준다.

배열 변환자(110)는 다수의 (예를 들어 128개) 변환자로 구성되어 있고, 각각의 변환자는 초음파 송신부(100)로부터의 전압 인가에 응답하여 초음파 펄스를 출력한다. 전술한 바와 같이 송신 방법으로서 고정 집속 기법이나 합성 구경 기법 등이 사용될 수 있다. 이때, 다수의 변환자 중에서 일부의 변환자만이 일회 송신시에 사용된다. 예를 들어 고정 집속 기법에서는, 128개의 변환자를 포함하고 있는 영상 형성 장치라 하여도, 일회 송신 시에는 소정의 구경(aperture) 내의 64개의 변환자만이 초음파 신호를 대상체로 송신하여 하나의 송신 주사선(scan line)을 형성할 수 있다.

아날로그 수신부(130)는, 배열 변환자(110)의 각각의 변환자에서 출력된 초음파 펄스가 대상체에서 반사되어 돌아오는 반사 신호를 수신하고, 수신된 반사 신호를 증폭, 에일리어싱(aliasing) 현상 및 잡음 성분의 제거, 초음파가 신체 내부를 통과하면서 발생하는 감쇄의 보정 등의 처리를 거친 후 처리된 신호를 A/D 변환기(140)에 전송한다. A/D 변환기(140)는 아날로그 수신부(130)로부터 수신된 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환시켜서, 수신 빔 형성부(150)에 제공한다. 수신 빔 형성부(150)는 A/D 변환기(140)로부터 수신된 신호들에 서로 다른 지연량(amount of delay) [수신 집속(focusing)을 하려는 위치에 따라 결정됨]을 적용하고 지연된 신호들을 합성함으로써 동적(dynamic) 수신 집속을 수행한다.

펄스 압축부(155)는 수신 빔 형성부(150)에서 수신된 신호를 처리하여 짧은 펄스 방식의 초음파 영상 장치에서와 비슷한 해상도를 얻기 위해서 펄스 압축을 수행한다. 골레이 코드와 같이 긴 코드를 사용하는 초음파 영상 형성 장치에서, 수신 빔 형성부(150)에서 수신된 신호는 측엽이 매우 커서 영상을 구성하기에 적합하지 않기 때문에 이러한 펄스 압축이 수행될 필요가 있다.

에코 처리부(160)는 펄스 압축부(155)로부터의 펄스 압축된 신호를 기저 대역 신호(baseband signals)로 변화시키고 직교 복조기(quadrature demodulator)를 사용해서 포락선(envelope)을 검출하여 하나의 주사선에 대한 데이터를 얻는다.

주사 변환부(170)는 에코 처리부(160)에서 얻어진 데이터를 메모리 (도시 생략)에 저장하고, 저장된 데이터의 주사 방향을 모니터의 화소 방향과 일치시키는 한편, 그 데이터를 모니터의 대응하는 화소 위치로 매핑시킨다.

도 2는 도 1에 도시한 종래 기술의 초음파 영상 형성 장치에 있어서 초음파 송신 과정을 설명하는 도면이다. 설명의 편의상, 도 2에서는, 길이가 L이고 M = 2인 하나의 코드 시퀀스 세트(A_1, A_2)를 포함하는 골레이 코드를 사용하며, 한 개의 집속점(focal point) P에 집속하여 송신하는 예를 도시한다.

먼저, 하나의 PRI(pulse repetition interval)에서 송신하는 제1 송신 시, 배열 변환자(110)의 소정의 구경 내의 모든 배열 소자들(1a 1h)은 제1 코드 시퀀스 A_1에 집속점이 P가 되도록 지연량을 부가하여 대상체에 송신하고, 대상체로부터 반사된 신호를 수신한다.

이어서, 다음의 PRI에서 송신하는 제2 송신 시, 상기한 소정의 구경 내의 모든 배열 소자들(1a 1h)은 제2 코드 시퀀스 A_2에 집속점이 P가 되도록 지연량을 부가하여 대상체에 송신하고, 대상체로부터 반사된 신호를 수신한다.

이러한 두 번의 송신으로부터 수신된 신호를 이용하여 하나의 주사선(scan line)에 대한 영상을 구성한다. 보다 구체적으로, 각각의 배열 소자들(1a 1h)로부터 수신된 수신 신호를 펄스 압축(pulse compression)한 후에 적절한 지연량을 가하여 더한다. 이 때, 지연량을 가하여 더한 후 그 결과 신호에 대해 펄스 압축을 수행해도 된다.

