



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0084455

(43) 공개일자 2013년07월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 8/00 (2006.01) *G06F* 19/00 (2011.01)

(21) 출원번호 10-2012-0005254

(22) 출원일자 2012년01월17일

심사청구일자 2012년01월17일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

장진호

서울특별시 양천구 신정2동 336번지 청구아파트
101동 302호

유재석

서울특별시 영등포구 여의도동 은하아파트 D동
202호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인충현

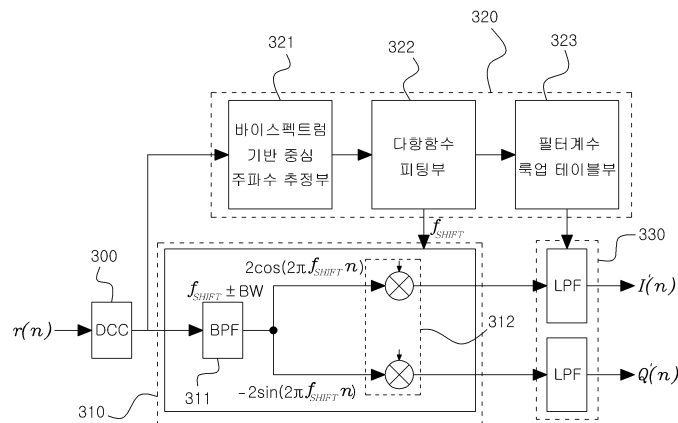
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 초음파 고조파 영상을 위한 적응적 동적 직각 복조 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 적응적 동적 직각 복조 장치에 관한 것으로서 특정 깊이 구간에 대해 바이스펙트럼 기법을 이용하여 고조파의 중심 주파수를 추정하는 바이스펙트럼 기반 주파수 추정부, 깊이 구간별로 고조파의 중심 주파수를 추정한 후, 다항 피팅을 수행함으로써, 깊이 구간별로 고조파의 중심 주파수를 결정하는 다항 함수 피팅부, 다항 함수 피팅부에서 결정된 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수를 이용하여 수신 신호로부터 동상성분과 직각성분을 생성하는 동적 직각 복조부, 및 다항 함수 피팅부에서 결정된 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수로부터 결정된 저역 통과 필터의 계수를 이용하여 동적 직각 복조부가 생성한 동상성분과 직각성분을 저역 통과 필터링하는 동적 저역 통과 필터부를 포함하는 것을 특징으로 하며, 정밀하게 고조파의 중심 주파수 검출함으로써, 고조파 영상 기법에 더 적합한 초음파 고조파 영상을 생성할 수 있다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

유양모

경기도 고양시 일산서구 일산3동 후곡3단지 307동
101호

송태경

서울특별시 종로구 평창동 롯데캐슬 로잔 106-402

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	201142013
부처명	지식경제부
연구사업명	기능성 초음파 영상 진단 시스템 개발 과제
연구과제명	초음파 멀티 하모닉 영상 기술
주관기관	서강대학교 산학협력단
연구기간	2011.06.01 ~ 2012.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

특정 깊이 구간에 대해 바이스펙트럼 기법을 이용하여 고조파의 중심 주파수를 추정하는 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부;

깊이 구간별로 상기 고조파의 중심 주파수를 추정한 후, 다항 피팅을 수행함으로써, 상기 깊이 구간별로 상기 고조파의 중심 주파수를 결정하는 다항 함수 피팅부;

상기 다항 함수 피팅부에서 결정된 상기 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수를 이용하여 수신 신호로부터 동상성분과 직각성분을 생성하는 동적 직각 복조부; 및

상기 다항 함수 피팅부에서 결정된 상기 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수로부터 결정된 저역 통과 필터의 계수를 이용하여 상기 동적 직각 복조부가 생성한 동상성분과 직각성분을 저역 통과 필터링하는 동적 저역 통과 필터부를 포함하는 적응적 동적 직각 복조 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 동적 직각 복조부는

상기 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수를 이용하여 동적 대역 통과 필터링을 수행하는 동적 대역 통과 필터부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 적응적 동적 직각 복조 장치.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 수신 신호에 포함된 DC 성분을 제거하는 DC 성분 제거부를 더 포함하고, 상기 DC 성분 제거부는 상기 DC 성분이 제거된 수신 신호를 상기 동적 대역 통과 필터부와 상기 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부로 전달하는 것을 특징으로 하는 적응적 동적 직각 복조 장치.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 깊이 구간별로 결정된 고조파의 중심 주파수를 이용하여 상기 동적 저역 통과 필터부의 필터 계수를 상기 깊이 구간별로 결정하는 필터 계수 록업 테이블부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 적응적 동적 직각 복조 장치.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부는

상기 수신신호를 깊이에 따라 일정 구간으로 나누고, 제로 패딩을 수행하여 해상도를 올리는 제로패딩부;

윈도우를 이용하여 상기 수신신호의 일정 시간 영역의 일부만을 선택하는 윈도우부;

상기 윈도우부에서 출력된 수신신호로부터 3차 자기 상관(Auto-correlation) 또는 푸리에 변환(Fourier Transform)을 이용하여 바이스펙트럼을 연산하는 바이스펙트럼 연산부;

상기 연산된 바이스펙트럼의 정밀도를 올리기 위하여 주파수 평활화를 수행하는 주파수 평활화부; 및

상기 주파수 평활화를 거친 바이스펙트럼의 피크값을 찾아내어, 상기 고조파 중심 주파수를 검출하는 피크값 검출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 적응적 동적 직각 복조 장치.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 피크값 검출부는 상기 연산된 바이스펙트럼에 대응하는 제1 주파수와 제2 주파수가 같은 경우의 제1 주파수 중에서 최대값을 상기 고조파의 중심 주파수로 검출하는 것을 특징으로 하는 적응적 동적 직각 복조 장치.

청구항 7

수신신호를 깊이에 따라 일정 구간으로 나누고, 제로 패딩을 수행하여 해상도를 올리는 제로패딩부;

윈도우를 이용하여 상기 수신신호의 시간 영역 일부만을 선택하는 윈도우부;

상기 윈도우부에서 출력된 수신신호로부터 3차 자기 상관(Auto-correlation) 또는 푸리에 트랜스폼(Fourier Transform)을 이용하여 바이스펙트럼을 연산하는 바이스펙트럼 연산부;

상기 연산된 바이스펙트럼의 정밀도를 올리기 위하여 주파수 평활화를 수행하는 주파수 평활화부; 및

상기 주파수 평활화를 거친 바이스펙트럼의 피크값을 찾아내어, 상기 고조파 중심 주파수를 검출하는 피크값 검출부를 포함하고,

상기 피크값 검출부는 상기 연산된 바이스펙트럼에 대응하는 제1 주파수와 제2 주파수가 같은 경우의 제1 주파수 중에서 최대값을 상기 고조파의 중심 주파수로 검출하는 것을 특징으로 하는 바이스펙트럼 기반 주파수 추정 장치.

청구항 8

특정 깊이 구간에 대해 바이스펙트럼 기법을 이용하여 고조파의 중심 주파수를 추정하는 단계;

깊이 구간별로 상기 고조파의 중심 주파수를 추정한 후, 다항 피팅을 수행함으로써, 상기 깊이 구간별로 상기 고조파의 중심 주파수를 결정하는 단계;

상기 결정된 상기 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수를 이용하여 수신 신호로부터 동상성분과 직각성분을 생성하는 단계; 및

상기 결정된 상기 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수로부터 결정된 저역 통과 필터의 계수를 이용하여 상기 동상성분과 상기 직각성분을 저역 통과 필터링하는 단계를 포함하는 적응적 동적 직각 복조 방법.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 수신 신호로부터 동상성분과 직각성분을 생성하는 단계는,

상기 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수를 이용하여 동적 대역 통과 필터링을 수행한 결과에 대하여 동상 성분과 직각성분을 생성하는 것을 특징으로 하는 적응적 동적 직각 복조 방법.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 수신 신호에 포함된 DC 성분을 제거하고, 상기 DC 성분이 제거된 수신 신호에 대하여 상기 동적 대역 통과 필터링을 수행한 다음, 동상 성분과 직각성분을 생성하는 것을 특징으로 하는 적응적 동적 직각 복조 방법.

