

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 (43) 공개일자	10-2010-0128393 2010년12월08일
(51) Int. Cl.	(71) 출원인 울산대학교 산학협력단 울산 남구 무거2동 산29	(72) 발명자 구인수 울산광역시 울주군 범서읍 구영리 우미린1차아파트 306동 1703호	(74) 대리인 이현수, 김종선, 김태현, 정홍식
H04W 16/10 (2009.01) H04W 16/14 (2009.01) H04W 24/00 (2009.01)	(21) 출원번호 10-2009-0046764 (22) 출원일자 2009년05월28일 심사청구일자 2009년05월28일		

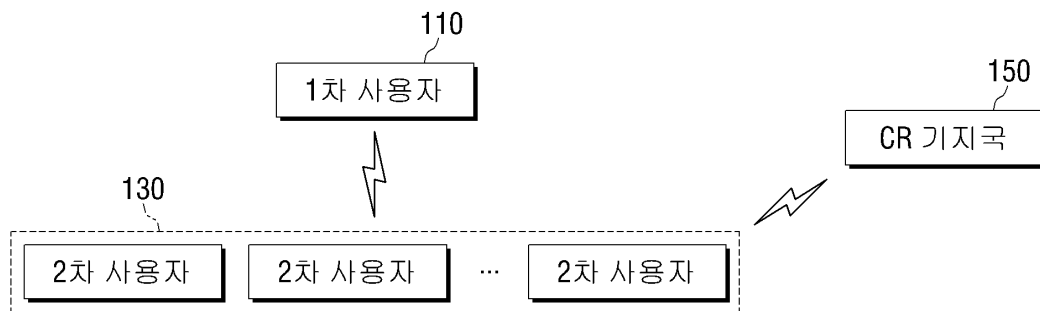
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 신뢰도에 기초한 스펙트럼 센싱방법 및 이를 이용한 C R 시스템

(57) 요약

신뢰도에 기초한 스펙트럼 센싱방법 및 이를 이용한 CR 시스템이 개시된다. 본 스펙트럼 센싱방법에 의하면, 2차 사용자에게 대한 신뢰도 및 가중치를 산출하고, 가중치를 이용하여 신뢰도를 조정하며, 이를 기초로 1차 사용자가 채널을 사용하는지 여부를 판단한다. 이에 의해, 스펙트럼 검출의 정확도를 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

CR(Cognitive Radio) 환경에서의 스펙트럼 센싱방법에 있어서,

적어도 하나의 2차 사용자가 수신하는 1차 사용자에게 대한 신호를 기초로 상기 적어도 하나의 2차 사용자에게 대한 신뢰도 및 가중치를 산출하는 단계;

상기 가중치를 기초로 상기 신뢰도를 조정하는 단계; 및

상기 조정된 신뢰도 및 상기 2차 사용자들로부터 수신된 스펙트럼 센싱 정보를 기초로, 1차 사용자가 채널을 사용하는지 여부를 판단하는 단계;를 포함하는 스펙트럼 센싱방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 산출단계는,

상기 1차 사용자가 상기 채널을 사용중이지 않은 것으로 가정한 상태에서의 제1 신뢰도와 제1 가중치, 그리고, 상기 1차 사용자가 상기 채널을 사용중인 것으로 가정한 상태에서의 제2 신뢰도와 제2 가중치를 산출하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 산출단계는,

상기 2차 사용자들이 상기 1차 사용자로부터 수신하는 신호의 에너지를 이용하여 상기 제1 신뢰도, 상기 제1 가중치, 상기 제2 신뢰도 및 상기 제2 가중치를 산출하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 산출단계는,

하기 식을 이용하여 상기 제1 신뢰도 및 상기 제2 신뢰도를 산출하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱방법.

$$x(t) = \begin{cases} n(t), & H_0 \\ h s(t) + n(t), & H_1 \end{cases}$$

$$x_E = \sum_{j=1}^N |x_j|^2$$

$$\begin{cases} \mu_0 = N & \sigma_0^2 = 2N \\ \mu_1 = N(\gamma+1) & \sigma_1^2 = 2N(2\gamma+1) \end{cases}$$

$$m_i(H_0) = \int_{X_{E_i}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{0,i}} e^{-\frac{(x-\mu_{0,i})^2}{\sigma_{0,i}^2}} dx$$

$$m_i(H_1) = \int_{-\infty}^{X_{E_i}} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{1,i}} e^{-\frac{(x-\mu_{1,i})^2}{\sigma_{1,i}^2}} dx$$