이와 같이, 종래의 이상 골레이 코드를 사용하면서 한 개의 집속점에 송신 집속하는 경우, 하나의 주사선을 형성하기 위해서는, 하나의 골레이 코드에 포함된 시퀀스의 수, 즉 M번 송신해야 한다. 결과적으로, 일반적인 펄싱 기법에 비해서 프레임 레이트(frame rate)가 1/M만큼 감소하게 되는 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 직교 성질을 갖는 골레이 코드 세트를 이용함으로써 골레이 코드의 이점인 양호한 SNR와 축방향 해상도를 확보하면서, 프레임 레이트를 감소시키지 않는 초음파 영상 형성 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 제1 특징에 따르면, 대상체에 대한 초음파 영상을 형성하는 장치에 있어서, 서로 직교하는 M 개의 코드 세트 - 각각의 코드 세트는 서로 보수 관계에 있는 M 개의 코드 시퀀스로 이루어짐 -를 저장하는 수단과, 상기 M 개의 코드 세트 내의 대응하는 각각의 코드 시퀀스를 조합하여 얻은 M 개의 조합된 신호를 초음파 송신 신호로서 상기 대상체 내에 대응하는 M 개의 집속점에 순차적으로 송신하는 수단과, 상기 송신된 각각의 초음파 신호에 대해 상기 각각의 대응하는 집속점으로부터 반사된 신호를 수신하는 수단과, 상기 반사 신호로부터 상기 저장된 M 개의 코드 세트 내의 상기 M 개의 코드 시퀀스에 해당하는 데이터를 추출하고 처리하여 상기 대상체에 대한 초음파 영상을 형성하는 처리 수단을 포함하는 초음파 영상 형성 장치가 제공된다.

본 발명의 제2 특징에 따르면, 대상체에 대한 초음파 영상을 형성하는 방법에 있어서, 서로 직교하는 M 개의 코드 세트 - 각각의 코드 세트는 서로 보수 관계에 있는 M 개의 코드 시퀀스로 이루어짐 -를 마련하는 단계와, 상기 M 개의 코드 세트 내의 대응하는 각각의 코드 시퀀스를 조합하여 얻은 M 개의 조합된 신호를 초음파 송신 신호로서 상기 대상체 내에 대응하는 M 개의 집속점에 순차적으로 송신하는 단계와, 상기 송신된 각각의 초음파 신호에 대해 상기 각각의 대응하는 집속점으로부터 반사된 신호를 수신하는 단계와, 상기 반사 신호로부터 상기 저장된 M 개의 코드 세트 내의 상기 M 개의 코드 시퀀스에 대응하는 데이터를 추출하고 처리하여 상기 대상체에 대한 초음파 영상을 형성하는 처리 단계를 포함하는 초음파 영상 형성 방법이 제공된다.

발명의 구성 및 작용

다음으로, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 도면 전체에서, 도 1 및 도 2의 구성 요소와 동일하거나 유사한 구성 요소에 대해서는 동일 부호를 부여하여 그에 대한 설명을 생략한다.

본 발명의 실시예를 설명하기 전에, 본 발명에서 이용하고자 하는 골레이 코드의 직교성(orthogonality)에 대해 살펴본다.

수학식 2에서 정의한 보수 관계의 코드 시퀀스 세트 (예를 들어, A_1, A_2)는 대응하는 시퀀스끼리 상호 직교하는 보수 관계의 코드 시퀀스 세트 (예를 들어, B_1, B_2)를 가진다. 즉, 다음의 수학식 3을 만족하는 코드 시퀀스 세트가 M개 존재할 수 있다.

수학식 3

$$x(k)=\sum_{i=1}^{M}\sum_{l=1}^{L-k}a_{il}b^{*}_{i,l+k}=0,\quad k=0,1,\cdots,L-1$$

본 발명은 초음파 송신 시에 상기한 보수 관계의 코드 시퀀스 세트(A_1, A_2) 및 이에 대해 상호 직교하는 보수 관계의 코드 시퀀스 세트(B_1, B_2)를 사용하여 초음파 영상을 형성하는 기술을 제공한다.

< 제1 실시예>

도 3은 상기한 두 개의 코드 시퀀스 세트[(A_1, A_2) 및 (B_1, B_2)]를 사용하는 본 발명의 제1 실시예에 따른 초음파 영상 형성 장치의 개략적인 구성도이다. 도 3에서, 초음파 송신부(100'), 펄스 압축 필터링부(145) 및 수신 빔 형성부(150')를 제외한 나머지 구성 요소는 도 1에 도시한 종래의 초음파 영상 형성 장치의 구성과 동일하며, 전술한 바와 같이 동일한 구성 요소에 대한 설명을 생략한다.

초음파 송신부(100')는 제1 코드 시퀀스 세트(A_1, A_2) 및 제2 시퀀스 코드 세트(B_1, B_2)를 사용하여 대상체에 초음파를 송신한다. 후술하겠지만, 제1 코드 시퀀스 세트(A_1, A_2)는 n번째 주사선을 형성하게 되며, 제2 코드 시퀀스 세트(B_1, B_2)는 n+1번째 주사선을 형성하게 된다.