청구항 11

제8 항에 있어서,

상기 깊이 구간별로 결정된 고조파의 중심 주파수를 이용하여 상기 저역 통과 필터의 필터 계수를 상기 깊이 구간별로 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 적응적 동적 직각 복조 방법.

청구항 12

제8 항에 있어서,

상기 깊이 구간별로 상기 고조파의 중심 주파수를 결정하는 단계는,

상기 수신신호를 깊이에 따라 일정 구간으로 나누고, 제로 패딩을 수행하여 해상도를 올리는 단계;
 윈도우를 이용하여 상기 제로 패딩이 수행된 수신신호의 시간 영역 일부만을 선택하는 단계;
 상기 시간 영역 일부만이 선택된 수신신호로부터 3차 자기 상관(Auto-correlation) 또는 푸리에 변환(Fourier Transform)을 이용하여 바이스펙트럼을 연산하는 단계;
 상기 연산된 바이스펙트럼의 정밀도를 올리기 위하여 주파수 평활화를 수행하는 단계; 및
 상기 주파수 평활화를 거친 바이스펙트럼의 피크값을 찾아내어, 상기 고조파 중심 주파수를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 적응적 동적 직각 복조 방법.

청구항 13

제12 항에 있어서,
 상기 고조파 중심 주파수를 결정하는 단계는,
 상기 연산된 바이스펙트럼에 대응하는 제1 주파수와 제2 주파수가 같은 경우의 제1 주파수 중에서 최대값을 이용하여 상기 고조파의 중심 주파수를 결정하는 것을 특징으로 하는 적응적 동적 직각 복조 방법.

청구항 14

수신신호를 깊이에 따라 일정 구간으로 나누고, 제로 패딩을 수행하여 해상도를 올리는 단계;
 윈도우를 이용하여 상기 제로 패딩이 수행된 수신신호의 시간 영역 일부만을 선택하는 단계;
 상기 시간 영역 일부만이 선택된 수신신호로부터 3차 자기 상관(Auto-correlation)을 이용하여 바이스펙트럼을 연산하는 단계;
 상기 연산된 바이스펙트럼의 정밀도를 올리기 위하여 주파수 평활화를 수행하는 단계; 및
 상기 주파수 평활화를 거친 바이스펙트럼에 대응하는 제1 주파수와 제2 주파수가 같은 경우의 제1 주파수 중에서 최대값을 상기 고조파의 중심 주파수로 검출하는 단계를 포함하는 바이스펙트럼 기반 주파수 추정 방법.

청구항 15

제 8 항 내지 제 14 항 중에 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 적응적 동적 직각 복조 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 정밀하게 고조파의 중심 주파수 검출함으로써, 고조파 영상 기법에 더 적합한 초음파 고조파 영상을 위한 적응적 동적 직각 복조 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 초음파 고조파 영상 기법은 중심 주파수가 f_0 인 초음파 신호를 송신했을 때 매질의 비선형적인 특성에 의해 발생하여 돌아온 신호 중 고조파 성분을 이용하여 영상을 구성하는 기법이다.

[0003] 도 1은 기본 주파수 신호와 2차 고조파 신호의 빔패턴을 도시한 것이다.

[0004] 도 1을 참조하면, 점선으로 표시되는 2차 고조파 성분은 실선으로 표시되는 기본주파수 성분에 비해 주엽 폭(mainlobe width)이 좁고, 측엽(sideloobe)의 크기가 작은 빔 패턴이 형성되어 영상의 측방향 해상도와 대조도가 향상된다.

[0005] 도 2는 기본 주파수 신호 영상과 고조파 주파수 신호 영상을 도시한 것이다.

[0006] 도 2(a)는 기본 주파수 신호 영상을 도시한 것이고, 도 2(b)는 2차 고조파 주파수 신호 영상을 도시한 것이다.

- [0007] 도 2(b)에 도시된 2차 고조파 성분을 이용한 영상이 도 2(a)의 기본 주파수 성분을 이용한 영상에 비해 해상도와 대조도 측면에서 향상되어 경계가 뚜렷함을 알 수 있다.
- [0008] 한편, 의료용 초음파 영상을 취득하기 위해서는 라디오 주파수 대역의 신호로부터 동적 직각 복조 기법을 통하여 포락선을 검출하여 영상을 취득하게 된다. 이때, 수신된 신호의 중심 주파수는 송신 주파수보다 깊이에 따라 조금씩 내려가게 되는 주파수 내림 현상이 발생하게 된다. 이는 영상의 품질을 올리기 위해 사용하는 고조파 영상 기법을 사용함에 있어서도 마찬가지로 발생하게 된다.
- [0009] 또한, 기존의 직각 복조기의 경우에는 고정된 주파수 대역을 이용하여 직각 복조를 수행하기 때문에, 이로 인한 영상의 품질의 저하가 발생한다. 기존의 방법은 기본 주파수를 추정하는 알고리즘에 맞추어져 있기 때문에, 상대적으로 신호가 약한 고조파의 중심주파수를 정확하게 추정하기에는 한계점이 존재한다.
- [0010] 기존의 초음파 주파수의 추정 방식은 기본 주파수에 최적화되어 있는 방법으로, 기본 주파수에 비하여 20dB가량 작은 고조파 성분의 주파수를 검출하기에는 적합하지가 않다. 특히, 초음파는 인체 내를 진행하면서 주파수 종속적인 감쇠현상이 발생하는데, 기본 주파수에 비해 고조파 성분은 그 감쇠가 더 크게 일어나기 때문에 고조파에 적합한 추정 기술이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 첫 번째 과제는 초음파 영상의 품질을 높여 개선된 영상을 제공할 수 있는 적응적 동적 직각 복조 장치를 제공하는 것이다.
- [0012] 본 발명이 해결하고자 하는 두 번째 과제는 정밀하게 고조파의 중심 주파수 검출함으로써, 고조파 영상 기법에 더 적합한 적응적 동적 직각 복조 방법을 제공하는 것이다.
- [0013] 또한, 상기된 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명은 상기 첫 번째 과제를 달성하기 위하여, 특정 깊이 구간에 대해 바이스펙트럼 기법을 이용하여 고조파의 중심 주파수를 추정하는 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부; 깊이 구간별로 상기 고조파의 중심 주파수를 추정한 후, 다항 피팅을 수행함으로써, 상기 깊이 구간별로 상기 고조파의 중심 주파수를 결정하는 다항 함수 피팅부; 상기 다항 함수 피팅부에서 결정된 상기 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수를 이용하여 수신 신호로부터 동상성분과 직각성분을 생성하는 동적 직각 복조부; 및 상기 다항 함수 피팅부에서 결정된 상기 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수로부터 결정된 저역 통과 필터의 계수를 이용하여 상기 동적 직각 복조부가 생성한 동상성분과 직각성분을 저역 통과 필터링하는 동적 저역 통과 필터부를 포함하는 적응적 동적 직각 복조 장치를 제공한다.
- [0015] 본 발명의 일 실시 예에 의하면, 상기 동적 직각 복조부는 상기 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수를 이용하여 동적 대역 통과 필터링을 수행하는 동적 대역 통과 필터부를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 수신 신호에 포함된 DC 성분을 제거하는 DC 성분 제거부를 더 포함하고, 상기 DC 성분 제거부는 상기 DC 성분이 제거된 수신 신호를 상기 동적 대역 통과 필터부와 상기 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부로 전달할 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 깊이 구간별로 결정된 고조파의 중심 주파수를 이용하여 상기 동적 저역 통과 필터부의 필터 계수를 상기 깊이 구간별로 결정하는 필터 계수 룩업 테이블부를 더 포함할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 다른 실시 예에 의하면, 상기 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부는 상기 수신신호를 깊이에 따라 일정 구간으로 나누고, 제로 패딩을 수행하여 해상도를 올리는 제로패딩부; 윈도우를 이용하여 상기 수신신호의 일정 시간 영역의 일부만을 선택하는 윈도우부; 상기 윈도우부에서 출력된 수신신호로부터 3차 자기 상관(Auto-correlation) 또는 푸리에 변환(Fourier Transform)을 이용하여 바이스펙트럼을 연산하는 바이스펙트럼 연산부; 상기 연산된 바이스펙트럼의 정밀도를 올리기 위하여 주파수 평활화를 수행하는 주파수 평활화부; 및 상기 주파수 평활화를 거친 바이스펙트럼의 피크값을 찾아내어, 상기 고조파 중심 주파수를 검출하는 피크값 검출부

를 포함할 수 있다.

