



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2013년03월19일  
 (11) 등록번호 10-1245460  
 (24) 등록일자 2013년03월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 H04L 27/26 (2006.01) H04B 7/26 (2006.01)  
 H04W 16/14 (2009.01)  
 (21) 출원번호 10-2011-0042422  
 (22) 출원일자 2011년05월04일  
 심사청구일자 2011년05월04일  
 (65) 공개번호 10-2012-0124643  
 (43) 공개일자 2012년11월14일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 US20090197550 A1  
 KR1020100056800 A

(73) 특허권자  
**성균관대학교산학협력단**  
 경기도 수원시 장안구 서부로 2066, 성균관대학교  
 내 (천천동)  
 (72) 발명자  
**이영포**  
 경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교  
 1공학관23411호  
**이영윤**  
 경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교  
 1공학관23411호  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**강철중, 조영신, 김윤배**

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 이상용

(54) 발명의 명칭 **OFDM신호 검파를 위한 사이클로스테이셔너리티 기반 스펙트럼 센싱 기술의 성능 분석 방법**

**(57) 요약**

본 발명에 따른 성능 분석 방법은 OFDM 신호를 센싱할 경우에, 상기 OFDM 신호의 심볼을 획득하고, 자기상관함수, CAF 및 SCD를 순차적으로 구하되, 수신 OFDM 신호의 CAF가 갖는 고정된 하나의 주기 주파수에 대한 피크값을 이용하여 스펙트럼 센싱을 하는 기법 1과, 복수 개의 주기 주파수에 대한 복수의 피크값을 이용하여 스펙트럼 센싱을 하는 기법 2 및 상기 SCD를 이용하여 스펙트럼 센싱을 하는 기법 3을 비교 및 분석하는 OFDM신호 검파를 위한 사이클로스테이셔너리티 기반 스펙트럼 센싱 기술의 성능 분석 방법으로서, 상기 OFDM 신호의 심볼을 획득하는 OFDM 심볼 획득하는 단계; 상기 OFDM 신호의 심볼을 이용하여 상기 자기상관함수를 연산하는 자기상관함수 연산단계; 상기 자기상관함수를 이용하여 CAF를 연산하는 CAF 연산단계; 상기 주기 자동 상관 함수를 이용하여 연산하는 SCD 연산단계; 상기 세 가지 기법들의 검정 통계량을 연산하는 단계; 및 최적의 기법을 선택하기 위해 상기 기법들의 검정 통계량에 기초한 SNR에 따른 비교를 통해서, 각 기법들의 스펙트럼 센싱의 성능을 판단하는 단계;를 갖추어 이루어진 것을 특징으로 한다.

**대표도** - 도1



(72) 발명자

**강승구**

경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교 1  
공학관23411호

**김준환**

경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교 1  
공학관23411호

**윤석호**

경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교 1  
공학관23411호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NIPA-2012-H0301-12-1005

부처명 지식경제부

연구사업명 2012대학IT연구센터 육성지원사업

연구과제명 기지국/단말 기반 협력(Cooperative)무선 전송 기술

주관기관 성균관대학교 산학협력단

연구기간 2012.01.01 ~ 2012.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012-0005066

부처명 교과부

연구사업명 핵심연구지원사업(개인)

연구과제명 비정규 잡음 환경에서의 인지 무선 통신을 위한 cyclostationarity 기반 모수 및 비모수  
스펙트럼 센싱 기술

주관기관 성균관대학교 산학협력단

연구기간 2012.05.01 ~ 2013.04.30

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

OFDM 신호를 센싱할 경우에, 상기 OFDM 신호의 심볼을 획득하고, 자기상관함수, CAF 및 SCD를 순차적으로 구하되, 수신 OFDM 신호의 CAF가 갖는 고정된 하나의 주기 주파수에 대한 피크값을 이용하여 스펙트럼 센싱을 하는 기법 1과, 복수 개의 주기 주파수에 대한 복수의 피크값을 이용하여 스펙트럼 센싱을 하는 기법 2 및 상기 SCD를 이용하여 스펙트럼 센싱을 하는 기법 3을 비교 및 분석하는 OFDM신호 검파를 위한 사이클로스테이셔너리티 기반 스펙트럼 센싱 기술의 성능 분석 방법으로서,