도 4는 예를 들어 M = 2, L = 32인 경우의 제1 코드 시퀀스 세트(A_1, A_2) 및 제2 코드 시퀀스 세트(B_1, B_2)의 코드 패턴의 일례를 도시한 파형도이다. 통상, 이러한 코드를 직접 변환자에 인가하면, 송신 효율이 나빠지므로, 변환자의 중심 주파수로 변조된 코드를 사용하는 것이 유리하다. 따라서, 본 실시예에서는 변환자의 중심 주파수로 변조된 코드를 사용하고 있다. 도 5의 (a) (d)는 변환자의 중심 주파수로 변조된 코드 패턴의 일례를 도시한 파형도이다.

초음파 송신부(100')에서는 제1 송신 시에는 제1 코드 시퀀스 A_1와 이에 직교하는 제1 직교 코드 시퀀스 B_1의 합을 나타내는 송신 펄스 신호 $X(A_1+B_1)$를 배열 변환자(110)의 소정 구경 내의 각각의 변환자(1a~1h)에 제공하고, 제2 송신 시에는 제2 코드 시퀀스 A_2와 이에 직교하는 제2 직교 코드 시퀀스 B_2의 합을 나타내는 송신 펄스 신호 $Y(A_2+B_2)$를 제공한다. 즉, 본 발명에 따른 초음파 송신부(100')는 종래의 골레이 코드를 사용하는 경우와는 달리 다단계의 레벨로 형성된 초음파 신호를 송신한다. 보다 구체적으로, 종래의 초음파 송신부(100)는 {+1, -1} 두 단계의 고압 송신 펄스로 구동되는 것에 반해, 본 발명의 초음파 송신부(100')는 지연량이 서로 다르며 직교하는 두 개의 코드 시퀀스(A_1과 B_1 또는 A_2와 B_2)의 합을 나타내는 {+2, +1, 0, -1, -2}의 다단계 (즉, 임의의 M에 대해 2M+1 단계)의 고압 송신 펄스로 구동된다. 이러한 고압 송신 펄스가 변환자의 중심 주파수로 변조된 일례를 도 5의 (e), (f)에 도시한다. 본 발명에 따른 초음파 송신 과정에 대한 상세한 설명은 도 7 및 도 8을 참조하여 후술한다.

펄스 압축 필터링부(145)는 A/D 변환기(140)와 수신 빔 형성부(150)간에 접속되어, 송신 펄스 신호 $X(A_1+B_1)$ 및 $Y(A_2+B_2)$에 대해 대상체로부터 반사되어 돌아오는 수신 펄스 신호 $X'(A_1+B_1)$ 및 $Y'(A_2+B_2)$으로부터 n번째 주사선 및 n+1번째 주사선을 형성하는 데에 필요한 데이터들을 필터링한다. 즉, 임의의 변환자에서 송신된 신호는 주사선 n에 해당하는 데이터 (즉, A_1, A_2)와 주사선 n+1에 해당하는 데이터 (즉, B_1, B_2)가 섞여 있게 되므로, 펄스 압축 필터링부(145)는 각각의 주사선에 해당하는 데이터들을 구별하여 수신 빔 형성부(150')에 제공한다.

도 6은 도 3에 도시한 펄스 압축 필터링부(145)의 내부 구성을 도시한다. 도시한 바와 같이, 펄스 압축 필터링부(145)는 물리적으로 병렬 접속된 M 개의 상관기를 포함한다. 본 실시예에서는 M = 2인 경우에 대해 예시하고 있으므로, 2개의 상관기(146, 148)가 제공된다. 도시한 바와 같이, 이들 상관기의 출력단에는 가산기(147, 149)가 각각 접속되어 있다. 제1 상관기(146)는 수신 펄스 신호 $X'(A_1+B_1)$로부터 A_1을 추출하고 수신 펄스 신호 $Y'(A_2+B_2)$로부터 A_2를 추출하여 제1 가산기(147)에 제공한다. 제1 가산기(147)는 이들 A_1과 A_2를 더하여 n번째 주사선에 대응하는 RF 데이터로서 수신 빔 형성부(150')의 제1 수신 빔 형성부(151)에 제공한다. 마찬가지로, 제2 상관기(148)는 수신 펄스 신호 $X'(A_1+B_1)$로부터 B_1을 추출하고 수신 펄스 신호 $Y'(A_2+B_2)$로부터 B_2를 추출하여 제2 가산기(149)에 제공한다. 제2 가산기(149)는 이들 B_1과 B_2를 더하여 n+1번째 주사선에 대응하는 RF 데이터로서 수신 빔 형성부(150')의 제2 수신 빔 형성부(152)에 제공한다.

