

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl. (11) 공개번호 10-2006-0048663  
A61B 8/00 (2006.01) (43) 공개일자 2006년05월18일

(21) 출원번호 10-2005-0056735  
(22) 출원일자 2005년06월29일

(30) 우선권주장 10/882,910 2004년06월30일 미국(US)

(71) 출원인 제너럴 일렉트릭 캄파니  
미합중국 뉴욕, 웨넬데디, 윈 리버 로우드

(72) 발명자 리그비 케네스 웨인  
미국 뉴욕주 12065 클립톤 파크 레드 메이플 레인 4에이  
밀러 스티븐 찰스  
미국 위스콘신주 53186 위케샤 아스펜우드 레인 더블유226엔2572

(74) 대리인 김창세  
장성구

심사청구 : 없음

(54) 빔형성 시간 지연 수정 방법, 초음파 시스템 및 시간 지연수정 시스템

요약

초음파 시스템의 적어도 2개의 수신 신호 사이의 시간 지연을 수정하는 방법이 개시된다. 초음파 시스템(10)은 변환기 어레이(18)에 연결되어서 복수의 제 1 수신 신호에 대해 복소수 연산을 수행해서 빔합산된 신호를 생성하는 합산기(64)를 포함하는 빔형성기 프로세서(27) - 수신 신호 각각은 대응하는 빔형성 지연을 포함함 - 와, 이 합산기에 연결되고 빔합산 신호를 분석 신호로 변환하도록 구성된 복소수 필터(66)를 포함한다. 빔형성기 프로세서는 적어도 하나의 각각의 변환기 소자 및 복소수 필터에 연결된 복수의 상관기 프로세서(68)를 더 포함하고, 각각의 상관기 프로세서는 적어도 하나의 수신 신호에 대한 상관 관계 합(correlation sum)을 계산하도록 구성되고, 적어도 하나의 시간 지연 산정기는 적어도 하나의 수신 신호의 상관 관계 합을 수신하고 이 상관 관계 합을 사용해서 대응하는 시간 지연을 산정하도록 구성된다.

대표도

도 2

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 일 측면에 따라서 구현된 초음파 시스템의 블록도,

도 2는 본 발명의 일 측면에 따라서 구현된 빔형성기 프로세서의 일 실시예의 블록도,

도 3은 2개의 실수 신호, 2개의 기저대 신호 및 하나의 실수 신호와 하나의 분석 신호의 주파수 스펙트럼을 나타내는 그래프,

도 4는 시간 지연이 초음파 시스템에서 산정될 수 있는 방법을 나타내는 흐름도.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

- 12 : 획득 서버 시스템 14 : 프로세싱 서버시스템
- 18 : 변환기 어레이 20 : 송수신 스위칭 회로
- 22 : 송신기 24 : 수신기
- 26 : 빔형성기 27 : 수신 빔형성기 프로세서
- 28 : 제어 프로세서 30 : 복조기
- 32 : 이미징 모드 프로세서 34 : 스캔 변환기
- 36 : 디스플레이 프로세서 40 : 유저 인터페이스
- 42 : 원격 회로 서버 시스템 44 : 프로세싱 서버 시스템은 웹 서버
- 46 : 원격 회로 인터페이스 48 : 데이터 저장 장치
- 50 : 이미지 워크스테이션

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

본 발명은 전체적으로 이미징 시스템에 관한 것이고, 더 상세하게는 초음파 이미징 시스템에서의 시간 지연을 산정해서 수정하는 방법 및 시스템에 관한 것이다.

초음파 시스템은 파형의 세트를 이미징 대상으로 전송하고, 반사되어 오는 초음파 신호의 세트를 수신하는 데 사용되는 변환기 소자의 어레이를 포함한다. 각각의 파형은 순수 전송 파형을 원하는 방향 및 깊이로 그리고 원하는 모양으로 포커싱 하도록 선택된 상대적인 시간 지연을 주어서 발산된다. 유사하게 각각의 수신 신호는 원하는 방향 및 깊이로 그리고 원하는 모양이 되도록 반사된 에너지에 대한 시스템의 응답을 최대화시키도록 개별적으로 지연된다. 지연된 수신 신호는 합산 되고 처리되어서 이미징 대상의 이미지를 생성해서 디스플레이한다.

함께 빔형성 시간 지연이라고 알려져 있는 전송 및 수신 시간 지연은, 소리가 알려진 일정 속도로 본체를 투과한다고 가정 해서 계산된다. 이러한 가정이 맞지 않을 때는, 전송 및 수신 포커싱의 질은 저하되고, 이미지 해상도 및 콘트라스트가 손실된다.

이미지 품질의 손실을 줄이는 한가지 방법은 수신 신호의 관련 시간 지연의 산정 결과에 기초해서 빔형성 시간 지연을 조정하는 것이다. 수신 빔형성 지연이 적용된 이후에 관련된 시간 지연을 산정하는 것이 편리하다. 기존의 일정 시간 속도가 정확하다고 가정하면, 지연된 수신 신호는 시간적으로 잘 정렬될 것이며, 즉 도달 시간 에러가 적을 것이다. 이러한 가정이 정확하지 않다면, 지연된 수신 신호는 시간적으로 정렬되지 않을 것이며, 도달 시간 에러가 클 것이다. 도달 시간 에러를 위해서 빔형성 지연을 조정함으로써, 포커싱은 개선될 것이고, 이미지 해상도 및 콘트라스트는 높아질 것이다.

의확용 초음파 이미징에서, 도달 시간 에러의 산정은 빠르고, 정확하고, 확실해야(robust) 한다. 또한 산정 하드웨어를 구현하는 데 드는 추가 비용을 최소화시키는 것도 바람직하다.

빔형성 수정이 빠르게 업데이트되어야 하기 때문에 빠른 산정이 필요하며, 그 이유는 운영자가 통상의 스캐닝 과정 중 일부로서 환자 위로 프로브를 이동시키거나, 또는 운영자 손의 미세한 움직임 혹은 환자의 움직임이나 호흡으로 인해서 변환기가 이동하는 경우에 요구되는 수정이 다양할 것이기 때문이다.

이미지 해상도 및 콘트라스트를 개선하고, 부정확한 시간 지연 산정값을 사용해서 빔형성 시간 지연을 조정함으로써 나타나는 원치않는 이미지 품질의 저하를 방지하기 위해서는 정확한 산정이 요구된다. 빔형성 시간 지연 에러는 이미지에 아티팩트를 도입시키며, 이는 진단을 부정확하게 하고 시험 시간을 길게 한다. 아티팩트 생성율은 많은 운영자가 지연 수정 피처를 주기적으로 사용해서 개선된 이미지 해상도 및 콘트라스트를 이용할 수 있을 정도로 충분히 낮아져야 한다.