(여기서, $x(t)$ 는 각각의 2차 사용자가 수신한 신호, $n(t)$ 는 백색 가우시안 잡음, $s(t)$ 는 1차 사용자가 송신한 신호, h 는 채널 이득, H_0 는 1차 사용자가 채널을 사용중이지 않다는 가정, H_1 는 1차 사용자가 채널을 사용중이라는 가정, x_E 는 수집된 에너지의 값, x_j 는 수신된 신호의 j번째 심플 값, N 은 에너지 검출 시간과 수신된 대역폭 간의 곱, μ_0 은 가정 H_0 하에서의 x_E 의 평균, μ_1 은 가정 H_1 하에서의 x_E 의 평균, σ_0^2 은 가정 H_0 하에서의 x_E 의 분산, σ_1^2 은 가정 H_1 하에서의 x_E 의 분산, γ 은 2차 사용자가 수신하는 1차 사용자에 대한 신호의 신호 대 잡음비, $m_i(H_0)$ 는 가정 H_0 하에서 i번째 2차 사용자가 가지는 신뢰도, $m_i(H_1)$ 는 가정 H_1 하에서 i번째 2차 사용자가 가지는 신뢰도)

청구항 5

제 3항에 있어서,

상기 산출단계는,

하기 식을 이용하여 상기 제1 가중치 및 상기 제2 가중치를 산출하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱방법.

$$D_i = \mu_{1,i} - \mu_{0,i}$$

$$w_i = \frac{D_i}{\max(D_i)} = \frac{N\gamma_i}{\max(N\gamma_i)} = \frac{\gamma_i}{\max(\gamma_i)}$$

(여기서, D_i 는 각 가정에 대한 신뢰도가 갖는 평균값의 차이, 그리고, w_i 는 i번째 2차 사용자(130)에 대한 가중치)

청구항 6

제 2항에 있어서,

상기 판단단계는,

상기 조정된 제1 신뢰도, 상기 조정된 제2 신뢰도, 그리고 Dempster의 직교 결합 규칙을 이용하여 제1 최종 신뢰도 및 제2 최종 신뢰도를 산출하고, 상기 제1 최종 신뢰도 및 상기 제2 최종 신뢰도를 비교하여 상기 1차 사용자의 채널 사용 여부를 판단하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 제1 최종 신뢰도 및 상기 제2 최종 신뢰도는 하기 식을 이용하여 산출되는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱방법.

$$\begin{aligned} m_i^{\wedge}(H_0) &= w_i m_i(H_0) \\ m_i^{\wedge}(H_1) &= w_i m_i(H_1) \end{aligned}$$

$$m(H_0) = m_1^{\wedge} \oplus m_2^{\wedge} \oplus \cdots \oplus m_n^{\wedge}(A) = \frac{\sum_{A_1 \cap A_2 \cdots \cap A_n = H_0} \prod_{i=1}^n m_i^{\wedge}(A_i)}{1 - K}$$

$$m(H_1) = m_1^{\wedge} \oplus m_2^{\wedge} \oplus \cdots \oplus m_n^{\wedge}(A) = \frac{\sum_{A_1 \cap A_2 \cdots \cap A_n = H_1} \prod_{i=1}^n m_i^{\wedge}(A_i)}{1 - K}$$

(여기서, $m_i^{\wedge}(H_0)$ 는 가정 H_0 하에서의 조정된 신뢰도, $m_i^{\wedge}(H_1)$ 는 가정 H_1 하에서의 조정된 신뢰도, $m(H_0)$ 는 가정 H_0 하에서의 최종 신뢰도, 그리고, $m(H_1)$ 는 가정 H_1 하에서의 최종 신뢰

도, 그리고 $K = \sum_{A_1 \cap A_2 \cdots \cap A_n = 0} \prod_{i=1}^n m_i^{\wedge}(A_i)$)

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 판단단계는,

상기 제1 최종 신뢰도가 상기 제2 최종 신뢰도보다 큰 경우, 상기 1차 사용자가 채널을 사용중이지 않은 것으로 판단하고, 상기 제1 최종 신뢰도가 상기 제2 최종 신뢰도보다 작은 경우, 상기 1차 사용자가 채널을 사용중인 것으로 판단하는 것을 특징으로 하는 스펙트럼 센싱방법.