- [0019] 이때, 상기 피크값 검출부는 상기 연산된 바이스펙트럼에 대응하는 제1 주파수와 제2 주파수가 같은 경우의 제1 주파수 중에서 최대값을 상기 고조파의 중심 주파수로 검출하는 것이 바람직하다.
- [0020] 본 발명은 상기 두 번째 과제를 달성하기 위하여, 특정 깊이 구간에 대해 바이스펙트럼 기법을 이용하여 고조파의 중심 주파수를 추정하는 단계; 깊이 구간별로 상기 고조파의 중심 주파수를 추정한 후, 다항 피팅을 수행함으로써, 상기 깊이 구간별로 상기 고조파의 중심 주파수를 결정하는 단계; 상기 결정된 상기 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수를 이용하여 수신 신호로부터 동상성분과 직각성분을 생성하는 단계; 및 상기 결정된 상기 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수로부터 결정된 저역 통과 필터의 계수를 이용하여 상기 동상성분과 상기 직각성분을 저역 통과 필터링하는 단계를 포함하는 적응적 동적 직각 복조 방법을 제공한다.
- [0021] 상기 다른 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 상기된 적응적 동적 직각 복조 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공한다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명에 따르면, 초음파 빔 집속신호를 깊이에 따라 다수로 분할한 후 각 구간별로 고조파 중심 주파수를 추정하여 고조파 영상화에 사용함으로써, 초음파 영상의 품질을 높여 개선된 영상을 제공할 수 있다.
- [0023] 또한, 본 발명에 따르면, 고차 신호처리 기법인 바이스펙트럼을 기반으로 하여, 노이즈에 강건한 고조파 중심 주파수 추정기법을 사용하기 때문에, 기존에 비해 고조파 영상 기법에 더 적합하다. 즉, 기존에는 기본 주파수의 추정에 중점을 두었기 때문에, 상대적으로 세기가 약한 고조파의 검출에는 한계가 있으나 본 발명은 기존의 방법과는 다르게 고조파의 중심 주파수 검출에 적합한 방법이기 때문에 보다 정밀한 고조파의 중심 주파수 검출이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 기본 주파수 신호와 2차 고조파 신호의 빔패턴을 도시한 것이다.
- 도 2는 기본 주파수 신호 영상과 고조파 주파수 신호 영상을 도시한 것이다.
- 도 3은 본 발명의 바람직한 일 실시 예에 따른 적응적 동적 직각 복조 장치의 구성도이다.
- 도 4는 본 발명의 바람직한 일 실시 예에 따른 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부의 상세 구성도이다.
- 도 5는 바이스펙트럼 연산부 또는 주파수 평활화부로부터 출력된 바이스펙트럼(bispectrum)을 도시한 것이다.
- 도 6은 깊이에 따라 추정된 고조파 중심 주파수 커브를 도시한 것이다.
- 도 7은 본 발명의 바람직한 일 실시 예에 따른 적응적 동적 직각 복조 방법의 흐름도이다.
- 도 8은 본 발명의 바람직한 일 실시 예에 따른 바이스펙트럼 기반 주파수 추정 방법의 흐름도이다.
- 도 9는 바이스펙트럼 기반 중심 주파수 추정부를 이용한 고조파 영상을 도시한 것이다.
- 도 10은 도 9에서 사용한 중심 주파수 커브를 도시한 것이다.
- 도 11은 도 2(a)의 포인트 타겟 부분을 확대하여 도시한 도면(좌)과 확대된 포인트 타겟의 contour map를 도시한 도면(우)이다.
- 도 12는 도 2(b)의 포인트 타겟 부분을 확대하여 도시한 도면(좌)과 확대된 포인트 타겟의 contour map를 도시한 도면(우)이다.
- 도 13은 도 9의 포인트 타겟 부분을 확대하여 도시한 도면(좌)과 확대된 포인트 타겟의 contour map를 도시한 도면(우)이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 본 발명에 관한 구체적인 내용의 설명에 앞서 이해의 편의를 위해 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안의 개요 혹은 기술적 사상의 핵심을 우선 제시한다.
- [0026] 본 발명의 일 실시 예에 따른 적응적 동적 직각 복조 장치는 특정 깊이 구간에 대해 바이스펙트럼 기법을 이용

하여 고조파의 중심 주파수를 추정하는 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부; 깊이 구간별로 상기 고조파의 중심 주파수를 추정한 후, 다항 피팅을 수행함으로써, 상기 깊이 구간별로 상기 고조파의 중심 주파수를 결정하는 다항 함수 피팅부; 상기 다항 함수 피팅부에서 결정된 상기 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수를 이용하여 수신 신호로부터 동상성분과 직각성분을 생성하는 동적 직각 복조부; 및 상기 다항 함수 피팅부에서 결정된 상기 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수로부터 결정된 저역 통과 필터의 계수를 이용하여 상기 동적 직각 복조부가 생성한 동상성분과 직각성분을 저역 통과 필터링하는 동적 저역 통과 필터부를 포함한다.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 '연결'되어 있다고 할 때, 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.

[0030] 도 3은 본 발명의 바람직한 일 실시 예에 따른 적응적 동적 직각 복조 장치의 구성도이다.

[0031] 도 3을 참조하면, 본 실시 예에 따른 적응적 동적 직각 복조 장치는 DC 성분 제거부(300), 동적 직각 복조부(310), 주파수 추정부(320), 및 동적 저역 통과 필터부(330)로 구성된다.

[0032] DC 성분 제거부(300, DCC)는 DC 제거 필터(DC Cancel filter)를 이용하여 빔 집중된 수신 신호 $r(n)$ 에 포함된 DC 성분을 제거한다. DC 성분을 제거하지 않으면, 직각 복조(quadrature demodulation)시 DC 성분이 중심 주파수의 자리에 위치하게 되는데, 저역 통과 필터로는 중심 주파수에 위치하는 DC 성분을 완벽하게 제거하기 힘들기 때문에 DC 제거 필터를 이용하여 DC 성분을 제거한다. DC 성분이 포함되는 경우 영상 전체적으로 안개가 끼듯이 뿌옇게 된다.

[0033] 동적 직각 복조부(310)는 DC 성분이 제거된 수신 신호 $r(n)$ 에 다운시프트된 중심 주파수의 추정치인 f_{SHIFT} 을 이용하여 주파수 축에서 바이어스되어 있는 신호 성분을 보상하면서, 동상 성분과 직각 성분으로 분리한다.

[0034] 동적 직각 복조부(310)는 동적 대역 통과 필터부(311)와 믹서부(312)로 구성된다.

[0035] 동적 대역 통과 필터부(311, BPF)는 DC 성분이 제거된 수신 신호 $r(n)$ 의 $f_{SHIFT} \pm BW$ 범위 내에 있는 주파수를 갖는 신호를 통과시킨다. 이 때 동적 대역 통과 필터부의 대역범위는 추정된 주파수의 변화에 따라 결정되어진다.

[0036] 믹서부(312)는 고조파 중심 주파수 추정치인 f_{SHIFT} 성분을 갖는 코사인 신호와 사인 신호를 동적 대역 통과 필터부를 거친 신호에 곱함으로써, 동상 성분 및 직각 성분을 생성하고, 기저대역으로 옮긴다.

