



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0141473
(43) 공개일자 2019년12월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 8/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 8/54 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0068291

(22) 출원일자 2018년06월14일

심사청구일자 2018년06월14일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

송대경

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

김필수

서울특별시 마포구 동교로8안길 35, 202호

(74) 대리인

이준영

전체 청구항 수 : 총 15 항

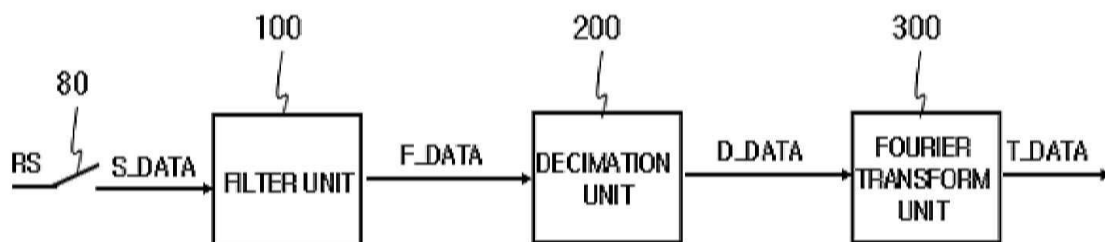
(54) 발명의 명칭 캐비테이션 모니터링 빔포머 및 빔포밍 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 빔포머는 필터부, 데시메이션 부 및 푸리에 변환부를 포함한다. 필터부는 샘플 데이터를 필터링하여 필터 데이터를 제공할 수 있다. 데시메이션 부는 필터 데이터를 M (M은 자연수) 샘플 간격으로 데시메이션(Decimation)하여 데시메이션 데이터를 제공할 수 있다. 푸리에 변환부는 데시메이션 데이터를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)하여 변환 데이터를 제공할 수 있다. 본 발명에 따른 빔포머에서는 필터부로부터 제공되는 필터 데이터를 M 샘플 간격으로 데시메이션한 데시메이션 데이터를 이용하여 고속 푸리에 트랜스폼(FFT)을 수행함으로써 빔포밍 과정에서 연산량을 감소시킬 수 있다.

대표도 - 도1

10



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015M3D5A1065997
 부처명 과학기술정보통신부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 신시장창조차세대의료기기개발사업
 연구과제명 고정밀 · 실시간 초음파 치료 모니터링 기법 개발
 기 여 율 1/2
 주관기관 서강대학교 산학협력단
 연구기간 2015.11.01 ~ 2018.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10076675
 부처명 산업통상자원부
 연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
 연구사업명 산업핵심기술개발사업
 연구과제명 MRI기반 뇌질환 및 비뇨생식기 질환 치료용 고강도 집속 초음파 시스템 개발
 기 여 율 1/2
 주관기관 서강대학교 산학협력단
 연구기간 2017.04.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

샘플 데이터를 필터링하여 필터 데이터를 제공하는 필터부;

상기 필터 데이터를 M (M은 자연수) 샘플 간격으로 데시메이션 (Decimation)하여 데시메이션 데이터를 제공하는 데시메이션 부; 및

상기 데시메이션 데이터를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)하여 변환 데이터를 제공하는 푸리에 변환부를 포함하는 빔포머.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 필터부는아날리틱 신호를 제공하는 힐버트 변환(Hilbert transform) 필터를 포함하는 것을 특징으로 하는 빔포머.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 필터부는 제1 밴드패스필터 및 제2 밴드패스필터를 포함하고,

상기 제1 밴드패스필터는,

$QBPF_I(n) = LPF(n) \cdot \cos(2\pi f_0 n / f_s)$ 를 만족하고,

상기 제2 밴드패스필터는,

$QBPF_Q(n) = LPF(n) \cdot \sin(2\pi f_0 n / f_s)$ 를 만족하는 것을 특징으로 하는 빔포머.

(여기서, $QBPF_I(n)$ 는 제1 밴드패스필터, $QBPF_Q(n)$ 는 제2 밴드패스필터, n은 샘플 데이터의 인덱스, f_0 는 초음파 중심주파수, f_s 초음파 수신신호에 대한 샘플링 주파수를 의미한다.)

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 데시메이션 부는,

제1 밴드패스필터로부터 제공되는 제1 필터 데이터를 상기 M 샘플 간격으로 데시메이션하는 제1 데시메이션부; 및

제2 밴드패스필터로부터 제공되는 제2 필터 데이터를 상기 M 샘플 간격으로 데시메이션하는 제2 데시메이션부를 포함하는 것을 특징으로 하는 빔포머.

(여기서, M은 자연수)

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 M은,

$f_s / M \geq BW$ 를 만족하는 것을 특징으로 하는 빔포머.

(여기서, M 은 데시메이션 레이트(자연수), f_s 초음파 수신신호에 대한 샘플링 주파수, BW 는 초음파 수신신호의 밴드위스(bandwidth))

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 빔포머는 빔포밍을 위한 시간지연 및 상기 데시메이션에 의해 발생하는 이산 주파수 대역을 보상하는 보상부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 빔포머.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 보상부는,

상기 변환데이터에 이산 주파수 대역을 보상하여 변환데이터의 주파수를 보상한 보상 데이터를 제공하는 이산 주파수 대역 보상부; 및

상기 보상 데이터에 빔포밍을 위한 채널 별 시간지연을 보상하여 시간지연 보상 데이터를 제공하는 시간지연 보상부를 포함하는 것을 특징으로 하는 빔포머.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 이산 주파수 대역을 보상하기 위해 사용되는 이산 주파수 대역 보상 팩터는,

$$f_L \leq \left(\rho_k + \frac{k}{N} \right) \frac{f_s}{M} \leq f_H$$

를 만족하는 것을 특징으로 하는 빔포머.

(여기서, ρ_k 는 이산 주파수 대역 보상 팩터, f_L 은 초음파 수신신호의 주파수 성분 중 최소값, f_H 은 초음파 수신신호의 주파수 성분 중 최대값, k 는 변환 데이터의 인덱스, M 은 데시메이션 레이트, N 은 푸리에 변환부에 입력되는 샘플 수를 의미한다.)

청구항 9

복수의 채널들;

상기 복수의 채널들의 각각은;

샘플 데이터를 필터링하여 필터 데이터를 제공하는 필터부;

상기 필터 데이터를 M (M 은 자연수) 샘플 간격으로 데시메이션 (Decimation)하여 데시메이션 데이터를 제공하는 데시메이션 부; 및

상기 데시메이션 데이터를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)하여 변환 데이터를 제공하는 푸리에 변환부를 포함하는 빔포머 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 필터부는 제1 밴드패스필터 및 제2 밴드패스필터를 포함하고,

상기 제1 밴드패스필터는,

$QBPF_I(n) = LPF(n) \cdot \cos(2\pi f_0 n / f_s)$ 를 만족하고,

상기 제2 밴드패스필터는,

$QBPF_Q(n) = LPF(n) \cdot \sin(2\pi f_0 n / f_s)$ 를 만족하는 것을 특징으로 하는 빔포머 장치.

