(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년10월01일
(11) 등록번호 10-0861318
(24) 등록일자 2008년09월25일

(51) Int. Cl.
H03H 21/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0086075
(22) 출원일자 2007년08월27일
심사청구일자 2007년08월27일
(56) 선행기술조사문헌
US20030084079 A1
KR1020070048553 A
JP06231245 A

(73) 특허권자
한국전자통신연구원
대전 유성구 가정동 161번지
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 서천동 1 경희대학교 국제캠퍼스내
(72) 발명자
임선민
대전 유성구 봉명동 640-7 자연씨티빌아파트 1003호
김영수
경기 용인시 기흥구 서천동 1번지
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 신성

전체 청구항 수 : 총 11 항 심사관 : 김남인

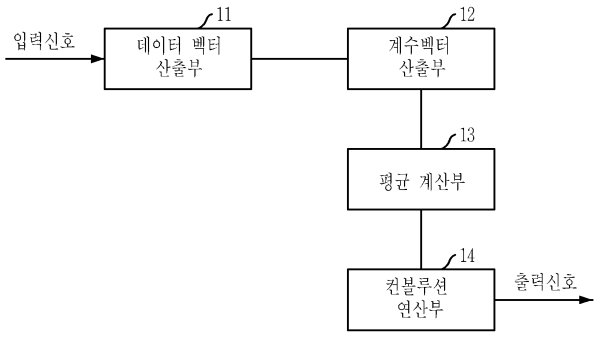
(54) 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응필터 및 그 방법과 그를이용한 스펙트럼 감지 장치 및 그 방법

(57) 요 약

본 발명은 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응필터 및 그 방법과 그를 이용한 스펙트럼 감지 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 열악한 시변 환경에서도 효율적으로 잡음을 감소시켜 원하는 신호를 부각시킬 수 있는 적응필터를 이용하여 어떠한 전파환경에 대해서도 능동적으로 대처하면서 스펙트럼을 효율적으로 감지하기 위한, 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응필터 및 그 방법과 그를 이용한 스펙트럼 감지 장치 및 그 방법을 제공하고자 한다.

이를 위하여, 본 발명은 적응필터에 있어서, 기 설정된 적응필터의 차수(이하, "p"라 함)에 따라 입력신호로부터 p 차원의 데이터 벡터를 산출하기 위한 데이터 벡터 산출수단; 상기 데이터 벡터 산출수단에서 산출한 데이터 벡터를 이용하여 계수벡터를 산출하기 위한 계수벡터 산출수단; 상기 계수벡터 산출수단에서 산출한 계수벡터의 평균을 계산하기 위한 평균 계산수단; 및 상기 평균 계산수단에서 계산한 계수벡터의 평균과 상기 입력신호를 컨볼루션 연산하기 위한 컨볼루션 연산수단을 포함한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

김상원

대전 유성구 지족동 반석마을2단지 계룡리슈빌 2차 206-1103

송명선

대전 유성구 어은동 한빛아파트 101-1204

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2005-S-002-03
부처명	정보통신부
연구사업명	IT신성장동력핵심기술개발사업
연구과제명	스펙트럼 사용효율 개선을 위한 Cognitive radio 기술 개발
주관기관	한국전자통신연구원
연구기간	2005.01.01~2009.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

적응필터에 있어서,

기 설정된 적응필터의 차수(이하, "p"라 함)에 따라 입력신호로부터 p 차원의 데이터 벡터를 산출하기 위한 데이터 벡터 산출수단;

상기 데이터 벡터 산출수단에서 산출한 데이터 벡터를 이용하여 계수벡터를 산출하기 위한 계수벡터 산출수단;

상기 계수벡터 산출수단에서 산출한 계수벡터의 평균을 계산하기 위한 평균 계산수단; 및

상기 평균 계산수단에서 계산한 계수벡터의 평균과 상기 입력신호를 컨볼루션 연산하기 위한 컨볼루션 연산수단

을 포함하는 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응필터.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 계수벡터 산출수단은,

상기 데이터 벡터 산출수단에서 산출한 데이터 벡터를 이용하여 p 차원의 원점으로부터 최단거리에 있는 계수벡터를 산출하는 것을 특징으로 하는 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응필터.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 평균 계산수단은,

상기 계수벡터 산출수단에서 산출한 계수벡터에 평균을 취하여 상기 계수벡터의 섭동에 영향을 미치는 요인을 제거하는 것을 특징으로 하는 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응필터.

청구항 4

적응 필터링 방법에 있어서,

기 설정된 적응필터의 차수(이하, "p"라 함)에 따라 입력신호로부터 p 차원의 데이터 벡터를 산출하는 단계;

상기 산출한 데이터 벡터를 이용하여 계수벡터를 산출하는 계수벡터 산출단계;

상기 산출한 계수벡터의 평균을 계산하는 평균 계산단계; 및

상기 계산한 계수벡터의 평균과 상기 입력신호를 컨볼루션 연산하는 단계

를 포함하는 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응 필터링 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 계수벡터 산출단계는,

상기 산출한 데이터 벡터를 이용하여 p 차원의 원점으로부터 최단거리에 있는 계수벡터를 산출하는 것을 특징으로 하는 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응 필터링 방법.

청구항 6

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 평균 계산단계는,

상기 산출한 계수벡터에 평균을 취하여 상기 계수벡터의 섭동에 영향을 미치는 요인을 제거하는 것을 특징으로 하는 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응 필터링 방법.

