

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)(51) 。 Int. Cl.<sup>7</sup>  
A61B 8/00(11) 공개번호 10-2005-0058365  
(43) 공개일자 2005년06월16일(21) 출원번호 10-2005-7002802  
(22) 출원일자 2005년02월18일  
번역문 제출일자 2005년02월18일  
(86) 국제출원번호 PCT/IB2003/003345  
국제출원일자 2003년07월28일(87) 국제공개번호 WO 2004/023158  
국제공개일자 2004년03월18일

(30) 우선권주장 10/255,008 2002년08월21일 미국(US)

(71) 출원인 코닌클리케 필립스 일렉트로닉스 엔.브이.  
네델란드왕국, 아인드호펜, 그로네보르스베그 1(72) 발명자 스자보, 토마스, 엘.  
미국, 뉴욕 10510-8001, 브라이어클리프 매너, 피.오. 박스 3001  
사보드, 티모시, 제이.  
미국, 뉴욕 10510-8001, 브라이어클리프 매너, 피.오. 박스 3001  
스나이더, 리차드, 에이.  
미국, 뉴욕 10510-8001, 브라이어클리프 매너, 피.오. 박스 3001  
딜만, 리차드, 에프.  
미국, 뉴욕 10510-8001, 브라이어클리프 매너, 피.오. 박스 3001  
마르티네즈, 엔젤, 알.  
미국, 뉴욕 10510-8001, 브라이어클리프 매너, 피.오. 박스 3001

(74) 대리인 문경진

심사청구 : 없음

## (54) 개선된 고조파 영상 처리를 위한 시스템 및 방법

## 명세서

## 기술분야

본 개시기술은 초음파 영상 처리에 관한 것이다. 더 상세하게는, 고조파 초음파 이미지 방식과 연관되는 증가된 감도와 개선된 축 해상도를 위한 시스템 및 방법이 개시된다.

## 배경기술

초음파 영상 처리는 그 높은 이미지 품질, 안전성, 및 저비용 때문에 많은 임상적인 응용분야에서 사용된다. 초음파 이미지는 일반적으로, 인간 신체와 같은 매체 내로 향하는 압력파를 전송하고 수신할 수 있는 위상형 또는 선형-어레이 트랜스듀서를 이용하여 형성된다. 이들 초음파 트랜스듀서는 하우징 내로 더 조립될 수 있으며, 상기 하우징은 제어 전자장치를 포함할 수 있으며, 상기의 조합은 초음파 탐침을 형성한다.

초음파 탐침은 트랜시버와 함께 이용되어 신체의 다양한 조직을 통과하여 압력파를 전송하고 수신한다. 그후 다양한 초음파 반응은 신체의 다양한 구조와 조직을 디스플레이하도록 초음파-영상 처리 시스템에 의해 프로세싱된다.

초음파 영상 처리 시스템은 2-차원 명도 또는 B-모드 조직 이미지를 생성할 수 있는데, 이 이미지에서 픽셀의 명도는 수신된 초음파 에코의 강도에 기초한다. 일반적으로 컬러-흐름 영상 처리(color-flow imaging)으로 알려져 있는 또 다른 통상적인 영상 처리 방식에서는, 혈액의 흐름 또는 조직의 움직임이 관찰된다. 컬러-흐름 영상 처리는 영상 처리 디스플레이를 컬러-인코딩하기 위하여 도플러 효과를 이용한다. 컬러-흐름 영상 처리에서, 조직이나 혈액으로부터의 후방산란(backscatter)의 속도를 측정하기 위하여 후방산란-초음파의 주파수 시프트가 이용된다. 혈관, 심장 공동부 등등의 내부로부터 반사되는 음파의 주파수는 혈액 세포의 속도에 비례하여 시프트된다. 트랜스듀서를 향해 이동하는 세포로부터 반

사된 초음파의 주파수는 양의 방향으로 시프트된다. 반대로, 트랜스듀서로부터 멀리 이동하는 세포로부터의 초음파 반사의 주파수는 음의 방향으로 시프트된다. 이러한 도플러 시프트는 흐름의 속도와 방향을 나타내기 위해 여러가지 컬러를 사용하여 디스플레이될 수 있다. 시술자를 돕기 위하여, 컬러-흐름 영상은 B-모드 영상 위에 중첩될 수 있다.

초음파 영상 처리는 조영제와 함께 사용될 때 특히 효과적일 수 있다. 콘트라스트-에이전트 영상 처리에서, 일반적으로 마이크로버블(microbubble)로서 알려져 있는 기체나 유체 충전형 마이크로-구 조영제가 보통 혈류인 매체 내에 주입된다. 그들의 물리적 특성 때문에, 조영제는 초음파 조사분야에서 두드러지며, 따라서 관찰되는 조직을 향하여 또는 통과하여 흐르는 혈액의 양을 식별하는 표지(marker)로서 사용될 수 있다. 특히, 조영제는, 용이하게 검출되고 영상 처리될 수 있는 방사상의 진동을 생성하는 초음파 필드의 존재하에 공진한다. 보통 이러한 반응은 기초 주파수 또는 전송 주파수  $f_t$ 의 제 2 고조파  $2f_t$ 에서 영상 처리된다. 조영제를 주입한 후 해부학적 구조를 관찰함으로써, 의료인은 환자의 순환계 내의 혈류 역학과 혈액으로 충전된 조직의 건강 상태를 진단하기 위한 영상 처리 성능을 크게 향상시킬 수 있다. 예컨대, 콘트라스트-에이전트 영상 처리는 특히 심근 경계의 검출, 모세혈관 혈류의 평가, 및 심근 관류의 검출에 효과적이다.

Uhlendorf 외 다수에 허여된 미국 특허 5,410,516는, 무선-주파수(RF) 필터가 조직에 대한 마이크로버블 신호 비율을 향상시키기 위하여  $f_t$ 의 임의의 정수 고조파(제2, 제3, 등등), 서브고조파(예컨대 1/2 고조파), 또는 초고조파(예컨대 3/2 고조파를 선택적으로 관찰하기 위하여 사용될 수 있다는 것을 개시한다. 제 2 고조파는 더 높은 차수의 정수 고조파, 서브고조파 또는 초고조파에 비해 이 주파수에서의 큰 버블 반응 때문에 가장 유용하다고 검증되어 있다. 제 2 고조파는 또한 트랜스듀서에 대한 대역폭 제한(예컨대  $< 70\%$  대역폭, 여기서 %대역폭은 저-코너 주파수 - 6dB 포인트로부터 고-코너 주파수 - 6 dB 포인트의 차를 중심 주파수로 나눈 것으로서 정의된다.) 때문에 가장 실제적이다. 그러나, 고조파 영상 처리와 함께 단일-펄스 여기 기술은, 조직으로부터 산란된 큰 기초 신호( $f_t$ )가 조영제에 의해 생성된 신호를 차단하기 때문에, 조직에 대한 마이크로버블 신호-강도 비율이 낮다는 문제를 가진다.

결과적으로, 단일-펄스 여기 기술과 연관된 차별 문제에 대해, 해부학적 조직으로부터의 초음파 반응을 억압하기 위한 다양한 다중-펄스 방법들이 개발되어 왔다. 이들 다중-펄스 여기 기술은, 로컬 인소니파이드(insonified: 고주파 발사에 의해 음향 홀로그램이 만들어진) 영역 내의 조영제의 농도에 응답하는 강도를 가진 진단 디스플레이를 얻게 한다.

선형-조직 신호를 제거하거나 감쇄시키기 위해 조직의 일차적인 선형-반응 거동을 이용하는 몇가지 기술이 개발되어 왔다. 이들 기술들 중 몇가지에 있어서, 신체 내로 동일한 가시 라인(line of sight)을 따라 다중 전송 라인들이 발사된다. 전송 파형은 라인마다 (예컨대 전력, 위상, 또는 극성의 면에서) 수정됨으로써, 트랜스듀서에 의해 수신된 반응에 변동을 생성한다. 그후 이들 데이터 포인트들은 프로세싱되어, 일차적으로 조영제의 비-선형 반응을 포함하는 데이터를 생성하기 위하여 각자의 선형 성분의 영향을 제거하게 된다.

비록 위에서 기술된 기술이 조직이 생성한 신호의 영향을 제거하는데 있어 잘 작동하기는 하지만, 해상도와 시스템 감도에 있어 추가적인 개선이 바람직하다. 펄스-에코 초음파-영상 처리 시스템의 측방향 해상도는 초음파-빔 폭에 의존한다. 측방향 해상도는 초음파-펄스 지속시간에 의존한다.

측 해상도는 음향 렌즈 또는 전기적으로 집속된 트랜스듀서 어레이를 이용하는 정적 또는 동적 집속에 의해 개선될 수 있다. 집속-초음파 빔의 폭은 전송 펄스의 파장 또는 주파수 콘텐츠에 비례한다.

측 해상도는 고주파수 초음파를 이용하거나 초음파 펄스를 더 짧아지게 함으로써 개선될 수 있다. 그러나, 고주파수 초음파 펄스는 티슈 감쇠(tissue attenuation)로 인해 침투 깊이에 한정된다. 티슈 감쇠는 전송 펄스의 주파수로 증가한다.

일반적으로, 초음파 트랜스듀서는 예리한 전압 스파이크를 갖는 전자 파형에 의해 여기된다. 이 경우에, 트랜스듀서 임펄스 응답의 길이는 초음파 펄스의 지속시간을 한정한다. 트랜스듀서의 기계적 댐핑은 임펄스-응답 함수의 길이를 더 감소시킨다. 그러나, 기계적 댐핑은 트랜스듀서 대역폭 및 감도를 희생시킨다. 초음파 펄스를 전송하고 티슈-생성 에코를 수신하기 위한 동일한 트랜스듀서를 이용하는 것이 일반적이기 때문에, 기계적 댐핑은 일반적으로 기계적 댐핑이 트랜스듀서 대역폭을 한정시키므로 종종 수용할 수 없는 해결책이다.

고주파수 전송과 연관된 문제 및 트랜스듀서의 임펄스 응답의 길이를 단축시키고자 하는 요구를 해결하기 위해, 일부는 트랜스듀서에 인가되는 여기 또는 전송 파형을 변형시킨다. 결국 여기 파형의 형태는 연관되는 전송된 초음파 펄스의 형태 및 지속시간을 결정한다.

전송된 초음파 펄스 파형을 제어하려는 시도는 다음 특허에서 찾아볼 수 있다. Steven A. Johnson(1978)의 미국 특허 번호 제 4,222,274호에서, 2개의 미리 결정된 형태의 초음파 빔을 전송할 수 있는 장치가 제시된다. Goran Salomonsson 등(1982)의 미국 특허 번호 제 4,520,670호에서, 가중된 최소-제곱 필터로서 형성된 여기 신호에 의해 짧은-초음파 펄스를 생성하는 방법 및 장치가 제시된다. 복잡한 빔 형성기를 포함하는 다른 시스템은 Christopher R. Cole 등(1996)의 미국 특허 번호 제 5,675,554호에 기재된다. Cole 등의 복잡한 빔 형성기는 특정-캐리어 주파수 및 엔벨로프를 갖는 집속-초음파 빔을 생성할 수 있다.

그럼에도 불구하고, 캐리어 주파수 및 엔벨로프에 관해 지정될 수 없는 것을 포함하는 다양한 정밀하게 지정된 파형을 포함하는 초음파 펄스를 생성할 수 있는 것이 여전히 바람직하다. 한정된 이용가능한 트랜스듀서 대역폭으로 인해, 고조파 영상 처리에 대해 다음과 같은 문제가 발생한다. 스펙트럼 감소로 인해, 전송된 신호 및 수신된 신호 모두가 최대가 이용가능한 트랜스듀서 대역폭에 걸쳐 감도를 감소시킨다. 한정된 트랜스듀서 대역폭은, 또한 전송 및 수신된 펄스 주파수 대역폭을 종래의 보상되지 않은 전송 방법이 사용될 때 이용가능한-트랜스듀서 대역폭 내에 있는 좁은 범위로 제한한다.

더욱이, 전송된 펄스는 톤-버스트(tone-burst) 여기와 같은 종래의 수단에 의해 생성될 때 스펙트럼 사이드로브(sidelobe)를 초래하는데, 이것은 전송 및 수신된 스펙트럼의 중첩 영역으로 스푼(spill)한다. 사이드로브는 응답 및 결과적인 이미지를 바람직하지 못하게 왜곡한다.