[0037] 믹서부(312)는 중심 주파수 추정치인 f_{SHIFT} 성분에 디지털 도메인에서의 시간 지표 n 을 곱한 값을 코사인 신호와 사인 신호에 사용할 수 있다. 중심 주파수 추정치인 f_{SHIFT} 는 고조파 중심 주파수 $2f_0$, $3f_0$ 등을 추정한 값이다.

[0038] 주파수 추정부(320)는 고조파 성분이 깊이에 따라 주파수 감쇠현상이 발생하는 것을 고려하여 고조파 중심 주파수의 다운시프트 값을 추정한다. 주파수 추정부(320)는 추정된 중심 주파수의 다운시프트 값을 동적 대역 통과 필터부(311)와 믹서부(312)로 전달한다.

[0039] 주파수 추정부(320)는 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부(321), 다항함수 피팅부(322), 및 필터 계수 룩업

테이블부(323)로 구성된다.

[0040] 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부(321)는 고차 스펙트럼 분석 기법인 바이스펙트럼 기법을 이용하여 고조파의 중심 주파수를 추정한다. 고조파 중심 주파수의 추정에 대해서는 도 5를 참조하여 상세하게 설명하기로 한다.

[0041] 다항함수 피팅부(322)는 추정된 고조파의 중심 주파수를 이용하여 1차 함수로 다항 피팅을 수행하여 중심 주파수 함수를 생성하고, 생성된 중심 주파수를 동적 직각 복조부(310)로 전달하여 동적 직각 복조부(310)가 중심 주파수를 이용하여 직각 복조를 수행하도록 한다. 다항함수 피팅부(322)가 생성한 고조파 중심 주파수를 이용하여, 동적 직각 복조부(310)가 동적 직각 복조를 수행하면 보다 개선된 품질의 고조파 영상을 얻을 수 있다.

[0042] 잡음 성분이 존재하는 실제 신호의 특성상 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부(321)의 중심 주파수 추정 결과는 일정 폭의 변동 범위를 가지게 되기 때문에 다항 함수로의 피팅을 통하여 중심 주파수 변화의 경향성을 추정할 수 있다. 한편, 중심 주파수 추정 결과인 f_{SHIFT} 의 값과 실제 중심 주파수 다운시프트 값이 일치하면 포락선을 왜곡없이 검출할 수 있게 된다.

[0043] 필터 계수 록업 테이블부(323)는 추정한 중심 주파수를 이용하여 동적 저역 통과 필터부(330)의 계수를 결정한다.

[0044] 즉, 필터 계수 록업 테이블부(323)는 다운시프트된 중심 주파수의 추정치인 f_{SHIFT} 을 이용하여 직각 복조 후 수행되는 동적 저역 통과 필터부(330)의 필터 계수를 결정함으로써, 초음파 진행 깊이에 따른 구간별 적응 동적 저역 통과 필터링을 수행하게 된다.

[0045] 동적 저역 통과 필터부(330, LPF)는 필터 계수 록업 테이블부(323)에서 깊이에 따라 각 구간별로 결정된 필터 계수를 이용하여 저역 통과 필터링을 수행한다.

[0046] 이후 저역 통과 필터링된 동상 성분과 직각 성분을 이용하여 포락선을 검출하고, 초음파 고조파 영상을 얻는다.

[0047] 도 4는 본 발명의 바람직한 일 실시 예에 따른 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부의 상세 구성도이다.

[0048] 도 4를 참조하면, 본 실시 예에 따른 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부(321)는 제로패딩부(400), 윈도우부(410), 바이스펙트럼 연산부(420), 주파수 평활화부(430), 및 피크값 검출부(440)로 구성된다.

[0049] 제로패딩부(400)는 DC 성분이 제거된 빔집속 수신신호 $x(n)$ 을 깊이에 따라 일정 구간으로 나누고, 해상도를 올리기 위하여 제로 패딩(Zero-padding)을 수행한다.

[0050] 윈도우부(410)는 윈도우를 이용하여 상기 수신신호의 일정 시간 영역의 일부만을 선택한다. 이때, 신호를 명확하게 분석하기 위하여 데이터 윈도우를 취하는 것이다. Windowing의 종류는 Hamming Window, Parzen Window 등을 사용할 수 있다. Hamming Window 또는 Parzen Window를 이용함으로써, Rectangular Window를 이용할 때보다 누설 주파수(leakage frequency)를 줄일 수 있다.

[0051] 바이스펙트럼 연산부(420)는 3차 자기 상관(Auto-correlation) 또는 푸리에 트랜스폼(Fourier Transform)으로 바이스펙트럼을 연산한다.

[0052] 바이스펙트럼 연산은 다음의 수학식 1과 같이 계산된다.

수학식 1

$$B(f_1, f_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} R_{xxx}(\tau_1, \tau_2) e^{j(f_1\tau_1 + f_2\tau_2)} d\tau_1 d\tau_2$$

[0054] 여기서, $R_{xxx}(\tau_1, \tau_2)$ 는 빔 집속된 수신 신호 $x(n)$ 의 3차 자기상관함수이고, 바이스펙트럼은 $f_1, f_2, f_3(=f_1+f_2)$ 의 세 주파수 성분 사이의 관계를 나타내는 3차의 통계량이다.

[0055] 수학식 1을 참조하면, Gaussian Noise에 대해서 R_{xxx} 가 항상 0으로 계산되어지기 때문에, 노이즈에 강건한 특성

을 가진다. 또한, 위상이 일치하는 조건에서의 고조파 성분을 검출할 수 있으므로, 초음파 2차 고조파 성분의 검출에 유용하게 사용될 수 있다. 그러나 수학적 1과 같이 계산하기에는 너무 많은 연산량을 요구하기 때문에, 푸리에 트랜스폼을 이용하여 수학적 2와 같이 FFT 기반의 Direct Method로 주로 계산한다.

수학적 2

$$B(f_1, f_2) = \frac{X(f_1)X(f_2)X^*(f_1 + f_2)}{N^3}$$

[0056]

[0057] 이때, $X(f)$ 는 $x(t)$ 의 푸리에 트랜스폼 결과이고, N 은 데이터의 갯수를 의미한다. 수학적 2의 f_1 을 x 축에, f_2 를 y 축에 나타내고, $B(f_1, f_2)$ 를 등고선 형식으로 표시하면 도 5와 같다.

[0058] 주파수 평활화부(430)는 추정된 바이스펙트럼의 정밀도를 올리기 위하여 주파수 평활화를 수행한다. 바이스펙트럼 연산부(420)에서 연산된 3차 피리오도그램(periodogram)은 정밀도를 향상을 위해 평균값 검출방법이나 주파수 평활화 기법 등을 이용하여 정밀도를 향상시키게 된다. 평균값 검출은 여러 Time Series 신호를 평균하여 SNR을 향상시키는 방법이고, 주파수 평활화기법은 2D-Window를 이용하여 주파수 평면을 평활화하는 기법이다.

[0059] 피크값 검출부(440)는 주파수 평활화를 거친 바이스펙트럼에서 피크값을 찾아내어, 고조파 성분의 중심 주파수를 검출한다. 상기 피크값은 상기 주파수 평활화를 거친 바이스펙트럼에 대응하는 제1 주파수와 제2 주파수가 같은 경우의 제1 주파수 중에서 최대값을 나타낸다.

[0060] 피크값 검출부(440)가 고조파 성분의 중심 주파수를 검출하는 방법은 도 5를 참조하여 설명하기로 한다.

[0061] 도 5는 바이스펙트럼 연산부 또는 주파수 평활화부로부터 출력된 바이스펙트럼(bispectrum)을 도시한 것이다.

[0062] 도 5를 참조하면, $f_1 = f_2$ 인 위치에서의 f_1 의 최대값을 고조파의 중심 주파수로 검출함으로써, 고조파의 중심 주파수를 추정할 수 있다. 도 5와 같은 방법으로 추정된 고조파의 중심 주파수는 깊이마다 생성되어 도 6과 같은 고조파 주파수 추정 커브가 생성된다.

[0063] 도 6은 깊이에 따라 추정된 고조파 중심 주파수 커브를 도시한 것이다.