청구항 9

1차 사용자;

상기 1차 사용자에게 대한 신호를 기초로 신뢰도를 계산하는 적어도 하나의 2차 사용자; 및

상기 적어도 하나의 2차 사용자에게 대한 가중치를 산출하고, 상기 가중치를 기초로 상기 2차 사용자로부터 수신되는 상기 신뢰도를 조정하며, 상기 조정된 신뢰도 및 상기 2차 사용자들로부터 수신된 스펙트럼 센싱 정보를 기초로, 1차 사용자가 채널을 사용하는지 여부를 판단하는 CR(Cognitive Radio) 기지국;를 포함하는 CR 시스템.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 CR 기지국은,

상기 조정된 신뢰도와 Dempster의 직교 결합 규칙을 이용하여 최종 신뢰도를 산출하고, 상기 최종 신뢰도를 기초로 상기 1차 사용자의 채널 사용 여부를 판단하는 것을 특징으로 하는 CR 시스템.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 신뢰도에 기초한 스펙트럼 센싱방법 및 이를 이용한 CR 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, Dempster-Shafer 증거 이론 및 신뢰도에 기초한 스펙트럼 센싱방법 및 CR 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근래에 이르러, 다양한 형태의 무선 통신 기술이 급속하게 발전하고 있으며, 이로 인해, 사용 가능한 주파수 대역이 거의 포화 상태에 이르렀다.

[0003] 한편, 이러한 무선 자원 부족 문제를 해결하기 위해, 인지무선(Cognitive Radio : CR)에 관한 기술이 논의되고 있다. 인지무선 기술은, 1차 사용자에게 이미 할당된 주파수 채널들에 대한 시간/공간적인 검사를 통해 사용되지 않는 주파수 채널들을 찾아내어, 1차 사용자에게 간섭을 주지 않고, 2차 사용자 자신이 사용함으로써 무선 자원을 공유하는 기술에 관한 것으로서, 무선 자원 효율을 제고시킬 수 있을 것이라는 기대를 받고 있다.

[0004] 이러한 인지무선 시스템의 구현을 위해 확보되어야 할 핵심적인 기술 중의 하나는 스펙트럼 센싱이다. 스펙트럼 센싱이란, 가용한 스펙트럼이 1차 사용자에게 점유되어 사용되고 있는지 또는 사용되지 않고 있는 주파수 부분인지를 판별하여 CR 사용자가 1차 사용자에게 간섭을 주지 않으면서 유휴 주파수를 사용 할 수 있도록 하는 가장 핵심적인 주파수 자원 공유 기술이다.

[0005] 인지무선 시스템에서 사용될 수 있는 스펙트럼 센싱 방법 중 하나로써 협력 스펙트럼 검출 방법을 들 수 있다. 협력 스펙트럼 검출 방법에 의할 경우, 인지무선 기지국(또는 융합센터)이 1차 사용자들로부터 모든 스펙트럼 검출 정보를 수집하고 스펙트럼에 대한 정보를 공유하거나, 인지무선 노드들 사이의 관찰에 따른 교환을 요구한다.

[0006] 다만, 이러한 인지무선 시스템의 협력 스펙트럼 검출 방법의 경우, 신뢰할 수 없는 CR 사용자들의 정보를 같이 공유하여 오히려 전체 시스템의 1차 사용자 및 스펙트럼 홀 검출 성능이 감소될 수 있다는 문제가 있다. 또한, 의도적으로 잘못된 스펙트럼 센싱 정보를 보내는 악의적인 2차 사용자, 또는 RF 수신기가 고장난 2차 사용자 단말들에 의해 전체 시스템 성능이 저하될 여지가 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은, 특정 주파수에서 1차 사용자의 스펙트럼의 사용 유무 검출의 정확성을 높이기 위한 스펙트럼 센싱방법 및 CR 시스템을 제공함에 있다.

과제 해결수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 CR(Cognitive Radio) 환경에서의 스펙트럼 센싱방법은,

적어도 하나의 2차 사용자가 수신하는 1차 사용자에게 대한 신호를 기초로 상기 적어도 하나의 2차 사용자에게 대한 신뢰도 및 가중치를 산출하는 단계; 상기 가중치를 기초로 상기 신뢰도를 조정하는 단계; 및 상기 조정된 신뢰도 및 상기 2차 사용자들로부터 수신된 스펙트럼 센싱 정보를 기초로, 1차 사용자가 채널을 사용하는지 여부를 판단하는 단계;를 포함한다.

[0009] 여기서, 상기 산출단계는, 상기 1차 사용자가 상기 채널을 사용중이지 않은 것으로 가정한 상태에서의 제1 신뢰도와 제1 가중치, 그리고, 상기 1차 사용자가 상기 채널을 사용중인 것으로 가정한 상태에서의 제2 신뢰도와 제2 가중치를 산출할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 산출단계는, 상기 2차 사용자들이 상기 1차 사용자로부터 수신하는 신호의 에너지를 이용하여 상기 제1 신뢰도, 상기 제1 가중치, 상기 제2 신뢰도 및 상기 제2 가중치를 산출할 수 있다.