더욱이, 스펙트럼-트랜스듀서 진폭 및 위상 응답은 여기 전송 및 수신된 에코 모두를 왜곡시켜, 전송 및 에코 모두와 연관된 주파수 스펙트럼은 비대칭이 된다.

### 발명의 상세한 설명

전송-신호 변경기(modifier)는 전송 및/또는 수신시 트랜스듀서 응답을 보상함으로써 한정된-트랜스듀서 대역폭과 연관된 전송할 문제를 감소시키고, 개선된 고조파 영상 처리를 위한 바람직한 신호 형태를 실현하는 방법을 제공한다. 전송-신호 변경기는 초음파-전송 시스템의 임펄스 응답을 고려하는 구동 스펙트럼을 계산하도록 구성된 디지털-신호 프로세서를 갖는 전송 제어기를 포함할 수 있다. 디지털-신호 프로세서는, 구동 신호가 초음파 트랜스듀서에 인가될 때 바람직한 전송-스펙트럼 형태가 되는 시간-구동 신호를 결정하도록 추가로 구성된다.

디지털-신호 프로세서는 역방향 고속 푸리에 변환을 포함하는 역방향 푸리에 변환을 이용할 수 있다. 디지털-신호 프로세서는 또한 트랜스듀서-보상 구동 스펙트럼을 유도하기 위한 대안적인 디컨볼루션(deconvolution) 방법을 이용할 수 있다.

에코-신호 형성기(echo-signal shaper)는 전송 펄스 중심 주파수의 지정된 고조파에서 중심 주파수를 갖는 수신 필터로 실현될 수 있다. 수신 필터는 원하는 수신 대역폭에 걸쳐 트랜스듀서를 포함하는 초음파 시스템의 바람직한 수신-신호 스펙트럼 및 임펄스 응답에 적응될 수 있다. 필요한 수신 필터는 다양한 디컨볼루션 방법에 의해 구현될 수 있다.

초음파 영상 처리 시스템의 축 해상도 및 감도를 개선시키는 방법이 또한 개시된다. 방송 기간에, 상기 방법은, 음향 초음파-전송 스펙트럼의 바람직한 스펙트럼 형태를 선택하는 단계와; 전송 스펙트럼에 걸쳐 트랜스듀서의 임펄스 응답을 식별하는 단계와; 전송-구동 스펙트럼 형태를 유도하는 단계와; 유도된 전송-구동 스펙트럼으로부터 시간-구동 신호를 결정하는 단계와; 시간-구동 신호를 인가하는 단계를 수행함으로써 구현될 수 있다.

지정된 파형은 전송된-초음파 펄스의 시간 지속기간 및 주파수 스펙트럼을 결정하여, 가까운 필드 및 먼-필드 검사와 같은 상이한 응용을 위해 동일한 트랜스듀서의 이용을 가능하게 한다. 전송된 초음파-여기 신호의 정밀한 형태는 디컨볼루션 또는 웨이브렛(wavelet) 변환과 같은 이미지-재구성 기술을 용이하게 하도록 선택될 수 있으며, 이것은 개선된-축 해상도 및 최상-이미지 품질을 초래한다. 이와 유사하게, 수신된 에코에 대한 트랜스듀서-임펄스 응답의 역효과를 보상함으로써, 관찰 하에 티슈의 더 정밀한 렌더션(renderition)이 얻어질 수 있다.

개선된 고조파 영상 처리를 개선하는 시스템 및 방법의 다른 특징 및 장점은 다음의 도면 및 상세한 설명을 볼 때 당업자에게 명백할 것이다. 그러한 모든 추가 특징 및 장점이 첨부된 청구항에 의해 보호된 바와 같이 본 명세서에 포함된다는 것이 의도된다.

본 발명은 다음 도면을 참조하여 더 잘 이해될 것이다. 도면의 성분은 반드시 축척에 맞춰진 것이 아니며, 그 대신 본 발명의 원리를 명백히 예시하는 것이 강조된다. 더욱이, 도면에서, 유사한 참조 번호는 수 개의 도면 전체에 대응하는 부분을 나타낸다.

### 도면의 간단한 설명

도 1은 예시적인 진단-영상 처리 환경을 도시한 개략도.

도 2는 도 1의 개선된 초음파-영상 처리 시스템을 도시한 기능 블록도.

도 3a는 도 2의 초음파-영상 처리 시스템에 의해 구현될 수 있는 예시적인 고조파-영상 처리 방식을 도시한 개략도.

도 3b는 도 2의 초음파-영상 처리 시스템에 의해 구현될 수 있는 대안적인 고조파-영상 처리 방식을 도시한 개략도.

도 4는 도 2의 초음파-영상 처리 시스템과 연관될 수 있는 예시적인 음향 트랜스듀서의 임펄스 응답을 도시한 개략도.

도 5a 내지 도 5c는 도 2의 초음파-영상 처리 시스템에 의해 구현될 수 있는 전송-펄스 스펙트럼의 응용 및 조정을 도시한 일련의 주파수 및 시간 그래프.

도 6은, 트랜스듀서가 시간 영역에서 연관된 에코 그래프를 수신할 때 도 2의 초음파-영상 처리 시스템에 의해 생성될 수 있는 수신 또는 에코 스펙트럼의 주파수-영역 그래프.

도 7은 도 2의 초음파-영상 처리 시스템에 의해 구현될 수 있는 개선된-고조파 영상 처리를 위한 방법을 도시한 흐름도.

### 실시예

본 개시는 일반적으로 고조파 영상 처리에 관한 것이다. 전송-신호 변경기는 트랜스듀서 및 이와 연관된 전자 장치의 임펄스 응답에 대한 책임을 갖는다. 전송-신호 변경기는, 전송 채널 및 트랜스듀서에 의해 야기된 임펄스 응답 효과가 감소하도록 적용될 수 있다. 전송-신호 변경기는, 트랜스듀서에 인가될 때 원하는 초음파 전송-주파수 스펙트럼을 생성하는 전기 파형을 변경 및 전송한다. 전송-신호 변경기는 또한 시간-영역 전송 펄스의 지속기간을 단축함으로써 축 해상도를 개선시킨다. 신호 형성기를 갖는 초음파-영상 처리 시스템은 수신 스펙트럼에서 기본적 또는 전송-신호 잡음을 감소시킨다. 더욱이, 전송-신호 변경기는 관찰된 티슈의 더 정밀한 렌더션을 초래한다.

전송-신호 변경기는, 수신 채널 및 트랜스듀서에 의해 야기된 임펄스 응답 효과가 전송-주파수 스펙트럼의 고조파에 대해 중심을 둔 원하는 수신-주파수 스펙트럼으로부터 감소되도록 적용될 수 있다. 전송-채널 신호 변경기는 수신 채널 또는 에코-신호 형성기에 개별적으로, 또는 이와 조합하여 구현될 수 있다.

도면을 참조하면, 도 1에 대해 논의하는데, 도 1은, 개선된 초음파-영상 처리 시스템이 고조파 초음파-영상 처리 양식을 개선시키기 위해 본 명세서에 기재된 다양한 방법을 구현할 수 있는 일반적인 진단 환경을 도시한다. 이 점에 있어서, 일반적인 진단 환경은 도 1의 개략도를 통해 도시되고, 일반적으로 참조 번호(100)로 표시된다. 도 1에 도시된 바와 같이, 초음파-영상 처리 시스템(10)은 피시험 환자(113), 트랜스듀서(18), 및 인터페이스 케이블(12)을 포함하는 진단 환경(100)에 배치될 수 있다.

도 1에 도시된 바와 같이, 트랜스듀서(18)는 초음파-영상 처리 시스템(10)의 사용자/운영자(미도시)에 의해 피시험 환자(113)의 해부학적 구조(anatomy)의 일부분 위의 위치에 배치된다. 도 1에 추가로 도시된 바와 같이, 복수의 전송 신호는 초음파-전자 시스템(1) 내에 생성되고, 인터페이스 케이블(12)을 통해 트랜스듀서(18)로 전달된다. 복수의 전송 신호는 인가된 전송 신호에 응답하여 트랜스듀서(18)의 정면으로부터 방출되는 복수의 전송 펄스(115)(즉, 초음파-에너지 펄스)로 트랜스듀서(18) 내에서 변환된다. 초음파 전자 시스템(1), 인터페이스 케이블(12), 및 트랜스듀서(18)는 함께 복수의 전송 채널을 한정한다.

전송 펄스(115)(초음파 에너지의 형태로)가 초음파 방출(ultrasound insonification)을 잘 받아들이는 피시험 환자(113)의 티슈 층과 만날 때, 다중 전송 펄스(115)는 티슈 층(113)을 침투한다. 다중 초음파 펄스의 크기가 티슈 층(113)의 감쇠 효과를 초과하는 한, 다중 초음파 펄스(115)는 내부 타깃(121)에 도달할 것이다. 상이한 초음파 임피던스를 갖는 티슈 사이의 티슈 경계 또는 교차부가 복수의 초음파 펄스(115)의 기본 또는 전송 주파수( $f_t$ )에서 초음파 응답을 전개할 것이라는 것을 당업자는 인식할 것이다. 초음파 펄스로 방출된 티슈는 환자 내의 다양한 티슈 경계로부터 정보를 전달하기 위해 전송 펄스로부터 적시에 구별될 수 있는 기본-초음파 응답을 전개할 것이다.

횡단하는 티슈 층(113)으로부터 감쇠 효과의 크기를 초과하는 크기의 이러한 초음파 반사(117a, 117b)는 감시되어, 초음파-전자 시스템(1)에 의해 수신된 초음파 에코의 전기적 표시로 변환될 것이다. 초음파-전자 시스템(1) 및 디스플레이-전자 시스템(5)은 복수의 초음파 에코(117)로부터 유도된 초음파-영상 처리 디스플레이를 생성하기 위해 함께 작동할 것이다.

상이한 초음파 임피던스를 갖는 티슈 사이의 이러한 티슈 경계 또는 교차부가 기본 주파수( $f_t$ )뿐 아니라 복수의 초음파 펄스(115)의 기본 주파수의 고조파(예를 들어,  $2 f_t$ ,  $3 f_t$ ,  $4 f_t$ , 등)에서 초음파 응답을 전개할 것임을 당업자는 인식할 것이다. 초음파 펄스(115)로 방출된 티슈는 환자 내의 다양한 티슈 경계로부터 정보를 전달하기 위해 전송 펄스(115)로부터 적시에 구별될 수 있는 기본 응답(117a) 및 고조파-초음파 응답(117b) 모두를 전개할 것이다. 방출된 파형의 압축부가 희미한 부분보다 더 빨리 이동하기 때문에 초음파 펄스(115)로 방출된 티슈가 고조파 응답(117b)을 전개한다는 것이 추가로 인식될 것이다. 파형의 압축부 및 희미한 부분의 상이한 속도로 인해, 파장이 왜곡하도록 하여 고조파 신호를 생성하는데, 상기 고조파 신호는 다양한 티슈 경계를 통해 되반사되거나 다시 산란된다.

바람직하게, 초음파-영상 처리 시스템(10)은 기본 주파수에서 복수의 초음파 펄스(115)를 전송하고, 복수의 초음파-에코 펄스를 수신하거나, 기본 주파수의 정수 고조파에서 펄스(117)를 수신한다. 고조파 응답(117b)이, 기본 주파수에서 동시에 송신하고 그 고조파 주파수에서 연관된 응답을 수신하기 위해 적절한 넓은 대역폭을 갖는 트랜스듀서(18)에 의해 수신될 수 있다.

도 1에 추가로 도시된 바와 같이, 초음파 에코(117a 및 117b)는 각각 기본 응답 및 고조파 응답을 반사시킨다. 도 1이 내부 타깃(121)에 충돌하는 다중 초음파-전송 펄스(115)에 대한 제 2 고조파 응답을 도시하지만, 다른 고조파 응답도 또한 관찰될 수 있음을 충분히 주지해야 한다. 예로서, 내부 타깃이 하나 이상의 조영제(contrast agent)로 살포될 때 서브고조파, 고조파, 및 초고조파 응답이 티슈 층(113)과 내부 타깃(121) 사이의 티슈 경계에서 생성될 수 있는 것이 알려져 있다. 내부 타깃(121)만이 기본 주파수의 정수 배수로 고조파 응답을 생성시킬 것이다. 다른 한 편으로 다양한 조영제는 입사 초음파 펄스에 대한 서브고조파, 고조파, 및 초고조파 응답을 생성하도록 보여진다. 티슈 층(113)을 횡단하는 것으로부터 감쇠효과의 크기를 초과하는 크기의 이러한 초음파 반사(예를 들어, 기본, 서브고조파, 고조파, 및 초고조파 응답)는 이후에 더 구체적으로 설명되는 바와 같이 감시되어, 트랜스듀서(18), 인터페이스 케이블(12), 및 초음파-전자 시스템(1)의 조합에 의해 전기 신호로 변환될 수 있다.