청구항 7

스펙트럼 감지 장치에 있어서,

기 설정된 적응필터의 차수(이하, "p"라 함)에 따라 입력신호로부터 p 차원의 데이터 벡터를 산출하고, 상기 산출한 데이터 벡터를 이용하여 p 차원의 원점으로부터 최단거리에 있는 계수벡터를 산출하며, 상기 산출한 계수벡터의 평균과 입력신호를 컨볼루션 연산하여 출력신호를 생성하기 위한 적응필터;

상기 적응필터에서 생성한 출력신호의 스펙트럼을 계산하기 위한 스펙트럼 계산수단; 및

상기 스펙트럼 계산수단에서 계산한 스펙트럼을 이용하여 각 대역별 에너지를 탐지하기 위한 에너지 탐지수단

을 포함하는 적응필터를 이용한 스펙트럼 감지 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 적응필터는,

상기 기 설정된 p에 따라 상기 입력신호로부터 p 차원의 데이터 벡터를 산출하기 위한 데이터 벡터 산출수단;

상기 데이터 벡터 산출수단에서 산출한 데이터 벡터를 이용하여 p 차원의 원점으로부터 최단거리에 있는 계수벡터를 산출하기 위한 계수벡터 산출수단;

상기 계수벡터 산출수단에서 산출한 계수벡터의 평균을 계산하기 위한 평균 계산수단; 및

상기 평균 계산수단에서 계산한 계수벡터의 평균과 상기 입력신호를 컨볼루션 연산하기 위한 컨볼루션 연산수단

을 포함하는 적응필터를 이용한 스펙트럼 감지 장치.

청구항 9

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

상기 스펙트럼 계산수단은,

전력밀도스펙트럼(Power Spectral Density)을 이용하여 상기 출력신호의 스펙트럼을 계산하는 것을 특징으로 하는 적응필터를 이용한 스펙트럼 감지 장치.

청구항 10

스펙트럼 감지 방법에 있어서,

기 설정된 적응필터의 차수(이하, "p"라 함)에 따라 입력신호로부터 p 차원의 데이터 벡터를 산출하는 단계;

상기 산출한 데이터 벡터를 이용하여 p 차원의 원점으로부터 최단거리에 있는 계수벡터를 산출하는 단계;

상기 산출한 계수벡터의 평균과 상기 입력신호를 컨볼루션 연산하여 출력신호를 생성하는 단계;

상기 생성한 출력신호의 스펙트럼을 계산하는 스펙트럼 계산단계; 및

상기 계산한 스펙트럼을 이용하여 각 대역별 에너지를 탐지하는 단계

를 포함하는 적응필터를 이용한 스펙트럼 감지 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 스펙트럼 계산단계는,

전력밀도스펙트럼(Power Spectral Density)을 이용하여 상기 출력신호의 스펙트럼을 계산하는 것을 특징으로 하는 적응필터를 이용한 스펙트럼 감지 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응필터 및 그 방법과 그를 이용한 스펙트럼 감지 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 열악한 시변 환경에서도 효율적으로 잡음을 감소시켜 원하는 신호를 부각시킬 수 있는 적응필터를 이용하여 어떠한 전파환경에 대해서도 능동적으로 대처하면서 스펙트럼을 효율적으로 감지하기 위한, 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응필터 및 그 방법과 그를 이용한 스펙트럼 감지 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

<2> 본 발명은 원하는 신호를 부각시켜 스펙트럼 감지 성능을 향상시키며, 잡음을 줄여주는 것은 물론 시변 환경에도 적용 가능하다.

<3> 본 발명은 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다[과제관리번호: 2005-S-002-03, 과제명: 스펙트럼 사용효율 개선을 위한 Cognitive Radio 기술].

배 경 기 술

<4> CR(Cognitive Radio) 기술은 스펙트럼 이용 효율을 향상시키기 위한 기술로, 주변 환경을 감지하여 최적의 주파수 대역, 신호포맷, 변조방식, 및 출력 등의 파라미터를 결정하는 무선기술을 말한다.

<5> 이를 위해 CR 단말기는 계속적인 스펙트럼 감지를 통해 주 사용자의 존재 유무를 독립적으로 검출할 수 있어야 한다. 즉, 주 사용자의 주파수 이용 현황을 지속적으로 감지하는 것이 필요하다. 결국, 스펙트럼 감지 기술이 필요하며, 이는 CR 단말기가 수신신호의 주파수 성분을 추정함으로써 가능하다.

<6> 스펙트럼 추정 기술은 FFT(Fast Fourier Transform)를 이용한 방식과 매개변수를 이용한 방식의 두 종류로 분류되는데, FFT를 이용한 방식은 고전적인 방식이라고도 하며, 매개변수를 이용한 방식은 현대적인 모델링을 이용한 방식이라고도 한다.

<7> 먼저, FFT를 이용한 방식으로는 "Daniell periodogram", "Bartlett periodogram", "Welch periodogram", 그리고 "Blackman-Tukey" 방식이 있는데, 이러한 방식들은 데이터의 개수가 적을 경우 낮은 주파수 분해능을 나타내는 단점이 있다.

<8> 반면에, 매개변수를 이용한 방식은 높은 분해능과 계산적인 면에서도 효율적이지만, 스펙트럼 추정을 위한 랜덤 신호에 적합한 모델을 형성하기 위해서 많은 시간과 노력이 필요하다는 단점이 있다. 매개변수를 이용한 방식으로는 "AR", "MA"와 "ARMA" 모델이 있으며, 이러한 모델의 출력신호는 모델 파라미터와 백색잡음 분산의 함수인 전력밀도스펙트럼을 갖는다.

<9> 이러한 매개변수를 이용한 스펙트럼 추정 방식은 성능면에서 우수한 성능을 발휘하지만, 데이터 열이 길거나 통계적으로 안정적일 경우에는 데이터 열이나 상관함수의 푸리에 변환에 기반을 두는 FFT를 이용한 스펙트럼 추정 방식이 일반적으로 적용된다. 그 이유는 FFT를 이용한 스펙트럼 감지 방식들은 분석할 데이터 열에 대해 어떠한 가정을 하지 않고 바로 적용할 수가 있기 때문이다.

