



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0086023  
(43) 공개일자 2012년08월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04B 7/26 (2006.01) H04W 16/14 (2009.01)  
(21) 출원번호 10-2011-0007211  
(22) 출원일자 2011년01월25일  
심사청구일자 2011년01월25일

(71) 출원인  
인하대학교 산학협력단  
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)  
(72) 발명자  
장성진  
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 6호관 130호 (용현동)  
유 문용  
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 6호관 130호 (용현동)  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인무한

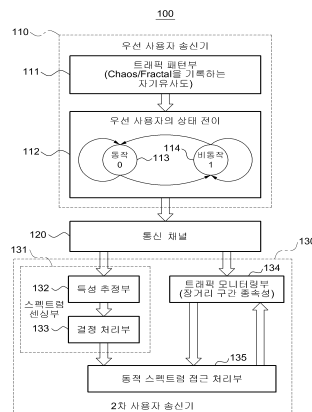
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 카오스 특성을 이용한 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛

(57) 요약

본 발명의 실시예는 인지 무선 통신 시스템에서 우선 사용자의 동작 상태에 따라 2차 사용자가 통신 채널의 빈 대역을 사용할 수 있도록 하는 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛에 관련된다. 인지 무선(Cognitive Radio, CR) 통신 기술은 값비싼 주파수 자원을 무선 자원을 보다 효과적이고 균형있게 사용할 수 있도록 한다. 특히, 인지 무선 통신 기술은 2차 사용자가 우선 사용자의 대역을 동적으로 접근할 수 있도록 하여, 언제 어디서든지 안정적인 통신 수단을 제공하고, 주파수 스펙트럼을 효율적으로 사용할 수 있게 한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**김재명**

인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 하이테크  
312호 (용현동)

**구 준룡**

인천광역시 남구 용현4동 인하대학교 6호관 130호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2010-0008000

부처명 RFID/USN 산학공동연구소

연구사업명 도약연구(도전)

연구과제명 차세대 무선통신을 위한 Cognitive Radio 플랫폼 연구

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2006.04.01 ~ 2011.03.31

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

통신 채널에 대한 우선 사용자의 동작 상태에 따라 2차 사용자의 상기 통신 채널에 대한 접근을 허용하는 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛에 있어서,

상기 통신 채널로부터 수신되는 관측 신호를 기초로, 상기 우선 사용자의 동작 상태를 검출하는 스펙트럼 센싱부;

상기 통신 채널에서 우선 사용자의 트래픽을 모니터링하여, 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는 트래픽 모니터링부; 및

상기 스펙트럼 센싱부에 의해 검출된 상기 우선 사용자의 동작 상태 및 상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성을 이용하여, 상기 통신 채널에 대한 2차 사용자의 접근을 허용하는 동적 스펙트럼 접근 처리부

를 포함하는 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 동적 스펙트럼 접근 처리부는

상기 스펙트럼 센싱부에 의해 검출된 상기 우선 사용자의 동작 상태 및 상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성 중 하나에 미리 설정된 가중치를 적용한 후, 상기 우선 사용자의 최종 상태를 결정하고, 상기 결정된 최종 상태에 따라서 상기 통신 채널에 대한 2차 사용자의 접근을 허용하는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 트래픽 모니터링부는

상기 2차 사용자의 채널 접근에 의해 상기 통신 채널로부터 수신되는 ACK 패킷으로부터 상기 2차 사용자의 채널 접근 결과를 획득하고, 상기 획득된 채널 접근 결과에 따라 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛.

### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 트래픽 모니터링부는

과거 시간동안의 우선 사용자의 상태 이력을 기초로, 우선 사용자의 트래픽 패턴을 추정하여, 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 예측하는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛.

### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 트래픽 모니터링부는

상기 통신 채널에 대하여 2차 사용자의 접근 결과에 관련된 정보를 수집하고, 상기 수집된 정보를 상기 우선 사용자의 상태 이력으로 갱신하여 저장하는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛.

#### 청구항 6

제2항에 있어서,

상기 동적 스펙트럼 접근 처리부는

상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성을 기초로, 상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 자기 유사도를 고려하여, 상기 우선 사용자의 최종 상태의 결정시 이용하는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 동적 스펙트럼 접근 처리부는

상기 우선 사용자의 최종 상태의 결정시 상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 자기 유사도를 고려하기 위한 최적 문턱값을 결정하고, 및 상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성을 기초로 상기 스펙트럼 센싱 부에 의해 검출된 상기 우선 사용자의 동작 상태를 개선하는 동작을 상기 결정된 최적 문턱값을 이용하여 반복적으로 실시하는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 동적 스펙트럼 접근 처리부는

역전파신경망(Back Propagation Neural Network)을 이용하여 최적 문턱값을 결정하는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 스펙트럼 센싱부는

상기 관측 신호로부터 샘플링 데이터를 획득하고, 상기 획득된 샘플링 데이터를 스펙트럼 센싱하여, 상기 관측 신호에 대한 적어도 하나의 특성정보를 추정하는 특성 추정부; 및

상기 추정된 특성을 기초로, 상기 우선 사용자의 동작 상태를 결정하는 결정 처리부를 포함하는 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 특성 추정부는

상기 획득된 샘플링 데이터를 기초로 상기 관측 신호의 신호 에너지를 추정하고,

상기 결정 처리부는

상기 추정된 신호 에너지의 크기에 따라 우선 사용자의 동작 상태를 결정하는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛.

#### 청구항 11

제9항에 있어서,

상기 특성 추정부는

상기 획득된 샘플링 데이터로부터 프랙탈 차원(fractal dimension) 또는 Lyapunov 지수를 기반으로 하는 카오스 특성을 검출하고,

상기 결정 처리부는

상기 검출된 카오스 특성의 결과값에 따라 우선 사용자의 동작 상태를 결정하는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛.

