



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(51) Int. Cl.

A61B 8/00 (2006.01)

(45) 공고일자

2007년07월25일

(11) 등록번호

10-0742475

(24) 등록일자

2007년07월18일

(21) 출원번호 10-2001-0003921  
 (22) 출원일자 2001년01월27일  
 심사청구일자 2006년01월26일

(65) 공개번호 10-2001-0078120  
 (43) 공개일자 2001년08월20일

(30) 우선권주장 09/494,465 2000년01월31일 미국(US)

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

(72) 발명자 치아오리챠드융  
 미국뉴욕주12065클리프톤파크푸트남레인10

다케우치야스히토  
 일본도쿄도하칠지시요코가나쵸507

홀애니린드세이  
 미국위스콘신주53151뉴베를린웨스트탑-오-힐드라이브16015

토메니우스카이에릭  
 미국뉴욕주12065클리프톤파크반브랑켄로드74

(74) 대리인 김창세

(56) 선행기술조사문현  
 US5980459A

심사관 : 김태훈

전체 청구항 수 : 총 26 항

**(54) 파동 에너지 빔의 송신 시스템과 이미징 시스템 및 이들의 동작 방법**

**(57) 요약**

코드화 여기를 사용하여 조직 생성 고조파 이미징을 수행함에 있어서, 제 N 고조파 신호를 얻기 위한 송신 파형은 코드 시퀀스의 두개의 코드 심볼을 사용하여 인코딩된 바이페이즈(1,-1)이고, 제 2 코드 심볼로 인코딩된 송신 파형의 부분(즉, 칩)은 제 1 코드 심볼로 인코딩된 칩에 비해  $180^\circ/N$  만큼 위상 전이된다. 이것은 제 2 코드 심볼로 인코딩된 송신 시퀀스의 부분(즉, 칩)을 제 1 코드 심볼로 인코딩된 송신 시퀀스의 칩에 비해 중심 주파수에서  $1/2N$  비 사이클 만큼 시간 전이시킴으로써 실행된다. 수신시, 기본 주파수의 2배되는 지점에서 중심을 갖는 대역통과 필터에 의해, 원하는 고조파 신호가 분리되고, 해독으로 개선된다.

**대표도**

도 2

**특허청구의 범위****청구항 1.**

파동 에너지 빔을 송신하는 시스템에 있어서,

다수의 트랜스듀서 소자(12)를 구비한 트랜스듀서 어레이(10)와,

상기 트랜스듀서 어레이의 각각의 트랜스듀서 소자에 결합된 다수의 펄서(24)와,

각각의 송신 초점 지연 및 송신 발사시 인코딩된 베이스 시퀀스로 각각의 상기 펄서를 활성화하도록 프로그램된 송신 빔 형성기를 포함하되,

상기 인코딩된 베이스 시퀀스는 사이클을 갖는 베이스 시퀀스와 코드 시퀀스의 제 1 및 제 2 코드 심볼 각각을 컨별루션함으로써 형성된 제 1 및 제 2 칩을 포함하고, 상기 제 2 칩은 상기 제 1 칩에 비해  $1/2N$  비 사이클(fractional cycle) 만큼 전이되며, 이 때  $N$ 은 1 보다 큰 양의 정수인

파동 에너지 빔의 송신 시스템.

**청구항 2.**

제 1 항에 있어서,

상기 다수의 트랜스듀서 소자는 압전 트랜스듀서 소자를 포함하는 파동 에너지 빔의 송신 시스템.

**청구항 3.**

제 1 항에 있어서,

상기 코드 시퀀스는 바커 코드(Barker code)를 포함하는 파동 에너지 빔의 송신 시스템.

**청구항 4.**

제 1 항에 있어서,

상기 송신 빔형성기는 상기 인코딩된 베이스 시퀀스로 프로그램된 송신 시퀀스 메모리(36)를 포함하고, 상기 제 2 칩은 상기  $1/2N$  비 사이클 만큼 순환적으로 전이되는 시간 샘플을 포함하는 파동 에너지 빔의 송신 시스템.

**청구항 5.**

파동 에너지 빔을 송신하는 트랜스듀서 어레이를 동작하는 방법에 있어서,

상기 어레이의 트랜스듀서 소자는 송신 개구부를 형성하되,

송신 발사시 코드화 여기 과정으로 각각의 상기 트랜스듀서 소자를 구동하는 단계와,

상기 코드화 여기 과정은 사이클을 갖는 베이스 시퀀스와 코드 시퀀스의 제 1 및 제 2 코드 심볼 각각을 컨벌루션함으로써 형성된 제 1 및 제 2 칩을 포함하는 인코딩된 베이스 시퀀스에 따라 인코딩되는 단계와,

상기 제 2 칩은 상기 제 1 칩에 비해  $1/2N$  비 사이클 만큼 전이되는 단계

를 포함하고, 상기 N은 1보다 큰 양의 정수인

트랜스 듀서 어레이의 동작 방법.

## 청구항 6.

제 5 항에 있어서,

상기 코드 시퀀스는 바커 코드(Barker code)를 포함하는 트랜스 듀서 어레이의 동작 방법.

## 청구항 7.

전기적 활성화에 응답하여 파동 에너지를 송신하고, 반사된 파동 에너지를 전기 신호로 변환하는 다수의 트랜스듀서 소자(12)를 구비한 트랜스듀서 어레이(14)와,

상기 트랜스듀서 어레이에 결합되고, 선택된 트랜스듀서 소자를 활성화하도록 프로그램되어 기본 주파수  $f_0$ 를 갖고 송신 발사시 인코딩된 베이스 시퀀스로 인코딩된 접속 파동 에너지를 송신하는 송신 개구부를 형성하는 송신기(14) – 상기 인코딩된 베이스 시퀀스는 사이클을 갖는 베이스 시퀀스와 코드 시퀀스의 제 1 및 제 2 코드 심볼 각각을 컨벌루션함으로써 형성된 제 1 및 제 2 칩을 포함하고, 상기 제 2 칩은 상기 제 1 칩에 비해  $1/2N$  비 사이클 만큼 전이되며, 상기 N은 1보다 큰 양의 정수임 – 와,

상기 송신 발사 후 수신 개구부를 형성하는 선택된 트랜스듀서 소자로부터 제공된 전기 신호로부터 수신 벡터를 형성하도록 프로그램된 수신기(16)와,

상기 수신 벡터를 상기 인코딩된 베이스 시퀀스의 함수로서 필터링하도록 프로그램되고 고조파 주파수  $Nf_0$ 가 실질적으로 중심인 통과대역을 갖는 복합 필터(46)와,

상기 필터링된 수신 벡터의 함수인 영상 부분을 갖는 영상을 디스플레이하는 보조 시스템(22, 32, 34)

을 포함하는 이미징 시스템.

## 청구항 8.

제 7 항에 있어서,

상기 코드 시퀀스는 바커 코드(Barker code)를 포함하는 이미징 시스템.

## 청구항 9.

제 7 항에 있어서,

상기 복합 필터는 FIR 필터를 포함하는 이미징 시스템.

### 청구항 10.

제 7 항에 있어서,

상기 보조 시스템은 상기 필터링된 수신 벡터로부터 영상 신호를 형성하도록 프로그램되는 처리 보조 시스템 및 상기 영상 신호의 함수인 상기 영상 부분을 갖는 상기 영상을 디스플레이하도록 프로그램된 디스플레이 보조 시스템(22, 34)을 포함하는 이미징 시스템.

### 청구항 11.

제 7 항에 있어서,

상기 트랜스듀서 소자는 전기적 활성화에 응답하여 초음파를 송신하고, 반사된 초음파를 전기 신호로 변환하는 압전 소자를 포함하는 이미징 시스템.

### 청구항 12.

전기적 활성화에 응답하여 파동 에너지를 송신하고, 반사된 파동 에너지를 전기 신호로 변환하는 다수의 트랜스듀서 소자(12)를 구비한 트랜스듀서 어레이(10)와,

상기 트랜스듀서 어레이에 결합되고, 선택된 트랜스듀서 소자를 활성화하도록 프로그램되어 기본 주파수  $f_0$ 를 갖는 접속 파동 에너지를 송신하는 송신 개구부를 형성하며 송신 발사시 인코딩된 베이스 시퀀스로 인코딩된 송신기(14) - 상기 인코딩된 베이스 시퀀스는 사이클을 갖는 베이스 시퀀스와 코드 시퀀스의 제 1 및 제 2 코드 심볼 각각을 컨벌루션함으로써 형성된 제 1 및 제 2 칩을 포함하고, 상기 제 2 칩은 상기 제 1 칩에 비해  $1/2N$  비 사이클 만큼 전이되며, 상기 N은 1보다 큰 양의 정수임 - 와,

상기 송신 발사 후 수신 개구부를 형성하는 선택된 트랜스듀서 소자로부터 제공된 전기 신호로부터 수신 벡터를 형성하도록 프로그램된 수신기(16)와,

상기 수신 벡터의 고조파 신호 성분을 해독하는 수단(46, 48) - 상기 고조파 신호 성분은  $Nf_0$ 와 실질적으로 동일한 중심 주파수를 가짐 - 과,

상기 수신 벡터의 상기 해독된 고조파 신호 성분의 함수인 부분을 갖는 영상을 디스플레이하는 보조 시스템(22, 32, 34)을 포함하는 이미징 시스템.

