



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0090219
(43) 공개일자 2013년08월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 8/14 (2006.01) G01N 29/24 (2006.01)

G06T 5/00 (2006.01) H04N 5/21 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0011371

(22) 출원일자 2012년02월03일

심사청구일자 2012년02월03일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

송태경

서울특별시 종로구 평창동 롯데캐슬 로잔 106-402

유양모

경기도 고양시 일산서구 일산3동 후곡3단지 307동 101호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인충현

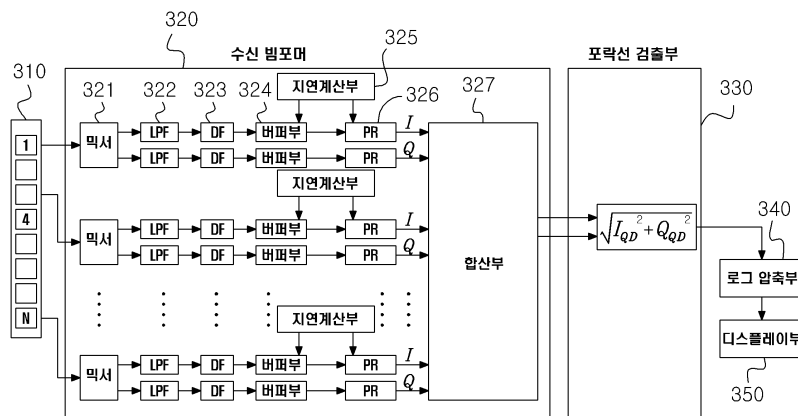
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 위상 회전 기법을 이용한 화소단위 집속장치

(57) 요약

본 발명은 위상 회전 기법을 이용한 화소단위 집속장치에 관한 것으로서, 채널 데이터를 수신하여 동상 성분과 직각위상 성분을 생성하는 믹서, 동상 성분과 직각위상 성분의 기저대역 신호를 추출하는 저역통과필터, 동상 성분과 직각위상 성분의 기저대역 신호를 저장하는 버퍼부, 동상 성분과 직각위상 성분의 기저대역 신호에 적용할 코스 지연과 미세 지연을 계산하여, 버퍼부로 코스 지연을 전달하고, 위상 회전부로 미세 지연을 전달하는 지연 계산부, 코스 지연이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분에 미세 지연을 적용하는 위상 회전부, 각 채널별로 지연이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분을 성분별로 합산하는 합산부, 합산된 동상 성분과 직각위상 성분으로부터 포락선을 검출하는 포락선 검출부, 포락선을 디스플레이부에서 출력할 수 있는 동적 범위의 신호로 대수변환하는 로그 압축부 및 대수변환된 포락선을 디스플레이하는 디스플레이부를 포함하고, 미세지연은 미세 지연 시간을 위상의 형태로 변환한 것을 특징으로 하고, 보간을 이용한 화소단위 집속기법과 영상의 화질은 같지만 하나의 화소 점을 구하기 위한 추가적인 수신집속이 필요하지 않아 수신 빔포머에서의 연산량이 감소하고, 하드웨어 복잡도를 줄일 수 있다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

장진호

서울특별시 양천구 신정2동 336번지 청구아파트
101동 302호

이우열

서울특별시 양천구 신정1동 신시가지10단지아파트
1015-504

김용현

인천광역시 계양구 이화동 신동아아파트 201동
1202호

특허청구의 범위

청구항 1

채널 데이터를 수신하여 동상 성분과 직각위상 성분을 생성하는 믹서;
 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호를 추출하는 저역통과필터;
 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호를 저장하는 버퍼부;
 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호에 적용할 코스 지연(coarse delay)과 미세 지연(fine delay)을 계산하여, 상기 버퍼부로 코스 지연(coarse delay)을 전달하고, 위상 회전부로 미세 지연(fine delay)을 전달하는 지연계산부;
 상기 코스 지연(coarse delay)이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분에 미세 지연을 적용하는 위상 회전부; 및
 각 채널별로 지연이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분을 성분별로 합산하는 합산부를 포함하고,
 상기 미세지연은 미세 지연 시간을 위상의 형태로 변환한 것을 특징으로 하는 수신 빔포머.

청구항 2

제1 항에 있어서,
 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호를 데시메이션하는 데시메이션 필터를 더 포함하고,
 상기 버퍼부는 상기 데시메이션된 동상 성분과 직각위상 성분의 기저대역 신호를 저장하는 것을 특징으로 하는 수신 빔포머.

청구항 3

제1 항에 있어서,
 상기 믹서는 상기 채널 데이터에 송신 펄스의 중심 주파수를 주파수로 갖는 사인함수와 코사인 함수를 이용하여 직각 복조하는 것을 특징으로 하는 수신 빔포머.

