



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0070604
(43) 공개일자 2016년06월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 8/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0177786

(22) 출원일자 2014년12월10일

심사청구일자 2014년12월10일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

송대경

서울특별시 종로구 평창문화로 156 101동 703호(평창동, 롯데캐슬로잔아파트)

이건호

인천광역시 부평구 부영로 165, 산곡동 우성아파트 1,2,3차 110동 810호

강지운

서울특별시 마포구 창전로 26, 105동 1501호 (신정동, 서강GS아파트)

(74) 대리인

특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 12 항

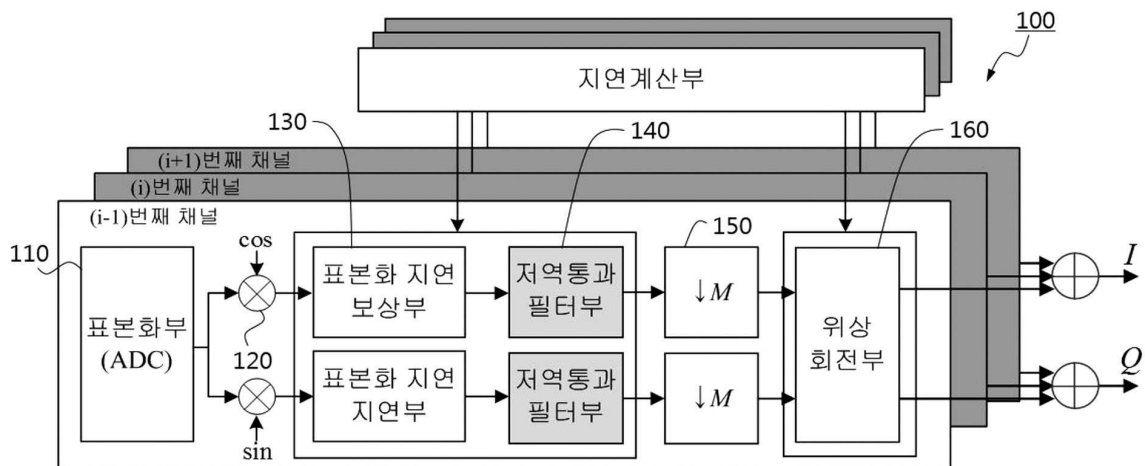
(54) 발명의 명칭 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기 및 빔 집속 방법

(57) 요약

본 발명은 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기 및 빔 집속 방법에 관한 것으로서, 보다 바람직하게는 영상점으로부터 반사되어 변환자로 수신된 신호를 디지털 신호로 표본화하는 표본화부; 상기 표본화된 디지털 신호로부터 동상 성분과 직교 성분을 분리하는 믹서부; 성분이 분리된 각각의 상기 동상 성분 신호와 직교 성분 신호

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



에 대하여 표본화 지연을 보상하는 표본화 지연 보상부; 표본화 지연이 보상된 상기 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 진폭 에러를 보상하는 저역 통과 필터부; 신호 대역이 기저 대역(baseband)으로 낮아진 데이터의 양을 줄이는 데시메이션부; 및 데시메이션된 신호에 대하여 위상 회전을 수행하는 위상 회전부; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

이러한 구성에 의해, 본 발명의 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기 및 빔 집속 방법은 기존 위상 회전 빔 집속기 및 빔 집속 방법에서 기저대역 신호처리로 데이터 양을 줄일 수 있는 이점을 가지는 동시에 광대역 송신 신호에 따라 발생하는 빔 집속 진폭 에러를 보상하여 정확하고 효율적으로 빔 집속을 수행할 수 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NIPA-2014-H0401-14-1002

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신산업진흥원

연구사업명 IT 융합 고급인력과정 지원사업

연구과제명 현장진료를 위한 IT융합 휴대용 초음파 영상 시스템 개발

기 여 율 1/2

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2012.06.01 ~ 2015.12.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10048528

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 산업핵심기술개발사업

연구과제명 현장진단·응급현장 시장 선도를 위한 ICT 기반 무선 초음파 솔루션 개발

기 여 율 1/2

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2014.06.01 ~ 2018.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

초음파 영상 시스템에서 사용되는 진폭 에러 보상을 위한 위상 변환 빔 집속기에 있어서,
 영상점으로부터 반사되어 변환자로 수신된 신호를 디지털 신호로 표본화하는 표본화부;
 상기 표본화된 디지털 신호로부터 동상 성분과 직교 성분을 분리하는 믹서부;
 성분이 분리된 각각의 상기 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 샘플링 주기 단위의 표본화 지연을 보상하는 표본화 지연 보상부;
 표본화 지연이 보상된 상기 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 진폭 에러를 보상하는 저역 통과 필터부;
 신호 대역이 기저 대역(baseband)으로 낮아진 데이터의 양을 줄이는 데시메이션부; 및
 데시메이션된 신호에 대하여 위상 회전을 수행하는 위상 회전부;
 를 포함하는 것을 특징으로 하는 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기.

청구항 2

제1항에 대하여,
 상기 저역 통과 필터부는
 표본화 지연이 적용된 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 제로 패딩(zero padding) 후 저역 통과 필터링을 통해 보간(Interpolation)된 데이터 중 지연시간 계산부에서 계산된 미세 지연(fine delay)에 기초하여 특정 데이터를 선택하여 출력하는 것을 특징으로 하는 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기.

청구항 3

제2항에 대하여,
 상기 저역 통과 필터부는
 다중 위상(polyphase) 보간 필터로 이루어지는 것을 특징으로 하는 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기.

청구항 4

제3항에 있어서,
 상기 저역 통과 필터부는
 직교 복조 저역 통과 필터(Quadrature Demodulation LPF)와 인터폴레이션 저역 통과 필터(Interpolation LPF)의 필터링 범위를 포함하는 저역 통과 필터를 기반으로 구성된 다중 위상 필터 구조에서 동일한 차수의 복수 개의 서브셋 필터가 병렬 연결되며, 상기 복수 개의 서브셋 필터의 데이터 처리율이 표본화 주파수와 비교하여 동일하거나 낮은 것을 특징으로 하는 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 저역 통과 필터부는

상기 복수 개의 서브셋 필터의 출력신호에 대하여 특정 영상점에서의 미세 지연을 확인하고, 확인한 미세 지연에 기초하여 상기 복수 개의 서브셋 필터의 출력 신호 중 하나의 서브셋 필터의 출력 신호를 선택하여 출력하는 멀티플렉서;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 멀티플렉서부는

특정 영상점에서의 미세 지연시간에 따라 상기 복수 개의 서브셋 필터에 대해 기설정된 필터 계수 세트 중 하나의 필터 계수를 선택하고, 선택한 필터 계수를 갖는 서브셋 필터의 출력 신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기.

청구항 7

초음파 영상 시스템에서 사용되는 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속 방법에 있어서,

표본화부가 영상점으로부터 반사되어 변환자로 수신된 신호를 디지털 신호로 표본화하는 단계;

믹서부가 상기 표본화된 디지털 신호로부터 동상 성분과 직교 성분을 분리하는 단계;

표본화 지연 보상부가 성분이 분리된 각각의 상기 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 샘플링 주기 단위의 표본화 지연을 보상하는 단계;

저역 통과 필터부가 표본화 지연 보상된 상기 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 진폭 에러를 보상하는 단계;

데시메이션부가 신호 대역이 기저 대역(baseband)으로 낮아진 데이터의 양을 줄이는 단계; 및

데시메이션된 신호에 대하여 위상 회전을 수행하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속 방법.