[0064] 도 6을 참조하면, 깊이에 따라 추정된 고조파의 중심 주파수를 이용하여 1차 커브를 생성한 다음, 다항 피팅을 적용하여 고조파 중심 주파수 추정 커브를 도시하고 있다. 이때, x 축에 section number는 깊이에 따른 구간을 나타낸다.

[0065] 도 6에서 결정되는 고조파의 중심 주파수는 동적 직각 복조부(410)와 필터 계수 록업 테이블부(423)로 전달된다.

[0066] 도 7은 본 발명의 바람직한 일 실시 예에 따른 적응적 동적 직각 복조 방법의 흐름도이다.

[0067] 도 7을 참조하면, 본 실시 예에 따른 적응적 동적 직각 복조 방법은 도 3에 도시된 적응적 동적 직각 복조 장치에서 시계열적으로 처리되는 단계들로 구성된다. 따라서, 이하 생략된 내용이라 하더라도 도 3에 도시된 적응적 동적 직각 복조 장치에 관하여 이상에서 기술된 내용은 본 실시 예에 따른 적응적 동적 직각 복조 방법에도 적용된다.

[0068] 700 단계에서 DC 성분 제거부(300)는 수신 신호에 포함된 DC 성분을 제거한다. DC 성분 제거부(300)는 상기 DC 성분이 제거된 수신 신호를 동적 대역 통과 필터부(311)와 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부(321)로 전달한다.

[0069] 710 단계에서 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부(321)는 특정 깊이 구간에 대해 바이스펙트럼 기법을 이용하여 고조파의 중심 주파수를 추정한다.

[0070] 720 단계에서 다항 함수 피팅부(322)는 깊이 구간별로 고조파의 중심 주파수를 추정한 후, 다항 피팅을 수행함

으로써, 상기 깊이 구간별로 상기 고조파의 중심 주파수를 결정한다.

- [0071] 730 단계에서 필터 계수 록업 테이블부(323)는 상기 깊이 구간별로 결정된 고조파의 중심 주파수를 이용하여 동적 저역 통과 필터부(330)의 필터 계수를 상기 깊이 구간별로 결정한다.
- [0072] 740 단계에서 동적 대역 통과 필터부(311)는 상기 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수를 이용하여 동적 대역 통과 필터링을 수행한다.
- [0073] 750 단계에서 믹서부(312)는 다항 함수 피팅부(322)에서 결정된 상기 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수를 이용하여 수신 신호로부터 동상성분과 직각성분을 생성한다.
- [0074] 760 단계에서 동적 저역 통과 필터부(330)는 다항 함수 피팅부(322)에서 결정된 상기 깊이 구간별 고조파의 중심 주파수로부터 결정된 저역 통과 필터의 계수를 이용하여 믹서부(312)가 생성한 동상성분과 직각성분을 저역 통과 필터링한다.
- [0075] 도 8은 본 발명의 바람직한 일 실시 예에 따른 바이스펙트럼 기반 주파수 추정 방법의 흐름도이다.
- [0076] 도 8을 참조하면, 본 실시 예에 따른 바이스펙트럼 기반 주파수 추정 방법은 도 4에 도시된 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부에서 시계열적으로 처리되는 단계들로 구성된다. 따라서, 이하 생략된 내용이라 하더라도 도 4에 도시된 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부에 관하여 이상에서 기술된 내용은 본 실시 예에 따른 바이스펙트럼 기반 주파수 추정 방법에도 적용된다.
- [0077] 800 단계에서 제로패딩부(400)는 DC 성분이 제거된 수신 빔집속 신호 $r(n)$ 을 깊이에 따라 일정 구간으로 나누고, 해상도를 올리기 위하여 제로 패딩(Zero-padding)을 수행한다.
- [0078] 810 단계에서 윈도우부(410)는 윈도우를 이용하여 상기 제로 패딩이 수행된 수신신호의 시간 영역 일부만을 선택한다.
- [0079] 820 단계에서 바이스펙트럼 연산부(420)는 상기 시간 영역 일부만이 선택된 수신신호로부터 3차 자기 상관 또는 푸리에 변환을 이용하여 바이스펙트럼을 연산한다.
- [0080] 830 단계에서 주파수 평활화부(430)는 상기 연산된 바이스펙트럼의 정밀도를 올리기 위하여 주파수 평활화를 수행한다.
- [0081] 840 단계에서 피크값 검출부(440)는 상기 주파수 평활화를 거친 바이스펙트럼의 피크값을 찾아내어, 상기 고조파 중심 주파수를 결정한다.
- [0082] 상기 피크값은 상기 주파수 평활화를 거친 바이스펙트럼에 대응하는 제1 주파수와 제2 주파수가 같은 경우의 제1 주파수 중에서 최대값을 나타낸다. 즉, 상기 주파수 평활화를 거친 바이스펙트럼을 구성하는 두 개의 주파수를 f_1 , f_2 라고 할 때, $f_1 = f_2$ 인 위치에서의 최대값을 가지는 f_1 또는 f_2 의 값의 2배인 $f_1 + f_2 = 2f_1 = 2f_2$ 을 고조파의 중심 주파수로 결정할 수 있다.
- [0083] 도 9는 바이스펙트럼 기반 중심 주파수 추정부를 이용한 고조파 영상을 도시한 것이다.
- [0084] 도 2(a)에 도시된 기본 주파수 신호 영상과 도 2(b)에 도시된 2차 고조파 주파수 신호 영상을 도 9에 도시된 고조파 영상과 비교하면, 도 2(b)의 영상의 해상도가 도 2(a)의 영상의 해상도보다 우수한 것을 알 수 있으며, 도 9의 영상이 도 2(a)의 영상 또는 도 2(b)의 영상보다 훨씬 뚜렷하게 나타나는 것을 확인할 수 있다.
- [0085] 도 10은 도 9에서 사용한 중심 주파수 커브를 도시한 것이다.
- [0086] 도 11은 도 2(a)의 포인트 타겟 부분을 확대하여 도시한 도면(좌)과 확대된 포인트 타겟의 contour map를 도시한 도면(우)이다.
- [0087] 도 12는 도 2(b)의 포인트 타겟 부분을 확대하여 도시한 도면(좌)과 확대된 포인트 타겟의 contour map를 도시한 도면(우)이다.
- [0088] 도 13은 도 9의 포인트 타겟 부분을 확대하여 도시한 도면(좌)과 확대된 포인트 타겟의 contour map를 도시한 도면(우)이다.

표 1

		Conventional	Harmonic	Harmonic with ADQDM
Axial Resolution	-6dB	0.87mm	0.864mm	0.72mm
	-12dB	1.584mm	1.296mm	1.296mm
Lateral Resolution	-6dB	1.584mm	1.152mm	1.152mm
	-12dB	3.024mm	1.728mm	1.44mm

[0089]

[0090]

표 1은 도 11 내지 도 13에 도시된 각 영상의 Contour Map 상에서의 축방향 해상도(Axial Resolution) 및 측방향 해상도(Lateral Resolution)를 표시한 것이다. 본 발명에 따른 적응적 동적 직각 복조 방법을 적용한 고조파 영상의 해상도가 가장 좋은 값을 가지는 것을 알 수 있다.

[0091]

본 발명의 실시 예들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0092]

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.

[0093]

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.