아래에 설명되는 다양한 고조파-영상 처리 방법을 실행할 수 있는 초음파-영상 처리 시스템(10)의 구조는 도 2에서 기능 블록도를 통해 도시되고, 일반적으로 참조 번호(10)로 표시된다. 도 2에 도시된 많은 기능 블록이 하드웨어, 소프트웨어, 또는 이들의 조합으로 구현될 수 있는 논리적 기능을 한정하는 것을 주지하자. 고속을 달성하기 위해, 특히 이후에 주지되지 않을지라도, 현재 블록 대부분이 하드웨어로 구현될 것이 바람직하다. 이러한 도면이 시스템의 모든 성분을 반드시 도시할 필요가 없지만, 그 대신 본 명세서에 개시된 방법에 관한 성분이 강조된다는 것이 인식될 것이다.

도 2를 참조하면, 초음파-영상 처리 시스템(10)은 트랜스듀서(18) 및 디스플레이-전자 시스템(5)과 통신하는 초음파-전자 시스템(1)을 포함할 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 초음파-전자 시스템(1)은 적합한 소프트웨어 및/또는 펌웨어에 따라 초음파-영상 처리 시스템(10) 내에서 다양한 요소의 동작 및 타이밍, 및 신호 흐름을 제어하도록 설계된 시스템 제어기(21)를 포함할 수 있다. 초음파-전자 시스템(1)은 전송-신호 변경기(14), 무선-주파수(RF) 스위치(16), 복수의 프리앰프(20), 시간-이득 보상기(TGC)(22), 및 아날로그-디지털 변환기(ADC)(24)를 더 포함할 수 있다. 더욱이, 초음파-전자 시스템(1)은 복수의 병렬 빔 형성기(26), 전력-변조 프로세서(27), 에코-신호 형성기(28), RF 필터(29), 믹서(30), 진폭 검출기(32), 로그 메커니즘(34), 포스트-로그 필터(36), 및 하나 이상의 이미지 프로세서(38)를 포함할 수 있다. 도 2에 추가로 도시된 바와 같이, 디스플레이-전자 시스템(5)은 비디오 프로세서(40), 비디오-메모리 디바이스(42), 및 디스플레이(44)를 포함할 수 있다.

트랜스듀서(18)는 측면 및 상승 방향으로 복수의 요소를 갖는 위상-어레이 트랜스듀서의 형태를 취할 수 있다. 복수의 트랜스듀서 요소는 예를 들어 티탄산 지르콘산 납(PZT)을 포함하지만 여기에 한정되지 않는 압전 물질로 구성될 수 있다. 각 요소는 전기 펄스 또는 다른 적합한 전기 파형이 선택적으로 공급될 수 있어서, 이 요소가 초음파-압력 파를 피시엄 대상에 함께 전파하도록 한다. 더욱이, 이에 응답하여, 하나 이상의 에코는 피시엄 대상에 의해 반사되고, 트랜스듀서(18)에 의해 수신되는데, 상기 트랜스듀서(18)는 초음파-전자 시스템(1) 내에서의 검출 및 처리를 위해 에코를 전기 신호로 변환한다.

트랜스듀서(18)와 연관된 요소의 어레이는 트랜스듀서 어레이로부터 나온 빔이 개별 요소에 공급된 전기 펄스를 지연시킴으로써 대상을 통해 조종(전송 및 수신 모드 동안)되도록 한다. 전송 모드가 활성화될 때, 아날로그 파형은 각 트랜스듀서 요소로 전달되어, 이를 통해 펄스가 대상을 통해 빔과 같이 특정 방향으로 선택적으로 전파되도록 한다.

수신 모드가 활성화될 때, 파형은 각 빔 위치에 있는 각 트랜스듀서 요소에서 감지되거나 수신된다. 각 아날로그 파형은 본질적으로 에코가 대상을 통해 단일 빔을 따라 수신되기 때문에 시간 기간에 걸쳐 트랜스듀서 요소에 의해 수신된 에코의 연속물을 나타낸다. 시간 지연은 원하는 방향으로 좁은 수신 빔을 형성하기 위해 각 요소로부터 신호에 적용된다. 전송 및 수신 모드 조정에 의해 형성된 아날로그 파형의 전체 세트는 음향 라인을 나타내고, 음향 라인의 전체 세트는 프레임으로 공통적으로 언급된 대상의 단일 화면(view), 또는 이미지를 나타낸다.

알려진 바와 같이, 위상-어레이 트랜스듀서는 시스템 제어기(21) 내에 또는 대안적으로 전송-신호 변경기(14)에서 유래할 수 있는 하나 이상의 제어 신호에 응답하는 내부 전자 장치의 호스트를 포함한다. 예를 들어, 트랜스듀서 전자 장치는 복수의 초음파 펄스를 생성하도록 여기 신호를 인가하기 위해 트랜스듀서 요소의 제 1 서브셋을 선택하도록 구성될 수 있다. 관련 방식으로, 트랜스듀서 전자 장치는 전송된-초음파 펄스에 관한 초음파 에코를 수신하기 위해 트랜스듀서 요소의 제 2 서브셋을 선택하도록 구성될 수 있다. 전술한 트랜스듀서-요소 선택 각각은 전송-신호 변경기(14) 또는 시스템 제어기(21)에서 유래하는 하나 이상의 제어 신호에 응답하여 트랜스듀서(18)에 의해 이루어질 수 있다.

도 2에 도시된 바와 같이, 전송-신호 변경기(14)는 RF 스위치(16)를 통해 트랜스듀서(18)에 전기적으로 연결될 수 있다. 전송-신호 변경기(14)는 시스템 제어기(21)와 추가 통신할 수 있다. 시스템 제어기(21)는 전송-신호 변경기(14)의 동작을 지시하기 위해 하나 이상의 제어 신호를 송신하도록 구성될 수 있다. 응답시, 전송-신호 변경기(14)는 RF 스위치(16)를 통해 트랜스듀서(18)의 요소의 어레이 일부분에 주기적으로 전달될 수 있는 일련의 전기 펄스를 생성할 수 있으며, 이는 트랜스듀서로 하여금 초음파 신호를 전술한 특성의 피시엄 대상으로 방사하도록 한다. 전송-신호 변경기(14)는, 일반적으로 트랜스듀서(18)로 하여금 전송 펄스 사이의 기간 동안 대상으로부터 에코를 수신하도록 하기 위해 펄스 전송 사이의 분리를 제공하고, 이들을 본 명세서에서 "PREAMP"라 지칭된 병렬 아날로그 전치 증폭기(20) 세트로 송출한다. RF 스위치(16)는 다양한 전송 및 수신-전기 신호를 트랜스듀서(18)로 그리고 트랜스듀서(18)로부터 향하게 하도록 구성될 수 있다.

복수의 전치 증폭기(20)는 피시엄 대상으로부터 반사된 에코에 의해 생성되는 트랜스듀서(18)로부터 일련의 아날로그 전기-에코 파형을 수신할 수 있다. 더 구체적으로, 각 전치 증폭기(20)는 각 음향 라인에 대한 트랜스듀서 요소의 대응 세트로부터 아날로그 전기-에코 파형을 수신한다. 더욱이, 전치 증폭기(20) 세트는 각 개별적인 음향 라인에 대한 일련의 파형 세트를 시간에 연속적으로 수신하고, 파이프라인-처리 방식으로 파형을 처리할 수 있다. 전치 증폭기(20) 세트는 이후에 설명되는 바와 같이 추가 신호 처리를 가능하게 하도록 증폭된-에코 파형을 제공하기 위해 에코 파형을 증폭하도록 구성될 수 있다. 트랜스듀서(18)에 의해 수신된 초음파 신호가 저전력이기 때문에, 전치 증폭기(20) 세트는 과도 잡음이 이 프로세스에서 생성되지 않을 정도로 충분한 품질을 가져야 한다.

에코 파형이 일반적으로 피시엄 대상에서 점차 깊어지는 깊이로부터 수신됨에 따라 진폭에서 감소하기 때문에, 초음파-전자 시스템(1)에서 복수의 아날로그 전치 증폭기(20)는 복수의 병렬 TGC(22)에 각각 연결될 수 있으며, 상기 복수의 병렬 TGC는 종래 기술에 알려져 있고, 시간에 걸쳐 수신된 각 음향 라인의 이득을 점차 증가시켜, 후속 처리 단계에서 동적 범위의 필요조건을 감소시키도록 설계된다. 더욱이, TGC(22) 세트는 시간에 연속적으로 각 개별적인 음향 라인에 대한 일련의 파형 세트를 수신할 수 있고, 파이프라인 처리 방법으로 파형을 처리할 수 있다.

복수의 병렬 아날로그-디지털 변환기(ADC)(24)는 도 2에 도시된 바와 같이 복수의 TGC(22)와 각각 통신될 수 있다. 각 ADC(24)는 종래 기술에 잘 알려진 바와 같이, 각 아날로그-에코 파형을 디지털-에코 파형으로 변환하도록 구성될 수 있는데, 상기 디지털-에코 파형은 각 양자화 순시-신호 레벨로 다수의 별도-위치 지점(수백에서 수천; 깊이에 대응하고, 초음파 전송 주파수 또는 시간의 함수일 수 있음)을 포함한다. 종래 기술의 초음파-영상 처리 시스템에서, 이러한 변환은 나중에 신호-처리 단계에서 종종 발생하지만, 이제는 초음파 신호 상에서 수행되는 대부분의 논리 함수는 디지털일 수 있어서, 이 변환은 신호-처리 프로세스에서의 초기 단계에서 바람직하다. TGC(22)와 유사하게, 복수의 ADC(24)는 시간에 연속적으로 개별적인 음향 라인에 대한 일련의 파형을 수신할 수 있고, 파이프라인-처리 방법으로 데이터를 처리할 수 있다. 일례로, 시스템은 60Hz의 B-모드 프레임을 갖는 40MHz의 클럭 속도로 신호를 처리할 수 있다.

병렬 빔 형성기(26) 세트는 복수의 ADC(24)와 통신할 수 있고, ADC(24)로부터 다중 디지털-에코 파형(트랜스듀서 요소의 각 세트에 대응)을 수신하고, 단일 음향 라인을 형성하기 위해 이들을 조합하도록 설계될 수 있다. 이러한 작업을 달성하기 위해, 각 병렬 빔 형성기(26)는 개별적인 에코 파형을 상이한 양의 시간만큼 지연시키고, 그 다음에 지연된 파형을 함께 추가할 수 있어서, 복합 디지털 RF 음향 라인을 생성하게 된다. 이전 지연 및 합(sum) 빔 형성 프로세스는 종래 기술에 잘 알려져 있다. 더욱이, 병렬 빔 형성기(26)는 시간에 연속적으로 개별적인 음향 라인에 대한 일련의 데이터 집합을 수신하고 파이프라인-처리 방식으로 데이터를 처리할 수 있다.

전력-변조 프로세서(27)는 병렬 빔 형성기(26)의 출력에 결합될 수 있고, 복수의 디지털-음향 라인을 연속적으로 수신 및 처리하도록 구성될 수 있다. 전력-변조 프로세서(27)는 시스템 제어기(21) 또는 전송-신호 변경기(14)와 함께 작동하여, 다중 레벨의 초음파 방출로 복수의 디지털-음향 라인을 선택적으로 처리하도록 구성될 수 있다. 다중-여기 레벨을 갖는 일련의 초음파 펄스를 생성하기 위한 초음파-영상 처리 시스템(100)의 예는 미국 특허 번호 제 5,577,505호에 기재되어 있으며, 상기 특허는 본 출원의 공통 양수인을 공유하고, 그 내용 전체가 본 명세서에 병합된다. 도 2의 기능 블록도에 더 도시된 바와 같이, 그 동작이 이후에 설명되는 에코-신호 형성기(28)는 전력 변조 프로세서(27)와 RF 필터(29) 사이에



적용될 수 있다. RF 필터(29)는, 각 디지털-음향 라인을 수신하고 원하지 않는 대역 외 잡음을 제거하도록 구성된 대역 통과 필터의 형태를 취할 수 있다. 도 2에 추가로 도시된 바와 같이, 믹서(30)는 RF 필터(29)의 출력에 결합될 수 있다. 믹서(30)는 파이프라인 방식으로 복수의 디지털-음향 라인을 처리하도록 설계될 수 있다. 믹서(30)는, RF 필터(29)로부터 필터링된 디지털-음향 라인을 국부 발진기 신호(간략함을 위해 미도시)와 조합하여, 결국에 복수의 기저대역 디지털-음향 라인을 생성하도록 구성될 수 있다.