(여기서, $QBPF_I(n)$ 는 제1 밴드패스필터, $QBPF_Q(n)$ 는 제2 밴드패스필터, n 은 샘플 데이터의 인덱스, f_0 는 초음파 중심주파수, f_s 초음파 수신신호에 대한 샘플링 주파수를 의미한다.)

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 데시메이션 부는,

제1 밴드패스필터로부터 제공되는 제1 필터 데이터를 상기 M 샘플 간격으로 데시메이션하는 제1 데시메이션부; 및

제2 밴드패스필터로부터 제공되는 제2 필터 데이터를 상기 M 샘플 간격으로 데시메이션하는 제2 데시메이션부를 포함하는 것을 특징으로 하는 빔포머 장치.

청구항 12

필터부가 샘플 데이터를 필터링하여 필터 데이터를 제공하는 단계;

데시메이션 부가 상기 필터 데이터를 M샘플 간격으로 데시메이션(Decimation)하여 데시메이션 데이터를 제공하는 단계;

푸리에 변환부가 상기 데시메이션 데이터를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)하여 변환 데이터를 제공하는 단계; 및

보상부가 상기 데시메이션에 의해 발생하는 페이즈 및 시간지연을 보상하는 단계를 포함하는 빔포밍 방법.

(여기서, M은 데시메이션 레이트(자연수))

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 M은,

$f_s / M \geq BW$ 를 만족하는 것을 특징으로 하는 빔포밍 방법.

(여기서, M은 데시메이션 레이트(자연수), f_s 초음파 수신신호에 대한 샘플링 주파수, BW 는 초음파 수신 신호의 밴드위스(bandwidth))

청구항 14

복수의 채널들로부터 초음파 신호를 수신하는 단계;

상기 복수의 채널들의 각각에 포함되는 샘플러가 상기 초음파 신호를 샘플링하여 샘플 데이터를 제공하는 단계;

필터부가 상기 샘플 데이터를 필터링하여 필터 데이터를 제공하는 단계;

데시메이션 부가 상기 필터 데이터를 M (M은 자연수) 샘플 간격으로 데시메이션(Decimation)하여 데시메이션 데이터를 제공하는 단계;

푸리에 변환부가 상기 데시메이션 데이터를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)하여 변환 데이터를 제공하는 단계; 및

보상부가 상기 데시메이션에 의해 발생하는 페이즈 및 시간지연을 보상하는 단계를 포함하는 빔포머 장치의 동

작방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 필터부는 제1 밴드패스필터 및 제2 밴드패스필터를 포함하고,

상기 데시메이션 부는,

제1 밴드패스필터로부터 제공되는 제1 필터 데이터를 상기 M 샘플 간격으로 데시메이션하는 제1 데시메이션부; 및

제2 밴드패스필터로부터 제공되는 제2 필터 데이터를 상기 M 샘플 간격으로 데시메이션하는 제2 데시메이션부를 포함하는 것을 특징으로 하는 빔포머 장치의 동작방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 캐비테이션 모니터링 빔포머 및 빔포밍 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 초음파 시스템에서 사용되는 샘플링 주파수는 트랜스듀서 (Transducer) 밴드위스(Bandwidth)의 중심 주파수의 4배보다 큰 주파수가 사용될 수 있다. 예를들어, 중심주파수가 7.5MHz인 경우, 샘플링 주파수는 30MHz 보다 클 수 있다. 일반적인 초음파 시스템은 40MHz의 샘플링 주파수를 사용할 수 있다.

[0003] 캐비테이션을 모니터링 하기 위한 빔포밍 방법은 일반적으로 시간축(time domain)에서 시간지연(Delay-and-sum) 통한 빔포밍 방법이 이용되지만, 일정 시간 T 만큼 빔포밍 결과를 합산(integration) 하여 캐비테이션의 강도를 영상화 하기 때문에 빔포밍 과정이 시간 T 만큼 반복되어야 하므로 높은 연산량이 요구된다. 이에 따라, 빔포밍 과정에서 수행되는 연산량을 감소시키기 위하여 다양한 연구가 진행되고 있다.

[0004] 빔포밍 과정에서 고속 푸리에 트랜스폼(Fast Fourier Transform, FFT)이 수행될 수 있다. 이 경우, 고속 푸리에 트랜스폼이 샘플링 주파수로 샘플링된 전체 데이터 N 샘플에 대해서 수행되면, 빔포밍 과정에서 수행되는 연산량은 일반적으로 $O(N \log_2 N)$ 이 될 수 있다. 그러나, 빔포밍에서는 모든 주파수의 신호를 이용하지 않기 때문에 불필요한 푸리에 트랜스폼이 수행된다고 볼 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) (특허공개문헌) KR 제10-2013-0124209호 (공개일자, 2013.11.13)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 캐비테이션 모니터링 빔포머 및 빔포밍 방법을 제공하는 것이다.

[0007] 구체적으로, 불필요한 주파수영역에 대한 고속 푸리에 트랜스폼을 수행하지 않음으로써 캐비테이션 모니터링 빔포머의 연산량을 낮추는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 이러한 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 실시예에 따른 빔포머는 에일리어싱(aliasing)을 방지하기 위하여 주파수 영역이 제한된 어날리틱(Analytic) 신호를 생성하는 필터부, 데시메이션부 및 푸리에 변환부를 포함한다. 필터부는 샘플 데이터를 필터링하여 필터 데이터를 제공할 수 있다. 데시메이션 부는 필터 데이터를 M (M은 자연수) 샘플 간격으로 데시메이션 (Decimation)하여 데시메이션 데이터를 제공할 수 있다. 푸리에 변환부는 데시

메이션 데이터를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)하여 변환 데이터를 제공할 수 있다.

[0009] 일 실시예에 있어서, 필터부는 어날리틱 신호를 생성할 수 있는 힐버트 변환(Hilbert transform) 필터를 사용할 수 있다.

[0010] 일 실시예에 있어서, 필터부는 제1 밴드패스필터 및 제2 밴드패스필터를 포함할 수 있다. 제1 밴드패스필터는 로우패스필터를 코사인파형으로 모듈레이션하여 얻어질 수 있다. 제2 밴드패스필터는 로우패스필터를 사인파형으로 모듈레이션 하여 얻어질 수 있다.

[0011] 일 실시예에 있어서, 제1 밴드패스필터는, $QBPF_I(n) = LPF(n) \cdot \cos(2\pi f_0 n / f_s)$ 를 만족하고, 제2 밴드패스필터는 $QBPF_Q(n) = LPF(n) \cdot \sin(2\pi f_0 n / f_s)$ 를 만족할 수 있다. (여기서, LPF(n)은 로우패스 필터를 의미하며, $QBPF_I(n)$ 는 제1 밴드패스필터, $QBPF_Q(n)$ 는 제2 밴드패스필터, n은 샘플 데이터의 인덱스, f_0 는 초음파 중심주파수, f_s 초음파 수신신호에 대한 샘플링 주파수를 의미한다.)