상기 OFDM 신호의 심볼을 획득하는 OFDM 심볼 획득 단계(S100);

상기 OFDM 신호의 심볼을 이용하여 상기 자기상관함수를 연산하는 자기상관함수 연산단계(S200);

상기 자기상관함수를 이용하여 CAF를 연산하는 CAF 연산단계(S300);

상기 주기 자동 상관 함수를 이용하여 연산하는 SCD 연산단계(S400);

상기 세 가지 기법들의 검정 통계량을 연산하는 단계(S500); 및

최적의 기법을 선택하기 위해 상기 기법들의 검정 통계량에 기초한 SNR에 따른 비교를 통해서, 각 기법들의 스펙트럼 센싱의 성능을 판단하는 단계(S600);를 갖추어 이루어지고,

상기 기법 1의 검정통계량( $z_1$ )은,  $z_1 = R_x^{p\alpha_0}(NT_c) + R_x^{p\alpha_0}(-NT_c)$ 에 의하고,

상기 기법 2의 검정통계량( $z_2$ )은,  $z_2 = \frac{1}{2N_b + 1} \sum_{p=-N_b}^{N_b} |R_x^{p\alpha_0}(NT_c)|^2$ 에 의하며,

상기 기법 3의 검정통계량( $z_3$ )은,  $z_3 = \max\{S_x^{p\alpha_0}(0)\}$ 에 의해서 연산되는 것을 특징으로 하는 OFDM신호 검파를 위한 사이클로스테이셔너리티 기반 스펙트럼 센싱 기술의 성능 분석 방법.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 OFDM 수신 신호( $x_k(t)$ )의 자기 자기상관함수( $R_x(t, \tau)$ )는,

$$R_x(t, \tau) = \mathbf{E} \{x_k(t)x_k^*(t + \tau)\},$$

에 의해서 구하고,

상기 OFDM 수신 신호( $x_k(t)$ )의 자기 CAF( $R_x^{p\alpha_0}(\tau)$ )는,

$$R_x^{p\alpha_0}(\tau) = \frac{1}{(N+D)T_c} \sum_{t=-\frac{(N+D)T_c}{2}}^{\frac{(N+D)T_c}{2}} R_x(t, \tau) e^{-j2\pi p\alpha_0 t}$$

에 의해서 구하며, (여기서,

$\alpha_0$  는  $x_k(t)$ 의 기본 주기 주파수이고,  $p\alpha_0$  는 기본 주기 주파수의 정수배의 주파수이며,  $N$ 은 부반송파 개수,  $D$ 는 주기 프리픽스 샘플 개수,  $1/T_c$  는 샘플 비율)

상기 OFDM 수신 신호( $x_k(t)$ )의 상기 SCD( $S_x^{p\alpha_0}(f)$ )는,

$$S_x^{p\alpha_0}(f) = \sum_{\tau} R_x^{p\alpha_0}(\tau) e^{-j2\pi f\tau}$$

에 의해서 구하는 것을 특징으로 하는 OFDM신호 검파를 위한 사이클로스테이셔너리티 기반 스펙트럼 센싱 기술의 성능 분석 방법.

### 청구항 3

삭제

### 명세서

#### 기술분야

[0001] 본 발명은 직교 주파수 분할 다중(Orthogonal Frequency Division Multiplexing ; OFDM) 신호를 검파하기 위한 사이클로스테이셔너리티(Cyclostationarity) 기반의 스펙트럼 센싱 기술들의 성능을 분석하는 방법에 관한 것으로, 특히 수신한 OFDM 신호의 자기상관함수를 이용하여 연산된 Cyclic Autocorrelation Function (CAF) 및 CAF를 이용하여 구해진 Spectral Correlation Density (SCD)를 활용하여 채널에 따라 성능이 우수한 센싱 기술을 분석하는 방법에 관한 것이다.

#### 배경기술

[0002] 유비쿼터스 정보화 사회가 도래함에 따라 한정된 주파수 자원에 대한 수요가 증가하고 있으며, 스펙트럼 환경을 인지하여 유휴 주파수 스펙트럼을 확인하고 이를 동적으로 사용할 수 있는 인지 무선(Cognitive Radio ; CR) 기술이 크게 주목받고 있다.

