(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.
A61B 8/00 (2006.01)

(45) 공고일자 2007년01월31일
(11) 등록번호 10-0677025
(24) 등록일자 2007년01월25일

(21) 출원번호 10-2000-0012658
(22) 출원일자 2000년03월14일
심사청구일자 2005년03월14일

(65) 공개번호 10-2001-0014579
(43) 공개일자 2001년02월26일

(30) 우선권주장 09/268,306 1999년03월16일 미국(US)

(73) 특허권자 제너럴 일렉트릭 캄파니
미합중국 뉴욕, 쉐넥테디, 원 리버 로우드

(72) 발명자 챠오리챠드융
미국뉴욕주12065클리프톤파크풋남레인10

토마스루이스존3세
미국캘리포니아주94306-4302팔로알토페어메드641

(74) 대리인 김창세

심사관 : 김태훈

전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 유니폴라 또는 바이폴라 코딩 여기를 이용하여 빔을 형성하는 초음파 스캐터러 촬영 시스템 및 방법

(57) 요약

의학용 초음파 촬영을 위한 코딩된 여기(coded excitation)는 인코딩된 베이스 시퀀스의 코드 또는 소자 기호를 상이한 점호에 전송하여 실행된다. 인코딩된 베이스 시퀀스는 베이스 시퀀스와 오버샘플링된 코드 시퀀스를 컨볼루션하여 형성된다. 각 점호에 대해 인코딩된 베이스 시퀀스의 지정된 코드 또는 소자 기호는, 다른 기호 위치들이 0으로 모드 설정되는 동안 유니트 기호(즉, 1 또는 -1)로 대체된다. 각 전송 후에, 수신 파형은 각각의 기호들로 곱해져서, 인코딩된 수신 파형을 합성하도록 누적된다.

대표도

도 10

특허청구의 범위

청구항 1.

초음파 스캐터러(scatterer)를 촬영하는 시스템에 있어서,

다수의 트랜스듀서 소자를 포함하는 초음파 트랜스듀서 배열과,

상기 다수의 트랜스듀서 소자에 각각 펄스를 보내는 다수의 펄서와,

전송 초점 위치에서 포커싱되는 제 1 및 제 2 전송 점호 동안 제 1 및 제 2 전송 시퀀스 - 상기 제 1 및 제 2 전송 시퀀스는 제 1 코드/소자 기호에 의해 곱하여진 상기 제 1 전송 시퀀스와 제 2 코드/소자 기호에 의해 곱하여진 상기 제 2 전송 시퀀스의 벡터 합이 제 1 인코딩된 베이스 시퀀스가 되는 성질을 가짐 - 를 각각 상기 펄서에 제공하는 전송 시퀀스 소스와,

상기 트랜스듀서 배열에 연결되며, 상기 제 1 및 제 2 전송 점호에 이어서 수신 아피처를 각각 형성하는 선택된 트랜스듀서 소자로부터 제 1 및 제 2 수신 신호 집합을 각각 수신하고 상기 제 1 및 제 2 수신 신호 집합으로부터 각각 유도되는 제 1 및 제 2 빔합산 신호를 제공하도록 프로그램되는 수신기와,

상기 제 1 및 제 2 빔합산된 신호를 필터링하는 제 1 및 제 2 필터 계수 집합 - 상기 제 1 필터 계수 집합은 상기 제 1 코드/소자 기호를 제 1 디코딩 필터 계수 집합으로 곱하여 유도되며, 상기 제 2 필터 계수 집합은 상기 제 2 코드/소자 기호를 상기 제 1 디코딩 필터 계수 집합으로 곱하여 유도됨 - 을 이용하여 프로그램되어 제 1 및 제 2 필터링된 신호들을 각각 형성하는 필터와,

적어도 상기 제 1 및 제 2 필터링된 신호를 합산하여 디코딩된 신호를 형성하는 벡터 합산기와,

적어도 상기 디코딩된 신호의 함수인 이미지 신호를 형성하는 프로세서와,

상기 이미지 신호를 나타내는 일부분을 갖는 이미지를 디스플레이하는 디스플레이 모니터를 포함하는

초음파 스캐터러 촬영 시스템.

청구항 2.

삭제

청구항 3.

초음파 스캐터러(scatterer)를 촬영하는 시스템에 있어서,

다수의 트랜스듀서 소자를 포함하는 초음파 트랜스듀서 배열과,

상기 다수의 트랜스듀서 소자에 각각 펄스를 보내는 다수의 펄서와,

전송 초점 위치에서 포커싱되는 제 1 및 제 2 전송 점호 동안 제 1 및 제 2 전송 시퀀스 - 상기 제 1 및 제 2 전송 시퀀스는 베이스 시퀀스와 컨볼루션(convolution)된 Barker 코드가 인코딩된 베이스 시퀀스가 되는 성질을 가짐 - 를 각각 상기 펄서에 제공하는 전송 시퀀스 소스와,

상기 트랜스듀서 배열에 연결되며, 상기 제 1 및 제 2 전송 점호에 이어서 수신 아피처를 각각 형성하는 선택된 트랜스듀서 소자로부터 제 1 및 제 2 수신 신호 집합을 각각 수신하고 상기 제 1 및 제 2 수신 신호 집합으로부터 각각 유도되는 제 1 및 제 2 빔합산 신호를 제공하도록 프로그램되는 수신기와,

상기 제 1 및 제 2 빔합산 신호 각각을 제 1 및 제 2 유니트 코드 기호로 각각 곱하여, 제 1 및 제 2 곱셈결과를 생성하는 곱셈기와,

상기 곱셈기의 상기 곱셈결과를 합하여 합성 신호를 형성하는 벡터 합산기와,

상기 합성 신호를 디코딩하여 적어도 하나의 압축 펄스를 생성하는 디코딩 필터와,

적어도 상기 디코딩된 신호의 함수인 이미지 신호를 형성하는 프로세서와,

상기 이미지 신호를 나타내는 일부분을 갖는 이미지를 디스플레이하는 디스플레이 모니터를 포함하는

초음파 스캐터러 촬영 시스템.

청구항 4.

초음파 스캐터러를 촬영하는 방법에 있어서,

전송 초점 위치에서 포커싱되는 제 1 및 제 2 전송 점호 동안, 제 1 및 제 2 전송 시퀀스 - 상기 제 1 및 제 2 전송 시퀀스는 제 1 코드/소자 기호에 의해 곱하여진 상기 제 1 전송 시퀀스와 제 2 코드/소자 기호에 의해 곱하여진 상기 제 2 전송 시퀀스의 벡터 합이 제 1 인코딩된 베이스 시퀀스가 되는 성질을 가짐 - 로부터 각각 유도되는 제 1 및 제 2 펄스 시퀀스를 갖는 트랜스듀서 배열에 전송 아피처를 형성하는 제 1 트랜스듀서 소자 집합을 구동하는 단계와,

상기 제 1 및 제 2 전송 점호 각각을 수반하는 트랜스듀서 배열에 수신 아피처를 형성하는 제 2 트랜스듀서 소자 집합으로부터 제 1 및 제 2 수신 신호 집합을 수신하는 단계와,

상기 제 1 및 제 2 수신 신호 집합으로부터 각각 유도되는 제 1 및 제 2 빔합산된 신호를 형성하는 단계와,

필터 계수 - 상기 제 1 필터 계수 집합은 상기 제 1 코드/소자 기호에 제 1 디코딩 필터 계수 집합으로 곱하여 유도되며, 상기 제 2 필터 계수 집합은 상기 제 2 코드/소자 기호에 상기 제 1 디코딩 필터 계수 집합으로 곱하여 유도됨 - 의 제 1 및 제 2 집합을 각각 인가함으로써 상기 제 1 및 제 2 빔합산된 신호를 필터링하여 제 1 및 제 2 필터링된 신호 각각을 형성하는 단계와,

적어도 상기 제 1 및 제 2 필터링된 신호를 합산하여 디코딩된 신호를 형성하는 단계와,

적어도 상기 디코딩된 신호의 함수인 이미지 신호를 형성하는 단계와,

상기 이미지 신호를 나타내는 일부분을 갖는 이미지를 디스플레이하는 단계를 포함하는

초음파 스캐터러 촬영 방법.

청구항 5.

삭제

청구항 6.

초음파 스캐터러를 촬영하는 방법에 있어서,

전송 초점 위치에서 포커싱되는 제 1 및 제 2 전송 점호 동안, 제 1 및 제 2 전송 시퀀스 - 상기 제 1 및 제 2 전송 시퀀스는, 베이스 시퀀스와 컨볼루션된 Barker 코드 및 제 2 코드/소자 기호에 의해 곱하여진 상기 제 2 전송 시퀀스가 인코딩된 베이스 시퀀스를 형성하는 성질을 가짐 - 로부터 각각 유도되는 제 1 및 제 2 펄스 시퀀스를 갖는 트랜스듀서 배열에 전송 아피처를 형성하는 제 1 트랜스듀서 소자 집합을 구동하는 단계와,

상기 제 1 및 제 2 전송 점호를 각각 수반하는 트랜스듀서 배열에 수신 아피처를 형성하는 제 2 트랜스듀서 소자 집합으로부터 제 1 및 제 2 수신 신호 집합을 수신하는 단계와,

상기 제 1 및 제 2 수신 신호 집합으로부터 각각 유도되는 제 1 및 제 2 빔합산된 신호를 형성하는 단계와,

제 1 및 제 2 곱셈 결과를 제공하기 위해서, 상기 제 1 및 제 2 빔합산된 신호 각각을 각각 제 1 및 제 2 유니트 코드 기호로 곱하는 단계와,

적어도 상기 제 1 및 제 2 곱셈 결과들을 합산하여 합성 신호를 형성하는 단계,

상기 합성 신호를 디코딩하여 적어도 하나의 압축 펄스를 생성하는 단계,

상기 적어도 하나의 압축된 펄스에 대한 함수인 이미지 신호를 형성하는 단계와,

상기 이미지 신호를 나타내는 일부분을 갖는 이미지를 디스플레이하는 단계를 포함하는

초음파 스캐터러 촬영 방법.