[0012] 일 실시예에 있어서, 데시메이션 부는 제1 데시메이션부 및 제2 데시메이션부를 포함할 수 있다. 제1 데시메이션부는 제1 밴드패스필터로부터 제공되는 제1 필터 데이터를 M 샘플 간격으로 데시메이션할 수 있다. 제2 데시메이션부는 제2 밴드패스필터로부터 제공되는 제2 필터 데이터를 M 샘플 간격으로 데시메이션할 수 있다. (여기서, M은 자연수)

[0013] 일 실시예에 있어서, M은 Nyquist rate을 만족하기 위하여 $f_s / M \geq BW$ 를 만족할 수 있다. (여기서, M은 데시메이션 레이트(자연수), f_s 초음파 수신신호에 대한 샘플링 주파수, BW 는 초음파 수신신호의 밴드위스(bandwidth))

[0014] 일 실시예에 있어서, 빔포머는 상기 데시메이션에 의해 발생하는 페이즈 및 시간지연을 보상하는 보상부를 더 포함할 수 있다.

[0015] 일 실시예에 있어서, 보상부는 시간지연 보상부 및 이산 주파수(discrete frequency) 대역 보상부를 포함할 수 있다. 시간지연 보상부는 빔포밍을 위한 시간지연 $\tau_i(x, z)$ 을 각 주파수에 대한 페이즈 보상을 수행함으로써 시간지연 보상 데이터를 제공할 수 있다. 이산 주파수 대역 보상은 데시메이션에 의해 변화된 주파수를 보상하기 위한 이산 주파수 대역 보상팩터 ρ_k 를 통해 수행될 수 있다. 결과적으로, 초음파 수신데이터에 대한 FFT 결

과 $P_i[k]$ 에 $e^{j2\pi(\frac{k}{N} + \rho_k)\tau_i(x, z)f_s / M}$ 을 곱하여 시간지연 및 이산 주파수 대역 보상을 수행할 수 있다. 여기서 f_s / M 는 시간지연을 샘플단위로 수행하기 위해 곱해진 결과이다.

[0016] 일 실시예에 있어서, 페이즈를 보상하기 위해 사용되는 이산 주파수 대역 보상 팩터는 $f_L \leq (\rho_k + \frac{k}{N}) \frac{f_s}{M} \leq f_H$ 를 만족할 수 있다. (여기서, f_L 은 초음파 수신신호의 주파수 성분 중 최소값, f_H 은 초음파 수신신호의 주파수 성분 중 최대값, k 는 변환 데이터의 인덱스, M 은 데시메이션 레이트, N 은 푸리에 변환부에 입력되는 샘플 수를 의미한다.)

[0017] 본 발명의 실시예들에 따른 빔포머 장치는 복수의 채널들을 포함한다. 복수의 채널들의 각각은 필터부, 데시메이션 부 및 푸리에 변환부를 포함한다. 필터부는 샘플 데이터를 필터링하여 필터 데이터를 제공할 수 있다. 데시메이션 부는 필터 데이터를 데시메이션(Decimation)하여 데시메이션 데이터를 제공할 수 있다. 푸리에 변환부는 데시메이션 데이터를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)하여 변환 데이터를 제공할 수 있다.

[0018] 일 실시예에 있어서, 필터부는 제1 밴드패스필터 및 제2 밴드패스필터를 포함할 수 있다. 제1 밴드패스필터는 $QBPF_I(n) = LPF(n) \cdot \cos(2\pi f_0 n / f_s)$ 를 만족할 수 있다. 제2 밴드패스필터는 $QBPF_Q(n) = LPF(n) \cdot \sin(2\pi f_0 n / f_s)$ 를 만족할 수 있다. (여기서, $QBPF_I(n)$ 는 제1 밴드패스필터, $QBPF_Q(n)$ 는 제2 밴드패스필터, n 은 샘플 데이터의 인덱스, f_0 는 초음파 중심주파수, f_s 초음파 수신신호에 대한 샘플링 주파수를 의미한다.)

[0019] 일 실시예에 있어서, 데시메이션 부는 제1 데시메이션부 및 제2 데시메이션부를 포함할 수 있다. 제1 데시메이션부는 제1 밴드패스필터로부터 제공되는 제1 필터 데이터를 M 샘플 간격으로 데시메이션할 수 있다. 제2 데시메이션부는 제2 밴드패스필터로부터 제공되는 제2 필터 데이터를 M 샘플 간격으로 데시메이션할 수 있다.

[0020] 본 발명의 실시예들에 따른 빔포밍 방법에서는 필터부가 샘플 데이터를 필터링하여 필터 데이터를 제공할 수 있다. 데시메이션 부가 필터 데이터를 M 샘플 간격으로 데시메이션(Decimation)하여 데시메이션 데이터를 제공할 수 있다. 푸리에 변환부가 데시메이션 데이터를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)하여 변환 데이터를 제공할 수 있다. 보상부가 데시메이션에 의해 발생하는 페이즈 및 시간지연을 보상할 수 있다. (여기서, M 은 데시메이션 레이트(자연수))

[0021] 일 실시예에 있어서, M 은 $f_s / M \geq BW$ 를 만족할 수 있다. (여기서, M 은 데시메이션 레이트(자연수), f_s 초음파 수신신호에 대한 샘플링 주파수, BW 는 초음파 수신신호의 밴드위스(bandwidth))

[0022] 본 발명의 실시예들에 따른 빔포머 장치의 동작방법에서는 복수의 채널들로부터 초음파 신호를 수신할 수 있다. 복수의 채널들의 각각에 포함되는 샘플러가 초음파 신호를 샘플링하여 샘플 데이터를 제공할 수 있다. 필터부가 샘플 데이터를 필터링하여 필터 데이터를 제공할 수 있다. 데시메이션 부가 필터 데이터를 M 샘플 간격으로 데시메이션(Decimation)하여 데시메이션 데이터를 제공할 수 있다. 푸리에 변환부가 상기 데시메이션 데이터를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)하여 변환 데이터를 제공할 수 있다. 보상부가 데시메이션에 의해 발생하는 페이즈 및 시간지연을 보상할 수 있다.

[0023] 일 실시예에 있어서, 필터부는 제1 밴드패스필터 및 제2 밴드패스필터를 포함할 수 있다. 데시메이션 부는 제1 데시메이션부 및 제2 데시메이션부를 포함할 수 있다. 제1 데시메이션부는 제1 밴드패스필터로부터 제공되는 제1 필터 데이터를 M 샘플 간격으로 데시메이션할 수 있다. 제2 데시메이션부는 제2 밴드패스필터로부터 제공되는 제2 필터 데이터를 M 샘플 간격으로 데시메이션할 수 있다.

[0024] 위에서 언급된 본 발명의 기술적 과제 외에도, 본 발명의 다른 특징 및 이점들이 이하에서 기술되거나, 그러한 기술 및 설명으로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

발명의 효과

[0025] 이상과 같은 본 발명에 따르면 다음과 같은 효과가 있다.