청구항 4

채널 데이터를 수신하여 동상 성분과 직각위상 성분을 생성하는 믹서;
 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호를 추출하는 저역통과필터;
 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호를 저장하는 버퍼부;
 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호에 적용할 코스 지연(coarse delay)과 미세 지연(fine delay)을 계산하여, 상기 버퍼부로 코스 지연(coarse delay)을 전달하고, 위상 회전부로 미세 지연(fine delay)을 전달하는 지연계산부;
 상기 코스 지연(coarse delay)이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분에 미세 지연을 적용하는 위상 회전부;
 각 채널별로 지연이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분을 성분별로 합산하는 합산부;
 상기 합산된 동상 성분과 직각위상 성분으로부터 포락선을 검출하는 포락선 검출부;
 상기 포락선을 디스플레이부에서 출력할 수 있는 동적 범위의 신호로 대수변환하는 로그 압축부; 및
 상기 대수변환된 포락선을 디스플레이하는 디스플레이부를 포함하고,
 상기 미세지연은 미세 지연 시간을 위상의 형태로 변환한 것을 특징으로 하는 위상 회전 기법을 이용한 화소단 위 집속장치.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호를 데시메이션하는 데시메이션 필터를 더 포함하고,

상기 버퍼부는 상기 데시메이션된 동상 성분과 직각위상 성분의 기저대역 신호를 저장하는 것을 특징으로 하는 위상 회전 기법을 이용한 화소단위 집속장치.

청구항 6

제4 항에 있어서,

상기 믹서는 상기 채널 데이터에 송신 펄스의 중심 주파수를 주파수로 갖는 사인함수와 코사인 함수를 이용하여 직각 복조하는 것을 특징으로 하는 위상 회전 기법을 이용한 화소단위 집속장치.

명세서

기술분야

- [0001] 본 발명은 화소단위 집속장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 기존의 화소단위 집속기법과 영상의 화질은 같지만 하나의 화소점을 구하기 위한 추가적인 수신집속이 필요하지 않아 수신 빔포머에서의 연산량이 감소하고, 하드웨어 복잡도를 줄일 수 있는 위상 회전 기법을 이용한 화소단위 집속장치에 관한 것이다.

배경기술

- [0002] 초음파 의료 영상장치는 검사하고자 하는 대상으로부터 반사되어 돌아온 초음파 신호를 일련의 신호처리 과정 후 영상의 형태로 만든다.
- [0003] 초음파 영상 장치에서 일반적인 수신 빔 집속기법을 사용할 경우 수신 집속점과 영상장치의 화소의 위치가 일치하지 않기 때문에 주사선 변환기를 통한 보간 과정이 필요하다. 이때, 보간을 통한 에러가 발생하여 영상의 화질이 저하된다. 이를 보상하기 위하여 영상장치의 직교 좌표계의 화소점에 직접 수신 집속하는 화소단위 집속기법(DPB : Direct Pixel Beamforming)이 제안되었으며, 주사선 변환기에서 발생하는 보간 에러를 근본적으로 제거할 수 있기 때문에 일반적인 빔 집속기법을 사용한 영상에 비해 선명한 영상을 얻을 수 있다.
- [0004] 하지만, RF 데이터를 이용하는 보간을 이용한 화소단위 집속기법((DPB-INT: Direct pixel Beamforming with Interpolation))은 화소상에서 포락선 검출을 위하여 추가적인 집속점이 요구된다. 때문에 수신집속시 연산량이 많아진다는 문제점과 후단 처리부가 복잡해진다는 단점이 있다. 따라서, 이를 보완하기 위한 새로운 화소단위 집속기법이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 첫 번째 과제는 기존의 화소단위 집속기법과 영상의 화질은 같지만 하나의 화소점을 구하기 위한 추가적인 수신집속이 필요하지 않아 연산량이 감소하고, 하드웨어 복잡도를 줄일 수 있는 수신 빔포머를 제공하는 것이다.
- [0006] 본 발명이 해결하고자 하는 두 번째 과제는 스캔 변환시 발생하는 블러링 현상(blurring artifact)을 제거하여 화질을 향상시킬 수 있는 화소단위 집속기법을 실시간으로 구현할 수 있는 위상 회전 기법을 이용한 화소단위 집속장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명은 상기 첫 번째 과제를 달성하기 위하여, 채널 데이터를 수신하여 동상 성분과 직각위상 성분을 생성하는 믹서; 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호를 추출하는 저역통과필터; 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호를 저장하는 버퍼부; 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호에 적용할 코스 지연(coarse delay)과 미세 지연(fine delay)을 계산하여, 상기 버퍼부로 코스 지연(coarse delay)을 전달하고, 위상 회전부로 미세 지연(fine delay)을 전달하는 지연계산부; 상기 코스 지연(coarse delay)이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분에 미세 지연을 적용하는 위상 회전부; 및 각 채널별로 지연이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분을 성분별로 합산하는 합산부를 포함하고, 상기 미세지연은 미세 지연 시간을 위

상의 형태로 변환한 것을 특징으로 하는 수신 빔포머를 제공한다.

[0008] 본 발명의 일 실시 예에 의하면, 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호를 데시메이션하는 데시메이션 필터를 더 포함하고, 상기 버퍼부는 상기 데시메이션된 동상 성분과 직각위상 성분의 기저대역 신호를 저장하는 것이 바람직하다.

[0009] 또한, 상기 믹서는 상기 채널 데이터에 송신 펄스의 중심 주파수를 주파수로 갖는 사인함수와 코사인 함수를 이용하여 직각 복조를 수행한다.