<10> 한편, 세그먼트 개수에 따른 분해능과 추정자의 표본 분산 특성 면에서 성능이 떨어지는 FFT를 이용한 스펙트럼 추정 방식의 단점을 해결하기 위한 방식으로 "Welch" 방식이 있는데, 이 방식은 신호를 부각시키지 못하는 단점이 있다.

<11> 이외에 데이터 윈도우를 사용하여 분해능 감소를 줄이고, 추정 바이어스를 작게 하며, 부엽 효과를 제거하는 추정 방식이 있으나, 이 방식은 단순히 입사신호의 스펙트럼만을 보여주는 단점이 있다.

<12> 이러한 종래의 스펙트럼 추정 방식들은 단순히 스펙트럼 분해능 및 표본 분산 면에서의 성능 개선효과를 나타낼 뿐이지, 입사신호가 존재하고 있는 신호환경에 능동적으로 적응하면서 잡음효과를 줄여주는 성능은 매우 빈약하다. 즉, 열악한 시변 환경에서도 잡음을 감소시키고, 신호의 존재 유무를 쉽게 판단할 수 있도록 하는 새로운 기법이 필요하다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<13> 따라서 본 발명은 상기 요구에 부응하기 위하여 제안된 것으로, 열악한 시변 환경에서도 효율적으로 잡음을 감소시켜 원하는 신호를 부각시킬 수 있는, 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응필터 및 그 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

<14> 또한, 본 발명은 열악한 시변 환경에서도 효율적으로 잡음을 감소시켜 원하는 신호를 부각시킬 수 있는 적응필터를 이용하여 어떠한 전파환경에 대해서도 능동적으로 대처하면서 스펙트럼을 효율적으로 감지하기 위한, 적응필터를 이용한 스펙트럼 감지 장치 및 그 방법을 제공하는데 다른 목적이 있다.

<15> 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제 해결수단

<16> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 장치는, 적응필터에 있어서, 기 설정된 적응필터의 차수(이하, "p"라 함)에 따라 입력신호로부터 p 차원의 데이터 벡터를 산출하기 위한 데이터 벡터 산출수단; 상기 데이터 벡터 산출수단에서 산출한 데이터 벡터를 이용하여 계수벡터를 산출하기 위한 계수벡터 산출수단; 상기 계수벡터 산출수단에서 산출한 계수벡터의 평균을 계산하기 위한 평균 계산수단; 및 상기 평균 계산수단에서 계산한 계수벡터의 평균과 상기 입력신호를 컨볼루션 연산하기 위한 컨볼루션 연산수단을 포함한다.

<17> 또한, 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 방법은, 적응 필터링 방법에 있어서, 기 설정된 적응필터의 차수(이하, "p"라 함)에 따라 입력신호로부터 p 차원의 데이터 벡터를 산출하는 단계; 상기 산출한 데이터 벡터를 이용하여 계수벡터를 산출하는 계수벡터 산출단계; 상기 산출한 계수벡터의 평균을 계산하는 평균 계산단계; 및 상기 계산한 계수벡터의 평균과 상기 입력신호를 컨볼루션 연산하는 단계를 포함한다.

<18> 한편, 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 장치는, 스펙트럼 감지 장치에 있어서, 기 설정된 적응필터의 차수(이하, "p"라 함)에 따라 입력신호로부터 p 차원의 데이터 벡터를 산출하고, 상기 산출한 데이터 벡터를 이용하여 p 차원의 원점으로부터 최단거리에 있는 계수벡터를 산출하며, 상기 산출한 계수벡터의 평균과 입력신호를 컨볼루션 연산하여 출력신호를 생성하기 위한 적응필터; 상기 적응필터에서 생성한 출력신호의 스펙트럼을 계산하기 위한 스펙트럼 계산수단; 및 상기 스펙트럼 계산수단에서 계산한 스펙트럼을 이용하여 각 대역별 에너지를 탐지하기 위한 에너지 탐지수단을 포함한다.

<19> 또한, 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 방법은, 스펙트럼 감지 방법에 있어서, 기 설정된 적응필터의 차수(이하, "p"라 함)에 따라 입력신호로부터 p 차원의 데이터 벡터를 산출하는 단계; 상기 산출한 데이터 벡터를 이용하여 p 차원의 원점으로부터 최단거리에 있는 계수벡터를 산출하는 단계; 상기 산출한 계수벡터의 평균과 상기 입력신호를 컨볼루션 연산하여 출력신호를 생성하는 단계; 상기 생성한 출력신호의 스펙트럼을 계산하는 스펙트럼 계산단계; 및 상기 계산한 스펙트럼을 이용하여 각 대역별 에너지를 탐지하는 단계를 포함한다.

효 과

<20> 상기와 같은 본 발명은 열악한 시변 환경에서도 효율적으로 잡음을 감소시켜 원하는 신호를 부각시킬 수 있는 효과가 있다.

<21> 또한, 본 발명은 열악한 시변 환경에서도 효율적으로 잡음을 감소시켜 원하는 신호를 부각시킬 수 있는 적응필터를 이용하여 어떠한 전파환경에 대해서도 능동적으로 대처하면서 스펙트럼을 효율적으로 감지할 수 있는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<22> 상술한 과제, 특징 및 장점은 첨부된 도면과 관련한 하기의 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 통하여 보다 분명해 질 것이며, 그에 따라 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 쉽게 실시할 수 있을 것이다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 일실시예를 상세히 설명하기로 한다.

<23> 도 1 은 본 발명에 따른 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응필터의 일실시예 구성도이다.

