



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년09월16일
(11) 등록번호 10-2156790
(24) 등록일자 2020년09월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 16/10 (2009.01) H04W 16/14 (2009.01)
(21) 출원번호 10-2014-0015491
(22) 출원일자 2014년02월11일
심사청구일자 2019년01월09일
(65) 공개번호 10-2015-0094332
(43) 공개일자 2015년08월19일
(56) 선행기술조사문헌
JP2010154296 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
한국전자통신연구원
대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)
(72) 발명자
정희윤
대전광역시 유성구 반석동로40번길 78-8, 202호
엄중선
대전광역시 유성구 학하남로 10, 오투그란테 미학
아파트 205-903
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이상

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 이종익

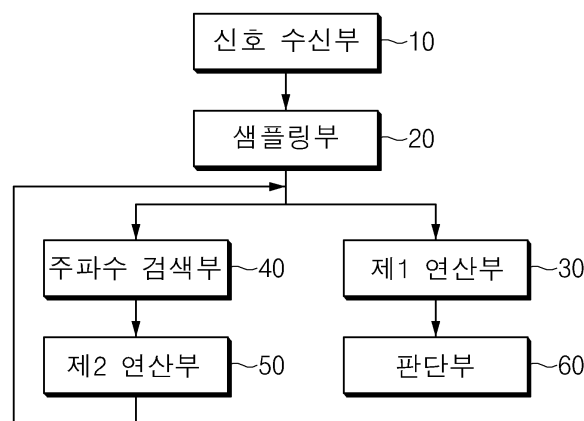
(54) 발명의 명칭 스펙트럼 센싱 방법 및 스펙트럼 센싱 장치

(57) 요약

본 발명의 실시 예들은 스펙트럼 센싱 방법 및 스펙트럼 센싱 장치에 관한 것으로, (a) 수신된 신호를 샘플링하는 단계와, (b) 샘플링된 신호에 기초하여 수신된 신호의 강도와 관련된 제1 연산치를 계산하는 단계와, (c) 샘플링된 신호에 기초하여 입력 신호와의 상관성이 가장 큰 제1 주파수 대역을 검색하는 단계와, (d) 수신된 신호로부터 제1 주파수 대역에서의 신호 성분을 제거하여 제1 잔여 성분 신호를 계산하는 단계와, (e) 제1 잔여 성분 신호의 강도와 관련된 제2 연산치를 계산하는 단계와, (f) 제1 연산치와 제2 연산치의 상대적인 값을 사용하여 수신된 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단하는 단계를 포함하는 스펙트럼 센싱 방법을 제공한다.

대표도 - 도1

1



(72) 발명자
정병장
 대전광역시 유성구 은구비남로 13, SK허브 905호
최재익
 대전광역시 유성구 은구비남로 34, 열매마을아파트
 807-2401

(56) 선행기술조사문헌
 KR1020120086023 A
 KR101150129 B1
 JP2009253911 A
 KR1020120086022 A
 "Modified Orghotonal Matching Pursuit
 Algorithm for Cognitive Radio Wideband
 Spectrum Sensing," Peng Zhang 외 1인, ArXiv
 (2011.02.14.)
 "인지 무선 네트워크에서 상관관계를 갖는 다중 신
 호를 위한 협력 베이지안 압축 스펙트럼 센싱," 정
 홍규 외 2인, 한국통신학회논문지, Vol.38B, No.09
 (2013.09.30.) 1부.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	13-921-01-001
부처명	미래창조과학부
과제관리(전문)기관명	한국방송통신전파진흥원
연구사업명	방송통신ETRI연구개발지원사업
연구과제명	모바일 빅뱅시대의 스펙트럼 슈퍼 하이웨이 기술개발
기여율	1/1
과제수행기관명	한국전자통신연구원
연구기간	2013.03.01 ~ 2017.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

스펙트럼 센싱 방법으로서,

- (a) 수신된 신호를 샘플링하는 단계;
- (b) 상기 샘플링된 신호에 기초하여 상기 수신된 신호의 강도와 관련된 제1 연산치를 계산하는 단계;
- (c) 상기 샘플링된 신호에 기초하여 입력 신호와의 상관성이 가장 큰 제1 주파수 대역을 검색하는 단계;
- (d) 상기 수신된 신호로부터 상기 제1 주파수 대역에서의 신호 성분을 제거하여 제1 잔여 성분 신호를 계산하는 단계;
- (e) 상기 제1 잔여 성분 신호의 강도와 관련된 제2 연산치를 계산하는 단계; 및
- (f) 상기 제1 연산치와 상기 제2 연산치의 상대적인 값을 사용하여 상기 수신된 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단하는 단계;를 포함하는 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 (f) 단계는,

상기 제2 연산치에 대한 상기 제1 연산치의 비가 기준치를 초과한 경우에 상기 제1 잔여 성분 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 남아있다고 판단하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 제1 잔여 성분 신호 중에서 상관성이 가장 큰 제2 주파수 대역을 검색하는 단계;

상기 제1 잔여 성분 신호로부터 상기 제2 주파수 대역에서의 신호 성분을 제거하여 제2 잔여 성분 신호를 계산하는 단계; 및

상기 제2 잔여 성분 신호의 강도와 관련된 제3 연산치를 계산하는 단계;를 더 포함하고,

상기 (f) 단계는,

상기 제1 연산치와 상기 제2 연산치의 차인 제1 차분값과 상기 제2 연산치와 상기 제3 연산치의 차인 제2 차분값을 비교하여 상기 샘플링된 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 남아있는지 여부를 판단하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 (f) 단계는,

상기 제1 연산치와 상기 제2 연산치의 차를 계산하는 단계;

상기 차이값을 정규화하는 단계; 및

상기 정규화된 값이 기준치 이상인 경우에 상기 제1 잔여 성분 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 남아있다고 판단하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 (f) 단계에서 점유되어 있는 주파수 대역이 남아있다고 판단한 경우,

상기 (b) 단계에서, 샘플링된 신호 대신에 상기 (d) 단계에서 계산된 제1 잔여 성분 신호를 입력으로 하여 상기 (b) 단계 내지 상기 (f) 단계를 반복 수행하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 샘플링은 압축 스펙트럼 센싱 방법을 사용하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 제1 연산치 및 상기 제2 연산치는 신호를 나타내는 행렬의 F-norm 값인 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 8

수신된 신호를 샘플링하는 샘플링부;

입력되는 신호의 강도와 관련된 연산치를 계산하는 제1 연산부;

입력되는 신호와의 상관성이 가장 큰 주파수 대역을 검색하는 주파수 검색부;

입력되는 신호로부터 특정 주파수 대역의 신호 성분을 제거하여 잔여 성분 신호를 생성하는 제2 연산부; 및

점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단하는 판단부;를 포함하고,

상기 제1 연산부는, 상기 샘플링부에서 샘플링된 신호 및 상기 제2 연산부에서 생성된 잔여 성분 신호를 입력신호로서 각각 수신하여 각 신호에 대한 연산치인 제1 연산치 및 제2 연산치를 계산하고,

상기 주파수 검색부는, 입력 신호로서 상기 샘플링부에서 샘플링된 신호 또는 상기 제2 연산부에서 생성된 잔여 성분 신호를 수신하여 상기 수신된 신호에 대하여 상기 상관성이 가장 큰 주파수 대역을 검색하고,

상기 판단부는, 상기 제1 연산치와 상기 제2 연산치의 상대적인 값을 사용하여 상기 수신된 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱 장치.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 판단부는,

상기 제1 연산치에 대한 상기 제2 연산치의 비가 기준치 이상인 경우에 상기 잔여 성분 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 남아있다고 판단하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱 장치.