### 청구항 13.

전기적 활성화에 응답하여 파동 에너지를 송신하고, 반사된 파동 에너지를 전기 신호로 변환하는 다수의 트랜스듀서 소자(12)를 구비한 트랜스듀서 어레이(10)와,

영상 신호의 함수인 영상 부분을 갖는 영상을 디스플레이하는 디스플레이 보조 시스템(22)과,

(1) 복수의 상기 트랜스듀서 소자를 활성화하여 기본 주파수  $f_o$ 를 갖고 송신 발사시 인코딩된 베이스 시퀀스로 인코딩된 집속 파동 에너지를 송신하되, 상기 인코딩된 베이스 시퀀스는 사이클을 갖는 베이스 시퀀스와 코드 시퀀스의 제 1 및 제 2 코드 심볼 각각을 컨벌루션함으로써 형성된 제 1 및 제 2 칩을 포함하고, 상기 제 2 칩은 상기 제 1 칩에 비해  $1/2N$  비 사 이를 만큼 전이되며, 상기 N은 1보다 큰 양의 정수인 단계와,

(2) 상기 송신 발사 후 수신 개구부를 형성하는 선택된 트랜스듀서 소자로부터 제공된 전기 신호로부터 수신 벡터를 형성하는 단계와,

(3) 상기 수신 벡터의 고조파 신호 성분을 해독하되, 상기 고조파 신호 성분은  $Nf_o$ 와 실질적으로 동일한 중심 주파수를 갖는 단계와,

(4) 상기 수신 벡터의 상기 고조파 신호 성분으로부터 영상 신호를 형성하는 단계와,

(5) 상기 영상 신호를 상기 디스플레이 보조 시스템으로 보내는 단계

를 수행하도록 프로그램된 컴퓨터(14, 16, 20, 32, 34)

를 포함하는 이미징 시스템.

#### 청구항 14.

제 13 항에 있어서,

상기 코드 시퀀스는 바커 코드(Barker code)를 포함하는 이미징 시스템.

#### 청구항 15.

제 13 항에 있어서,

상기 컴퓨터는 해독 단계를 수행하는 FIR 필터(46) 및 상기 FIR 필터를 프로그램하기 위한 필터 계수 세트를 저장하는 메모리(48)를 포함하고, 상기 필터 계수세트는 상기 수신 벡터의 상기 고조파 신호 성분의 상기 인코딩된 베이스 시퀀스 및 상기 중심 주파수의 함수인 이미징 시스템.

#### 청구항 16.

제 13 항에 있어서,

상기 트랜스듀서 소자는 전기적 활성화에 응답하여 초음파를 송신하고, 반사된 초음파를 전기 신호로 변환하는 압전 소자를 포함하는 이미징 시스템.

#### 청구항 17.

전기적 활성화에 응답하여 파동 에너지를 송신하고, 반사된 파동 에너지를 전기 신호로 변환하는 다수의 트랜스듀서 소자 및 영상 신호의 함수인 부분을 갖는 영상을 디스플레이하는 디스플레이 보조 시스템을 포함하는 이미징 시스템의 동작 방법에 있어서,

- (1) 복수의 상기 트랜스듀서 소자를 활성화하여 기본 주파수  $f_o$ 를 갖고 송신 발사시 인코딩된 베이스 시퀀스로 인코딩된 집속 파동 에너지를 송신하되, 상기 인코딩된 베이스 시퀀스는 사이클을 갖는 베이스 시퀀스와 코드 시퀀스의 제 1 및 제 2 코드 심볼 각각을 컨벌루션함으로써 형성된 제 1 및 제 2 칩을 포함하고, 상기 제 2 칩은 상기 제 1 칩에 의해  $1/2N$  비 사이클 만큼 전이되며, 상기 N은 1보다 큰 양의 정수인 단계와,
- (2) 상기 송신 발사 후 수신 개구부를 형성하는 선택된 트랜스듀서 소자로부터 제공된 전기 신호로부터 수신 벡터를 형성하는 단계와,
- (3) 상기 수신 벡터의 고조파 신호 성분을 해독하되, 상기 고조파 신호 성분은  $Nf_o$ 와 실질적으로 동일한 중심 주파수를 갖는 단계와,
- (4) 상기 수신 벡터의 상기 고조파 신호 성분으로부터 영상 신호를 형성하는 단계와,
- (5) 상기 영상 신호를 상기 디스플레이 보조 시스템으로 보내는 단계
- 를 포함하는 이미징 시스템의 동작 방법.

### 청구항 18.

제 17 항에 있어서,

상기 코드 시퀀스는 바커 코드(Barker code)를 포함하는 이미징 시스템의 동작 방법.

### 청구항 19.

전기적 활성화에 응답하여 파동 에너지를 송신하고, 반사된 파동 에너지를 전기 신호로 변환하는 다수의 트랜스듀서 소자(12)를 구비한 트랜스듀서 어레이(10)와,

상기 트랜스듀서 어레이에 결합되고, 선택된 트랜스듀서 소자를 활성화하여 기본 주파수  $f_o$ 를 갖고 제 1 및 제 2 송신 발사시 각각 제 1 및 제 2 인코딩된 베이스 시퀀스로 인코딩된 집속 파동 에너지를 송신하는 송신 개구부를 형성하도록 프로그램된 송신기(14) – 상기 제 1 및 제 2 인코딩된 베이스 시퀀스는 각각 사이클을 갖는 베이스 시퀀스와 제 1 및 제 2 코드 시퀀스의 각각의 코드 심볼을 컨벌루션함으로써 형성된 제 1 및 제 2 칩을 포함하고, 상기 코드 심볼은 제 1 및 제 2 코드 심볼을 포함하는 세트로부터 얻어지며, 상기 제 2 코드 심볼에 의해 인코딩된 각각의 상기 칩은 상기 제 1 코드 심볼에 의해 인코딩된 상기 칩에 의해  $1/2N$  비 사이클 만큼 전이되고, 상기 N은 1보다 큰 양의 정수임 – 와,

상기 제 1 및 제 2 송신 발사 후 수신 개구부를 형성하는 선택된 트랜스듀서 소자로부터 제공된 전기 신호로부터 제 1 및 제 2 수신 벡터를 형성하도록 프로그램된 수신기(16)와,

상기 제 1 및 제 2 수신 벡터를 각각 상기 제 1 및 제 2 인코딩된 베이스 시퀀스의 함수로서 필터링하도록 프로그램되고 고조파 주파수  $Nf_o$ 가 실질적으로 중심인 통과대역을 갖는 복합 필터(50)와,

상기 필터링된 제 1 및 제 2 수신 벡터를 가산하여 해독 수신 벡터를 형성하는 합산기(52)와,

상기 해독 수신 벡터의 함수인 영상 부분을 갖는 영상을 디스플레이하는 보조 시스템(22, 32, 34)

을 포함하는 이미징 시스템.

### 청구항 20.

제 19 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 코드 시퀀스는 고레이 코드(Golay code) 쌍을 형성하는 이미징 시스템.

### 청구항 21.

전기적 활성화에 응답하여 파동 에너지를 송신하고, 반사된 파동 에너지를 전기 신호로 변환하는 다수의 트랜스듀서 소자(12)를 구비한 트랜스듀서 어레이(10)와,

상기 트랜스듀서 어레이에 결합되고, 선택된 트랜스듀서 소자를 활성화하여 기본 주파수  $f_0$ 를 갖고 제 1 및 제 2 송신 발사시 각각 제 1 및 제 2 인코딩된 베이스 시퀀스로 인코딩된 접속 파동 에너지를 송신하는 송신 개구부를 형성하도록 프로그램된 송신기(14) - 상기 제 1 및 제 2 인코딩된 베이스 시퀀스는 각각 사이클을 갖는 베이스 시퀀스와 제 1 및 제 2 코드 시퀀스의 각각의 코드 심볼을 컨벌루션함으로써 형성된 제 1 및 제 2 칩을 포함하고, 상기 코드 심볼은 제 1 및 제 2 코드 심볼을 포함하는 세트로부터 얻어지며, 상기 제 2 코드 심볼에 의해 인코딩된 각각의 상기 칩은 상기 제 1 코드 심볼에 의해 인코딩된 상기 칩에 비해  $1/2N$  비 사이클 만큼 전이되고, 상기 N은 1보다 큰 양의 정수임 - 와,

각각 상기 제 1 및 제 2 송신 발사 후 수신 개구부를 형성하는 선택된 트랜스듀서 소자로부터 제공된 전기 신호로부터 제 1 및 제 2 수신 벡터를 형성하도록 프로그램된 수신기(16)와,

상기 제 1 및 제 2 수신 벡터를 해독하여  $Nf_0$ 와 실질적으로 동일한 중심 주파수를 갖는 고조파 신호 성분을 형성하는 수단(48, 50, 52)과,

상기 고조파 신호 성분의 함수인 부분을 갖는 영상을 디스플레이하는 보조 시스템(22, 32, 34)

을 포함하는 이미징 시스템.