그다지 크지 않은(초음파 신호에서 통상적인 정도보다) 대역폭을 가진 실수 신호(real signal)의 푸리에 스펙트럼은, 무시할 수 없을 정도의 크기를 가진 2개의 관련된 별도 영역으로, 더 일반적으로는 대역으로 이루어진다. 이들 대역 중 하나의 중심은 "캐리어" 주파수라고 알려진 포지티브 주파수 주위에 있고, 다른 대역은 캐리어 주파수와는 반대인 네거티브 주파수 주위에 있다. 실수 신호에 대응하는 기저대 신호를 생성하는 많은 방법이 존재하지만, 원하는 순수 효과는 네거티브 주파수 대역을 억제하고, 주파수의 포지티브 대역을 그 중심이 거의 제로 주파수가 되도록 이동시키는 것이다. 기저대 신호가 복소수라는 점에 주의한다.

기저대 신호에 관련된 신호는 분석 신호이다. 수학적으로, 분석 신호는 실수 신호로부터 네거티브 주파수 성분을 뺀으로써 유도된다. 실제 시스템에서, 네거티브 성분은 필터링에 의해 억제되지만, 완전히 제거되는 것은 아니다. 포지티브 주파수 스펙트럼 대역이 주파수에서 하향이동해서 그 중심이 제로 주파수가 되는 일이 없다는 점에서 분석 신호는 기저대 신호와는 다르다.

2개의 실수 신호 사이의 시간 지연을 산정하는 한가지 방법은 두 신호를 다른 복소수 기저대 형태로 변환하는 것을 필요로 한다. 한쪽 기저대 신호의 공액 복소가 다른 기저대 신호를 가진 샘플과 곱해져서 합산된다. 결과로 나온 복소수의 위상은 2 신호 사이의 시간 지연 에러에 비례한다. 이 방법의 한가지 문제는 두 실수 신호를 모두 복소수 형태로 변환해야 한다는 점이다. 신호를 그 기저대 형태로 변환하기 위해서는 크고 고가인 필터가 필요하다. 이 방법에서 각각의 수신 신호를 그 기저대 형태로 변환해야 하기 때문에, 비용 측면에서 바람직하지 않다. 위의 방법을 다음과 같이 생각하면 도움이 된다. 우선  $S_{B0}(t)$  및  $S_{B1}(t)$ 를 2개의 기저대 신호라 하고, 이들은 각각 시간  $t$ 의 함수이다. 간단하게 하게 위해서,  $t$ 는 연속형 변수라 한다. 실제로, 신호는 일정하게 이격된 시간 간격의 세트  $t[i]=i\Delta t$ 로 샘플링되고, 여기서  $\Delta t$ 는 샘플링 시간 간격이다.

여기 설명된 방법은 다음 식 나타난 바와 같이 하나의 기저대 신호와 다른 기저대 신호의 공액 복소의 곱을 적분해서 공액 복소 합 'C'를 만든다.

$$C = \int_{-\infty}^{\infty} dt S_{B0}^*(t) S_{B1}(t) \quad \text{식 (1)}$$

알려진 바와 같이 시간에 대한 적분(식(1)에서와 같이)은 2개의 신호의 스펙트럼의 주파수에 대한 적분으로도 표현될 수 있다.

$$C = \int_{-\infty}^{\infty} dt S_{B0}^*(t) S_{B1}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} df A_{B0}^*(f) A_{B1}(f) \quad \text{식 (2)}$$

식(2)에서,  $A_{B1}(f)$ 는 기저대 신호  $S_{B1}(t)$ 의 푸리에 변환이고,  $A_{B0}^*(f)$ 는 기저대 신호  $S_{B0}(t)$ 의 푸리에 변환의 공액 복소이다.

위에 설명된 시간 지연 산정 방법은 통상적으로 비교되는 신호가 비교적 균일한 랜덤 산란자(random scatterer)에 의해 생성될 때 정확하다. 그 중 인체에 있는 예는 밝은 동맥벽(bright arterial wall)이 없고, 크며, 거의 울림이 없는 혈관(anechoic blood vessel)을 갖고 있지 않은 간장 영역이다. 실제로, 균일한 산란자의 영역을 항상 사용할 수 있는 것은 아니다. 그 결과, 시간 지연 산정에 오류가 있을 수 있고, 특히 원하는 스캔 방향과 정렬되지 않은, 강하게 반사하는 산란자가

존재할 때 그러하다. 강하게 반사하는 축 이탈 산란자는 어레이에 대해서 거의 선형으로 변하는 도달 시간 에러를 가진 신호가 변환기에서 생성되게 한다. 이러한 신호가 시간 지연 에러를 산정하는 데 사용되는 경우에는, 관찰된 도달 시간 에러를 수정할 때 빔형성기를 산란자측으로 잘못 향하게 할 것이다.

따라서, 비용 및 시스템의 크기를 최소화시키면서 시간 지연을 정확하게 산정하는 방법 및 초음파 시스템이 요구된다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

요컨대, 본 발명의 일 측면에 따라서, 초음파 시스템에서 획득된 적어도 2개의 수신 신호 사이의 빔형성 시간 지연을 수정하는 방법이 제공된다. 이 방법은 적어도 2개의 수신 신호를 합해서 기준 기호를 형성하는 단계와, 이 기준 신호에 대응하는 분석 신호를 계산하는 단계와, 이 분석 신호와 대응하는 수신 신호를 비교해서 각각의 수신 신호에 대한 시간 지연 에러를 산정하는 단계를 포함한다. 이 방법은 산정된 시간 지연 에러를 사용해서 빔형성 시간 지연을 수정하는 단계를 더 포함한다.

다른 실시예에서, 시간 지연을 수정하는 초음파 시스템이 제공된다. 초음파 시스템은 일정 패턴으로 배치된 어레이 소자의 세트를 가진 변환기 어레이를 포함하되, 각각의 소자는 전송 모드 동안에는 초음파 에너지의 펄스를 생성하고, 수신 모드 동안에는 진동 에너지가 이미징 대상에 작용하는 것에 응답해서 반향 신호(an echo signal)를 생성하도록 개별적으로 동작할 수 있다. 초음파 시스템은 변환기 어레이에 연결되어서 전송 모드 동안에 각각의 전송 시간 지연을 가지는 개별적인 전송 신호 펄스를 각각의 어레이 소자에 인가해서 유도된 빔이 생성되도록 동작할 수 있는 송신기 및 변환기 어레이에 연결되어서 수신 모드 동안 진동 에너지가 이미징 대상에 작용할 때 각각의 어레이 소자가 생성하는 반향 신호를 샘플링하고, 각각의 반향 신호 샘플에 각각의 개별적인 수신기 시간 지연을 적용해서 제 1 획득 사이클 동안 대응하는 제 1 복수의 수신 시간을 생성하는 수신기를 포함할 수 있다. 초음파 시스템은 변환기 어레이에 연결되어서, 적어도 2개의 수신 신호를 합해서 기준 신호를 생성하도록 구성되는 합산기를 포함하는 빔형성기 프로세서도 포함한다. 각각의 수신 신호는 대응하는 수신기 시간 지연을 포함한다. 빔형성기 프로세서는 이 합산기에 연결되어서 빔합산된 신호를 분석 신호로 변환하도록 구성된 복소수 필터 및 적어도 하나의 각각의 변환기 소자 및 복소수 필터에 연결된 복수의 상관기 프로세서를 더 포함하되, 각각의 상관기 프로세서는 분석 신호와 각각의 수신 신호에 대응하는 각각의 실수 신호를 비교함으로써 시간 지연을 산정하도록 구성된다. 빔형성 프로세서는 수신 신호 각각에 대응하는 각각의 변환기 소자의 송수신 빔형성 시간 지연을 수정하도록 구성된다.