바람직하게, 국부 발진기 신호는, 동위상 신호(실수), 및 위상에서  $90^\circ$  벗어나는 직교-위상 신호(허수)를 갖는 복합 신호이다. 믹싱 동작은 합 및 차이-주파수 신호를 생성할 수 있다. 합-주파수 신호는 필터링(제거)될 수 있어서, 0 근처의 주파수에서 복합 신호인 차이-주파수 신호를 남긴다. 복합 신호는, 피시험 대상에서 영상 처리된 해부학적 구조의 이동 방향에 따르고, 정밀한 넓은 대역폭의 진폭 검출을 허용하는 것이 바람직하다.

초음파 에코-수신 프로세스에서의 이 지점에 이르기까지, 모든 동작은 실질적으로 선형으로 간주될 수 있어서, 동작 순서는 실질적으로 동일한 기능을 유지하면서 재배치될 수 있다. 예를 들어, 일부 시스템에서, 빔 형성 또는 필터링 이전에 낮은 중간 주파수(IF) 또는 기저대역으로 믹싱하는 것이 바람직할 수 있다. 실질적으로 선형-처리 기능의 그러한 재배치는 본 발명의 범주 내에 있는 것으로 간주된다.

진폭 검출기(32)는 파이프라인 방식으로 믹서(30)로부터 복합-기저대역 디지털-음향 라인을 수신 및 처리할 수 있다. 각 복합-기저대역 디지털-음향 라인에 대해, 진폭 검출기(32)는, 진폭-검출된 디지털-음향 라인을 생성하기 위해 음향 라인을 따라 각 지점에서 신호 세기를 결정하도록 라인의 엔벨로프를 분석할 수 있다. 수학적으로, 이것은 진폭 검출기(32)가 음향 라인을 따라 각 지점에 대응하는 각 페이저(phasor)(발원지에 대한 거리)의 크기를 결정한다는 것을 의미한다.

로그 메커니즘(34)은 파이프라인-처리 방식으로 진폭 검출기(32)로부터 진폭-검출된 디지털-음향 라인을 수신할 수 있다. 로그 메커니즘(34)은 추가 처리를 위한 압축된 디지털-음향 라인을 생성하기 위해 각 음향 라인의 수학적 로그(log)를 계산함으로써 데이터의 동적 범위를 압축하도록 구성될 수 있다. 로그 함수의 구현은 에코 세기 비율에 대응하는 밝기에서의 변화에 대한 결과적으로 디스플레이 상에서 더 현실적인 모습을 가능하게 한다.

일반적으로 저역 통과 필터의 형태인 포스트-로그 필터(36)는 로그 메커니즘(34)의 출력에 결합될 수 있고, 파이프라인 방식으로 압축된 디지털-음향 라인을 수신하도록 구성될 수 있다. 포스트-로그 필터(36)는 디스플레이 이미지의 품질을 개선시키기 위해 압축된 디지털-음향 라인과 연관된 높은 주파수를 제거하거나 억제할 수 있다. 일반적으로, 포스트-로그 필터(36)는 디스플레이된 이미지의 얼룩을 연하게 만든다. 저역 통과 포스트-로그 필터(36)는 또한 안티-에일리어싱(anti-aliasing)을 수행하도록 구성될 수 있다. 저역 통과 포스트-로그 필터(36)는 본질적으로 회색도 해상도를 위한 공간 해상도를 바꾸도록 설계될 수 있다.

하나 이상의 이미지 프로세서(38)는 저역 통과 포스트-로그 필터(36)의 출력에 결합될 수 있다. 각 이미지 프로세서(38)는 적합한 종류의 랜덤 액세스 메모리(RAM)를 더 포함할 수 있고, 저역 통과 포스트-로그 필터(36)로부터 필터링된 디지털-음향 라인을 수신하도록 구성될 수 있다. 음향 라인은 2차원 좌표의 공간 내에 한정될 수 있다. 이미지 프로세서(38)는 수신되고 필터링된 디지털-음향 라인 내에서 이미지 정보를 수학적으로 조정하도록 구성될 수 있다. 더욱이, 각 이미지 프로세서(38)는 신호 조정을 위해 시간에 걸쳐 데이터의 음향 라인을 누적하도록 구성될 수 있다. 이 점에 있어서, 이미지 프로세서(38)는 디스플레이를 위해 픽셀을 발생시키도록 RAM에 저장된 데이터를 변환시키기 위한 스캔 변환기를 더 포함할 수 있다. 각 스캔 변환기는, 일단 전체 데이터 프레임(즉, 단일 화면, 또는 디스플레이된 이미지/화상에서 모든 음향 라인 세트)이 RAM에 의해 누적되면 RAM에서 데이터를 처리할 수 있다. 예를 들어, 수신된 데이터가 에코 정보의 상대적 위치를 한정하기 위해 극좌표를 이용하여 RAM에 저장되면, 스캔 변환기는 극좌표 데이터를, 래스터-스캔 가능 프로세서를 통해 래스터 스캔을 할 수 있는 직사각형-데이터(즉, 직교 데이터)로 변환할 수 있다. 복수의 초음파-이미지 평면과 연관된 복수의 이미지 프레임을 형성하기 위해 수신된 에코 복수 및 이미지-처리 기능을 완료하는 초음파-전자 시스템(1)은 도 2에 도시된 바와 같이 각 이미지 프레임과 연관된 에코-이미지 데이터 정보를 디스플레이-전자 시스템(5)으로 송출할 수 있다.

디스플레이-전자 시스템(5)은 초음파-전자 시스템(1)으로부터 에코-이미지 데이터를 수신할 수 있으며, 상기 시스템(1)에서 에코-이미지 데이터는 비디오 프로세서(40)로 송출될 수 있다. 비디오 프로세서(40)는 에코-이미지 데이터 정보를 수신하도록 설계될 수 있고, 이미지 정보를 래스터 스캔하도록 구성될 수 있다. 비디오 프로세서(40)는 비디오 메모리 디바이스(42)에서의 저장을 위해 및/또는 디스플레이(44)를 통한 디스플레이를 위해 화소(예를 들어 픽셀)를 출력한다. 비디오-메모리 디바이스(42)는 디지털-비디오디스크(DVD) 플레이어/리코더, 콤팩트-디스크(CD) 플레이어/리코더, 비디오-카세트 리코더(VCR), 또는 다른 비디오-정보 저장 디바이스의 형태를 취할 수 있다. 종래 기술에 알려진 바와 같이, 비디오-메모리 디바이스(42)는 실시간이 아니라 사용자/운영자에 의한 시청 및/또는 포스트-데이터 집합 이미지 처리를 허용한다.

디스플레이(44)의 형태인 종래의 디스플레이 디바이스는 도 2에 도시된 바와 같이 비디오 프로세서(40) 및 비디오 메모리(42) 모두와 통신할 수 있다. 디스플레이(44)는 주기적으로 수신하고, 사용자/운영자에 의한 초음파 이미지의 시청을 위해 적합한 스크린 또는 다른 영상 처리 디바이스(예를 들어 프린터/플로터)를 구동하도록 구성될 수 있다.

초음파 트랜스듀서가 임펄스-응답 함수( $g(t)$ )를 갖는 선형 시스템으로서 처리될 수 있다는 것이 종래 기술에 알려져 있다. 이러한 관계는 블록도로 도시된다. 도시된 바와 같이, 전송-신호 변경기(14)는, 트랜스듀서(18)가 초음파-전자 시스템(1)의 전송 채널이 되기 전에 도입될 수 있다. 전송-신호 변경기(14)는 전달 함수( $f(t)$ )에 의해 모델링될 수 있다. 도시된 바와 같이, 전송-신호 변경기(14)는 입력(50)을 통해 원하는 전송 파형( $w(t)$ )을 수신하고, 출력(60)에서 변형된-전송 파형( $w'(t)$ )을 생성한다. 출력(60)은 트랜스듀서(18)의 입력에 전기적으로 결합된다. 블록도에 추가로 도시된 바와 같이, 전송-신호 변경기(14)가 생성되어 변형된-전송 파형(60)( $w'(t)$ )을 트랜스듀서(18)로 송출할 때, 트랜스듀서는 음향-출력 신호( $h(t)$ )를 생성하는데, 이 신호는 다음 수학적 식 1에 의해 수학적으로 표현될 수 있는 화살표(70)로 개략적으로 표현된다:

$$\text{수학식}$$

$$h(t)=w(t)*g(t)$$

여기서, "\*"는 컨볼루션을 나타낸다. 그러므로, 초음파-영상 처리 시스템(10)이 원하는 음향-출력 파형(h(t))을 발생시키기 위해, 초음파-전자 시스템(1)은 다음의 변형된-입력 신호를 트랜스듀서(18)로 송출해야 한다:

$$\text{수학식}$$

$$w'(t)=w(t)*f(t)$$

수학식 1 및 2에 따라, 필터(f(t))에 의해 변형된 입력 신호에 의해 여기된 임펄스 응답(g(t))을 갖는 시스템은 원하는 음향 파형을 발생시킬 것이다:

$$\text{수학식}$$

$$h(t)=w(t)*g(t)=x(t)*f(t)*g(t)$$

정형-필터 함수(f(t))는 일반적인 디컨볼루션 문제를 해결함으로써 얻어질 수 있다. 필터 함수를 푸는 제 1 방법은 역방향 푸리에 변환( $F^{-1}$ )을 이용하여, 그 결과  $f(t)=F^{-1}\{F\{f(t)\}\}$ 가 되는데, 여기서  $F\{f(t)\}$ 는 순방향 푸리에 변환이다.

따라서

$$\text{수학식}$$

$$f(t)=F^{-1}(1/F(g))$$

상기 관계식의 결과로서, 한 방향의 복합-트랜스듀서 스펙트럼(임펄스 구동에 의한 여기의 결과로서 측정 또는 계산에 의해 결정됨)( $X(f-f_1)$ ), 및 바람직한 음향 전송-구동 스펙트럼이  $T(f-f_1)$ 로서 표현되면, 바람직한 음향-전송 구동 스펙트럼( $D(f-f_1)$ )을 달성하는데 필요한 실제 트랜스듀서 전기-구동 스펙트럼은  $D=T/X$ 로서 결정될 수 있다. 전술한 바와 같이, 시간-구동 신호는 역방향 고속-푸리에 변환과 같은 역방향-푸리에 변환에 의해 구동 스펙트럼(D)으로부터 결정될 수 있다. 대안적인 디컨볼루션 방법이 또한 바이너(weiner) 필터 또는 다항식 시간-분할 디컨볼루션과 같은 트랜스듀서-보상 실제-구동 스펙트럼을 결정하는데 사용될 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 특히 전술한 방법은 초음파-전자 시스템(1)의 전송-신호 변형기(14) 내에서 하나 이상의 메모리 디바이스와 협력하는 적절히 구성된 디지털-신호 프로세서에 의해 구현될 수 있다. 각 방법은 실질적으로 유사한 결과를 초래할 것이고, 이산 디지털 샘플링 신호에 적용될 수 있다.

이산 영역에서, 트랜스듀서(18)의 임펄스-응답 함수(g(t))는 트랜스듀서 임펄스-응답 지속기간의 시간 간격에 걸쳐 m개의 균일하게 이격된 포인트 상에서 샘플링된다. 원하는 파형(w(t))은 지속기간의 시간 간격에 걸쳐 n개의 균일하게 이격된 포인트 세트로서 지정될 수 있다. 간략함을 위해, 상기 양쪽 함수는 동일한 주파수로 샘플링될 수 있고, 동일한 개수의 샘플 포인트(m)를 포함한다. 짧은 지속기간의 함수가 0의 트레일링(trailing) 샘플과 결부될 수 있다는 것을 주지하자.