수신 빔 형성부(150')는 펄스 압축 필터링부(145)로부터의 RF 데이터를 사용하여 동적 수신 집속을 수행한다. 이 때, n번째 주사선에 대응하는 RF 데이터 및 n+1번째 주사선에 대응하는 RF 데이터를 동시에 처리하기 위하여, 본 발명에 따른 수신 빔 형성부(150')는 두 개의 수신 빔 형성부, 즉 제1 수신 빔 형성부(151)와 제2 수신 빔 형성부(152)를 포함하고 있다. 제1 수신 빔 형성부(151)는 제1 상관기(146)를 통해 가산기(147)로부터 n번째 주사선용 RF 데이터를 입력받아 집속점 P에 대한 동적 수신 집속을 수행하며, 제2 수신 빔 형성부(152)는 제2 상관기(147)를 통해 가산기(148)로부터 n+1번째 주사선용 RF 데이터를 입력받아 집속점 Q에 대한 동적 수신 집속을 수행한다. 이 경우, 일반적인 듀얼 빔 수신 기능(dual-beam receiving)을 추가하려면, 네 개의 수신 빔 형성부를 구비하면 된다.

다음으로, 도 7을 참조하여, 본 발명의 제1 실시예에 따른 초음파 송신 과정을 설명한다.

먼저, 제1 송신 시, 배열 변환자(110)의 소정의 구경 내의 모든 변환자들(1a 1h)은, 제1 코드 시퀀스 A_1에 송신 집속 지연량을 가하여 n번째 주사선 상의 송신 집속 위치인 집속점 P에 송신 집속함과 동시에 제1 직교 코드 시퀀스 B_1에 송신 집속 지연량을 가하여 n+1번째 주사선 상의 송신 집속 위치인 집속점 Q에 송신 집속하기 위하여, 각각의 변환자는 지연량이 서로 다르며 직교하는 두 개의 코드 시퀀스 A_1 및 B_1을 합한 신호 $X(A_1+B_1)$를 대상체로 송신한다.

제2 송신 시, 제1 송신 시에 사용된 동일한 구경내의 모든 변환자들(1a 1h)은, 제2 코드 시퀀스 A_2에 송신 집속 지연량을 가하여 n번째 주사선 상의 송신 집속 위치인 집속점 P에 송신 집속함과 동시에 제2 직교 코드 시퀀스 B_2에 송신 집속 지연량을 가하여 n+1번째 주사 선상의 송신 집속 위치인 집속점 Q에 송신 집속하기 위하여, 각각의 변환자는 지연량이 서로 다르며 직교하는 두 개의 코드 시퀀스 A_2 및 B_2를 합한 신호 $Y(A_2+B_2)$를 대상체로 송신한다.

본 발명의 제1 실시예에서, 수신 시에는, $X(A_1+B_1)$와 $Y(A_2+B_2)$의 반사 신호인 $X'(A_1+B_1)$와 $Y'(A_2+B_2)$로부터 A_1, A_2 및 B_1, B_2를 각각 추출하여 n번째 주사선 및 n+1번째 주사선을 형성하기 위한 데이터를 구한다.

이와 같이, 본 발명의 제1 실시예에 따르면, 한 번의 송신 시, 직교하는 두 개의 코드 시퀀스 (A_1과 B_1 또는 A_2와 B_2)로 이루어진 골레이 코드 세트[$X(A_1+B_1)$ 또는 $Y(A_2+B_2)$]를 송신하게 되므로, 두 번 송신하는 경우 두 개의 주사선에 대한 초음파 영상 데이터를 얻을 수 있다. 따라서, 일반적인 펄싱 기법에 비해서 프레임 레이트가 저하되지 않는다.

또한, 선택된 구경 내의 모든 변환자가 사용되고 있으므로 골레이 코드가 갖는 SNR의 손실이 전혀 없다. 즉, 기존 방식과 동일한 해상도를 제공하면서 골레이 코드 길이 L에 상응하게 SNR의 증가를 얻게 된다.

< 제2 실시예>

다음으로, 도 8을 참조하여, 본 발명의 제2 실시예에 따른 초음파 송신 과정을 설명한다.

본 발명의 제2 실시예가 상기한 제1 실시예와 다른 점은, 두 개의 송신 집속점 P, Q가 하나의 주사선 위에 존재한다는 점이다. 따라서, 제1 실시예와는 달리 복수의 수신 빔 형성부를 필요로 하지 않는다.

먼저, 제1 송신 시, 배열 변환자(110)의 소정의 구경 내의 모든 변환자들(1a 1h)은, 제1 코드 시퀀스 A_1에 송신 집속 지연량을 가하여 n번째 주사선 상의 송신 집속 위치인 집속점 P에 송신 집속함과 동시에, 모든 변환자들(1a 1h)은 제1 직교 코드 시퀀스 B_1에 송신 집속 지연량을 가하여 동일 주사선, 즉 n번째 주사선 상의 송신 집속 위치인 집속점 Q에 송신 집속하기 위하여, 각각의 변환자는 지연량이 서로 다르며 직교하는 두 개의 코드 시퀀스 A_1 및 B_1을 합한 신호 $X(A_1+B_1)$를 대상체로 송신한다.