## 청구항 12

제1항에 있어서,

상기 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛은

모바일 디바이스, AP(Access Point) 및 BS(Base Station) 중 하나에 설치되는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛.

## 청구항 13

통신 채널에 대한 우선 사용자의 동작 상태에 따라 2차 사용자의 상기 통신 채널에 대한 접근을 허용하는 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛의 동작 방법에 있어서,

상기 통신 채널로부터 관측 신호를 수집하고, 상기 관측 신호로부터 샘플링 데이터를 획득하는 단계;

상기 획득된 샘플링 데이터를 기초로, 상기 우선 사용자의 동작 상태를 검출하는 단계;

상기 통신 채널에서 우선 사용자의 트래픽을 모니터링하여, 상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는 단계;

상기 샘플링 데이터에 의해 검출된 상기 우선 사용자의 동작 상태를 상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성에 따라 개선하는 단계; 및

상기 개선 결과를 기초로, 상기 2차 사용자의 상기 통신 채널에 대한 접근의 허용 여부를 결정하는 단계

를 포함하는 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛의 동작 방법.

## 청구항 14

제13항에 있어서,

상기 샘플링 데이터에 의해 검출된 상기 우선 사용자의 동작 상태를 상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성에 따라 개선하는 단계는

상기 샘플링 데이터에 의해 검출된 상기 우선 사용자의 동작 상태 및 상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성 중 하나에 미리 설정된 가중치를 적용하여 상기 우선 사용자의 최종 상태를 결정하는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛의 동작 방법.

## 청구항 15

제13항에 있어서,

상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는 단계는

상기 2차 사용자의 채널 접근에 의해 상기 통신 채널로부터 수신되는 ACK 패킷으로부터 2차 사용자의 채널 접근 결과를 획득하고, 상기 획득된 채널 접근 결과에 따라 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛의 동작 방법.

## 청구항 16

제13항에 있어서,

상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는 단계는

과거 시간동안의 우선 사용자의 상태 이력을 기초로, 우선 사용자의 트래픽 패턴을 추정하여, 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 예측하는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛의 동작 방법.

#### 청구항 17

제16항에 있어서,

상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는 단계는

상기 통신 채널에 대하여 2차 사용자의 접근 결과에 관련된 정보를 수집하고, 상기 수집된 정보를 상기 우선 사용자의 상태 이력으로 갱신하여 저장하는 단계를 더 포함하는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛의 동작 방법.

#### 청구항 18

제14항에 있어서,

상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는 단계는

상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성을 기초로, 상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 자기 유사도를 고려하여, 상기 우선 사용자의 최종 상태의 결정시 이용하는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛의 동작 방법.

#### 청구항 19

제18항에 있어서,

상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는 단계는

상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 자기 유사도를 고려하기 위한 최적 문턱값을 결정하고, 및 상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성을 기초로 상기 스펙트럼 센싱부에 의해 검출된 상기 우선 사용자의 동작 상태를 개선하는 동작을 상기 결정된 최적 문턱값을 이용하여 반복적으로 실시하는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛의 동작 방법.

#### 청구항 20

제18항에 있어서,

상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는 단계는

역전파신경망(Back Propagation Neural Network)을 이용하여 최적 문턱값을 결정하는

인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛의 동작 방법.

#### 청구항 21

제13항 내지 제21항 중 어느 한 항의 방법을 수행하는 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능 기록 매체.

### 명세서

### 기술분야

[0001] 아래 실시예들은 인지 무선 통신 시스템에서 우선 사용자의 동작 상태에 따라 2차 사용자가 통신 채널의 빈 대역을 사용할 수 있도록 하는 카오스 특성을 이용한 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛에 관련된다.

### 배경기술

[0002] 인지 무선(Cognitive Radio, CR) 통신 기술은 값비싼 주파수 자원을 무선 자원을 보다 효과적이고 균형있게 사

용할 수 있도록 한다. 특히, 인지 무선 통신 기술은 2차 사용자가 우선 사용자의 대역을 동적으로 접근할 수 있도록 하여, 언제 어디에서든지 안정적인 통신 수단을 제공하고, 주파수 스펙트럼을 효율적으로 사용할 수 있게 한다.