[0011] 그리고, 상기 산출단계는, 하기 식을 이용하여 상기 제1 신뢰도 및 상기 제2 신뢰도를 산출할 수 있다.

$$x(t) = \begin{cases} n(t), & H_0 \\ h s(t) + n(t), & H_1 \end{cases}$$

[0012]

$$x_E = \sum_{j=1}^N |x_j|^2$$

[0013]

$$\begin{cases} \mu_0 = N & \sigma_0^2 = 2N \\ \mu_1 = N(\gamma+1) & \sigma_1^2 = 2N(2\gamma+1) \end{cases}$$

[0014]

$$m_i(H_0) = \int_{X_{E_i}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{0,i}} e^{-\frac{(x-\mu_{0,i})^2}{\sigma_{0,i}^2}} dx$$

[0015]

$$m_i(H_1) = \int_{-\infty}^{X_{E_i}} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{1,i}} e^{-\frac{(x-\mu_{1,i})^2}{\sigma_{1,i}^2}} dx$$

[0016]

[0017] (여기서, $x(t)$ 는 각각의 2차 사용자가 수신한 신호, $n(t)$ 는 백색 가우시안 잡음, $s(t)$ 는 1차 사용자가 송신한 신호, h 는 채널 이득, H_0 는 1차 사용자가 채널을 사용중이지 않다는 가정, H_1 는 1차 사용자가 채널을 사용중이라는 가정, x_E 는 수집된 에너지의 값, x_j 는 수신된 신호의 j번째 심플 값, N 은 에너지 검출 시간과 수신된 대역폭 간의 곱, μ_0 은 가정 H_0 하에서의 x_E 의 평균, μ_1 은 가정 H_1 하에서의 x_E 의 평균,

σ_0^2 은 가정 H_0 하에서의 x_E 의 분산, σ_1^2 은 가정 H_1 하에서의 x_E 의 분산, γ 은 2차 사용자가 수신하는 1차 사용자에게 대한 신호의 신호 대 잡음비, $m_i(H_0)$ 는 가정 H_0 하에서 i번째 2차 사용자가 가지는 신뢰도, $m_i(H_1)$ 는 가정 H_1 하에서 i번째 2차 사용자가 가지는 신뢰도)

또한, 상기 산출단계는, 하기 식을 이용하여 상기 제1 가중치 및 상기 제2 가중치를 산출할 수 있다.

$$D_i = \mu_{1,i} - \mu_{0,i}$$

$$w_i = \frac{D_i}{\max(D_i)} = \frac{N\gamma_i}{\max(N\gamma_i)} = \frac{\gamma_i}{\max(\gamma_i)}$$

(여기서, D_i 는 각 가정에 대한 신뢰도가 갖는 평균값의 차이, 그리고, w_i 는 i번째 2차 사용자(130)에 대한 가중치)

그리고, 상기 판단단계는, 상기 조정된 제1 신뢰도, 상기 조정된 제2 신뢰도, 그리고 Dempster의 직교 결합 규칙을 이용하여 제1 최종 신뢰도 및 제2 최종 신뢰도를 산출하고, 상기 제1 최종 신뢰도 및 상기 제2 최종 신뢰도를 비교하여 상기 1차 사용자의 채널 사용 여부를 판단할 수 있다.

또한, 상기 제1 최종 신뢰도 및 상기 제2 최종 신뢰도는 하기 식을 이용하여 산출될 수 있다.

$$\begin{aligned} m_i^{\wedge}(H_0) &= w_i m_i(H_0) \\ m_i^{\wedge}(H_1) &= w_i m_i(H_1) \end{aligned}$$

$$m(H_0) = m_1^{\wedge} \oplus m_2^{\wedge} \oplus \cdots \oplus m_n^{\wedge}(A) = \frac{\sum_{A_1 \cap A_2 \cdots \cap A_n = H_0} \prod_{i=1}^n m_i^{\wedge}(A_i)}{1 - K}$$

$$m(H_1) = m_1^{\wedge} \oplus m_2^{\wedge} \oplus \cdots \oplus m_n^{\wedge}(A) = \frac{\sum_{A_1 \cap A_2 \cdots \cap A_n = H_1} \prod_{i=1}^n m_i^{\wedge}(A_i)}{1 - K}$$

(여기서, $m_i^{\wedge}(H_0)$ 는 가정 H_0 하에서의 조정된 신뢰도, $m_i^{\wedge}(H_1)$ 는 가정 H_1 하에서의 조정된 신뢰도, $m(H_0)$ 는 가정 H_0 하에서의 최종 신뢰도, 그리고, $m(H_1)$ 는 가정 H_1 하에서의 최종 신뢰도)