청구항 8

제7항에 대하여,

상기 저역 통과 필터부가 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 진폭 에러를 보상하는 단계는

표본화 지연이 적용된 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 제로 패딩(zero padding) 후 저역 통과 필터를 통해 보간(Interpolation)된 데이터 중 지연시간 계산부에서 계산된 미세 지연(fine delay)에 기초하여 특정 데이터를 선택하여 출력하는 것을 특징으로 하는 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 저역 통과 필터부가 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 진폭 에러를 보상하는 단계는

직교 복조 저역 통과 필터(Quadrature Demodulation LPF)와 인터폴레이션 저역 통과 필터(Interpolation LPF)의 필터링 범위를 포함하는 저역 통과 필터를 기반으로 구성된 다중 위상 필터 구조에서 복수 개가 병렬로 연결된 각 서브셋 필터의 데이터 처리율이 표본화 주파수와 비교하여 동일하거나 낮은 것을 특징으로 하는 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 저역 통과 필터부가 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 진폭 에러를 보상하는 단계는

상기 복수 개의 서브셋 필터의 출력신호에 대하여 특정 영상점에서의 미세 지연을 확인하고, 확인한 미세 지연에 기초하여 상기 복수 개의 서브셋 필터의 출력 신호 중 하나의 출력 신호를 선택하여 출력하는 것을 특징으로 하는 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 저역 통과 필터부가 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 진폭 에러를 보상하는 단계는

상기 특정 영상점에서의 미세 지연시간에 따라 상기 복수 개의 서브셋 필터에 대해 기설정된 필터 계수 세트 중 하나의 필터 계수를 선택하고, 선택한 필터 계수를 갖는 서브셋 필터의 출력 신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속 방법.

청구항 12

제7항부터 제11항 중 어느 한 항에 따른 방법을 컴퓨터로 실행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독가능 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기 및 빔 집속 방법에 관한 것으로, 특히 초음파 영상 시스템에서 사용되는 위상 회전 빔 집속 시, 광대역 신호를 송신함에 따라 수신 신호에서 발생하는 진폭 에러를 효율적으로 보상하는 위상 회전 빔 집속기 및 빔 집속 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] IT 기술이 급격히 발전함에 따라 다른 분야에서도 IT 기술이 융합되어 발전하고 있는데, 그 중에서도 특히 IT 기술이 의료 분야에 융합되어 널리 적용되고 있는 추세이다. 이처럼 IT 기술이 의료 분야에 적용되고 있는 기술 중 하나인 의료용 초음파는 초음파 신호를 이용하여 인체 내 근육, 힘줄, 내부 장기들, 내부 장기의 크기 및 구조, 병리학적 손상을 실시간으로 단층 영상으로 가시화하는 진단 의료 영상 기술 중 하나이다.

[0003] 이러한 의료용 초음파 기술은 인체 내부에서 반사된 초음파 신호의 에너지를 측정하여 인체의 내부를 비 침습적으로 영상화 할 수 있다. 이때, 사용되는 초음파 동적 수신 빔 집속은 인체 내 각 깊이에서 반사되어 변환자(Transducer)로 돌아오는 초음파 신호를 집속 복원하는 기술로서, 초음파 영상의 측방향(Lateral Direction) 해상도와 축방향(Axial Direction) 해상도를 증가시키기 위해 주로 사용된다.

[0004] 도 1은 종래 기술에 따른 송수신 빔 집속의 개념도로서, 도 1(a)는 송신 빔 집속 과정을 나타내고, 도 1(b)는 수신 빔 집속 과정을 나타낸다.

- [0005] 도 1(a)에 도시된 바와 같이, 송신 빔 집속은 빔 송신 시 변환자의 각각의 배열 변환자에서 가변의 지연시간을 적용하여 하나의 집속점으로 집속하도록 하는 것으로서, 신호의 동상(Inphase) 성분은 보강간섭이 일어나도록 하여 증폭된 신호를 복원하고(빔 집속), 상기 신호의 동상 성분을 제외한 나머지 성분은 상쇄간섭을 통해 상쇄시킨다.
- [0006] 도 1(b)에 도시된 바와 같이, 대상체로부터 반사된 초음파 신호가 변환자(Transducer)의 배열소자들로 입력된다. 이때, 상기 대상체로부터 각 배열소자까지의 거리가 서로 다르기 때문에 대상체로부터 반사된 초음파 신호가 배열소자로 수신되는 시간 또한 각각 다르다. 따라서, 대상체와 각각의 배열소자간 거리에 따라 복수 개의 초음파 신호에 서로 다른 지연시간을 적용한 후, 상기 복수 개의 초음파 신호를 하나로 집속 복원한다.
- [0007] 특히, 표본화 되어 영상을 구성하는 신호 데이터의 간격이 지연 해상도(Delay resolution) 측면에서 초음파 배열 변환자의 중심 주파수의 16배 이상 지연 해상도가 적용되어야 정밀한 빔 집속이 가능하다. 하지만 고속 표본화를 이용하여 시스템을 구현할 경우에는 비용을 고려하면 비효율적이므로, 통상적으로 중심 주파수의 4배 내지 8배 정도로 신호를 표본화하고, 나머지 2배 내지 4배 세밀한 지연 해상도는 빔 집속기 종류에 따라 각각 다른 방식으로 적용한다. 이와 같이 세밀한 지연 해상도를 구현하는 방법에 따라 빔 집속 종류가 달라지게 되는데, 빔 집속기 종류에는 보간(Interpolation) 빔 집속기, 소수 지연 필터(Fractional delay filter) 빔 집속기, 위상 회전(Phase Rotation) 빔 집속기, 분석 신호(Analytic signal) 빔 집속기 등이 존재한다.
- [0008] 이때, 표본화된 신호의 간격 또는 지연 해상도를 표본화 지연(coarse delay, 또는 rough delay), 빔 집속기를 이용해 적용한 지연 해상도 간격을 미세 지연(fine delay)이라고 한다.
- [0009] 이 중에서 위상 회전 빔 집속기는 송신 신호의 중심주파수를 기준으로 신호의 위상 회전(phase rotation)을 통해 중심주파수의 16배 이상의 미세 지연을 적용하는데, 이때 수신 신호는 복조(demodulation)과정을 통해 낮은 주파수 대역인 기저 대역(baseband)으로 이동한다. 따라서, 복조과정을 거친 후의 신호는 데시메이션(decimation)하여 데이터량을 낮출 수 있다.
- [0010] 하지만 위상 회전 방식은 신호의 진폭 및 위상 중 위상에 대한 지연시간 보상만이 가능하여 진폭(Envelope) 에러가 발생하고, 이러한 진폭(Envelope) 에러는 송신 신호의 대역폭이 넓어질수록 크게 발생하며, 이로 인해 빔 집속의 정확성이 감소하는 문제점이 발생했다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) KR 10-2013-0090219 위상 회전 기법을 이용한 화소단위 집속장치, 서강대학교 산학협력단, 2013.08.13.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명은 위상에 대한 지연시간 보상뿐만 아니라, 진폭(Envelope) 에러에 대한 지연시간 보상도 데이터량의 증가없이 수행함으로써, 보다 정확하고 효율적인 빔 집속을 수행하는 위상 회전 빔 집속기 구조 및 빔 집속 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0013] 위와 같은 과제를 해결하기 위한 초음파 영상 시스템에서 사용되는 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기는 영상점으로부터 반사되어 변환자로 수신된 신호를 디지털 신호로 표본화하는 표본화부; 상기 표본화된 디지털 신호로부터 동상 성분과 직교 성분을 분리하는 믹서부; 성분이 분리된 각각의 상기 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 샘플링 주기 단위의 표본화 지연을 보상하는 표본화 지연 보상부; 표본화 지연이 보상된 상기 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 진폭 에러를 보상하는 저역 통과 필터부; 신호 대역이 기저 대역