- [0003] 특히, 인지 무선 통신 기술에서는 동적 스펙트럼 접근(Dynamic Spectrum Access, DSA)에 대한 연구가 있다. 동적 스펙트럼 접근은 우선 사용자의 빈 스펙트럼에 접속하는 인지 무선 통신 기술을 말한다. 동적 스펙트럼 접근에서는, 성능을 최대화하기 위하여 2차 사용자가 어떻게 지능적으로 동작하는 지에 대한 문제가 주요 화두이다.
- [0004] 인지 무선 통신 기술에서는 우선 사용자의 송신기 상태가 2차 사용자의 접근 가능한 통신 채널을 결정할 수 있기 때문에, 동적 스펙트럼 접근 방법에는 예컨대, POMDP(Partially Observable Markov Decision Process) 또는 HMM(Hidden Markov Mode)와 같이 우선 사용자의 상태를 모델링하는 방법이 있다.
- [0005] POMDP 및 HMM에서 은닉 상태(hidden state)는 통신 채널의 접근가능 여부와 2차 사용자의 통신의 질에 대한 정보를 제공한다. 이러한 POMDP 및 HMM는 상태 전달 확률과 같이 미리 얻기 힘든 변수에 대하여 가정한다. 그러나, 이러한 가정으로 인해 정확도가 떨어질 수 있으며, 특히, POMDP의 차수는 명확하게 정의된 바가 없고 과거의 확률 정보들을 유실시킬 수 있다. 또한, HMM에서 사용되는 복호기는 많은 계산량을 포함할 수 있다.
- [0006] 이에 대한 대안으로, 통신 채널상태 및 검출에 대한 정보들을 다른 방법으로 처리하는 연구가 있다. 예컨대, 2차 사용자가 우선 사용자의 트래픽 사용 패턴 및 확률적인 특성에 따라 우선 사용자의 상태를 예측하는 방법, TV 통신 채널의 지난 정보를 기초로 장거리 구간 및 단거리 구간으로 구분하여 우선 사용자의 상태를 예측하는 방법 등이 있다.
- [0007] 이와 같이 종래의 동적 스펙트럼 접근은 주로 지난 정보들을 0 또는 1로 정량화시켜 이용하는 데, 이러한 정량화의 단점은 연관정 정보(soft information)가 손실될 수 있다는 점이다. 또한, 이러한 정량화의 단점을 극복하려면 계산이 복잡해지거나 또는 미리 알고 있어야 하는 정보가 많아지는 문제가 발생할 수 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0008] 본 발명의 실시예에 의하면, 통신 채널의 스펙트럼 센싱 결과뿐 아니라, 우선 사용자의 트래픽에 대한 모니터링 결과를 이용함으로써, 2차 사용자의 채널 접근을 보다 안정적이고 정확하게 실시될 수 있도록 하는 카오스 특성을 이용한 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛을 제공할 수 있다.
- [0009] 특히, 본 발명의 실시예에 의하면, 우선 사용자의 트래픽에 대한 모니터링 결과를 이용하여, 통신 채널의 스펙트럼 센싱 결과를 개선시킬 수 있는 카오스 특성을 이용한 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛을 제공할 수 있다.

### 과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛은 통신 채널에 대한 우선 사용자의 동작 상태에 따라 2차 사용자의 상기 통신 채널에 대한 접근을 허용하는 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛에 있어서, 상기 통신 채널로부터 수신되는 관측 신호를 기초로, 상기 우선 사용자의 동작 상태를 검출하는 스펙트럼 센싱부와, 상기 통신 채널에서 우선 사용자의 트래픽을 모니터링하여, 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는 트래픽 모니터링부와, 상기 스펙트럼 센싱부에 의해 검출된 상기 우선 사용자의 동작 상태 및 상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성을 이용하여, 상기 통신 채널에 대한 2차 사용자의 접근을 허용하는 동적 스펙트럼 접근 처리부를 포함한다.
- [0011] 이때, 상기 동적 스펙트럼 접근 처리부는 상기 스펙트럼 센싱부에 의해 검출된 상기 우선 사용자의 동작 상태 및 상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성 중 하나에 미리 설정된 가중치를 적용한 후, 상기 우선 사용자의 최종 상태를 결정하고, 상기 결정된 최종 상태에 따라서 상기 통신 채널에 대한 2차 사용자의 접근을 허용할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 트래픽 모니터링부는 상기 2차 사용자의 채널 접근에 의해 상기 통신 채널로부터 수신되는 ACK 패킷으로부터 상기 2차 사용자의 채널 접근 결과를 획득하고, 상기 획득된 채널 접근 결과에 따라 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 트래픽 모니터링부는 과거 시간동안의 우선 사용자의 상태 이력을 기초로, 우선 사용자의 트래픽 패

턴을 추정하여, 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 예측할 수 있다.

- [0014] 또한, 상기 트래픽 모니터링부는 상기 통신 채널에 대하여 2차 사용자의 접근 결과에 관련된 정보를 수집하고, 상기 수집된 정보를 상기 우선 사용자의 상태 이력으로 갱신하여 저장할 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 동적 스펙트럼 접근 처리부는 상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성을 기초로, 상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 자기 유사도를 고려하여, 상기 우선 사용자의 최종 상태의 결정시 이용할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 동적 스펙트럼 접근 처리부는 상기 우선 사용자의 최종 상태의 결정시 상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 자기 유사도를 고려하기 위한 최적 문턱값을 결정하고, 및 상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성을 기초로 상기 스펙트럼 센싱부에 의해 검출된 상기 우선 사용자의 동작 상태를 개선하는 동작을 상기 결정된 최적 문턱값을 이용하여 반복적으로 실시할 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 동적 스펙트럼 접근 처리부는 역전파신경망(Back Propagation Neural Network)을 이용하여 최적 문턱값을 결정할 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 스펙트럼 센싱부는 상기 관측 신호로부터 샘플링 데이터를 획득하고, 상기 획득된 샘플링 데이터를 스펙트럼 센싱하여, 상기 관측 신호에 대한 적어도 하나의 특성정보를 추정하는 특성 추정부와, 상기 추정된 특성을 기초로, 상기 우선 사용자의 동작 상태를 결정하는 결정 처리부를 포함할 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 특성 추정부는 상기 획득된 샘플링 데이터를 기초로 상기 관측 신호의 신호 에너지를 추정할 수 있고, 상기 결정 처리부는 상기 추정된 신호 에너지의 크기에 따라 우선 사용자의 동작 상태를 결정할 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 특성 추정부는 상기 획득된 샘플링 데이터로부터 프랙탈 차원(fractal dimension) 또는 Lyapunov 지수를 기반으로 하는 카오스 특성을 검출할 수 있고, 상기 결정 처리부는 상기 검출된 카오스 특성의 결과값에 따라 우선 사용자의 동작 상태를 결정할 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛은 모바일 디바이스, AP(Access Point) 및 BS(Base Station) 중 하나에 설치될 수 있다.
- [0022] 본 발명의 다른 실시예에 따른 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛의 동작은 통신 채널에 대한 우선 사용자의 동작 상태에 따라 2차 사용자의 상기 통신 채널에 대한 접근을 허용하는 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛의 동작 방법으로, 상기 통신 채널로부터 관측 신호를 수집하고, 상기 관측 신호로부터 샘플링 데이터를 획득하는 단계와, 상기 획득된 샘플링 데이터를 기초로, 상기 우선 사용자의 동작 상태를 검출하는 단계와, 상기 통신 채널에서 우선 사용자의 트래픽을 모니터링하여, 상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는 단계와, 상기 샘플링 데이터에 의해 검출된 상기 우선 사용자의 동작 상태를 상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성에 따라 개선하는 단계와, 상기 개선 결과를 기초로, 상기 2차 사용자의 상기 통신 채널에 대한 접근의 허용 여부를 결정하는 단계를 포함한다.
- [0023] 이때, 상기 샘플링 데이터에 의해 검출된 상기 우선 사용자의 동작 상태를 상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성에 따라 개선하는 단계는 상기 샘플링 데이터에 의해 검출된 상기 우선 사용자의 동작 상태 및 상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성 중 하나에 미리 설정된 가중치를 적용하여 상기 우선 사용자의 최종 상태를 결정할 수 있다.
- [0024] 또한, 상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는 단계는 상기 2차 사용자의 채널 접근에 의해 상기 통신 채널로부터 수신되는 ACK 패킷으로부터 2차 사용자의 채널 접근 결과를 획득하고, 상기 획득된 채널 접근 결과에 따라 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정할 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는 단계는 과거 시간동안의 우선 사용자의 상태 이력을 기초로, 우선 사용자의 트래픽 패턴을 추정하여, 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 예측할 수 있다.
- [0026] 또한, 상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는 단계는 상기 통신 채널에 대하여 2차 사용자의 접근 결과에 관련된 정보를 수집하고, 상기 수집된 정보를 상기 우선 사용자의 상태 이력으로 갱신하여 저장하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는 단계는 상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성을 기초로, 상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 자기 유사도를 고려하여, 상기 우선 사용자의