[0026] 본 발명에 따른 빔포머에서는 필터부로부터 제공되는 필터 데이터를 M 샘플 간격으로 데시메이션한 데시메이션 데이터를 이용하여 고속 푸리에 트랜스폼을 수행함으로써 빔포밍 과정에서 연산량을 감소시킬 수 있다.

[0027] 본 발명에 따른 빔포밍 방법에서는 필터부로부터 제공되는 필터 데이터를 M 샘플 간격으로 데시메이션한 데시메이션 데이터를 이용하여 고속 푸리에 트랜스폼을 수행함으로써 빔포밍 과정에서 연산량을 감소시킬 수 있다.

[0028] 이 밖에도, 본 발명의 실시 예들을 통해 본 발명의 또 다른 특징 및 이점들이 새롭게 파악될 수도 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 빔포머를 나타내는 도면이다.

도 2는 도 1의 빔포머에 포함되는 필터부의 일 예를 나타내는 도면이다.

도 3 및 4는 도 2의 필터부에 포함되는 제1 밴드패스필터를 설명하기 위한 도면이다.

도 5 및 6은 도 2의 필터부에 포함되는 제2 밴드패스필터를 설명하기 위한 도면이다.
 도 7 내지 9는 도 1의 필터부에서 출력되는 필터 데이터를 설명하기 위한 도면이다.
 도 10은 도 1의 데시메이션 부의 동작을 설명하기 위한 도면이다.
 도 11은 도 1의 데시메이션 부의 일 예를 나타내는 도면이다.
 도 12는 도 1의 데시메이션 부의 데시메이션 레이트를 설명하기 위한 도면이다.
 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 빔포머를 나타내는 도면이다.
 도 14는 본 발명의 실시예들에 따른 빔포머 장치를 나타내는 도면이다.
 도 15는 본 발명의 실시예들에 따른 빔포밍 방법을 나타내는 도면이다.
 도 16은 본 발명의 실시예들에 따른 빔포머 장치의 동작방법을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 본 명세서에서 각 도면의 구성 요소들에 참조번호를 부가함에 있어서 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다.
- [0031] 한편, 본 명세서에서 서술되는 용어의 의미는 다음과 같이 이해되어야 할 것이다.
- [0032] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 정의하지 않는 한, 복수의 표현을 포함하는 것으로 이해되어야 하는 것으로, 이들 용어들에 의해 권리범위가 한정되어서는 아니 된다.
- [0033] "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0034] 이하, 첨부되는 도면을 참고하여 상기 문제점을 해결하기 위해 고안된 본 발명의 바람직한 실시예들에 대해 상세히 설명한다.
- [0035] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 빔포머를 나타내는 도면이고, 도 2는 도 1의 빔포머에 포함되는 필터부의 일 예를 나타내는 도면이다.
- [0036] 도 1 및 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 빔포머(10)는 필터부(100), 데시메이션부(200) 및 푸리에 변환부(300)를 포함한다. 필터부(100)는 샘플 데이터(S_DATA)를 필터링하여 필터 데이터(F_DATA)를 제공할 수 있다. 필터부(100)는 제1 밴드패스필터(110) 및 제2 밴드패스필터(130)를 포함할 수 있다. 제1 밴드패스필터(110)는 로우패스필터를 코사인파형으로 모듈레이션하여 얻어질 수 있고, 제2 밴드패스필터(130)는 로우패스필터를 사인파형으로 모듈레이션 하여 얻어질 수 있다.
- [0037] 예를 들어, 제1 밴드패스필터(110)는 아래 [수학식1]을 만족할 수 있다.
- [0038] [수학식 1]

$$QBPF_I(n) = LPF(n) \cdot \cos(2\pi f_0 n / f_s)$$

[0040] 여기서, $QBPF_I(n)$ 는 제1 밴드패스필터(110), n 은 샘플 데이터(S_DATA)의 인덱스, f_0 는 초음파 중심 주파수, f_s 초음파 수신신호에 대한 샘플링 주파수일 수 있다.

[0041] 또한, 예를 들어, 제2 밴드패스필터(130)는 아래 [수학식2]을 만족할 수 있다.

[0042] [수학식 2]

$$QBPF_Q(n) = LPF(n) \cdot \sin(2\pi f_0 n / f_s)$$

[0044] 여기서, $QBPF_Q(n)$ 는 제2 밴드패스필터(130), n 은 샘플 데이터(S_DATA)의 인덱스, f_0 는 초음파 중심

주파수, f_s 초음파 수신신호(RS)에 대한 샘플링 주파수일 수 있다.

[0045] 데시메이션부(200)는 필터 데이터(F_DATA)를 M (M은 자연수) 샘플 간격으로 데시메이션 (Decimation)하여 데시메이션 데이터(D_DATA)를 제공할 수 있다. 푸리에 변환부(300)는 데시메이션 데이터(D_DATA)를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)하여 변환 데이터(T_DATA)를 제공할 수 있다.

[0046] 일 실시예에 있어서, 필터부(100)는 어날리틱 신호를 생성할 수 있는 힐버트 변환(Hilbert transform) 필터를 사용할 수 있다.

[0047] 본 발명에 따른 빔포머(10)에서는 필터부(100)로부터 제공되는 필터 데이터(F_DATA)를 M 샘플 간격으로 데시메이션한 데시메이션 데이터(D_DATA)를 이용하여 고속 푸리에 트랜스폼을 수행함으로써 빔포밍 과정에서 연산량을 감소시킬 수 있다.

[0048] 도 3 및 4는 도 2의 필터부에 포함되는 제1 밴드패스필터를 설명하기 위한 도면이다.

[0049] 도 3 및 4를 참조하면, 제1 밴드패스필터(110)는 아래 [수학식1]과 같이 나타낼 수 있다.

[0050] [수학식 1]

$$QBPF_I(n) = LPF(n) \cdot \cos(2\pi f_0 n / f_s)$$

[0051]

[0052] 도3 은 밴드위스가 BW인 로우패스필터를 나타낼 수 있고, 제1 밴드패스필터(110)는 로우패스필터를 코사인파형으로 모듈레이션한 것일 수 있다. 로우패스필터를 코사인파형으로 모듈레이션하는 경우, 제1 방향(D1)으로 제1 주파수(F1)만큼 중심주파수가 이동하고, 제2 방향(D2)으로 제1 주파수(F1) 만큼 이동한 제1 밴드패스필터(110)를 구현할 수 있다. 이 경우, 제1 밴드패스필터(110)는 실수축(RE) 방향으로 형성될 수 있다.

[0053] 도 5 및 6은 도 2의 필터부에 포함되는 제2 밴드패스필터를 설명하기 위한 도면이다.

[0054] 도 5 및 6을 참조하면, 제2 밴드패스필터(130)는 아래 [수학식2]와 같이 나타낼 수 있다.