청구항 10

청구항 8에 있어서,

상기 주파수 검색부는 상기 샘플링된 신호로부터 제1 주파수 대역을 검색하고 상기 제2 연산부에서 생성된 잔여 성분 신호로부터 제2 주파수 대역을 검색하며,

상기 제2 연산부는 상기 샘플링된 신호로부터 상기 제1 주파수 대역의 신호 성분을 제거하여 제1 잔여 성분 신호를 계산하고, 상기 제1 잔여 성분 신호로부터 상기 제2 주파수 대역의 신호 성분을 제거하여 제2 잔여 성분 신호를 계산하고,

상기 제1 연산부는 상기 제2 잔여 성분 신호로부터 제3 연산치를 추가로 계산하고,

상기 판단부는,

상기 제1 연산치와 상기 제2 연산치의 차인 제1 차분값과 상기 제2 연산치와 상기 제3 연산치의 차인 제2 차분값을 비교하여 상기 샘플링된 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 남아있는지 여부를 판단하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱 장치.

청구항 11

청구항 8에 있어서,

상기 판단부는,

상기 제1 연산치와 상기 제2 연산치의 차를 계산하고 계산된 차이값을 정규화하여, 상기 정규화된 값이 기준치 이상인 경우에 상기 제2 연산부에 현재 입력된 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 남아있다고 판단하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱 장치.

청구항 12

청구항 8에 있어서,

상기 판단부가 상기 제2 연산부에 현재 입력된 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 남아있다고 판단한 경우,

상기 제2 연산부에서 생성된 잔여 성분 신호에 기초하여 상기 주파수 검색부, 제1 연산부 및 판단부가 각각의 동작을 반복하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱 장치.

청구항 13

청구항 8에 있어서,

상기 샘플링부는 압축 스펙트럼 센싱 방법을 사용하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱 장치.

청구항 14

청구항 8에 있어서,

상기 제1 연산치 및 상기 제2 연산치는 신호를 나타내는 행렬의 F-norm 값인 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱 장치.

청구항 15

압축 스펙트럼 센싱 방법으로서,

입력 신호로부터 도출되는 제1 신호 성분과, 상기 제1 신호 성분에서 가장 강한 주파수 대역의 신호 성분을 상기 제1 신호 성분으로부터 제거한 제2 신호 성분을 검출하는 단계;

상기 제1 신호 성분과 상기 제2 신호 성분 각각의 크기에 관련된 제1 연산치 및 제2 연산치를 계산하는 단계; 및

상기 제1 연산치 및 상기 제2 연산치의 상대적인 값에 기초하여 입력 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 압축 스펙트럼 센싱 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시 예들은 스펙트럼 센싱 방법 및 스펙트럼 센싱 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 무선 통신 분야에 있어서 제한되어 있는 주파수 자원을 효율적으로 사용하기 위하여, 주파수를 공유하여 사용하는 주파수 공유 기술에 대한 관심이 높아지고 있으며, 이를 달성하기 위한 인지무선(Cognitive Radio) 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 인지무선 시스템에서는 기존 사용자 혹은 다른 시스템이 사용하고 있지 않은 채널을 찾기 위해 스펙트럼 센싱 기술을 고려하고 있다.

[0003] 한편, 공유 주파수 대역이 넓어짐에 따라서 센싱을 수행해야 하는 스펙트럼의 대역 또한 넓어지게 되었으며, 따

라서 이러한 스펙트럼의 센싱을 효율적으로 수행하기 위한 광대역 스펙트럼 센싱에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 실시 예들이 해결하고자 하는 기술적 과제는 스펙트럼 센싱 기술에 있어서 신호 검출 성능의 향상 및 오경보 확률 감소를 통해 실제 환경에서의 센싱 성능을 향상시킬 수 있는 스펙트럼 센싱 방법 및 스펙트럼 센싱 장치를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 상술한 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명에 따른 실시 예들의 일 측면에 의하면, 스펙트럼 센싱 방법으로서, (a) 수신된 신호를 샘플링하는 단계와, (b) 샘플링된 신호에 기초하여 수신된 신호의 강도와 관련된 제1 연산치를 계산하는 단계와, (c) 샘플링된 신호에 기초하여 입력 신호와의 상관성이 가장 큰 제1 주파수 대역을 검색하는 단계와, (d) 수신된 신호로부터 제1 주파수 대역에서의 신호 성분을 제거하여 제1 잔여 성분 신호를 계산하는 단계와, (e) 제1 잔여 성분 신호의 강도와 관련된 제2 연산치를 계산하는 단계와, (f) 제1 연산치와 제2 연산치의 상대적인 값을 사용하여 수신된 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단하는 단계를 포함하는 스펙트럼 센싱 방법을 제공한다.

[0006] 이러한 본 실시 예의 다른 특징에 의하면, (f) 단계는, 제2 연산치에 대한 제1 연산치의 비가 기준치를 초과한 경우에 제1 잔여 성분 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 남아있다고 판단할 수 있다.

[0007] 본 실시 예의 또 다른 특징에 의하면, 제1 잔여 성분 신호 중에서 상관성이 가장 큰 제2 주파수 대역을 검색하는 단계와, 제1 잔여 성분 신호로부터 제2 주파수 대역에서의 신호 성분을 제거하여 제2 잔여 성분 신호를 계산하는 단계와, 제2 잔여 성분 신호의 강도와 관련된 제3 연산치를 계산하는 단계를 더 포함하고, (f) 단계는, 제1 연산치와 제2 연산치의 차인 제1 차분값과 제2 연산치와 제3 연산치의 차인 제2 차분값을 비교하여 샘플링된 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 남아있는지 여부를 판단할 수 있다.

[0008] 본 실시 예의 또 다른 특징에 의하면, (f) 단계는, 제1 연산치와 제2 연산치의 차를 계산하는 단계와, 차이값을 정규화하는 단계와, 정규화된 값이 기준치 이상인 경우에 제1 잔여 성분 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 남아있다고 판단할 수 있다.

[0009] 본 실시 예의 또 다른 특징에 의하면, (f) 단계에서 점유되어 있는 주파수 대역이 남아있다고 판단한 경우, (b) 단계에서, 샘플링된 신호 대신에 (d) 단계에서 계산된 제1 잔여 성분 신호를 입력으로 하여 (b) 단계 내지 (f) 단계를 반복 수행할 수 있다.

[0010] 본 실시 예의 또 다른 특징에 의하면, 샘플링은 압축 스펙트럼 센싱 방법을 사용할 수 있다.

[0011] 본 실시 예의 또 다른 특징에 의하면, 제1 연산치 및 제2 연산치는 신호를 나타내는 행렬의 F-norm 값일 수 있다.