최종 상태의 결정시 이용할 수 있다.

[0028] 또한, 상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는 단계는 상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 자기 유사도를 고려하기 위한 최적 문턱값을 결정하고, 및 상기 우선 사용자의 트래픽에 대하여 추정된 카오스 특성을 기초로 상기 스펙트럼 센싱부에 의해 검출된 상기 우선 사용자의 동작 상태를 개선하는 동작을 상기 결정된 최적 문턱값을 이용하여 반복적으로 실시할 수 있다.

[0029] 또한, 상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하는 단계는 역전파신경망(Back Propagation Neural Network)을 이용하여 최적 문턱값을 결정할 수 있다.

### 발명의 효과

[0030] 본 발명의 실시예에 의하면, 우선 사용자의 신호 및 트래픽에 대한 특성정보를 사용함으로써, 잡음에 강인하고 우선 사용자 트래픽 변화에 대해 안정적인 시스템을 제공할 수 있다. 또한, 우선 사용자의 트래픽의 자기 유사성의 변화에 따라 인지 무선 통신의 성능을 최대화할 수 있다.

[0031] 특히, 본 발명의 실시예에 따른 동적 스펙트럼 접근 처리부는 반복 알고리즘으로 구현됨으로써, 장거리 구간 종속성의 추정을 복구하고, 카오스 무선 인지의 채널 접근을 개선할 수 있으며, 우선 사용자의 상태 정보를 실제 채널의 트래픽에 가깝게 추정할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛을 이용하는 통신 시스템의 간략한 구성을 보여주는 도면.

도 2는 도 1에 도시된 2차 사용자 송신기의 기능을 설명하기 위한 도면.

도 3은 도 2에 도시된 스펙트럼 센싱부의 동작 예시를 보여주는 도면.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛에서 고려하는 스펙트럼 센싱 시나리오를 보여주는 도면.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛에서 이용하는 우선 사용자의 트래픽에 대한 자기 유사도를 설명하기 위한 도면.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 인지 무선 통신 유닛의 동작을 설명하기 위한 도면.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛을 이용하는 통신 시스템의 간략한 구성을 보여준다. 도 1을 참조하면, 우선 사용자의 상태 전이에 대한 모델링 및 동작 원리를 설명할 수 있다.

[0035] 본 발명의 일 실시예에 따른 인지 무선 통신 시스템은 우선 사용자의 상태를 판단하기 위하여, 통신 채널의 신호로부터 검출되는 카오스 특성(chaotic property)을 이용한다.

[0036] 신호에서의 카오스 특성은 최근들어 통신 분야에 적용되고 연구되는 것으로, 초기조건에 민감한 결정적 시스템(deterministic system)에서 비주기적인 시간 접근적 작용을 보여준다. 카오스 특성은 초기값에 대한 민감성, 잡음에 대한 강인성 등의 특징을 가지며, 통신 분야의 보안 및 확산스펙트럼 통신 등으로 광범위하게 적용될 수 있다.

[0037] 이하에서는 통신 채널을 사용하는 사용자를 우선 사용자라 하고, 상기 통신 채널의 빈 영역을 사용할 다른 사용자를 2차 사용자라 한다. 그리고, 우선 사용자가 가진 송신기는 우선 사용자 송신기(110)라 하고, 2차 사용자가 가진 송신기는 2차 사용자 송신기(120)라 한다.