[0010] 본 발명은 상기 두 번째 과제를 달성하기 위하여, 채널 데이터를 수신하여 동상 성분과 직각위상 성분을 생성하는 믹서; 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호를 추출하는 저역통과필터; 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호를 저장하는 버퍼부; 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호에 적용할 코스 지연(coarse delay)과 미세 지연(fine delay)을 계산하여, 상기 버퍼부로 코스 지연(coarse delay)을 전달하고, 위상 회전부로 미세 지연(fine delay)을 전달하는 지연계산부; 상기 코스 지연(coarse delay)이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분에 미세 지연을 적용하는 위상 회전부; 각 채널별로 지연이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분을 성분별로 합산하는 합산부; 상기 합산된 동상 성분과 직각위상 성분으로부터 포락선을 검출하는 포락선 검출부; 상기 포락선을 디스플레이부에서 출력할 수 있는 동적 범위의 신호로 대수변환하는 로그 압축부; 및 상기 대수변환된 포락선을 디스플레이하는 디스플레이부를 포함하고, 상기 미세지연은 미세 지연 시간을 위상의 형태로 변환한 것을 특징으로 하는 위상 회전 기법을 이용한 화소단위 집속장치를 제공한다.

발명의 효과

[0011] 본 발명에 따르면, 보간을 이용한 화소단위 집속기법과 영상의 화질은 같지만 하나의 화소점을 구하기 위한 추가적인 수신집속이 필요하지 않아 수신 빔포머에서의 연산량이 감소하고, 하드웨어 복잡도를 줄일 수 있다. 또한, 본 발명에 따르면, 스캔 변환시 발생하는 블러링 현상을 제거하여 화질을 향상시킬 수 있는 화소단위 집속기법을 실시간으로 구현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 보간을 이용한 화소단위 집속장치의 구성도이다.

도 2는 초음파 변환자의 중심에서 영상점 방향으로 가상 주사선을 생성한 것을 도시한 것이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 위상 회전 기법을 이용한 화소단위 집속장치(DPB-PR : Direct pixel Beamforming with Phase rotation)의 구성도이다.

도 4는 도 3에 도시된 위상 회전 기법을 이용한 화소단위 집속장치에서 초음파 변환자의 중심으로부터 영상점 방향으로 가상 주사선을 생성한 것을 도시한 것이다.

도 5는 빔포밍 방법에 따른 in vitro 이미지를 도시한 것이다.

도 6은 64 채널 초음파 시스템에서 필터 탭수 증가에 따른 DPB-INT와 DPB-PR에서 사용되는 연산량의 증가량을 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 본 발명에 관한 구체적인 내용의 설명에 앞서 이해의 편의를 위해 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안의 개요 혹은 기술적 사상의 핵심을 우선 제시한다.

[0014] 본 발명의 일 실시 예에 따른 위상 회전 기법을 이용한 화소단위 집속장치는 채널 데이터를 수신하여 동상 성분과 직각위상 성분을 생성하는 믹서; 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호를 추출하는 저역통과필터; 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호를 저장하는 버퍼부; 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분의 기저대역 신호에 적용할 코스 지연(coarse delay)과 미세 지연(fine delay)을 계산하여, 상기 버퍼부로 코스 지연(coarse delay)을 전달하고, 위상 회전부로 미세 지연(fine delay)을 전달하는 지연계산부; 상기 코스 지연(coarse delay)이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분에 미세 지연을 적용하는 위상 회전부; 각 채널별로 지연이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분을 성분별로 합산하는 합산부; 상기 합산된 동상 성분과 직각위상 성분으로부터 포락선을 검출하는 포락선 검출부; 상기 포락선을 디스플레이부에서 출력할 수 있는 동적 범

위의 신호로 대수변환하는 로그 압축부; 및 상기 대수변환된 포락선을 디스플레이하는 디스플레이부를 포함하고, 상기 미세지연은 미세 지연 시간을 위상의 형태로 변환한 것을 특징으로 한다.

[0015] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있는 바람직한 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나 이들 실시 예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이에 의하여 제한되지 않는다는 것은 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.

[0016] 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안을 명확하게 하기 위한 발명의 구성을 본 발명의 바람직한 실시 예에 근거하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하되, 도면의 구성요소들에 참조번호를 부여함에 있어서 동일 구성요소에 대해서는 비록 다른 도면상에 있더라도 동일 참조번호를 부여하였으며 당해 도면에 대한 설명시 필요한 경우 다른 도면의 구성요소를 인용할 수 있음을 미리 밝혀둔다. 아울러 본 발명의 바람직한 실시 예에 대한 동작 원리를 상세하게 설명함에 있어 본 발명과 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명 그리고 그 이외의 제반 사항이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.

[0017] 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 '연결'되어 있다고 할때, 이는 '직접적으로 연결'되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 '간접적으로 연결'되어 있는 경우도 포함한다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 또는 소자 외에 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0018] 도 1은 보간을 이용한 화소단위 집속장치(DPB-INT)의 구성도이다.

[0019] 도 1을 참조하면, 보간을 이용한 화소단위 집속장치(DPB-INT)는 N개의 ADC(110), 수신 빔포머(120), 복조 및 포락선 검출부(130), 로그 압축부(140) 및 디스플레이부(150)로 구성된다.