필요한 실제 출력(w'(t))을 생성할 때 전송-신호 변형기(14)의 효율은 w(t) 및 g(t)를 더 정밀하게 샘플링하고(즉, 더 많은 샘플링 포인트를 이용하여) 필터의 차수를 증가시킴으로써 개선될 수 있다. 전송-신호 변형기(14)의 전체 효율이 초음파-전자 시스템(1)의 임펄스 응답(g(t)), 인터페이스 케이블(12), 고려 중인 트랜스듀서(18), 원하는 출력(w(t)) 및 근사된 구동 신호(즉, 전송 채널 상에서)의 차수 및/또는 수신 필터의 차수에 따라 좌우된다는 것이 인식되어야 한다. 일반적으로, 더 높은 차수의 필터는 임펄스-응답 보상의 효율에 직접적으로 관련된다.

음향-전송 신호 상의 트랜스듀서 스펙트럼의 효과를 보상하고 인가된-구동 신호를 조정함으로써, 주파수의 함수로서 트랜스듀서-응답 감도에서의 감소는 극복될 수 있어서, 트랜스듀서 및 구동 신호의 전체적으로 조합된 응답이 이용가능한 트랜스듀서 대역폭을 확장시키는 결과를 갖게 된다. 더욱이, 원하는 대칭 형태로 된 음향-전송된 스펙트럼은 트랜스듀서(18)의 주파수 응답을 보상함으로써 달성될 수 있다.

제 1 근사에 대해, 생성된 고조파 파형의 관찰된 주파수 스펙트럼(즉, 에코 응답)은 전송된 스펙트럼과 형태 및 대역폭에서 유사하다. 그러나, 수신된 고조파 파형의 중심 주파수는 대응하는 고조파 배수( $Nf_1$ )로 전환되는데, 여기서 N은 고조파 수를 나타내는 정수이고,  $f_1$ 은 전송-스펙트럼의 중심 주파수(즉, 기본 중심 주파수)이다. 수신된 고조파 스펙트럼은 또한 수신-채널 주파수 범위에 걸쳐 트랜스듀서(18) 및 수신-채널 전자 장치의 임펄스 응답에 의해 역효과를 가질 것이다.

트랜스듀서(18) 및 시스템 전자 장치의 임펄스 응답의 원하지 않는 효과를 감소시키기 위해, 에코-신호 형성기(28)는 또한 수신 필터를 포함할 수 있다. 수신 필터를 구성하기 위해, 가우스 함수와 같은 원하는 수신-필터 함수(R)는 고조파 배수 중심 주파수( $Nf_1$ )에서 중심 주파수로 선택된다. 그 다음에, 실제 필터( $F[Nf_1]$ )는 전송 펄스에 대해 전술한 바와 같이 유사한 디컨볼루션 방법에 의해 유도될 수 있으며, 여기서  $F=R/X$ 이다.

트랜스듀서 응답-보상 수신 필터의 효과는 수신된 신호-트랜스듀서 응답 조합의 유효 대역폭 및 감도를 확장시키는 것이다. 혼합-신호 형성기(즉, 전송 및 수신-채널 보상기를 포함하는 신호 형성기)가 이러한 방법에 의해 구동 또는 수신 함수를 선택적으로 변형시키도록 변형될 수 있다는 것을 유지하는 것이 중요하다. 더욱이, 전송-신호 보상 및 수신 또는 에코-응답 보상 모두 동시에 적용될 수 있다.

배수 고조파 수신 함수가 기본 또는 전송 중심 주파수( $f_t$ )의 대응하는 고조파에 대해 각각 중심을 둔 배수 수신-필터 함수를 구현함으로써 단일 트랜스듀서 응답의 이용가능한 대역폭 내에서 관찰될 수 있다(예를 들어, 초음파-영상 처리 시스템(10)은 기본 주파수( $f_t$ )에서 전송하고  $2f_t$ 에 대해 중심을 둔 제 2 고조파 스펙트럼 및  $3f_t$ 에 중심을 둔 제 3 고조파 스펙트럼에서 수신하도록 구성될 수 있다)는 것을 당업자는 추가로 인식해야 한다.

전송 및 수신 스펙트럼에 대한 전술한 보상이 실시간 디지털 또는 다른 필터에 의해 구현될 수 있음을 유지하는 것이 중요하다. 보상 계산은 연역적으로 이루어질 수 있고, 그 결과는 적절한 필터로 프로그래밍된다. 더욱이, 트랜스듀서(18) 뿐 아니라 다른 트랜스듀서의 호스트의 임펄스 응답이 측정되고 및/또는 모델링될 수 있고, 그 결과는 각 디바이스 내에 저장된다. 개선된 초음파-영상 처리 시스템(10)은 보상 계산을 수행하기 위해 적절한 임펄스-응답 데이터에 액세스하도록 프로그래밍될 수 있다.

도 3a는 고조파-영상 처리 모델(200)을 통한 고조파 영상 처리를 도시한다. 도 3a에 도시된 바와 같이, 이상적인 광대역-트랜스듀서 주파수 응답(213)은, 전송-주파수 스펙트럼(211)을 생성하고 단일 트랜스듀서(18)를 통해 에코-주파수 스펙트럼(212)을 수신하도록 초음파 전자 장치(1)와 조합된 트랜스듀서(18)에 대해 넓은 범위의 주파수를 횡단한다. 도 3a에 추가로 도시된 바와 같이, 전송-주파수 스펙트럼(211)은 기본 전송 주파수( $f_t$ )에 대해 중심을 둔다. 이와 유사하게, 수신-주파수 스펙트럼(212)은 제 2 고조파( $2f_t$ )에 대해 중심을 둔다.

도 3b는, 더 높은 차수의 에코 고조파가 비교적 넓은 주파수 응답을 갖는 광대역-초음파 트랜스듀서에 의해 어떻게 수신될 수 있는지를 도시한다. 이 점에 있어서, 도 3b에 도시된 고조파-영상 처리 모델(200)은, 제 2 고조파 수신 스펙트럼(212) 뿐 아니라 제 3 고조파 수신 스펙트럼(213)도 수용하기 위해 전송-주파수 스펙트럼(211)의 주파수 범위가 충분히 넓게 주어지는 트랜스듀서-주파수 응답(210)을 포함한다. 적절히 구성된 수신 필터가 초음파 이미지를 생성하기 위해 전송-중심 주파수( $f(t)$ )의 제 N 고조파에 의해 한정된 바와 같이 중심 주파수에 대해 중심을 둘 수 있다는 것이 전술한 논의로부터 인식되어야 한다.

약 2.7MHz의 중심 주파수를 갖는 예시적인 광대역 트랜스듀서(18)의 실제 주파수 응답(300)은 도 4에 도시된다. 주파수 응답이 주파수의 전체 범위에 걸쳐 평평하지 않다는 것을 유지하는 것이 중요하다. 더욱이, 주파수 응답은 주파수 응답(300)의 더 낮은 한계 및 더 높은 한계(즉, 에지) 모두에서 주파수의 비교적 작은 범위에 걸쳐 스펙트럼 감소를 나타낸다.

도 5a 내지 도 5c는 시간-영역 전송 파형을 실제 주파수 응답(300)(즉, 전송 채널의 임펄스 응답)에 적용하는 것을 도시한다. 시간-영역 전송 신호(320)는 도 5a에 도시된 실제 주파수 응답 그래프의 우측에 도시된다. 전송 채널의 실제 주파수 응답이 어떠한 감소 영역도 갖지 않고 전송-펄스 주파수에 걸쳐 평평하다면, 비교적 부드러운 음향-전송 주파수 스펙트럼(211)이 생기게 된다. 도 5b에 도시된 바와 같이, 전송 채널의 주파수 응답이 보상되지 않은 상태이면, 시간-영역 음향 전송 파형(320')은 원하는 펄스 이상으로 확장하는 원하지 않는 펄스 테일(tail)을 포함할 것이다. 주파수 영역에서, 실제 음향 전송-주파수 스펙트럼(211')은 또한 역효과를 갖는다. 도 5b에 도시된 바와 같이, 실제 음향 전송-주파수 스펙트럼(211')은 티슈-유도 초음파 에코를 수신하기 위해 지정된 주파수 범위에서 바람직하지 않은 전송-채널 잡음을 야기하는 고조파-잡음 테일을 포함할 수 있다.

도 5c는 시간 영역에서의 변형된-여기 신호(350)가 원하는 전송-주파수 스펙트럼(355)을 생성하기 위해 트랜스듀서(18)에 인가될 수 있는 것을 도시한다. 시간-영역 전송 신호(350)는 도 5c에 도시된 실제 주파수 응답 그래프(300)의 우측에 도시된다. 트랜스듀서(18)의 실제 주파수-응답 그래프(300) 내에는 실현가능한 전송-주파수 스펙트럼(355)의 렌디션이 이루어진다. 실현가능한 전송-주파수 스펙트럼(355)은 전송 채널의 임펄스 응답에 대한 보상이 없을 때 발생하는 실제-전송 주파수 스펙트럼(211')(도 5b)의 고조파-잡음 테일 및 다른 바람직하지 않은 특성을 감소시킨다.

도 6은, 에코-응답 신호 필터가 원하는 수신-주파수 스펙트럼(365)을 반사시키는 시간 영역에서의 변형된-에코 응답 신호(360)를 생성하기 위해 실제 에코-응답 신호에 인가될 수 있다는 것을 도시한다. 변형된 에코-응답 신호(360)는 도 5에 도시된 실제 주파수-응답 그래프(300)의 우측에 도시된다. 트랜스듀서(18)의 실제 주파수-응답 그래프(300) 내에는 실현가능한 수신-주파수 스펙트럼(365)의 렌디션이 이루어진다. 실현가능한 수신-주파수 스펙트럼(365)은 수신-스펙트럼 주파수에 걸쳐 트랜스듀서의 임펄스 응답의 바람직하지 않은 특성을 감소시킨다.

필요한 전송 신호를 달성하는 바람직한 방법은 시간에 따라 전송 전압을 변경시키는 것이다. 전송 전압을 변경시키는 것은 결과적인 전송된-초음파 라인(115)의 압력 진폭을 변경시키는 직접적인 결과를 갖는다(도 1을 참조). 대안적으로, 상이한 전력 레벨은 트랜스듀서(18)의 애퍼처 크기를 제어함으로써 달성될 수 있다. 애퍼처 크기는 합성-애퍼처 방법에 의해 측면 또는 높이 치수에서 변경될 수 있다. 애퍼처는 각 그룹으로부터 개별적으로 발사되는 전송-초음파 라인(115)을 갖는 2개 이상의 그룹으로 분리될 수 있다. 후속적으로 반사된 에너지는 그 다음에 저장된다. 그런 후에 전체 애퍼처는 증가된 에너지 레벨을 갖는 제 2 입사-압력 파를 송신하도록 사용된다. 후속적으로 반사된 에너지는 다시 저장된다. 이 실시예에서, 크기 조정(scaling) 단계는, 2개 이상의 더 작은 애퍼처로부터 응답을 빔 형성하는 단계와, 비선형 응답을 결정하기 위해 전체 애퍼처로부터의 여기로 인해 응답으로부터 이러한 결과를 감산하는 단계를 포함한다.

전송된-전력 레벨을 제어하는 다른 방법은, 어레이에서의 요소 서브셋을 발사하고, 크기 조정된-서브셋 응답을 전체 트랜스듀서 어레이로부터의 응답과 비교하는 것이다. 이러한 방법은, 애퍼처를 샘플링하고 애퍼처 중심에 대해 비대칭을 초래하는 에러를 조정할 때 유래하는 그레이팅 로브를 감소시키고 및/또는 최소화하기 위한 방법으로 수행되어야 한다.



3개의 펄스를 발사하는 다중-펄스 기술의 비 제한적인 예는 아래에 기재된다. 트랜스듀서(18) 내에서 "썩수"로 번호가 매겨진 요소를 발사하는 것은 제 1 펄스를 생성할 것이다. 제 2 펄스는 트랜스듀서(18)의 모든 요소를 제어가능하게 발사함으로써 생성될 수 있다. "홀수"로 번호가 매겨진 요소를 발사하는 것은 제 3 펄스를 생성할 것이다. 초음파-전자 시스템(1)의 응답 신호-처리부는, 제 2 응답 신호에 대한 추가 수리적 조정을 위해 제 1 및 제 3 펄스로부터의 응답을 수리적으로 조합하도록 구성될 수 있다. 제 1 및 제 3 펄스에 대한 다양한 요소 서브셋을 형성하기 위한 요소의 선택이 트랜스듀서 요소 어레이의 "썩수" 및 "홀수"로 번호가 매겨진 요소에 한정되지 않음을 주지하는 것이 중요하다. 3개를 초과하는 펄스가 생성될 수 있고, 다중-펄스 방출 및 영상 처리 기술을 추가로 확장하도록 발사될 수 있다는 것이 당업자에 의해 인식될 것이다.