[0003] 스펙트럼 센싱은 사용하고자 하는 주파수 대역에 1차 사용자(Primary User ; PU)의 존재 여부를 판단하는 기술로서 CR 시스템을 구현하기 위해서 신뢰성 있는 스펙트럼 센싱이 매우 중요하다. 최근에는 무선 신호들이 변조, 코딩 등에 의해서 가지는 사이클로스테이셔너리티를 이용하는 사이클로스테이셔너리티 기반의 스펙트럼 센싱 기술들에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 사이클로스테이셔너리티 기반의 스펙트럼 센싱 기술은 PU가 전송하는 신호 고유의 사이클로스테이셔너리티를 통해서 PU의 존재 유무뿐만 아니라 그 종류까지 판단할 수 있다. 또한 잡음은 무선 신호와 달리 사이클로스테이셔너리티를 가지지 않으므로 낮은 신호대 잡음비(Signal Noise Ratio ; SNR) 환경에서도 PU의 신호를 검파할 수 있다.

[0004] 최근 TV 대역에서의 CR 시스템을 이용하고자 하는 연구가 시작되고 있고, 디지털 비디오 지상파 방송(Digital Video Broadcasting-Terrestrial ; DVB-T) 신호를 인지하기 위한 다양한 사이클로스테이셔너리티 기반 스펙트럼 센싱 기술들이 제안되어 왔다.

[0005] 첫번째 기법(이하 기법 1)은 DVB-T 신호가 사이클로스테이셔너리티를 가짐으로써 사이클로스테이셔너리티 함수에서 CAF 피크값이 발생하는 것을 이용하여 신호를 검파하는 기법이다. 두번째 기법(이하 기법 2)은 다수의 주기적인 주파수에 대한 CAF 값을 결합함으로써 신호를 검파하는 기법이다. 세번째 기법(이하 기법 3)은 SCD를 이용한 기법이다.

[0006] 종래에는 이러한 3가지 센싱 기법의 성능을 분석하는 방법이 없고, 스펙트럼 센싱을 위한 어느 하나의 기법을 사용할 경우에는 채널의 특성에 따라 성능이 차이가 발생하는 문제점이 존재한다.

#### 발명의 내용

**해결하려는 과제**

[0007] 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위한 것으로, DVB-T 신호 검파를 위한 사이클로스테이셔너리티 기반 스펙트럼 센싱 기술들의 검정통계량을 연산하고 이를 통해서 검파 확률 성능을 비교함으로써, 채널 특성에 따라 우수한 성능을 나타내는 스펙트럼 센싱 기술을 선택하는 OFDM 신호를 검파하기 위해 사이클로스테이셔너리티 기반 스펙트럼 센싱 기술의 성능 분석 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 본 발명에 따른 OFDM 신호를 검파하기 위해 사이클로스테이셔너리티 기반 스펙트럼 센싱 기술의 성능 분석 방법은, OFDM 신호를 센싱할 경우에, 상기 OFDM 신호의 심볼을 획득하고, 자기상관함수, CAF 및 SCD를 순차적으로 구하되, 수신 OFDM 신호의 CAF가 갖는 고정된 하나의 주기 주파수에 대한 피크값을 이용하여 스펙트럼 센싱을 하는 기법 1과, 복수 개의 주기 주파수에 대한 복수의 피크값을 이용하여 스펙트럼 센싱을 하는 기법 2 및 상기 SCD를 이용하여 스펙트럼 센싱을 하는 기법 3을 비교 및 분석하는 OFDM 신호 검파를 위한 사이클로스테이셔너리티 기반 스펙트럼 센싱 기술의 성능 분석 방법으로서, 상기 OFDM 신호의 심볼을 획득하는 OFDM 심볼 획득 단계(S100); 상기 OFDM 신호의 심볼을 이용하여 상기 자기상관함수를 연산하는 자기상관함수 연산단계(S200); 상기 자기상관함수를 이용하여 CAF를 연산하는 CAF 연산단계(S300); 상기 CAF를 이용하여 연산하는 SCD 연산단계(S400); 상기 세 가지 기법들의 검정 통계량을 연산하는 단계(S500); 및 최적의 기법을 선택하기 위해 상기 기법들의 검정 통계량에 기초한 신호대 잡음비에 따른 비교를 통해서, 각 기법들의 스펙트럼 센싱의 성능을 판단하는 단계(S600);를 갖추어 이루어진 것을 특징으로 한다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 OFDM 신호를 검파하기 위해 사이클로스테이셔너리티 기반 스펙트럼 센싱 기술의 성능 분석 방법은, 상기 OFDM 수신 신호( $x_k(t)$ )의 상기 자기상관함수( $R_x(t, \tau)$ )가,