<24> 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응필터는, 기 설정된 적응필터의 차수(이하, "p"라 함)에 따라 입력신호로부터 p 차원의 데이터 벡터를 산출하기 위한 데이터 벡터 산출부(11), 상기 데이터 벡터 산출부(11)에서 산출한 데이터 벡터를 이용하여 p 차원의 원점으로부터 최단거리에 있는 계수벡터를 산출하기 위한 계수벡터 산출부(12), 상기 계수벡터 산출부(12)에서 산출한 계수벡터의 평균을 계산하기 위한 평균 계산부(13), 및 상기 평균 계산부(13)에서 계산한 계수벡터의 평균과 상기 입력신호를 컨볼루션 연산하기 위한 컨볼루션 연산부(14)를 포함한다.

<25> 도 2 는 본 발명에 따른 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응 필터링 방법에 대해 일실시예 흐름도이다.

<26> 먼저, 사용자로부터 적응필터의 차수(p)를 입력받아 설정한다(201).

<27> 이후, 상기 설정된 적응필터의 차수(p)에 따라 입력신호로부터 p 차원의 데이터 벡터를 산출한다(202).

<28> 이후, 상기 산출한 데이터 벡터를 이용하여 p 차원의 원점으로부터 최단거리에 있는 적응필터의 계수벡터를 산출한다(203). 이때, 상기 "202" 과정과 "203" 과정은 입력신호의 마지막 샘플이 수집될 때까지 수행한다.

<29> 이후, 상기 산출한 계수벡터의 평균을 계산한다(204).

<30> 이후, 상기 계산한 계수벡터의 평균과 상기 입력신호를 컨볼루션 연산한다(205).

<31> 이하, 도 3을 참조하여 본 발명에 따른 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응 필터링 방법에 대해 좀 더 상세히 살펴보기로 한다.

<32> AR(Auto-Regressive) 스펙트럼 추정은 신호분석 분야에서 지대한 관심을 받아왔다. 그 이유는 첫 번째가 고분해능 스펙트럼 감지 시에 매우 날카로운 첨두값을 제공한다는 점이고, 두 번째 이유는 선형 방정식의 해를 구함으로써 AR 매개변수 추정이 가능하다는 점이다.

<33> AR 프로세스는 자기상관 행렬을 이용하여 분석될 수 있으며, 이는 선형 예측 모델이 "Yule-Walker" 방정식과 동일하므로, 선형예측 모델을 이용하여 필터계수를 구할 수가 있다. 일예로, 선형예측 에러 "Transversal" 필터의 구조는 도 3에 도시된 바와 같다.

<34> 도 3에 도시된 바와 같이, 시점 n 에서의 예측 값 $\tilde{x}(n)$ 은 하기의 [수학식 1]과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

<35>
$$\tilde{x}(n) = -a_1 x(n-1) - a_2 x(n-2) \cdots - a_p x(n-p)$$

<36> 이때, 에러신호 $e(n)$ 은 $[x(n) - \tilde{x}(n)]$ 로, 하기의 [수학식 2]와 같이 벡터로 나타낸다.

수학식 2

<37>
$$e(n) = x(n) - \tilde{x}(n) = \sum_{k=0}^{P} a_k x(n-k) \qquad (a_0 = 1)$$

$$= \mathbf{a}_0^T \cdot \mathbf{x}_{n0}$$

<38> 여기서, 윗첨자 "T"는 전치 행렬을 의미하며, "·"는 곱셈 기호를 나타낸다. 아울러, $\mathbf{a}_0 = [1 \;\; a_1 \;\; a_2 \cdots a_p]^T$, $\mathbf{x}_{n0} = [x(n) \;\; x(n-1) \cdots x(n-p)]^T$ 이다.

<39> 일반적으로, 최소제곱오차를 이용하는 알고리즘의 기본 개념은 잡음전력 $E[|e(n)|^2]$ 을 감소시켜 신호대 잡음비를

개선하는 것이다.

<40> 선형예측 모델에 적합한 신호가 입사되는 경우에는 $E[|e(n)|^2]$ 이 매우 작은 값을 가지는 반면에, 부적합한 신호 즉, 잡음인 경우에는 전력을 줄이는 방향으로 필터계수를 추정하기 때문에 신호를 부각시킬 수 있다.

<41> 이를 이용하여 선형예측 필터의 계수를 추정한다.

<42> 먼저, $e(n) \approx 0$ 이라고 가정하면 하기의 [수학식 3]이 성립한다.

수학식 3

$$x(n) = \tilde{x}(n)$$

$$x(n) = -\mathbf{a}^T \cdot \mathbf{x}_n$$

$$\mathbf{a} = [a_1, a_2, \cdots, a_p]^T$$

$$\mathbf{x}_n = [x(n-1)x(n-2)\cdots x(n-p)]^T$$

<43>

<44> 상기 [수학식 3]을 통해, 적응필터의 계수벡터 a는 (p-1)차원의 하이퍼플랜(hyperplane)에 존재하며, 상기 [수학식 3]을 만족하는 계수벡터 a는 무한개가 존재함을 알 수 있다.

<45> 또한, a는 랜덤프로세스 x(n)의 함수가 되므로, a 역시 랜덤 벡터이고, 시간 n에 따라 변경될 수 있으므로, 이러한 현상을 잘 나타내는 계수벡터 표시방식으로 a 대신 $\mathbf{a}_n$ 을 사용한다. 즉, $\mathbf{a}_n$은 시간 n인 순간에 측정한 적응필터의 계수벡터를 나타낸다. 이러한 표시방식을 이용하여 상기 [수학식 2]를 하기의 [수학식 4]와 같이 표현할 수 있다.

수학식 4

$$e(n) = \boldsymbol{a}_{n0}^T \cdot \mathbf{x}_{n0}$$

<46>

<47> 여기서, $\mathbf{a}_{n0} = [1 \;\; a_1(n) \;\; a_2(n) \cdots a_p(n)]^T$ 이다.