[0038] 도 1을 참조하면, 우선 사용자는 우선 사용자 송신기(110)를 이용하여, 통신 채널(120)의 무선 자원을 사용한다. 이때, 우선 사용자 송신기(110)가 통신 채널(120)의 무선 자원을 사용함에 따라, 우선 사용자 송신기(110)는 트래픽 패턴(111)을 보이며, 상기 트래픽 패턴(111)에 대응하여 상태 전이(112)가 발생된다.

[0039] 트래픽 패턴(111)은 카오스(Chaotic)의 자기 유사도 특성을 가질 수 있고, 상태 전이(112)는 통신 채널(120)의

무선 자원을 사용하는 동작 상태(113) 및 통신 채널(120)의 무선 자원을 사용하지 않는 비동작 상태(114) 중 하나로 전환된다.

- [0040] 통신 채널(120)은 우선 사용자 송신기(110) 또는 2차 사용자 송신기(130)에게 무선 자원을 제공하며, 새도잉, 플랫폼(flat) 페이딩, 다중경로 페이딩 중 적어도 하나와 같은 통신 채널영향을 가질 수 있다.
- [0041] 2차 사용자 송신기(130)는 본 발명의 일 실시예에 따른 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛을 내장하며, 통신 채널(120)로부터 관측 신호 및 우선 사용자의 트래픽을 수집한다. 그리고, 2차 사용자 송신기(130)는 상기 수집된 관측 신호 및 우선 사용자의 트래픽을 기초로, 우선 사용자의 상태를 판단하고, 상기 판단 결과에 따라 우선 사용자의 스펙트럼을 사용한다.
- [0042] 2차 사용자 송신기(130)는 스펙트럼 센싱부(131), 트래픽 모니터링부(134) 및 동적 스펙트럼 접근 처리부(134)를 포함할 수 있다.
- [0043] 스펙트럼 센싱부(131)는 통신 채널(120)로부터 수신되는 상기 관측 신호에 대한 적어도 하나의 특성정보를 추정한다. 다시 말해, 스펙트럼 센싱부(131)는 상기 관측 신호의 카오스(chaotic) 특성을 모니터링하고, 상기 관측 신호에 대응하는 우선 사용자의 상태를 결정한다. 이를 위하여, 스펙트럼 센싱부(131)는 특성 추정부(132) 및 결정 처리부(133)를 포함한다.
- [0044] 특성 추정부(132)는 상기 관측 신호로부터 샘플링 데이터를 획득하고, 상기 획득된 샘플링 데이터를 스펙트럼 센싱하여, 상기 관측 신호에 대한 적어도 하나의 특성정보를 추정한다. 이때, 상기 특성정보는 상기 샘플링 데이터의 크기, 주파수, 위상 중 적어도 하나에 대한 특성정보가 될 수 있다. 또한, 특성 추정부(132)는 상기 특성정보는 상기 획득된 샘플링 데이터로부터 프랙탈 차원(fractal dimension) 또는 Lyapunov 지수를 기반으로 하는 카오스 특성을 검출할 수 있다.
- [0045] 결정 처리부(133)는 상기 추정된 특성을 기초로, 상기 우선 사용자의 동작 상태를 결정한다.
- [0046] 트래픽 모니터링부(134)는 통신 채널(120)의 트래픽을 모니터링하고, 과거 시간동안의 우선 사용자에 대한 상태 이력을 분석하여, 우선 사용자 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정한다.
- [0047] 동적 스펙트럼 접근 처리부(135)는 스펙트럼 센싱부(131)로부터 우선 사용자의 상태에 관련된 정보를 수신하고, 트래픽 모니터링부(134)로부터 우선 사용자 트래픽의 카오스 특성에 관련된 정보를 수신하고, 상기 수신된 정보들 각각을 이용하여, 통신 채널(120)에 대한 2차 사용자의 접근을 허용한다.
- [0048] 다시 말해서, 스펙트럼 센싱부(131)는 우선 사용자의 상태를 스펙트럼 센싱의 결과로서 동적 스펙트럼 접근 처리부(135)에 전달하고, 트래픽 모니터링부(134)는 우선 사용자에 대한 상태 이력을 저장하고, 상기 저장된 우선 사용자에 대한 상태 이력을 기초로 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 예측할 수 있으며, 상기 예측 결과를 동적 스펙트럼 접근 처리부(135)에 전달한다.
- [0049] 동적 스펙트럼 접근 처리부(135)는 스펙트럼 센싱부(131)에 의한 센싱 결과뿐 아니라, 트래픽 모니터링부(134)의 모니터링 결과를 취합하여 분석한 후, 통신 채널(120)에 접근함으로써, 우선 사용자의 스펙트럼을 안정적으로 사용할 수 있다.
- [0050] 즉, 동적 스펙트럼 접근 처리부(135)는 스펙트럼 센싱부(131)의 센싱 결과 외에도, 트래픽 모니터링부(134)의 결과를 기초로 우선 사용자의 현재 상태를 판별할 수 있다. 만약, 트래픽 모니터링부(134)에 의해 추정된 카오스 특성이 스펙트럼 센싱부(131)에 의해 추정된 카오스 특성과 동일하다면, 우선 사용자의 현재 상태는 관측 신호에 의해 추정되는 결과와 동일하다. 따라서, 이 경우, 동적 스펙트럼 접근 처리부(135)는 스펙트럼 센싱부(131)의 센싱 결과 또는 트래픽 모니터링부(134)의 모니터링 결과 중 어느 것을 사용하여도 된다. 그러나, 트래픽 모니터링부(134)에 의해 추정된 카오스 특성이 스펙트럼 센싱부(131)에 의해 추정된 카오스 특성과 동일하지 않거나, 또는 기준치 이상 차이가 있다면, 동적 스펙트럼 접근 처리부(135)는 스펙트럼 센싱부(131)의 센싱 결과 또는 트래픽 모니터링부(134)의 모니터링 결과 중 하나에 미리 설정된 가중치를 적용하여, 우선 사용자의 최종 상태를 결정할 수 있다.
- [0051] 한편, 동적 스펙트럼 접근 처리부(135)는 우선 사용자에 대한 상태 이력을 기초로, 우선 사용자의 트래픽에 대한 자기 유사도를 계산할 수 있으며, 이러한 자기 유사도는 우선 사용자의 상태 변이에 대한 은닉 정보로서 고려될 수 있다. 즉, 동적 스펙트럼 접근 처리부(135)는 우선 사용자에 대한 상태 이력을 이용함으로써, 2차 사용자의 장거리 구간에 대한 의존성을 고려할 수 있다.