도, 그리고
$$K = \sum_{A_1 \cap A_2 \dots \cap A_n = 0} \prod_{i=1}^n m_i^r(A_i)$$

[0028] 그리고, 상기 판단단계는, 상기 제1 최종 신뢰도가 상기 제2 최종 신뢰도보다 큰 경우, 상기 1차 사용자가 채널을 사용중이지 않은 것으로 판단하고, 상기 제1 최종 신뢰도가 상기 제2 최종 신뢰도보다 작은 경우, 상기 1차 사용자가 채널을 사용중인 것으로 판단할 수 있다.

[0029] 한편, 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 CR 시스템은, 1차 사용자; 상기 1차 사용자에 대한 신호를 기초로 신뢰도를 계산하는 적어도 하나의 2차 사용자; 및 상기 적어도 하나의 2차 사용자에 대한 가중치를 산출하고, 상기 가중치를 기초로 상기 2차 사용자로부터 수신되는 상기 신뢰도를 조정하며, 상기 조정된 신뢰도 및 상기 2차 사용자들로부터 수신된 스펙트럼 센싱 정보를 기초로, 1차 사용자가 채널을 사용하는지 여부를 판단하는 CR(Cognitive Radio) 기지국;를 포함한다.

[0030] 여기서, 상기 CR 기지국은, 상기 조정된 신뢰도와 Dempster의 직교 결합 규칙을 이용하여 최종 신뢰도를 산출하고, 상기 최종 신뢰도를 기초로 상기 1차 사용자의 채널 사용 여부를 판단할 수 있다.

효 과

[0031] 이에 의해, 신뢰할 수 없는 1차 사용자들의 정보를 같이 공유하여 오히려 전체 시스템의 1차 사용자 및 스펙트럼 홀 검출 성능이 감소하는 문제를 극복하여 스펙트럼 검출의 정확도를 향상시킬 수 있다. 또한, 의도적으로 잘못된 스펙트럼 센싱 정보를 보내는 악의적인 2차 사용자, 또는 RF 수신기가 고장난 2차 사용자 단말들에 의해 전체 시스템 성능이 저하될 수 있는 문제를 극복하여 스펙트럼 검출의 정확도 향상시킬 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0032] 도 1은, 본 발명의 일 실시예에 따른 CR(Cognitive Radio : 인지 무선) 시스템을 도시한 도면이다. 본 실시예에 따른 CR 시스템은, 1차 사용자(110), 2차 사용자(130) 및 CR 기지국(150)을 포함한다.

[0033] 1차 사용자(110)는, 국가별 또는 지역별 주파수 정책에 따라 미리 할당된 주파수 대역을 사용한다. 예를 들어, 1차 사용자(110)가 TV인 경우, TV는 TV 방송 송신국(미도시)으로부터 수신된 신호를 이용하여, TV 방송 서비스를 사용자에게 제공한다.

[0034] 2차 사용자(130)는, 한정된 주파수 자원을 효율적으로 사용하기 위해, 정해진 할당 대역을 가지지 않는다. 다만, 2차 사용자(130)는, 1차 사용자(110)에게 이미 할당된 주파수 대역 또는 채널들에 대한 시간/공간적인 검사를 통해 사용되지 않는 주파수를 검색하여, 1차 사용자(110)에게 간섭을 주지 않고 검색된 주파수를 사용한다. 즉, CR 시스템에서 2차 사용자(130)는, 미사용 대역을 동적으로 감지하고 1차 사용자에게 방해가 되지 않는 범위에서 해당 미사용 대역을 사용해서 통신한다.

[0035] 이와 같이, CR 시스템에서 스펙트럼 센싱 기술은 가용한 스펙트럼이 1차 사용자(110)에게 점유되어 사용되고 있는지 또는 사용되지 않고 있는 주파수 부분인지를 판별하여 2차 사용자(130)가 1차 사용자(110)에게 간섭을 주지 않으면서 유휴 주파수를 사용 할 수 있도록 하는 가장 핵심적인 주파수 자원 공유 기술이며, 스펙트럼 센싱 기술을 통해, 2차 사용자(130)는 주변 환경의 스펙트럼을 센싱하여 1차 사용자(110)가 사용하지 않는 스펙트럼 홀(spectrum hole)을 검출하여 1차 사용자(110)가 스펙트럼을 사용하지 않는 동안 임시적으로 채널을 사용할 수 있다.