### 청구항 22.

제 21 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 코드 시퀀스는 고레이 코드(Golay code) 쌍을 형성하는 이미징 시스템.

### 청구항 23.

전기적 활성화에 응답하여 파동 에너지를 송신하고, 반사된 파동 에너지를 전기 신호로 변환하는 다수의 트랜스듀서 소자(12)를 구비한 트랜스듀서 어레이(10)와,

영상 신호의 함수인 영상 부분을 갖는 영상을 디스플레이하는 디스플레이 보조 시스템(22)과,

(1) 송신 개구부를 형성하는 선택된 트랜스듀서 소자를 활성화하여 기본 주파수  $f_0$ 를 갖고 제 1 및 제 2 송신 발사시 각각 제 1 및 제 2 인코딩된 베이스 시퀀스로 인코딩된 접속 파동 에너지를 송신하는 - 상기 제 1 및 제 2 인코딩된 베이스 시퀀스 각각은 사이클을 갖는 베이스 시퀀스와 각각 제 1 및 제 2 코드 시퀀스의 각각의 제 1 및 제 2 코드 심볼을 컨벌루션함으로써 형성된 제 1 및 제 2 칩을 포함하고, 상기 코드 심볼은 제 1 및 제 2 코드 심볼을 포함하는 세트로부터 얻어지며, 상기 제 2 코드 심볼에 의해 인코딩된 각각의 상기 칩은 상기 제 1 코드 심볼에 의해 인코딩된 상기 칩에 비해  $1/2N$  비 사이클 만큼 전이되고, 상기 N은 1보다 큰 양의 정수임 - 단계와,

(2) 각각 상기 제 1 및 제 2 송신 발사 후 수신 개구부를 형성하는 선택된 트랜스듀서 소자로부터 제공된 전기 신호로부터 제 1 및 제 2 수신 벡터를 형성하는 단계와,

(3) 상기 제 1 및 제 2 수신 벡터를 해독하여  $Nf_0$ 와 실질적으로 동일한 중심 주파수를 갖는 고조파 신호 성분을 형성하는 단계와,

(4) 상기 고조파 신호 성분으로부터 영상 신호를 형성하는 단계와,

(5) 상기 영상 신호를 상기 디스플레이 보조 시스템으로 보내는 단계

를 수행하도록 프로그램된 컴퓨터(14, 16, 20, 32, 34)

를 포함하는 이미징 시스템

#### 청구항 24.

제 23 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 코드 시퀀스는 고레이 코드(Golay code) 쌍을 형성하는 이미징 시스템.

#### 청구항 25.

전기적 활성화에 응답하여 파동 에너지를 송신하고, 반사된 파동 에너지를 전기 신호로 변환하는 다수의 트랜스듀서 소자 및 영상 신호의 함수인 부분을 갖는 영상을 디스플레이하는 디스플레이 보조 시스템을 포함하는 이미징 시스템의 동작 방법에 있어서,

(1) 송신 개구부를 형성하는 선택된 트랜스듀서 소자를 활성화하여 기본 주파수  $f_0$ 를 갖고 제 1 및 제 2 발사시 각각 제 1 및 제 2 인코딩된 베이스 시퀀스로 인코딩된 접속 파동 에너지를 송신하는 - 상기 제 1 및 제 2 인코딩된 베이스 시퀀스 각각은 사이클을 갖는 베이스 시퀀스와 제 1 및 제 2 코드 시퀀스의 각각의 제 1 및 제 2 코드 심볼을 전별루션함으로써 형성된 제 1 및 제 2 칩을 포함하고, 상기 코드 심볼은 제 1 및 제 2 코드를 포함하는 세트로부터 얻어지며, 상기 제 2 코드 심볼에 의해 인코딩된 각각의 상기 칩은 상기 제 1 코드 심볼에 의해 인코딩된 상기 칩에 비해  $1/2N$  비 사이클 만큼 전이되고, 상기 N은 1보다 큰 양의 정수임 - 단계와,

(2) 각각 상기 제 1 및 제 2 송신 발사 후에 수신 개구부를 형성하는 선택된 트랜스듀서 소자로부터 제공된 전기 신호로부터 제 1 및 제 2 수신 벡터를 형성하는 단계와,

(3) 상기 제 1 및 제 2 수신 벡터를 해독하여,  $Nf_0$ 와 실질적으로 동일한 중심 주파수를 갖는 고조파 신호 성분을 형성하는 단계와,

(4) 상기 고조파 신호 성분으로부터 영상 신호를 형성하는 단계와,

(5) 상기 영상 신호를 상기 디스플레이 보조 시스템으로 보내는 단계

를 포함하는 이미징 시스템의 동작 방법.

#### 청구항 26.

제 25 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 코드 시퀀스는 고레이 코드(Golay code) 쌍을 형성하는 이미징 시스템의 동작 방법.

명세서

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 초음파 이미징 시스템에 관한 것으로서, 보다 구체적으로, 의료 초음파 이미징에 있어서 조직 생성(tissue-generated) 및 콘트라스트 생성(contrast generated) 고조파 신호의 고조파 대 기본파 비 및 고조파 대 잡음 비를 증가시키는 것에 관한 것이다.

종래의 초음파 이미징 시스템은 초음파 빔을 송신하고 연구 대상 물체로부터 반사된 빔을 수신하는 초음파 트랜스듀서 소자의 어레이(array)를 포함한다. 이러한 주사(scanning)는 집속 초음파(focused ultrasonic wave)가 송신되고 짧은 시간 간격 후에 시스템이 수신 모드로 전환하여 반사된 초음파를 수신하고, 빔형성(beamform)하고, 디스플레이용으로 처리하는 일련의 측정(measurements)을 포함한다. 통상적으로, 송신 및 수신은 각각의 측정시에 동일한 방향으로 집속되어, 음향 빔(acoustic beam) 또는 주사선(scan line)을 따라 있는 일련의 점들로부터 데이터를 얻는다. 반사된 초음파가 수신될 때, 수신기는 주사선을 따라 있는 일련의 영역에 동적으로 집속된다.

초음파 이미징에 있어서, 어레이는 통상적으로, 일렬 이상으로 배열되고 개별적인 전압(separate voltage)으로 구동되는 다수의 트랜스듀서 소자들을 갖는다. 인가 전압의 시간 지연(time delay)(또는 위상) 및 진폭을 선택함으로써, 소정의 열(row)의 개개의 트랜스듀서 소자를 제어하여, 바람직한 베티 방향을 따라 진행하고 빔을 따라 선택된 점에 집속되는 순초음파(net ultrasonic wave)를 형성하는 초음파를 발생시킬 수 있다. 각각의 발사(firings)의 빔형성 파라미터는, 예컨대 이전의 빔의 초점에 대하여 전이(shift)된 각 빔의 초점을 가지고 동일한 주사선을 따라 연속적인 빔을 송신함으로써 각 발사에 대한 초점 또는 방향에 변화를 주도록 다양화될 수 있다. 조타된 어레이(steered array)에 있어서, 인가 전압의 시간 지연 및 진폭을 변화시킴으로써, 초점을 가진 빔이 평면으로 이동되어 물체를 주사할 수 있다. 선형 어레이에 있어서, 한 발사로부터 다음 발사까지 어레이를 가로질러 개구부를 전환함으로써 어레이에 수직 방향인 집속 빔이 물체를 가로질러 주사된다.

트랜스듀서 탐침(probe)이 수신 모드에 이용되어 반사된 음향을 수신할 때에도 동일한 원리가 적용된다. 수신 트랜스듀서 소자에서 발생된 전압들이 합쳐져서, 순신호(net signal)는 물체의 단일 초점으로부터 반사된 초음파 에너지를 나타낸다. 송신 모드에서와 같이, 개별적인 시간 지연(및/또는 위상 전이) 및 이득(gains)을 각 수신 트랜스듀서 소자로부터 나온 신호에 분배함으로써 초음파 에너지의 이러한 집속 수신이 이루어진다.

초음파 영상은 다수의 영상 주사선으로 구성된다. 집속 초음파 에너지를 관심있는 영역의 한 점에 송신한 후, 계속해서 반사된 에너지를 수신함으로써 단일 주사선(또는 주사선의 국부화된 소그룹)이 얻어진다. 집속된 송신 에너지를 송신 빔이라고 부른다. 송신 후에, 하나 이상의 수신 빔형성기들(beamformers)은 위상 회전 또는 시간 지연을 동적으로 변화시키면서, 각 채널에 의해 수신된 에너지를 밀접하게(coherently) 합하여, 경과 시간에 비례하는 영역에 원하는 주사선을 따라 정점 감도(peak sensitivity)를 발생시킨다. 그 결과 발생된 집속 감도 패턴을 수신 빔이라고 부른다. 주사선의 분해능(resolution)은 관련된 송신 및 수신 빔 쌍(pair)의 방향성의 결과이다.

빔형성기의 출력이 겹출되어 물체 영역(object region)의 각 샘플 체적 또는 관심있는 체적에 대한 각각의 화소도(pixel intensity) 값을 형성한다. 이러한 화소도 값들은 로그 압축(log-compressed)되고, 주사 변환(scan-converted)된 후, 주사되는 해부체(anatomy)의 영상으로서 디스플레이(display)된다.