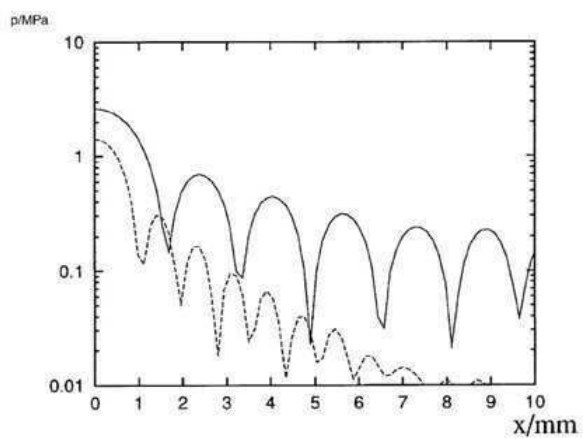
부호의 설명

[0094]

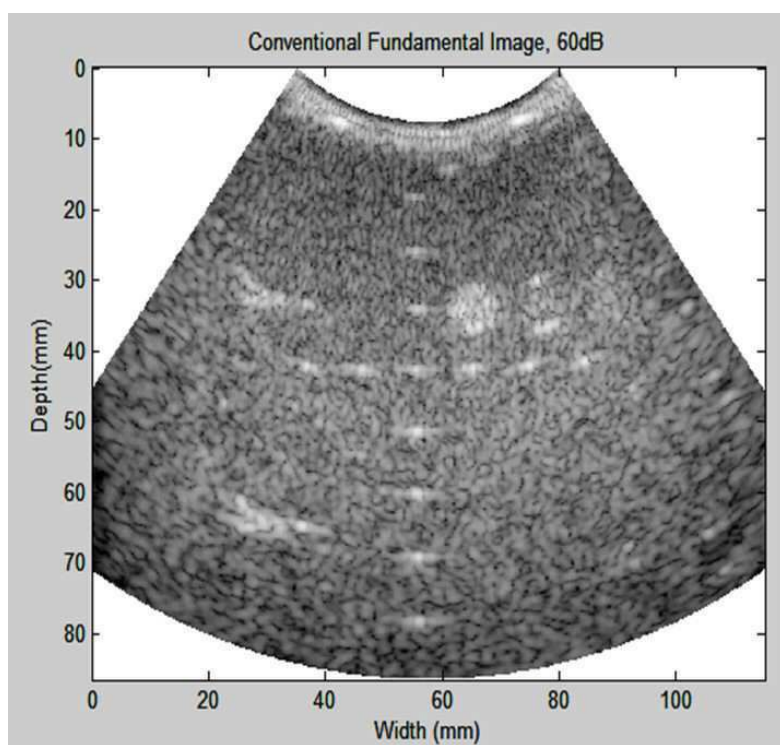
300 : DC 성분 제거부	310 : 동적 직각 복조부
311 : 동적 대역 통과 필터부	312 : 믹서부
320 : 주파수 추정부	321 : 바이스펙트럼 기반 중심주파수 추정부
322 : 다항함수 피팅부	323 : 필터 계수 록업 테이블부
330 : 동적 저역 통과 필터부	400 : 제로패딩부
410 : 윈도우부	420 : 바이스펙트럼 연산부
430 : 주파수 평활화부	440 : 피크값 검출부