$$R_x(t, \tau) = E \{x_k(t)x_k^*(t + \tau)\},$$

에 의해서 구하고, 상기 OFDM 수신 신호( $x_k(t)$ )의 상기

CAF( $R_x^{p\alpha_0}(\tau)$ )는,

$$R_x^{p\alpha_0}(\tau) = \frac{1}{(N+D)T_c} \sum_{t=-\frac{(N+D)T_c}{2}}^{\frac{(N+D)T_c}{2}} R_x(t, \tau) e^{-j2\pi p\alpha_0 t}$$

에 의해서 구하며, (여

기서,  $\alpha_0$ 는  $x_k(t)$ 의 기본 주기 주파수이고,  $p\alpha_0$ 는 기본 주기 주파수의 정수배의 주파수이며, N은 부반송파 개수, D는 주기 프리픽스 샘플 개수,  $1/T_c$ 는 샘플 비율) 상기 OFDM 수신 신호( $x_k(t)$ )의 상기 SCD( $S_x^{p\alpha_0}(f)$ )는,

$$S_x^{p\alpha_0}(f) = \sum_{\tau} R_x^{p\alpha_0}(\tau) e^{-j2\pi f\tau}$$

에 의해서 구하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 OFDM 신호를 검파하기 위해 사이클로스테이셔너리티 기반 스펙트럼 센싱 기술의 성능 분석 방법은, 상기 기법 1의 검정통계량( $z_1$ )이,  $z_1 = R_x^{p\alpha_0}(NT_c) + R_x^{p\alpha_0}(-NT_c)$ 에 의하고, 상기

기법 2의 검정통계량( $z_2$ )이,  $z_2 = \frac{1}{2N_b + 1} \sum_{p=-N_b}^{N_b} |R_x^{p\alpha_0}(NT_c)|^2$ 에 의하며, 상기 기법 3의 검정통계량

$z_3 = \max \{ S_x^{DCK_0}(0) \}$   
 ( $z_3$ )이, 에 의해서 연산되는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

[0011] 본 발명에 따르면, DVB-T 신호 검파를 위한 사이클로스테이셔너리티 기반 스펙트럼 센싱 기술들의 검정통계량과 연산하고 이를 통해서 검파 확률 성능을 비교함으로써, 채널 특성에 따라 우수한 성능을 나타내는 스펙트럼 센싱 기술을 선택할 수 있는 효과를 제공한다.

**도면의 간단한 설명**

[0012] 도 1은 본 발명에 따른 DVB-T 신호 검파를 위한 사이클로스테이셔너리티 기반의 스펙트럼 센싱 기술들의 검파 확률 성능 분석 방법을 나타내는 흐름도이고,

도 2는 본 발명에 따른 DVB-T 신호 검파를 위한 사이클로스테이셔너리티 기반의 스펙트럼 센싱 기술들의 검파 확률 성능을 나타내는 도면이며,

도 3은 본 발명에 따른 DVB-T 신호 검파를 위한 사이클로스테이셔너리티 기반의 스펙트럼 센싱 기술들의 검파 확률 성능을 나타내는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0013] 이하 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있는 가장 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

[0014] 도 1은 본 발명에 따른 OFDM신호 검파를 위한 사이클로스테이셔너리티 기반 스펙트럼 센싱 기술의 성능 분석 방법의 흐름도를 도시하는 도면이다.

[0015] 도 1을 참고하면, OFDM신호 검파를 위한 사이클로스테이셔너리티 기반 스펙트럼 센싱 기술의 성능 분석 방법은 OFDM 심볼 획득 단계(S100), 자기상관함수 연산단계(S200), CAF 연산단계(S300), SCD 연산단계(S400), 검정통계량 연산단계(S500) 및 스펙트럼 센싱 성능 판단단계(S600)를 포함한다.

[0016] OFDM 심볼 획득 단계(S100)는 k번째 OFDM 송신신호( $x_k(t)$ )가 다음의 수학적 식 1과 같이 표현될 수 있다.