다른 실시예에서, 빔형성 시간 지연을 산정하는 초음파 시스템이 제공된다. 초음파 시스템은 일정 패턴으로 배열된 어레이 소자의 세트를 가진 변환기 어레이를 포함하되, 각각의 소자는 전송 모드 동안에는 초음파 에너지의 펄스를 생성하고, 수신 모드 동안에는 이미징 대상에 작용하는 진동 에너지에 응답해서 반향 신호를 생성하도록 개별적으로 동작할 수 있다. 초음파 시스템은 변환기 어레이에 연결되어서 전송 모드 동안에 각각의 전송 시간 지연을 가지는 개별적인 전송 신호 펄스를 각각의 어레이 소자에 인가해서 유도된 빔이 생성되도록 동작할 수 있는 송신기 및 변환기 어레이에 연결되어서 수신 모드 동안 진동 에너지가 이미징 대상에 작용할 때 각각의 어레이 소자가 생성하는 반향 신호를 샘플링하고, 각각의 반향 신호 샘플에 각각의 개별적인 수신기 시간 지연을 적용해서 대응하는 제 1 복수의 수신 시간을 생성하는 수신기를 포함할 수 있다. 이 시스템은 각각의 수신 신호에 대응하는 각각의 샘플의 크기 및 샘플 세트에 대한 수신 신호의 크기의 합을 계산하도록 구성된 빔형성기 프로세서를 더 포함하되, 이 빔형성기 프로세서는 빔합산 신호와 수신 신호를 비교해서 2개의 수신 신호 사이의 시간 지연을 산정하도록 더 구성되고, 빔형성기 프로세서는 수신 신호 각각에 대응하는 각각의 변환기 소자의 빔형성 시간 지연을 수정하도록 더 구성된다.

다른 실시예에서, 초음파 시스템에서 획득된 적어도 2개의 수신 신호 사이의 시간 지연을 수정하는 시스템이 제공된다. 이 시스템은 적어도 2개의 수신 신호를 합산해서 기준 신호를 형성하는 수단과, 이 기준 신호에 대응하는 분석 신호를 계산하는 수단을 포함한다. 시스템은 분석 신호와 대응하는 수신 신호를 비교함으로써 각각의 수신 신호에 대해 시간 지연 에러를 산정하는 수단과, 산정된 시간 지연 에러를 사용해서 빔형성 시간 지연을 수정하는 수단을 포함한다.

본 발명의 이들 특성, 측면 및 장점이 첨부된 도면을 참조로 이하의 상세한 설명을 읽음으로써 더 잘 이해될 것이며, 전체 도면에서 동일한 문자는 동일한 부분을 나타낸다.

**발명의 구성 및 작용**

도 1은 본 발명의 일 측면에 따라 구현된 초음파 시스템(10)의 실시예의 블록도이다. 초음파 시스템은 획득 서버 시스템(12) 및 프로세싱 서브시스템(14)을 포함한다. 획득 시스템(12)은 변환기 어레이(18:복수의 변환기 어레이 소자를 포함함), 송수신 스위칭 회로(20), 송신기(22), 수신기(24) 및 빔형성기(26)를 포함한다. 빔형성기(26)는 수신 빔형성기 프로세서

(RBP:27)를 포함한다. 프로세싱 서브시스템(14)은 제어 프로세서(28), 복조기(30), 이미징 모드 프로세서(32), 스캔 변환기(34) 및 디스플레이 프로세서(36)를 포함한다. 디스플레이 프로세서는 이미지를 디스플레이하도록 모니터에 연결된다. 유저 인터페이스(40)는 제어 프로세서 및 디스플레이 모니터와 인터랙트한다. 프로세싱 서브 시스템은 웹 서버(44) 및 원격 접속 인터페이스(46)를 포함하는 원격 접속 서브 시스템(42)에도 연결될 수 있다. 프로세싱 서브 시스템은 데이터 저장 장치(48)에 연결되어서 초음파 이미지 데이터를 더 수신할 수 있다. 데이터 저장 장치는 이미지 워크스테이션(50)과 인터랙트한다.

여기서 "에 적합한", "하도록 구성된" 등은 소자들 사이에 접속되어서, 이 소자가 협력해서 위에 설명된 효과를 제공하게 하는 기계적 혹은 구조적인 접속을 나타내며, 이 용어는 시퀀셜(sequel)을 수행하도록 프로그래밍되어서 주어진 입력 신호에 응답해서 출력을 제공하는, 아날로그 또는 디지털 컴퓨터 또는 응용 주문 장치(응용 주문 집적 회로(ASIC)과 같은)와 같은 전자 소자의 동작 성능을 나타낸다.

아키텍처 및 모듈은 디지털 신호 프로세서를 가진 회로 기판과 같은 전용 하드웨어 소자 또는 소비용, 시판중인 PC와 같은 다목적 컴퓨터 또는 프로세서에서 구동하는 프로세서가 될 수 있다. 다양한 아키텍처 및 모듈이 본 발명의 다양한 실시예에 따라서 결합되거나 분리될 수 있다.

획득 서브 시스템(12)에서, 변환기 어레이(18)는 대상(16)과 접촉한다. 변환기 어레이는 송수신(T/R) 스위칭 회로(20)에 연결된다. T/R 스위칭 회로(20)는 송신기(22)의 출력단 및 수신기(24)의 입력단에 연결된다. 수신기(24)의 출력단이 빔형성기(26)의 입력단이다. 빔형성기(26)는 송신기(22)의 입력단 및 복조기(30)의 입력단에 더 연결된다.

프로세싱 서브시스템(14)에서, 복조기(30)의 출력단은 이미징 모드 프로세서(32)의 입력단에 연결된다. 제어 프로세서는 이미징 모드 프로세서(32), 스캔 변환기(34) 및 디스플레이 프로세서(36)와 인터페이스한다. 이미징 모드 프로세서(32)의 출력단은 스캔 변환기(34)의 입력단에 연결된다. 스캔 변환기(34)의 출력단은 디스플레이 프로세서(36)의 입력단에 연결된다. 디스플레이 프로세서(36)의 출력단은 모니터(38)에 연결된다.