[0036] 또한, 2차 사용자(130)가 스펙트럼을 사용하는 동안 1차 사용자(110)가 다시 스펙트럼을 사용하기 위해 등장하면 2차 사용자(130)는 다른 스펙트럼 홀로 주파수를 이동하여 끊임없는 서비스를 제공받아야 한다.

[0037] 상기와 같이, 스펙트럼 센싱을 위해, 2차 사용자(130)는 에너지 검출기를 사용하여 1차 사용자(110)가 존재하는지 여부를 검출한다.

[0038] 각각의 2차 사용자(130)에서 수신되는 1차 사용자(110)에 대한 신호는 하기의 수학적 식 1과 같이 표현된다.

수학식 1

$$x(t) = \begin{cases} n(t), & H_0 \\ h s(t) + n(t), & H_1 \end{cases}$$

[0039]

[0040] 여기서, $x(t)$ 는 각각의 2차 사용자(130)가 수신한 신호, $n(t)$ 는 백색 가우시안 잡음, $s(t)$ 는 1차 사용자(110)가 송신한 신호, h 는 채널 이득, H_0 는 1차 사용자(110)가 채널을 사용중이지 않다는 가정, 그리고, H_1 는 1차 사용자(110)가 채널을 사용중이라는 가정이다.

[0041] 이와 같이, 1차 사용자(110)가 채널을 사용중이지 않다는 가정한 상태와 1차 사용자(110)가 채널을 사용중이라는 가정한 상태에서 $x(t)$ 는 서로 다른 값을 가지게 된다.

[0042] 각각의 2차 사용자(130)의 에너지 검출기는 대역 통과 필터를 통해 특정 대역만을 통과시키고, 수신된 신호의 에너지를 측정하기 위해 제곱 연산을 수행하며, 적분기를 이용해 특정시간 동안 수신된 에너지를 수집한다. 이러한 에너지의 값은 하기의 수학식 2로 표현될 수 있다.

수학식 2

$$x_E = \sum_{j=1}^N |x_j|^2$$

[0043]

[0044] 여기서, x_E 는 수집된 에너지의 값이고, x_j 는 수신된 신호의 j번째 심플 값이며, N 은 에너지 검출시간과 수신되니 대역폭 간의 곱이다.

[0045] N 이 상대적으로 클때, 예를 들어, N 이 100보다 큰 경우, 가정 H_0 와 가정 H_1 하에서, x_E 는 각각 평균 μ_0 , μ_1 과 분산 σ_0^2 , σ_1^2 의 정규 분포를 가지는 랜덤 변수가 된다. 여기서, 평균 μ_0 , μ_1 과 분산 σ_0^2 , σ_1^2 은 하기의 수학식 3과 같다.

수학식 3

$$\begin{cases} \mu_0 = N & \sigma_0^2 = 2N \\ \mu_1 = N(\gamma+1) & \sigma_1^2 = 2N(2\gamma+1) \end{cases}$$

[0046]

[0047] 여기서, μ_0 은 가정 H_0 하에서의 x_E 의 평균, μ_1 은 가정 H_1 하에서의 x_E 의 평균, σ_0^2 은 가정 H_0 하에서의 x_E 의 분산, σ_1^2 은 가정 H_1 하에서의 x_E 의 분산, 그리고, γ 은 2차 사용자(130)가 수신하는 1차 사용자(110)에 대한 신호의 신호 대 잡음비이다.

[0048] 이와 같이, 2차 사용자(130)가 에너지 검출기를 통해 1차 사용자(110)의 에너지를 검출하면, 2차 사용자(130)는

검출된 에너지를 기초로, 각 가정에 대한 2차 사용자(130)의 스펙트럼 검출에 대한 기본신뢰 배정값(이하, '신뢰도'로 총칭)를 도출한다. 신뢰도는 하기의 수학식 4와 수학식 5에 의해 계산된다.

수학식 4

$$m_i(H_0) = \int_{X_{E_i}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{0,i}} e^{-\frac{(x - \mu_{0,i})^2}{\sigma_{0,i}^2}} dx$$

수학식 5

$$m_i(H_1) = \int_{-\infty}^{X_{E_i}} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{1,i}} e^{-\frac{(x - \mu_{1,i})^2}{\sigma_{1,i}^2}} dx$$

여기서, $m_i(H_0)$ 는 가정 H_0 하에서 i번째 2차 사용자(130)가 가지는 신뢰도, $m_i(H_1)$ 는 가정 H_1 하에서 i번째 2차 사용자(130)가 가지는 신뢰도이다.

이와 같이, 각각의 2차 사용자(130)는, 에너지 검출기를 통해 측정된 1차 사용자(110)에 대한 신호의 에너지를 검출하고, 이를 기초로 각각의 2차 사용자(130)가 가지는 신뢰도를 계산한다.