**수학적 식 1**

$$x_k(t) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} a_{kN+n} e^{(2j\pi(\frac{n}{NT_c})(t - DT_c - k(N+D)T_c))} g(t - k(N+D)T_c)$$

[0017]

[0018] 상기 수학적 식 1에서, N은 부반송파 개수, D는 주기적 프리픽스 샘플 수,  $1/T_c$ 는 샘플 비율,  $a_u$ 는 u번째 부반송파에 전송되는 데이터,  $g(t)$ 는  $[0, (N+D)T_c]$  구간에서 1의 값을 가지는 구형 펄스이다. 이때 DVB-T 시스템에서 각 파라미터들은 표 1에서와 같이 설정된다.

표 1

파라미터	값	
모드	2K	8K
부반송파 개수	1705	6817
데이터 부반송파 개수	1512	6048
캐리어 간격 (Hz)	4464	1116
심볼 구간 ( $\mu s$ )	224	896
보호 구간 ( $\mu s$ )	7-56	28-224

[0019]

[0020]

자기상관함수 연산단계(S200)는 DVB-T 신호( $x_k(t)$ )에 대한 자기상관함수는 다음 수학적 식 2와 같이 정의된다.

수학적 식 2

$$R_x(t, \tau) = E \{ x_k(t) x_k^*(t + \tau) \},$$

[0021]

[0022]

CAF 연산단계(S300)에서는 수신한 OFDM 신호의 자기상관함수를 이용하여 주기 자동 상관관계 함수(CAF)를 연산한다.

[0023]

이때  $x_k(t)$ 의 CAF는 자기상관함수( $R_x(t, \tau)$ )를 이용하여 다음 수학적 식 3을 이용하여 나타낼 수 있다.

수학적 식 3

$$R_x^{p\alpha_0}(\tau) = \frac{1}{(N+D)T_c} \sum_{t=-\frac{(N+D)T_c}{2}}^{\frac{(N+D)T_c}{2}} R_x(t, \tau) e^{-j2\pi p\alpha_0 t}$$

[0024]

[0025]

여기서,  $\alpha_0$  는 ( $\triangleq 1/(N+D)T_c$ ) 으로  $x_k(t)$ 의 기본 주기 주파수(fundamental cyclic frequency)를 의미하

고, 그것의 정수배인 주기 주파수(cyclic frequency)인  $p\alpha_0$  에서 ( $p=0,1,2,\dots$ ) 사이클로스테이셔너리티(cyclostationarity)를 가진다. 잡음은 사이클로스테이셔너리티를 갖고 있지 않으므로 CAF를 이용함으로써 낮은 SNR에서도 신호를 센싱할 수 있게 된다.

[0026]

SCD 연산단계(S400)에서 CAF를 푸리에 변환하여 연산할 수 있다. 보다 구체적으로 살펴보면, PSD는 자기상관함수를 푸리에 변환한 형태로서 다음 수학적 식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 4

$$S_x(f) = \sum_{\tau} R_x(\tau) e^{-j2\pi f\tau}$$

[0027]

[0028]

상기 수학적 식 4와 유사한 방식으로 SCD는 CAF를 푸리에 변환한 형태로서 다음 수학적 식 5와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 5

$$S_x^{p\alpha_0}(f) = \sum_{\tau} R_x^{p\alpha_0}(\tau) e^{-j2\pi f\tau}$$

[0029]

[0030] 따라서, 상기 수학식 5를 이용하여 CAF를 푸리에 변환하여 스펙트럼 상관 관계 밀도(Spectral correlation density ; SCD)를 구한다.

[0031] 이때 기법 1과 기법 2는 CAF를 이용하여 스펙트럼을 센싱하는 기술을 제안하고, 기법 3은 SCD를 이용하여 스펙트럼을 센싱하는 기술을 제안한다.

[0032] 세 가지 기법들의 검정 통계량을 연산하는 단계(S500)는, 기법 1 내지 기법 3에 대해서 각각의 검정 통계량을 연산하게 된다.