[0055] [수학식 2]

$$QBPF_Q(n) = LPF(n) \cdot \sin(2\pi f_0 n / f_s)$$

[0056]

[0057] 도3 은 밴드위스가 BW인 로우패스필터를 나타낼 수 있고, 제2 밴드패스필터(130)는 로우패스필터를 사인파형으로 모듈레이션한 것일 수 있다. 로우패스필터를 사인파형으로 모듈레이션하는 경우, 제1 방향(D1)으로 1 주파수(F1)만큼 중심주파수가 이동하고, 제2 방향(D2)으로 제1 주파수(F1) 만큼 이동한 제2 밴드패스필터(130)를 구현할 수 있다. 이 경우, 제2 밴드패스필터(130)는 허수축(IM) 방향으로 형성될 수 있다. 제2 밴드패스필터(130) 중 제1 방향(D1)으로 제1 주파수(F1)만큼 중심주파수가 이동한 부분은 허수축(IM)의 제3 방향(D3)으로 형성될 수 있고, 제2 밴드패스필터(130) 중 제2 방향(D2)으로 제1 주파수(F1)만큼 중심주파수가 이동한 부분은 허수축(IM)의 제4 방향(D4)으로 형성될 수 있다.

[0058] 도 5의 제2 밴드패스필터(130)에 j를 곱하여 90도 위상이동하면 도 6과 같이 나타낼 수 있다. 제2 밴드패스필터(130)에 j를 곱하여 90도 위상이동하는 경우, 제2 밴드패스필터(130) 중 제1 방향(D1)으로 제1 주파수(F1)만큼 중심주파수가 이동한 부분은 실수축(RE)의 제5 방향(D5)으로 형성될 수 있고, 제2 밴드패스필터(130) 중 제2 방향(D2)으로 제1 주파수(F1)만큼 중심주파수가 이동한 부분은 실수축(RE)의 제6 방향(D6)으로 형성될 수 있다.

[0059] 도 7 내지 9는 도 1의 필터부에서 출력되는 필터 데이터를 설명하기 위한 도면이다.

[0060] 도 7 내지 9를 참조하면, 도 7의 신호는 초음파 장치에 포함되는 트랜스듀서의 채널별로 수신되는 신호가 제1 밴드패스필터(110)를 통해서 필터링된 신호일 수 있다. 도 8의 신호는 초음파 장치에 포함되는 트랜스듀서의 채널별로 수신되는 신호가 제2 밴드패스필터(130)를 통해서 필터링된 신호일 수 있다. 도 9의 신호는 도 7의 신호 및 도 8의 신호를 합한 합산신호일 수 있다. 합산신호는 어날리틱 신호(Analytic signal, AS)일 수 있다.

[0061] 예를들어, 도 9의 신호는 아래와 같은 [수학식3]으로 나타낼 수 있다.

[0062] [수학식3]

$$p_i(n) = q_i^I(n) + jq_i^Q(n)$$

[0063]

[0064] 여기서, $p_i(n)$ 는 아날리틱 신호(AS), i 는 초음파 장치에 포함되는 채널의 인덱스, $q_i^I(n)$ 는 제1 필터 데이터(F_DATA1), $q_i^Q(n)$ 는 제2 필터 데이터(F_DATA2)일 수 있다.

[0065] $q_i^I(n)$ 및 $q_i^Q(n)$ 는 힐버트 페어(Hilbert pair) 관계일 수 있고, $q_i^I(n)$ 및 $q_i^Q(n)$ 는 아래 [수학식4]와 같이 나타낼 수 있다.

[0066] [수학식4]

$$q_i^I(n) = r_i(n) * QBPF_I(n)$$

$$q_i^Q(n) = r_i(n) * QBPF_Q(n)$$

[0067]

[0068] 여기서, $r_i(n)$ 는 샘플 데이터(S_DATA), $QBPF_I(n)$ 는 제1 밴드패스필터(110), $QBPF_Q(n)$ 는 제2 밴드패스필터(130)일 수 있다.

[0069] 본 발명에 따른 빔포머(10)에서는 필터부(100)로부터 제공되는 필터 데이터(F_DATA)를 M 샘플 간격으로 데시메이션한 데시메이션 데이터(D_DATA)를 이용하여 고속 푸리에 변환을 수행함으로써 빔포밍 과정에서 연산량을 감소시킬 수 있다.

[0070] 도 10은 도 1의 데시메이션 부의 동작을 설명하기 위한 도면이고, 도 11은 도 1의 데시메이션 부의 일 예를 나타내는 도면이다.

[0071] 도 10 및 11을 참조하면, 데시메이션 부(200)는 제1 데시메이션부(210) 및 제2 데시메이션부(230)를 포함할 수 있다. 제1 데시메이션부(210)는 제1 밴드패스필터(110)로부터 제공되는 제1 필터 데이터(F_DATA1)를 M 샘플 간격으로 데시메이션할 수 있다. 제1 필터 데이터(F_DATA1)를 M 샘플 간격으로 데시메이션한 데이터는 제1 데시메이션 데이터(D_DATA1)일 수 있다. 제2 데시메이션부(230)는 제2 밴드패스필터(130)로부터 제공되는 제2 필터 데이터(F_DATA2)를 M 샘플 간격으로 데시메이션할 수 있다. (여기서, M은 자연수) 제2 필터 데이터(F_DATA1)를 M 샘플 간격으로 데시메이션한 데이터는 제2 데시메이션 데이터(D_DATA2)일 수 있다.

[0072] 샘플 신호는 제1 샘플 신호(S1), 제2 샘플 신호(S2)뿐 제14 샘플 신호(S14)를 포함할 수 있다. 데시메이션 레이트가 M인 경우, 샘플 신호를 M 샘플간격으로 선택한 신호일 수 있다. 예를 들어, 데시메이션 레이트가 M=4인 경우, 데시메이션 데이터(D_DATA)는 제1 데시메이션 신호(S1), 제5 데시메이션 신호(S5), 제9 데시메이션 신호(S9) 및 제13 데시메이션 신호(S13)를 포함할 수 있다.

[0073] 도 12는 도 1의 데시메이션 부의 데시메이션 레이트를 설명하기 위한 도면이다.

[0074] 도 12를 참조하면, M은 $f_s / M \geq BW$ 를 만족할 수 있다. 여기서, M은 데시메이션 레이트(자연수), f_s 초음파 수신신호에 대한 샘플링 주파수, BW 는 초음파 수신신호의 밴드위스(bandwidth, BW)일 수 있다. 예를 들어, M은 $f_s / M \geq BW$ 를 만족하지 못하는 경우, 제1 주파수(F1)와 제2 주파수 사이의 간격이 밴드위스(BW)보다 작을 수 있다. 제1 주파수(F1)와 제2 주파수 사이의 간격이 밴드위스(BW)보다 작은 경우, 주파수 축상에서 신호들 사이에 에일리어싱 (Aliasing)이 발생할 수 있다. 주파수 축상에서 신호들 사이에 에일리어싱 (Aliasing)이 발생하는 경우, 정확한 초음파 영상에 노이즈가 발생할 수 있다.