종래의 초음파 트랜스듀서는 기본 주파수  $f_0$ 에서 중심을 갖는 광대역 신호를 송신하는데, 그 신호는 각각의 펄서에 의해 송신 개구부의 각 트랜스듀서 소자에 개별적으로 인가된다. 펄서는 특정한 송신 초점 위치에 송신 빔의 원하는 집속 작용(focusing)을 일으키는 시간 지연에 의해 활성화된다.

송신 빔이 조직속을 통과함에 따라, 상이한 밀도를 갖는 영역들 사이의 경계로부터 초음파가 산란 또는 반사될 때, 에코( echoes)가 발생한다. 트랜스듀서 어레이에는 이러한 초음파 에코를 전기적 신호로 변환하고, 그 신호를 처리하여 조직의 영상을 만들어낸다. 이러한 초음파 영상은 기본파(선형) 및 고조파(비선형) 신호 성분의 조합으로부터 형성되고, 후자는 콘

트라스트제(contrast agents)를 포함하는 조직 또는 혈류(blood stream) 등의 비선형 매체에 발생된다. 선형 신호를 산란시킴으로써, 수신 신호는 송신 신호의 시간 전이된 진폭 스케일 버전(version)이 된다. 그러나, 이것은 비선형 초음파를 산란시키는 음향 매체에는 적용되지 않는다.

고진폭 신호 송신으로부터 나온 에코는 선형 및 비선형 신호 성분을 모두 포함하고 있을 것이다. 어떤 경우에 있어서는, 초음파 영상은 기본파를 압축하고 고조파(비선형) 신호 성분들을 강조함으로써 개선될 수 있다. 송신 중심 주파수가  $f_0$ 라면, 그 후 조직/콘트라스트 비선형성은  $Nf_0$ 에서 고조파를,  $f_0/N$ 에서 부고조파(subharmonics)를 발생시킬 것이다. 이 때,  $N$ 은 2 이상의 정수이다. ["(부)고조파"라는 용어는 고조파 및/또는 부고조파 신호 성분을 나타낸다.] 고조파 신호의 이미징은 주파수  $f_0$ 에서 협대역 신호를 송신하고 주파수  $2f_0$ (제 2 고조파)에서 중심을 갖는 대역에서 수신하고 수신 신호 처리함으로써 수행되었다.

조직 생성 고조파 이미징은 이미징하기 곤란한 환자들에 있어서 B-모드 영상 화질을 크게 개선할 수 있다. 조직 생성 고조파 이미징이 직면해 있는 첫번째 문제는 진폭에 있어서 고조파 신호가 기본파 신호보다 작은 크기의 차수이기 때문에, 고조파 대 잡음 비(HNR)가 낮다는 것이다. 두번째 문제는 낮은 고조파 대 기본파 비(HFR)에 의해 측정될 때 기본파로부터 고조파 신호의 분리(isolation)가 충분하지 못하다는 것이다.

코드화 여기(coded excitation)는 의료 초음파 이미징에 있어서 공지된 기술이다. 예컨대, 1999년 8월 17일에 허여된, 공동 양도된 미국 특허 제 5,938,611 호에는 바커 코드(Barker codes)의 사용이 개시되어 있고, 1999년 11월 16일에 허여된, 공동 양도된 미국 특허 제 5,984,869 호에는 고레이 코드(Golay codes)의 사용이 개시되어 있다.

게다가, 조직 고조파 이미징 및 콘트라스트제를 사용하는 고조파 이미징의 기술이 공지되어 있다. 조직 고조파 이미징의 기술은 아버큐(Averkiou) 등의 "조직의 비선형 특성에 근거한 새로운 이미징 기술"(1937 IEEE 초음파 심포지엄, 페이지 1561-1566)에 기재되어 있고, 콘트라스트제를 사용하는 고조파 이미징은 데 종(de Jong) 등의 "초음파 콘트라스트제의 원리 및 최근의 발전"(초음파, 29권, 1991, 페이지 324-330) 및 우렌도르프(Uhlendorf)의 "초음파 콘트라스트 이미징의 물리학: 선형 영역에서의 산란"(IEEE 번역. 초음파 강전성 & 주파수 제어, 41권, 제 1 호, 페이지 70-79, 1994년 1월)에 기재되어 있다. 조직 고조파는 이미징하기 곤란한 환자들의 B-모드 영상 화질을 크게 개선할 수 있고, 콘트라스트 고조파는 혈관 연구를 크게 향상시킬 수 있다.

송신 개구부를 가로질러 송신 신호를 위상 전이하여 제 2 고조파 주파수에서 송신 신호를 상쇄하는 기술은 크리쉬난(krishnan) 등의 "비선형 콘트라스트제 이미징을 위한 송신 개구부 공정"(초음파 이미징, 18권, 페이지 77-105, 1996년)에 개시되어 있다.

타케우치(Takeuchi)는 "고조파 이미징을 위한 코드화 여기"(1997 IEEE 초음파 심포지엄, 페이지 1433-1436)에서, 위상 전이 개념을 콘트라스트 생성 제 2 고조파 신호의 코드화 여기로까지 확장하였다.

전술한 타입의 의료 초음파 이미징 시스템에 있어서, HFR 및 HNR을 최적화하는 것이 바람직하다. 특히, 고조파 이미징에 있어서 HFR 및 HNR을 상당히 증가시키는 시스템 및 방법에 대한 요구가 있다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 바람직한 실시예에 있어서, 긴 인코딩된 펄스 시퀀스를 송신하고 수신된 빔가산(beamsummed) 데이터를 해독함으로써, 코드화 여기를 사용하는 조직 생성 고조파 이미징의 수행에 의해 조직 생성 고조파 신호의 HFR 및 HNR이 항상된다.

### 발명의 구성

송신된 펄스 시퀀스 진폭은 충분히 높게 설정되어 조직 비선형성으로부터 고조파 신호를 발생시킨다. 고조파 신호는 수신되고(기본파 신호와 함께), 빔 형성되고, 분리되고, 해독되어 이미징을 형성하는데 사용된다.

본 발명의 바람직한 실시예에 있어서, 제 N 고조파 신호를 얻기 위한 송신 파형은 코드 시퀀스의 두개의 코드 심볼을 사용하여 인코딩된 바이페이즈(1, -1)이고, 제 2 코드 심볼로 인코딩된 송신 파형의 각 인코딩된 부분(즉, 칩)은 제 1 코드 심볼로 인코딩된 칩에 비해  $180^\circ/N$  만큼 위상 전이된다. 이것은 제 1 코드 심볼로 인코딩된 칩에 비해 중심 주파수에서  $1/2N$  비 사이클(fractional cycle) 만큼 제 2 코드 심볼로 인코딩된 송신 시퀀스의 칩을 시간 전이시킴으로써 실행된다. 제 2 고

조파 신호( $N = 2$ )에 있어서, 인코딩된 송신 시퀀스의 두개의 칩의 위상은  $90^\circ$ 떨어져 있고, 이것은 송신 시퀀스 메모리에서  $1/4$  사이클 만큼 제 2 칩을 순환적으로 전이시킴으로써 실행된다. [여기서 사용되는 "순환적 전이"라는 용어는 전이된 칩의 전단에서 빠진 시간 샘플이 전이된 칩의 후단에서 더해진다는 것을 의미한다.] 수신시, 제 2 고조파 신호는 기본 주파수의 2배 되는 지점에서 중심을 갖는 대역통과 필터에 의해 분리되고, 해독으로 개선된다. 대역통과 필터링 및 해독 기능은 바람직하게 하나의 필터에 포함된다.

기본파(및 다른 고조파)는 적당하게 인코딩되지 않고 어떠한 해독 이득도 얻지 못하는 반면에 단지 제 2 고조파 신호만이 해독 필터에 적당하게 정합되기 때문에 HFR의 증가가 실현된다. 이러한 기술을 사용하여, 제 2 고조파의 HFR 및 HNR은  $n$ 이 단일 송신(즉, 바커) 코드에서 칩의 수일 경우  $10\log(n)$  dB 만큼 증가하거나, 또는 2 송신(즉, 고레이) 코드에 대해  $10\log(2n)$  만큼 증가한다. 광대역 신호는 부가적인 HFR 이득에 의해 향상된 분해능에 사용된다.