[0020] N개의 ADC(110)는 N개의 RF 아날로그 채널 데이터를 디지털 채널 데이터로 변환한다.

[0021] 수신 빔포머(120)는 지연 시간이 적용된 디지털 채널 데이터를 생성한다. 수신 빔포머(120)는 보간부(121), 저역통과필터(122), 버퍼부(123), 필터부(125) 및 합산부(126)를 포함하여 구성된다.

[0022] 보간부(121)는 N개의 ADC(110)로부터 입력되는 $4f_0$ 의 디지털 채널 데이터를 보간하여 $16f_0$ 의 디지털 채널 데이터를 생성한다. 이때, f_0 는 송신 펄스의 중심 주파수를 나타낸다.

[0023] 저역통과필터(122)는 보간된 $16f_0$ 의 디지털 채널 데이터로부터 기저대역 신호를 추출한다.

[0024] 버퍼부(123)는 기저 대역의 $16f_0$ 의 디지털 채널 데이터를 저장하고, 코스 지연과 미세 지연이 적용된 채널 데이터를 합산부(126)로 전달한다.

[0025] 합산부(126)는 지연이 적용된 채널 데이터를 합산한다.

[0026] 복조 및 포락선 검출부(130)는 지연이 적용된 채널 데이터로부터 동상 성분과 직각위상 성분을 생성하여 포락선을 검출한다. 복조 및 포락선 검출부(130)는 복조부(131, 132), 저역통과필터(133, 134) 및 포락선 검출부(135)를 포함하여 구성된다.

[0027] 복조부(131, 132)는 직각 복조를 위해 지연이 적용된 채널 데이터로부터 동상 성분과 직각위상 성분을 생성한다.

[0028] 저역통과필터(133, 134)는 동상 성분과 직각 위상 성분 각각에 대하여 기저대역 성분을 추출한다. DPB-INT의 경우 RF 데이터를 이용하여 수신집속을 수행한다. 이때 수신집속된 데이터는 기저대역의 신호가 아닌 RF 데이터이기 때문에 후단처리부에서 포락선 검출을 위하여 복조부(131, 132)와 저역통과필터(133, 134)를 사용하게 된다. 이로 인해 수신 집속점이 더 필요하게 되고, 연산량이 포락선 검출에 사용되는 필터 탭수 배로 증가하게 된다.

[0029] 이때 사용되는 필터의 경우 하나의 데이터를 얻기 위해선 필터의 탭(tap)수만큼 데이터가 필요하게 된다. 이는 영상점 1개를 얻기 위해서 가상주사선에 해당하는 필터 탭수 만큼의 집속점이 추가로 요구됨을 의미한다.

[0030] 포락선 검출부(135)는 추출된 기저대역의 동상 성분과 직각위상 성분으로부터 포락선을 검출한다.