청구항 7.

초음파 스캐터러를 촬영하는 시스템에 있어서,

다수의 트랜스듀서 소자를 포함하는 초음파 트랜스듀서 배열과,

상기 트랜스듀서 배열에 연결되며, 제 1 전송 점호 동안 제 1 펄스 시퀀스에 응답하고, 제 2 전송 점호 - 상기 제 1 및 제 2 전송 점호는 전송 초점 위치에서 포커싱됨 - 동안 제 2 펄스 시퀀스에 응답하여 전송 아피처를 형성하는 선택된 트랜스듀서 소자에 펄스를 보내도록 프로그램되는 전송기와,

상기 트랜스듀서 배열에 연결되며, 상기 제 1 및 제 2 전송 점호를 각각 수반하는 수신 아피처를 형성하는 선택된 트랜스듀서 소자로부터 제 1 및 제 2 수신 신호 집합을 수신하여, 상기 제 1 및 제 2 수신 신호 집합으로부터 각각 유도되는 제 1 및 제 2 빔합산된 신호를 제공하도록 프로그램되는 수신기와,

상기 제 1 빔합산된 신호로부터 상기 제 2 빔합산된 신호를 감산하여 제 1 합성 신호를 형성하는 합성기,

이미지 신호를 적어도 상기 제 1 합성 신호의 함수로서 형성하는 하부 시스템과,

상기 이미지 신호를 나타내는 일부분을 갖는 이미지를 디스플레이하는 디스플레이 모니터를 포함하는

초음파 스캐터러 촬영 시스템.

청구항 8.

제 7 항에 있어서,

소자 기호 메모리를 더 포함하며, 상기 제 1 및 제 2 펄스 시퀀스는 유니폴라이고,

상기 합성기는, 제 1 및 제 2 입력과 하나의 출력을 갖는 곱셈기와, 상기 곱셈기 출력에 연결된 입력을 갖는 벡터 합산기와, 제 1 수신 사이클 동안 상기 소자 기호 메모리로부터 상기 제 1 빔합산된 신호와 제 1 값을 각각 수신하며, 제 2 수신 사이클 동안 상기 소자 기호 메모리로부터 상기 제 2 빔합산된 신호와 제 2 값 - 상기 제 1 및 제 2 값은 극성이 반대임 - 을 각각 더 수신하는 상기 제 1 및 제 2 곱셈기 입력을 포함하는

초음파 스캐터러 촬영 시스템.

청구항 9.

제 7 항에 있어서,

코드 기호 메모리를 더 포함하며, 상기 제 1 및 제 2 펄스 시퀀스는 바이폴라이고,

상기 합성기는 제 1 및 제 2 입력 및 하나의 출력을 갖는 곱셈기와, 상기 곱셈기 출력에 연결된 입력을 갖는 벡터 합산기와, 제 1 수신 사이클 동안 상기 코드 기호 메모리로부터 상기 제 1 빔합산된 신호와 제 1 값을 각각 수신하며, 제 2 수신 사이클 동안 상기 코드 기호 메모리로부터 상기 제 2 빔합산된 신호와 제 2 값 - 상기 제 1 및 제 2 값들은 극성이 반대임 - 을 각각 더 수신하는 상기 제 1 및 제 2 곱셈기를 포함하는 초음파 스캐터러를 촬영하는 시스템.

청구항 10.

삭제

청구항 11.

삭제

청구항 12.

삭제

청구항 13.

초음파 스캐터러를 촬영하는 시스템에 있어서,

다수의 트랜스듀서 소자를 포함하는 초음파 트랜스듀서 배열과,

상기 트랜스듀서 배열에 연결되며, 제 1 전송 점호 동안 제 1 유니폴라 펄스 집합에 응답하고 제 2 전송 점호 동안 제 2 유니폴라 펄스 집합에 응답하여, 전송 아피처를 형성하는 선택된 트랜스듀서 소자에 동시에 펄스를 보내도록 프로그램되는 전송기와,

상기 트랜스듀서 배열에 연결되며, 상기 제 1 및 제 2 전송 점호에 이어서 수신 아피처를 형성하는 선택된 트랜스듀서 소자로부터 제 1 및 제 2 수신 신호 집합을 수신하도록 프로그램되는 수신기와,

상기 제 1 집합의 수신 신호로부터 상기 제 2 집합의 수신 신호랄 각각 감산하여 합성 신호 집합을 형성하는 합성기,

적어도 상기 합성 신호 집합의 함수인 이미지 신호를 형성하는 프로세서와,

상기 이미지 신호를 나타내는 이미지를 디스플레이하는 디스플레이 모니터를 포함하는

초음파 스캐터러 촬영 시스템.

청구항 14.

삭제

청구항 15.

초음파 스캐터러를 촬영하는 방법에 있어서,

전송 초점 위치에 포커싱되는 제 1 및 제 2 전송 점호 동안 제 1 및 제 2 펄스 시퀀스를 갖는 트랜스듀서 배열에 전송 아피처를 각각 형성하는 제 1 트랜스듀서 소자 집합을 구동하는 단계와,

상기 제 1 및 제 2 전송 점호 각각에 이어서 트랜스듀서 배열에 수신 아피처를 형성하는 제 2 트랜스듀서 소자 집합으로부터 제 1 및 제 2 수신 신호 집합을 수신하는 단계와,

상기 제 1 및 제 2 수신 신호 집합으로부터 제 1 및 제 2 빔합산된 신호를 각각 형성하는 단계와,

상기 제 1 빔합산된 신호로부터 상기 제 2 빔합산된 신호를 감산하여 제 1 합성 신호를 형성하는 단계와,

이미지 신호를 적어도 상기 제 1 합성 신호의 함수로서 형성하는 단계와,

상기 이미지 신호를 나타내는 일부분을 갖는 이미지를 디스플레이하는 단계를 포함하는

초음파 스캐터러 촬영 방법.

청구항 16.
삭제

청구항 17.
삭제

청구항 18.
삭제

청구항 19.
삭제

청구항 20.
삭제

청구항 21.
삭제

청구항 22.
삭제

청구항 23.
삭제

청구항 24.

초음파 스캐터러를 촬영하는 방법에 있어서,

제 1 및 제 2 전송 점호 동안 제 1 및 제 2 유니폴라 펄스 집합을 갖는 트랜스듀서 배열에 전송 아피처를 각각 형성하는 제 1 트랜스듀서 소자 집합 - 상기 제 1 트랜스듀서 소자 집합은 상기 제 1 및 제 2 전송 점호 각각에 대해 동시에 구동됨 - 을 구동하는 단계와,

상기 제 1 및 제 2 전송 점호 각각에 이어서 트랜스듀서 배열에 수신 아피처를 형성하는 제 2 트랜스듀서 소자 집합으로부터 제 1 및 제 2 수신 신호 집합을 수신하는 단계와,

상기 제 1 수신 신호 집합으로부터 상기 제 2 수신 신호 집합을 각각 감산하여 일련의 합성 신호를 형성하는 단계와,

적어도 상기 합성 신호 집합의 함수인 이미지 신호를 형성하는 단계와,

상기 이미지 신호를 나타내는 이미지를 디스플레이하는 단계를 더 포함하는

초음파 스캐터러 촬영 방법.

청구항 25.

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 초음파 촬영 시스템에 관한 것으로, 구체적으로는, 의학용 초음파 촬영 시에 신호대잡음비(SNR)를 증가시키는 방법 및 장치에 관한 것이다.

통상의 초음파 촬영 시스템은 초음파 빔을 전송하고 조사 중인 물체로부터 반사된 빔을 수신하는 초음파 트랜스듀서(transducer) 소자들의 장치를 포함한다. 특히, 포커싱된 초음파가 전송되고, 시스템이 짧은 시간 간격 후의 모드를 수신하기 위해 스위칭하고, 반사된 초음파가 디스플레이를 위해 수신, 빔형성 및 프로세싱되는 곳에서 일련의 측정이 수행된다. 통상, 전송 및 수신은 각각의 측정 동안 동일한 방향으로 포커싱되어 어쿠스틱(acoustic) 빔 또는 스캔 라인(scan line) 상의 일련의 점으로부터 데이터를 획득한다. 수신기는, 반사된 초음파가 수신될 때, 스캔 라인 상의 연속적인 범위에 동적으로 포커싱된다.

초음파 촬영을 위해, 장치는 통상 하나 이상의 행으로 배열되며 개별 전압으로 구동되는 다수의 트랜스듀서 소자들을 갖는다. 인가된 전압의 시간 지연(또는 위상)과 진폭을 선택함으로써, 주어진 행에서의 개별 트랜스듀서 소자들은 바람직한 벡터 방향을 따라 진행하여 빔 상의 선택된 점에 포커싱되는 순수한 초음파(net ultrasonic wave)를 형성하는 초음파들을 제공하도록 제어될 수 있다. 각 점호(firing)의 빔형성 매개변수는, 최대 초점에 변화를 제공하거나, 이와 달리, 예컨대, 이전 빔의 초점에 대해 상대적으로 이동하는 각 빔의 초점을 갖는 동일한 스캔 라인을 따라 연속적인 빔을 전송함으로써, 각 점호에 대한 수신된 데이터의 내용을 변경시키도록 변경될 수 있다. 조정된 배열의 경우에, 시간 지연 및 인가된 전압의 진폭을 변경함으로써, 피사체를 스캔하기 위한 평면에서, 초점을 갖는 빔이 이동될 수 있다. 선형 배열의 경우에, 이 배열에 수직인 방향으로 포커싱된 빔은 하나의 점호로부터 다음 점호로 배열을 따라 아피처(aperture)를 이동시켜 피사체를 스캐닝한다. 트랜스듀서 프로브(probe)가 수신 모드에서 반사된 사운드를 수신하는 데 사용될 때 동일한 원리가 적용된다. 수신 트랜스듀서 소자에서 생성된 전압은 순수한 신호가 피사체의 단일 초점으로부터 반사된 초음파를 나타내도록 합산된다. 전송 모드에서, 이 초음파 에너지의 포커싱된 수신은 각각의 수신 트랜스듀서 소자로부터의 신호에 개별적인 시간 지연(및/또는 위상 이동) 및 이득을 전함으로써 이루어진다.