(baseband)으로 낮아진 데이터의 양을 줄이는 데시메이션부; 및 데시메이션된 신호에 대하여 위상 회전을 수행하는 위상 회전부; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0014] 보다 바람직하게는 표본화 지연이 적용된 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 제로 패딩(zero padding) 후 저역 통과 필터를 통해 보간(Interpolation)된 데이터 중 지연시간 계산부에서 계산된 미세 지연(fine delay)에 기초하여 특정 데이터를 선택하여 출력하는 저역 통과 필터부를 포함할 수 있다.
- [0015] 특히, 다중 위상(polyphase) 보간 필터로 이루어지는 저역 통과 필터부를 포함할 수 있다.
- [0016] 보다 바람직하게는 직교 복조 저역 통과 필터(Quadrature Demodulation LPF)와 인터폴레이션 저역 통과 필터(Interpolation LPF)의 필터링 범위를 포함하는 저역 통과 필터를 기반으로 구성된 다중 위상 필터 구조에서 동일한 차수의 복수 개의 서브셋 필터가 병렬 연결되며, 상기 복수 개의 서브셋 필터의 데이터 처리율이 표본화 주파수와 비교하여 동일하거나 낮은 저역 통과 필터를 포함할 수 있다.
- [0017] 보다 바람직하게는 상기 복수 개의 서브셋 필터의 출력신호에 대하여 특정 영상점에서의 미세 지연을 확인하고, 확인한 미세 지연에 기초하여 상기 복수 개의 서브셋 필터의 출력 신호 중 하나의 서브셋 필터의 출력 신호를 선택하여 출력하는 멀티플렉서; 를 더 포함하는 저역 통과 필터부를 포함할 수 있다.
- [0018] 특히, 특정 영상점에서의 미세 지연시간에 따라 상기 복수 개의 서브셋 필터에 대해 기설정된 필터 계수 세트 중 하나의 필터 계수를 선택하고, 선택한 필터 계수를 갖는 서브셋 필터의 출력 신호를 출력하는 멀티플렉서부를 포함할 수 있다.
- [0019] 위와 같은 과제를 해결하기 위한 초음파 영상 시스템에서 사용되는 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속 방법은 표본화부가 영상점으로부터 반사되어 변환자로 수신된 신호를 디지털 신호로 표본화하는 단계; 믹서부가 상기 표본화된 디지털 신호로부터 동상 성분과 직교 성분을 분리하는 단계; 표본화 지연 보상부가 성분이 분리된 각각의 상기 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 표본화 지연을 보상하는 단계; 저역 통과 필터부가 표본화 지연이 보상된 상기 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 진폭 에러를 보상하는 단계; 데시메이션부가 신호 대역이 기저 대역(baseband)으로 낮아진 데이터의 양을 줄이는 단계; 및 데시메이션된 신호에 대하여 위상 회전을 수행하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 보다 바람직하게는 표본화 지연이 적용된 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 제로 패딩(zero padding) 후 저역 통과 필터를 통해 보간(Interpolation)된 데이터 중 지연시간 계산부에서 계산된 미세 지연(fine delay)에 기초하여 특정 데이터를 선택하여 출력하는 저역 통과 필터부가 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 진폭 에러를 보상하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0021] 보다 바람직하게는 직교 복조 저역 통과 필터(Quadrature Demodulation LPF)와 인터폴레이션 저역 통과 필터(Interpolation LPF)의 필터링 범위를 포함하는 저역 통과 필터를 기반으로 구성된 다중 위상 필터 구조에서 복수 개가 병렬로 연결된 각 서브셋 필터의 데이터 처리율이 표본화 주파수와 비교하여 동일하거나 낮은 것을 특징으로 하는 저역 통과 필터부가 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 진폭 에러를 보상하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0022] 보다 바람직하게는 상기 복수 개의 서브셋 필터의 출력신호에 대하여 특정 영상점에서의 미세 지연을 확인하고, 확인한 미세 지연에 기초하여 상기 복수 개의 서브셋 필터의 출력 신호 중 하나의 출력 신호를 선택하여 출력하는 저역 통과 필터부가 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 진폭 에러를 보상하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0023] 특히, 상기 특정 영상점에서의 미세 지연시간에 따라 상기 복수 개의 서브셋 필터에 대해 기설정된 필터 계수 세트 중 하나의 필터 계수를 선택하고, 선택한 필터 계수를 갖는 서브셋 필터의 출력 신호를 출력하는 저역 통과 필터부가 동상 성분 신호와 직교 성분 신호에 대하여 진폭 에러를 보상하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명의 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기 및 빔 집속 방법은 응용 다중 위상 필터를 통해 광대역 송신신호로 인해 발생하는 진폭 에러를 보상함으로써, 데이터 량의 증가없이도 효율적으로 위상 회전 빔 집속부의 집속 정확도 향상을 기대할 수 있다. 이를 통해 일반 위상 회전 빔 집속기의 기저 대역 신호처리를 통한 데이터 량을 감소시킬 수 있고, 정확한 빔 집속 성능 향상을 동시에 얻을 수 있다.

[0025] 뿐만 아니라, 제한된 통신 처리량을 갖는 환경에서 무선으로 구성된 초음파 프로브 시스템이 취득한 데이터를 일정 거리로 이격되어 위치하는 시스템에 전송할 필요가 있는 상황에서 매우 유리하게 적용할 수 있다. 따라서 이와 같은 위상 회전 빔집속기 및 집속 방법은 POC(Point-of-care)용 초음파, 무선(Wireless) 초음파에서 효율적으로 사용될 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 일반적인 송수신 빔 집속의 개념도이다.
 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기를 나타낸 도면이다.
 도 3은 복소 평면에서의 위상 회전을 도식화한 도면이다.
 도 4는 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기 구현 과정을 나타낸 도면이다.
 도 5는 본 발명에 일 실시 예에 따라 도 4에서 사용되는 저역 통과 필터의 주파수 응답을 나타낸 그래프이다.
 도 6은 합쳐진 저역 통과 필터의 일반적인 필터링 과정을 나타낸 도면이다.
 도 7a는 도 6에서의 저역 통과 필터 구조를 다중 위상 필터 구조로 나타낸 도면이다.
 도 7b는 다중 위상 필터 구조를 대신하여, 한 개의 서브셋 필터와 복수개의 서브셋 필터 계수 셋트로 이루어진 저역통과 필터부를 나타낸 도면이다.
 도 8은 본 발명의 수학 식 적용을 위한 초음파 신호의 송수신 거리 모형을 나타낸 도면이다.
 도 9는 본 발명과 종래 기술에 따라 각각 출력된 빔 집속 출력 영상이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 본 발명을 바람직한 실시 예와 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되는 것은 아니다.

[0028] 먼저, 본 발명에 대하여 설명하기에 앞서, 초음파 신호를 이용한 영상 시스템에서 사용되는 초음파 빔 집속과정에 대하여 간략히 살펴보도록 한다.

[0029] 초음파 빔 집속 방법은 크게 송신 빔 집속과, 수신 빔 집속으로 나누어진다.

[0030] 송신 빔 집속은 빔 송신 시, 변환자(Transducer)에 대한 각각의 배열 소자에서 가변시간을 반영하여 하나의 집속점으로 빔이 집속하도록 하는 방법을 나타낸다.

[0031] 수신 빔 집속 방법은 영상점으로부터 반사되어 들어오는 초음파 신호가 각각의 배열 소자들로 서로 다른 시간에 각각 도달하는데, 이러한 각각의 초음파 신호들에 대하여 배열 소자들로 도달하는 시간 차이만큼 시간 지연을 적용한 후에 상기 초음파 신호들을 합하면, 상기 대상체로부터 반사되어 변환자로 수신된 상기 초음파 신호들 간의 위상이 서로 일치함으로써, 가장 큰 진폭을 갖도록 한다.

[0032] 이러한 빔 집속 방법을 통해 높은 해상도의 초음파 영상을 획득하기 위해서는 각 배열 변환자에 할당하는 가변 시간 지연값을 배열 변환자 중심주파수(f_0)의 16 배로 표본화하여야 하지만 A/D 표본화 변환기(Analog to Digital Converter)의 성능과 집속에 사용되는 메모리의 크기 등의 비효율성을 고려하여, 먼저 이보다 낮은 중심주파수의 4배 내지 8배 정도를 표본화 주파수(sampling frequency)로 표본화한 후 2배 내지 4배 보간함으로써, 중심주파수의 16배 정도 되는 $16f_0$ 로 표본화하여 디지털 빔 집속 시스템에서 사용한다.