<48> 아울러, 같은 방식으로 상기 [수학식 3]을 하기의 [수학식 5]와 같이 표현할 수 있다.

수학식 5

$$x(n) = -\mathbf{a}_n^T \cdot \mathbf{x}_n$$

$$\mathbf{a}_n = [a_1(n) \;\; a_2(n) \cdots a_p(n)]^T$$

<49>

<50> 이후, 상기 [수학식 5]를 만족하는 무한개의 해 중에서 $L_k - norm$ (p 차원 원점으로부터의 거리)이 가장 작은 해를 구한다.

<51> 일예로, k=2인 경우의 $L_2 - norm$ 이 가장 작은 적응필터의 계수벡터 $\mathbf{a}_n$ 을 구하면, 하기의 [수학식 6]과 같다.

수학식 6

$$\mathbf{a}_n = \frac{-x(n)}{\mathbf{x}_n^T \mathbf{x}_n}\mathbf{x}_n$$

<52>

<53> 이때, 상기 [수학식 6]은 $-\mathbf{a}_n^T \cdot \mathbf{x}_n = x(n)$ 을 만족시키는 최소 $L_2 - norm$ $\mathbf{a}_n$을 구하는 하기의 [수학식 7]과, 하기 [수학식 7]의 결과를 제한조건에 대입하는 하기의 [수학식 8]을 통해 구한다.

수학식 7

$$f(\mathbf{a}) = \mathbf{a}_n^T \cdot \mathbf{a}_n - 2\lambda(\mathbf{a}_n^T \cdot \mathbf{x}_n + x(n))$$

$$\nabla f(\mathbf{a}_n) = 2\mathbf{a}_n - 2\lambda\mathbf{x}_n = 0$$

$$\therefore \mathbf{a}_n = \lambda\mathbf{x}_n$$

<54>

수학식 8

$$-\lambda\mathbf{x}_n^T \cdot \mathbf{x}_n = x(n)$$

$$\lambda = -\frac{x(n)}{\mathbf{x}_n^T \cdot \mathbf{x}_n}$$

$$\mathbf{a}_n = -\frac{x(n)}{\mathbf{x}_n^T \cdot \mathbf{x}_n} \cdot \mathbf{x}_n$$

<55>

<56> 여기서, $\mathbf{a}_n$ 은 n인 순간의 필터계수로 벡터이다.

<57> 따라서 (N-P)개의 필터계수(계수벡터)의 평균을 취하여 $\mathbf{a}_n$ 의 섭동에 영향을 미치는 요인을 제거하면 하기의 [수학식 9]와 같다.

수학식 9

$$\mathbf{a} = \frac{1}{N-p}\sum_{n=p}^{N-1}\mathbf{a}_n$$

<58>

<59> 본 발명에서는 일예로 k=2인 경우의 예를 설명하였지만, k=1 및 k=∞인, 즉 $L_1 - norm$ 및 $L_\infty - norm$ 을 최소화하는 기준에 의하여 다른 계수벡터를 구할 수도 있다.

<60> 이후, 하기의 [수학식 10]과 같이 계수벡터의 평균과 입력신호를 컨볼루션 연산한다.

수학식 10

$$y(n) = x(n) * \mathbf{a}$$

$$\mathbf{a} = [a_1 \quad a_2 \quad a_3 \quad a_4]$$

$*$: 컨볼루션

<61>

<62> 이때, y(n)은 N개의 입력신호 x(n)과 같은 맥락으로, 입력신호를 이용하여 얻은 계수 a로 구성된 필터를 통과하였을 때의 출력값이다.

<63> 즉, y(n)은 n(여기서 n은 0 ~ N-1)번째 입력샘플 x(n)이 계수 a로 구성된 필터를 통과하였을 때의 출력값을 의미한다.

<64> 상기 [수학식 10]은 하기의 [수학식 11]과 같이 표현할 수도 있다.

수학식 11

$$\mathbf{y} = \mathbf{x} * \mathbf{a}$$

$$\mathbf{a} = [a_1 \quad a_2 \quad \cdots \quad a_p]$$

$$\mathbf{x} = [x_0 \quad x_1 \quad \cdots \quad x_{N-1}]$$

$$\mathbf{y} = [y_0 \quad y_1 \quad \cdots \quad y_{N-1}]$$

$*$: 컨볼루션

<65>

<66> 도 4 는 본 발명에 따른 적응필터를 이용한 스펙트럼 감지 장치의 일실시예 구성도이다.

<67> 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 적응필터를 이용한 스펙트럼 감지 장치는, 기 설정된 적응필터의 차수(p)에 따라 입력신호로부터 p 차원의 데이터 벡터를 산출하고, 상기 산출한 데이터 벡터를 이용하여 p 차원의 원점으로부터 최단거리에 있는 계수벡터를 산출하며, 상기 산출한 계수벡터의 평균과 입력신호를 컨볼루션 연산하여 출력신호를 생성하기 위한 적응필터(41), 상기 적응필터(41)에서 생성한 출력신호의 스펙트럼을 계산하기 위한 스펙트럼 계산부(42), 및 상기 스펙트럼 계산부(42)에서 계산한 스펙트럼을 이용하여 각 대역별 에너지를 탐지하기 위한 에너지 탐지부(43)를 포함한다.

<68> 여기서, 상기 스펙트럼 계산부(42)는 푸리에 변환 혹은 AR 모델을 통한 전력밀도스펙트럼(Power Spectral Density)을 이용하여 출력신호의 스펙트럼을 계산한다.

<69> 도 5 는 본 발명에 따른 적응필터를 이용한 스펙트럼 감지 방법에 대한 일실시예 흐름도이다.

<70> 먼저, 기 설정된 적응필터의 차수(p)에 따라 입력신호로부터 p 차원의 데이터 벡터를 산출한다(501).