초음파 이미지는 다수의 이미지 스캔 라인으로 구성된다. 하나의 스캔 라인(또는 스캔 라인들의 작은 국부 군)은 포커싱된 초음파 에너지를 관심 영역의 점에 전송한 후, 반사된 에너지를 전체 시간 내내 수신함으로써 획득된다. 포커싱된 전송 에너지는 전송 빔이라 불린다. 전송 후의 시간 동안, 하나 이상의 수신 빔형성기는 위상 회전 또는 지연을 동적으로 변경하여 각 채널에 의해 수신된 에너지를 코히어런트(coherent)하게 합산하여, 경과 시간에 비례하는 영역에서의 원하는 스캔 라인을 따라 피크(peak) 감도를 제공한다. 결과적인 포커싱된 감도 패턴은 수신 빔이라 불린다. 스캔 라인의 해상도는 관련 전송 및 수신 빔 쌍의 지향성의 결과다.

빔형성기 채널들의 출력 신호는 관심있는 피사체 영역 또는 체적 내의 각 샘플 체적에 대한 각각의 픽셀 강도(intensity) 값을 형성하도록 코히어런트하게 합산된다. 이들 픽셀 강도 값은 로그 압축되고, 스캔 변환된 후, 스캐닝되는 분석 이미지로서 디스플레이된다.

전술된 유형의 의학용 초음파 촬영 시스템에서는, SNR을 최적화하는 것이 바람직하다. 부가적인 SNR은 주어진 촬영 주파수에서 증가된 투과성을 얻거나 또는 보다 높은 주파수에서 초음파 촬영을 용이하게 하여 해상도를 증가시키는 데 이용될 수 있다.

초음파에서의 Golay 코드 이용은 무생물 피사체를 검사하기 위해 단일 소자의 고정된 초점 트랜스듀서를 이용하는 비파괴 평가(NDE) 분야에 잘 알려져 있다. 또한, Golay 코드는 의학용 초음파 촬영계에서도 잘 알려져 있다. 그러나, Golay 코드는, 동적 포커싱, 생물 조직(tissue) 이동(NDE에는 나타나지 않는 효과) 및 비선형 전파 효과가 대응하는 영역 열화를 갖는 수용할 수 없는 코드 열화를 일으킨다고 생각되었기 때문에 초음파 촬영 시스템에서는 일반적으로 이용되지 않고 있다.

1998년 4월 20일 출원되고 본 출원인에게 양도된 미국 특허 출원 번호 제 09/063,109호는 트랜스듀서 배열의 Golay 인코딩된 여기를 이용함으로써 의학용 초음파 촬영 시에 SNR을 향상시키는 방법 및 장치를 개시하고 있다. SNR은 Golay 인코딩된 베이스 시퀀스 쌍을 동일한 초점 위치에서 각 빔상에 연속적으로 전송한 후, 빔 합산된 데이터를 디코딩함으로써 향상된다. Golay 인코딩된 베이스 시퀀스 쌍은 오버샘플링(oversampling) 후에 베이스 시퀀스를 Golay 코드 쌍과 컨볼루션(convolution)함으로써 형성된다. Golay 코드 쌍은, 2개의 시퀀스의 오토코릴레이션 합이 Kronecker 델타 함수라는 성질을 갖는 한 쌍의 2진(+1, -1) 시퀀스이다. 오버샘플링된 Golay 시퀀스는 +1과 -1 사이에 영(0)을 갖는 Golay 시퀀스이며, 영(0)의 개수는 (베이스 시퀀스의 길이 - 1) 이하이다. Golay 코드 쌍의 전술된 성질은 일반적으로 코드에 대한 2가지 중요한 이점으로 변형된다. 즉, (1) Golay 코드는 어떤 영역의 사이드로브(sidelobe)도 갖지 않으며, (2) Golay 코드는 보다 비싼 디지털-아날로그 컨버터에 비해 단지 바이폴라 펄서(pulser)만을 이용하여 전송될 수 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

실제로, 코딩된 여기를 이용하여 생성된 이미지는 코드 왜곡에 의해 열화될 수 있다. 바이폴라 코드는 양의 코드 기호를 나타내는 신호가 비선형 전파 후에 음의 코드 기호를 나타내는 신호와 더 이상 상쇄되지 않을 때 열화된다. 비선형 전파로 인한 코드 열화를 감소시키고, 유니폴라 펄서만을 갖는 시스템 상의 코딩된 여기를 구현하는 방법이 필요하다.

의학용 초음파 촬영에 대한 코딩된 여기는 인코딩된 베이스 시퀀스의 상이한 코드 또는 소자 기호들을 상이한 점호 상에 전송함으로써 실행된다. 인코딩된 베이스 시퀀스는 베이스 시퀀스를 오버샘플링된 코드 시퀀스와 컨볼루션함으로써 형성된다. 각 점호에 대해, 인코딩된 베이스 시퀀스의 지정된 코드 또는 소자 기호는 다른 기호 위치들이 0으로 모두 설정되는 동안 유니트 기호(unit symbol)(예컨대 1 또는 -1)로 대체된다. 각 전송 후에, 수신 파형은 각각의 기호들로 곱해져서, 인코딩된 수신 파형을 합성하기 위해 모든 전송에 대해 누적된다. 유니폴라로 코딩된 전송으로부터 바이폴라 (일반적으로 다위상) 코드를 합성하는 이러한 기술은 비선형 전파로 인한 코드 열화를 감소시키고 단지 유니폴라 펄서만을 갖는 시스템 상의 코딩된 여기를 실행하는데 유용하다. 이 기술에 대한 트레이드오프(tradeoff)는 감소된 프레임 비율인데, 이것은 2개의 유니폴라 전송 점호들이 각각의 바이폴라 점호에 대해 필요하기 때문이다. 본 발명의 방법은 다위상 코드, 단일 전송 코드(예컨대 Barker 코드) 및 공간적으로 인코딩된 전송으로 확장될 수 있다.

본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "전송 시퀀스"는 펄서에 제공된 유니트 코드 또는 소자 기호들의 시퀀스를 지칭하는 반면, 용어 "펄스 시퀀스"는 전송 시퀀스 수신에 응답하여 펄서가 제공하는 펄스 시퀀스를 지칭한다.

발명의 구성

본 발명이 구현될 수 있는 초음파 촬영 시스템은, 개별적으로 구동되는 다수의 트랜스듀서 소자들(12)을 갖는 트랜스듀서 배열(10)을 포함하는 것으로서 도 1에 도시되며, 이들 각각의 트랜스듀서 소자(12)는 전송기(14)가 생성한 펄스 파형에 의해 에너지를 제공받을 때 순간적으로 초음파 에너지를 생성한다. 조사 중인 피사체로부터 트랜스듀서 배열(10)로 반사되는 초음파 에너지는 각각의 수신 트랜스듀서 소자(12)에 의해 전기 신호로 전환되어, 전송/수신(T/R) 스위치 집합(18)을 통해 수신기(16)에 개별적으로 인가된다. 통상적으로, T/R 스위치는 전송 전자소자에 의해 발생된 고전압으로부터 수신 전자소자를 보호하는 다이오드다. 전송 신호는 다이오드가 수신기로 가는 신호를 차단하거나 제한하게 한다. 전송기(14) 및 수신기(16)는 인간 오퍼레이터에 의한 명령에 응답하는 마스터 제어기(20)의 제어 하에서 동작한다. 완벽한 스캔은, 전송기(14)가 각각의 트랜스듀서 소자(12)에 에너지를 제공하도록 순간적으로 게이트 ON되어, 각 트랜스듀서 소자(12)에

의해 생성된 후속 에코(echo) 신호가 수신기(16)에 인가되는 일련의 에코를 획득함으로써 수행된다. 채널은 또다른 채널이 아직 전송중인 동안 수신을 시작할 수 있다. 수신기(16)는 각각의 트랜스듀서 소자로부터의 개별적인 에코 신호를 결합하여, 디스플레이 모니터(22) 상의 이미지에 라인을 생성하는 데 이용되는 단일 에코 신호를 제공한다.

마스터 제어기(20)의 지시 하에서, 전송기(14)는 초음파 에너지가 지시된 포커싱된 빔으로 전송되도록 트랜스듀서 배열(10)을 구동한다. 이를 위해, 각각의 시간 지연이 전송 빔형성기(26)에 의해 다수의 펄서(24)로 전해진다. 마스터 제어기(20)는 어쿠스틱 펄스가 전송될 조건을 결정한다. 이 정보를 이용하여, 전송 빔형성기(26)는 펄서들(24)에 의해 생성될 각각의 전송 펄스들 각각의 타이밍 및 진폭을 결정한다. 각 전송 펄스의 진폭은 아포다이제이션(apodization) 생성 회로(도시하지 않음)에 의해 생성된다. 펄서(24)는 전송 펄스를 T/R 스위치(18)를 통해 트랜스듀서 배열(10)의 각 소자에 차례로 보내며, 이 스위치(18)는 트랜스듀서 배열에 존재할 수 있는 고전압으로부터 시간-이득 보상(TGC) 증폭기(28)를 보호한다. 전송 초점 시간 지연 및 아포다이제이션 가중치를 통상의 방법으로 적절히 조정함으로써, 초음파 빔은 전송 빔을 형성하도록 지시 및 포커싱될 수 있다.

각각의 순간적인 초음파 에너지에 의해 제공되는 에코 신호는 각 전송 빔을 따라 있는 연속 범위에 위치한 피사체로부터 반사된다. 에코 신호는 각 트랜스듀서 소자(12)에 의해 개별적으로 감지되며, 특정 지점 시간에서 에코 신호의 크기 샘플은 특정 영역에서 발생하는 반사량을 나타낸다. 반사점 및 각 트랜스듀서 소자(12) 사이의 전파 경로의 차이로 인해, 에코 신호는 동시에 검출되지 않으며, 그들의 크기는 동일하지 않다. 수신기(16)는 각 수신 채널에서 각각의 TGC 증폭기(28)를 통해 개별적인 에코 신호를 증폭한다. TGC 증폭기들에 의해 제공된 증폭량은 (도시되진 않았지만) 제어 라인을 통해 제어된다. 증폭된 에코 신호는 수신 빔형성기(30)로 제공된다. 수신 빔형성기의 각 수신기 채널은 TGC 증폭기(28) 각각에 의해 트랜스듀서 소자(12) 각각에 연결된다.