전술한 다중-펄스 기술은 몇몇 목적을 제공한다. 먼저, 요소 서브셋을 발사함으로써 전송된 전력을 조정하는 것은 각 전송에 동일한 전압 레벨을 제공하는 동안 전송 전력을 감소시킨다. 전송 파형이 적절하게 크기 조정되고 반전되지 않거나, 이 파형이 주파수 콘텐츠에서 차이가 나면, 불완전한 티슈-응답 신호 소거로부터의 바람직하지 않은 잔류 결함은 초음파-전자 시스템(1)에 의해 야기될 수 있다. 다양한 펄스를 생성하는데 사용된 전압 레벨을 매칭시킴으로써, 초음파-전자 시스템(1)은 변하는 전력 레벨의 초음파 전송으로부터 생성된 신호 응답을 수리적으로 조합함으로써 야기된 임의의 바람직하지 않은 티슈 신호를 감소시킨다. 수신된 해당 대역폭에 대한 비교의 다양한 레벨의 수에 대해 전송 파형 전력-진폭 매칭은 전송-전력 오매칭(mismatch)으로부터 초래될 수 있는 잔류-티슈 응답 신호 결함을 감소시키는 역할을 할 것이다.

다중-펄스 기술을 이용하는 것에서 야기된 제 2 중요한 결과는, 제 1 펄스 응답을 제 3 펄스 응답과 수리적으로 조합함으로써, 해당 기관(즉, 심장)의 움직임이 평균을 이루어, 제 2 펄스 응답이 제 1 및 제 3 펄스 응답의 조합으로부터 수리적으로 처리(즉, 감산)될 때, 다양한 펄스 사이에 움직임이 억제된다는 것이다.

전송된 전력 레벨을 제어하는 또 다른 방법은 위상-반전 기술을 이용하는 것이다. 초음파 영상 처리 분야의 당업자는 위상-반전 기술을 잘 이해한다. 위상-반전 기술을 이용하는 초음파 응답을 생성, 검출, 및 이미지-처리할 수 있는 초음파-영상 처리 시스템에 대한 설명은 전송-신호 변경기를 이해하도록 설명될 필요가 없으므로, 본 명세서에서 설명될 필요가 없다. 그러나, 검출된 응답 신호의 수리적 후처리가 응답 신호에 책임이 있는 전송된 파형의 위상 및 처리의 바람직한 효과에 기초하여 변경될 수 있다는 것을 주지하는 것이 중요하다. 적용가능한 응답 처리를 통해 다중 전송된 펄스의 위상, 세기, 및 주파수 콘텐츠 중 하나 이상을 조절함으로써, 펄스 사이의 움직임 결함은 실질적으로 감소될 수 있다.

전송된 레벨을 변경하는데 사용될 수 있는 다른 기술은 압력과 빔 형태를 이용하는 것이다. 전송된 압력파는 각 거리에 따라 변경되는 감소된 크기를 갖는다. 한정되지 않은 예로서, 압력파가(트랜스듀서 요소 어레이의 면으로부터) 0°로 송신되고, 초음파-전자 시스템(1)이 0.0° 및 0.25°에서 응답을 수신하도록 구성되면, 0.25°에서 수신된 전력은 전송된 빔의 피크에서 벗어나기 때문에 더 낮아질 것이다.

이제 도 7이 참조되는데, 도 7은 도 2의 초음파-영상 처리 시스템(10)에 의해 구현될 수 있는 개선된 고조파 영상 처리 방법을 설명하는 흐름도를 도시한다. 도 6에 도시된 바와 같이, 개선된 고조파 영상 처리 방법(500)은 "시작"이라 지칭된 단계(502)에서 시작할 것이다. 원하는 전송 스펙트럼은 단계(504)에 도시된 바와 같이 선택된다. 단계(506)에서, 초음파-전자 시스템(1)과 함께 전송 채널(트랜스듀서를 포함)의 임펄스 응답이 리코딩되거나 모델링된다. 식별된 전송 채널의 원하는 전송 스펙트럼 및 임펄스 응답에 대해, 초음파-영상 처리 시스템(10)은 단계(508)에 도시된 바와 같이 원하는 전송 스펙트럼을 생성하는데 필요한 실제-구동 스펙트럼을 계산한다. 일단 구동 스펙트럼이 한정되면, 시간-전송 신호는 단계(510)에 나타난 바와 같이 결정될 수 있다. 단계(512)에 도시된 바와 같이, 초음파-영상 처리 시스템(10)은 전송-스펙트럼 주파수에 걸쳐 원하는 주파수 응답을 얻는데 필요한 만큼 전송 신호를 변형시킬 수 있다.

원하는 수신 스펙트럼은 단계(514)에 도시된 바와 같이 선택된다. 단계(516)에서, 원하는 수신-주파수 범위에 걸쳐 초음파-전자 시스템(1)과 함께 트랜스듀서에 의해 형성된 수신 채널의 임펄스 응답이 리코딩되거나 모델링된다. 식별된 수신 채널의 원하는 수신 스펙트럼 및 임펄스 응답에 대해, 초음파-영상 처리 시스템(10)은, 단계(518)에 도시된 바와 같이 수신 채널에 인가될 때 원하는 수신 스펙트럼을 초래하는 실제 에코-응답 스펙트럼을 계산한다. 일단 수신 스펙트럼이 한정되면, 시간-수신 신호는 단계(520)에 나타난 바와 같이 결정될 수 있다. 단계(522)에 도시된 바와 같이, 초음파-영상 처리 시스템(10)은 수신-스펙트럼 주파수에 걸쳐 원하는 주파수 응답을 얻는데 필요한 정도로 수신된 초음파-에코 신호를 필터링할 수 있다. 본 명세서에 "종료"로 표시된 단계(524)에 도시된 바와 같이, 개선된 고조파 영상 처리 방법(500)이 종료될 수 있다.

신호 형성기가 전송-신호 변경기(14), 수신 또는 에코-신호 형성기(28), 또는 양쪽 모두의 형태로 구현되더라도, 도 1 및 도 2에 도시된 초음파-전자 시스템(1) 내에서 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어, 또는 이들의 조합으로 구현될 수 있다는 것을 당업자는 인식할 것이다. 소프트웨어로 구현될 때, 다양한 처리 루틴은, 컴퓨터-기반의 시스템, 프로세서-포함 시스템과 같은 지령-수행 시스템, 장치, 또는 디바이스, 또는 지령 수행 시스템, 장치, 또는 디바이스로부터 지령을 인출하고 지령을 수행할 수 있는 다른 시스템에 의해 또는 이와 관련하여 사용하기 위한 임의의 컴퓨터-판독가능 매체 상에 저장되고 전달될 수 있다.

이러한 개시의 배경으로, "컴퓨터-판독가능 매체"는 지령-수행 시스템, 장치, 또는 디바이스에 의해 또는 이와 관련하여 사용하기 위한 프로그램을 포함, 저장, 통신, 전파, 또는 전달할 수 있는 임의의 수단이 수 있다. 컴퓨터-판독가능 매체는 예를 들어 전자, 자기, 광학, 전자기, 적외선, 또는 반도체 시스템, 장치, 디바이스, 또는 전파 매체일 수 있다. 컴퓨터-판독가능 매체의 더 특정한 예는, 하나 이상의 배선을 갖는 전기 연결, 컴퓨터 디스크, 랜덤 액세스 메모리(RAM), 판독-전용 메모리(ROM), 소거가능-프로그램밍가능 판독 전용 메모리(EPROM), 전기적-소거가능-프로그램밍가능 판독 전용 메모리(EEPROM) 또는 플래시 메모리, 광학 섬유, 및 콤팩트-디스크 판독 전용 메모리(CD-ROM)를 포함한다. 프로그램이 예를 들어 종이 또는 다른 매체의 광학 스캐닝을 통해 전기적으로 캡처될 수 있고, 그 다음에 컴파일되고, 해석되거나, 또는 그렇지 않으면 처리되고 메모리에 저장될 수 있기 때문에, 컴퓨터-판독가능 매체가 프로그램이 프린트되는 종이 또는 다른 적합한 매체일 수 있다는 것이 주지될 것이다.

신호 형성기가 하드웨어로 구현될 때, 종래 기술에 모두 잘 알려진 다음 기술, 즉 데이터 신호 상의 논리 함수를 구현하기 위한 논리 게이트를 갖는 이산 논리 회로(들), 적절한 조합 논리 게이트를 갖는 응용-특정 집적 회로(ASIC), 프로그래밍가능-게이트 어레이(들)(PGA), 필드-프로그래밍가능 게이트 어레이(FPGA) 등 중에서 하나 또는 그 조합으로 구현될 수 있다.

신호 형성기의 전술한 실시예가 단지 본 발명의 원리를 명백히 이해하기 위해 설명된 구현의 단지 가능한 예라는 것을 강조해야 한다. 많은 변경 및 변형은 본 발명의 원리로부터 실질적으로 벗어나지 않고도 본 발명의 전술한 실시예(들)에 대해 이루어질 수 있다. 그러한 모든 변형 및 변경은 이 개시의 범주 내에 포함되는 것으로 의도되고 다음 청구항에 의해 보호된다.

### 산업상 이용 가능성

상술한 바와 같이, 본 발명은 초음파 영상 처리에 관한 것으로, 더 상세하게는, 고조파 초음파 이미지 방식과 연관되는 증가된 감도와 개선된 축 해상도를 위한 시스템 및 방법 등에 이용된다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

초음파-영상 처리 시스템으로서,  
 상기 초음파-영상 처리 시스템의 전송 채널의 임펄스 응답을 식별하는 수단과,  
 엔벨로프 및 전송 중심 주파수에 의해 한정된 원하는 전송 채널 신호 스펙트럼을 선택하는 수단과,  
 상기 전송 채널에 인가될 때, 선택된 전송 채널 신호 스펙트럼을 생성하는 여기 신호를 결정하는 수단과,  
 상기 여기 신호를 인가하는 수단과,  
 상기 전송 중심 주파수의 고조파에 대해 중심을 둔 반사된 여기 신호를 수신하는 수단과,  
 상기 반사된 여기 신호에 적용하기 위해 원하는 수신 채널 필터 함수를 선택하는 수단과,  
 상기 초음파-영상 처리 시스템의 수신 채널의 임펄스 응답을 식별하는 수단과,  
 상기 원하는 필터 함수 및 수신 채널 임펄스 응답에 응답하여 수신 채널 필터를 공식화(formulating)하는 수단을 포함하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 2.

제 1항에 있어서, 원하는 전송 채널 신호 스펙트럼을 선택하는 수단은 대칭 함수를 반사하는 원하는 전송 채널 신호 스펙트럼을 식별하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 3.

제 2항에 있어서, 상기 대칭 함수는 가우스 함수를 포함하는, 초음파-이징 시스템.

#### 청구항 4.

제 1항에 있어서, 상기 전송 채널의 임펄스 응답을 식별하는 수단은 측정에 의해 임펄스 응답을 결정하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 5.

제 1항에 있어서, 전송 채널의 임펄스 응답을 식별하는 수단은 계산에 의해 임펄스 응답을 결정하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 6.

제 1항에 있어서, 상기 결정 수단은 임펄스 응답 및 원하는 전송 스펙트럼의 함수로서 여기 신호를 공식화하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 7.

제 6항에 있어서, 상기 공식화된 여기 신호는 역방향 푸리에 변환을 계산하는 단계를 포함하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 8.

제 6항에 있어서, 상기 공식화는 디컨볼루션(deconvolution) 동작을 수행하는 단계를 포함하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 9.

제 8항에 있어서, 상기 디컨볼루션 동작은 바이너 필터(Weiner filter)를 이용하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 10.

제 8항에 있어서, 상기 디컨볼루션 동작은 다항식 시간 분할을 이용하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 11.

초음파-영상 처리 시스템으로서,

초음파-영상 처리 시스템의 수신 채널의 임펄스 응답을 식별하는 수단과,

원하는 수신 채널 필터 함수를 선택하는 수단으로서, 상기 수신 채널은 초음파-영상 처리 시스템에 의해 전송된 초음파 에너지의 고조파 에코를 처리하는, 선택 수단과,

원하는 필터 함수 및 수신 채널 임펄스 응답에 응답하는 수신 채널 필터를 공식화하는 수단을

포함하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 12.