[0033] 보다 구체적으로 살펴보면, 기법 1은 CAF를 이용하여 DVB-T 신호를 센싱한다. DVB-T 신호의 CAF는 고정된 하나의 주기 주파수( $p\alpha_0$ )에 대해서  $\tau = \pm NT_c$  에서 각각 피크값을 가지며, 기법 1에서는 이러한 성질을 이용하여 다음 수학식 6과 같이 검정 통계량( $z_1$ )을 얻는다.

수학식 6

$$z_1 = R_x^{p\alpha_0}(NT_c) + R_x^{p\alpha_0}(-NT_c)$$

[0034]

[0035]  $p = 0, \pm 1$ 인 주기적인 주파수에 대해 검정 통계량을 구하여 검파 확률 성능 비교를 수행하고,  $p=0$ 인 조건 아래에서 상대적으로 우수한 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 본 발명에서는 기법 1에서  $p=0$ 인 경우를 고려하여 성능 분석을 수행한다.

[0036] 기법 2는 기법 1이 하나의 주기 주파수에서 발생하는 피크값들을 이용하여 센싱하는 것과는 달리, 기법 2에서는  $2N_b + 1$ 개의 ( $N_b \in \{0, 1, \dots\}$ ) 주기 주파수에서 나타나는 피크값들을 결합하여 다음의 수학식 7과 같이 검정 통계량( $z_2$ )을 얻는다.

수학식 7

$$z_2 = \frac{1}{2N_b + 1} \sum_{p=-N_b}^{N_b} |R_x^{p\alpha_0}(NT_c)|^2$$

[0037]

[0038] 상기 수학식 7에서  $|R_x^{p\alpha_0}(NT_c)|^2$  은 다음의 수학식 8과 같이 표현할 수 있다.

수학식 8

$$|R_x^{p\alpha_0}(NT_c)|^2 = \left| \frac{1}{N+D} \frac{\sin(\pi p(D/(N+D)))}{\sin(\pi(p/(N+D)))} \right|^2$$

[0039]



[0040] 상기 수학식 8에서 우변은 sinc 함수와 유사한 형태로서 그 메인 로브(lobe)가  $p < N/D$  인 영역에 존재하므로  $p > N/D$ 인 경우 검정 통계량이 상대적으로 작아진다. 따라서, 기법 2에서는  $N/D$ 보다 작은 가장 큰 정수를  $N_b$ 로 선택하여 검정통계량( $z_2$ )를 연산한다.

[0041] 기법 3은 CAF를 이용한 기법 1 및 기법 2와는 달리 SCD를 이용하여 PU의 존재여부를 판단하여, 그것의 검정 통계량( $z_3$ )은 다음의 수학식 9와 같다.

수학식 9

$$z_3 = \max \{ S_x^{p\alpha_0}(0) \}$$

[0042]

[0043] 상기 수학식 9에서  $S_x^{p\alpha_0}(0)$  는  $S_x^{p\alpha_0}(f) = \sum_{\tau} R_x^{p\alpha_0}(\tau) e^{-j2\pi f\tau}$  에서  $f=0$ 인 경우로서 다음의 수학식 10과 같이 CAF의 합으로 표현할 수 있다.

수학식 10

$$S_x^{p\alpha_0}(0) = \sum_{\tau} R_x^{p\alpha_0}(\tau)$$

[0044]

[0045] 기법 3은 여러  $p$ 에 대해  $S_x^{p\alpha_0}(0)$  를 각각 구하여 가장 큰 값을 가지는  $p$ 에 대해  $S_x^{p\alpha_0}(0)$  를 검정 통계량( $z_3$ )으로 연산된다.

[0046] 스펙트럼 센싱의 성능을 판단하는 단계(S600)에서는 상술한 세 가지 기법에 대해서 성능 비교를 하는데, 각각의 검정 통계량에 기초하여 신호 대비 잡음 비율값에 따른 검파 확률을 서로 비교하도록 시뮬레이션을 함으로써 각각의 스펙트럼 센싱의 성능을 비교한다.

[0047] 도 2 및 도 3은 DVB-T 신호 검파를 위한 사이클로스테이셔너리티 기반의 스펙트럼 센싱 기술들의 검파 확률 성능을 나타내는 모의 시험 결과도이다. 도 2 및 도 3을 참고하면, 상술한 3가지 스펙트럼 센싱 기술들의 검파 확률 성능을 비교 확인할 수 있다.