제2 송신 시, 제1 송신 시에 사용된 동일한 구경 내의 모든 변환자들(1a 1h)은, 제2 코드 시퀀스 A_2에 송신 집속 지연량을 가하여 n번째 주사선 상의 송신 집속 위치인 집속점 P에 송신 집속 함과 동시에 제2 직교 코드 시퀀스 B_2에 송신 집속 지연량을 가하여 동일 주사선, 즉 n번째 주사선 상의 송신 집속 위치인 집속점 Q에 송신 집속 하기 위하여, 각각의 변환자는 지연량이 서로 다르며 직교하는 두 개의 코드 시퀀스 A_2 및 B_2를 합한 신호 $Y(A_2+B_2)$를 송신한다.

본 발명의 제2 실시예에 따르면, 제1 실시예와는 달리 복수의 수신 빔 형성부를 필요로 하지 않으며, 두 번 송신하여 두 개의 송신 집속점에 대한 데이터를 얻게 되므로, 일반적인 펄싱 기법에 비해서 프레임 레이트가 감소하지 않는다. 특히, 저가형 초음파 영상 형성 장치의 경우, 집속 후에 압축하게 되면, 코드를 사용하지 않는 일반적인 펄싱 기법과 비교할 때, 기존의 수신 기법은 그대로 사용하고, 단지 송신 기법을 본 발명에 따르면서 두 개의 상관기만 더 추가하면 기존의 프레임 레이트를 확보할 수 있다.

또한, 이러한 본 발명의 제2 실시예를 1점 송신 집속점을 갖는 일반적인 펄싱 기법과 비교하면 프레임 레이트는 1/M만큼 저하되지만, 다중 송신 집속에 의해 영상의 여러 부분에 걸쳐서 정확한 영상을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 뛰어난 SNR을 얻을 수 있다.

발명의 효과

이상 설명한 바와 같이, 본 발명은 골레이 코드의 직교성을 이용하여 동시에 여러 코드를 송신함으로써, 음장 특성은 동일하게 얻으면서도 프레임 레이트가 줄어들지 않는다. 따라서, 본 발명에 따르면, 골레이 코드를 이용하는 종래의 방법에 비해 훨씬 뛰어난 SNR을 기대할 수 있는 동시에, 일반적인 펄싱 기법에 비해 프레임 레이트가 저하되지 않는다.

이상, 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 설명하였으나, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상에 기초한 다양한 수정례 및 변형례도 본 발명의 범주에 속할 수 있다. 예를 들어, 본 발명은 M = 2인 경우를 예시하고 있으나 M > 2인 경우에도 용이하게 확장할 수 있다. 보다 구체적으로, M = 3인 경우에는, 하나의 골레이 코드와 이에 직교하는 2개의 직교 코드를 사용하여, 3개의 집속점에 집속하면 된다.

또한, 본 발명은 1차원(1D) 어레이에 대해 설명하고 있으나, 배열 변환자가 2차원 평면 (또는 곡면)상에 분포하는 2D 어레이, 이 2D 어레이와 유사한 구조를 갖지만 변환자의 수직 방향 크기를 어느 정도 크게 만들어서 총 변환자의 수를 적게 한 1.75D 어레이, 이 1.75D 어레이를 보다 간단하게 만든 것으로서 수직 방향으로 대칭 위치의 변환자끼리 전기적으로 서로 묶여져 있는 1.5D 어레이 등에도 적용할 수 있음은 자명하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

대상체에 대한 초음파 영상을 형성하는 장치에 있어서,

서로 직교하는 M 개의 코드 세트 - 각각의 코드 세트는 서로 보수 관계에 있는 M 개의 코드 시퀀스로 이루어짐 - 를 저장하는 수단과,

상기 M 개의 코드 세트 내의 대응하는 각각의 코드 시퀀스를 조합하여 얻은 M 개의 조합된 신호를 초음파 송신 신호로서 상기 대상체 내에 대응하는 M 개의 집속점에 순차적으로 송신하는 수단과,

상기 송신된 각각의 초음파 신호에 대해 상기 각각의 대응하는 집속점으로부터 반사된 신호를 수신하는 수단과,

상기 반사 신호로부터 상기 저장된 M 개의 코드 세트 내의 상기 M 개의 코드 시퀀스에 해당하는 데이터를 추출하고 처리하여 상기 대상체에 대한 초음파 영상을 형성하는 처리 수단

을 포함하는 초음파 영상 형성 장치.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 초음파 송신 신호는 송신 주사선을 형성하되,

상기 M 개의 집속점은 서로 다른 송신 주사선 상에 존재하는 초음파 영상 형성 장치.

청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 초음파 송신 신호는 송신 주사선을 형성하되,

상기 M 개의 집속점은 동일 송신 주사선 상에 존재하는 초음파 영상 형성 장치.

청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 초음파 송신 수단은 다수의 변환자로 구성되어 있는 배열 변환자를 포함하며,

상기 초음파 송신 신호는 상기 배열 변환자의 소정 구경 내의 모든 변환자에 의해 송신되는 초음파 영상 형성 장치.