- [0052] 2차 사용자의 채널 접근 결과는 일반적으로 통신 채널(120)의 ACK 패킷으로부터 도출될 수 있는데, 경우에 따라 2차 사용자의 채널 접근 결과가 ACK 패킷으로부터 획득되지 못할 수도 있다. 이 경우, 트래픽 모니터링부(134)는 우선 사용자의 트래픽에 대응하는 우선 사용자 이력 추적을 통해, 2차 사용자의 채널 접근 결과를 추정할 수 있다.
- [0053] 만약, 동적 스펙트럼 접근 처리부(135)가 통신 채널(120)에 대하여 2차 사용자의 접근 여부를 결정하는 것이 불명확하다면, 2차 사용자는 채널 접근의 기회를 잃거나, 우선 사용자와의 충돌이 야기될 수 있다.
- [0054] 동적 스펙트럼 접근 처리부(135)는 2차 사용자에게 대한 통신 채널 접근 여부의 정확도 및 장거리 구간에 대한 의존성 예측을 향상시키기 위하여, 반복적인 알고리즘을 수행할 수 있다.
- [0055] 반복적인 알고리즘을 이용함으로써, 동적 스펙트럼 접근 처리부(135)는 우선 사용자의 트래픽에 대한 자기 유사도를 분석하고, 상기 분석된 자기 유사도에 따라 2차 사용자의 통신 채널 접근을 조정할 수 있다. 이러한 반복적인 알고리즘을 통해, 동적 스펙트럼 접근 처리부(135)의 통신 채널 접근에 대한 결정값은 장거리 구간의 종속성에 피드백되어, 최종 결정값으로 도출될 수 있다.
- [0056] 도 2는 도 1의 2차 사용자 송신기의 기능을 상세하게 설명하기 위한 도면이다. 도 2의 경우, 2차 사용자 송신기는 본 발명의 일 실시예에 따라 RF 송수신기(200)로 구현되었으며, RF 송수신기(200)는 도시된 바와 같이 송신 유닛(210), 수신 유닛(220) 및 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛(230)을 포함할 수 있다.
- [0057] 여기서, 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛(230)은 2차 사용자 송신기와 같이 모바일 디바이스에 내장될 수도 있지만, AP(Access Point) 또는 BS(Base Station)에도 설치될 수 있다.
- [0058] 수신 유닛(210)은 통신 채널을 관측하고, 상기 관측된 통신 채널의 관측 신호를 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛(230)로 전달한다. 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛(230)은 관측 신호에 대한 특성정보 및 우선 사용자에게 대한 상태 이력을 기초로, 상기 통신 채널에 대한 2차 사용자의 데이터 전송을 허용한다.
- [0059] 이를 위하여, 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛(230)은 트래픽 모니터링부(231), 스펙트럼 센싱부(232) 및 채널 접근 결정부(233)를 포함할 수 있다.
- [0060] 또한, 트래픽 모니터링부(231)는 채널 접근 결과부(231a), 갱신 처리부(231b) 및 카오스 특성 추정부(231c)를 포함한다.
- [0061] 채널 접근 결과부(231a)는 현재 통신 채널의 접근 결과에 관련된 정보를 수집하고, 갱신 처리부(231b)는 채널 접근 결과부(231a)에 의해 새롭게 수집된 정보를 우선 사용자의 상태 이력에 갱신(업데이트)하여 저장한다. 카오스 특성 추정부(231c)는 상기 저장된 과거 시간동안의 우선 사용자의 상태 이력을 기초로 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 예측할 수 있다.
- [0062] 한편, 스펙트럼 센싱부(232)는 수신 유닛(210)로부터 전달된 관측 신호를 스펙트럼 센싱하고, 상기 센싱 결과를 토대로 우선 사용자의 현재 상태를 결정한다. 스펙트럼 센싱부(232)는 상기 분석된 우선 사용자의 현재 상태를 나타내는 정보를 동적 스펙트럼 접근 처리부(233)로 전달한다.
- [0063] 동적 스펙트럼 접근 처리부(233)는 스펙트럼 센싱부(232)로부터 전달된 우선 사용자의 현재 상태를 나타내는 정보, 및 트래픽 모니터링부(231)로부터 제공되는 우선 사용자의 현재 트래픽에 대하여 예측된 카오스 특성을 나타내는 정보를 기초로, 상기 통신 채널에 대한 2차 사용자의 접근 허용을 결정한다.
- [0064] 여기서, 동적 스펙트럼 접근 처리부(233)에 의해 2차 사용자의 접근이 허용된 경우, 송신 유닛(202)에 의한 데이터 전송이 실행된다. 송신 유닛(202)은 상기 데이터 전송을 실행한 후, 통신 채널로부터 수신되는 ACK 패킷을 동적 스펙트럼 접근 처리부(233)를 통해, 채널 접근 결과부(231a)로 전달한다. 채널 접근 결과부(231a)는 상기 ACK 패킷으로부터 채널 접근 결과를 획득하고, 갱신 처리부(231b)는 채널 접근 결과부(231a)에 의해 획득된 채널 접근 결과를 갱신하여 저장한다. 그리고, 카오스 특성 추정부(231c)는 갱신 처리부(231b)에 의해 갱신된 채널 접근 결과의 이력을 기초로, 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정하고, 상기 추정된 카오스 특성에 대한 정보를 동적 스펙트럼 접근 처리부(233)로 전달할 수 있다.
- [0065] 채널 접근 결과부(231a)가 상기 ACK 패킷으로부터 채널 접근 결과를 획득하지 못하는 경우도 발생할 수 있다. 이 경우, 채널 접근 결과부(231a)는 동적 스펙트럼 접근 처리부(233)로부터 동적 스펙트럼 접근 처리부(233)의 최근 결정에 관련된 정보를 획득하고, 갱신 처리부(231b)는 상기 획득된 정보를 우선 사용자의 과거 상태로 저