본 발명이 구체화될 수 있는 하나의 초음파 이미징 시스템이 도 1에 도시되어 있다. 이 시스템은 복수의 개별적으로 구동되는 트랜스듀서 소자(12)를 갖는 트랜스듀서 어레이(10)를 포함한다. 각각의 트랜스듀서 소자(12)는 송신기(transmitter)(14)에 의해 생성된 펄스 파형에 의해 에너지가 공급될 때 1 버스트(burst)의 초음파 에너지를 생성한다. 연구 대상 물체로부터 트랜스듀서 어레이(10)로 반사된 초음파 에너지는 각각의 수신 트랜스듀서 소자(12)에 의해 전기적 신호로 변환되고, 1 세트의 송신/수신(T/R) 스위치(18)를 통하여 수신기(16)로 개별적으로 인가된다. T/R 스위치(18)는 통상적으로 송신 전자부에 의해 발생된 고전압으로부터 수신 전자부를 보호하는 다이오드이다. 송신 신호에 의해 다이오드는 수신기로 보내지는 신호를 차단하거나 또는 제한하게 된다. 송신기(14) 및 수신기(16)는 오퍼레이터 계면(operator interface)(도시되지 않음)을 거쳐 작동자(human operator)의 명령에 응답하여 주 제어기(master controller)(또는 호스트 컴퓨터)(20)의 제어하에 동작된다. 송신기(14)가 순간적으로 ON되어 각각의 트랜스듀서 소자(12)에 에너지가 공급된 후 일련의 에코를 얻음으로써 완전한 주사가 수행되고, 그 후, 각각의 트랜스듀서 소자(12)에 의해 생성된 에코 신호는 수신기(16)에 인가된다. 다른 채널이 여전히 송신하고 있는 동안에도, 채널은 수신을 시작할 수 있다. 수신기(16)는 각각의 트랜스듀서 소자로부터 나온 개별적인 에코 신호를 결합하여, 디스플레이 보조시스템(22)의 비디오 모니터상에 영상 라인을 생성하는데 사용되는 단일 에코 신호를 생성한다.

주 제어기(20)의 명령하에서, 송신기(14)는 트랜스듀서 어레이(10)를 구동하여, 초음파 에너지를 방향성 집속 빔(directed focused beam)으로서 송신한다. 이것을 성취하기 위해서, 송신 빔형성기(26)에 의해 각각의 시간 지연이 다수의 펄서(24)에 분배된다. 주 제어기(20)는 음향 펄스가 송신될 조건을 결정한다. 이러한 정보와 함께, 송신 빔형성기(26)는 각각의 송신 펄스의 타이밍과 진폭이 펄서(24)에 의해 발생되도록 결정한다. 각각의 송신 펄스의 진폭은 어파디제이션 발생기(apodization generator)(도시되지 않음)에 의해 발생된다. 펄서(24)는 송신 펄스를 T/R 스위치(18)를 거쳐 트랜스듀서 어레이(10)의 각각의 소자(12)로 보내는데, 이 T/R 스위치(18)는 트랜스듀서 어레이에 존재할 수 있는 고전압으로부터 시간 이득 제어(time-gain control; TGC) 증폭기(28)를 보호한다. 종래의 방식으로 송신 초점 시간 지연 및 어파디제이션 웨이팅(apodization weightings)을 적당히 조정함으로써, 초음파 빔이 방향성을 띠게 되고 집속되어 송신 빔을 형성할 수 있다.

초음파 에너지의 각 버스트에 의해 생성된 에코 신호는 각 송신 빔을 따라 있는 연속적인 범위에 위치한 물체로부터 반사된다. 에코 신호는 각 트랜스듀서 소자(12)에 의해 개별적으로 감지되고, 그리고 특정 시점에서 에코 신호 크기의 샘플은 특정 범위에서 발생하는 반사 양을 나타낸다. 반사 지점과 각 트랜스듀서 소자(12) 사이의 전파 경로의 차이로 인하여, 에코 신호들은 동시에 검출되지 않고 그 진폭들도 동일하지 않다. 수신기(16)는 각 수신 채널에서 각각의 TGC 증폭기(28)를 거쳐 개별적인 에코 신호를 증폭한다. 시간 이득 제어는 깊이(depth)의 함수로서 이득을 증가시키거나 감소시킴으로써 수행된다. TGC 증폭기에 의해 제공되는 증폭의 양은 TGC 구동기 회로(도시되지 않음)에 의해 제어되는데, TGC 구동기 회로는 퍼텐ショ미터(potentiometers)(도시되지 않음)의 주 컴퓨터 및 손 동작에 의해 설정된다. 그 후, 아날로그 에코 신호는 수신 빔형성기(30)로 보내진다. 상술한 트랜스듀서 소자는 압전 트랜스듀서 소자를 포함할 수 있다.

주 제어기(20)의 명령하에서, 수신 빔형성기(30)는 송신 빔의 방향을 따라가서, 각 빔을 따라 있는 연속적인 범위에서 각 신호를 샘플링한다. 수신 빔형성기(30)는 각각의 증폭된 에코 신호에 적당한 시간 지연 및 수신 어파디제이션 웨이팅을 분배하고, 신호들을 합하여 하나의 초음파 빔을 따라 특정 범위에 위치한 한 지점으로부터 반사된 총 초음파 에너지를 정확하게 지시하는 에코 신호를 제공한다. 수신 초점 시간 지연은 특정의 하드웨어를 사용하여 실시간(real time)으로 계산되거나 또는 겸색표(lookup table)로부터 판독된다. 수신 채널은 또한 수신 펄스를 필터링하는 회로를 갖는다. 그 후, 필터링 된 시간 지연 수신 신호들은 합쳐진다.

도 1에 도시된 시스템에 있어서, 빔형성기 출력 신호의 주파수는 복조기(demodulator)(31)에 의해 베이스밴드(baseband)로 전이된다. 이것을 성취하기 위한 한 방법은 입력 신호에 복소 정현  $e^{i2\pi f_d dt}$ 를 곱하는 것이다. 여기서  $f_d$ 는 신

호 스펙트럼을 베이스밴드로 읽기는데 필요한 주파수 전이이다. 복조된 신호는 신호 처리기(processor)(32)에 제공되고, 신호 처리기(32)는 복조된 신호를 디스플레이 데이터로 변환한다. B-모드(그레이 스케일)에 있어서, 디스플레이 데이터는 에지 인핸스먼트(edge enhancement) 및 대수 압축(logarithmic compression) 등의 소정의 부가적 공정을 갖는 신호의 포락선(envelope)을 포함한다.

일반적으로, 디스플레이 데이터는 주사 변환기(scan converter)(34)에 의해 비디오 디스플레이용 X-Y 포맷(format)으로 변환된다. 주사 변환된 프레임(frame)은 디스플레이 보조 시스템(22)에 결합된 비디오 처리기(도시되지 않음)로 통과된다. 비디오 처리기는 디스플레이용 비디오 데이터를 매핑(map)하고 매핑된 영상 프레임을 디스플레이 보조 시스템으로 보낸다.

디스플레이 보조 시스템(22)의 비디오 모니터(도시되지 않음)에 의해 디스플레이된 영상은 디스플레이에서 각 데이터가 각각의 화소의 강도(intensity) 또는 휘도(brightness)를 나타내는 데이터의 영상 프레임으로부터 생성된다. 영상 프레임은, 예컨대, 각 강도 데이터가 화소 휘도를 나타내는 8-비트 이진수(binary number)인  $256 \times 256$  데이터 어레이를 포함한다. 비디오 모니터상의 각 화소의 휘도는 공지된 방법으로 데이터 어레이의 대응 소자의 값을 판독함으로써 계속해서 리프레시(refresh)된다. 각각의 화소는 초음파 질문 펄스(interrogating pulses)에 응답하여 각각의 샘플 체적의 후방 산란형 단면(backscatter cross section)의 함수인 강도값을 갖는다.

도 2는 고조파 영상의 디스플레이를 위한 단일 송신 코드화 여리를 이용하는 본 발명의 바람직한 실시예를 도시하고 있다. 이러한 시스템에 있어서, 송신 개구부내의 각 트랜스듀서 소자는 인코딩된 베이스 시퀀스를 사용하여 웨일스화되고, 시퀀스 내의 각 펄스는 일반적으로 칩이라고 부른다. 인코딩된 베이스 시퀀스는 베이스 시퀀스(+1과 -1 요소의 시퀀스를 포함함)와 오버샘플링된 코드 시퀀스(각각의 디지트는 두개의 코드 심볼, +1과 -1중 하나인 n-디지트 코드를 포함함)를 컨벌루션함으로써 형성된다. 특히, 베이스 시퀀스는 n-디지트 코드 시퀀스를 사용하여 위상 인코딩되어, 송신 시퀀스 메모리(36)에 저장된 n-칩 인코딩된 베이스 시퀀스를 만든다. 단일 송신 코드(예컨대, 바커 코드)가 이용될 때, 송신 시퀀스 메모리(36)는 각 송신 초기 지대를 위한 하나의 인코딩된 베이스 시퀀스를 저장한다. 2 송신 코드(예컨대, 고레이 코드)가 이용될 때, 송신 시퀀스 메모리(36)는 각 송신 초기 지대를 위한 두개의 인코딩된 베이스 시퀀스를 저장한다.

본 발명의 바람직한 실시예에 따라 고조파 이미징에 사용하기 위한 대표적인 인코딩된 베이스 시퀀스의 발생이 도 3, 4 및 6에 도시되어 있다. 비교하기 위해서, 도 5는 종래의 이미징에 사용하기 위한 기본파 신호 성분의 대응하는 인코딩된 베이스 시퀀스를 도시하고 있으며, 여기서 코드 시퀀스는 직접적이 아니라 오버샘플링(통상적으로 40MHz 또는  $dt = 0.025\mu\text{sec}$  시간 샘플에서)한 후, 오버샘플링된 코드 시퀀스(도 4에 도시됨)와 베이스 시퀀스(도 3에 도시됨)를 컨벌루션하여 인코딩된 베이스 시퀀스를 형성함으로써 송신된다. 코드 시퀀스의 제 2 코드 심볼로 인코딩된 베이스 시퀀스의 시작은 도 5 및 6의 문자 "A"에 의해 지명된다. 인코딩된 베이스 시퀀스는 그 스펙트럼이 베이스 시퀀스의 적당한 선택으로 트랜스듀서 통과대역에 보다 잘 정합되기 때문에 훨씬 효율적으로 송신될 수 있다.