청구항 5.

제4항에 있어서, 상기 초음파 송신 신호는 상기 배열 변환자의 상기 소정 구경 내의 모든 변환자의 중심 주파수로 변조되어 송신되는 초음파 영상 형성 장치.

청구항 6.

제1항에 있어서, 상기 처리 수단은,

상기 반사 신호가 각각의 입력 단자에 입력되도록 병렬 접속되어, 상기 반사 신호로부터 상기 M 개의 코드 시퀀스에 해당하는 데이터를 추출하는 M 개의 상관기, 및

상기 각각의 상관기의 출력단에 접속되어, 상기 각각의 상관기마다 추출되는 데이터들을 차례로 가산하는 M 개의 가산기

를 포함하는 초음파 영상 형성 장치.

청구항 7.

제6항에 있어서, 상기 처리 수단은,

상기 각각의 가산기의 출력단에 각각 접속되는 M 개의 수신 빔 형성부를 포함하며,

상기 M 개의 수신 빔 형성부는 상기 각각의 가산기로부터의 데이터를 사용하여 독립적으로 동적 수신 집속을 수행하는 초음파 영상 형성 장치.

청구항 8.

제6항에 있어서, 상기 처리 수단은,

상기 M개의 가산기의 출력단에 공통 접속되는 단일 수신 빔 형성부를 포함하며,

상기 단일 수신 빔 형성부는 상기 M 개의 가산기로부터의 데이터를 모두 사용하여 동적 수신 집속을 수행하는 초음파 영상 형성 장치.

청구항 9.

제1항에 있어서, 상기 M 개의 코드 세트 각각은 길이가 L이고 아래의 수학식을 만족하는 이상 시퀀스(biphase sequences) 세트이며,

$$A_i = [a_{i1}, a_{i2}, \cdots, a_{iL}], \quad i = 1,2,\cdots,M$$

상기 수학식에서 a_{i1} , a_{i2} , ⋯, a_{iL} 은 -1, 0, 1 중의 어느 하나이고,

상기 이상 시퀀스 세트는 아래의 수학식을 만족하는 보수 관계를 갖는(complementary) 이상 시퀀스 세트이고,

$$x(k) = \sum_{i=1}^{M} \sum_{l=1}^{L-k} a_{il}\ a^{*}_{i,l+k} = ML\delta(k), \quad k = 0,1,\cdots,L-1$$

상기 식에서 δ(k)는 디락 함수(dirac function)인 초음파 영상 형성 장치.

청구항 10.

대상체에 대한 초음파 영상을 형성하는 방법에 있어서,

서로 직교하는 M 개의 코드 세트 - 각각의 코드 세트는 서로 보수 관계에 있는 M 개의 코드 시퀀스로 이루어짐 - 를 마련하는 단계와,

상기 M 개의 코드 세트 내의 대응하는 각각의 코드 시퀀스를 조합하여 얻은 M 개의 조합된 신호를 초음파 송신 신호로서 상기 대상체 내에 대응하는 M 개의 집속점에 순차적으로 송신하는 단계와,

상기 송신된 각각의 초음파 신호에 대해 상기 각각의 대응하는 집속점으로부터 반사된 신호를 수신하는 단계와,

상기 반사 신호로부터 상기 저장된 M 개의 코드 세트 내의 상기 M 개의 코드 시퀀스에 대응하는 데이터를 추출하고 처리하여 상기 대상체에 대한 초음파 영상을 형성하는 처리 단계

를 포함하는 초음파 영상 형성 방법.

청구항 11.

제10항에 있어서, 상기 초음파 송신 신호는 송신 주사선을 형성하되,

상기 M 개의 집속점은 서로 다른 송신 주사선 상에 존재하는 초음파 영상 형성 방법.

청구항 12.

제10항에 있어서, 상기 초음파 송신 신호는 송신 주사선을 형성하되,

상기 M 개의 집속점은 동일 송신 주사선 상에 존재하는 초음파 영상 형성 방법.

청구항 13.

제10항에 있어서, 상기 초음파 송신 신호는 다수의 변환자를 포함하는 배열 변환자의 소정 구경 내의 모든 변환자에 의해 송신되는 초음파 영상 형성 방법.

청구항 14.

제13항에 있어서, 상기 초음파 송신 신호는 상기 배열 변환자의 상기 소정 구경 내의 모든 변환자의 중심 주파수로 변조되어 송신되는 초음파 영상 형성 방법.

청구항 15.

제10항에 있어서, 상기 처리 단계는,

상기 반사 신호로부터 상기 M 개의 코드 시퀀스에 해당하는 데이터를 추출하는 M 개의 추출 단계, 및

상기 추출 단계마다 추출되는 데이터들을 차례로 가산하는 M 개의 가산 단계

를 포함하는 초음파 영상 형성 방법.

청구항 16.