[0075] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 빔포머를 나타내는 도면이다.

[0076] 도 13을 참조하면, 빔포머(10)는 필터부(100), 데시메이션 부(200) 및 푸리에 변환부(300)를 포함한다. 필터부(100)는 샘플 데이터(S_DATA)를 필터링하여 필터 데이터(F_DATA)를 제공할 수 있다. 데시메이션 부(200)는 필터

데이터(F_DATA)를 M (M은 자연수) 샘플 간격으로 데시메이션 (Decimation)하여 데시메이션 데이터(D_DATA)를 제공할 수 있다. 푸리에 변환부(300)는 데시메이션 데이터(D_DATA)를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)하여 변환 데이터(T_DATA)를 제공할 수 있다. 빔포머(10)는 데시메이션에 의해 발생하는 페이즈 및 시간지연을 보상하는 보상부(400)를 더 포함할 수 있다. 보상부(400)는 이산 주파수 대역 보상부(410) 및 시간지연 보상부(430)를 포함할 수 있다.

[0077] 이산 주파수 대역 보상부(410)는 변환데이터(T_DATA)에 이산 주파수 대역 보상하여 보상 데이터(PC_DATA)를 제공할 수 있다. 이산 주파수 대역을 보상하기 위해 사용되는 이산 주파수 대역 보상 팩터는

$$f_L \leq (\rho_k + \frac{k}{N}) \frac{f_s}{M} \leq f_H$$

를 만족할 수 있다. 여기서, ρ_k 는 이산 주파수 대역 보상 팩터, f_L 은 초음파 수신신호의 주파수 성분 중 최소값, f_H 은 초음파 수신신호의 주파수 성분 중 최대값, k 는 변환 데이터의 인덱스, M 은 데시메이션 레이트, N 은 푸리에 변환부(300)에 입력되는 샘플 수를 나타낼 수 있다. 시간지연 보상부(430)는 보상 데이터(PC_DATA)에 빔포밍을 위한 채널 별 시간지연을 보상하여 시간지연 보상 데이터(TDC_DATA)를 제공할 수 있다.

[0078] 도 14는 본 발명의 실시예들에 따른 빔포머 장치를 나타내는 도면이다.

[0079] 도 14를 참조하면, 빔포머 장치(50)는 복수의 채널들(CHANNEL)을 포함한다. 복수의 채널들(CHANNEL)의 각각은 필터부(100), 데시메이션 부(200) 및 푸리에 변환부(300)를 포함한다. 필터부(100)는 샘플 데이터(S_DATA)를 필터링하여 필터 데이터(F_DATA)를 제공할 수 있다.

[0080] 필터부(100)는 제1 밴드패스필터(110) 및 제2 밴드패스필터(130)를 포함할 수 있다. 제1 밴드패스필터(110)는 $QBPF_I(n) = LPF(n) \cdot \cos(2\pi f_0 n / f_s)$ 를 만족할 수 있다. 제2 밴드패스필터(130)는 $QBPF_Q(n) = LPF(n) \cdot \sin(2\pi f_0 n / f_s)$ 를 만족할 수 있다. (여기서, $QBPF_I(n)$ 는 제1 밴드패스필터(110), $QBPF_Q(n)$ 는 제2 밴드패스필터(130), n 은 샘플 데이터(S_DATA)의 인덱스, f_0 는 초음파 중심주파수, f_s 초음파 수신신호에 대한 샘플링 주파수를 의미한다.)

[0081] 데시메이션 부(200)는 필터 데이터(F_DATA)를 데시메이션 (Decimation)하여 데시메이션 데이터(D_DATA)를 제공할 수 있다. 데시메이션 부(200)는 제1 데시메이션부(210) 및 제2 데시메이션부(230)를 포함할 수 있다. 제1 데시메이션부(210)는 제1 밴드패스필터(110)로부터 제공되는 제1 필터 데이터(F_DATA1)를 M 샘플 간격으로 데시메이션할 수 있다. 제1 필터 데이터(F_DATA1)를 M 샘플 간격으로 데시메이션한 데이터는 제1 데시메이션 데이터(D_DATA1)일 수 있다. 제2 데시메이션부(230)는 제2 밴드패스필터(130)로부터 제공되는 제2 필터 데이터(F_DATA2)를 M 샘플 간격으로 데시메이션할 수 있다. 제2 필터 데이터(F_DATA2)를 M 샘플 간격으로 데시메이션한 데이터는 제2 데시메이션 데이터(D_DATA2)일 수 있다.

[0082] 푸리에 변환부(300)는 데시메이션 데이터(D_DATA)를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)하여 변환 데이터(T_DATA)를 제공할 수 있다. 변환 데이터(T_DATA)를 이용하여 복수의 채널들 별로 생성되는 신호를 합성함으로써 빔포밍 영상을 제공할 수 있다.

[0083] 본 발명에 따른 빔포머 장치에서는 필터부(100)로부터 제공되는 필터 데이터(F_DATA)를 M 샘플 간격으로 데시메이션한 데시메이션 데이터(D_DATA)를 이용하여 고속 푸리에 트랜스폼을 수행함으로써 빔포밍 과정에서 연산량을 감소시킬 수 있다.

[0084] 도 15는 본 발명의 실시예들에 따른 빔포밍 방법을 나타내는 도면이다.

[0085] 도 15를 참조하면, 본 발명에 따른 빔포밍 방법에서는 필터부(100)가 샘플 데이터(S_DATA)를 필터링하여 필터 데이터(F_DATA)를 제공할 수 있다(S100). 데시메이션 부(200)가 필터 데이터(F_DATA)를 M샘플 간격으로 데시메이션(Decimation)하여 데시메이션 데이터(D_DATA)를 제공할 수 있다(S110). 푸리에 변환부(300)가 데시메이션 데이터(D_DATA)를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)하여 변환 데이터를 제공할 수 있다(S120). 보상부(400)가 데시메이션에 의해 발생하는 페이즈 및 시간지연을 보상할 수 있다(S130). 여기서, M은 데시메이

선 레이트(자연수)일 수 있다.

[0086] 일 실시예에 있어서, M 은 $f_s / M \geq BW$ 를 만족할 수 있다. 여기서, M 은 데시메이션 레이트(자연수), f_s 초음파 수신신호에 대한 샘플링 주파수, BW 는 초음파 수신신호의 밴드위스(bandwidth)일 수 있다.

[0087] 도 16은 본 발명의 실시예들에 따른 빔포머 장치의 동작방법을 나타내는 도면이다.