[0033] 빔 집속을 위해 사용되는 다양한 방법 중에서도 위상 회전 빔 집속 방법은 중심 주파수를 기준으로 신호의 위상 회전을 통해 위상에 대한 미세 지연(fine delay) 해상도를 획득한다. 이때, 상기 신호는 복조과정을 통해 낮은 주파수 대역인 기저대역으로 이동한다. 따라서 위상 회전 빔 집속부에서 출력된 신호는 에일리어싱(aliasing)에러가 나타나지 않는 범위 내에서 데시메이션(decimation) 처리하여 데이터 처리율(processing rate)을 낮출 수 있다.

[0034] 이하, 도 2를 참조하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기에 대하여 자

세히 살펴보도록 한다.

- [0035] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기를 나타낸 도면이다.
- [0036] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기(100)는 표본화부(110), 믹서부(120), 표본화 지연 보상부(130), 저역 통과 필터부(140), 데시메이션부(150) 및 위상 회전부(160)를 포함한다.
- [0037] 표본화부(110)는 영상점으로부터 반사된 신호를 수신하여 디지털 신호로 표본화를 수행한다.
- [0038] 믹서부(120)는 표본화된 상기 디지털 신호에 중심주파수를 기준으로 하는 COS, SIN 곱셈을 수행하는 직교 복조 과정을 통해 상기 디지털 신호로부터 동상(Inphase) 성분의 신호와 직교(Quadrature) 성분의 신호를 각각 분리하며 이를 통해 신호 대역을 기저 대역(Baseband)으로 낮출 수 있다.
- [0039] 표본화 지연 보상부(130)는 표본화를 수행한 간격의 표본화 지연 시간을 상기 동상 성분 신호 및 상기 직교 성분 신호에 대하여 각각 보상한다. 즉, 상기 표본화 지연 보상부(130)는 저역 통과 필터부(140)와 함께 지연계산부로부터 표본화 지연 시간 및 미세 지연 시간을 입력받아, 표본화 지연이 보상된 데이터에 대하여 미세 지연 보상을 위한 필터링을 수행하기 위해, 상기 표본화 지연이 보상된 데이터를 저역 통과 필터부(140)의 레지스터에 묶음 단위로 입력하도록 제어할 수 있다.
- [0040] 저역 통과 필터부(140)는 표본화 지연시간이 보상된 동상 성분 신호 및 직교 성분 신호에 대하여 제로 패딩(zero padding) 후, 위상 회전으로 보상할 수 없는 진폭(Envelope)에 대한 미세 지연시간을 보상한다.
- [0041] 특히, 상기 저역 통과 필터부(140)의 저역 통과 필터는 통상적인 초음파 영상 처리에 사용되는 직교 복조 저역 통과 필터(Quadrature Demodulation LPF)와 진폭을 보상하기 위해 사용되는 보간 저역 통과 필터(Interpolation LPF)의 필터링 범위를 모두 포함하도록 구성될 수 있으며, 예를 들면 다중 위상(polyphase) 보간 필터로 구현할 수 있다.
- [0042] 이러한 저역 통과 필터부(140)의 저역 통과 필터는 복수 개의 서브셋 필터($H_0 - H_{L-1}$)가 서로 병렬로 연결되며, 서로 병렬 연결된 복수 개의 서브셋 필터의 후단에 연결되는 멀티플렉서를 더 포함할 수 있다. 이러한 멀티플렉서는 복수 개의 서브셋 필터($H_0 - H_{L-1}$)의 출력신호 중 지연 계산부에서 계산된 미세 지연이 적용된 하나의 출력 신호를 선택하여 출력한다. 이러한 다중 위상 구조를 갖는 복수 개의 각 서브셋 필터의 차수는, 직교 복조 저역 통과 필터(Quadrature Demodulation LPF)와 진폭을 보상하기 위해 사용되는 보간 저역 통과 필터(Interpolation LPF)의 필터링 범위를 모두 포함하는 하나의 저역통과 필터 차수(N)를 보간 비율(L)로 나눈 값(N/L)과 같다.
- [0043] 최종적으로, 상기 저역 통과 필터부(140)의 병렬 연결된 복수 개의 서브셋 필터 구조를, 상기 서브셋 필터의 차수를 갖는 하나의 저역 통과 필터와 상기 서브셋 필터에 대한 필터계수 세트를 모두 포함하는 구조로 구성할 수 있다. 이때, 상기 저역 통과 필터의 필터계수를 통해 지연 계산부를 참조하여 해당 영상점의 미세지연에 따라 서브셋 필터 계수 세트 중 하나의 서브셋 필터 계수를 선택하고, 업데이트하고 필터링을 수행함으로써, 진폭(Envelope)의 미세 지연을 보상한다.
- [0044] 데시메이션부(150)는 기저 대역(Baseband)으로 내려온 상기 저역 통과 필터부(140)의 출력 신호에 대해 에일리어싱(aliasing) 에러가 없는 범위에서 특정 비율로 양이 줄어들도록 데이터를 솜아내는 동작을 수행한다.
- [0045] 위상 회전부(160)는 상기 신호에 대하여 위상 회전을 수행하여 신호의 위상 에 대한 표본화 지연 시간과 미세 지연시간을 보상한다.
- [0046] 도 3은 복소 평면에서의 위상 회전을 도식화한 도면이고, 이를 하기의 수학적 식 1과 같이 수식으로 표현할 수 있다.

수학식 1

$$\begin{aligned}(I + jQ)e^{j(\phi_0 \Delta \tau)} &= (I + jQ) \cdot (\cos(\phi_0) + j\sin(\phi_0)) \\ &= [I \cdot \cos(\phi_0) - Q \cdot \sin(\phi_0)] + j[Q \cdot \cos(\phi_0) + I \cdot \sin(\phi_0)] \\ &= I' + jQ'\end{aligned}$$

$$I' = I \cdot \cos(\phi_0) - Q \cdot \sin(\phi_0)$$

$$Q' = Q \cdot \cos(\phi_0) + I \cdot \sin(\phi_0)$$

[0047]

[0048]

도 3과 수학식 1에 기재된 바와 같이, 동상 성분(I) 및 직교 성분(Q)에 보상해야 하는 위상만큼의 COS, SIN 값을 곱하여 원하는 위상이 보상된 동상 성분 데이터 및 직교 성분 데이터를 각각 출력하는 것을 나타낸다.

[0049]

이하, 도 4를 참조하여 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기의 구조에 대하여 자세히 살펴보도록 한다.

[0050]

도 4는 본 발명의 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기의 구조를 나타낸 블록도로서, 신호에 대한 직교 복조 과정 후, 보간(Interpolation)을 통해 진폭 에러를 보상하기 위한 빔집속기의 구조는 도 4(a)와 같이 나타낼 수 있다. 또한 상기 도 4(a)에 나타난 과정을 Multirate signal processing 이론에 의거하면 도 4(b)와 같은 구조로 나타낼 수 있으며, 특히 두 필터 즉, 직교 복조 저역 통과 필터와 보간 저역 통과 필터를 포함하는 구조는 도 4(c)와 같이 나타낼 수 있다. 최종적으로는 도 4(e)와 같이 저역 통과 필터부를 통해 진폭 에러를 보상할 수 있는 구조로 나타낼 수 있다.

[0051]

도 5는 상기 도 4에 도시된 통과 필터의 주파수 응답을 나타낸 그래프로서, 도 5(a)는 직교 복조 저역 통과 필터 $H_1(z)$ 의 주파수 응답을 나타내고, 도 5(b)는 보간 저역 통과 필터 $H_2(z)$ 의 주파수 응답을 나타내며, 도 5(c)는 상기 도 4(c)에 도시된 저역 통과 필터 $H(z)$ 즉, 직교 복조 저역 통과 필터의 범위와 보간 저역 통과 필터의 범위를 모두 포함하는 저역 통과 필터의 주파수 응답을 나타낸다.