- [0031] 로그 압축부(140)는 디스플레이를 하기 위해 사용되는 동적 범위에 맞도록 포락선을 압축한다.
- [0032] 디스플레이부(150)는 압축된 포락선을 디스플레이한다.
- [0033] 도 2는 초음파 변환자의 중심에서 영상점 방향으로 가상 주사선을 생성한 것을 도시한 것이다.
- [0034] 영상점을 검출하기 위해선 초음파 변환자의 중심에서 영상점 방향으로 가상주사선을 만든 후 가상주사선 위의 영상점 앞뒤로 필터의 탭수 만큼의 추가적인 수신 집중점이 필요하게 된다. 따라서 수신 빔포머에서의 연산량이 후단처리부의 포락선 검출에 사용되는 저역통과필터(133, 134)의 필터 탭수 배로 증가하게 된다.
- [0035] 본 발명에서는 기존의 화소단위 집중기법의 추가적인 집중점을 줄이기 위하여 지연&합(delay & sum) 방식을 이용하지 않고 위상 회전 기법을 이용한 화소단위 집중 방법을 구현한다.
- [0036] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 위상 회전 기법을 이용한 화소단위 집중장치(DPB-PR : Direct pixel Beamforming with Phase rotation)의 구성도이다.
- [0037] 도 3을 참조하면, 본 실시 예에 따른 위상 회전 기법을 이용한 화소단위 집중장치는 N개의 ADC(310), 수신 빔포머(320), 포락선 검출부(330), 로그 압축부(340) 및 디스플레이부(350)로 구성된다.
- [0038] N개의 ADC(310)는 N개의 RF 아날로그 채널 데이터를 디지털 채널 데이터로 변환한다.
- [0039] 수신 빔포머(320)는 상기 디지털 채널 데이터를 동상 성분과 직각위상 성분으로 나누어 합산한다.
- [0040] 수신 빔포머(320)는 믹서(321), 저역통과필터(322), 데이메이션 필터(323), 버퍼부(324), 지연 계산부(325), 위상 회전부(326) 및 합산부(327)를 포함하여 구성된다.
- [0041] 믹서(321)는 N개의 ADC(310)로부터 입력되는 디지털 채널 데이터에 $\sin(2\pi f_0 t)$ 와 $\cos(2\pi f_0 t)$ 를 곱하여 동상 성분과 직각 위상 성분을 각각 생성한다. 이때, f_0 는 송신 펄스의 중심 주파수를 나타낸다.
- [0042] 저역통과필터(322)는 동상 성분과 직각위상 성분 각각으로부터 기저대역 신호를 추출한다.
- [0043] 데이메이션 필터(323)는 동상 성분과 직각위상 성분의 기저대역 신호에 대하여 데이메이션 즉, 다운 샘플링을 수행한다.
- [0044] 버퍼부(324)는 데이메이션이 수행된 동상 성분과 직각위상 성분을 저장한다.
- [0045] 지연 계산부(325)는 동상 성분과 직각위상 성분에 적용할 코스 지연(coarse delay)과 미세 지연(fine delay)을 계산하여, 버퍼부(324)로 코스 지연(coarse delay)을 전달하고, 위상 회전부(326)로 미세 지연(fine delay)을 전달한다.
- [0046] 이상에서 살펴본 바와 같이 각 채널에서 아날로그 디지털 변환기(ADC)를 통과한 신호는 믹서(321)에 의하여 기저대역으로 이동하게 된다. 그 후 저역통과필터(322)를 이용, 하모닉 성분을 제거하여 동상 성분(In-Phase)과 직각위상 성분(Quadrature)을 얻은 후, 이에 지연 계산부(325)를 통하여 계산된 지연을 적용하여 더함으로써 수신집속을 수행한다. 이때 각 채널에 적용되는 지연 계산은 일반적인 지연&합 빔포머(Delay & sum beamformer)와 같다. 하지만 이 후 출력된 데이터는 앞의 복조(demodulation) 과정에서 적용된 cosine 및 sine 신호가 지연의 고려없이 곱해졌기 때문에 이에 대한 보상이 필요하다. 지연이 적용된 각 채널 데이터는 각 채널별로 위상이 서로 다르기 때문에 동상 성분과 직각위상 성분별로 합하기 전에 위상 회전부(326)가 동일 위상으로 맞추게 된다.
- [0047] 위상 회전부(326)는 코스 지연(coarse delay)이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분에 미세 지연을 적용함으로써, 보다 정밀하게 지연시간을 적용할 수 있다. 미세 지연은 복조(demodulation) 과정에서 지연의 고려없이 곱해진 cosine 및 sine 신호에 의해 발생하는 오차를 보상하기 위한 지연이다.
- [0048] DPB-INT에서는 추가적으로 필요한 집중점의 수를 본 발명에서는 위상 회전부(326)를 이용하여 줄일 수 있다. 본 발명에서는 동상 성분과 직각위상 성분의 기저대역 신호를 직접적으로 영상점의 포락선을 검출하는데 이용하기 때문이다. 반면, 도 1을 참조하면, DPB-INT에서는 포락선 검출부(135) 앞단에 복조부(131, 132)와 저역통과필터(133, 134)가 존재하고 있다.
- [0049] 위상 회전부(326)는 지연 시간을 다음과 수학적 1과 같이 위상의 형태로 바꾸어서 수신되는 채널 데이터의 위상

에 곱해주면 원하는 만큼 시간 지연을 갖는 신호를 얻을 수 있다.

수학식 1

$$\phi_0 = \omega_0 \Delta \tau$$

ω_0 는 신호의 주파수이며, $\Delta \tau$ 는 집속을 위한 지연 시간을 의미한다. 따라서, ϕ_0 는 지연 시간을 위상의 형태로 변환한 것이다. 이와 같은 지연 위상을 코스 지연이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분에 다음의 수학식 2와 같이 곱해줌으로써, 원하는 시간 지연된 신호를 얻을 수 있다.

수학식 2

$$\begin{aligned} I' &= I \cos \phi_0 - Q \sin \phi_0 \\ Q' &= I \sin \phi_0 + Q \cos \phi_0 \end{aligned}$$

합산부(327)는 각 채널별로 지연이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분을 성분별로 합산한다.

포락선 검출부(330)는 합산된 동상 성분과 직각위상 성분으로부터 포락선을 검출한다.

로그 압축부(340)는 포락선 검출부(330)에서 검출된 포락선 신호의 동적 범위는 사람의 눈이 인식하기 힘든 범위를 가지고 있기 때문에 디스플레이부(350)에서 출력할 수 있는 동적 범위에 맞도록 포락선을 대수 변환한다.

디스플레이부(350)는 압축된 포락선을 디스플레이한다.

본 발명에 따른 DPB-PR은 DPB와 마찬가지로 스캔변환 과정을 필요로 하지 않아 블러링 현상을 줄일 수 있다.

도 4는 도 3에 도시된 위상 회전 기법을 이용한 화소단위 집속장치에서 초음파 변환자의 중심으로부터 영상점 방향으로 가상 주사선을 생성한 것을 도시한 것이다.

DPB-PR의 경우 RF 데이터를 이용하는 DPB-INT와는 달리 수신집속을 하기 전에 믹서(321)와 저역통과필터(322)를 이용하여 기저대역의 동상 성분(In-Phase)과 직각위상 성분(Quadrature)을 얻어낸 후 이를 이용하여 수신집속을 수행하게 된다. 이 때문에 후단 처리부에서 포락선 검출을 위한 믹서와 직각 복조 필터가 필요하지 않다.