마스터 제어기(20)의 지시 하에, 수신 빔형성기(30)는 전송 빔의 방향을 추적하여, 각 빔 상의 연속 영역에 있는 에코 신호를 샘플링한다. 수신 빔형성기는 적당한 시간 지연 및 수신 아포다이제이션 가중치를 증폭된 각 에코 신호에 전하고, 신호를 합하여 하나의 초음파 빔을 따라 특정 영역에 위치한 점으로부터 반사된 총 초음파 에너지를 정확히 나타내는 복합 에코 신호를 제공한다. 수신 초점 시간 지연은 특정 하드웨어를 이용하여 실시간으로 계산되거나, 룩업 테이블로부터 판독된다. 수신 채널은 또한 수신 펄스들이 수신 빔형성기에 의해 합산되기 전에 수신 펄스들을 필터링하는 회로를 구비한다.

도 1에 도시된 시스템에서, 빔형성기 출력 신호의 주파수는 복조기(31)에 의해 기저대역으로 이동된다. 이를 위한 한 가지 방법은 입력 신호를 복소 정현파(e^{j2pfdt})로 곱하는 것이며, 여기서 f_d 는 신호 스펙트럼을 기저대역으로 이끄는 데 요구되는 주파수 이동이다. 복조 신호는 복조 신호를 디스플레이 데이터로 전환하는 신호 프로세서(32)로 제공된다. B 모드(그레이 스케일(gray-scale))에서, 이것은 에지 증가(edge enhancement) 및 대수 압축과 같은 소정의 부가적인 프로세싱을 갖는 신호의 엔벌로프(envelope)이다. 스캔 컨버터(34)는 신호 프로세서(32)로부터 디스플레이 데이터를 수신하여, 이 데이터를 원하는 디스플레이 이미지로 전환한다. 특히, 스캔 컨버터(34)는 어쿠스틱 이미지 데이터를 극 좌표(R-θ) 섹터 포맷 또는 Cartesian 좌표 선형 배열로부터 비디오 속도로 적절하게 스케일링된 Cartesian 좌표 디스플레이 픽셀 데이터로 전환한다. 그 후, 스캔 전환된 어쿠스틱 데이터는 디스플레이 모니터(22) 상에 디스플레이 하기 위해 제공되며, 이 디스플레이 모니터(22)는 B 모드 신호 엔벌로프의 시변 진폭을 그레이 스케일로 촬영한다. 각각의 스캔 라인은 각 전송 빔을 위해 디스플레이된다.

도 2의 시스템에서, 전송 아피처의 각 트랜스듀서 소자는 베이스 시퀀스의 코딩된 시퀀스를 이용하여 펄스를 제공받으며, 이 때의 각 시퀀스 펄스는 일반적으로 칩이라 불린다. 베이스 시퀀스는 N-디지트(digit) 전송 코드를 이용하여 위상 인코딩되어, 전송 시퀀스 메모리(36)에 저장되는 N-칩 코딩된 시퀀스를 생성한다. 전송 시퀀스 메모리(36)의 각 코딩된 시퀀스 판독은 각각의 전송 점호 동안 다수의 펄서(24)의 동작을 제어한다. 예를 들면, 트랜스듀서 소자들은 원하는 전송 초점 위치에 포커싱된 제 1 전송 점호 동안 제 1 코딩된 시퀀스에 따라 펄스화되고, 동일한 전송 초점 위치에 포커싱된 제 2 전송 점호 동안 제 2 코딩된 시퀀스에 따라 펄스화된다. 제 1 및 제 2 코딩된 시퀀스는 제 1 및 제 2 전송 코드를 베이스 시퀀스와 각각 컨볼루션함으로써, 즉, 전송 코드를 이용하여 베이스 시퀀스를 위상 인코딩함으로써 생성된다. 바람직한 실시예에 따르면, 제 1 및 제 2 전송 코드는 상보성 Golay 코드, 예컨대, Golay 코드 쌍 [1, 1] 및 [1, -1]이며, 펄서(24)는 바이폴라이다.

펄서(24)는 생성된 초음파 에너지가 각 전송 점호를 위해 빔에 포커싱되도록 트랜스듀서 배열(10)의 소자들(12)을 구동한다. 이를 위해서, 전송 초점 시간 지연(38)은 펄서에 의해 생성된 각각의 펄스 파형에 전해진다. 전송 초점 시간 지연을 통상의 방법으로 적절히 조절함으로써, 초음파 빔은 다수의 전송 초점 위치에 포커싱되어, 이미지 평면의 스캔을 가져올 수 있다.

각 전송에 대해, 트랜스듀서 소자(12)로부터의 에코 신호는 수신 빔형성기의 각각의 수신 채널(40)에 제공된다. 각 수신 채널은 아날로그-디지털 컨버터(도시하지 않음)를 포함한다. 마스터 제어기(20)(도 1)의 지시 하에, 수신 빔형성기는 전송 빔의 방향을 추적한다. 수신 빔형성기 메모리(42)는 적당한 수신 초점 시간 지연을 각 수신된 에코 신호에 전하고, 에코 신호를 합산하여 특정 전송 초점 위치로부터 반사되는 총 초음파 에너지를 정확히 나타내는 복합 에코 신호를 제공한다. 시간 지연 수신 신호는 각 전송 점호를 위해 수신 빔 서머(summer)(44)에서 합산된다.

연속 점호로부터의 합산된 수신 신호는 제 1 전송 점호용 제 1 수신 코드와 제 1 합산된 수신 신호를 코릴레이션하고, 제 2 전송 점호용 제 2 수신 코드와 제 2 합산된 수신 신호를 코릴레이션하는 디코딩 필터(46)에 제공된다. 동일한 전송 초점 위치에 포커싱된 제 1 및 제 2 전송 점호로부터 유도되는 필터링 신호는 벡터 합산기(50)에 의해 합산된다. 본 명세서에서 이용된 바와 같이, 용어 "디코더"는 디코딩 필터 및 벡터 합산기를 포함한다.

디코딩 신호는 복조되어 신호 프로세서(32)(도 1)에 제공된다. B 모드에서, 신호 프로세싱은 엔벌로프 검출, 에지 증가 및 대수 압축을 포함한다. 신호 프로세싱 및 스캔 전환 후, 스캔 라인이 디스플레이 모니터(22) 상에 디스플레이된다. 이 과정은 반복되어, 각각의 스캔 라인이 (각 빔 각도에 대한 하나의 전송 초점 위치의 경우에) 각 전송 초점 위치에 대해 또는 (각 빔 각도에 대한 다수의 전송 초점 위치의 경우에) 각 벡터에 대해 디스플레이되게 한다.

각 점호 동안, 펄서(24)는 전송 시퀀스 메모리(36) 또는 특정 하드웨어로부터 공급된 Golay 인코딩된 베이스 시퀀스에 의해 여기된다. 전송 시퀀스 메모리(36)로부터의 Golay 인코딩된 베이스 시퀀스 및 룩업 테이블(38)로부터의 전송 초점 지연에 응답하여, 펄서는 전송 아피처를 구성하는 각각의 트랜스듀서 소자(12)에 Golay 인코딩된 펄스 시퀀스를 제공한다. 각 Golay 인코딩된 베이스 시퀀스의 +1 및 -1 소자는 펄서(24)에 의해 반대 위상의 펄스로 변환된다.

Golay 코드 쌍은, 직접적으로가 아니라, 시퀀스를 (통상적으로, 40MHz에서 또는 dt=0.025 마이크로초 시간 샘플로) 제 1 오버샘플링한 후 베이스 시퀀스와 컨볼루션하여, Golay 인코딩된 베이스 시퀀스를 형성함으로써, 전송된다. Golay 인코딩된 베이스 시퀀스는, 그 스펙트럼이 베이스 시퀀스의 적당한 선택에 따라 트랜스듀서 통과대역에 보다 잘 정합되기 때문에, Golay 코드 시퀀스 자체보다 훨씬 효율적으로 전송될 수 있다.
도 3 내지 도 5는 베이스 시퀀스와 한 쌍의 오버샘플링된 Golay 시퀀스 중의 하나와의 컨벌루션으로부터 전송 Golay 인코딩된 베이스 시퀀스를 형성하는 것에 대해 예시한다. 베이스 시퀀스는 결과적인 초음파 펄스 형태와 스펙트럼 에너지를 최적화하도록 설계된다. 도 3에 묘사된 예에서, 베이스 시퀀스는 [+1, +1, +1, +1, -1, -1, -1, -1] 극성을 갖는 펄스 시퀀스이다. 제 1 점호에 대해, 베이스 시퀀스는 Golay 코드 [+1, +1, +1, -1]에 대응하는 오버샘플링된 Golay 시퀀스(도 4 참조)와 컨볼루션된다. 최종적인 Golay 인코딩된 베이스 시퀀스가 도 5에 도시된다. 제 2 점호에 대해, 베이스 시퀀스는 Golay 코드 [-1,+1,-1,-1]에 대응하는 오버샘플링된 Golay 시퀀스(도시하지 않음)와 컨볼루션된다. Golay 인코딩된 베이스 시퀀스는 미리 계산되어 전송 시퀀스 메모리에 저장된다. 전송 시퀀스는, 트랜스듀서 소자를 여기한 후, 각 점호에 대한 Golay 시퀀스에 의해 주어진 극성을 갖는 초음파 펄스의 시퀀스가 된다.

바람직하게는, 도 2에 도시된 디코딩 필터(46)는 대역 통과 필터링을 실행하는 유한 임펄스 응답(FIR) 필터를 포함하며, 벡터 합산기(50)는 FIR 필터의 출력에 연결된 입력을 갖는 버퍼 메모리를 포함한다.