바커 코드 및 고레이 코드 등의 종래의 바이페이즈 코드는 +1과 -1 등의 두개의 위상 반전 심볼(phase-inverted symbols)을 갖는다. 그러나, 도 4에 도시된 코드 시퀀스의 코드 심볼을 사용하여 제 N 고조파 신호를 얻기 위한 송신 과형을 인코딩하기 위해서, 제 2 코드 심볼(즉, -1)로 인코딩된 송신 과형의 칩은 제 1 코드 심볼(즉, +1)로 인코딩된 칩에 비해  $180^\circ/N$  만큼 위상 전이될 필요가 있다. 이것은 송신 신호가 위상 텁(term)  $\exp[j\theta]$ 을 갖고 있다면, 수신 제 N 고조파 신호는 위상 텁  $\exp[jN\theta]$ 을 갖기 때문이다. 특히, 제 2 ( $N = 2$ ) 고조파 신호를 얻기 위한 송신 과형을 인코딩하기 위해서, 두개의 코드 심볼 +1과 -1에 대응하는 각각의 칩은 각각의 제 2 고조파 수신 신호가  $180^\circ$ 떨어져 있기 위해서  $90^\circ$ 떨어져 있어야 한다. 수신시, 기본파 중심 주파수의 두배되는 주파수에서 대역통과 필터는 제 2 고조파 신호를 분리하고, 그 후, 이 고조파 신호는 해독된다.

## 작제

제 2 코드 요소에 대응하는 인코딩된 베이스 시퀀스내의 위상 전이는  $T = 1/(2Nf_o)\mu\text{sec}$ 의 시간에서 대응하는 칩을 순환적으로 전이시킴으로써 실행된다. 여기서 N은 고조파 차수이고  $f_o$ 는 MHz 단위의 기본파(즉, 송신) 중심 주파수이다. 예컨대,  $N = 2$ (제 2 고조파)이고  $f_o = 3.33\text{MHz}$ 일 때, 시간 전이는  $T = 0.075\mu\text{sec}$ 이고, 이것은  $T/dt = 3$  시간 샘플에 대응한다. 그 후,  $90^\circ$ 위상 전이에 대응하는 인코딩된 베이스 시퀀스내의 칩은 3 시간 샘플의 시간에서 순환적으로 전이되고, 3 전이 시간 샘플의 제 1 샘플은 도 6에 색칠되어 있다. 이것은 송신 시퀀스 메모리에서 1/4 사이클 만큼 제 2 인코딩된 베이스 시퀀스(즉, 칩)를 순환적으로 전이시킴으로써 실행된다.

도 2의 시스템에 있어서, 송신 시퀀스 메모리(36)로부터 판독된 각각의 인코딩된 베이스 시퀀스는 각 송신 발사시 다수의 펄서(24)의 활성을 제어한다. 소정의 초점 위치에 대한 인코딩된 베이스 시퀀스는 충분한 진폭으로 송신되어, 고조파 신호는 조직내의 비선형 전파로부터 발생된다. 펄서(24)는 트랜스듀서 어레이(10)의 소자(12)를 구동하여, 생성된 초음파 에너지는 각각의 송신 발사를 위한 빔으로 집속된다. 이것을 성취하기 위해서, 검색표(38)로부터 나온 송신 초점 시간 지연은 펄서에 의해 생성된 각각의 펄스화된 파형에 분배된다. 종래의 방법으로 송신 초점 시간 지연을 적절히 조정함으로써, 초음파 빔은 다수의 송신 초점 위치에 집속되어 영상 평(image plane)에의 주사에 영향을 미칠 수 있다.

### 삭제

각 송신에 있어서, 트랜스듀서 소자(12)로부터 나온 에코 신호는 수신 빔형성기의 각각의 수신 채널(40)에 공급된다. 각 수신 채널은 TGC 증폭기 및 아날로그 디지털 변환기(도 2에 도시되지 않음)를 갖는다. 주 제어기(20)의 명령하에서(도 1에 도시됨), 수신 빔형성기는 송신 빔의 방향을 따라 간다. 수신 빔형성기 메모리(42)는 적당한 수신 초점 시간 지연을 수신된 에코 신호에 분배하고, 그 후, 수신된 에코 신호들을 합하여, 특정 송신 초점 위치로부터 반사된 총 초음파 에너지를 정확하게 나타내는 에코 신호를 제공한다. 시간 지연된 수신 신호들은 각 송신 발사를 위해 수신 빔합산기(beamsSummer)(44)에서 합쳐진다.

단일 송신 코드화 여기에 대해, 송신 발사 후에 얻어진 빔가산된 수신 신호는 복합 필터(46)에 공급되고, 이 복합 필터(46)는 빔가산된 수신 신호를 수신 코드와 상관(correlation)시킨다. 복합 필터(46)는  $Nf_o$ 에서 중심을 갖는 대역통과 필터를 포함하여, 제 N 고조파 신호를 분리한다. 바람직하게는, 복합 필터(46)는 대역통과 필터링과 해독 필터링 모두를 수행하는 유한 임펄스 응답(finite impulse response; FIR) 필터를 포함한다. 적당한 필터 계수가 필터 계수 메모리(48)에 저장되고, 적절한 시간에 복합 필터(46)에 공급된다. 개별적인 필터 즉, 대역통과 FIR 필터 및 해독 FIR 필터는 복합 FIR 필터에 대신 해서 사용될 수 있다고 이해될 것이다. 대역통과 FIR 필터는 고조파 신호 성분을 통과시키도록 설계된 필터 계수  $b(m)$ 을 가질 것이고, 여기서  $m = 0, 1, 2, \dots, (M-1)$ 이다. 한편, 해독 FIR 필터는 송신 코드의 함수인 필터 계수  $a(k)$ 를 갖는다. 여기서  $k = 0, 1, 2, \dots, (K-1)$ 이다. 기능적으로 동등한 복합 FIR 필터의 필터 계수  $c(i)$  ( $i = 0, 1, 2, \dots, (MK-1)$ )는 필터 계수  $a(k)$ 와 필터 계수  $b(m)$ 을 컨벌루션함으로써 계산될 수 있으며, 다음 식과 같다.

$$\text{수학식 1}$$

$$c(i) = \sum_{k=0}^{K-1} a(k) b(i-k)$$

대역통과되고 해독된 수신 신호는 복조기(31)에 의해 복조되고 신호 처리기(32)(도 1 참조)에 제공된다. B 모드에 있어서, 신호 처리는 포락선 검출, 에지 인핸스먼트 및 대수 압축을 포함한다. 신호 처리 및 주사 변환 후, 주사선이 디스플레이 보조 시스템의 비디오 모니터에 디스플레이된다. 이 과정은 반복되어 각각의 주사선이 각 송신 초점 위치(각각의 빔 각에 대한 하나의 송신 위치의 경우)에 대해 또는 각 벡터(각각의 빔 각에 대한 다수의 송신 초점 위치의 경우)에 대해 디스플레이되고, 그에 따라 원하는 차수의 고조파 영상을 형성한다.

바이페이즈 단일 송신 코드(예컨대, 바커 코드)에 있어서, 특별하게 설계된 코드 시퀀스는 길이 P의 송신 버스트(베이스 시퀀스)를 변조한다. n 칩의 인코딩된 베이스 시퀀스는 총 길이  $n \times P$ 를 갖는다. 빔형성기 출력 신호는 복합 대역통과/해독 필터(46)(도 2 참조)를 통과함으로써 적당한 시기에 압축된다. 몇몇 코드화된 파형들은 정합된 필터링에 의해 즉, n-칩 송신 코드의 동일한 복사물인 일련의 해독 FIR 필터 계수  $a(k)$ 를 사용하여 최상으로 압축된다. 그러나, 때때로 보다 바람직한 압축 효과는 n 필터 계수보다 큰 계수를 갖거나 또는 본래의 n-칩 송신 코드와 상이한 계수를 갖는 FIR 필터를 사용하는 부정합된 필터링에 의해 달성된다. 복합 필터(46)의 출력 신호는 본래의 송신 버스트 길이 P와 동일하거나 이에 근접한 길이를 갖고 진폭은 n배 더 큰 압축 펄스 고조파 신호이다.

예로서, 도 7은 바커 코드 족의 5-칩 코드 시퀀스를 도시하고 있다. 바커 코드는  $n = 13$ 까지 다양한 길이의 바이페이즈(또는 바이너리) 코드 시퀀스이다. 도 7에 도시된 바와 같이, 5-비트 바커 코드 [1,1,1,-1,1]가 정합 FIR 필터(즉, 송신 코드의 디지트와 동일한 필터 계수를 갖는 필터)에 의해 해독된다면, 달성된 압축 비율은  $n = 5$ 이고, 이것은 7dB의 SNR 이득에 대응한다. 그러나, 도 7에 도시된 바와 같이, 해독기 필터 출력 신호의 주 펄스는 더 작은 진폭의 펄스에 의해 둘러싸여 진다. 이러한 작은 진폭 펄스는 주 로브(main lobe)와 비교하여 진폭이  $1/n$ 배 작은 축(axial) 또는 영역 사이드로브(range sidelobe)에 대응한다.