<71> 이후, 상기 산출한 데이터 벡터를 이용하여 p 차원의 원점으로부터 최단거리에 있는 계수벡터를 산출한다(502).

<72> 이후, 상기 산출한 계수벡터의 평균과 상기 입력신호를 컨볼루션 연산하여 출력신호를 생성한다(503).

<73> 이후, 상기 생성한 출력신호의 스펙트럼을 계산한다(504).

<74> 이후, 상기 계산한 스펙트럼을 이용하여 각 대역별 에너지를 탐지한다(505).

<75> 이러한 과정을 통해 효율적으로 스펙트럼을 감지할 수 있다.

<76> 이하, 도 6 내지 도 8을 참조하여 본 발명에 따른 적응필터를 이용한 스펙트럼 감지 장치의 성능에 대한 시뮬레이션 결과를 살펴보기로 한다.

<77> 도 6 은 신호대 잡음비가 -10 dB인 경우에 필터 사용 전후를 비교한 스펙트럼 특성 결과 그래프이다.

<78> 도 6에 도시된 바와 같이, (a)는 본 발명에 따른 적응필터를 통과하기 전의 스펙트럼 특성을 나타내고, (b)는 본 발명에 따른 적응필터를 통과한 후의 스펙트럼 특성을 나타낸다.

<79> 도 7 은 신호대 잡음비가 -20 dB인 경우에 필터 사용 전후를 비교한 스펙트럼 특성 결과 그래프이다.

<80> 도 7에 도시된 바와 같이, (a)는 본 발명에 따른 적응필터를 통과하기 전의 스펙트럼 특성을 나타내고, (b)는

본 발명에 따른 적응필터를 통과한 후의 스펙트럼 특성을 나타낸다.

<81> 도 8 은 신호대 잡음비가 -30 dB인 경우에 필터 사용 전후를 비교한 스펙트럼 특성 결과 그래프이다.

<82> 도 8에 도시된 바와 같이, (a)는 본 발명에 따른 적응필터를 통과하기 전의 스펙트럼 특성을 나타내고, (b)는 본 발명에 따른 적응필터를 통과한 후의 스펙트럼 특성을 나타낸다.

<83> 이때, 시뮬레이션에 사용한 신호는 FM(Frequency Modulation) 신호로서, 하기의 [수학식 12]와 같다.

수학식 12

$$s(t) = \cos\left[2\pi\int_0^t (f_c + f_\Delta \omega(\tau))d\tau\right]$$

<84>

<85> 여기서, 중심주파수는 f_c =5.381119 MHz이고, 표본주파수는 f_s = 21.524476 MHz이며, 주파수 편차는 $f_\Delta = 100kHz$ 이다.

<86> 또한, $\omega_m(\tau)$ 는 [-1, 1] 사이에서 동등한 확률을 가지고 생성된 실수이며, 센싱 시간은 9.30msec이다.

<87> 또한, 대역통과필터는 중심주파수가 5.381119MHz인 'Raised-Cosine' 필터이며, 'Roll-off factor'가 0.5이고, 필터길이가 89, 대역폭이 6MHz이다.

<88> 또한, 필터 차수는 2000이며 평균을 취한 데이터 개수는 50000개이다.

<89> 이를 통해 본 발명에 따른 적응필터 통과 후 신호가 확연하게 부각됨을 알 수 있으며, 일예로 SNR = -30dB인 경우, 필터 통과 전 신호는 잡음레벨보다 약 1dB 정도 높은 반면에, 필터 통과 후 신호는 잡음레벨보다 약 10dB 이상 높아진 것을 알 수 있다.

<90> 한편, 전술한 바와 같은 본 발명의 방법은 컴퓨터 프로그램으로 작성이 가능하다. 그리고 상기 프로그램을 구성하는 코드 및 코드 세그먼트는 당해 분야의 컴퓨터 프로그래머에 의하여 용이하게 추론될 수 있다. 또한, 상기 작성된 프로그램은 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체(정보저장매체)에 저장되고, 컴퓨터에 의하여 판독되고 실행됨으로써 본 발명의 방법을 구현한다. 그리고 상기 기록매체는 컴퓨터가 판독할 수 있는 모든 형태의 기록매체를 포함한다.

<91> 이상에서 설명한 본 발명은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하므로 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니다.

산업이용 가능성

<92> 본 발명은 스펙트럼 사용효율 개선 등에 이용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

<93> 도 1 은 본 발명에 따른 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응필터의 일실시예 구성도,

<94> 도 2 는 본 발명에 따른 최적의 스펙트럼 감지를 위한 적응 필터링 방법에 대해 일실시예 흐름도,

<95> 도 3 은 일반적인 선형예측 에러 필터의 구조도,

<96> 도 4 는 본 발명에 따른 적응필터를 이용한 스펙트럼 감지 장치의 일실시예 구성도,

<97> 도 5 는 본 발명에 따른 적응필터를 이용한 스펙트럼 감지 방법에 대한 일실시예 흐름도,

<98> 도 6 은 신호대 잡음비가 -10 dB인 경우에 필터 사용 전후를 비교한 스펙트럼 특성 결과 그래프,

<99> 도 7 은 신호대 잡음비가 -20 dB인 경우에 필터 사용 전후를 비교한 스펙트럼 특성 결과 그래프,

<100> 도 8 은 신호대 잡음비가 -30 dB인 경우에 필터 사용 전후를 비교한 스펙트럼 특성 결과 그래프이다.