각 점호에 대해, 디코드 필터링은 전송 동안 사용된 Golay 인코딩된 베이스 시퀀스에 대응하는 오버샘플링된 Golay 시퀀스를 이용하여 실행된다. 시반전(time reversed)되어 오버샘플링된 Golay 시퀀스는 메모리(48)에 저장되며, 적당한 시간에 디코딩 필터(46)에 공급된다. 디코딩 필터는 코릴레이션을 수행하는 유한 임펄스 응답 필터이다.

수학식 1

$$x(n)*\overline{y(-n)} = \sum_{m} x(m+n)\overline{y(m)}$$

여기서 *는 컨벌루션을 나타내며, 오버바(overbar)는 (x 및 y가 복소수인 경우) 켤레(conjugation)를 나타낸다. 이 코릴레이션 결과는 벡터 합산기(50)에서 합산되어 디코딩 신호를 형성하며, 디코딩 신호는 복조기(31)에 제공된다.

미국 특허 출원 번호 제 09/063,109호에 개시된 촬영 시스템은 RF 에코 신호를 기저대역으로 복조하여 빔을 합하기 전 또는 후에 다운샘플링함으로써 동작할 수 있다. 이 경우에, 코릴레이션을 위해 저장된 오버샘플링된 Golay 시퀀스도 또한 기저대역으로 복조 및 다운샘플링된다.

도 10은 상보성 전송 코드(예컨대, Golay 코드)를 합성하며 유니폴라 또는 바이폴라 펄서를 이용하는 본 발명의 실시예에 적용될 수 있는 블록도이다. 또한, 도 10은 단일 전송 코드 (예컨대, Barker 코드)를 합성하며 유니폴라 또는 바이폴라 펄서를 이용하는 실시예에도 적용된다. 그러나, 상보성 전송 코드에 대한 디코딩 필터(46)의 출력 신호는 벡터 합산기(50)(도 2)로 보내지는 반면, 단일 전송 코드에 대한 디코딩 필터(46)의 출력 신호는 디코딩 필터를 통과한 후에 벡터 합산 없이 복조기(31)(도 2)로 직접 보내진다. 부가적으로, 디코딩 필터에 제공되는 필터 계수는, 상세히 후술되는 바와 같이, 이용되는 전송 코드 유형에 따라 다르다.

본 발명에 따른 바람직한 실시예에서, 상보성 코드 왜곡은 인코딩된 베이스 시퀀스(도 5 참조)의 상이한 코드 기호를 도 6 및 도 7에 예시한 바와 같은 상이한 점호에 전송함으로써 감소된다. 도 6의 전송 시퀀스(A)는 코드 기호 + 1에 대응하는 반면, 도 7의 전송 시퀀스(B)는 코드 기호 -1에 대응하여, A 시퀀스로부터 B시퀀스를 감산하여 최초 인코딩된 베이스 시퀀스가 되게 한다. 도 10은 이것이 전송 시퀀스 메모리로부터 전송 시퀀스(A, B)를 연속으로 공급함으로써 성취됨을 보여준다. 제 1 전송 점호(시퀀스(A))로부터 생성된 빔합산된 수신 신호는 코드 기호 메모리(54)로부터 검색된 코드 기호 + 1에 의해 곱셈기(52)에서 곱해진다. 이 제 1 곱셈 신호가 벡터 합산기(56)에 제공된다. 제 2 전송 점호로(시퀀스(B))부터 생성된 빔합산된 수신 신호는 코드 기호 메모리(54)로부터 검색된 코드 기호 -1에 의해 곱셈기(52)에서 곱해진다. 이 제 2 곱셈 신호도 또한 벡터 합산기(56)에 제공된다. 벡터 합산기는 제 1 및 제 2 곱셈 신호를 합산하여, 코드 왜곡이 없는 경우에도 5에 도시된 인코딩된 베이스 시퀀스에 기초한 바이폴라 펄스 시퀀스의 단일 전송 점호에 따라 수신되는 파형을 합성한다. 합성된 수신 파형은 도 2에 도시된 디코딩 필터(46)에 보내진다. 이 프로세스는 반복되어, 상보성 인코딩된 베이스 시퀀스용 수신 파형을 합성한다. 상보성 전송 코드에 대응하는 합성된 수신 파형은 벡터 합산기(50)와 함께 디코딩 필터(46)에 의해 디코딩된다. 디코딩 필터는 합성된 2개의 수신 파형에 대한 각각의 필터 계수의 집합에 따라 프로그램된다. 전송 시퀀스, 코드 기호 및 필터 계수는 마스터 제어기에 의해 제공된다.

도 6 및 도 7에 묘사된 실시예가 비선형 전파로 인한 코드 열화를 감소시키는 데 유용하지만, 펄서는 베이스 시퀀스가 바이폴라인 경우 바이폴라여야 한다. 이러한 제약은 인코딩된 베이스 시퀀스의 상이한 소자 기호가 도 8 및 도 9에 예시된 바와 같은 상이한 점호 상에 전송되는 또다른 바람직한 실시예에서 제거된다. 도 8에 도시된 전송 시퀀스(A)는 + 1 소자 기호에 대응하는 반면, 도 9에 도시된 전송 시퀀스(B)는 -1 소자 기호에 대응하여, “A” 시퀀스로부터 B 시퀀스를 감산함으로써 최초의 인코딩된 베이스 시퀀스를 야기하게 한다. 도 10에 나타낸 바와 같이, 도 8 및 도 9에 도시된 전송 시퀀스(A, B)는 전송 시퀀스 메모리(36)로부터 검색되는 반면, 각각의 소자 기호(예컨대, + 1, -1)는 소자 기호 메모리(54)로부터 검색된다. 곱셈기(52) 및 벡터 합산기(56)에 의해 합성된 수신 파형이 도 2에 도시된 디코딩 필터(46)에 제공된다. 이 프로세스는 반복되어, 상보성 인코딩된 베이스 시퀀스용 수신 파형을 합성한다. 상보성 전송 코드에 대응하는 합성된 수신 파형은 벡터 합산기(50)와 함께 디코딩 필터(46)에 의해 디코딩된다. 디코딩 필터는 합성된 2개의 수신 파형에 대한 각각의 필터 계수 집합에 따라 프로그램된다. 전송 시퀀스, 소자 기호 및 필터 계수는 마스터 제어기에 의해 제공된다.

본 발명은 바이폴라 단일 전송 코드(예컨대, Barker 코드)로 확장될 수 있다. 바이폴라 단일 전송 코드에 대해, 특별히 설계된 코드 시퀀스는 길이 P를 갖는 전송 버스트(burst)(베이스 시퀀스)를 변조한다. n개의 버스트로 이루어진 코딩된 펄스 시퀀스는 코딩된 펄스 시퀀스가 총 길이 n × P를 갖도록 흔히 n-칩 코드라고 불린다. 빔형성기로부터의 출력 신호는 유한 임펄스 응답 필터인 디코딩 필터(46)(도 10)를 통과함으로써 시간적으로 압축된다. 소정의 코딩된 파형은 정합 필터링에 의해, 즉, n-칩 코드의 동일 복사본인 FIR 필터 계수 세트를 이용하여 가장 잘 압축된다. 그러나, n개 이상의 필터 계수 또는 최초의 n-칩 코드와는 다른 계수를 갖는 FIR 필터를 이용하여 비정합된 필터링에 의해, 때때로 보다 바람직한 압축 효과가 달성된다. 디코딩 (즉, 압축) 필터의 출력 신호는 최초의 전송 버스트 길이 P와 같거나 또는 가까운 길이를 갖는 압축된 펄스 신호이지만, 그 진폭은 n배 더 길게 코딩된 펄스 시퀀스에 의해 생성된 것이다.

본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 2개의 전송 펄스 시퀀스(유니트 소자 기호의 전송 시퀀스에 대응하는 유니폴라 펄스 또는 유니트 코드 기호의 전송 시퀀스에 대응하는 바이폴라 펄스)는, 단일 전송 코드의 바이폴라 펄스 시퀀스를 하나의 점호로 전송하는 대신에, 개별적인 점호들로 전송된다. 각 전송 후에, 각각의 수신 파형은 도 10에 도시된 곱셈기(52)에서 각각의 기호에 의해 승산되고, 벡터 합산기(56)에 누적되어 코드 왜곡이 없는 경우에 단일 전송 코드 펄스 시퀀스의 단일 전송 점호를 따라 수신되는 파형을 합성한다. 각 전송 점호의 경우에, 전송 아피처의 각 트랜스듀서 소자(12)는 펄서들(24) 각각에 의해 각각의 펄스 시퀀스(유니폴라 또는 바이폴라)를 공급받는다. 대응하는 전송 시퀀스는 전송 코드(예컨대, Barker 코드)를 베이스 시퀀스와 컨볼루션하여 형성한 인코딩된 베이스 시퀀스로부터 유도된다. 각 펄서(24)에 의해 생성된 펄스를 제어하는 코딩된 전송 시퀀스는 전송 시퀀스 메모리(36)에 저장된다.

쌍을 이룬 전송 점호를 따라, 도 10에 도시된 벡터 합산기(56)가 생성한 합성된 수신 신호는 디코딩 필터(46)에 의해 디코딩된다. 단일 전송 코드의 경우에, 디코딩 필터(46)는 압축된 펄스를 생성한다. n-디지트 전송 코드의 경우에, 디코딩 필터

(46)는, 바람직하게는, 필터 계수 메모리(48)로부터 M개 필터 계수의 집합을 수신하는 M개의 필터 탭(tap)(M≥n)들을 갖는 FIR 필터이다. 필터 계수 c_0, c_1, ..., c_{M-1}은 n-디지트 전송 코드와 컨볼루션될 때, 압축된 수신 펄스 시퀀스를 생성하는 스칼라 값을 갖는다.