[0012] 상술한 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명에 따른 실시 예들의 다른 측면에 의하면, 수신된 신호를 샘플링하는 샘플링부와, 입력되는 신호의 강도와 관련된 연산치를 계산하는 제1 연산부와, 입력되는 신호와의 상관성이 가장 큰 주파수 대역을 검색하는 주파수 검색부와, 입력되는 신호로부터 특정 주파수 대역의 신호 성분을 제거하여 잔여 성분 신호를 생성하는 제2 연산부와, 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단하는 판단부를 포함하고, 제1 연산부는, 샘플링부에서 샘플링된 신호 및 제2 연산부에서 생성된 잔여 성분 신호를 입력신호로서 각각 수신하여 각 신호에 대한 연산치인 제1 연산치 및 제2 연산치를 계산하고, 주파수 검색부는, 입력 신호로서 샘플링부에서 샘플링된 신호 또는 제2 연산부에서 생성된 잔여 성분 신호를 수신하여 수신된 신호에 대하여 상관성이 가장 큰 주파수 대역을 검색하고, 판단부는, 제1 연산치와 제2 연산치의 상대적인 값을 사용하여 수신된 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱 장치를 제공한다.

[0013] 이러한 본 실시 예의 다른 특징에 의하면, 판단부는, 제1 연산치에 대한 제2 연산치의 비가 기준치 이상인 경우에 제1 잔여 성분 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 남아있다고 판단할 수 있다.

[0014] 본 실시 예의 또 다른 특징에 의하면, 주파수 검색부는 샘플링된 신호로부터 제1 주파수 대역을 검색하고 제2

연산부에서 생성된 잔여 성분 신호로부터 제2 주파수 대역을 검색하며, 제2 연산부는 샘플링된 신호로부터 제1 주파수 대역의 신호 성분을 제거하여 제1 잔여 성분 신호를 계산하고, 제1 잔여 성분 신호로부터 제2 주파수 대역의 신호 성분을 제거하여 제2 잔여 성분 신호를 계산하고, 제1 연산부는 제2 잔여 성분 신호로부터 제3 연산치를 추가로 계산하고, 판단부는, 제1 연산치와 제2 연산치의 차인 제1 차분값과 제2 연산치와 제3 연산치의 차인 제2 차분값을 비교하여 샘플링된 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 남아있는지 여부를 판단할 수 있다.

- [0015] 본 실시 예의 또 다른 특징에 의하면, 판단부는, 제1 연산치와 제2 연산치의 차를 계산하고 계산된 차이값을 정규화하여, 정규화된 값이 기준치 이상인 경우에 제2 연산부에 현재 입력된 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 남아있다고 판단할 수 있다.
- [0016] 본 실시 예의 또 다른 특징에 의하면, 판단부가 제2 연산부에 현재 입력된 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 남아있다고 판단한 경우, 제2 연산부에서 생성된 잔여 성분 신호에 기초하여 주파수 검색부, 제1 연산부 및 판단부가 각각의 동작을 반복할 수 있다.
- [0017] 본 실시 예의 또 다른 특징에 의하면, 샘플링부는 압축 스펙트럼 센싱 방법을 사용할 수 있다.
- [0018] 본 실시 예의 또 다른 특징에 의하면, 제1 연산치 및 제2 연산치는 신호를 나타내는 행렬의 F-norm 값일 수 있다.
- [0019] 상술한 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명에 따른 실시 예들의 또 다른 측면에 의하면, 압축 스펙트럼 센싱 방법으로서, 입력 신호로부터 도출되는 제1 신호 성분과, 제1 신호 성분에서 가장 강한 주파수 대역의 신호 성분을 제1 신호 성분으로부터 제거한 제2 신호 성분을 검출하는 단계와, 제1 신호 성분과 제2 신호 성분 각각의 크기에 관련된 제1 연산치 및 제2 연산치를 계산하는 단계와, 제1 연산치 및 제2 연산치의 상대적인 값에 기초하여 입력 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 압축 스펙트럼 센싱 방법을 제공한다.

발명의 효과

- [0020] 상기와 같은 구성에 의하여, 본 발명의 실시 예들은 신호 검출 성능의 향상 및 오경보 확률 감소를 통해 실제 환경에서의 센싱 성능을 향상시킬 수 있는 스펙트럼 센싱 방법 및 스펙트럼 센싱 장치를 제공할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 스펙트럼 센싱 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.
- 도 2는 샘플링부의 구성을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 종래의 스펙트럼 센싱 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 4는 도 3의 스펙트럼 센싱 방법에 따라서 신호 검출을 수행하는 경우를 설명하는 개념도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 스펙트럼 센싱 방법으로 신호 검출을 수행하는 경우를 설명하는 개념도이다.
- 도 6은 도 5에 따른 스펙트럼 센싱 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 7은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 스펙트럼 센싱 방법으로 신호 검출을 수행하는 경우를 설명하는 개념도이다.
- 도 8은 도 6에 따른 스펙트럼 센싱 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 9는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 스펙트럼 센싱 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 10은 도 6에 따른 스펙트럼 센싱 방법을 사용했을 경우의 신호 검출 확률을 나타내는 그래프이다.
- 도 11은 도 6에 따른 스펙트럼 센싱 방법을 사용했을 경우의 오경보 발생 확률을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되

어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

- [0023] 이하, 본 발명에 따른 실시 예들을 첨부도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 스펙트럼 센싱 장치(1)의 구성을 나타내는 블록도이다.
- [0025] 도 1을 참조하면, 스펙트럼 센싱 장치(1)는 외부로부터 전송되는 신호들을 감지하여 통신 채널 중 다른 사용자나 시스템이 점유하고 있는 주파수 대역이 있는지를 판단하는 장치이다. 스펙트럼 센싱 장치(1)는 신호 수신부(10), 샘플링부(20), 제1 연산부(30), 주파수 검색부(40), 제2 연산부(50), 판단부(60)를 포함할 수 있다.
- [0026] 신호 수신부(10)는 안테나 등을 사용하여 외부로부터 전송되는 무선 신호를 수신한다.
- [0027] 샘플링부(20)는 수신된 신호에 대하여 샘플링 동작을 수행하여 원본 디지털 데이터로 복원하기 위한 부분으로 압축 스펙트럼 센싱 처리를 수행한다. 이하에서는 샘플링부(20)에 대하여 도 2를 참조하여 구체적으로 설명한다.
- [0028] 광대역 신호에 대한 효율적인 신호처리를 위하여 최근 압축 센싱(Compressive Sensing)이라는 기술이 각광을 받고 있다. 기존의 나이퀴스트(Nyquist) 샘플링 이론은 아날로그 신호의 디지털 신호로의 변환 과정에서 원래 신호를 완벽하게 복원하기 위해서는 샘플링 주파수가 원래 신호의 최고 주파수의 2배 이상이어야 한다는 이론이다. 압축 센싱 기술은 이러한 기존의 개념을 타파하여 그 이하의 샘플링 주파수로도 원래 신호를 복구해 낼 수 있다는 이론이다.
- [0029] 압축 센싱 이론은 스파스 특성(Sparsity)에 기초한다. 스파스 특성이란 어떤 신호를 임의의 도메인에서 관측하는 경우 신호의 성분이 대다수가 0이 되고 소수의 성분만이 0이 아닌 성분을 갖게 되는데, 이러한 신호를 스파스(Sparse)한 신호라고 칭한다. 일례로, 시간 축에서 연속적인 정현파 신호는 대부분의 성분이 0이 아닌 값을 가지지만, 이를 주파수 축에서 관찰할 경우 특정 주파수에서만 0이 아닌 값을 가지고 나머지 대부분의 주파수 성분은 0이 된다. 압축 센싱 이론은 이와 같은 스파스한 신호에 대하여 아주 적은 선형 측정만으로도 원래 신호를 손실 없이 복구해 낼 수 있다는 것이 그 핵심 이론이다.
- [0030] 압축 센싱 이론의 스펙트럼 센싱 기술에의 적용 및 활용은 이스라엘 테크니온 공대의 Eldar 교수 연구팀에 의해 주도적으로 수행되었으며, 해당 팀에서는 MWC(Modulated Wideband Converter) 구조를 이용하여 압축 센싱 기술을 스펙트럼 센싱 기술에 적용하였다.
- [0031] 도 2는 샘플링부(20)의 구성을 나타내는 도면으로, MWC 구조를 이용하여 광대역 신호를 샘플링한다.
- [0032] 입력 신호 $x(t)$ 에 대하여 T_p 의 주기를 갖는 시퀀스들 $p_i(t)(i=1,2,\dots,m)$ 를 곱한 뒤, 출력된 신호 $\tilde{x}_i(t)$ 에 대하여 저역 통과(Low-pass) 필터링 $h_i(t)$ 를 수행한다. 저역 통과된 신호에 대해서 샘플링을 수행하되 상기의 연산을 병렬구조로 수행하면 MWC 구조를 이용한 신호의 샘플링이 완성된다. 여기서, $21_1\sim 21_m$ 은 곱셈기, $22_1\sim 22_m$ 은 저역 통과 필터, $23_1\sim 23_m$ 은 주기 nT_s 의 샘플링회로이다.
- [0033] 상기 샘플링의 결과물 $y[n]$ 은 입력신호 $x(t)$ 의 주파수에 비해 매우 낮은 샘플링 주파수를 가지며, 압축 센싱을 이용한 광대역 스펙트럼 센싱을 위해서는 압축 샘플링된 $y[n]$ 을 이용하여 광대역 입력신호 $x(t)$ 내에 신호가 존재하는 주파수 대역을 알아내야 한다.
- [0034] 압축 샘플링된 신호 $y[n]$ 을 이용하여 입력 신호 $x(t)$ 에서 신호가 점유중인 채널을 찾는 종래 방식은 아래와 같다.
- [0035] 먼저 샘플링된 신호 $y[n]$ 에 대해서 아래의 수학적 식 1을 만족하는 Q 행렬을 구한다. 여기서 $(\cdot)^H$ 는 허미시안(Hermitian) 연산이다.