[0048] 도 2는  $D/N$  은 1/4인 경우의 DVB-T 신호 검파를 위한 사이클로스테이셔너리티 기반의 스펙트럼 센싱 기술들의 검파 확률 성능분석이고 도 2는  $D/N$ 이 1/8 인 경우의 스펙트럼 센싱 기술들의 검파 확률 성능분석이다.

[0049] 모의 시험에서 데이터는 직교 위상 편이 변조(Quadrature Phase Shift Keying ; QPSK) 방식으로 변조하고, 오경보 확률(false alarm probability ;  $P_{fa}$ )는 0.01로 설정하며, 덧샘플 백색 가우시안 잡음 채널 환경을 고려한다.

[0050] SNR은 DVB-T 신호 샘플의 분산( $\sigma_x^2$ ) 을 잡음의 분산( $\sigma_w^2$ )으로 나뉘서  $\sigma_x^2 / \sigma_w^2$ 으로 정의된다. 도 2 및 도 3에서 나타난 바와 같이 기법 2가 기법 1 및 기법 3에 비하여 좋은 검파 확률 성능을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

[0051] 기법 2는 CAF에서  $\tau = \pm NT_c$  ,  $p=0, \pm 1, \dots, \pm N_b$  인 지점에서 나타나는  $2N_b + 1$  개의 피크를 결합하여 사용하며, 기법 1은  $\tau = \pm NT_c$  ,  $p=0$ 인 지점에서 나타나는 2개의 피크값을 결합하여 사용한다.

[0052] 따라서, 기법 2가 기법 1에 비하여 상대적으로 많은 피크값을 사용하여 센싱을 수행하므로 같은 SNR에서도 높은

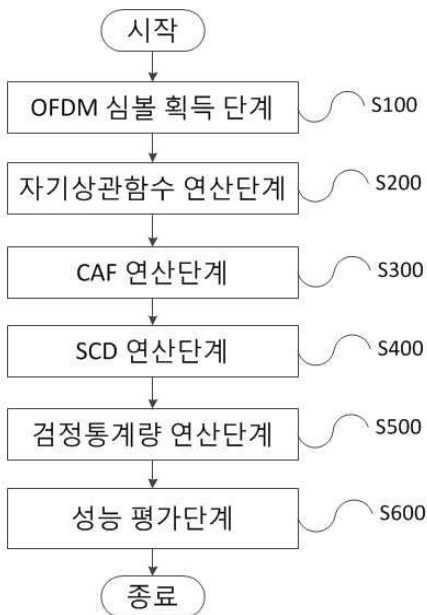
검과 확률을 가진다. 또한, 기법 2는 D/N을 1/4에서 1/8로 변경하여도 기법 1에 비해 상대적으로 성능 저하가 심하지 않다. 그러나 기법 2는 다수의 p값에 대한 CAF값을 모두 이용해야 하므로 사용되는 상관기의 수가 많아 복잡도가 높아지는 단점을 가진다.

[0053] 기법 3은 기법 1과 기법 2에 비하여 낮은 성능 특성을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이는 기법 3이 특정 p에 대한 CAF 값을 모두 더하여 사용하기 때문이다. 실제로 DVB-T 신호의 CAF는  $\tau = \pm NT_c$  인 지점에서 피크값을 가지고, 그 이외의  $\tau$  지점에서는 미약하기 때문에 모든  $\tau$ 에 대해서 CAF 값을 더하여 이용하면 잡음에 매우 취약해진다.

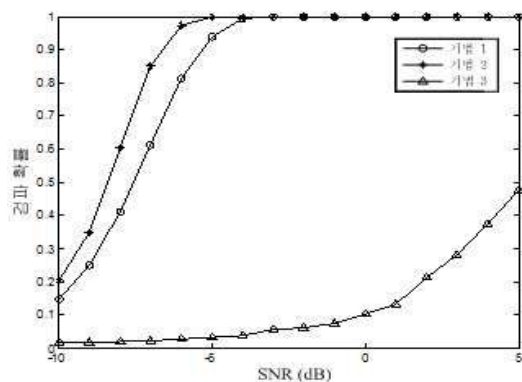
[0054] 아울러 본 발명의 바람직한 실시 예들은 예시의 목적을 위해 개시된 것이며, 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가 등이 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 등은 이하의 특허청구의 범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

도면

도면1



도면2



도면3