[0088] 도 16을 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 빔포머 장치의 동작방법에서는 복수의 채널들(CHANNEL)로부터 초음파 신호(RS)를 수신할 수 있다(S200). 복수의 채널들의 각각에 포함되는 샘플러(80)가 초음파 신호(RS)를 샘플링하여 샘플 데이터(S_DATA)를 제공할 수 있다(S210). 필터부(100)가 샘플 데이터(S_DATA)를 필터링하여 필터 데이터(F_DATA)를 제공할 수 있다(S220). 데시메이션 부(200)가 필터 데이터(F_DATA)를 M 샘플 간격으로 데시메이션(Decimation)하여 데시메이션 데이터(D_DATA)를 제공할 수 있다(S230). 푸리에 변환부(300)가 상기 데시메이션 데이터(D_DATA)를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)하여 변환 데이터를 제공할 수 있다(S240). 보상부(400)가 데시메이션에 의해 발생하는 페이즈 및 시간지연을 보상할 수 있다(S250).

[0089] 예를들어, 필터부(100)는 제1 밴드패스필터(110) 및 제2 밴드패스필터(130)를 포함할 수 있다. 데시메이션 부(200)는 제1 데시메이션부(210) 및 제2 데시메이션부(230)를 포함할 수 있다. 제1 데시메이션부(210)는 제1 밴드패스필터(110)로부터 제공되는 제1 필터 데이터(F_DATA1)를 M 샘플 간격으로 데시메이션할 수 있다. 제2 데시메이션부(230)는 제2 밴드패스필터(130)로부터 제공되는 제2 필터 데이터(F_DATA2)를 M 샘플 간격으로 데시메이션할 수 있다.

[0090] 본 발명에 따른 빔포머 장치의 동작방법에서는 필터부(100)로부터 제공되는 필터 데이터(F_DATA)를 M 샘플 간격으로 데시메이션한 데시메이션 데이터(D_DATA)를 이용하여 고속 푸리에 트랜스폼(FFT)을 수행함으로써 빔포밍 과정에서 연산량을 감소시킬 수 있다.

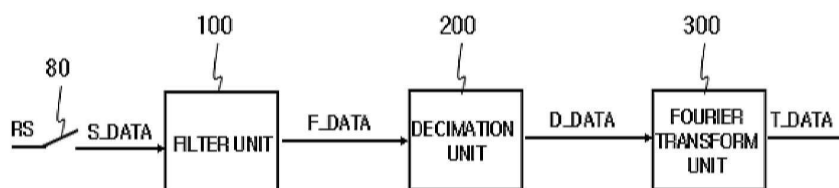
부호의 설명

[0091] 10: 빔포머 100: 필터부
200: 데시메이션 부 300: 푸리에 변환부
110: 제1 밴드패스필터 130: 제2 밴드패스필터
210: 제1 데시메이션부 230: 제2 데시메이션부
400: 보상부 410: 이산주파수대역 보상부
430: 시간지연 보상부 50: 빔포머 장치