이로 인하여 하나의 화소점을 구하기 위한 추가적인 수신집속이 필요없기 때문에 DPB-INT보다 수신집속에 사용되는 연산량과 후단처리부의 하드웨어 복잡도가 감소한다. 따라서, 도 4에 도시된 바와 같이 영상점 1개의 포락선 검출 시 추가적인 수신집속점이 필요하지 않아 수신 빔포머에서의 연산량이 감소하는 이점을 얻을 수 있다.

본 발명의 실시 예에 따른 DPB-PR 방법의 성능을 평가하기 위하여 7.5MHz 선형 프로브를 사용한 ultrasonix research Package를 이용하여 40MHz로 샘플링된 invitro raw RF data를 얻었다.

지연&합 빔집속 방법(delay & sum focusing, 이하, DSBF), 보간을 이용한 화소단위 집속기법(Direct pixel Beamforming with Interpolation, DPB-INT), 위상 회전을 이용한 화소단위 집속기법(Direct pixel Beamforming with Phase rotation, DPB-PR)의 성능 평가를 위하여 IEC(information entropy contrasts)를 사용하였다.

IEC는 정보 엔트로피(information entropy)와 평균 콘트라스트를 다음과 같이 계산하여 블러링 현상을 검사한다.

수학식 3

$$InEn = - \sum_{i=0}^{I-1} p(i) \cdot \log_2 p(i)$$

[0064]

수학식 4

$$\bar{C} = \frac{1}{(K_x - 1)(K_y - 1)} \sum_{y=0}^{K_y-2} \sum_{x=0}^{K_x-2} |Gray(x, y) - Gray(x, y+1)|$$

[0065]

수학식 5

$$IEC = InEn \cdot \bar{C}$$

[0066]

[0067] 여기서, InEn은 정보 엔트로피를 나타내고, $\bar{C}$ 는 평균 콘트라스트를 나타낸다. p(i)는 i번째 그레이 레벨에서의 픽셀 분포 확률을 나타내고, Gray(x,y)는 점(x,y)에서의 픽셀의 그레이 값이다. K_x와 K_y는 각각 x 방향과 y 방향에서의 픽셀들의 수이다.

[0068]

도 5는 빔포밍 방법에 따른 in vitro 이미지를 도시한 것이다.

[0069]

도 5(a)의 첫번째 줄은 DSBF 방식의 전체 B 모드 이미지이고, 도 5(a)의 두번째 줄은 DSBF 방식의 확대된 영상이다.

[0070]

도 5(b)의 첫번째 줄은 DPB-INT 방식의 전체 B 모드 이미지이고, 도 5(b)의 두번째 줄은 DPB-INT 방식의 확대된 영상이다.

[0071]

도 5(c)의 첫번째 줄은 DPB-PR 방식의 전체 B 모드 이미지이고, 도 5(c)의 두번째 줄은 DPB-PR 방식의 확대된 영상이다.

[0072]

도 5(a), 도 5(b) 및 도 5(c)를 참조하면, 도 5(a)가 도 5(b)와 도 5(c)에 비하여 형태와 경계선이 불분명함을 알 수 있다. 따라서, DPB-INT, DPB-PR 방식이 DSBF 방식보다 영상의 질이 좋은 것을 확인할 수 있다.

[0073]

표 1은 DSBF, DPB-INT 및 DPB-PR 방식을 사용한 영상에서 IEC의 값을 측정한 결과이다.

표 1

-	DSBF	DPB-INT	DPB-PR
전체	38.8	92.1	89.0
Mass	46.6	93.4	93.4

[0074]

[0075]

표 1을 참조하면, DPB-PR과 DPB-INT 방식이 DSBF방식보다 IEC 값이 2배 이상 큰 것을 확인할 수 있다. 이는 DPB-PR과 DPB-INT방식이 DSBF방식보다 영상의 질이 좋다는 것을 의미한다. 또한, DPB-PR방식을 DPB-INT와 비교하였을 때 IEC값이 거의 일치하기 때문에 화질 역시 거의 동일하다는 것을 알 수 있다.

[0076]

표 2는 DPB-INT 및 DPB-PR의 연산량을 분석한 표이다.

표 2

Function		DPB-INT	DPB-PR
Phaserotaion	Mixer	-	$2 \times N_{CH} \times N_{DF} \times N_{PIX} \times A$
	Filter	-	$2 \times N_{CH} \times N_{DF} \times N_{PIX} \times A$
Beamformer	Interpolation	$N_{CH} \times N_{IF} \times N_{DF} \times N_{PIX} \times A / 4$	-
	Delay calculation	$5 \times N_{CH} \times N_{DF} \times N_{PIX} \times A$	$5 \times N_{CH} \times N_{PIX} \times A$
	Phase compensation	-	$4 \times N_{CH} \times N_{PIX} \times A$
Envelope detection	Mixer	$2 \times N_{DF} \times N_{PIX} \times A$	-
	Filter	$2 \times N_{DF} \times N_{PIX} \times A$	-
	Square root	$4 \times N_{PIX} \times A$	$4 \times N_{PIX} \times A$
Scan conversion		-	-
Total		9.0×10^9	2.9×10^9

[0077]

[0078] 표 2에서 N_{CH} 는 채널 수, N_{DF} 는 복조 LPF의 필터 탭수, N_{IF} 는 보간 LPF의 필터 탭수, N_{PIX} 는 픽셀 수, A 는 화면차지 영상 비율($0 < A < 1$)를 나타낸다. 또한, 전체 연산량은 64 채널에 32 탭 보간 필터와 32 탭 복조 필터를 사용하여 하나의 화소점을 구성하였을 때 사용되는 연산량(multiplication)이다. 표 2를 참조하면 알 수 있듯이 DPB-PR를 사용하였을 때 연산량이 DPB-INT보다 68% 감소한다는 것을 확인할 수 있다.