초음파 시스템(10)은 초음파 에너지를 대상(16)으로 전송하고, 이 대상으로부터의 후방 산란(backscatter)된 반향 신호를 처리해서 이미지를 생성하고 디스플레이한다. 전송된 초음파 에너지의 빔을 생성하기 위해서, 제어 프로세서(28)는 커맨드 데이터를 빔형성기(26)로 전송해서 전송 파라미터를 생성해서 원하는 모양의 빔을 생성하며, 이는 원하는 조향각에 있는 변환기 어레이(18)의 표면의 특정 지점으로부터 발생한다. 전송 파라미터가 빔형성기(26)로부터 송신기(22)로 전송된다. 송신기(22)는 전송 파라미터를 사용해서 T/R 스위칭 회로(20)를 통해 변환기 어레이(18)로 전송되는 전송 신호를 적절하게 인코딩한다. 전송 신호는 서로에 대해서 특정 레벨 및 시간 지연으로 설정되어서 변환기 어레이(18)의 개개의 변환기 소자로 전송된다. 전송 신호는 변환기 소자를 활성화시켜서 같은 시간 지연 및 레벨 관계를 가지고 초음파 파장을 발산하게 한다. 그 결과, 발산된 초음파 에너지의 빔이 대상에 형성되되, 이는 예컨대 초음파 겔(gel)을 사용해서 변환기 어레이(18)가 대상에 음향적으로 연결될 때 스캔 라인을 따라서 스캔 평면 내에서 형성된다. 이 과정은 전자 스캐닝이라고 알려져 있다.

변환기 어레이(18)는 2방향 변환기이다. 초음파 파장이 대상에 전송되면, 초음파 파장은 대상 대의 조직 및 혈액 샘플로부터 후방산란된다. 변환기 어레이(18)는 리턴하는 조직까지의 거리 및 리턴하는 변환기 어레이(18)의 표면에 대한 각에 따라서 서로 다른 시간에 후방 산란된 반향 신호를 수신한다. 이 변환기 소자는 후방 산란된 반향 신호에 응답해서 후방 산란된 반향 신호로부터의 초음파 에너지를 전기 신호로 변환한다.

수신 전기 신호의 경로는 T/R 스위칭 신호(20)를 지나서 수신기(24)로 정해진다. 수신기(24)는 수신 신호를 증폭하고 디지털화해서 이득 보상과 같은 다른 기능을 제공한다. 디지털화된 수신 신호는 다양한 시간에 각각의 변환기 소자에 의해 수신된 후방 산란된 파장에 대응하며, 후방 산란된 파장의 크기 및 도달 시간 정보를 유지한다.

디지털화된 수신 신호가 빔형성기(26)에 전송된다. 제어 프로세서(28)는 커맨드 데이터를 빔형성기(26)에 전송한다. 빔형성기(26)는 커맨드 데이터를 사용해서 수신 빔을 형성하되, 이는 변환기 어레이(18)의 표면 상의 한 지점에서, 이 지점에 대응하는 조향각 및 스캔 라인을 따라 전송되는 이전 초음파 빔의 조향각으로 발생한다.

빔형성기(26)는 제어 프로세서(28)로부터의 커맨드 데이터의 인스트럭션에 따라 시간 지연 및 합산을 수행함으로써 적절하게 수신된 신호에 대해 동작해서 대상 내의 스캔 평면의 스캔 라인에 따른 샘플 체적에 대응하는 수신 빔 신호를 생성한다.

수신된 빔 신호는 처리 서브시스템(14)에 전송된다. 복조기(30)는 수신된 빔 신호를 복조해서 스캔 평면 내의 샘플 채적에 대응하는 I 및 Q 변조된 데이터 값의 쌍을 생성한다.

복조된 데이터는 이미징 모드 프로세서(32)로 전송된다. 이미징 모드 프로세서(32)는 파라미터 산정 기술을 사용해서 스캔 시퀀스 형태의 복조된 데이터로부터 이미징 파라미터 값을 생성한다. 이미징 파라미터는 예컨대 B 모드, 색속도 모드, 스펙트럼 도플러 모드, 조직 속도 이미징 모드와 같은 다양한 가능한 이미징 모드에 대응하는 파라미터를 포함할 수 있다. 이미징 파라미터 값은 스캔 변환기(34)로 전송된다. 스캔 변환기(34)는 스캔 시퀀스 포맷으로부터 디스플레이 포맷으로의 변환을 수행함으로써 파라미터 데이터를 처리한다. 이 변환은 파라미터 데이터에 대해서 내삽(interpolation) 동작을 수행해서 디스플레이 픽셀 데이터를 디스플레이 포맷으로 생성하는 단계를 포함한다.

스캔 변환된 픽셀 데이터는 디스플레이 프로세서(36)로 전송되어서, 스캔 변환된 픽셀 데이터의 임의의 최종 공간 또는 시간 필터링을 수행함으로써 그레이스케일 또는 컬러를 스캔 변환된 픽셀 데이터에 적용하고, 디지털 픽셀 데이터를 모니터(38) 상에 디스플레이할 아날로그 데이터로 변환한다. 유저 인터페이스(40)는 모니터(38)에 디스플레이되는 데이터에 기초해서 빔형성기 프로세서(28)와 인터랙트한다.

위에 설명된 바와 같이, 수신 빔형성기 프로세서(28)는 수신 신호에 대한 시간 지연 동작을 수행한다. 수신 빔형성기 프로세서가 수신 신호의 시간 지연 에러를 산정해서 수정하는 방식은 도 2를 참조하면서 이하 더 상세하게 설명될 것이다.

도 2는 수신 빔형성기 프로세서(28)의 일 실시예의 블록도이다. 도 2는 수신 빔형성기 프로세서(28)가 시간 지연을 산정하는 한 방법이다. 빔형성기 프로세서는 변환기 어레이(18)의 변환기 소자(52, 56, 60)로부터 수신 신호를 수신하는 것으로 도시되어 있다. 빔형성기 프로세서의 각각의 블록이 이하 더 상세하게 설명된다.

빔형성 지연(54)은 변환기(52)로부터 수신 신호의 지연을 도입한다. 변환기 소자(52)로부터의 실수 신호는 상관기 프로세서(68)로 제공된다. 유사하게, 빔형성 지연(58, 62)은 변환기 소자(56, 60)로부터의 수신 신호에 지연을 도입한다. 변환기 소자(56, 60)로부터의 실수 신호가 상관기 프로세서(70, 72) 각각에 제공된다.

모든 변환기 소자로부터의 실수 신호는 합산기(64)로도 제공되고, 여기서 실제, 지연된 수신 신호(54, 58, 62)를 합산해서 빔합산 신호를 생성한다. 빔합산 신호는 복소수 필터(66)로 제공되고, 이는 네거티브 주파수 성분을 억제해서 빔합산 신호의 분석 신호 형태를 생성한다. 분석 신호의 비트 수는 상관기 프로세서의 원하는 복잡도 및 원하는 정확도에 기초해서 빔합산 신호 내의 비트수에서 감소될 수 있다. 복소수 분석 신호는 도 2에 도시된 바와 같이 상관기(68, 70, 72)에 제공된다.

도 2를 계속 참조하면서, 상관기 프로세서(68, 70, 72)는 각각 2개의 신호, 즉 변환기 소자(52, 56, 60)로부터의 지연된 수신 신호 및 복소수 필터(66)로부터의 분석 신호를 수신한다. 상관기에 입력되는 수신 신호의 비트 수는 상관기 프로세서의 원하는 복잡도 및 원하는 정확성에 기초해서 합산기(64)에 입력되는 비트 수로부터 감소될 수 있다. 상관기 프로세서(68, 70, 72)는 변환기(52, 56, 60)로부터의 대응하는 수신 신호에 대한 상관 관계 합을 계산하도록 구성된다.