[0052]

이와 같이, 상기 직교 복조 저역 통과 필터의 범위와 보간 저역 통과 필터의 범위를 모두 포함하는 저역 통과 필터의 주파수 응답은 상기 직교 복조 저역 통과 필터의 주파수의 응답과 보간 저역 통과 필터의 주파수 응답간에 곱셈으로 나타낼 수 있다.

[0053]

이에 따라, 상기 직교 복조 저역 통과 필터의 범위와 보간 저역 통과 필터의 범위를 합친 저역 통과 필터 $H(z)$ 의 주파수 응답은 도 5(c)와 같다. 따라서, 상기 두 필터의 범위를 모두 포함하는 저역 통과 필터 $H(z)$ 의 필터 계수는 구한 패스 밴드 주파수와 스탑 밴드 주파수를 기반으로 설계하여 획득할 수 있다.

[0054]

이하에서는 도 6 내지 도 7을 참조하여 종래기술과 본 발명에 따른 다중 위상 필터 구조에 대하여 살펴보도록 한다.

[0055]

이해를 돕기 위해, 해당 필터는 중심주파수의 4배로 표본화된 표본화 데이터 간격을 빔집속기를 이용하여 중심주파수의 16배를 구현하는 것으로 예를 들어 가정한다.

[0056]

도 6은 일반적인 보간 필터링 과정을 나타낸 도면으로서, 표본화된 데이터에 원하는 보간 계수에 따라 제로 패딩을 수행한 후, 보간 저역 통과 필터링을 거쳐 $16f_0$ 지연 해상도를 갖는 데이터를 모두 출력한다. 하지만, 이때 제로 패딩된 데이터와 필터 계수가 곱해지는 것과 같이 필요없는 연산과정이 포함된다.

[0057]

도 7은 본 발명에 따른 일 예에 따른 다중 위상 구조 필터링 과정을 나타낸 도면이다.

[0058]

도 7a에 도시된 바와 같이, 직교 성분 복조 저역 통과 필터(Quadrature demodulation LPF)와 보간 저역 통과 필터(Interpolation LPF)의 필터링 범위를 포함하는 저역 통과 필터를 기반으로 하는 다중 위상 필터 구조로 구현될 수 있다. 이처럼, 저역 통과 필터부가 응용 다중 위상 필터 구조로 구현되면, 종래의 필터에서 쓸모없는 연산 과정이 없는 서브셋 필터를 이용한 구조로 구현할 수 있는데, 이때, 각 서브셋 필터 구조는 동일하고, 필터 계수만 각각 다른 형태가 된다.

[0059]

즉, 기존의 보간 저역 통과 필터 과정에서 다중 위상 필터 구조로 구현함으로써 필요없는 연산을 수행하지 않아

도 되므로, 연산을 간소화시키고, 처리 속도 또한 향상시킬 수 있다.

[0060] 또한, 상술한 필터 구조 내 복수 개의 서브셋 필터($H_0 \sim H_{L-1}$)가 서로 병렬 연결되어 후단에 배치되는 멀티플렉서와 연결된다.

[0061] 이러한 멀티플렉서는 복수 개의 서브셋 필터($H_0 \sim H_{L-1}$)의 출력인 $16f_0$ 의 미세 지연 해상도까지 적용된 데이터 중 지연 시간 계산부에서 계산된 미세 지연이 적용된 신호를 출력하는 서브셋 필터를 선택하고, 선택한 서브셋 필터로부터 출력된 신호를 최종 출력신호로 출력한다.

[0062] 이때, 상기 지연 통과 필터부의 복수 개의 서브셋 필터의 처리율은 처음 영상점으로부터 반사되어 변환자로 수신된 신호를 표본화한 신호의 표본화 주파수와 동일하거나, 낮게 유지될 수 있다. 즉, 본 발명의 지연 통과 필터부를 포함한 위상 회전 빔 집속기 또는 빔 집속 방법은 입력 대비 출력 데이터의 데이터 처리율은 유지하면서, 다중 위상 보간 필터를 통해 위상 회전 빔 집속 시 존재하는 진폭 에러를 보상할 수 있다.

[0063] 최종적으로는 도 7b에 도시된 바와 같이, 상기 다중위상 필터 구조 내부에 존재하는 각각 서브셋 필터를 하나의 지연통과 필터로 대체 구현하고, 해당 영상점의 미세지연을 확인하여 미세지연에 기초하여 필터 계수만을 업데이트 해주는 방식으로 필터링을 수행할 수 있다. 이에 따라 원하는 미세 지연에 해당하는 데이터만 출력할 수 있어, 데이터 처리율이 증가하지 않으며, 보간 비율(L)만큼 존재하는 서브셋 필터의 개수를 한 개로 줄임으로써, 하드웨어 비용을 대폭 줄일 수 있는 장점이 있다.

[0064] 이하에서는 상기 진폭(Envelope) 에러를 수학식을 통해 확인하고, 이러한 진폭 에러를 보상하는 방법 또한 수학식을 통해 확인하도록 한다.

[0065] 도 8은 초음파 신호의 송수신 거리 모형을 나타낸 도면을 나타낸다.

[0066] 도 8에 도시된 바와 같이, r_{0k} 은 초음파 변환자 배열소자(element)부터 깊이 방향으로 k번째 영상점까지의 거리를 나타내고, r_{ki} 는 k번째 영상점에서 반사되어 i번째 배열소자로 수신 시 초음파 신호의 직선 거리를 나타낸다.

[0067] 먼저, 초음파 송신 신호는 하기의 수학식 2와 같이 정의할 수 있다.

수학식 2

$$f(t) = a(t) \cos(\omega_0 t)$$

[0068]

[0069] 이때, 중심 배열소자(center element)에서 신호를 송신하고, i 번째 배열소자(i-th element)로 수신된 신호를 기준으로 사용한다. 이때, 상기 중심 배열소자가 신호를 송신한 이후, r_{ki} 만큼의 시간이 지연되어 수신됨에 따라, 수신 신호 $x_{ki}(t)$ 는 하기의 수학식 3과 같이 정의할 수 있다.

수학식 3

$$x_{ki}(t) = a(t - \tau_{ki}) \cdot \cos(\omega_0(t - \tau_{ki}))$$

[0070]

[0071] 이때, 상기 τ_{ki} 는 초음파 신호를 중심 배열소자(center element)에서 송신 후, k번째 영상점으로부터 반사되

어 i 번째 배열소자(center element)에 수신 되기까지 소요된 총 시간을 나타내며, 상기 총 시간은 하기의 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 4

$$\tau_{ki} = \frac{r_{0k} + r_{ki}}{c}$$

[0072]

이때, 상기 c는 인체의 조직안으로 전달되는 초음파 신호의 진행속도(평균 1540 m/s)를 나타낸다.

[0073]

또한, 거리 r_{0k} 및 r_{ki} 는 하기의 수학식 5와 같이 나타낼 수 있다.

[0074]

수학식 5

$$r_{0k} = kT_s \cdot c \quad r_{ki} = r_{0k} + \Delta_{ki} \cdot c$$

[0075]

이때, 상기 T_s 는 표본화 간격 $(=1/f_s)$ 을 나타내며, 상기 $\Delta_{ki} \cdot c$ 는 r_{ki} 에서 r_{0k} 를 차감한 거리를 나타내고, 상기 $\Delta_{ki} \cdot c$ 는 신호의 표본화 간격에 해당하는 잔여 거리 $(=m_{ki}T_s \cdot c)$ 와 미세 지연 시간 간격에 해당하는 잔여 거리 $(=\delta_{ki} \cdot c)$ 간의 합으로 하기의 수학식 6과 같이 나타낼 수 있다.