수학식 1

$$Q = \int_{f \in F} y(f) y(f)^H df = \sum_{n=-\infty}^{\infty} y[n] y^H[n]$$

[0036]

[0037]

위와 같이 구한 Q 행렬에 대하여 $Q = VV^H$ 의 형태로 분해가능한 V 행렬을 찾는다. 샘플링 결과 주어진 y[n]을 이용하여 Q 행렬을 구하고 Q 행렬에서 V 행렬을 구하는 것은 종래의 널리 알려진 선형대수를 이용하여 처리할 수 있다.

[0038]

상기의 과정을 통해 얻은 V 행렬과, 샘플링 과정에서 이용된 p(t) 시퀀스를 통해 구할 수 있는 A 행렬에 대하여 아래의 수학식 2를 만족하는 가장 스파스한 U 행렬을 찾으면 입력 신호에서 신호가 존재하는 주파수 위치를 찾을 수 있다.

수학식 2

$$V = AU$$

[0039]

[0040]

도 3은 종래의 스펙트럼 센싱 방법을 나타내는 흐름도로서, 도 3을 참조하여, 수학식 2의 해를 구하는 방법에 대하여 좀 더 구체적으로 살펴본다.

[0041]

도 3에서 a_k 는 A 행렬의 k 번째 열을 나타낸다. 도 3의 흐름도의 전체적인 흐름은 수학식 2를 풀기 위해 일반적으로 이용되고 있는 형태로서, S10 단계와 같은 연산을 통하여 샘플링된 신호에 대해서 입력된 신호와 가장 상관성이 강한 주파수 대역을 찾는다(S10). 그리고 검색된 주파수 대역이 기존에 검색된 주파수인지 여부를 판단하여(S20), 새로운 주파수라고 판단된 경우에는 기존의 검색된 주파수 집합에 새로 검색된 주파수를 포함시키고(S30), 그렇지 않은 경우에는 주파수 집합을 그대로 유지한다(S40). 그리고 샘플링된 신호 또는 이전 단계에서 사용된 신호로부터 검색된 주파수 대역에서의 신호 성분을 제거하여 잔여 성분 신호를 생성하고(S50), 잔여 성분 신호에 기초하여 F-norm 을 구하여 그 크기가 기준치 이하인지 여부를 판단한다(S60). F-norm 값이 기준값보다 클 때에는 아직 전송 채널 중 점유되어 있는 주파수 대역이 존재한다고 판단하여 S10 단계로 돌아가 S10~S60 단계를 반복한다. 반면, F-norm 값이 기준값 이하일 때에는 더 이상 점유되어 있는 채널이 남아있지 않다고 판단하여 신호 검색 동작을 종료한다.

[0042]

도 3은 스펙트럼 센싱 방법의 일 예일 뿐이며, 알고리즘에 따라서 순서도 내에서 수행되는 연산 및 사용되는 파라미터들이 달라질 수 있다. 즉, 도 3은 Matching Pursuit 방식을 이용한 방법의 예시이며, 알고리즘에 따라서 k_p 의 계산, B_p 의 계산 등이 달라질 수 있다.

[0043]

한편, 종래의 스펙트럼 센싱 방법에 의하는 경우 S60 단계에서와 같이 잔여 행렬의 F-norm 값이 기준치 이하인지를 판단함으로써 점유되어 있는 채널이 존재하는지 여부를 판단하게 된다. 그러나 이와 같은 방식으로 점유되어 있는 채널의 존재 여부를 판단하는 경우에는 수신되는 신호의 세기 및 수신 노이즈 레벨의 영향이 있어서 실제 환경에서는 검출 에러의 확률이 높아진다는 문제가 있다.

[0044]

도 4는 도 3의 스펙트럼 센싱 방법에 따라서 신호 검출을 수행하는 경우를 설명하는 개념도이다.

[0045]

도 4를 참조하면, 총 4개의 채널이 존재하고, 그 중 제1 채널(Ch1)에만 신호가 존재한다고 가정한다. 이때, 만약 노이즈 분산이 작은 경우에는 도 4(A) 상단과 같이 제1 채널(Ch1)에 큰 세기의 신호가 포함되고 나머지 제2 채널 내지 제4 채널(Ch2~Ch4)에는 노이즈만이 존재한다.

[0046]

그리고 전체 신호가 모두 포함된 스파스한 행렬 B_1 의 F-norm 값을 $\|B_1\|_F$, 여기서 제1 채널(Ch1) 성분이 제거된 잔여행렬 B_2 의 F-norm 값을 $\|B_2\|_F$, 그리고 다시 B2로부터 상관값이 가장 큰 주파수 대역의 신호를 제거한 잔여

행렬 B3의 F-norm 값을 $\|B_3\|_F$, 마지막 잔여행렬 B4의 F-norm 값을 $\|B_4\|_F$ 이라고 한다. 그러면 기준치인 ε 보다 큰 값을 갖는 것은 $\|B_1\|_F$ 밖에 없으므로 전체 4개의 채널 중 하나의 채널에만 신호가 존재한다고 판단한다.

[0047] 반면에, 노이즈 분산이 큰 경우에는 도 4(B)의 상단과 같이 제1 채널(Ch1)에만 신호가 존재하며, 제2 채널 내지 제4 채널(Ch2~CH4)은 도 4(A)의 경우보다 큰 노이즈가 존재하게 된다.