<101> * 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

<102> 11 : 데이터 벡터 산출부 12 : 계수벡터 산출부

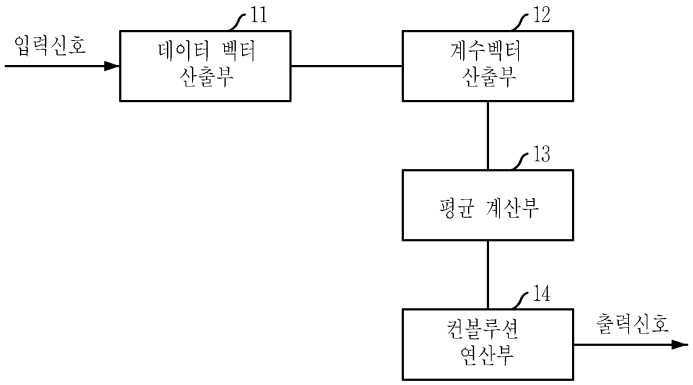
<103> 13 : 평균 계산부 14 : 컨볼루션 연산부

<104> 41 : 적응필터 42 : 스펙트럼 계산부

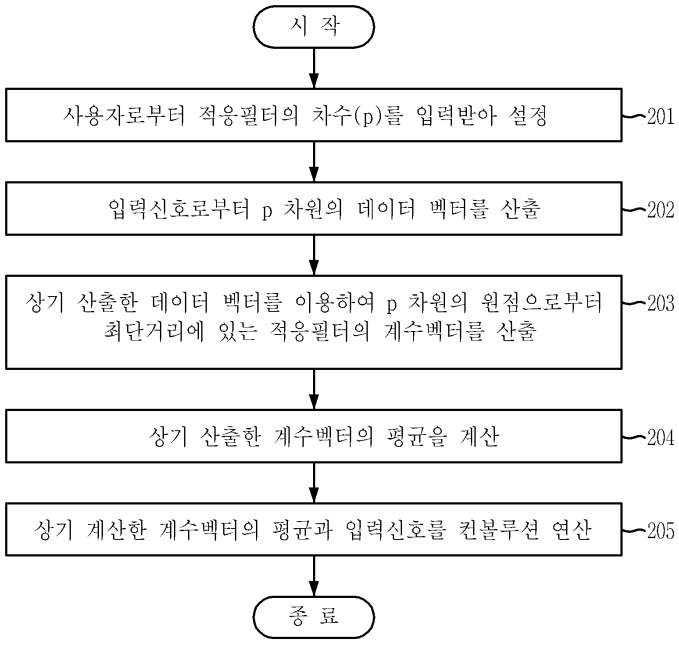
<105> 43 : 에너지 탐지부

도면

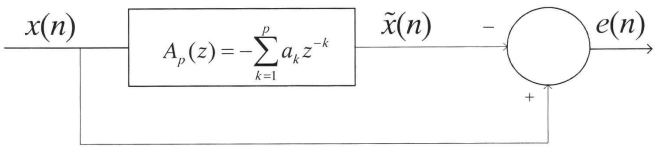
도면1



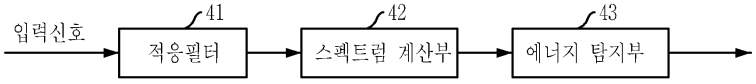
도면2



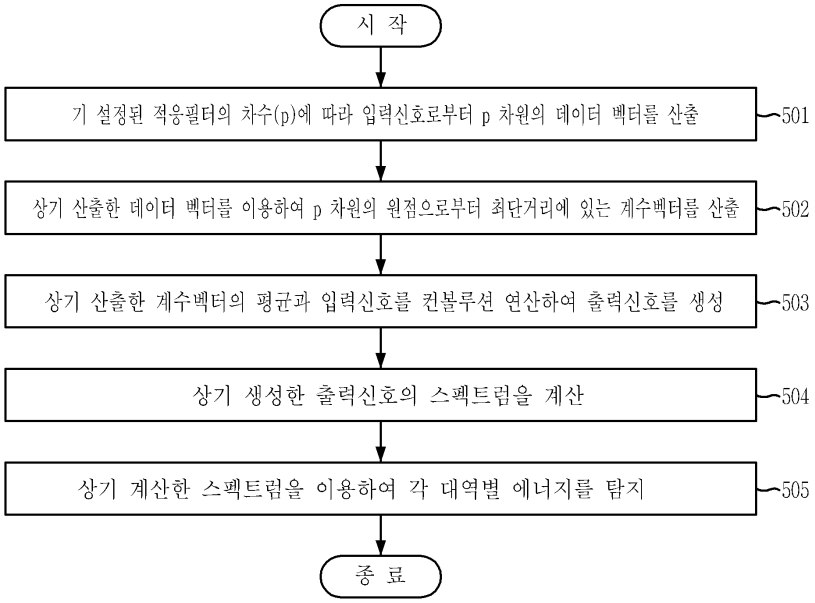
도면3


x(n)
$A_p(z) = -\sum_{k=1}^{p} a_k z^{-k}$
$\tilde{x}(n)$
−
+
e(n)