[0076]

수학식 6

$$r_{ki} = r_{0k} + (m_{ki}T_s + \delta_{ki}) \cdot c$$

[0077]

이때, 총 지연 시간 $\tau_{ki}(nT_s)$ 는 하기의 수학식 7과 같다.

[0078]

수학식 7

$$\tau_{ki}(nT_s) = r_{ki} / c = 2kT_s + m_{ki}T_s + \delta_{ki}$$

[0079]

이에 따라, 표본화되어 상기 총 지연 시간을 반영한 수신 신호는 하기의 수학식 8 같이 나타낼 수 있다.

[0080]

수학식 8

$$\begin{aligned} x_{ki}(t) &= a(t - \tau_{ki}) \cdot \cos(\omega_0(t - \tau_{ki})) \\ &= a(t - 2kT_s - m_{ki}T_s - \delta_{ki}) \cdot \cos(\omega_0(t - 2kT_s - m_{ki}T_s - \delta_{ki})) \end{aligned}$$

[0081]

[0082]

이때, 상기 n은 표본화된 신호의 시간 지표이다.

[0083]

이와 같이 정의한 수신 신호에 각각 cos과 -sin을 곱하여 저역 통과 필터(Low pass filter)를 거치는 직교 복조

(Quadrature demodulation)과정을 통해 동상 성분(Inphase) 데이터 $c_{ki}(nT_s)$ 와 직교 성분(Quadrature) 데이터 $s_{ki}(nT_s)$ 로 분리하면, 하기의 수학식 9와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 9

$$\begin{aligned} c_{ki}(nT_s) &= x_{ki}(nT_s) \cdot \cos(\omega_0 nT_s) \Big|_{LFF} = a(nT_s - \tau_{ki}) \cos(\omega_0 \tau_{ki}) \\ s_{ki}(nT_s) &= -x_{ki}(nT_s) \cdot \sin(\omega_0 nT_s) \Big|_{LFF} = -a(nT_s - \tau_{ki}) \sin(\omega_0 \tau_{ki}) \end{aligned}$$

[0084]

[0085]

상기 동상 성분 데이터와 직교 성분 데이터를 분석 신호(analytic signal)로 표현하면 하기의 수학식 10과 같다.

수학식 10

$$z_{ki}(nT_s) = c_{ki}(nT_s) - j \cdot s_{ki}(nT_s) = a(nT_s - \tau_{ki}) \exp(j\omega_0 \tau_{ki})$$

[0086]

[0087]

이러한 데이터에 표본화 지연 해상도(delay resolution)인 표본화 지연(coarse delay)을 보상하면, 하기의 수학식 11과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 11

$$\begin{aligned} n &= 2k + m_{ki} \\ z_{ki}^F(n) &= z_{ki}(nT_s) \Big|_{n=2k+m_{ki}} = a(-\delta_{ki}) \exp(j\omega_0 \tau_{ki}) \end{aligned}$$

[0088]

[0089]

이어서, 위상 회전부를 통해 상기 신호에 보상해주어야 하는 위상(Phase)값은 하기 수학식 12와 같다.

수학식 12

$$\omega_0(2kT_s + m_{ki}T_s + \delta_{ki})$$

[0090]

[0091] ($\omega_0(2kT_s)$: 전체 배열소자로 입력된 같은 깊이의 영상점에 해당하는 수신신호의 보상해주어야 하는 위상은 동일하므로, 따로 보상해주지 않아도 된다.)

[0092] 다음, 상기의 위상 값을 보상해주면 하기 수학식 13과 같이 나타난다.

수학식 13

$$z_{ki}^f(n) = z_{ki}^F(nT_s) \cdot \exp(-j\omega_0(2kT_s + m_{ki}T_s + \delta_{ki})) = a(-\delta_{ki})$$

[0093]

[0094] 따라서, 모든 배열소자의 수신된 신호를 합하여 빔 집속된 한 영상점의 신호는 하기의 수학식 14와 같이 나타난다.

수학식 14

$$z_i(n) = \sum_{i=1}^N z_{ki}^f(n) = \sum_{i=1}^N a(-\delta_{ki})$$

[0095]

[0096] 이때, 상기 N은 시스템의 전체 채널 수를 나타낸다.

[0097] 이에 따라, 모든 채널의 누적 에러 E는 하기의 수학식 15와 같이 나타난다.

수학식 15

$$E = \sum_{i=1}^N (a(0) - a(-\delta_{ki}))$$

[0098]

[0099] 이하는 본 발명에 따른 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔집속기 및 빔 집속 방법을 통해 진폭 에러가 보상되는 과정을 수학식을 통해 자세히 살펴보고도록 한다.

[0100] 통상적으로 보간 후 지연시간 계산부에서 계산한 미세 지연시간에 따라 데이터를 선택하는 방식과 다중 위상 필터의 출력을 선택적으로 사용하는 방식은 동일한 결과를 출력하므로, 보간 필터 기반 보간 방식을 기반으로 수학식을 전개하도록 한다.

[0101] 상기 표본화 간격 T_s 은 응용 다중 필터를 거치면서, L 배 만큼 보간된 표본화 간격이 수학식 16과 같이 변경된다.

수학식 16

$$T = \frac{T_s}{L}$$

[0102]

[0103] 이와 같이 변경된 표본화 간격이 적용된 수학식 16의 총 지연시간은 하기의 수학식 17 과 같이 변경될 수 있다.

수학식 17

$$\tau_i(kT_s) = \tau_i(kLT) = 2kLT + m_{ki}LT + \delta_{ki}$$

[0104]

[0105] 여기서, 상기 δ_{ki} 는 미세 지연 시간 간격의 잔여 시간을 나타내기 때문에 T 간격으로 나타낼 수 있으며, 이를 통해 총 지연시간 T_{ki} 는 아래 수학식 18과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 18

$$\tau_i(kT_s) = \tau_i(kT) = 2kT + m_{ki}T$$

[0106]

[0107] 이때, 상기 kT 는 앞서 변경된 표본화 간격에 따라 바뀐 깊이 방향의 지연시간을 나타내고, 상기 $m_{ki}T$ 는 각 채널마다의 변경된 표본화 간격이 적용된 잔여시간을 나타낸다.

[0108] 따라서, 상기 잔여 시간이 적용된 분석 신호(Analytic signal)는 하기의 수학식 19와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 19

$$Z_i(nT) = I_i(nT) - j \cdot Q_i(nT) = a(nT - \tau_i(kT))e^{j\omega_0 \tau_i(kT)}$$

[0109]

$$n = 2k + m_{ki}$$

[0110] 여기서 변경된 표본화 간격에 따라, 시간 지연 이 보상된 신호는 하기의 수학식 20과 같다.

수학식 20

$$Z_i^c(nT) = [Z_i(nT)]_{n=2k+m_k} = a(0)e^{j\omega_0\tau_i(kT)}$$

[0111]

[0112] 상기 시간 지연이 보상된 신호에 위상 회전부를 통해 위상 값을 보상한 최종 출력은 아래 수학식 21과 같다.

수학식 21

$$\therefore Z_i^f = [Z_i^c(nT)] \cdot e^{-j\omega_0\tau_i(kT)} = a(0)$$

[0113]

[0114] 즉, 종래 기술의 위상 회전 빔집속기 또는 빔 집속 방법에서 발생한 모든 채널의 누적 진폭(Envelope) 에러가 상기 수학식 15와 같다면, 본 발명에 따른 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔집속기 또는 빔 집속 방법을 통해 확인한 누적 진폭 에러는 하기 수학식 22 에서와 같이 '0'임을 알 수 있다.

수학식 22

$$E = \sum_{i=1}^N (a(0) - a(0)) = 0$$

[0115]

[0116] 이하에서는 도 9를 참조하여 종래 기술과 본 발명을 이용하여 각각 출력된 빔 집속 출력 영상을 상호 비교하여 살펴보도록 한다.