[0048] 이러한 경우, 도 4(A)에서의 기준치와 동일한 ε 를 기준치로 설정할 경우, 도 4(B)의 하단에서와 같이 $\|B_1\|_F$ 뿐만 아니라 $\|B_2\|_F$ 및 $\|B_3\|_F$ 도 기준치보다 큰 값을 갖게 되어 전체 4개의 채널 중 3개의 채널에 신호가 존재한다고 오판하게 된다. 즉, 도 3에서와 같은 방식으로 스펙트럼 센싱을 수행하게 되면 오경보 확률이 높아져서 점유되어 있지 않은 채널에 대해서도 신호가 존재한다고 판단하게 되며, 결과적으로 주파수 자원 활용도가 떨어지게 된다.

[0049] 반대로 도 4(B)의 환경에 맞추어 기준치 ε 를 크게 설정하게 되면 도 4(A)와 같이 노이즈 분산이 적은 환경에서 오히려 신호 검출 확률이 떨어지는 문제가 발생한다.

[0050] 따라서 본 실시 예에 따른 스펙트럼 센싱 장치(1)의 제1 연산부(30), 주파수 검색부(40), 제2 연산부(50) 및 판단부(60)는 신호 검출 확률을 높이기 위하여 마련되었다.

[0051] 제1 연산부(30)는 샘플링부(20)로부터 수신된 샘플링 신호에 기초하여 산출된 스파스한 행렬로부터 신호의 강도와 관련된 연산치를 계산한다. 또한 제1 연산부(30)는 후술할 제2 연산부(50)에서 생성된 잔여 성분 신호로부터 신호의 강도와 관련된 연산치를 계산한다. 여기서 샘플링 신호에 기초하여 산출된 스파스한 행렬은 B_1 일 수 있으며, 이로부터 계산되는 신호의 강도와 관련된 값으로서의 연산치는 $\|B_1\|_F$ 일 수 있다. 또한 제2 연산부(50)에서 생성된 잔여 성분 신호는 B_2 일 수 있으며, 이로부터 계산되는 신호의 강도와 관련된 값으로서의 연산치는 $\|B_2\|_F$ 일 수 있다. 물론 점유되어 있는 신호가 더 남아있는 경우에는 B_3 , B_4 도 제2 연산부(50)에서 계산되어 출력됨으로써 $\|B_3\|_F$ 및 $\|B_4\|_F$ 가 산출될 수도 있다.

[0052] 주파수 검색부(40)는 샘플링된 신호인 B_1 에서 입력 신호와 가장 상관값이 큰 주파수 대역을 검색한다. 또한 주파수 검색부(40)는 제2 연산부(50)로부터 잔여 성분 신호를 수신하면, 수신된 잔여 성분 신호로부터 입력 신호와 가장 상관값이 큰 주파수 대역을 검색한다. 주파수 대역의 검색은 도 3이나 후술할 도 6에서 도시한 S10 단계와 같은 방법으로 수행될 수 있다. 그러나 이는 예시적인 것으로 이에 한정되는 것은 아니며, 가장 큰 신호를 갖는 주파수 대역을 검색하는 방법으로서 종래에 알려진 다양한 방법이 사용될 수 있을 것이며, 사용되는 방법에 따라서 파라미터 등이 변경될 수 있을 것이다.

[0053] 제2 연산부(50)는 샘플링된 신호인 B_1 에서 주파수 검색부(40)에 의하여 검색된 입력 신호와 상관값이 가장 큰 주파수 대역의 신호 성분을 제거하여 잔여 성분 신호를 생성한다. 물론 입력된 신호가 샘플링된 신호 B_1 이 아닌 제2 연산부(50)에서 생성된 잔여 성분 신호인 경우에는, 입력된 잔여 성분 신호에서 새로 검색된 주파수 대역의 신호 성분을 제거하여 새로운 잔여 성분 신호를 생성한다. 즉, 판단부(60)에서 점유되어 있는 주파수 대역이 존재한다고 판단한 경우에는 이전에 생성된 잔여 성분 신호에 기초하여 새로운 잔여 성분 신호를 생성한다. 잔여 성분 신호를 생성하는 방법은 도 3이나 후술할 도 6에서 도시한 S50 단계와 같은 방법으로 수행될 수 있다. 그러나 이는 예시적인 것으로 이에 한정되는 것은 아니며, 잔여 성분 신호를 산출하는 방법으로서 종래에 알려진 다양한 방법이 사용될 수 있을 것이며, 사용되는 방법에 따라서 파라미터 등이 변경될 수 있을 것이다.

[0054] 판단부(60)는 제1 연산부(30)에서 계산되는 복수의 연산치들의 상대적인 값을 이용하여 샘플링된 신호 또는 잔여 성분 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단한다. 이하에서는 판단부(60)의 다양한 판단 방법에 대하여 자세히 설명한다.

[0055] 도 5는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 스펙트럼 센싱 방법으로 신호 검출을 수행하는 경우를 설명하는 개념도이며, 도 6은 도 5에 따른 스펙트럼 센싱 방법을 나타내는 흐름도이다. 도 4에서와 같이 제1 채널(Ch1)에만 신호

가 존재하는 경우를 가정하도록 한다.