개별적인 대역통과 및 해독 필터가 사용될 때, 수신시 해독 필터에 의해 해독 또는 자기상관(autocorrelation)이 달성된다. 적절한 해독 필터는 송신 코드, 복조 주파수(복조후에 해독된다면) 및 수신시에 수행된 다운샘플링(downsampling)의 양에 근거하여 설계된다.

모든 바이페이즈 코드중에, 바커 코드는 정합된 필터에 의해 해독될 때 가능한 한 가장 작은 사이드로브를 갖는 특성으로 잘 알려져 있다. 그러나, 임의의 단일 송신 코드에 있어서, 사이드로브는 감소한 신호 이득 및/또는 주 로브 확대(감소한 영역 분해능)를 이용하여 부정합된 필터링을 거쳐 종종 억제될 수 있다. 일반적으로, 보다 큰 사이드로브 억제는 보다 긴 부정합 FIR 필터를 사용하여 달성될 수 있다.

2 송신 코드(예컨대, 고레이)에 있어서, 각 송신 초점 지대에 대한 두개의 인코딩된 베이스 시퀀스가 존재한다. 소정의 초점 위치에 대한 인코딩된 베이스 시퀀스는 충분한 진폭으로 송신되어 고조파 신호는 조직내의 비선형 전파로부터 발생되고, 수신된 과형은 범형성되고, 해독되고, 고조파 영상을 형성하는데 사용된다. 2 송신 코드에 있어서, 해독 필터는 FIR 필터 및 벡터 합산기를 포함한다. FIR 필터의 출력 신호는 소정의 초점 위치에서 두개의 송신에 대해 축적되어 해독 단계를 완성한다. 도 8은 원하는 고조파 신호 성분을 대역통과한 후 각 송신 코드를 각각의 송신 코드와 상관시키는 기능을 수행하는 FIR 필터(50)을 도시하고 있다. 이러한 응용예의 목적에 대해, "해독기"라는 용어는 수신 벡터를 필터링하여 고조파 신호 성분을 통과시키고 수신 벡터를 해독하는 기능을 수행하는 하드웨어 및/또는 소프트웨어를 의미한다. 도 8에 부분적으로 도시된 실시예에 있어서, FIR 필터(50) 및 벡터 합산기(52)는 해독기를 형성한다. (반대로, 도 2에 도시된 실시예에 있어서는 복합 필터(46)가 해독기를 형성한다.) 제 1 코드화 송신 후의 수신시, 고조파 대역통과 필터에 대한 필터 계수와 제 1 송신 코드에 정합되는 해독 필터에 대한 필터 계수를 컨벌루션함으로써 결정된 제 1 필터 계수 세트(set)에 따라, 복합 FIR 필터(50)는 제 1 범가산 수신 벡터를 필터링한다. 복합 FIR 필터(50)에 의해 공급된 제 1 필터링 수신 벡터는 벡터 합산기(52)내의 버퍼 메모리에 저장된다. 제 2 코드화 송신 후의 수신시, 고조파 대역통과 필터에 대한 필터 계수와 제 2 송신 코드에 정합되는 해독 필터에 대한 필터 계수를 컨벌루션함으로써 결정된 제 2 필터 계수 세트에 따라, 복합 FIR 필터(50)는 제 2 범가산 수신 벡터를 필터링한다. 제 2 필터링 수신 벡터는 벡터 합산기(52)에 공급되고, 벡터 합산기(52)에서 버퍼 메모리에 저장된 제 1 필터링 수신 벡터와 합쳐진다. 그 후, 합쳐진 필터링된(즉, 대역통과되고 해독된) 수신 벡터는 영상 디스플레이를 위해 더 처리된다.

2 송신 코드화 여기에 있어서, 원하는 송신 초점 위치에 접속된 제 1 송신 발사시 제 1 코드화 시퀀스에 따라 그리고 동일한 송신 초점 위치에 접속된 제 2 송신 발사시 제 2 코드화 시퀀스에 따라 트랜스듀서 소자는 펠스화된다. 제 1 및 제 2 코드화 시퀀스는 각각 제 1 및 제 2 코드 시퀀스(즉, 고레이 코드 쌍)와 베이스 시퀀스를 컨벌루션함으로써, 즉, 코드 시퀀스를 사용하여 베이스 시퀀스를 위상 인코딩함으로써 발생된다. 바람직한 실시예에 따라, 제 1 및 제 2 송신 코드는 상보형 고레이 코드, 즉, 고레이 코드 쌍 [1,1] 및 [1,-1]이고, 펠서(24)(도 2 참조)는 바이폴라(bipolar)이다. 바람직한 실시예에 따라, 코드 심볼 -1에 의해 인코딩된 고레이-인코딩된 베이스 시퀀스의 각각의 칩은 코드 심볼 + 1에 의해 인코딩된 칩에 비해 1/2N 비 사이클에 의해 순환적으로 시간 전이된다.

각 발사시, 펠서(24)는 송신 시퀀스 메모리(36) 또는 특정의 하드웨어로부터 제공되는 고레이-인코딩된 베이스 시퀀스에 의해 여기된다. 송신 시퀀스 메모리(36)로부터 나온 고레이-인코딩된 베이스 시퀀스 및 겹색표(38)로부터 제공된 송신 초점 지연에 응답하여, 펠서는 송신 개구부를 구성하는 각각의 트랜스듀서 소자(12)에 고레이-인코딩된 펠스 시퀀스를 제공한다. 각 고레이-인코딩된 베이스 시퀀스의 + 1 및 -1 심볼은 펠서(24)에 의해 0° 및 90° 위상의 펠스로 변환된다.

각 발사에 있어서, 대역통과 필터링은 제 2 고조파 주파수에서 수행되고, 해독 필터링은 송신시 이용된 고레이-인코딩된 베이스 시퀀스에 대응하는 오버샘플링된 고레이 시퀀스를 사용하여 수행된다. 시간 반전(time-reversed)된 오버샘플링 고레이 시퀀스  $y(-k)$ 는 필터 계수 메모리(48)에 저장되어 적절한 시간에 FIR 필터(50)(도 8 참조)에 제공된다. 필터(50)는 수신 신호  $x(k)$ 를 오버샘플링된 고레이 시퀀스  $y(k)$ 와 상관시킨다.

$$\text{수학식 2}$$

$$x(k) * \overline{y(-k)} = \sum_m x(m+k) \overline{y(m)}$$

여기서 \*는 컨벌루션을 나타내고 윗줄은 공액(conjugation)( $x, y$ 가 복소수라면)을 나타낸다. 상관의 결과는 벡터 합산기(52)(도 8 참조)에서 합쳐져서 해독 신호를 형성하고, 그 후 해독 신호는 복조기(31)에 제공된다.

도 8에 도시된 구조를 포함하는 이미징 시스템은 또한, RF 에코 신호를 베이스밴드로 복조하고 빔가산 전후에 다운샘플링 함으로써 동작할 수 있다. 이러한 경우, 상관을 위해 저장된 오버샘플링 고레이 시퀀스는 또한 베이스밴드로 복조되고 다운샘플링된다.

도 2에 도시된 바와 같이, 복합 FIR 필터는 빔형성기 출력에서 또는 복조기 출력에서 소프트웨어 또는 하드웨어로 실행될 수 있다. 후자의 경우에, 복합 FIR 필터 계수는 복조 신호에 정합되거나 또는 부정합되어야 한다. 복조기가 개별 주파수  $f_d = k/2t_b$  ( $k$ 는 임의의 양의 정수이고  $t_b$ 는 인코딩된 베이스 시퀀스의 기간(duration)이다) 만큼 전이되는 상황에 있어서, 정현파가 실수가 되고 동일한 필터 계수 세트가 I와 Q 성분에 대한 양 복합 필터에 적용되어 실수 필터를 형성한다.  $f_d \neq k/2t_b$  인 상황에서, I와 Q 복합 필터는 상이한 필터 계수 세트를 수신하여 복소 필터(complex filter)를 형성한다. 후자의 경우에 있어서, 필터 계수는 각각의 복조된 신호 성분에 정합되거나 또는 부정합된다.

단지 본 발명의 소정의 바람직한 특징만을 설명하고 기술했을 지라도, 많은 변경과 변형이 당업자에게 가능할 것이다. 그러므로, 첨부된 청구 범위는 본 발명의 진정한 정신내에서 모든 변경과 변형을 포함하도록 의도된다고 이해되어야 한다.

### 발명의 효과

본 발명에 따라, 코드화 여리를 사용하는 조직 생성 고조파 이미징의 수행은 긴 인코딩된 펄스 시퀀스를 송신하고 수신된 빔가산 데이터를 해독함으로써 조직 생성 고조파 신호의 HFR 및 HNR를 향상시킨다.