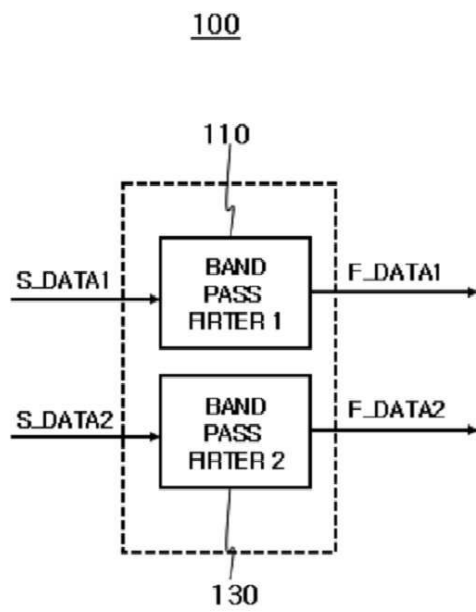
도면

도면1

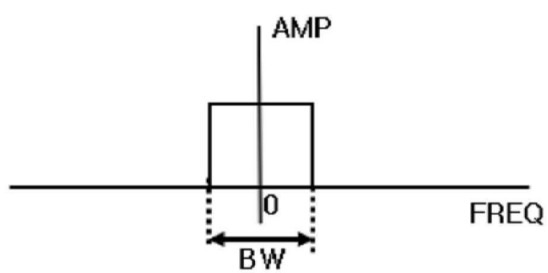
10



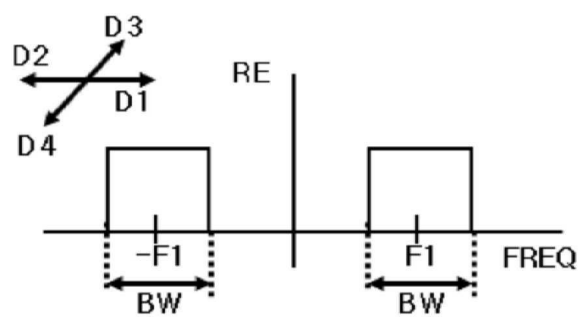
도면2



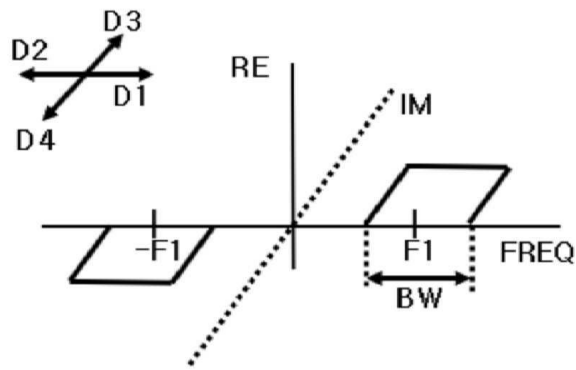
도면3



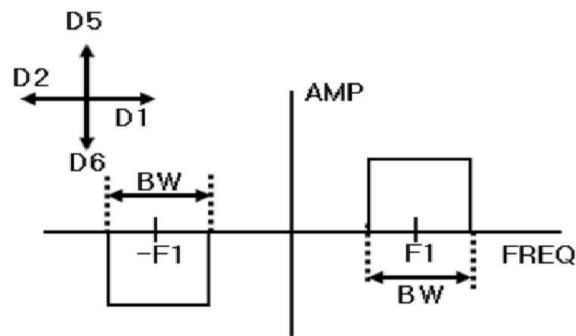
도면4



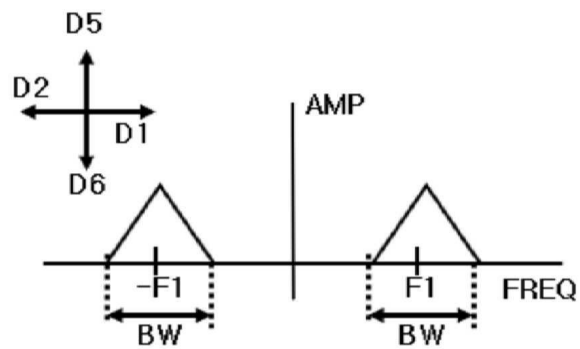
도면5



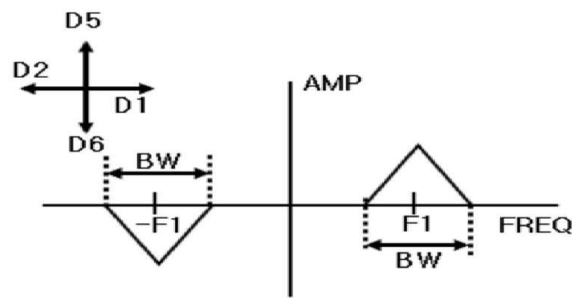
도면6



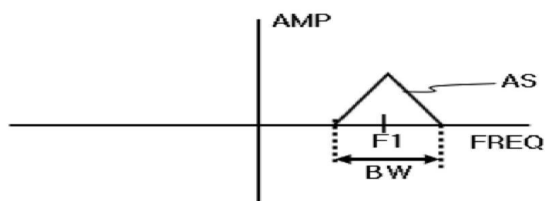
도면7



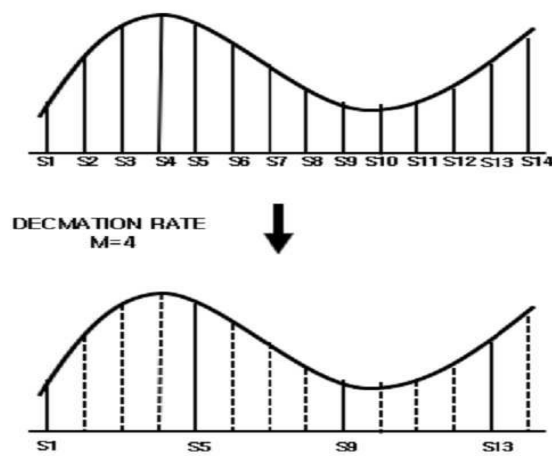
도면8



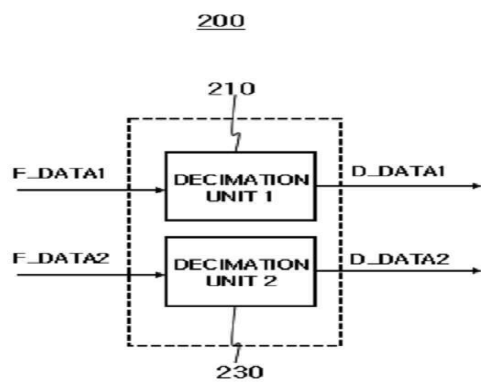
도면9



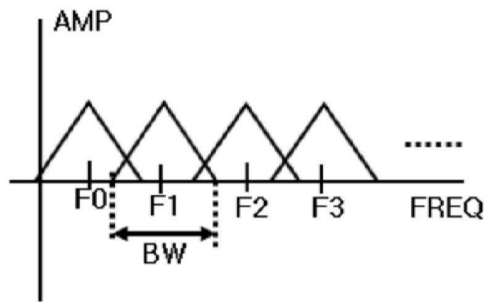
도면10



도면11

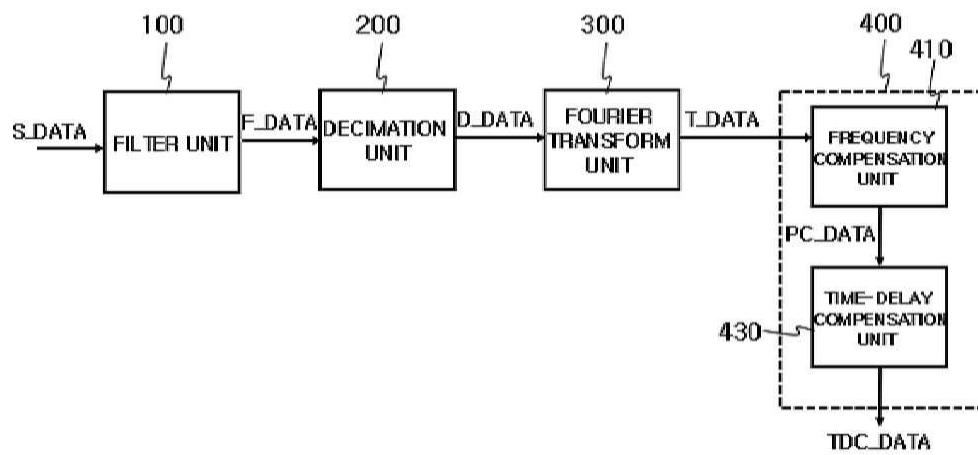


도면12



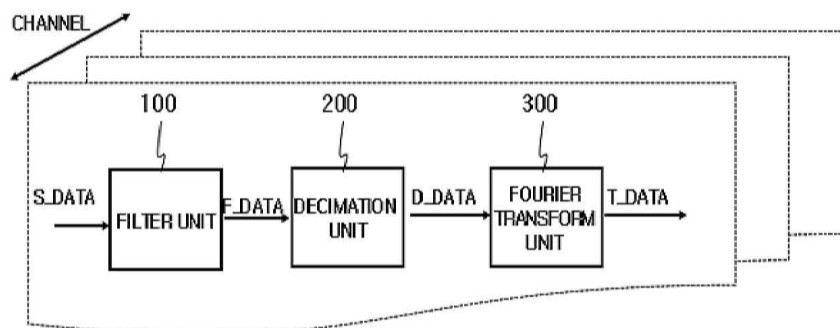
도면13

30

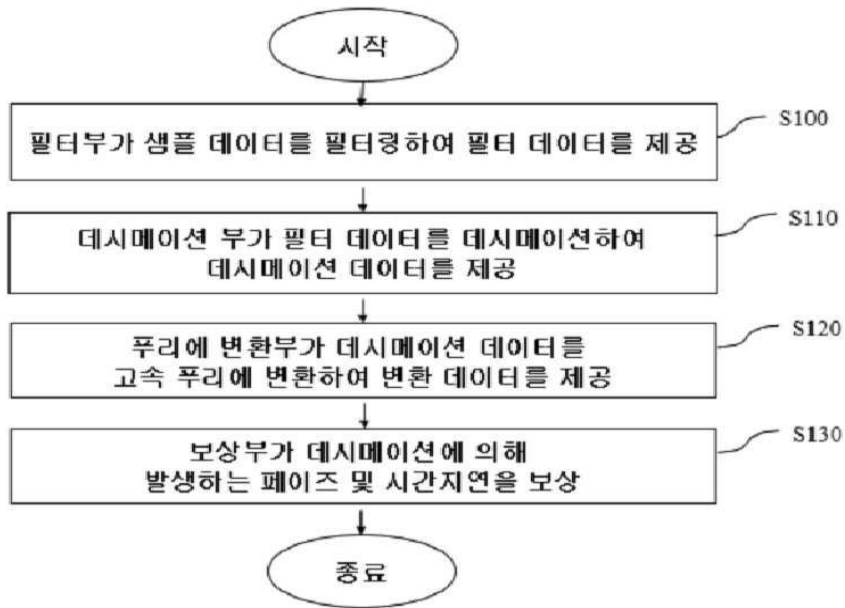


도면14

50



도면15



도면16