식 (2)로부터, 피적분함수(integrand) 내의 신호 중 하나에서만 네거티브 주파수 대역을 억제하는 경우에 적분값은 변하지 않을 것이라는 것을 알 수 있다. 또한, 포지티브 주파수 대역을 제로 주파수로 중심을 맞추도록 이동시킬 필요가 없다. 따라서, 다음 식을 사용해서 상관 관계 합이 계산될 수 있다.

$$C = \int_{-\infty}^{\infty} dt A_{A_0}^*(t) A_1(t) \quad \text{식 (3)}$$

여기서  $A_{A_0}^*(f)$ 는 분석 신호의 푸리에 변환의 공액 복소이고,  $S_{A_0}^*(t)$  및  $A_1(f)$ 는 실수 신호  $S_1(t)$ 의 푸리에 변환이다. 마지막으로, 2개의 신호의 곱의 시간에 대한 적분을 그들의 스펙트럼의 곱의 주파수에 대한 적분에 연관시키는 식(2)를 사용해서 식(3)은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$C = \int_{-\infty}^{\infty} dt S_{A_0}^*(t) S_1(t) \quad \text{식 (4)}$$

식(3) 및 식(4)는 적분이 무한에 대해서 일 때 적용되는 것이 일반적이다. 실제로, 이 적분은 무한 시간에 대한 것이고, 시간의 샘플링은 분리된다. 따라서, 상관 관계 합은 다음 식에 기초해서 계산된다.

$$C = \sum_{i=i_0}^{i_1} S_{A0}^*[i] S_1[i] \quad \text{식 (5)}$$

여기서 C는 상관 관계 합을 나타내고,  $S_{A0}^*[i]$ 는 분산 신호의 공액 복소를 나타내며,  $S_1[i]$ 는 실수 신호를 나타내고,  $i$ 는 타임 샘플 색인이다. 합은 시간 샘플  $i_0$  내지  $i_1$ 에 대해서 계산되며, 이는 다양한 전송 파형 길이가 전송 포커스 범위로 중심이 맞춰지도록 선택되는 것이 전형적이다.

도 3의 참조 번호(76)는 2개의 실수 신호의 스펙트럼을 나타낸다. 간단하게 하기 위해서 주파수 성분의 실수부만이 도면에 표시된다. 식(2)의 최종 적분이 참조 번호(78)로 표시되며, 이는 2개의 기저대 신호의 스펙트럼을 나타낸다. 실수 신호(실선)와 분석 신호(점선)의 스펙트럼을 나타내는 참조 번호(80)는 식(3)의 적분을 나타낸다. 도 3의 참조번호(78, 80)로부터, 식(2)의 최종 적분과 식(3)의 적분이 같은 결과를, 즉 네거티브 주파수 대역이 피적분함수의 신호 중 하나에서만 억제될 필요가 있다는 것을 쉽게 알 수 있다. 또한, 포지티브 주파수 대역을 제로 주파수로 이동시킬 필요가 없다.

식(5)로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 발명에서는 하나의 신호만 복소수 형태로 변환되면 된다. 또한, 기준 신호를 분석 형태로 변환시킴으로써 기준 신호의 주파수 스펙트럼을 기저대 형태를 생성하도록 이동시키는 추가 단계가 없어도 된다.

실제 구현에서, 기준 신호를 생성하는 합산 및 복소수 필터링 단계에 처리 지연이 도입된다. 기준 신호와 수신 신호로부터의 대응하는 범위의 샘플이 상관기 프로세서에서 서로 곱해지기 때문에, 그에 따라 수신 신호는 지연되어서 기준 신호 및 수신 신호가 적절하게 정렬된다.

상관기 프로세서는 상관기 합산을 사용해서 변환기 소자(52, 56, 60)로부터 수신된 각각의 수신 신호의 시간 지연 에러를 산정하도록 구성된다. 일 실시예에서, 시간 지연 에러는 상관기 합산의 위상을 계산해서 이를 스케일 인수(a scale factor),  $2\pi/f_0$ 와 곱함으로써 시간 지연으로 변환시키는 방식으로 산정되며, 여기서  $f_0$ 는 대략 초음파 신호의 중심 주파수이다.

도 4는 초음파 시스템에서 획득되는 적어도 2개의 수신 신호 사이의 시간 지연을 수정하는 것을 나타내는 흐름도이다. 초음파 시스템의 수정된 시간 지연은 정확한 이미지를 생성하는 데 사용된다. 흐름도의 각각의 단계가 이하 더 상세하게 설명된다.

단계(82)에서, 변환기 소자의 어레이로부터 수신된 적어도 2개의 수신 신호는 합산되어서 기준 신호를 생성한다. 단계(84)에서, 기준 신호에 대응하는 분석 신호가 생성된다.

단계(86)에서, 각각의 수신 신호의 시간 지연 에러는 분석 신호와 대응하는 수신 신호를 비교함으로써 산정된다. 일 실시예에서, 분석 신호와 실수 신호를 사용하는 계산 합산 신호가 계산되어서 시간 지연 에러를 산정한다. 상관 관계 합은 도 2를 참조로 식 (5)를 사용해서 계산될 수 있다.

상관 관계 합은 초음파 시스템에서 빔형성기 시스템의 시간 지연 에러를 수정하는 데 사용된다. 일 실시예에서, 시간 지연 에러는 상관 관계 합을 계산함으로써 산정된다. 다른 특정 실시예에서, 수정 합을 위상은 스케일 인수만큼 곱해져서 시간 지연 에러를 산정한다. 일 실시예에서, 위상은 스케일 인수,  $2\pi/f_0$ 와 곱해지며, 여기서  $f_0$ 는 대략 초음파 신호의 중심 주파수이다.

다른 실시예에서, 각각의 수신 신호의 범위 샘플이 계산되어서 임계값과 비교된다. 일 실시예에서, 임계값은 평균 채널 신호 진폭을 사용자 지정 인수와 곱함으로써 계산된다. 다른 실시예에서, 임계값을 평균 빔합산 신호 진폭을 사용자 지정 인수와 곱함으로써 계산된다. 이후에 수신 신호는 상관기에서 기준 신호와 곱해지기 전에 그 진폭이 임계값보다 크다면 더 낮은 값으로 크기가 조정된다. 이와 같은 큰 진폭 샘플의 크기 조정은 상관 관계 합의 위상에 대한 강한 반사 산란자의 영향을 감소시킨다.

위에 설명된 본 발명은 빔합산 신호 및 수신 신호 모두를 복소수 형태로 변환하지 않고, 빔합산 신호만을 복소수 형태로 변환하는 것을 포함하는 다수의 장점을 제공한다. 따라서, 시스템의 각각의 채널마다 하나씩의 변환 필터가 요구되던 것과는 달리 하나의 변환 필터만이 시스템에 필요하다. 최신 초음파 시스템이 전형적으로 128개 이상의 채널을 갖고 있기 때문에, 이와 같이 구현하면 복잡성 및 비용면에서 상당한 절감을 유발한다. 또한 빔합산 신호는 분석 신호의 형태로, 기저대 형태를 생성하는 데 주파수 이동되지 않는다.