제15항에 있어서, 상기 처리 단계는,

상기 각각의 가산 단계 이후에 수행되는 M 개의 수신 빔 형성 단계를 더 포함하며,

상기 M 개의 수신 빔 형성 단계는 상기 각각의 가산기로부터의 데이터를 사용하여 독립적으로 동적 수신 집속을 수행하는 초음파 영상 형성 방법.

청구항 17.

제15항에 있어서, 상기 처리 단계는,

상기 M개의 가산 단계 이후에 수행되는 단일 수신 빔 형성 단계를 더 포함하며,

상기 단일 수신 빔 형성 단계는 상기 M 개의 가산 단계로부터의 데이터를 모두 사용하여 동적 수신 집속을 수행하는 초음파 영상 형성 방법.

청구항 18.

제10항에 있어서, 상기 M 개의 코드 세트 각각은 길이가 L이고 아래의 수학식을 만족하는 이상 시퀀스 세트이며,

$$A_i = [a_{i1}, a_{i2}, \cdots, a_{iL}], \quad i = 1,2,\cdots,M$$

상기 수학식에서 a_{i1} , a_{i2} , …, a_{iL} 은 -1, 0, 1 중의 어느 하나이고,

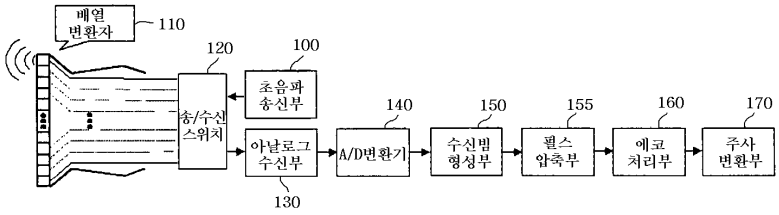
상기 이상 시퀀스 세트는 아래의 수학식을 만족하는 보수 관계를 갖는 이상 시퀀스 세트이고,

$$x(k) = \sum_{i=1}^{M} \sum_{l=1}^{L-k} a_{il}\ a^{*}_{i,l+k} = ML\delta(k), \quad k = 0,1,\cdots,L-1$$

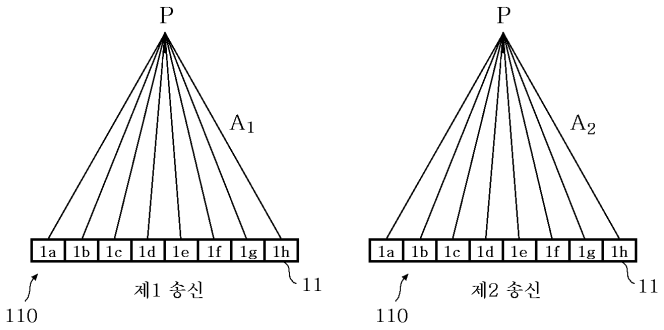
상기 식에서 δ(k)는 디락 함수인 초음파 영상 형성 방법.

도면

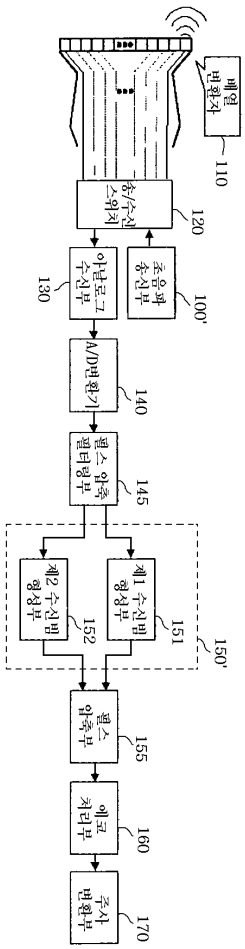
도면 1



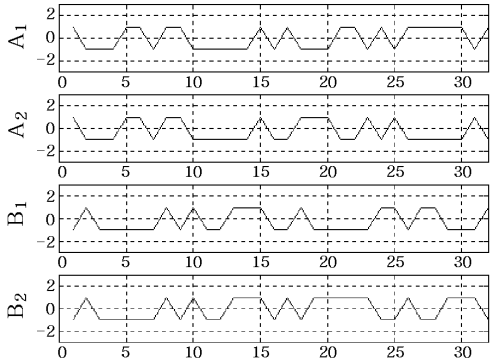
도면 2



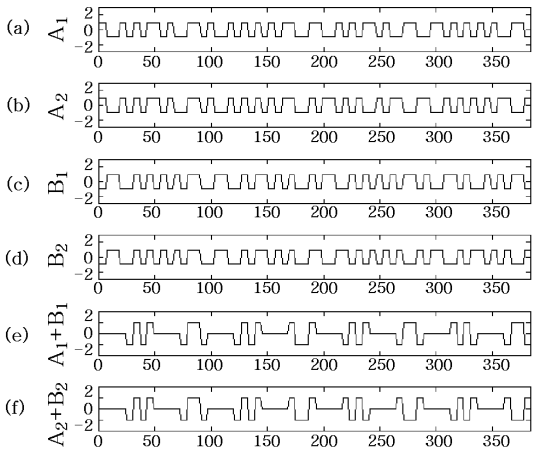
도면 3


배열 변환자
110
송/수신 스위치
120
아날로그 수신부
130
초음파 송신부
100'
A/D변환기
140
펄스 압축 필터링부
145
제1 수신빔 형성부
151
제2 수신빔 형성부
152
150'
펄스 압축부
155
에코 처리부
160
주사 변환부
170