[0079] 도 6은 64채널 초음파 시스템에서 사용되는 필터 탭수 (보간 필터, 복조필터) 증가에 따른 DPB-INT와 DPB-PR에서 사용되는 연산량의 증가량을 도시한 것이다.

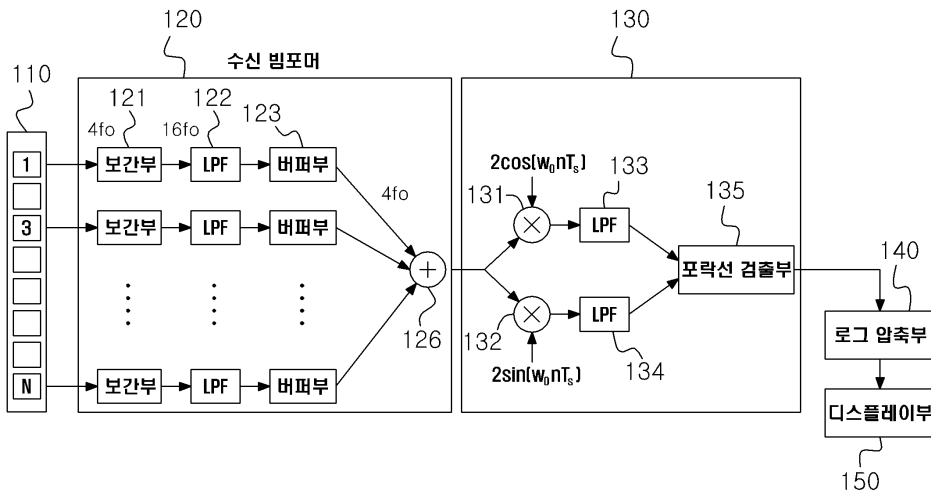
[0080] 도 6을 참조하면, 필터의 탭수가 증가함에 따라 DPB-PR보다 DPB-INT의 연산량의 증가량이 더욱 크다는 것을 알 수 있다. 또한, 필터의 탭수에 상관없이 DPB-PR이 DPB-INT보다 연산량이 작게든다. 즉 DPB-PR은 DPB-INT보다 낮은 하드웨어 복잡도를 보이고 있다.

[0081] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시 예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시 예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

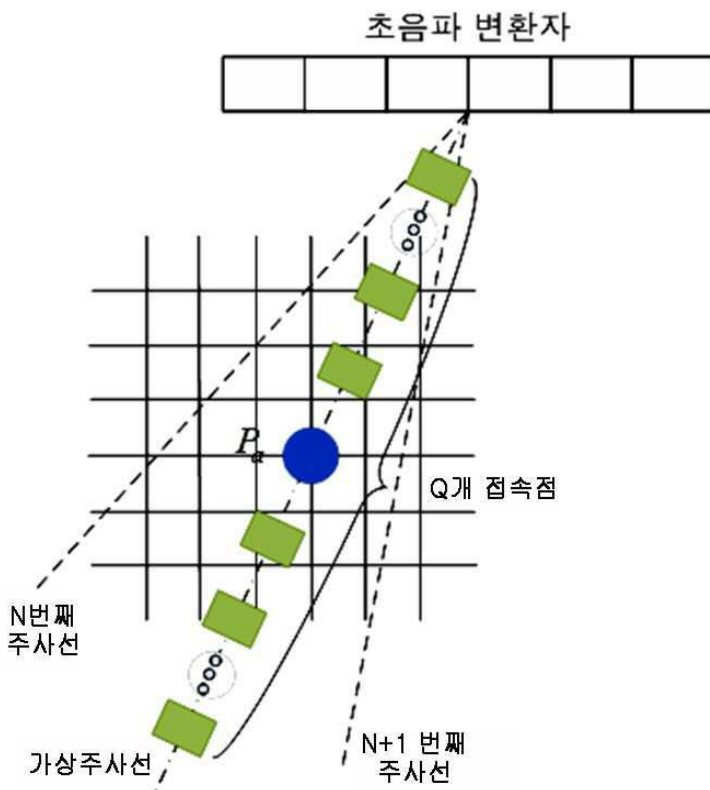
[0082] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