또한, 각각의 2차 사용자(130)는, 계산된 신뢰도 및 2차 사용자(130)가 수신하는 1차 사용자(110)에 대한 신호의 신호 대 잡음비를 CR 기지국(150)으로 전송한다.

CR 기지국(150)은, 각각의 2차 사용자(130)들로부터 수신된 신뢰도 및 신호 대 잡음비를 이용하여, 1차 사용자(110)가 가정 H_0 에 따라 채널을 사용중인지 가정 H_1 에 따라 채널을 사용중이지 않은지 여부를 판단한다.

이를 위해, CR 기지국(150)은, 각각의 2차 사용자(130)가 스스로 계산한 신뢰도를 모든 2차 사용자(130)들에게 동일하게 적용하지 않고, 2차 사용자(130) 간의 상대적 신뢰도를 기반으로 한 가중치(이하, '가중치'로 총칭)를 신뢰도에 부여하여, 각각의 2차 사용자(130)로부터 수신된 신뢰도를 조정한다.

구체적으로, 신뢰도에 대한 조정은, 각각의 2차 사용자(130)들이 가정 H_0 와 가정 H_1 에 대해 가지는 신뢰의 정도는 평균, 분산에 의존하고, 각 가정에 대한 신뢰도가 갖는 평균값의 차이가 클수록, 더 큰 신뢰도를 가진다는 점을 기초로 수행된다. 가중치는 하기의 수학식 6 및 수학식 7에 의해 계산된다.

수학식 6

$$D_i = \mu_{1,i} - \mu_{0,i}$$

수학식 7

$$w_i = \frac{D_i}{\max(D_i)} = \frac{N\gamma_i}{\max(N\gamma_i)} = \frac{\gamma_i}{\max(\gamma_i)}$$

[0058]

[0059] 여기서, D_i 는 각 가정에 대한 신뢰도가 갖는 평균값의 차이, 그리고, w_i 는 i 번째 2차 사용자(130)에 대한 가중치이다.

[0060] 상기와 같이, 2차 사용자(130)에 대한 신뢰도 및 가중치가 결정되면, CR 기지국(150)은, 하기의 수학식 8을 이용하여, 신뢰도를 조정한다.

수학식 8

$$\begin{aligned} \hat{m}_i(H_0) &= w_i m_i(H_0) \\ \hat{m}_i(H_1) &= w_i m_i(H_1) \end{aligned}$$

[0061]

[0062] 여기서, $\hat{m}_i(H_0)$ 는 가정 H_0 하에서의 조정된 신뢰도, 그리고, $\hat{m}_i(H_1)$ 는 가정 H_1 하에서의 조정된 신뢰도이다.

[0063] CR 기지국(150)은 각 가정하에서의 조정된 신뢰도와 Dempster의 직교 결합 규칙을 통해, 하기의 수학식 9 및 수학식 10을 이용하여 각 가정에 대한 최종 신뢰도를 계산한다.

수학식 9

$$m(H_0) = \hat{m}_1 \oplus \hat{m}_2 \oplus \dots \oplus \hat{m}_n(A) = \frac{\sum_{A_1 \cap A_2 \dots \cap A_n = H_0} \prod_{i=1}^n \hat{m}_i(A_i)}{1 - K}$$

[0064]

수학식 10

$$m(H_1) = \hat{m}_1 \oplus \hat{m}_2 \oplus \dots \oplus \hat{m}_n(A) = \frac{\sum_{A_1 \cap A_2 \dots \cap A_n = H_1} \prod_{i=1}^n \hat{m}_i(A_i)}{1 - K}$$

[0065]

[0066] 여기서, $m(H_0)$ 는 가정 H_0 하에서의 최종 신뢰도, 그리고, $m(H_1)$ 는 가정 H_1 하에서의 최종 신뢰도이다. 또한, 여기서, K 는 하기의 수학식 11과 같다.

수학식 11

$$K = \sum_{A_1 \cap A_2 \cdots \cap A_n = 0} \prod_{i=1}^n m_i(A_i)$$

[0067]

[0068] 이와 같이, 가정 H_0 하에서의 최종 신뢰도와 가정 H_1 하에서의 최종 신뢰도를 계산하고 나면, CR 기지국(150)은, 각 가정에 대한 최종 신뢰도를 비교하여, 최종 스펙트럼 검출에 대한 결정을 내리게 된다.