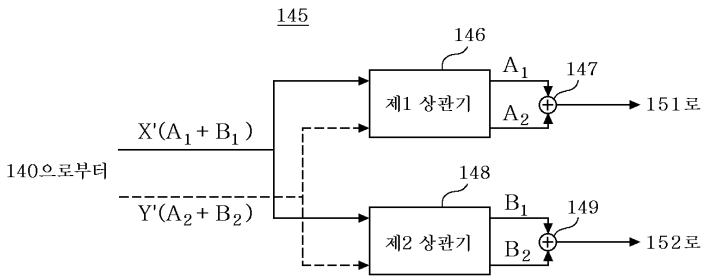
도면 4


A1
A2
B1
B2
2
0
-2
0 5 10 15 20 25 30

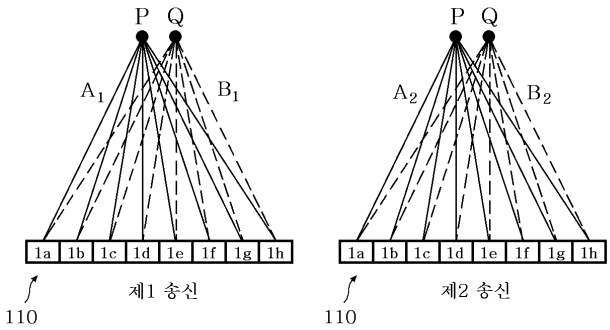
도면 5


(a) A1
(b) A2
(c) B1
(d) B2
(e) A1+B1
(f) A2+B2
2
0
-2
0 50 100 150 200 250 300 350

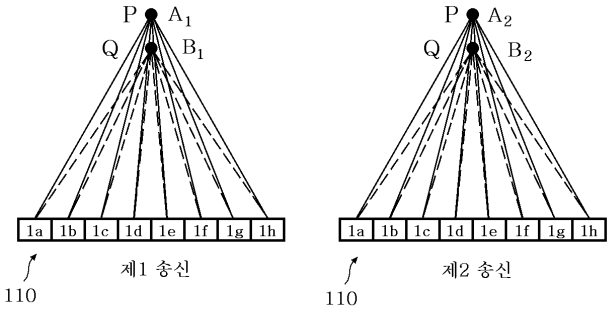
도면 6


145
146
147
148
149
제1 상관기
제2 상관기
A1
A2
B1
B2
X'(A1 + B1)
Y'(A2 + B2)
140으로부터
151로
152로

도면 7


P
Q
A1
B1
1a
1b
1c
1d
1e
1f
1g
1h
제1 송신
110
P
Q
A2
B2
1a
1b
1c
1d
1e
1f
1g
1h
제2 송신
110

도면 8


P
A1
Q
B1
1a
1b
1c
1d
1e
1f
1g
1h
제1 송신
110
P
A2
Q
B2
1a
1b
1c
1d
1e
1f
1g
1h
제2 송신
110

专利名称(译)	美国专利参考文献：使用正交Golay代码集的超声波图像形成装置和方法		
公开(公告)号	KR1020020087706A	公开(公告)日	2002-11-23
申请号	KR1020010026650	申请日	2001-05-16
[标]申请(专利权)人(译)	三星麦迪森株式会社		
申请(专利权)人(译)	三星麦迪逊有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	三星麦迪逊有限公司		
[标]发明人	HWANG JAESUB 황재섭 SONG TAIKYONG 송태경		
发明人	황재섭 송태경		
IPC分类号	G01S7/52 H03M13/19 G01S15/89 G01S7/523 A61B8/00		
CPC分类号	G01S15/8915 G01S15/8959 G01S15/8918 G01S15/8925 G01S7/52093 G01S15/8961 G01S7/52047		
代理人(译)	CHANG, SOO KIL CHU，晟敏		
其他公开文献	KR100432617B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

超声图像形成装置和方法技术领域本发明涉及使用具有正交特性的一组Golay代码作为超声波发送和接收信号的超声波图像形成装置和方法以及使用超声波图像形成装置的超声波图像形成装置和方法和方法。使用多个代码的Golay码和本发明的正交性可以期望比使用Golay码的传统方法高得多的SNR，并且与一般脉冲技术相比帧速率不降低。 3 指数方面 超声波传输，Golay码，正交性，脉冲压缩，相关器