### 도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 초음파 이미징 시스템(ultrasound imaging system)의 블록도,

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파 이미징 시스템의 블록도,

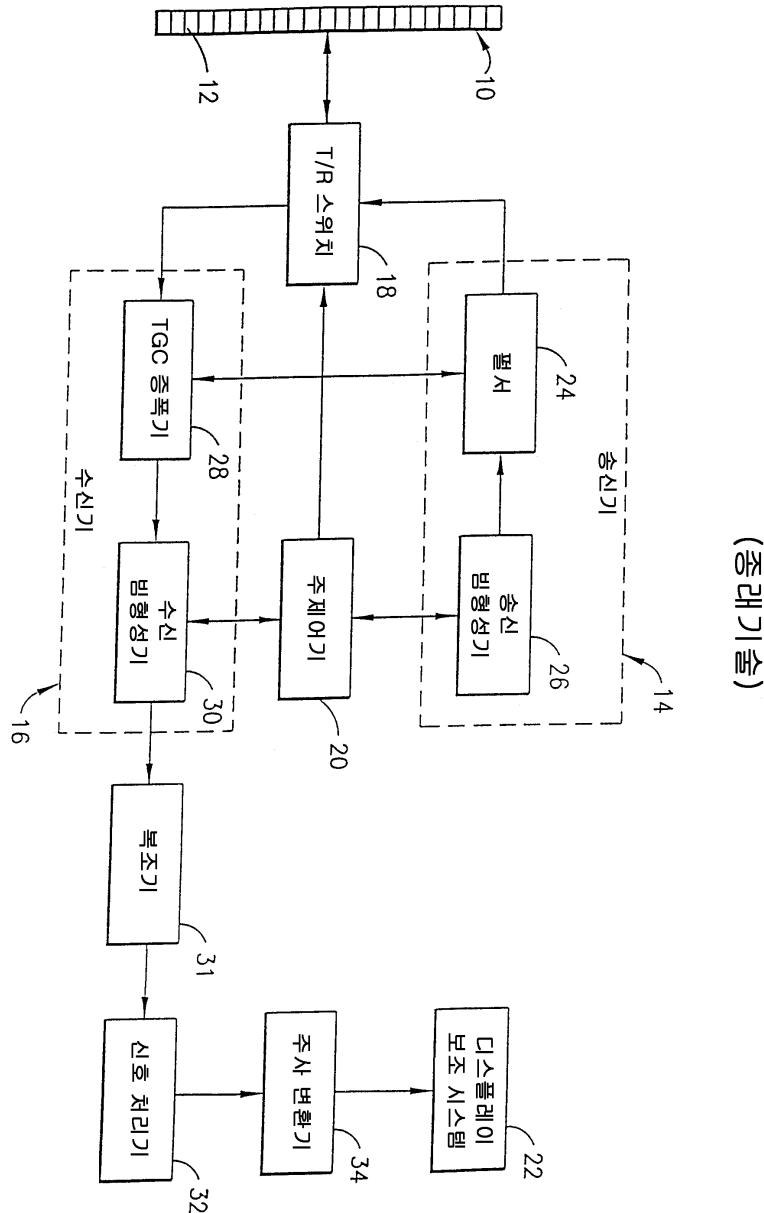
도 3 ~ 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 베이스 시퀀스(base sequence)(도 3), 오버샘플링(oversampling)된 코드 시퀀스(도 4), 기본파 이미징에 대한 인코딩된 베이스 시퀀스(encoded base sequence)(도 5), 고조파 이미징에 대한 인코딩된 베이스 시퀀스의 1 사이클의 펄스 패형,

도 7은 본 발명의 선택적인 실시예에 따른 해독 필터(decoding filter)의 정합된 필터 계수(matched filter coefficients)를 갖는 5-비트 바이페이즈(biphase) 코드 시퀀스의 컨벌루션(convolution)으로부터 얻어진 압축 펄스의 개략도,

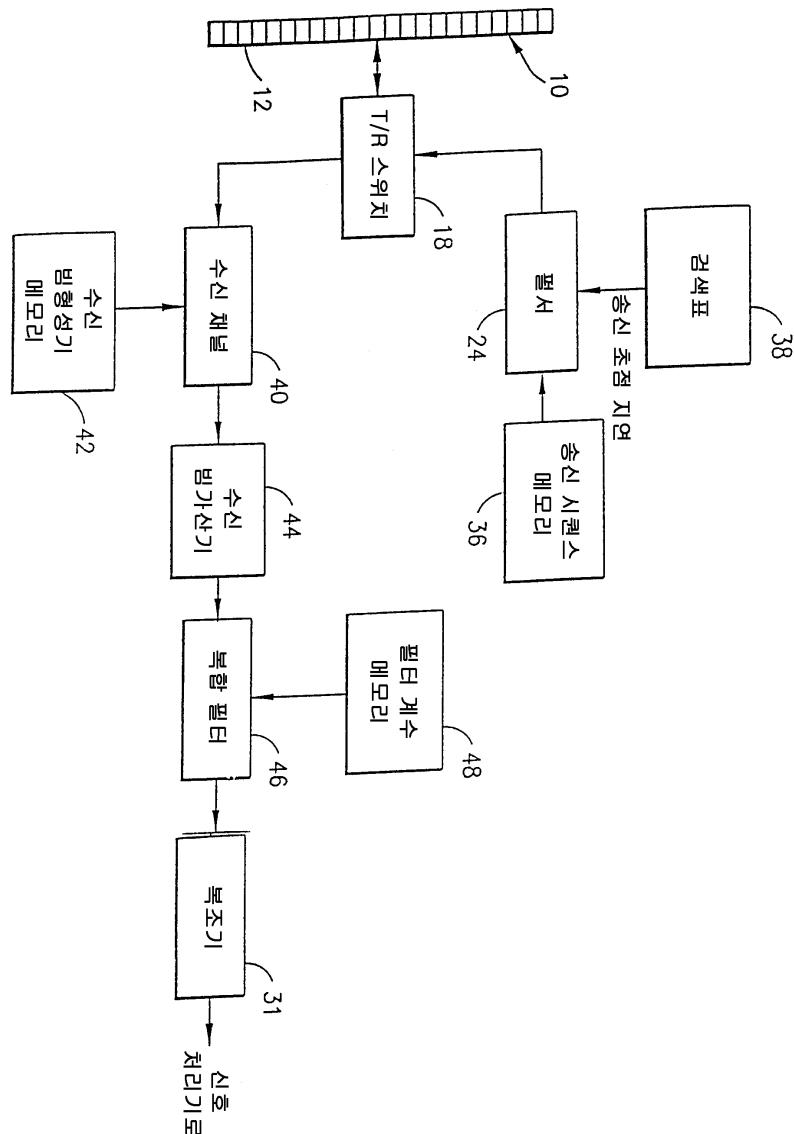
도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 2 송신(즉, 고레이(Golay)) 코드를 사용하는 필터의 블록도.

### 도면

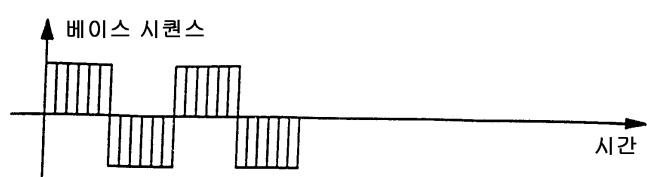
도면1



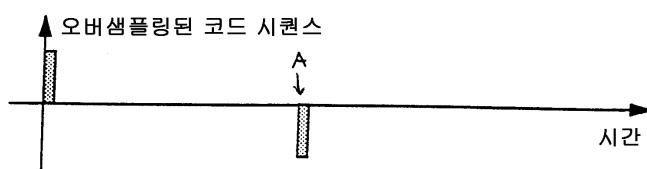
도면2



도면3

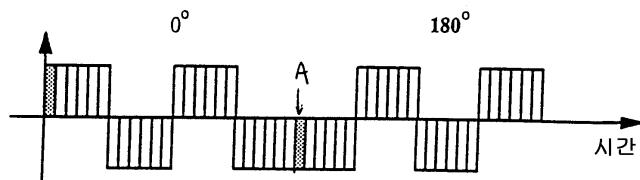


도면4



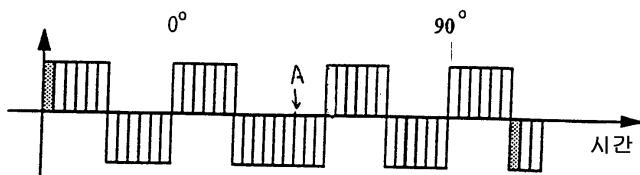
도면5

기본파에 대한 인코딩된 베이스 시퀀스

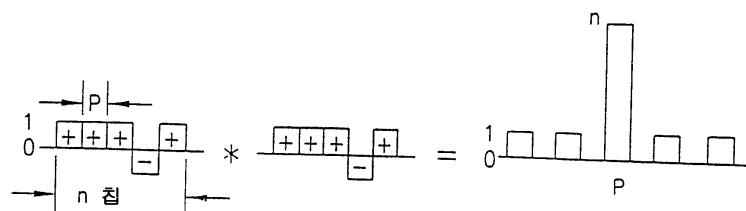


도면6

제 2 고조파에 대한 인코딩된 베이스 시퀀스



도면7



바이페이즈 송신 코드

수신 해독기

압축 펄스

도면8