예로서, 도 11은 Barker 코드 군의 5-칩 코드 시퀀스를 보여준다. Barker 코드는 n=13까지의 여러 가지 길이를 갖는 바이페이즈 (또는 2진) 코드 시퀀스이다. (모든 Barker 코드의 집합이 Welch 등의 "Practical Spread Spectrum Pulse Compression For Ultrasonic Tissue Imaging," IEEE Trans Ultrason., Ferroelect., and Freq. Contr., Vol. 45, no.2, March 1998, pp.349-355에 개시된다). 5-비트 Barker 코드[1,1,1,-1,1]가 도 11에 도시한 바와 같은 정합 FIR 필터 (즉, 전송 코드의 디지트와 동일한 필터 계수를 갖는 필터)에 의해 디코딩되는 경우, 달성되는 압축 비율은 n=5이며, 이는 7dB의 SNR 이득에 대응한다. 그러나, 도 11에서 알 수 있는 바와 같이, 디코더 필터 출력 신호의 주 펄스는 보다 작은 진폭을 갖는 펄스로 둘러싸인다. 이들 작은 진폭을 갖는 펄스는 주 로브에 비해 진폭이 1/n 배인 축 또는 영역 사이드로브에 대응한다.

모든 바이페이즈 코드 중에서, Barker 코드는 정합 필터에 의해 디코딩될 때 가능한 가장 작은 사이드로브를 갖는 그 속성이 잘 알려져 있다. 그러나, 임의의 단일 전송 코드의 경우에, 사이드로브는 종종 감소된 신호 이득 및/또는 주 로브 확장(broadening)(감소된 영역 해상도)을 희생시킨 대가로 비정합된 필터링을 통해 억압될 수 있다.

도 10은 코드 왜곡이 없는 경우에, 단일 전송 코드 펄스 시퀀스의 단일 전송 점호를 따라 수신되는 파형을 합성하는 수단(52, 54, 56)과, 합성된 수신 신호를 디코딩하는 수단(46, 48, 50)(도 2)을 포함하는 본 발명을 묘사한다. 그러나, 본 발명에 따른 간략화된 바람직한 실시예는 수단(52, 54, 56)을 제거하고, 두 가지 기능을 수행하는 디코딩 단(46, 48, 50)을 적용함으로써 이루어질 수 있다. 예를 들면, 상보성 전송 코드 합성의 경우에, 도 2의 블록도는 유효할 것이다. 후자의 예에서, 수신 신호를 코드/소자 기호로 곱하는 단계는, 각각의 코드/소자 기호를 각각의 디코딩 필터 계수 벡터와 곱하여 형성된 복합 필터 계수를 필터 계수 메모리에 저장함으로써 디코딩 단에 통합되며, 합성된 수신 신호를 형성하기 위해 벡터를 합산하는 단계는 2개 대신에 4개의 벡터를 합산하는 벡터 합산기(50)를 적용하여 디코딩하는 벡터 합산과 결합될 수 있다. 이런 방식으로, 도 2의 수단(46, 48, 50)은 수단(46, 48, 50, 52, 54, 56)과 기능적으로 동등하게 만들어 질 수 있으며, 도 2의 벡터 합산기(50)를 제외하고는 이들 모두가 도 10에 도시된다.

유사하게, Barker 코드가 상보성 코드 대신에 이용되는 경우에, 수단(52, 54, 56)은 전술된 바와 같이, 복합 필터 계수를 메모리(48)에 저장함으로써 제거될 수 있고, 복조기 앞과 디코딩 필터(46) 뒤에 벡터 합산기를 포함시킴으로써 제거될 수 있다. 이러한 상황에서, 벡터 합산기는 단지 2개의 벡터만을 필요로 한다.

유니트 소자 기호를 사용하는 방법은 (예컨대, Hadamard 코드를 이용하여) 공간적으로 인코딩된 전송으로 확장될 수 있다. 공간적으로 인코딩된 전송을 사용하는 시스템에서, 인코딩된 신호들의 M개의 집합은 트랜스듀서 배열의 M개의 전송 소자로부터 차례로 전송된다. 각각의 전송의 경우에, 모든 M개의 전송 소자는 특정 집합의 인코딩에 따라 동시에 활성화된다. 최종적인 산재되어 있는(scattering) 데이터는 M개의 전송 사건 각각에 대해 저장된다. 이어서, 저장된 산재되어 있는 데이터는 인코딩된 행렬의 역으로 디코딩되어 개별적인 소자 정보를 얻는다.

전술된 유형의 시스템이 도 12에 묘사된다. 트랜스듀서 배열(10)은 개별적으로 구동되는 다수의 트랜스듀서 소자(12)로 구성되며, 트랜스듀서 소자 각각은 각각의 펄서/수신기(58)에 의해 생성되는 펄스 파형에 의해 에너지를 제공받을 때, 순간적으로 초음파 에너지를 생성한다. 조사 중인 피사체로부터 트랜스듀서 배열(10)로 반사된 초음파 에너지는 각 수신 트랜스듀서 소자에 의해 전기 신호로 전환되어 각각의 펄서/수신기(58)에 개별적으로 인가된다. 펄서/수신기(58)는 인간 오퍼레이터에 의한 명령에 반응하는 마스터 제어기(20)의 제어 하에 동작된다.

L≥M 트랜스듀서 소자로 이루어진 배열에 있는 M개의 전송 소자를 가정하는 경우, M개의 소자들은 동시에 활성화되어, K=M 전송 사건 각각 동안 포커싱되지 않은 초음파를 전송한다. 각 전송 사건의 경우에, 상이한 M-소자 코드 벡터는 제어기(20)에 의해 펄서/수신기에 인가되어 전송 소자들을 구동한다. M개의 M-소자 코드 벡터는 반전 가능한(invertible) M×M 행렬 Q의 열(column)을 형성한다. 행렬 Q^{-1}은 열(q_1,q_1,...,q_M)을 갖는다.

각 전송 사건 M(m=1,2,...,M)의 경우에, 후방 산재되어 있는 신호 $R_{mn}(t)$(n=1,2,...,N)는 N개의 수신 소자들의 집합에서 전기 신호로 변환된다. 이들 전기 신호는 증폭되어, 각각의 펄서/수신기(58)에 의해 각각의 아날로그-디지털 컨버터(60)로 전송된다. 각 전송 사건의 경우에, 디지털화된 신호는 제어기(20)의 제어 하에 랜덤 액세스 메모리(RAM)(62)에 저장된다. 하나의 이미지 프레임에 대응하는 K개의 전송 사건을 완료하자 마자, RAM(62)에 저장된 데이터는 검색되어 디지털

신호 프로세서(64)에 의해 또다른 데이터 집합 $D_{mn}(t)$으로 변환 즉 디코딩된다. 또한, 디지털 신호 프로세서는 디코딩된 이미지 데이터 상에 빔을 형성한다. 디코딩된 및 빔형성된 이미지 데이터는 비디오 모니터(22) 상에 단일 이미지 프레임으로서 디스플레이된다. 이 프로세스는 반복되어 트랜스듀서 배열이 관심 영역 또는 체적 전체에서 스캐닝될 때에, 일련의 이미지 프레임을 생성한다.

공간적으로 인코딩된 전송을 사용하는 시스템에 따르면, 데이터 집합 $D_{mn}(t)$은 다음 식에 따라 변환된다.

수학식 2

$$D_{mn}(t) = \sum_{i=1}^{M} q_n(i) R_{in}(t)$$

이 변환은 K개의 전송 사건의 집합을 디코딩하며, 이들 사건 각각은 M=K 소자 군에 전송되어, 전송 소자가 분리되는 데이터 집합, 즉, $D_{mn}(t)$이 전송 소자 m으로부터 수신 소자 n에 수신된 신호에 대응하는 데이터 집합을 얻는다. 디코딩된 데이터 집합 $D_{mn}(t)$은 공초점형 이미지를 생성하도록 빔으로 형성될 수 있다.

임의의 반전 가능한 행렬이 인코딩 행렬로서 이용될 수 있지만, Hadamard 행렬을 인코딩 행렬로서 선택하는 데에는 중요한 이점이 있다. Hadamard 행렬의 소자는 + 1 또는 -1이며, 이들은 전송 전자소자에서 위상 반전으로 쉽게 구현될 수 있다. 대칭 Hadamard 행렬의 역은 단지 자체 Q_N^{-1}-(1/N)Q 단지 스케일링 버전이다. 일반적으로, 디코딩 프로세스는 수신된 데이터 집합에 대한 M(M-1) 연산(덧셈 및 곱셈)을 포함한다. 그러나, Hadamard 인코딩의 경우에, 디코딩은 $M\log_2 M$ 연산(덧셈만)에서 실행될 수 있다. Hadamard 행렬은 다음을 반복하여 생성될 수 있다.

수학식 3

$$Q_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

수학식 4

$$Q_{2M} = \begin{bmatrix} Q_M & Q_M \\ Q_M & -Q_M \end{bmatrix}$$

여기서 M=2,4,8,16,... 이다.

본 발명은 전술한 유형의 공간적으로 인코딩된 전송과 함께 이용될 수 있다. 바람직한 실시예에서, 도 12의 제어기(20)는 인코딩 행렬의 각 행에 대한 개별적인 점호에서 유니폴라 펄서의 집합이 2개의 유니폴라 펄스 집합을 전송하도록 프로그램된다. 예를 들면, 일 점호에서 각각 소자 기호[+ 1, + 1, -1, + 1]의 집합을 갖는 4개의 소자로 이루어진 배열을 펄스화하는 바이폴라 펄서를 이용하여 이루어진 효과와 동일한 효과를 유니폴라 펄서를 이용하여 달성하기 위해서, 유니폴라 펄서들은 2번 활성화되며, 제 1 유니폴라 점호에서, 소자 기호들로 이루어진 바이폴라 집합에서 + 1에 대응하는 3개의 소자들은 펄스(즉 [+ 1, + 1, 0, + 1])를 공급받으며, 제 2 유니폴라 점호에서, 소자 기호들로 이루어진 바이폴라 집합에서 -1에 대응하는 소자만이 펄스([0, 0, + 1, 0])를 공급받는다. 제 1 및 제 2 점호에 의해 제공된 수신 신호들은 각각 + 1 및 -1이 곱하여진 다음, 코드 왜곡이 전혀 없다고 가정할 경우, 4개의 소자들로 이루어진 배열이 소자 기호들({+ 1, + 1, -1, + 1})로 이루어진 집합을 갖도록 각각 펄스를 보내는 바이폴라 펄서를 이용하여 제공되는 수신 신호를 합성하기 위해 합산된다.