제 11항에 있어서, 상기 선택 수단은, 초음파 에코에 적용될 때 대칭 함수로 모델링될 수 있는 수신 신호를 초래하는 원하는 수신 채널 필터를 식별하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 13.

제 12항에 있어서, 상기 대칭 함수는 가우스 함수를 포함하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 14.

제 11항에 있어서, 상기 선택 수단은 여기 신호의 기본 주파수의 고조파 배수에서의 중심 주파수로 원하는 수신 채널 필터를 식별하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 15.

제 11항에 있어서, 상기 식별 수단은 측정에 의해 임펄스 응답을 결정하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 16.

제 11항에 있어서, 상기 식별 수단은 계산에 의해 임펄스 응답을 결정하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 17.

제 11항에 있어서, 상기 결정 수단은 수신 채널의 임펄스 응답의 함수 및 원하는 수신 채널 필터 함수로서 수신 필터를 공식화하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 18.

제 17항에 있어서, 상기 공식화는 역방향 푸리에 변환을 계산하는 단계를 포함하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 19.

제 17항에 있어서, 상기 공식화는 디컨볼루션 동작을 수행하는 단계를 포함하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 20.

제 19항에 있어서, 상기 디컨볼루션 동작은 바이너 필터를 이용하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 21.

제 19항에 있어서, 상기 디컨볼루션 동작은 다항식 시간 분할을 이용하는, 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 22.

개선된 초음파-영상 처리 시스템으로서,

트랜스듀서와,

상기 트랜스듀서에 결합된 스위치로서, 상기 스위치는 초음파-영상 처리 시스템의 전송 모드로 여기 신호를 트랜스듀서에 인가하도록 위치하고, 상기 여기 신호는 중심 주파수를 갖는, 스위치와,

상기 스위치에 결합된 신호 형성기(signal shaper)로서, 상기 신호 형성기는 여기 신호를 생성하도록 구성되고, 상기 전송 채널의 임펄스 응답에 응답하여 여기 신호를 조정하여, 원하는 초음파 에너지 파형이 상기 트랜스듀서에 의해 생성되도록 추가로 구성되는, 신호 형성기와,

상기 트랜스듀서에 결합된 수신 채널 신호 형성기로서, 필터를 포함하고, 상기 필터는 수신 채널 임펄스 응답 및 원하는 에코 응답 신호 스펙트럼에 응답하여 공식화되고, 중심 주파수의 고조파에서 초음파 에코 응답을 처리하도록 추가로 구성되는, 수신 채널 신호 형성기를

포함하는, 개선된 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 23.

제 22항에 있어서, 상기 트랜스듀서는 고조파 영상 처리를 할 수 있는 통과 대역을 갖는, 개선된 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 24.

제 22항에 있어서, 상기 트랜스듀서에 의해 생성된 원하는 초음파 에너지 파형은 기본 주파수에 중심을 둔 대칭 함수로 모델링될 수 있는, 개선된 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 25.

제 22항에 있어서, 상기 에코 응답 신호 스펙트럼은 상기 트랜스듀서를 통해 전송된 여기 신호의 기본 주파수의 적어도 하나의 고조파 배수에 대해 중심을 둔, 개선된 초음파-영상 처리 시스템.

#### 청구항 26.

초음파-영상 처리 시스템에서 축 해상도를 개선시키고 트랜스듀서 응답 감도를 향상시키는 방법으로서,  
 원하는 전송 스펙트럼을 선택하는 단계와,  
 전송 채널 임펄스 응답의 양을 정하는 단계(quantifying)와,  
 전송 채널에 인가될 때, 원하는 전송 스펙트럼을 발생시키는, 중심 주파수를 갖는 구동 신호를 계산하는 단계와,  
 상기 구동 신호를 트랜스듀서에 인가하는 단계와,  
 원하는 에코 응답 스펙트럼을 선택하는 단계와,  
 수신 채널 임펄스 응답의 양을 정하는 단계와,  
 수신된 초음파 에코 신호에 적용될 때, 중심 주파수의 고조파에서 원하는 에코 응답 스펙트럼을 발생시키는 필터를 유도하는 단계와,  
 상기 필터를 수신된 초음파 에코 신호에 적용하는 단계를  
 포함하는, 초음파-영상 처리 시스템에서 축 해상도를 개선시키고 트랜스듀서 응답 감도를 향상시키는 방법.

#### 청구항 27.

제 26항에 있어서, 상기 트랜스듀서는 고조파 영상 처리를 할 수 있는 통과 대역을 갖는, 초음파-영상 처리 시스템에서 축 해상도를 개선시키고 트랜스듀서 응답 감도를 향상시키는 방법

#### 청구항 28.

제 26항에 있어서, 상기 트랜스듀서에 의해 생성된 원하는 전송 스펙트럼은 구동 신호의 기본 주파수에 중심을 둔 대칭 함수로 모델링될 수 있는, 초음파-영상 처리 시스템에서 축 해상도를 개선시키고 트랜스듀서 응답 감도를 향상시키는 방법

#### 청구항 29.

제 27항에 있어서, 수신된 초음파 에코 신호는 트랜스듀서를 통해 전송된 구동 신호의 기본 주파수의 적어도 하나의 고조파 배수에 대해 중심을 둔, 초음파-영상 처리 시스템에서 축 해상도를 개선시키고 트랜스듀서 응답 감도를 향상시키는 방법

요약



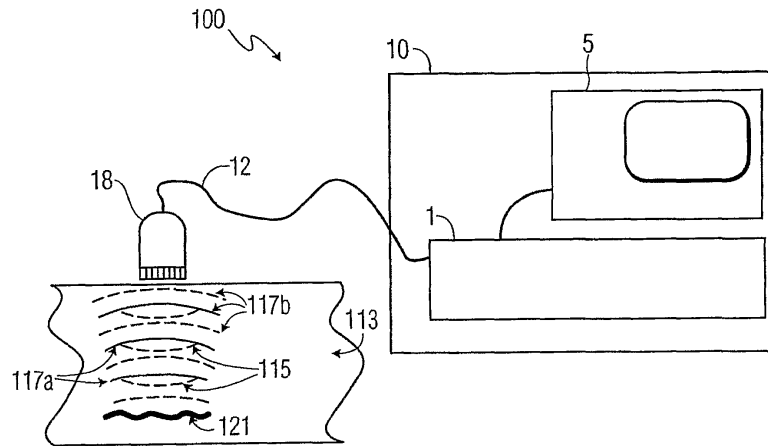
초음파-영상 처리 시스템에서 트랜스듀서 응답 감도를 개선시키는 시스템 및 방법이 기재된다. 일반적으로 바람직한 방법은, 원하는 전송 스펙트럼을 선택하는 단계와, 전송 채널 임펄스 응답의 양을 정하는 단계(quantifying)와, 전송 채널에 인가될 때, 원하는 전송 스펙트럼을 발생시키는, 중심 주파수를 갖는 구동 신호를 계산하는 단계와, 상기 구동 신호를 트랜스듀서에 인가하는 단계와, 원하는 에코 응답 스펙트럼을 선택하는 단계와, 수신 채널 임펄스 응답의 양을 정하는 단계와, 수신된 초음파 에코 신호에 적용될 때, 중심 주파수의 고조파에서 원하는 에코 응답 스펙트럼을 발생시키는 필터를 유도하는 단계와, 상기 필터를 수신된 초음파 에코 신호에 적용하는 단계를 포함한다. 다른 방법은 개선된 초음파-영상 처리 시스템은, 트랜스듀서와; 상기 트랜스듀서에 결합된 스위치로서, 상기 스위치는 초음파-영상 처리 시스템의 전송 모드로 여기 신호를 트랜스듀서에 인가하도록 위치하고, 상기 여기 신호는 중심 주파수를 갖는, 스위치와; 상기 스위치에 결합된 신호 형성기(signal shaper)로서, 상기 신호 형성기는 여기 신호를 생성하도록 구성되고, 상기 전송 채널의 임펄스 응답에 응답하여 여기 신호를 조정하여, 원하는 초음파 에너지 파형이 상기 트랜스듀서에 의해 생성되도록 추가로 구성되는, 신호 형성기와; 상기 트랜스듀서에 결합된 수신 채널 신호 형성기로서, 필터를 포함하고, 상기 필터는 수신 채널 임펄스 응답 및 원하는 에코 응답 신호 스펙트럼에 응답하여 공식화되고, 중심 주파수의 고조파에서 초음파 에코 응답을 처리하도록 추가로 구성되는, 수신 채널 신호 형성기를 포함한다. 개선된 시스템은 또한 시스템의 수신 채널의 원하는 에코 스펙트럼 및 임펄스 응답에 응답하여 적응형 필터를 적용할 수 있다.