또한 상관 관계 합을 계산하는 데 필요한 회로는 추가 비용없이 범형성 지연 ASIC으로 통합될 수 있으며, 그 이유는 2개의 복소수 신호를 곱해야 했던(그리고 복소수 곱을 누산했던) 종래의 기술과는 달리 단지 실수 신호를 복합 신호와 곱하기만 하면(그리고 복소수 곱을 누산하면) 되기 때문이다. 상관관계 프로세서를 수신 범형성 ASIC에 통합하는 것을 범합산 신호의 경로를 각각의 범형성 ASIC로 돌리는 것을 필요로 하지만, 이 때문에 모든 수신 신호를 외부 프로세서로 돌릴 필요가 없어진다. 따라서, 도달 시간 에러를 계산하는데 매우 적은 추가적인 시스템 대역폭이 필요하며, 이는 실질적으로 시스템의 단가 및 복잡성을 감소시킨다.

또한, 범합산 기준 신호 및 수신 신호의 비트수가 줄어들기 때문에 상관 관계 합산을 계산하는 데 필요한 회로의 크기가 줄어든다. 따라서, 송신기 회로의 크기 및 합산기 회로의 크기가 최소화된다. 또한, 범합산 기준 신호의 경로를 수신 범형성 ASIC 내의 상관 관계 프로세서로 하는데 필요한 시스템 대역폭이 상당히 줄어든다. 간장과 같은 비교적 일정한 산란자의 경우에, 상관 관계 합 위상은 통상적으로 2개의 신호에 사용되는 비트의 수와 밀접하지 않다. 2개의 신호가 같은 비트 수를 가질 필요는 없다. 예컨대, 일 실시예에서, 수신 신호에 대해서 16개의 비트가 사용될 수 있으며, 범합산 기준 신호에 대해서는 8개의 비트만이 사용될 수 있다. 상관기 합 정확성을 위해 회로 크기를 절충하는 다양한 다른 조합이 가능하다. 예컨대, 다른 실시예에서 수신 신호의 부호를 나타내는 하나의 비트만이 수신 신호로 사용될 수 있으며, 이는 상관 프로세서의 송신기 회로가 가산기로 대체될 수 있다는 것을 의미한다.

### 발명의 효과

위에 설명된 바와 같이, 수신 신호 및/또는 범합산 기준 신호의 비트 수는 상관기 프로세서의 복잡성 및 정확성에 기초해서 감소될 수 있다. 반사된 초음파 신호의 진폭은 깊이가 증가할수록 감소되는 경향이 있다는 것은 알려져 있다. 상관 관계 합 위상의 합산 제한이 큰 범위의 샘플에 걸쳐 있고, 수신 신호 및/또는 범합산 신호용으로 소수의 비트만이 유지된다면, 기준 또는 수신 신호의 일정 이득이 얇은 깊이에서 거의 전체 범위에 진폭을 생성하는 경우에는, 감소로 인해서 깊은 깊이에서는 기준 신호의 큰 양자화 에러가 발생할 수 있다. 다른 방안으로, 기준 또는 수신 신호의 고정 에러가 큰 깊이에서 큰 양자화 에러를 방지하기 위해서 증가되는 경우에, 감소된 비트 신호는 얇은 깊이에서 오버플로우할 수 있다. 심지어 오버플로우 또는 양자화 에러가 중요하지 않은 경우에도, 신호 감쇠는 얇은 깊이로부터의 상관 관계 합 샘플을 깊은 깊이로부터의 샘플보다 훨씬 더 가중시키는 경향이 있으며, 이는 바람직하지 않다.

일 실시예에서, 상관 프로세서에 전송되는 비트의 수를 감소시키기 전에 시간 이득 보상(TGC)이 기준 신호 또는 수신 신호 혹은 이들 모두에 적용된다. 비트의 수를 감소시키기 전에 TGC를 하나 혹은 2개의 신호 모두에 적용함으로써 상당한 양자화 에러를 감소시키고, 샘플의 상관 관계 합에 대한 샘플의 기여의 가중치를 동일하게 한다. 범합산 기준을 위한 TGC 회로의 일부로서, 기준 신호에 큰 진폭의 샘플이 있다면 진폭이 감소되거나 심지어 제로가 되고, 이로써 기준 신호에 있는 적은 수의 큰 진폭 샘플에 의해 지배되는 상관 관계 합 위상의 기능을 최소화시킨다.

또한, 상관 관계 합에 있는 큰 진폭의 수신 신호의 진폭을 감소시킴으로써, 이미지 아티팩트를 유발할 수 있는 바이어싱되거나 부정확한 시간 지연 산정이 최소화된다.

본 발명의 일부 특성만이 제시되고 설명되었지만, 많은 수정 및 변화가 당업자에게 있을 수 있다. 따라서, 첨부된 청구항은 본 발명의 사상 내에 드는 모든 이러한 수정 및 변화를 포함한다는 것을 이해할 것이다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

초음파 시스템에서 획득된 적어도 2개의 수신 신호 사이의 범형성 시간 지연을 수정하는 방법에 있어서,

적어도 2개의 수신 신호를 합해서 기준 기호를 형성하는 단계와,

상기 기준 신호에 대응하는 분석 신호를 계산하는 단계와,

상기 분석 신호와 대응하는 상기 수신 신호를 비교해서 각각의 수신 신호에 대한 시간 지연 에러를 산정하는 단계와,

상기 산정된 시간 지연 에러를 사용해서 상기 빔형성 시간 지연을 수정하는 단계를 포함하는 빔형성 시간 지연 수정 방법.

**청구항 2.**

제 1 항에 있어서,

상기 산정 단계는 각각의 수신 신호의 상관 관계 합(correlation sum)을 계산하는 단계를 더 포함하고,

상기 상관 관계 합은 다음 식

$$C = \sum_{i=i_0}^{i_1} S_{A0}^*[i] S_1[i]$$

에 기초해서 계산되며, 여기서 상기 C는 상관 관계 합을 나타내고, 상기  $S_{A0}^*[i]$ 는 시간 샘플 i에서 상기 분산 신호의 공역 복소를 나타내며, 상기  $S_1[i]$ 는 상기 시간 샘플 i의 상기 실수 신호를 나타내는

빔형성 시간 지연 수정 방법.

**청구항 3.**

제 1 항에 있어서,

상기 산정 단계는

상기 상관 관계 합의 위상을 계산하는 단계와,

상기 상관 관계 합의 위상을 사용해서 상기 시간 지연을 산정하는 단계와,

상기 상관 관계 합의 위상을 스케일 인수(a scale factor)와 곱해서 상기 시간 지연을 산정하는 단계

를 포함하는

빔형성 시간 지연 수정 방법.