[0069] 구체적으로, CR 기지국(150)은, 가정 H_0 하에서의 최종 신뢰도가 가정 H_1 하에서의 최종 신뢰도보다 크면, 가정 H_0 가 사실인 것으로 판단하여, 1차 사용자(110)가 채널을 사용중이지 않은 것으로 판단하고, 가정 H_0 하에서의 최종 신뢰도가 가정 H_1 하에서의 최종 신뢰도보다 작으면, 가정 H_1 가 사실인 것으로 판단하여, 1차 사용자(110)가 채널을 사용중인 것으로 판단한다.

[0070] 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

수학식 12

$$\begin{cases} H_1: m(H_1) > m(H_0) \\ H_0: m(H_1) < m(H_0) \end{cases}$$

[0071]

[0072] 이에 의해, CR 기지국(150)은, 스펙트럼 검출의 정확도를 보다 향상시킬 수 있으며, 악의적인 2차 사용자 또는 고장난 2차 사용자들에 의한 전체 CR 시스템 성능 저하를 극복할 수 있다.

[0073] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 스펙트럼 센싱방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0074] 우선, 복수의 2차 사용자(130)는 1차 사용자(110)에 대한 신호를 수신한다(S210). 2차 사용자(130)는 1차 사용자(110)에 대한 신호를 기초로 두 개의 가정을 설정한다. 두 개의 가정은 전술한 바와 같이, 1차 사용자(110)가 채널을 사용중이지 않다는 가정(H_0), 그리고, 1차 사용자(110)가 채널을 사용중이라는 가정(H_1)이다.

[0075] 이후, 2차 사용자(130)는 에너지 검출기를 이용하여 수신된 신호에 대한 에너지를 검출하고(S230), 검출된 에너지를 기초로 에너지에 대한 평균과 에너지에 대한 분산을 계산한다(S240). 에너지의 검출은 전술한 수학식 2에 의해 수행되며, 에너지 평균 및 에너지 분산의 계산은 전술한 수학식 3에 의해 수행된다.

[0076] 또한, 2차 사용자(130)는 수학식 4와 수학식 5를 이용하여, 각 가정에 대한 i번째 2차 사용자(130)의 스펙트럼 검출에 대한 신뢰도를 계산하고(S250), 계산된 신뢰도 및 검출된 신호 대 잡음비(SNR : Signal to Noise Ratio)를 CR 기지국(150)으로 전송한다(S260).

[0077] CR 기지국(150)은, 수학식 6 및 수학식 7을 이용하여, 가중치를 계산하고(S270), 신뢰도에 가중치를 부가하여 신뢰도를 조정한다(S280). CR 기지국(150)은, Dempster의 직교 결합 규칙을 이용해 최종 신뢰도를 결정한다(S270). 이는 전술한 수학식 9 내지 수학식 11에 의해 수행된다.

[0078] 이후, CR 기지국(150)은, 두 개의 가정에 대한 최종 신뢰도를 비교하여, 이러한 두 개의 가정 중 하나를 사실화한다(S300).

[0079] 이에 의해서도, CR 기지국(150)은, 스펙트럼 검출의 정확도를 보다 향상시킬 수 있으며, 악의적인 2차 사용자 또는 고장난 2차 사용자들에 의한 전체 CR 시스템 성능 저하를 극복할 수 있다.

[0080] 이상에서는, 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0081] 도 1은, 본 발명의 일 실시예에 따른 CR 시스템을 도시한 도면, 그리고,

[0082] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 스펙트럼 센싱방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0083] ***도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명***

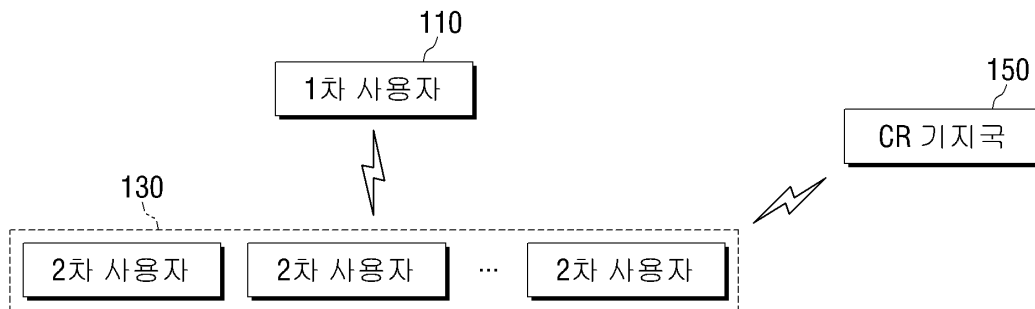
[0084] 110 : 1차 사용자

130 : 2차 사용자

[0085] 150 : CR 기지국

도면

도면1



도면2