[0117] 도 9는 필드2 시뮬레이션을 이용한 Wire-Point-target의 Point-spread-function 영상을 나타낸다.

[0118] 먼저, 도 9(a)는 종래기술의 빔 집속기에 많이 사용하는 보간(Interpolation) 빔 집속기 또는 빔 집속 방법을 통한 출력영상을 나타내고, 도 9(b)는 종래기술의 위상 회전 빔 집속기 또는 빔 집속 방법을 통한 출력영상을 나타내며, 도 9(c)는 본 발명을 통해 진폭 에러 보상이 포함된 위상회전 빔 집속기 또는 빔 집속 방법을 통한 출력영상을 나타낸다.

[0119] 도 9(b)와 도 9(c)를 비교해 보면, 도 9(b)에 나타난 종래 기술의 위상 회전 빔 집속기 또는 빔 집속 방법을 이용한 경우, 점선으로 표시된 타원 부분에서 눈에 띄는 영상 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있으며, 동일한 위치에서 도 9(a)와 도 9(c)의 영상을 서로 비교한 경우에는 동등한 영상 복원 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 따라서 본 발명을 통해 진폭 에러가 보상되면서 일반적인 위상 회전 빔 집속기 또는 혹은 빔 집속 방법과 대비하여 보다 정밀한 빔집속 성능을 제공하는 것을 알 수 있다.

[0120] 또한, 이러한 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속 방법은 컴퓨터로 실행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독가능 기록매체에 저장될 수 있다. 이때, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록 장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 장치의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, DVD±ROM, DVD-RAM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 하드 디스크(hard disk), 광데이터 저장장치 등이 있다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 장치에 분산되어 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

[0121] 본 발명의 진폭 에러 보상을 위한 위상 회전 빔 집속기 및 빔 집속 방법은 저역 통과 필터부 내 하나의 저역 통과 필터와 다중 위상(Polyphase) 필터 구조 내 서브셋 필터의 필터 계수 셋트 및 멀티플렉서를 이용하여, 데이터 처리량 증가 없이 진폭 에러를 보상하면서도 처리된 기저대역 신호의 데시메이션을 수행하여 효율적으로 빔 집속의 정확도를 향상시킬 수 있다.

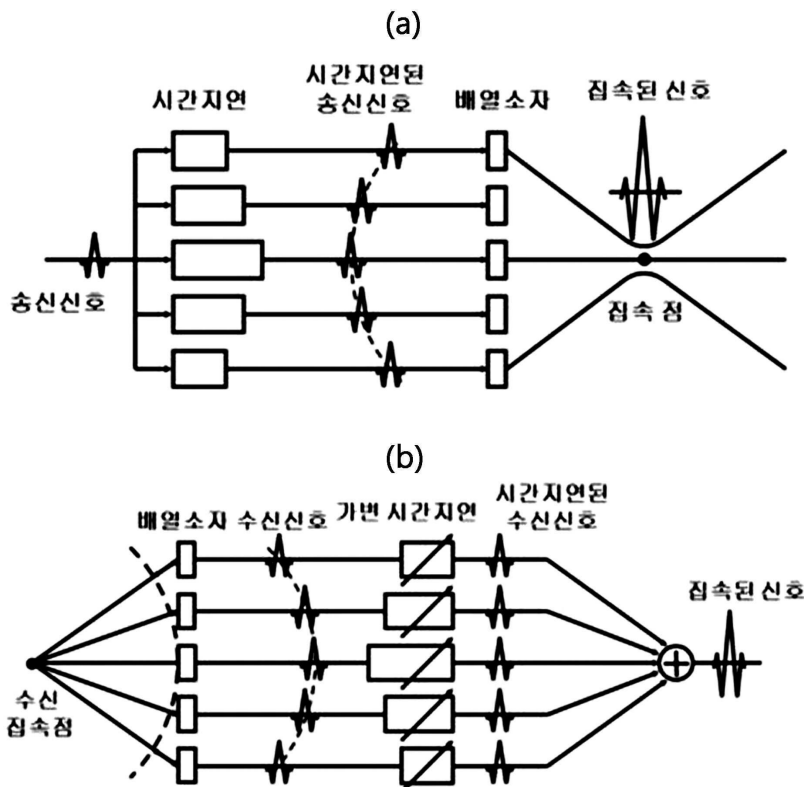
[0122] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 본 발명의 기술 사상 범위 내에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 첨부된 특허청구범위에 속하는 것은 당연하다.

부호의 설명

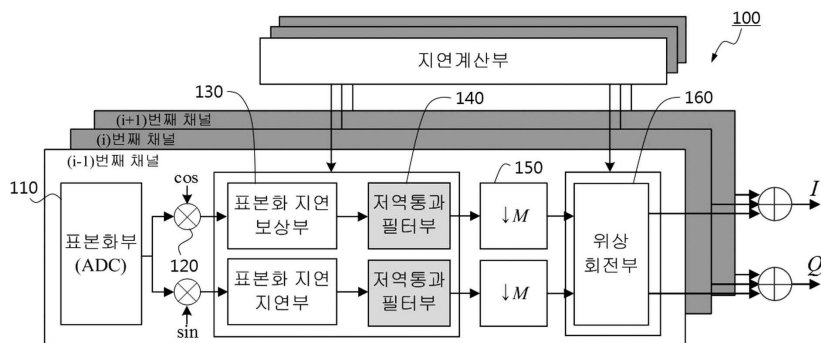
[0123] 110: 표본화부(ADC) 120: 믹서부
130: 표본화 지연 보상부 140: 저역 통과 필터부
150: 데시메이션부 160: 위상 회전부