**청구항 4.**

제 1 항에 있어서,

각각의 수신 신호에 대해서 각각의 시간 샘플에서 진폭을 계산하는 단계와,

상기 진폭을 임계값과 비교하는 단계와,

상기 진폭이 상기 임계값보다 더 큰 경우에 상기 수신 신호의 극성을 유지한 채 상기 수신 신호 진폭을 감소시킴으로써 각각의 시간 샘플에서 상기 수신 신호를 수정하는 단계

를 더 포함하는 빔형성 시간 지연 수정 방법.

**청구항 5.**

제 1 항에 있어서,

상기 수신 신호를 지연시켜서 상기 기준 신호와 정렬시키는 단계

를 더 포함하는 빔형성 시간 지연 수정 방법.

**청구항 6.**

시간 지연을 산정하는 초음파 시스템(10)에 있어서,

일정 패턴으로 배치된 어레이 소자의 세트를 가진 변환기 어레이(18) - 상기 소자는 각각 전송 모드 동안에는 초음파 에너지의 펄스를 생성하고, 수신 모드 동안에는 진동 에너지가 이미징 대상에 작용하는 것에 응답해서 반향 신호(an echo signal)를 생성하도록 개별적으로 동작할 수 있음 - 와,

상기 변환기 어레이에 연결되어서, 전송 모드 동안에 각각의 전송 시간 지연을 가진 개별적인 전송 신호 펄스를 각각의 어레이 소자에 인가해서 유도된 빔이 생성되도록 동작할 수 있는 송신기(22)와,

상기 변환기 어레이에 연결되어서, 수신 모드 동안 진동 에너지가 이미징 대상에 작용할 때 각각의 상기 어레이 소자가 생성하는 상기 반향 신호를 샘플링하고, 각각의 상기 반향 신호 샘플에 각각의 개별적인 수신기 시간 지연을 적용해서 대응하는 복수의 수신 시간을 생성하는 수신기(24)와,

빔형성기 프로세서(27)를 포함하되,

상기 빔형성기 프로세서(27)는

상기 변환기 어레이에 연결되어서 적어도 2개의 수신 신호를 합산해서 빔합산된 신호를 생성하도록 구성된 합산기(64) - 상기 수신 신호는 각각 대응하는 수신기 시간 지연을 포함함 - 와,

상기 합산기에 연결되어서 상기 빔합산된 신호를 분석 신호로 변환하도록 구성된 복소수 필터(66)와,

적어도 하나의 각각의 변환기 소자 및 상기 복소수 필터에 연결된 복수의 상관기 프로세서(68)

를 더 포함하며,

상관기 프로세서는 각각 상기 분석 신호와 각각의 상기 수신 신호에 대응하는 각각의 실수 신호를 비교함으로써 시간 지연을 산정하도록 구성되고,

상기 빔형성 프로세서는 상기 수신 신호 각각에 대응하는 각각의 변환기 소자의 상기 시간 지연을 수정하도록 구성되는

초음파 시스템(10).

**청구항 7.**

제 6 항에 있어서,

상기 상관기 프로세서는 상관 관계 합을 계산함으로써 상기 시간 지연을 산정하고,

상기 상관기 프로세서는 상기 상관 관계 합을 사용해서 상기 대응하는 시간 지연을 산정하며,

상기 상관 관계 합은 다음 식

$$C = \sum_{i=i_0}^{i_1} S_{A0}^*[i] S_1[i]$$

에 기초해서 계산되며,

여기서 상기 'C'는 상관 관계 합을 나타내고, 상기 'S<sub>A0</sub><sup>\*</sup>[i]'는 상기 분산 신호의 공액 복소를 나타내며, 상기 'S<sub>1</sub>[i]'는 상기 실수 신호를 나타내고, 상기 'i'는 시간 샘플을 나타내는

초음파 시스템(10).

### 청구항 8.

제 6 항에 있어서,

상기 빔형성기 프로세서는 상기 상관 관계 합의 위상을 계산하도록 구성되며- 상기 위상은 상기 시간 지연을 산정하는데 사용됨 - ,

상기 빔형성기 프로세서는 각각의 수신 신호에 대응하는 각각의 샘플의 진폭 및 샘플의 세트의 상기 수신 신호의 진폭의 합을 계산하도록 구성되는

초음파 시스템(10).

### 청구항 9.

제 6 항에 있어서,

상기 빔형성기 프로세서는 수신기 신호의 상기 진폭을 임계값과 비교하도록 구성되고,

상기 진폭이 상기 임계값보다 더 큰 경우에 상기 수신 신호의 크기를 더 낮은 값으로 조정하는

초음파 시스템(10).