장한다. 이때, 동적 스펙트럼 접근 처리부(233)의 결정이 잘못된다면, 우선 사용자 및 2차 사용자 간의 충돌이 발생하거나 또는 2차 사용자의 채널 접근 기회를 잃을 수 있기 때문에, 동적 스펙트럼 접근 처리부(233)는 우선 사용자의 실제 트래픽에 가깝게 추정될 수 있도록 반복 알고리즘을 이용할 수 있다.

- [0066] 상기 반복 알고리즘은 다음과 같은 특징을 가질 수 있다.
- [0067] 1) 트래픽 모니터링부(231)는 동적 스펙트럼 접근 처리부(233)의 최근 결정에 관련된 정보를 우선 사용자의 상태 이력으로 갱신한다.
- [0068] 2) 트래픽 모니터링부(231)의 카오스 특성 추정부(231c)는 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성(즉, 장거리 구간의 종속성에 연관된 카오스 특성)을 추정한다.
- [0069] 3) 동적 스펙트럼 접근 처리부(233)는 스펙트럼 센싱부(232)의 결과를 개선시켜 우선 사용자의 최종 상태를 도출한다.
- [0070] 4) 우선 사용자의 최종 상태는 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성의 추정 결과 및 스펙트럼 센싱 결과에 의해 개선되어 결정된다.
- [0071] 5) 특정 기준치를 만족할 때까지 1) 내지 5)를 반복하여 수행함
- [0072] 상기의 반복 알고리즘은 미리 설정된 관측 시간이 되면, 통신 채널로부터 수신된 관측 신호에 대해 반복적으로 적용된다. 이러한 반복 알고리즘은 우선 사용자의 순시 상태 및 카오스 인지 무선 통신에서 잘못된 채널 접근을 제거하기 위한 장거리 구간 종속성간의 정보 갱신 관계를 나타낼 수 있다.
- [0073] 결과적으로, 트래픽 모니터링부(231)는 이러한 반복 알고리즘을 수행함으로써, 장거리 구간 종속성의 추정을 복구하고, 카오스 무선 인지의 채널 접근을 개선할 수 있다.
- [0074] 도 3은 도 2에 도시된 스펙트럼 센싱부(232)의 동작 예시를 보여주는 도면이다. 스펙트럼 센싱부(300)는 수신 유닛(210)에 의해 관측된 신호인 관측 신호를 기초로 우선 사용자의 상태를 인지하기 위한 것으로, 에너지 검출 등의 스펙트럼 센싱 기술이 적용될 수 있다.
- [0075] 도 3을 참조하면, 스펙트럼 센싱부(300)에 에너지 검출 기술이 적용된 경우를 보여준다.
- [0076] 스펙트럼 센싱부(300)는 310 단계에서, 상기 관측 신호를 상기 수신 유닛으로부터 수신하고, 상기 관측 신호에 대한 샘플링 데이터를 획득할 수 있다. 스펙트럼 센싱부(300)는 320 단계에서, 상기 획득된 샘플링 데이터를 기초로 상기 관측 신호의 신호 에너지를 추정할 수 있다. 스펙트럼 센싱부(300)는 330 단계에서, 상기 추정된 신호 에너지의 크기에 따라 우선 사용자의 동작 상태를 결정할 수 있다.
- [0077] 이러한 스펙트럼 센싱부(300)는 에너지 검출 외에도 다른 스펙트럼 센싱 기술이 적용될 수 있다.
- [0078] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛이 고려하는 스펙트럼 센싱 시나리오를 보여준다.
- [0079] 스펙트럼 센싱은 미리 설정된 관측 시간이 되면, 주기적으로 발생한다. 그러나, 실제 응용에서는, 상기 스펙트럼 센싱의 스펙트럼 센싱 윈도우와, 우선 사용자의 관측 신호가 정확하게 겹쳐지지 않을 수 있다.
- [0080] 즉, 스펙트럼 센싱 윈도우는 a 및 b의 경우와 같이 우선 사용자의 신호(411, 421)를 부분적으로 획득하거나, c의 경우와 같이 우선 사용자의 신호(431)를 충분히 획득할 수 있다.
- [0081] 따라서, 스펙트럼 센싱이 우선 사용자의 신호를 부분적으로 획득한다면, 인지 무선 통신 시스템의 성능이 하락될 수 있다. 따라서, 상기 스펙트럼 센싱의 결과를 이용하는 동적 스펙트럼 접근 처리부는 이러한 성능 하락을 방지하기 위해, 우선 사용자의 트래픽에 대한 자기 유사도를 이용할 수 있다.
- [0082] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛에서 이용하는 우선 사용자의 트래픽에 대한 자기 유사도를 설명하기 위한 도면이다.
- [0083] 도 5를 참조하면, 동적 스펙트럼 접근 처리부의 동작 과정을 볼 수 있다. 특히, 동적 스펙트럼 접근 처리부는

복잡한 비선형 절차를 수행하기 위한 신경망 네트워크(500)으로 설명될 수 있다.