일반적으로, 전술된 동작들은 도 12의 디지털 신호 프로세서(64)에 의해 실행될 수 있다. 제어기(20)로부터의 명령에 기초하여, 디지털 신호 프로세서(64)는 소자의 수신 데이터 신호들의 각 집합을 소자 기호들의 각각의 집합으로 곱하며, 소자의 수신 데이터에 대한 결과적인 2개의 집합을 합하여, 최초의 바이폴라 인코딩된 행렬의 열이 바이폴라 펄서를 이용하여 단일 점호에서 전송되는 데이터 집합을 합성한다.

본 발명의 바람직한 어떤 특성들만이 예시 및 개시되지만, 당업자들은 많은 수정과 변형을 할 수 있을 것이다. 예를 들면, 본 발명은 바이페이즈 코드, 단일 전송 코드 및 공간적으로 인코딩된 전송을 이용하는 것으로 제한되는 것이 아니라, 다위상 코드 또한 이용될 수 있다. 따라서, 부가된 청구항들이 본 발명의 참된 범주 내에서 모든 이러한 수정 및 변형을 다루고자 함이 이해되어야 한다.

발명의 효과

본 발명의 방법은 다위상 코드, 단일 전송 코드(예컨대 Barker 코드) 및 공간적으로 인코딩된 전송으로 확장될 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명을 구현하도록 프로그램될 수 있는 초음파 촬영 시스템의 블록도,

도 2는 미국 특허 출원 번호 제 09/063,109호에 개시된 유형의 초음파 촬영 시스템의 블록도,

도 3 내지 도 5는 미국 특허 출원 번호 제 09/063,109호의 설명에 따른 베이스 시퀀스(도 3), 오버샘플링된 Golay 코드 시퀀스(도 4), 및 Golay 인코딩된 베이스 시퀀스(도 5)를 보여주는 펄스도,

도 6 및 도 7은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 개별적인 전송 점호(firings)에 이용하기 위한 유니트 코드 기호 전송 시퀀스(A, B)를 보여주는 펄스도,

도 8 및 도 9는 본 발명의 또다른 바람직한 실시예에 따른 개별적인 전송 점호에 이용하기 위한 유니트 소자 기호 전송 시퀀스(A, B)를 보여주는 펄스도,

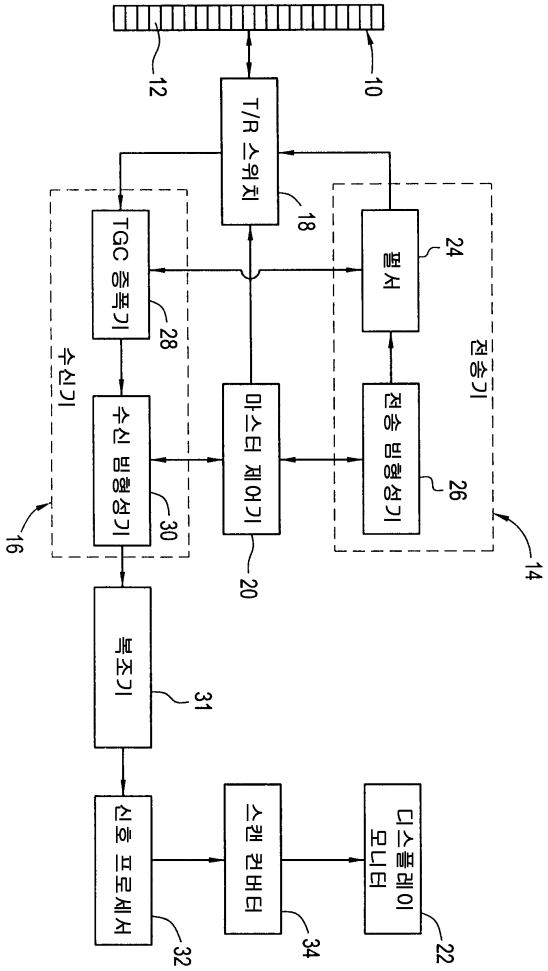
도 10은 상보성 전송 코드(예컨대, Golay 코드) 또는 이른바 단일 전송 코드(예컨대, Barker 코드)를 합성하는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 촬영 시스템의 프런트 엔드(front end)에 대한 블록도,

도 11은 5비트 바이페이즈(biphase) 전송 코드를 디코딩 필터의 정합 필터 계수들과 컨벌루션함으로써 생성되는 압축 펄스에 대한 예시도,

도 12는 공간적으로 인코딩된 전송을 합성하는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 디지털 초음파 촬영 시스템의 블록도,

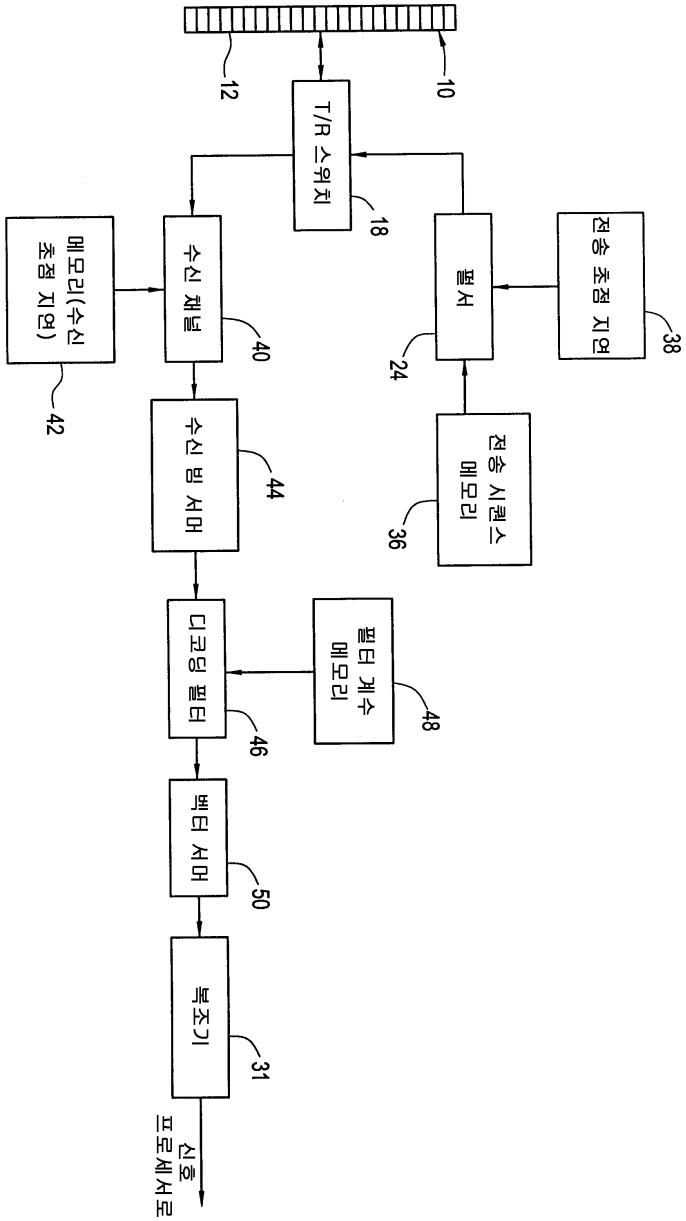
도면

도면1

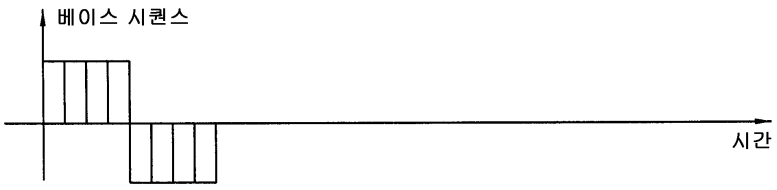

12
10
T/R 스위치
18
TGC 증폭기
28
펄서
24
수신기
16
수신 빔형성기
30
마스터 제어기
20
전송 빔형성기
26
전송기
14
복조기
31
신호 프로세서
32
스캔 컨버터
34
디스플레이 모니터
22

(종래기술)

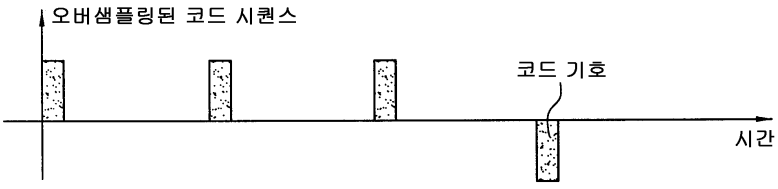
도면2


12
10
T/R 스위치
18
메모리(수신 촛점 지연)
수신 채널
40
42
수신 빔 서머
44
펄서
24
전송 초점 지연
38
전송 시퀀스 메모리
36
디코딩 필터
46
필터 계수 메모리
48
벡터 서머
50
복조기
31
신호 프로세서로