- [0056] 도 5를 참조하면, B_p 행렬은 신호가 포함되어 있는 경우에서 노이즈만 존재할 경우로의 F-norm 값의 감소 비율이 크지만, 노이즈만 존재하는 B_p 행렬들 사이의 F-norm 값의 감소 비율을 어느 정도 일정하게 된다. 그리고 이러한 성질은 도 5(A)와 같이 노이즈 분산이 작은 경우나 도 5(B)와 같이 노이즈 분산이 큰 경우나 비슷하다.
- [0057] 따라서 본 실시예에서 판단부(60)는 이와 같이 B_p 행렬의 F-norm 감소 비율의 포화 성질을 이용하여 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단한다. 즉, B_p 행렬의 F-norm 값은 단조 감소하기 때문에 B_p 행렬 내에 노이즈 성분만이 존재하는 경우에는 그 감소 비율이 일정 수준 이하로 줄어드는 특성을 이용하여 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단하는 것이다.
- [0058] 도 6을 참조하여 설명하면, 먼저 수학적 식 2에 기초하여 샘플링된 신호로부터 기초가 되는 스파스한 행렬 B_1 이 산출된다(S5). 여기서 p의 초기값은 2로 설정한다.
- [0059] 다음으로, 도 3에서 설명한 바와 같은 주파수 검색 및 잔여 성분 신호의 생성 등의 S20 내지 S50 단계의 동작을 수행한다.
- [0060] 다음으로 제2 연산부(50)에 의하여 잔여 성분 신호 B_2 가 생성되면 제1 연산부(30)는 신호 강도와 관련된 연산치인 $\|B_2\|_F$ 를 계산한다.
- [0061] 그리고 판단부(60)는 잔여 성분 신호에 관한 연산치인 $\|B_2\|_F$ 에 대한 샘플링된 신호에 관한 연산치인 $\|B_1\|_F$ 의 비를 계산하여, 계산된 값이 기준치 이하인지 여부를 판단한다(S61). 판단부(60)는 계산된 값이 기준치보다 크면 신호의 감소폭이 큰 것이므로 아직 점유되어 있는 신호가 존재한다고 판단하여 S70 단계로 진행하여 p 값을 1 증가시키고 S20 내지 S60 동작을 반복한다.
- [0062] 반면에 판단부(60)는 계산된 값이 기준치 이하이면 신호의 감소폭이 크지 않다고 판단하여 신호 검출을 종료시킨다.
- [0063] 이와 같이 어느 하나의 잔여 성분 신호의 크기를 기준치와 비교하는 것이 아니라 복수의 잔여 성분 신호의 크기 사이의 상대적인 값에 기초하여 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단하며, 이로 인하여 노이즈 분산의 크기와 무관하게 신호 검출 성능을 향상시킬 수 있게 된다.
- [0064] 도 7은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 스펙트럼 센싱 방법으로 신호 검출을 수행하는 경우를 설명하는 개념도이며, 도 8은 도 6에 따른 스펙트럼 센싱 방법을 나타내는 흐름도이다. 본 실시 예에서도 도 4에서와 같이 제1 채널(Ch1)에만 신호가 존재하는 경우를 가정하도록 한다.
- [0065] 도 7을 참조하면, 본 실시 예에서는 B_p 행렬의 F-norm의 차에 기초하여 점유되어 있는 주파수 대역의 존재 여부를 판단한다.
- [0066] 일 예로, $\|B_1\|_F$ 와 $\|B_2\|_F$ 사이의 차이를 D1이라고 정의하고, $\|B_2\|_F$ 와 $\|B_3\|_F$ 사이의 차이를 D2라고 정의한다. B_p 행렬의 특성상, 인덱스인 p값이 증가함에 따라서 F-norm 값은 단조 감소한다.
- [0067] 이때, 상관값이 가장 큰 주파수 대역의 신호 성분을 잔여 성분 신호에서 제거하므로, B_p 행렬의 성분 중 가장 영향이 큰 성분이 먼저 제거된다. 따라서 B_p 행렬 내에 신호 성분이 존재하는 경우에는 F-norm 값의 감소폭이 크고, p 값이 증가함에 따라서 그 감소폭이 줄어들게 된다. 그리고, 노이즈 성분만이 존재하게 되면 감소폭은 일정값에서 포화된다. 그리고 이러한 성질은 도 7(A)와 같이 노이즈 분산이 작은 경우나 도 7(B)와 같이 노이즈 분산이 큰 경우나 비슷하다.
- [0068] 따라서 본 실시예에서 판단부(60)는 이와 같이 B_p 행렬의 F-norm 감소 크기의 포화 성질을 이용하여 신호에 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단한다. 즉, B_p 행렬의 F-norm 값은 단조 감소하기 때문에 B_p 행렬 내에 노이즈 성분만이 존재하는 경우에는 그 감소 크기가 일정 수준 이하로 줄어드는 특성을 이용하여 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단하는 것이다.
- [0069] 도 8을 참조하면, 도 6에서와 마찬가지로 S5 내지 S50 단계를 수행한다. 그리고 본 실시 예에서는 p=3인 경우까

지 연산을 수행하여 제2 연산부(50)는 B_1 , B_2 및 B_3 를 생성하고, 제1 연산부(30)는 상기 잔여 신호 성분 에 기초하여 $\|B_1\|_F$, $\|B_2\|_F$, $\|B_3\|_F$ 를 각각 계산한다.

[0070] 그 다음 판단부(60)는 제1 연산부(30)에서 계산된 $\|B_1\|_F$, $\|B_2\|_F$, $\|B_3\|_F$ 에 기초하여 D1 및 D2를 계산하고(S52), 계산된 D1 및 D2가 S62 단계에서의 'D1 > D2' 조건을 만족하는지를 판단한다(S62).

[0071] 판단부(60)는 D1 및 D2가 상기 조건을 만족시킨다고 판단하면 S70으로 진행하여 S20 내지 S62 동작을 반복한다. 반면에 판단부(60)는 D1 및 D2가 상기 조건을 만족시키지 못한다고 판단되면 더 이상 점유되어 있는 주파수 대역이 없다고 판단하여 신호 검출을 종료한다.

[0072] 즉, 도 7을 참조할 때, 신호가 존재하면 D1과 같이 상대적으로 큰 F-norm 값의 차이값이 발생하며, 신호 성분이 없고 노이즈 성분만 존재한다면 D2나 D3와 같이 상대적으로 작은 F-norm 값의 차이값이 발생한다. 따라서 잔여 행렬 B_p 내에 신호가 존재하는 환경에서는 S62의 조건을 만족하게 되나, 잔여 행렬 B_p 내에 신호가 존재하지 않는 환경에서는 S62의 조건을 만족하지 못하게 된다.

[0073] 이와 같이 어느 하나의 잔여 성분 신호의 크기를 기준치와 비교하는 것이 아니라 복수의 잔여 성분 신호의 크기 사이의 상대적인 값에 기초하여 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단하며, 이로 인하여 노이즈 분산의 크기와 무관하게 신호 검출 성능을 향상시킬 수 있게 된다.

[0074] 도 9는 본 발명의 제3 실시 예에 따른 스펙트럼 센싱 방법을 나타내는 흐름도이다.

[0075] 도 9를 참조하면, 본 실시 예에서는 B_p 행렬의 F-norm 값의 차이값에 대하여 정규화를 수행하여 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단한다.

[0076] 즉, 도 9의 S53 단계와 같이 B_{p-1} 행렬과 B_p 행렬의 F-norm 값의 차이값을 계산하고, S63 단계와 같이 계산된 차이값을 B_p 행렬의 F-norm 값으로 나누어 정규화를 수행한다. 판단부(60)는 S63 단계에서 정규화된 값이 기준치보다 작은지 여부를 판단하여 기준치 이상이면 S70 단계로 돌아가 점유되어 있는 주파수 대역을 추가로 검출하며, 그렇지 않으면 신호 검출을 종료한다.

[0077] 이와 같이 어느 하나의 잔여 성분 신호의 크기를 기준치와 비교하는 것이 아니라 복수의 잔여 성분 신호의 크기 사이의 상대적인 값에 기초하여 점유되어 있는 주파수 대역이 존재하는지 여부를 판단하며, 이로 인하여 노이즈 분산의 크기와 무관하게 신호 검출 성능을 향상시킬 수 있게 된다.

[0078] 그러나 정규화하는 방법은 도 9에 도시된 방법으로 한정되는 것은 아니며, 다양한 정규화 방법이 적용될 수 있다.

예를 들어, S63 단계의 $D_{p-1}/\|B_p\|_F < \epsilon$ 대신에, $D_p/\|B_p\|_F < \epsilon$ 나, $D_{p-1}/(\|B_{p-1}\|_F + \|B_p\|_F) < \epsilon$ 와 같은 수식을 사용하여 정규화할 수도 있을 것이다.

[0079] 다음으로 본 발명의 실시 예들의 효과를 시뮬레이션 결과를 통하여 설명한다.

[0080] 도 10은 도 6에 따른 스펙트럼 센싱 방법을 사용했을 경우의 신호 검출 확률을 나타내는 그래프이다.

[0081] 도 10을 참조하면, 가로축은 노이즈 분산 추정 오차를 나타내며, 세로축은 검출 확률을 나타낸다. 도 10의 실험에서는 총 38개의 6MHz 채널 중 임의의 2개의 채널에 각각 20dB, 10dB 크기의 신호를 발생시켰다. 신호 검출 방법은 도 6에서 설명한 제1 실시예의 방법을 사용하였다. 가로축의 노이즈 분산 추정 오차는 시스템에서 측정되거나 혹은 사전에 설정된 노이즈 분산 값에 대한 실제 노이즈 분산의 오차를 나타낸다.