도면

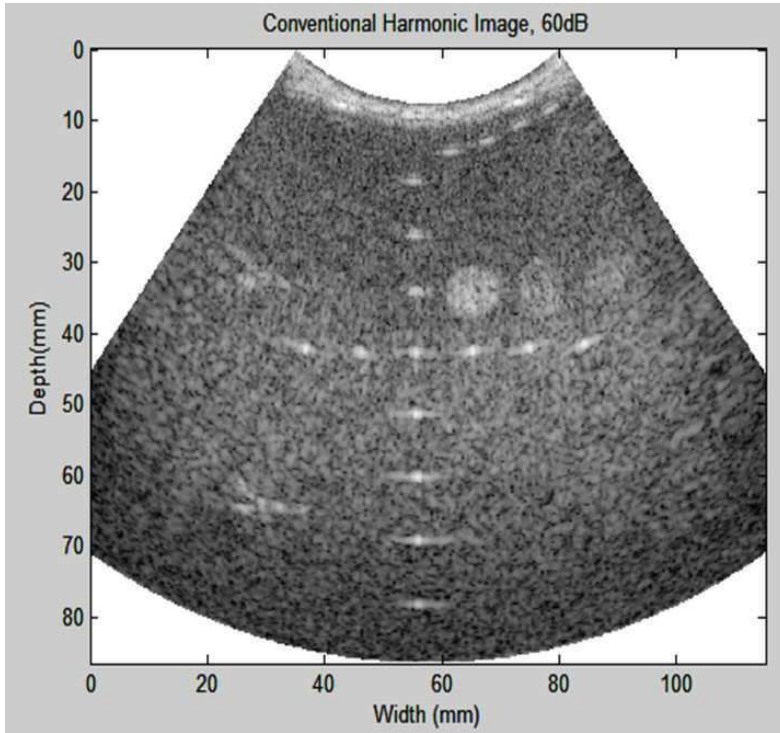
도면1



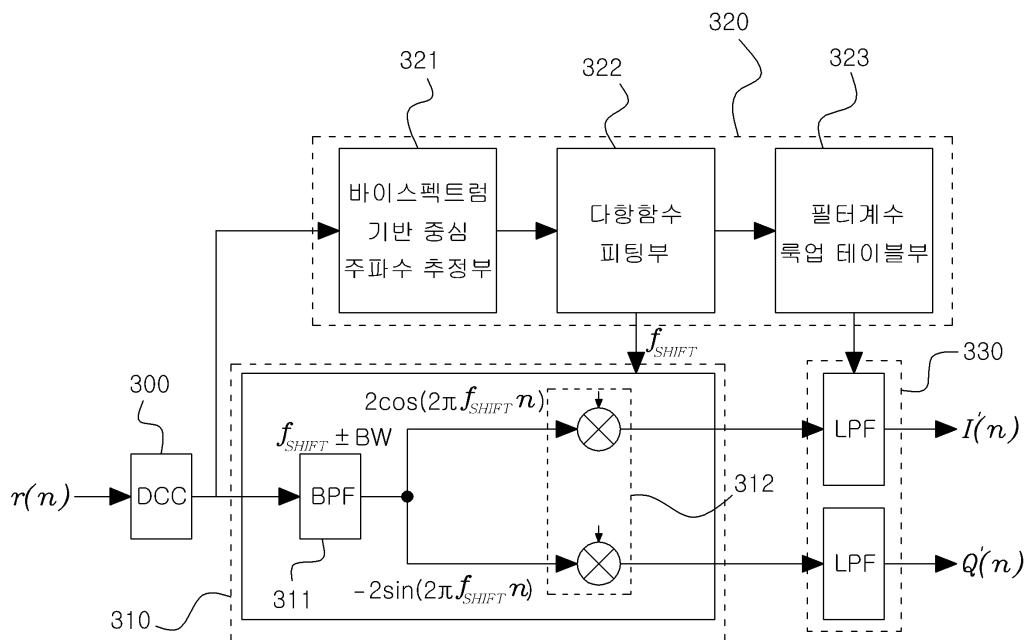
도면2a



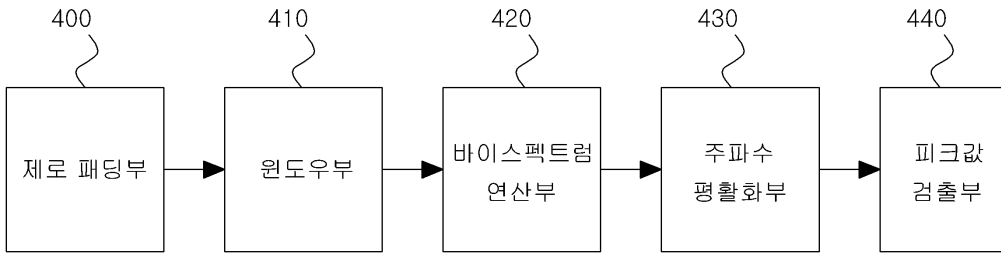
도면2b



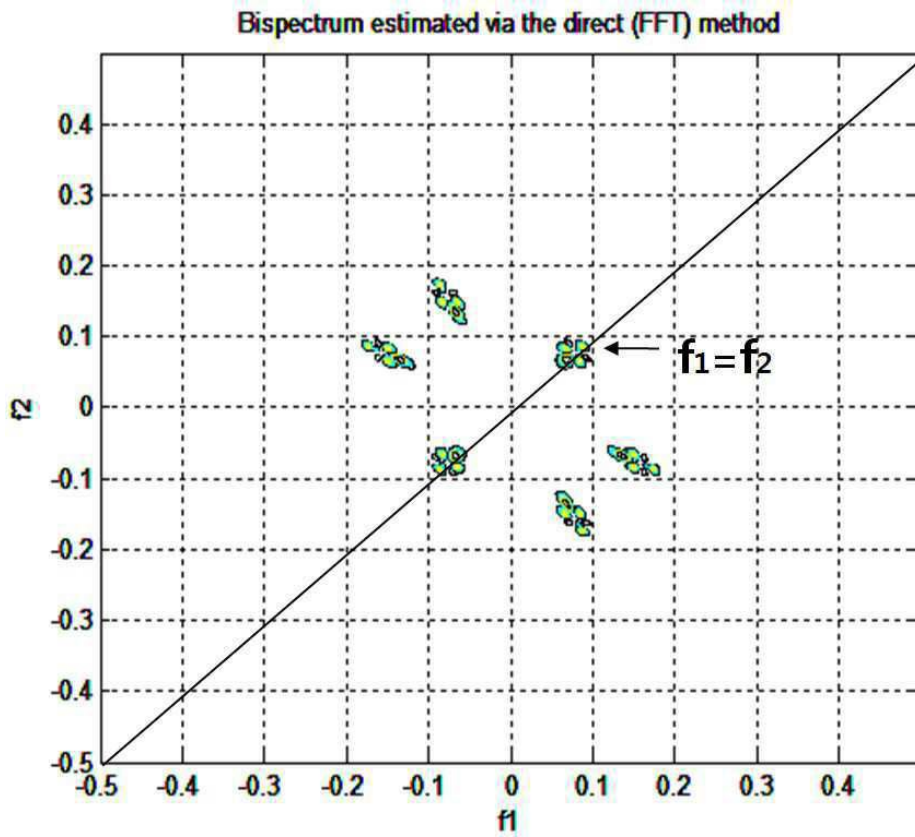
도면3



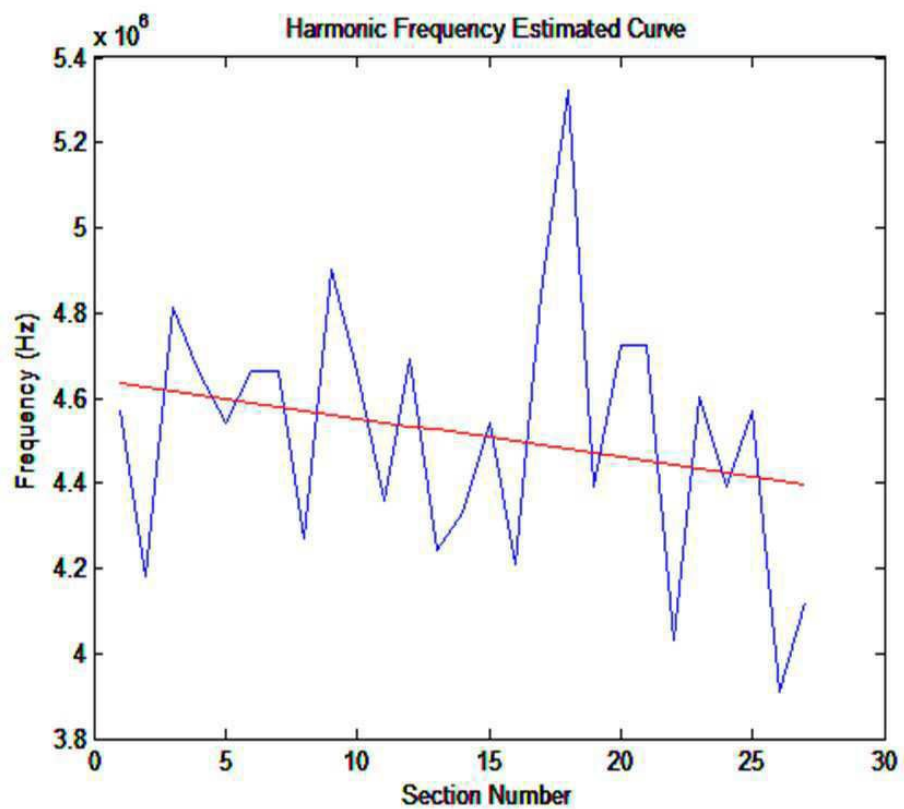
도면4



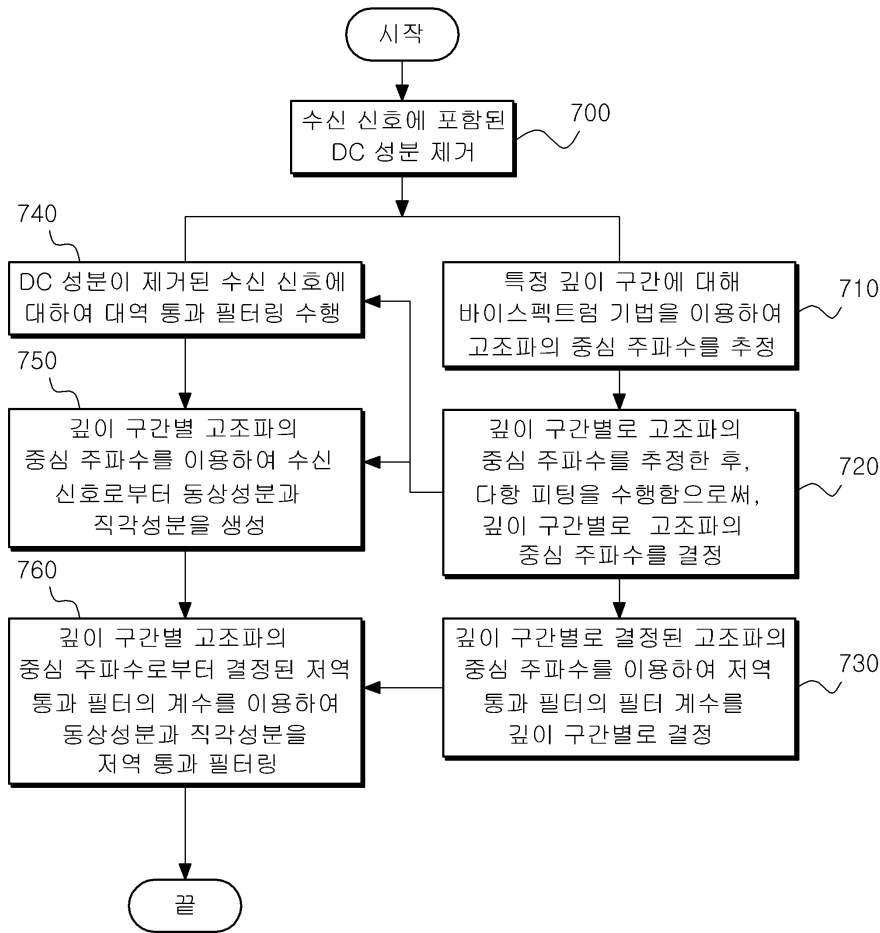