## 대표도

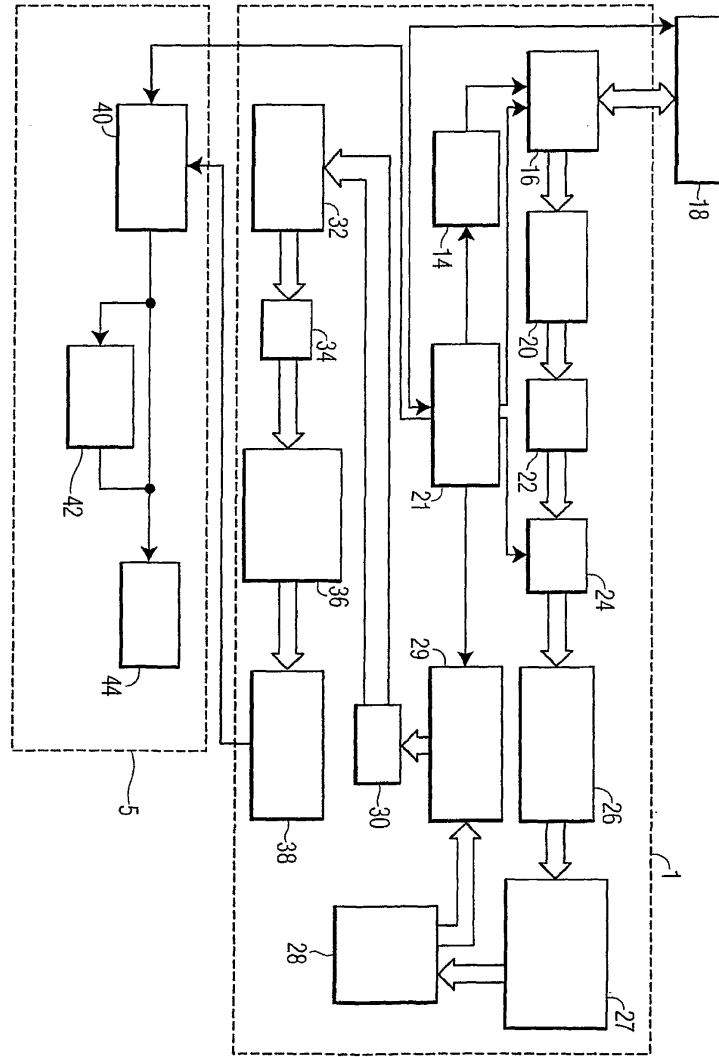
도 1

## 도면

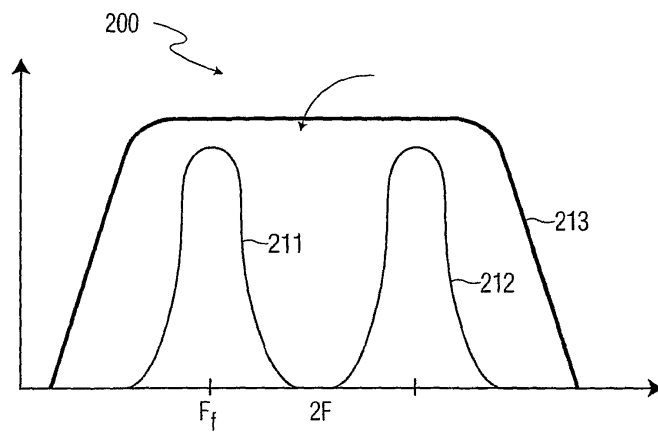
도면1



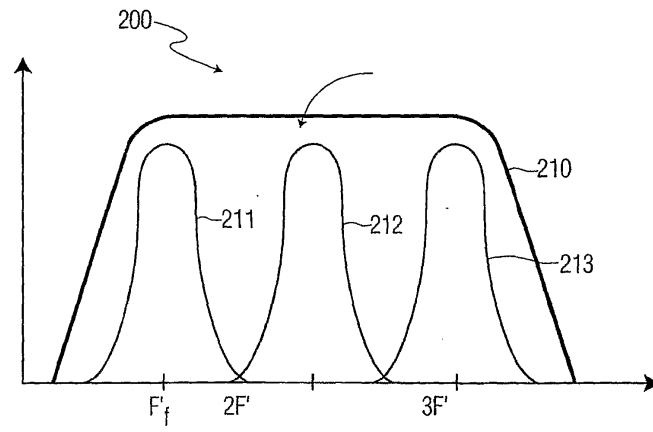
도면2



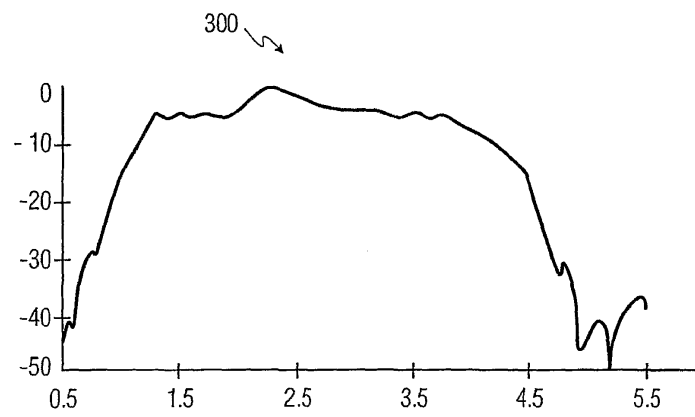
도면3a



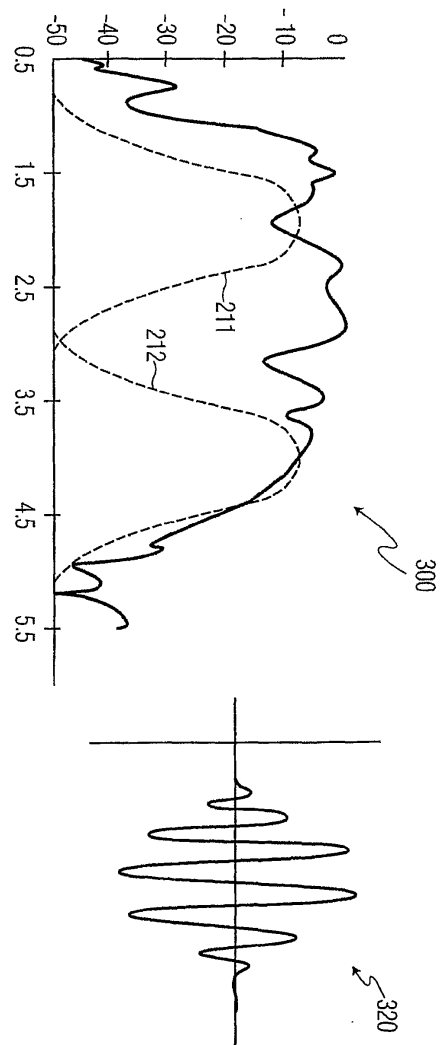
도면3b



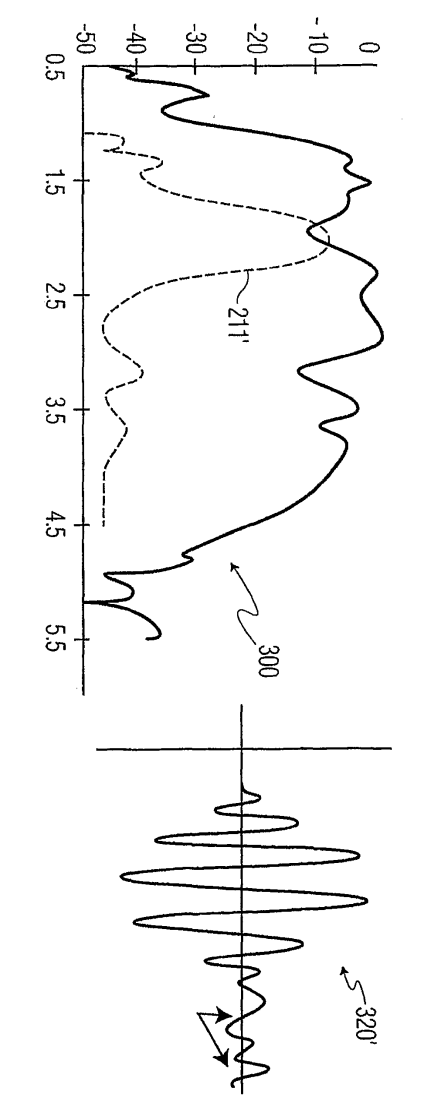
도면4



도면5a

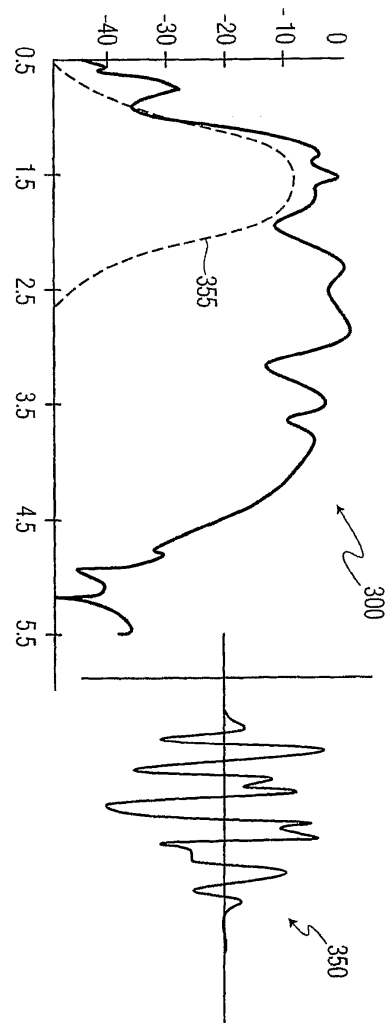


도면5b

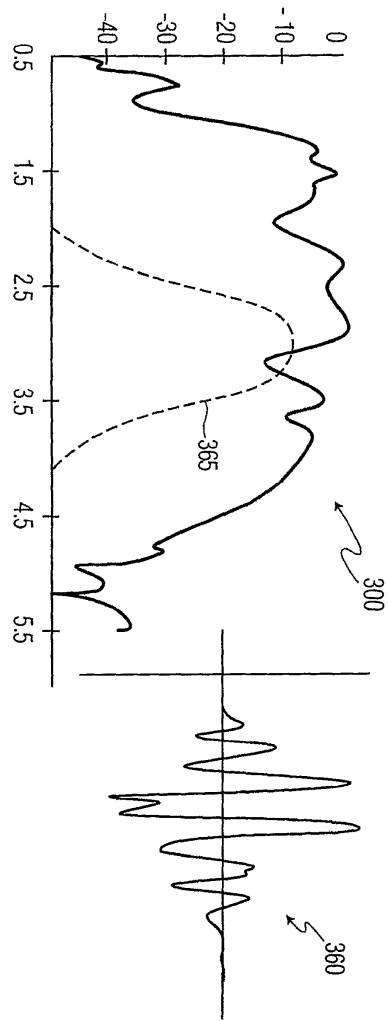




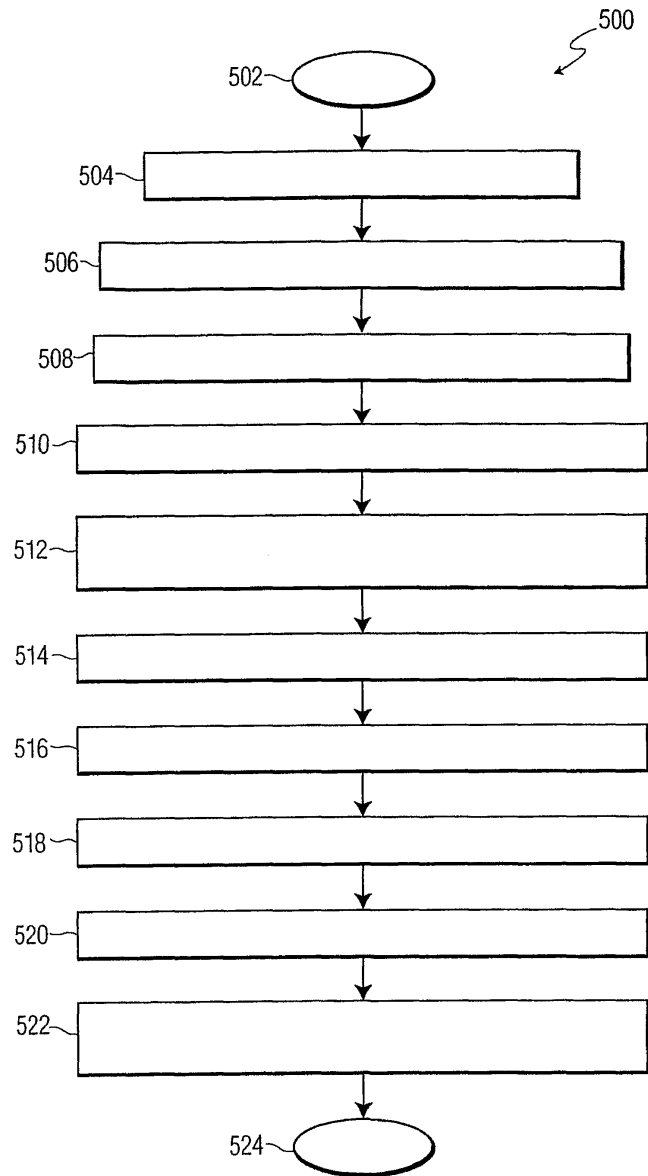
도면5c



도면6



도면7



专利名称(译)	用于改进谐波图像处理的系统和方法		
公开(公告)号	<a href="#">KR1020050058365A</a>	公开(公告)日	2005-06-16
申请号	KR1020057002802	申请日	2003-07-28
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	科宁欣克利凯恩菲利普斯日元.V.		
当前申请(专利权)人(译)	科宁欣克利凯恩菲利普斯日元.V.		
[标]发明人	SZABO THOMAS L 스자보토마스엘 SAVORD TIMOTHY J 사보드티모시제이 SNYDER RICHARD A 스나이더리차드에이 DILLMAN RICHARD F 딜만리차드에프 MARTINEZ ANGEL R 마르티네즈엔젤알		
发明人	스자보,토마스,엘. 사보드,티모시,제이. 스나이더,리차드,에이. 딜만,리차드,에프. 마르티네즈,엔젤,알.		
IPC分类号	G01S15/89 G01S7/52 A61B8/00		
CPC分类号	G01S7/52046 G01S7/52038		
代理人(译)	MOON , KYOUNG 金		
优先权	10/255008 2002-08-21 US		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

# 摘要(译)

在超声 - 图像处理系统中，报告了用于改善换能器响应灵敏度的系统和方法。通常，完成所需的方法是具有所产生的中心频率的驱动信号的步骤，计算步骤（量化），确定和期望的传输频谱，它在传输信道上应用所需的传输频谱，授权步骤换能器的驱动信号，确定所选步骤的步骤，以及接收信道脉冲响应的量，所需的回波应答频谱，在中心频率的谐波中产生滤波器的步骤，应用所需的回波应答频谱对于所接收的超声回波信号，包括对所接收的超声回波信号应用滤波器的步骤。改进了另一种方法的超声波图像处理系统包括激励信号被激励信号被激励的开关超声波的传输模式 - 换能器中的图像处理系统具有中心频率：作为开关与换能器和换能器的结合，所需的超声波能量波形是由换能器产生的信号形成器：并且滤波器是接收通道信号脉冲整形当耦合到换能器时，响应于传输通道的脉冲响应来控制激励信号，其被配置为结合到开关的信号形成器（信号整形器）并且信号形成器被配置为产生激励信号，并且滤波器包括接收信道信号脉冲整形，其响应于接收信道脉冲响应和期望的回声应答信号频谱而被公式化，并且另外包括以便处理中心频率的谐波中的超声回波响应。改进的系统可以应用自适应滤波器，以及系统的接收信道和脉冲的所需回波频谱响应。