도면

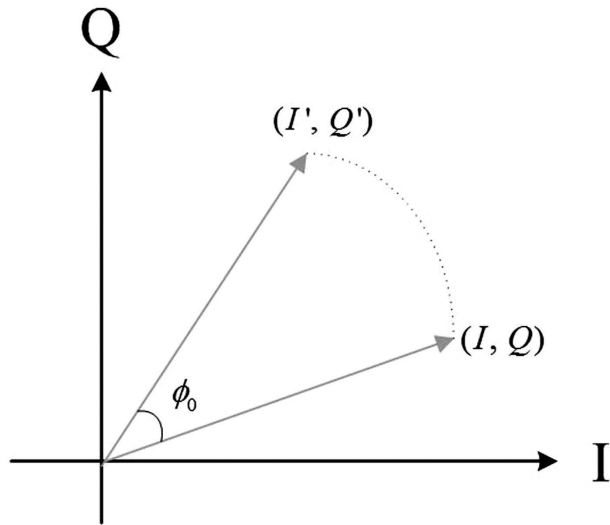
도면1



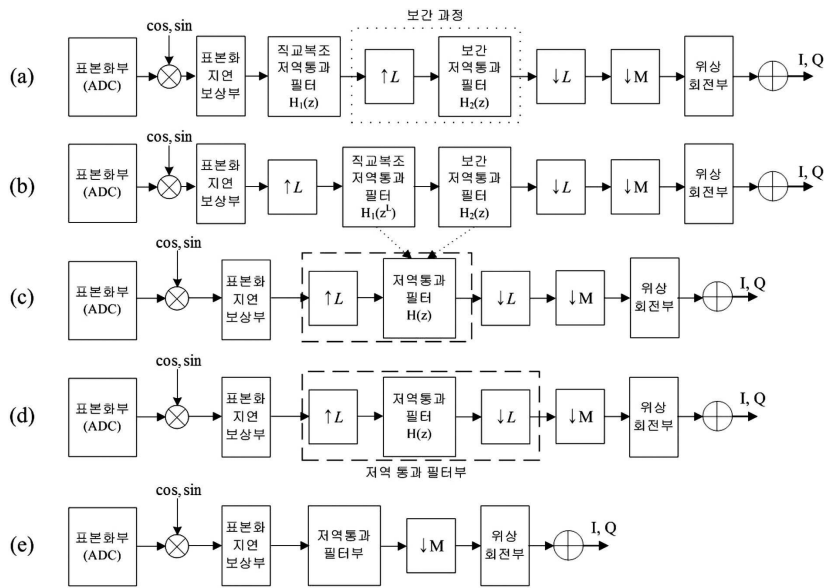
도면2



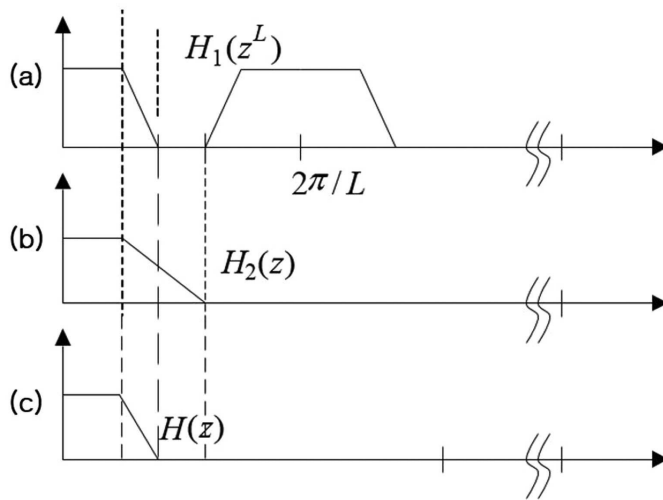
도면3



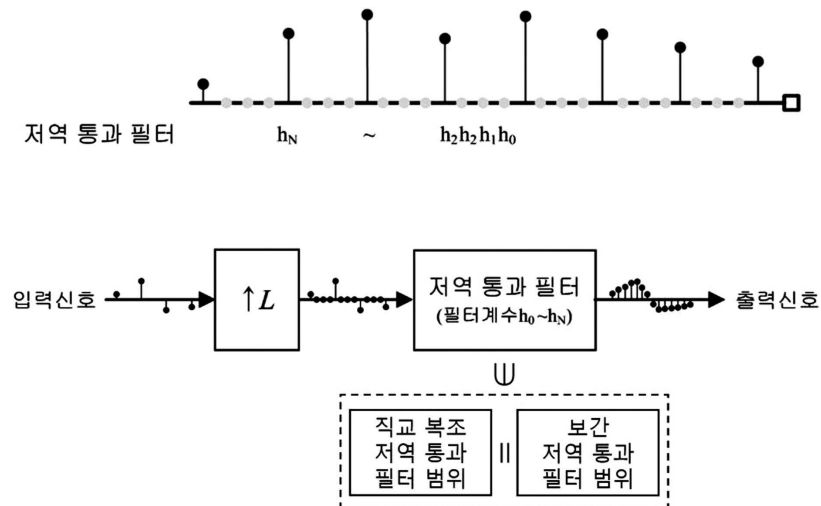
도면4



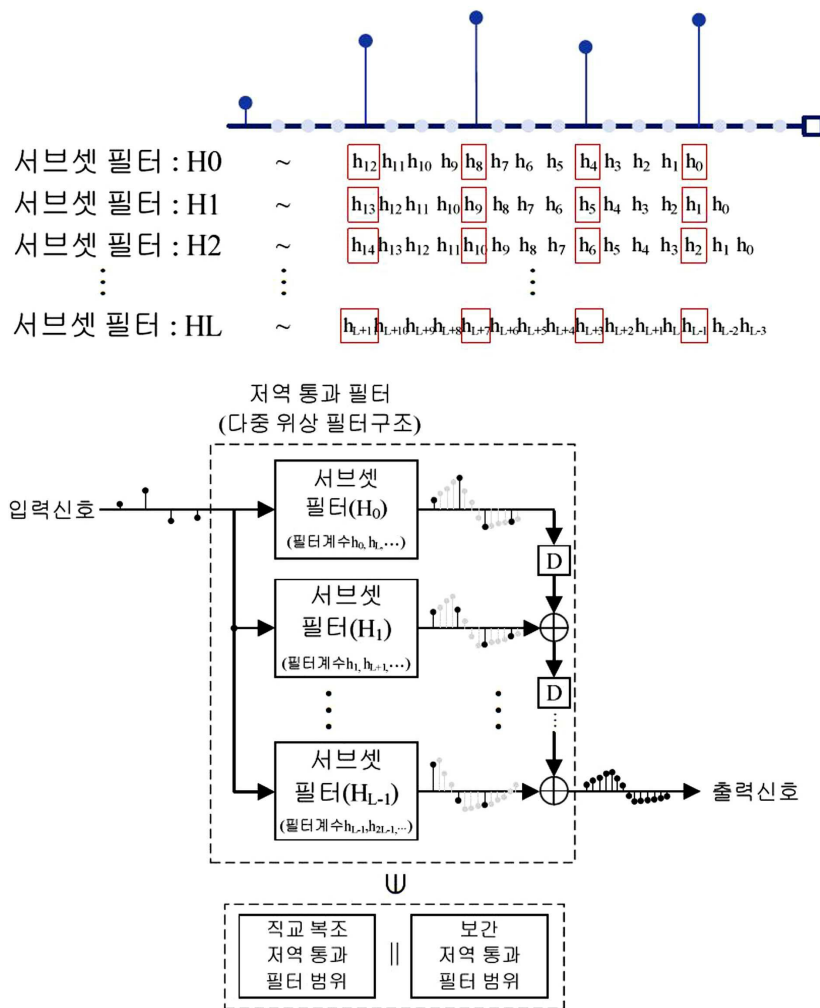
도면5



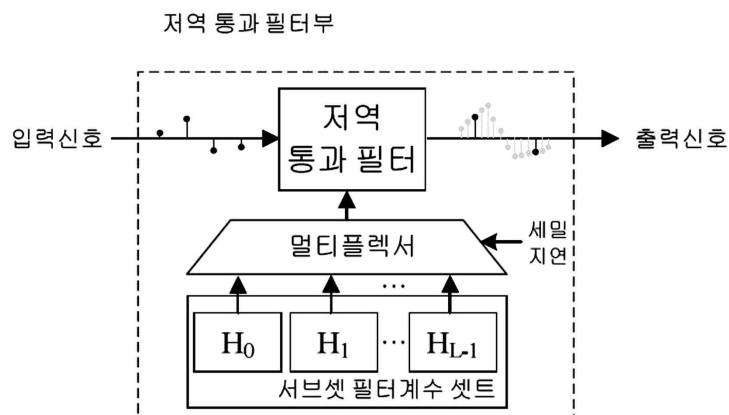
도면6



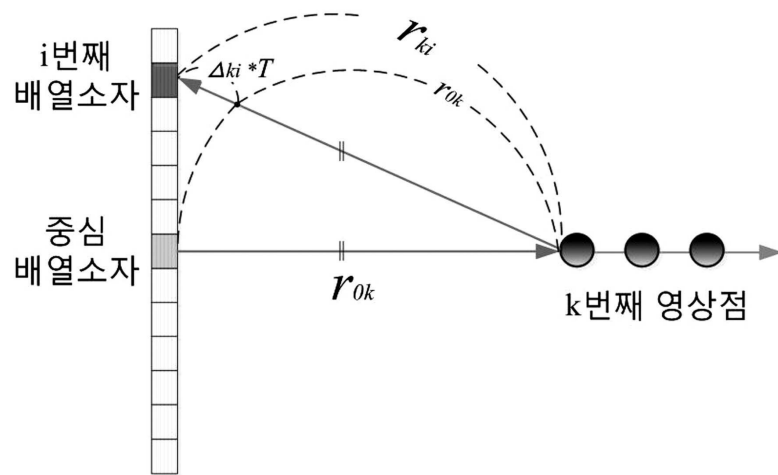
도면7a



도면7b



도면8



도면9