도면5



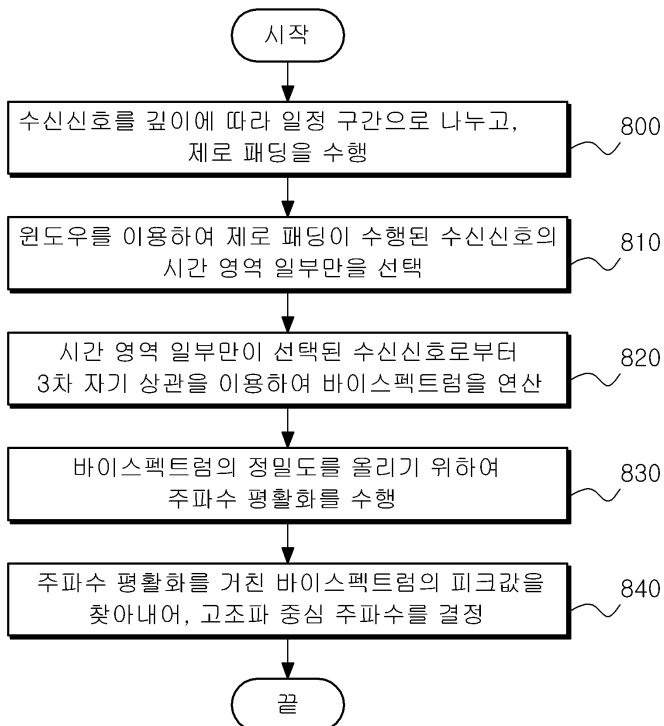
도면6



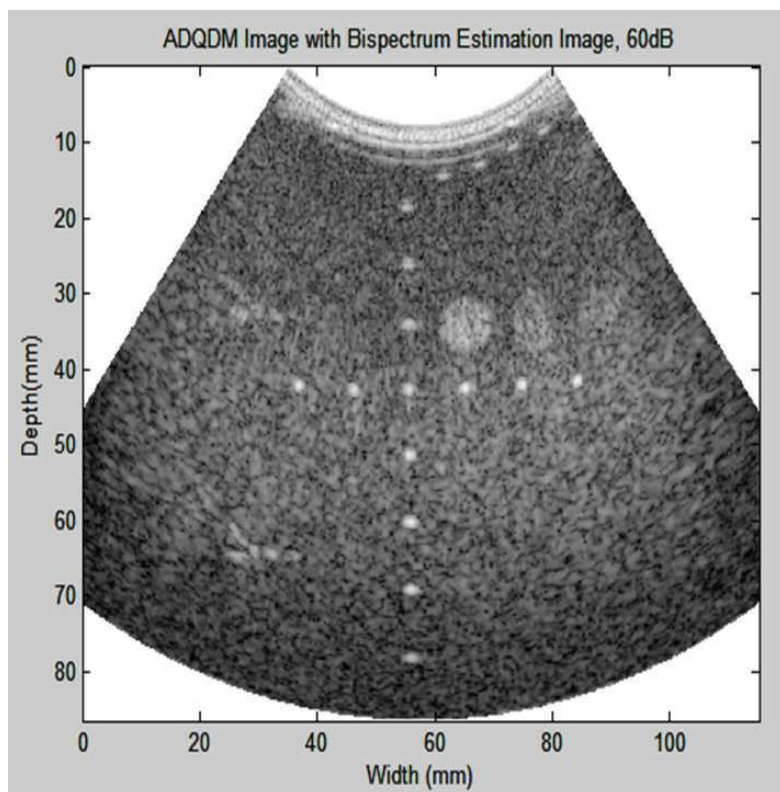
도면7



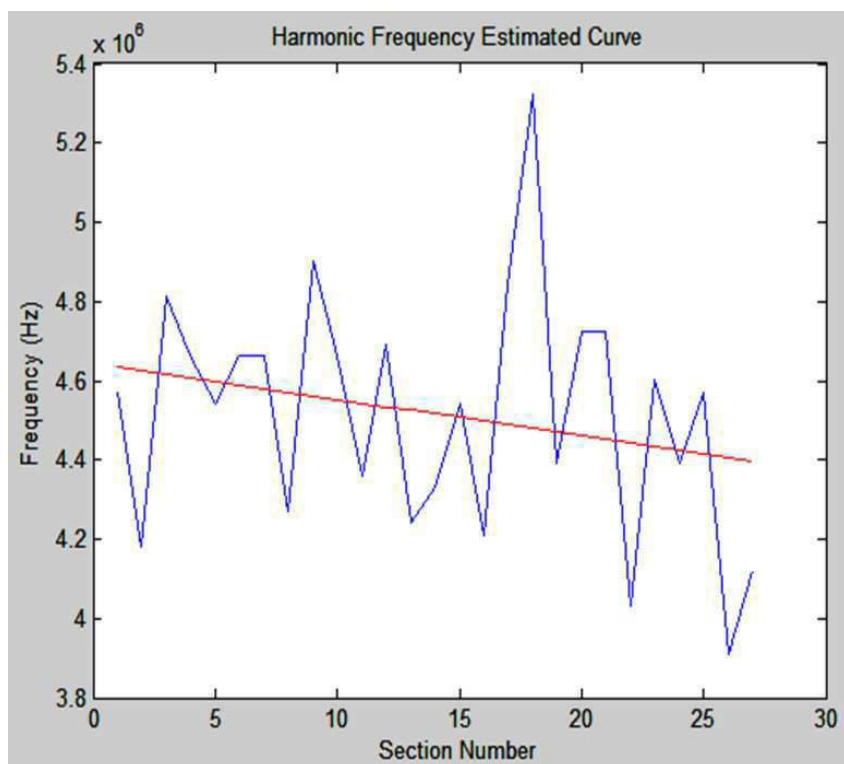
도면8



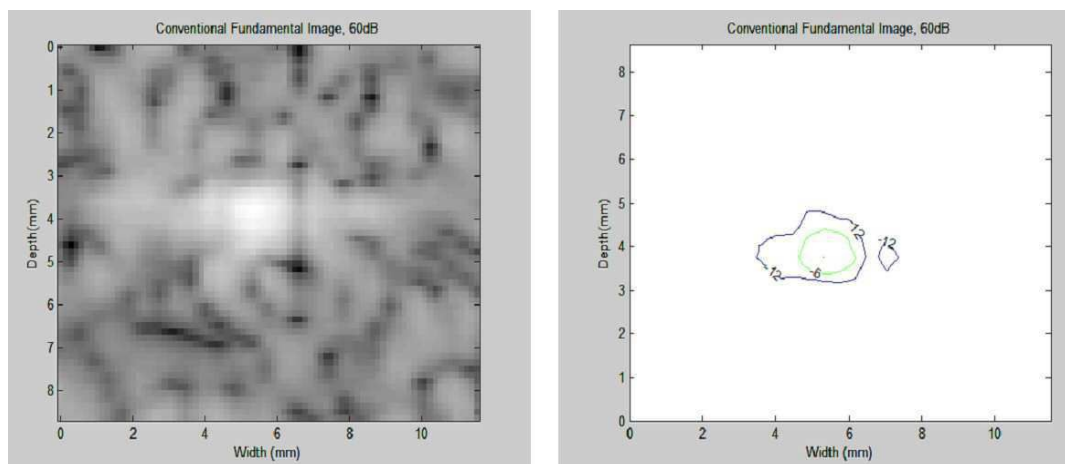
도면9



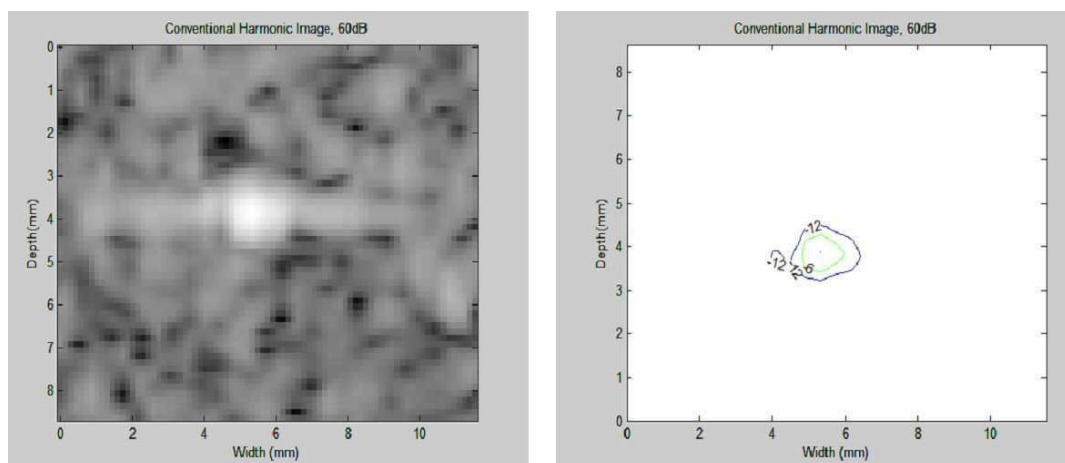
도면10



도면11



도면12



도면13