[0082] 상기와 같은 조건으로 신호를 검출하여 검출 확률을 계산하면, 종래의 방식에서는 시스템에서 측정되거나 사전 결정된 노이즈 분산 보다 실제 노이즈 분산이 작은 경우에 신호의 검출 확률이 현저히 낮아짐을 확인할 수 있다. 특히 2dB 정도의 오차가 존재하는 경우에는 신호의 검출 확률이 절반 수준까지 떨어짐을 확인할 수 있었다.

[0083] 반면에 제1 실시예에 따른 경우, 노이즈 분산 추정 오차의 크기와 무관하게 일정한 신호 검출 성능을 유지하였음을 확인할 수 있었다.

- [0084] 도 11은 도 6에 따른 스펙트럼 센싱 방법을 사용했을 경우의 오경보 발생 확률을 나타내는 그래프이다.
- [0085] 도 11을 참조하면, 가로축은 노이즈 분산 추정 오차를 나타내며, 세로축은 오경보 발생 확률을 나타낸다. 그 밖의 실험 조건은 도 10과 동일하다.
- [0086] 상기와 같은 조건으로 신호가 존재하지 않는 환경에 대하여 신호가 존재한다고 판단하는 확률인 오경보 확률을 계산하면, 종래의 방식에서는 시스템에서 측정되거나 사전 결정된 노이즈 분산 보다 실제 노이즈 분산이 큰 경우에 오경보 확률이 크게 증가함을 확인할 수 있다. 특히 1dB 정도의 오차가 존재하는 경우에는 오경보 확률이 90%정도까지 상승하여 실제 환경에서 적용하기가 어려움을 확인할 수 있었다.
- [0087] 반면에 제1 실시예에 따른 경우, 노이즈 분산 추정 오차의 크기와 무관하게 매우 낮은 일정 수준의 오경보 확률을 유지하고 있음을 확인할 수 있었다.
- [0088] 상기와 같이, 본 발명의 실시 예에 따른 스펙트럼 센싱 장치(1)를 이용한 스펙트럼 센싱 방법에 의하면 신호 검출 성능의 향상 및 오경보 확률 감소를 통해 실제 환경에서의 센싱 성능을 향상시킬 수 있게 된다.
- [0089] 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 구현할 수 있다. 그리고 상기 기록매체는 컴퓨터가 판독할 수 있는 모든 형태의 기록매체를 포함한다.
- [0090] 이상에서 설명한 본 발명은, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하므로 전술한 실시 예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니다.

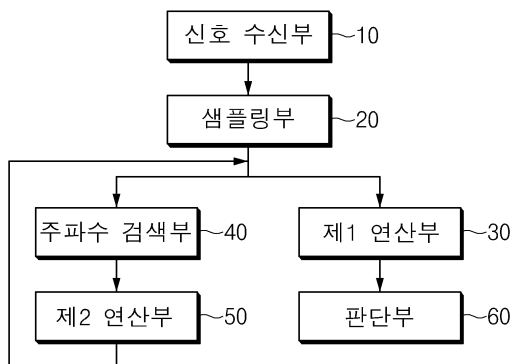
부호의 설명

- [0091] 1 스펙트럼 센싱 장치
- 10 신호 수신부
- 20 샘플링부
- 30 제1 연산부
- 40 주파수 검색부
- 50 제2 연산부
- 60 판단부