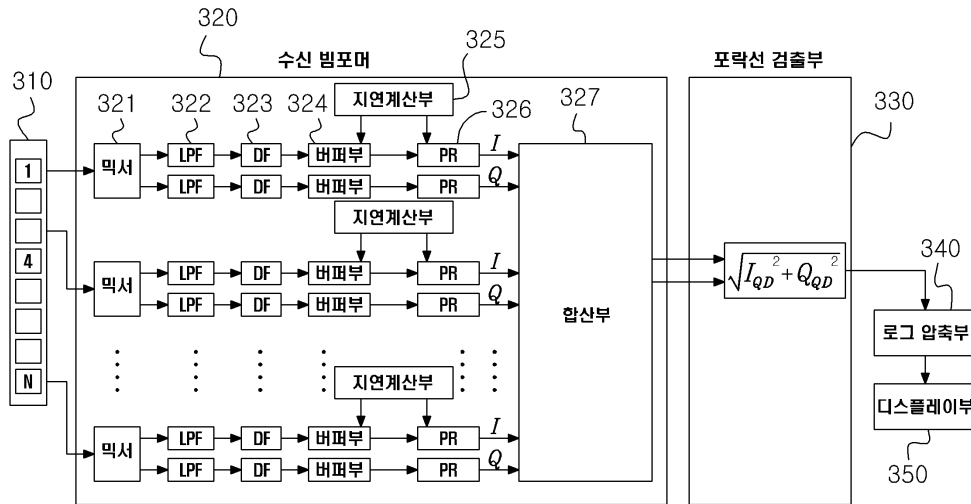
도면1



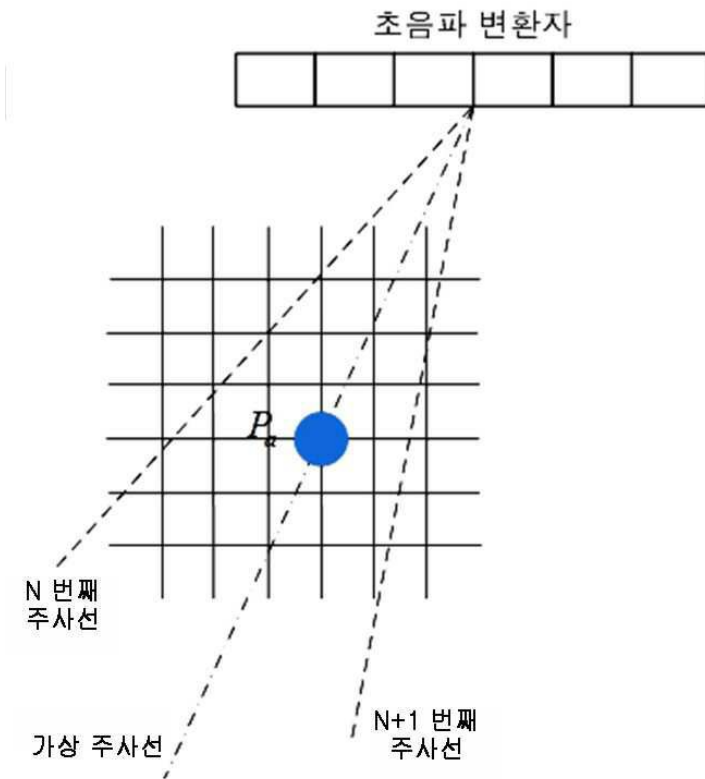
도면2



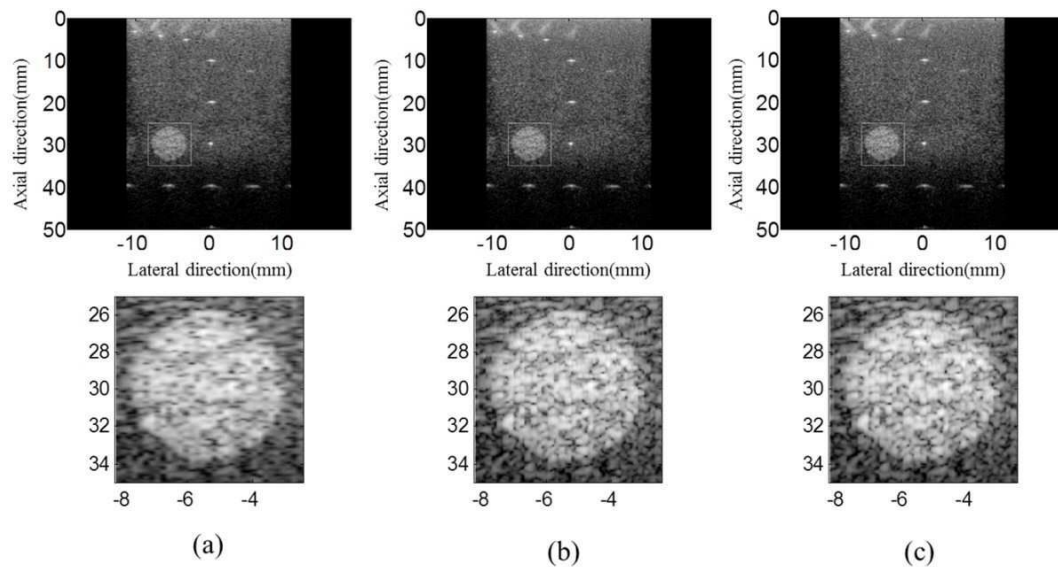
도면3



도면4



도면5



도면6