### 청구항 10.

초음파 시스템에서 획득된 적어도 2개의 수신 신호 사이의 시간 지연을 수정하는 시스템에 있어서,

적어도 2개의 수신 신호를 합산해서 기준 신호를 형성하는 수단과,

상기 기준 신호에 대응하는 분석 신호를 계산하는 수단과,

상기 분석 신호와 상기 대응하는 수신 신호를 비교함으로써 각각의 수신 신호에 대한 상기 시간 지연 에러를 산정하는 수단과,

상기 산정된 시간 지연 에러를 사용해서 상기 빔형성 시간 지연을 수정하는 수단

을 포함하되,

상기 산정 수단은

상기 분석 신호에 기초해서 각각의 수신 신호에 대한 상관 관계 합을 계산하는 수단과,

상기 상관 관계 합을 위상을 계산하는 수단과,

상기 상관 관계 합의 위상을 사용해서 시간 지연을 산정하는 수단과,

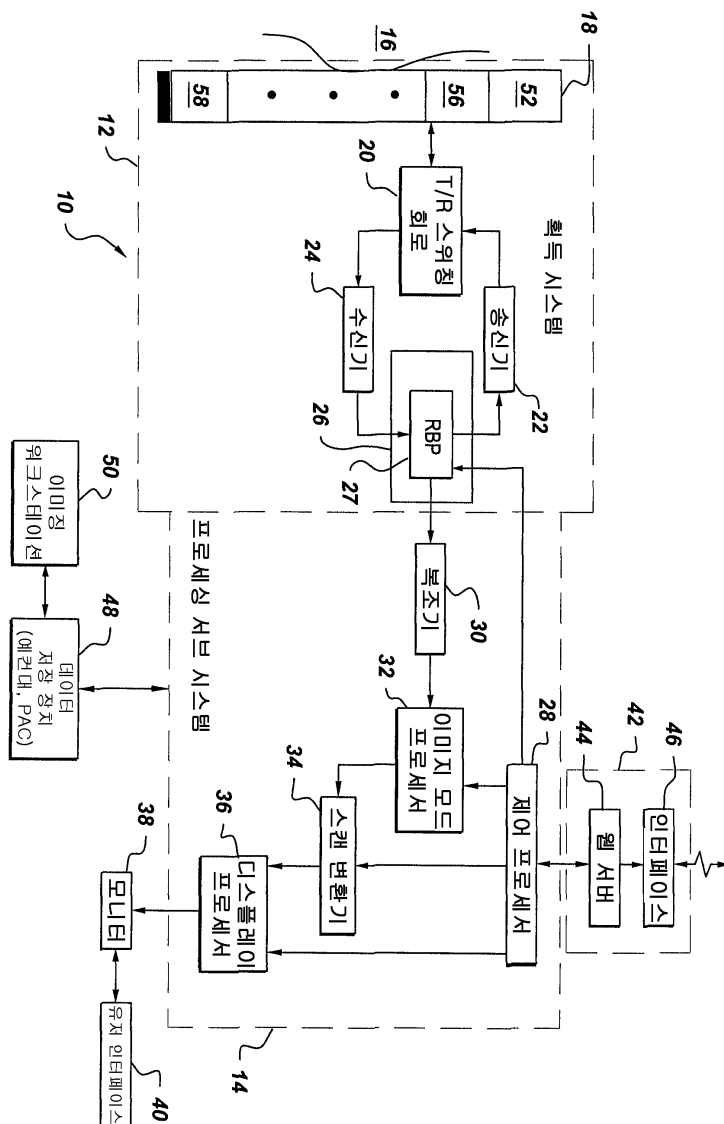
상기 상관 관계 합의 위상을 스케일 인수와 곱하는 수단

을 포함하는

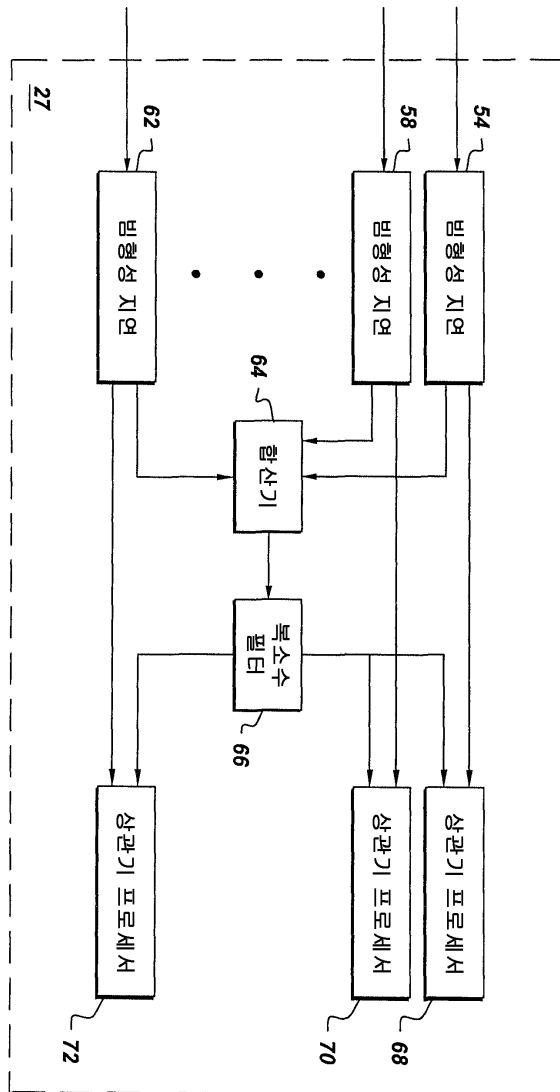
시간 지연 수정 시스템.

도면

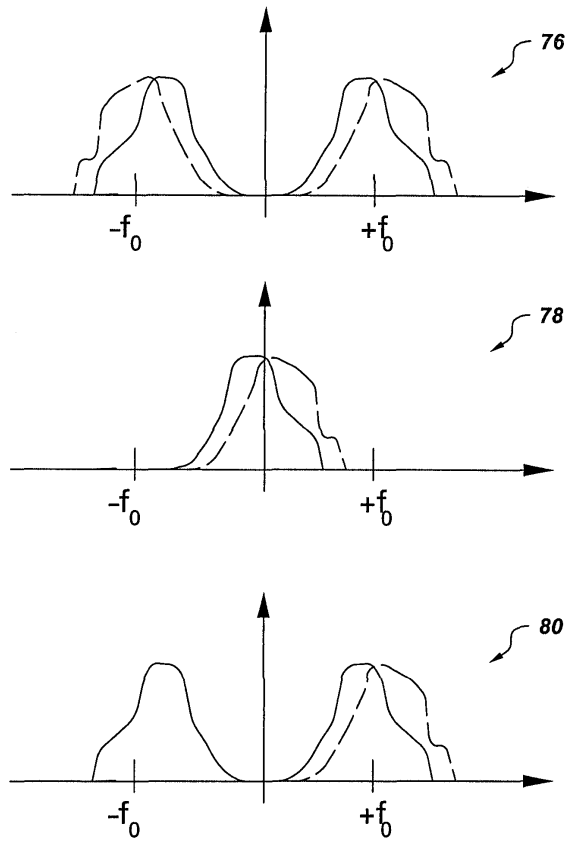
도면1



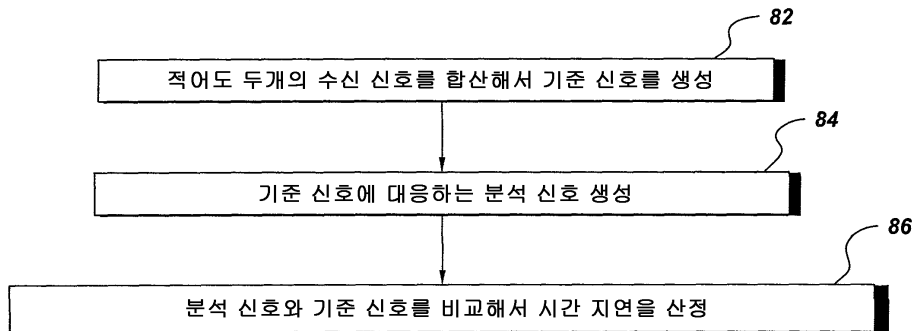
도면2



도면3



도면4



专利名称(译)	波束形成时间延迟校正方法，超声系统和时间延迟校正系统		
公开(公告)号	<a href="#">KR1020060048663A</a>	公开(公告)日	2006-05-18
申请号	KR1020050056735	申请日	2005-06-29
[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	RIGBY KENNETH WAYNE 리그비케네스웨인 MILLER STEVEN CHARLES 밀러스티븐찰스		
发明人	리그비케네스웨인 밀러스티븐찰스		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	G01S7/5205 G10K11/346 G01S7/52025		
代理人(译)	张居正，KU SEONG		
优先权	10/882910 2004-06-30 US		
其他公开文献	KR101140482B1		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

公开了修改超声系统的至少2个接收信号之间的时间延迟的方法。超声系统 (10) 包括复数滤波器 (66)，波束形成器处理器 (27) - 包括加法器 (64) 的接收信号，其连接到换能器阵列 (18) 并执行关于多个第一接收信号的复杂操作并且产生随光束求和而变化的信号包括相应的波束形成延迟，其被配置为连接到该夏天并且被配置为将波束求和信号转换为测定信号。使用该相关和总和，至少一个时间延迟估计接收至少一个接收信号的相关总和，波束形成器处理器还被配置为包括至少一个转换器元件和多个相关器处理器 (68) 到复数滤波器并且每个相关器处理器被配置为计算关于至少一个接收信号的相关和总和，相应的时间延迟被配置为被估计。