도면

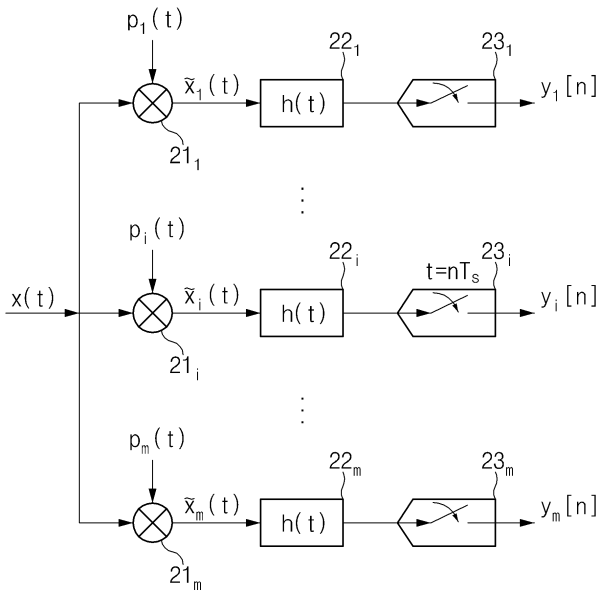
도면1

1

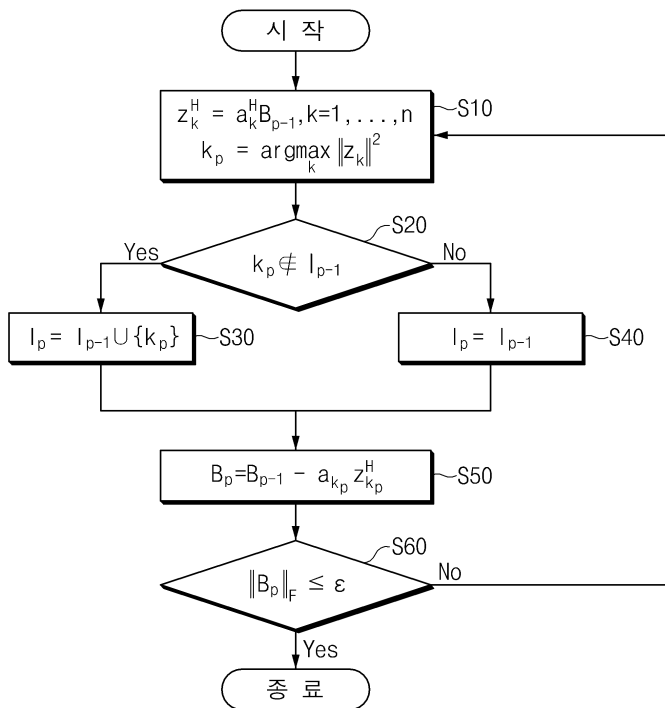


도면2

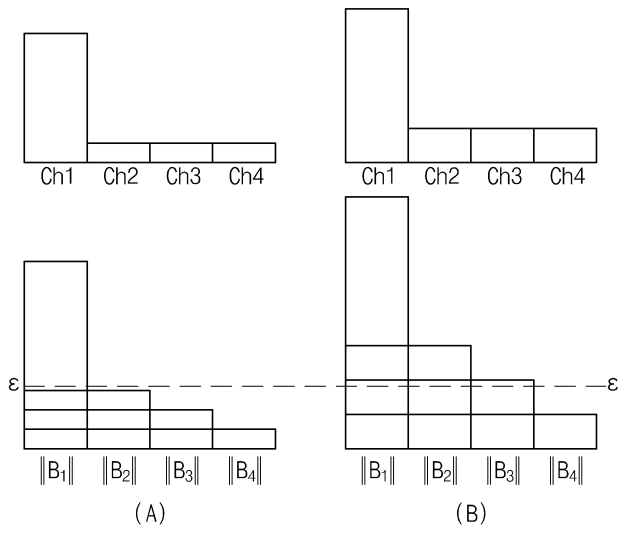
20



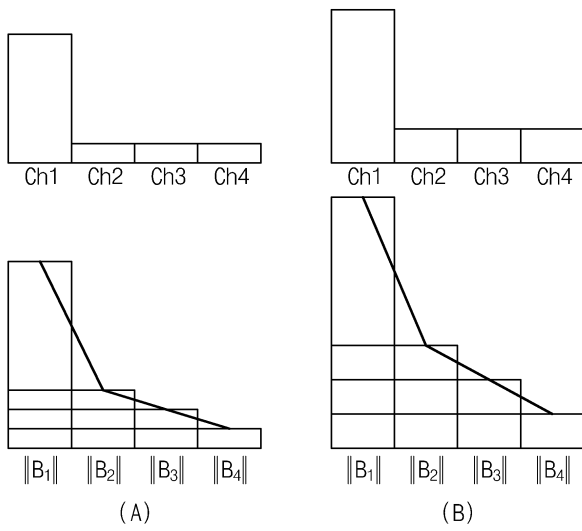
도면3



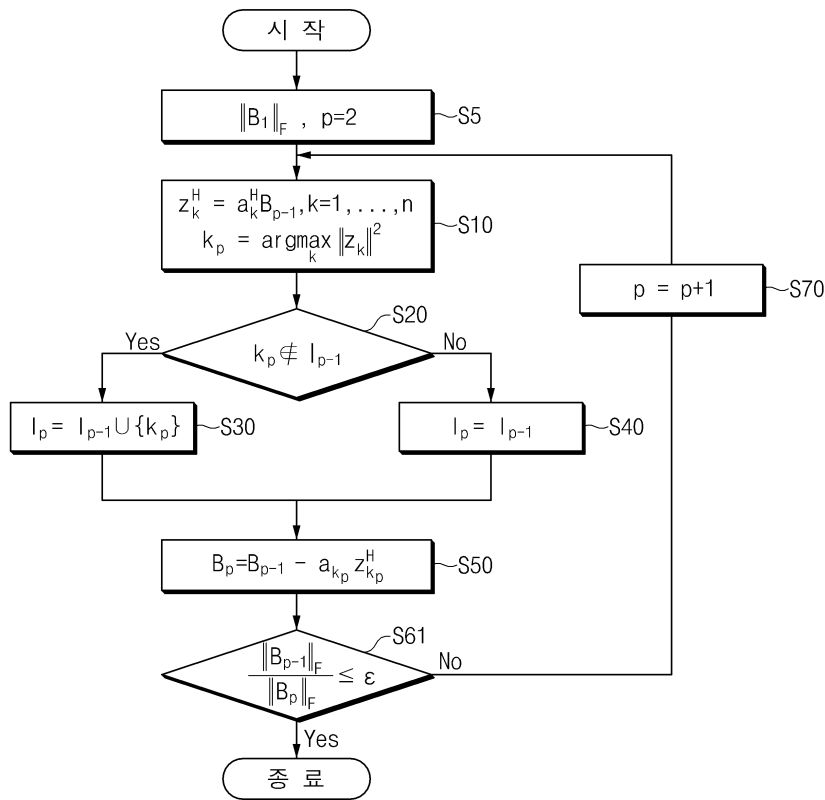
도면4



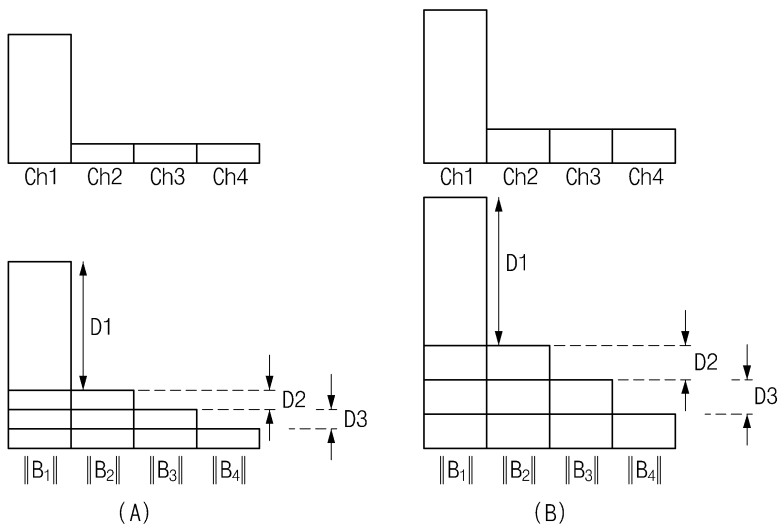
도면5



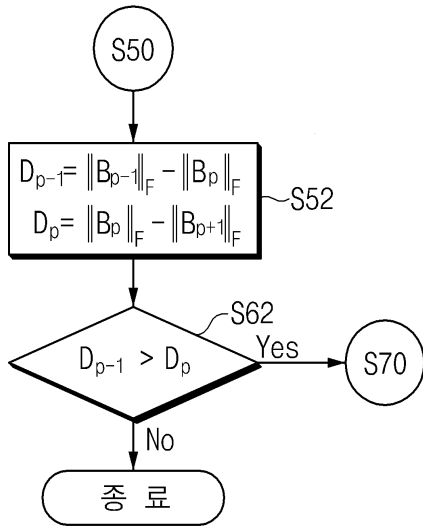
도면6



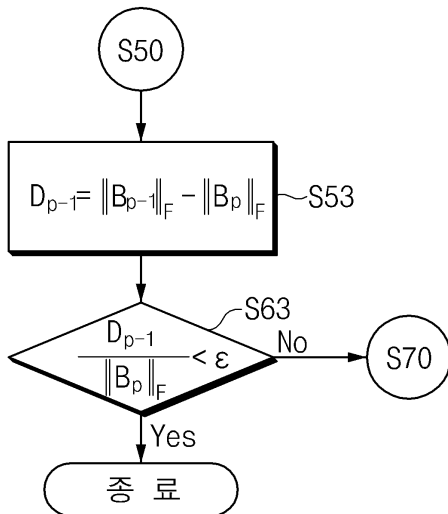
도면7



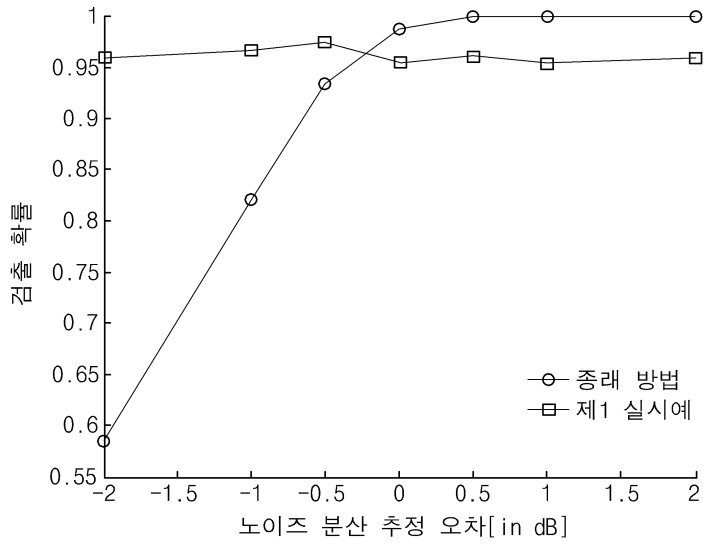
도면8



도면9



도면10



도면11