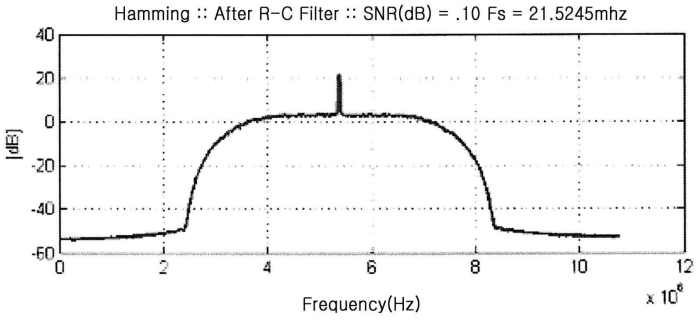
도면4


입력신호
41
적응필터
42
스펙트럼 계산부
43
에너지 탐지부

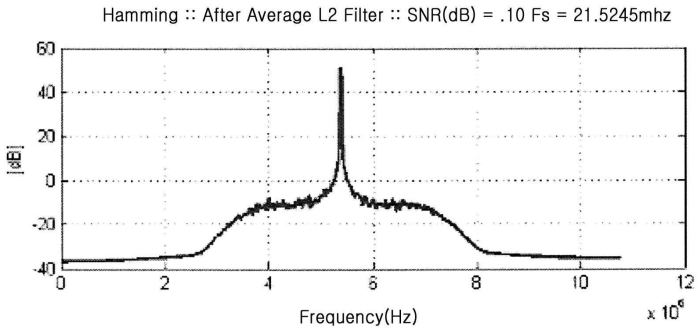
도면5


시 작
기 설정된 적응필터의 차수(p)에 따라 입력신호로부터 p 차원의 데이터 벡터를 산출
501
상기 산출한 데이터 벡터를 이용하여 p 차원의 원점으로부터 최단거리에 있는 계수벡터를 산출
502
상기 산출한 계수벡터의 평균과 입력신호를 컨볼루션 연산하여 출력신호를 생성
503
상기 생성한 출력신호의 스펙트럼을 계산
504
상기 계산한 스펙트럼을 이용하여 각 대역별 에너지를 탐지
505
종 료

도면6

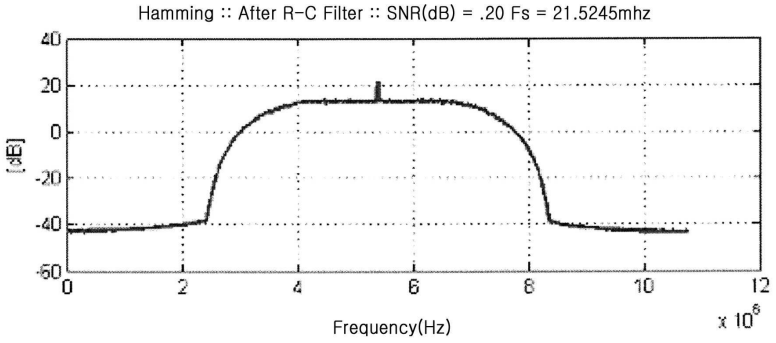

Hamming :: After R-C Filter :: SNR(dB) = .10 Fs = 21.5245mhz
[dB]
Frequency(Hz)
x 10^6

(a)

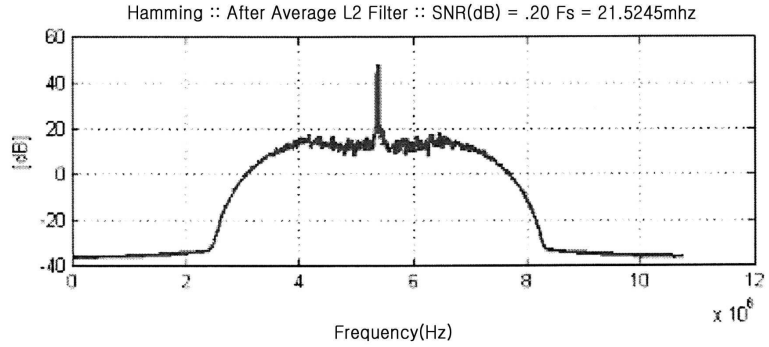

Hamming :: After Average L2 Filter :: SNR(dB) = .10 Fs = 21.5245mhz
[dB]
Frequency(Hz)
x 10^6

(b)

도면7

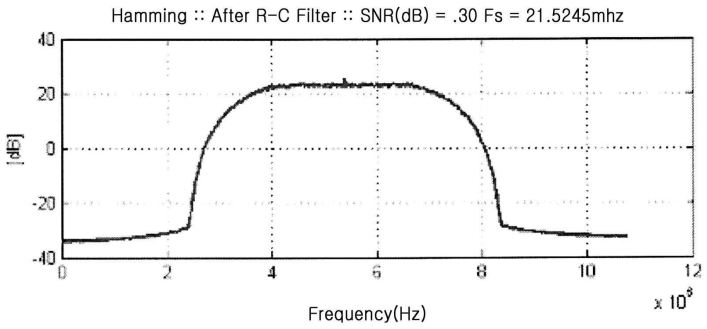

Hamming :: After R-C Filter :: SNR(dB) = .20 Fs = 21.5245mhz
[dB]
Frequency(Hz)
x 10^6

(a)

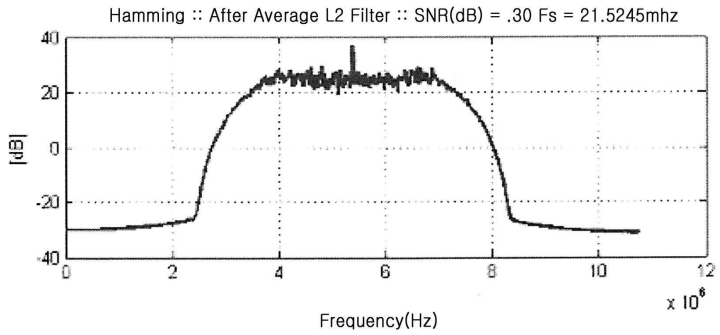

Hamming :: After Average L2 Filter :: SNR(dB) = .20 Fs = 21.5245mhz
[dB]
Frequency(Hz)
x 10^6

(b)

도면8


Hamming :: After R-C Filter :: SNR(dB) = .30 Fs = 21.5245mhz
[dB]
40
20
0
-20
-40
0
2
4
6
8
10
12
x 10^8
Frequency(Hz)

(a)


Hamming :: After Average L2 Filter :: SNR(dB) = .30 Fs = 21.5245mhz
[dB]
40
20
0
-20
-40
0
2
4
6
8
10
12
x 10^8
Frequency(Hz)

(b)