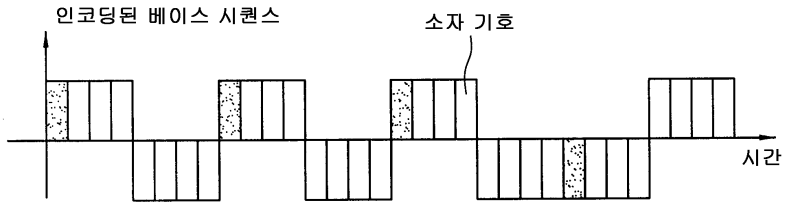
도면3


베이스 시퀀스
시간

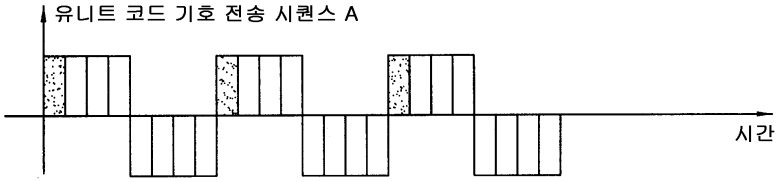
도면4


오버샘플링된 코드 시퀀스
코드 기호
시간

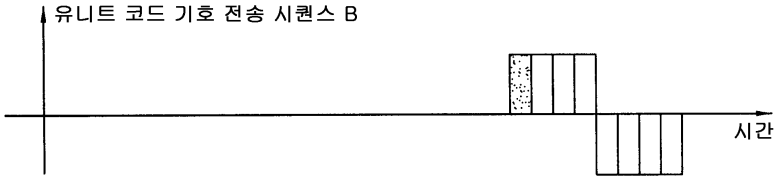
도면5



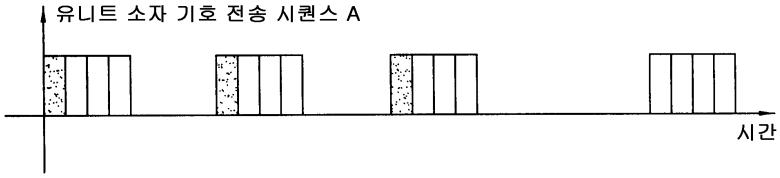
도면6



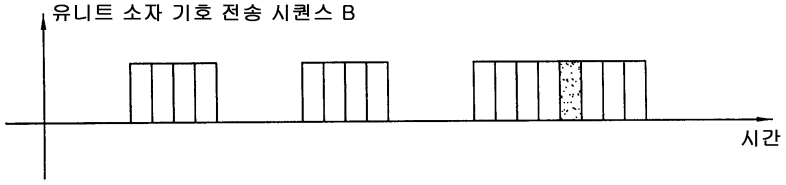
도면7



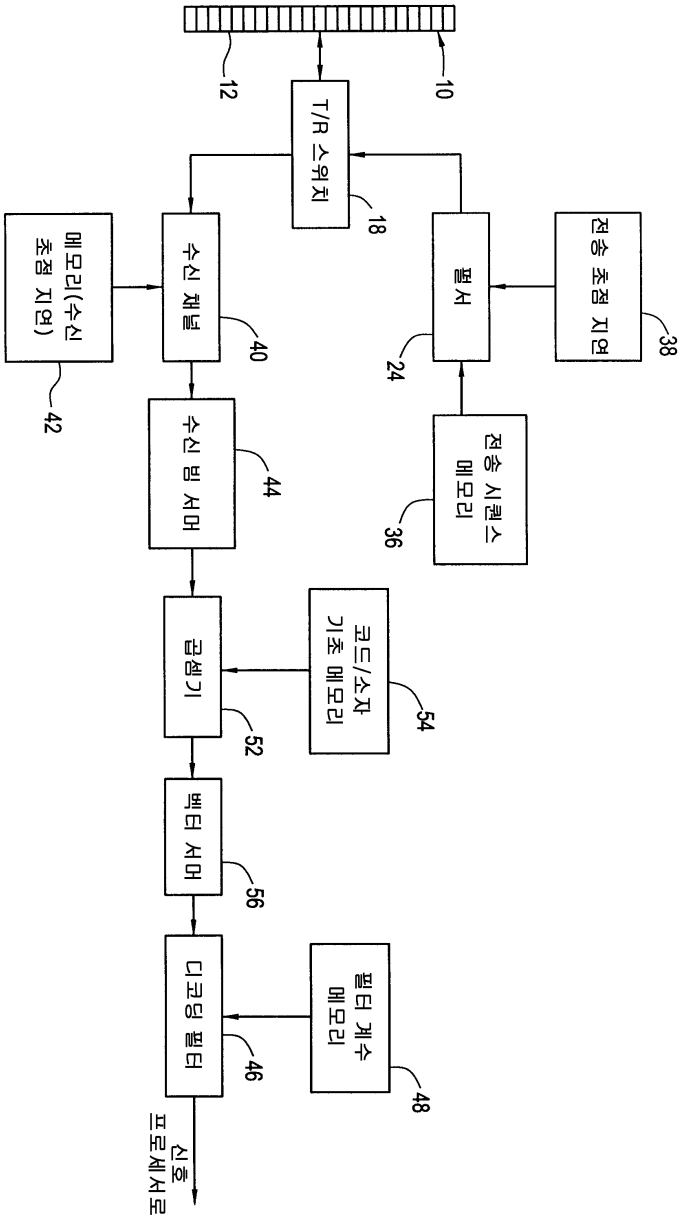
도면8



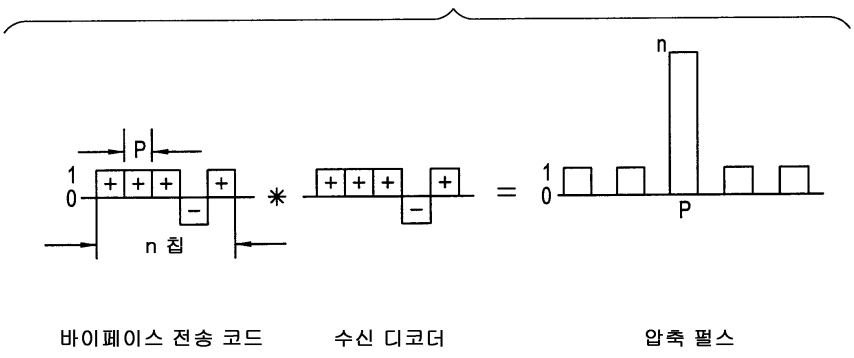
도면9



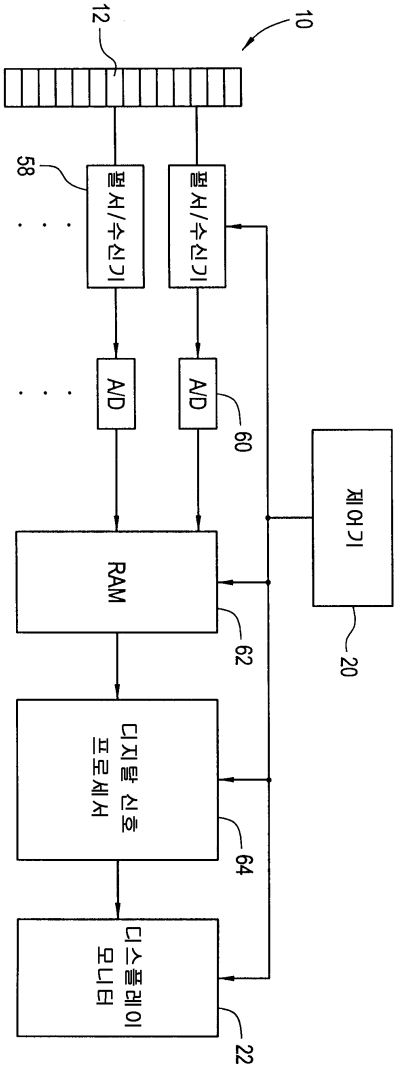
도면10


12
10
T/R 스위치
18
메모리(수신 초점 지연)
수신 채널
40
42
펄서
24
전송 초점 지연
38
수신 빔 서머
44
전송 시퀀스 메모리
36
콤셈기
52
코드/소자 기초 메모리
54
벡터 서머
56
디코딩 필터
46
필터 계수 메모리
48
신호 프로세서로

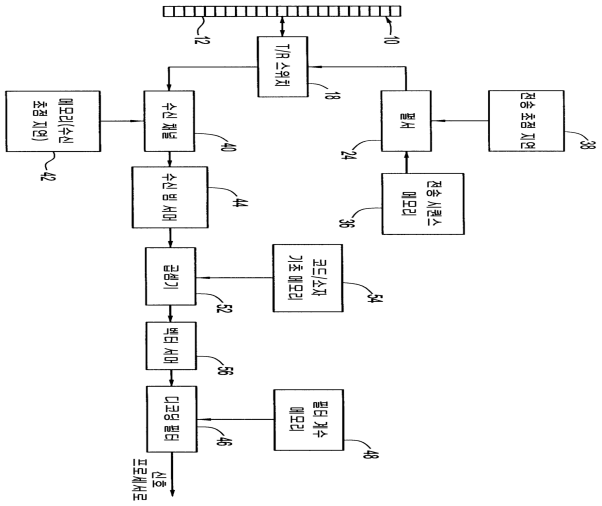
도면11


P
1
0
n 칩
n
P
바이페이스 전송 코드
수신 디코더
압축 펄스

도면12


10
12
58
펄서/수신기
펄서/수신기
A/D
A/D
60
제어기
RAM
62
20
디지탈 신호 프로세서
64
디스플레이 모니터
22

专利名称(译)	美国专利参考文献：超声波成像系统和使用单极或双极编码激励形成光束的方法		
公开(公告)号	KR100677025B1	公开(公告)日	2007-01-31
申请号	KR1020000012658	申请日	2000-03-14
[标]申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
当前申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
[标]发明人	CHIAO RICHARDYUNG 챠오리챠드융 THOMAS LEWISJONESIII 토마스루이스존3세		
发明人	챠오리챠드융 토마스루이스존3세		
IPC分类号	A61B8/00 G01S7/52 G01S15/89		
CPC分类号	G01S15/8961 G01S7/52049 G01S15/8959		
代理人(译)	KIM, CHANG SE		
优先权	09/268306 1999-03-16 US		
其他公开文献	KR1020010014579A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

编码用于医学科学超声波检查的编码激活（编码激励）的基本序列的代码或设备符号在不同的点火中发送，并且执行代码。用基本序列对编码的基本序列进行过采样的代码序列被卷积并形成。当其他符号位置模式被建立为0时，编码代码或基本序列的设备符号被替换为关于每个点火的单位符号（换句话说，1或-1）。在角度传输到每组呼叫之后，接收波形相乘。为了合成编码的接收波形，它被累积。