상기 실시예에서, 채널 상태 정보는 관측 신호에 부호화되어 있는 것으로 가정할 수 있다. 따라서 현재 시간에 관측된 채널 정보로부터 다음 시간의 채널 정보를 예측할 수 있다. 채널 정보에 대한 문턱값이 매우 중요할 수 있으며, 따라서 ROC(Receiver Operating Characteristic) 동작점에 기초한 최적 접근 기법을 적용할 수 있다.

동작 통신 채널을 "0"으로 나타내고, 비동작 통신 채널을 "1"로 나타낸다면, 최적 전송 확률은 아래의 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

[수학적 식 1]

$$(f_a^*(0), f_a^*(1)) = \begin{cases} \left( \frac{\zeta - \delta_a}{1 - \delta_a}, 1 \right), & \delta_a < \zeta \\ (0, 1), & \delta_a = \zeta \\ \left( 0, \frac{\zeta}{\delta_a} \right), & \delta_a > \zeta \end{cases}$$

여기서,  $\delta_a$ 는 미검출 확률을 나타내고,  $\zeta$ 는 오검출 확률을 나타낸다. 이에 따라, 최적의 ROC 동작점은  $\delta_a = \zeta$ 인 경우이다.

또한, 최적 문턱값( $\pi_{opt}^k$ ) 및 상기 최적 문턱값( $\pi_{opt}^k$ )에 대응하는 동적 문턱값( $\pi_{dyn}^k$ )을 이용하여, 최대의 성능을 얻을 수 있다. 동적 문턱값( $\pi_{dyn}^k$ )은 이전의 문턱값, 예상된 센싱값( $\mu_{pre}^k$ ), 검출된 센싱값( $\mu_{det}^k$ ), 및 이전의 채널 접근 결과( $\varphi_{k-1}$ )와 관련된다. 이러한 값들은 2차 사용자가 통신 채널을 성공적으로 점유한 경우, 0이 되고, 다른 경우 1이 될 수 있다. 이러한 과정은 아래 수학적 식 2와 같이 나타낼 수 있다.

[수학적 식 2]

$$\pi_{dyn}^k = f_{dyn}(\pi_{dyn}^{k-1}, \mu_{pre}^k, \mu_{det}^k, \varphi^{k-1}, n_k)$$

여기서,  $f_{dyn}$ 는 동적 문턱값을 갱신시키는 함수를 나타내고,  $n_k$ 는 잡음으로서 가우시안 분포를 따르는 것으로 가정한다. 또한,  $\pi_{opt}^k$ ,  $\mu_{pre}^k$ ,  $\mu_{det}^k$ ,  $\varphi_{k-1}$ 의 변수들 각각을 독립적으로 보면, 수학적 식 2는 아래 수학적 식 3으로 나타낼 수 있다.

[수학적 식 3]

$$\pi_{dyn}^k = f(\pi_{dyn}^{k-1}) + g(\mu_{pre}^k, \mu_{pre}^k) + h(\varphi^{k-1}) + n_k$$

[0095] 여기서,  $f(\cdot)$  는 현재 문턱값과 이전 문턱값간의 관계를 나타내고,  $g(\cdot)$  는 이전의 센싱값과 검출된 센싱값 간의 영향을 나타내고,  $h(\cdot)$  는 미래의 문턱값을 계산하고, 상기 미래의 문턱값에 대응하여 얻어지는 2차 사용자의 접근 결과를 나타낸다.

[0096]  $\pi_{dyn}^k$  및  $\mu_{pre}^k$  는 매번 갱신될 필요가 있다.  $\pi_{dyn}^k$  와  $\pi_{opt}^k$  는 동일할 수 있지만,  $\mu_{pre}^k$  는  $\mu_{det}^k$  와는 달리 잡음을 고려하지 않는 점에서 다른 값을 가질 수 있다. 이러한 관계는 아래의 수학적 식 4로 나타낼 수 있다.

[0097] [수학적 식 4]

[0098] 
$$[\hat{\pi}_{opt}^k, \mu_{pre}^k] = f_{tracing}(\pi_{dyn}^{k-1}, \mu_{det}^k, \phi^{k-1}, n_k)$$

[0099] 여기서,  $\hat{\pi}_{opt}^k$  는  $\pi_{opt}^k$  의 추정값이고,  $f_{tracing}$  는 최적 문턱값과 실제 검출된 센싱값을 추적하는 함수이다. 그러나, 수학적 식 4은 정확한 형태가 아닐 수 있기 때문에, 동적 스펙트럼 접근 처리부는 역전파신경망(Back Propagation Neural Network)을 사용하여 최적 문턱값을 추정하고 검출된 스펙트럼 센싱값을 보정할 수 있다.

[0100] 신경망 네트워크(500)는 입력층(510), 은닉층(520), 출력층(530) 및 결정 수단(540)을 포함한다. 입력층(510)은 세 개의 신경들(511, 512, 513)을 통해, 현재 스펙트럼의 센싱 결과, 이전의 최적 문턱값, 및 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 각각을 은닉층(520)으로 전달한다. 여기서, 현재 스펙트럼의 센싱 결과는 스펙트럼 센싱에 의해 얻어진 출력값이고, 이전의 최적 문턱값은 이전의 채널 접근 결정에서 갱신된 스펙트럼 결과와의 비교에 사용된다.

[0101] 은닉층(520)은 트레이닝을 통해 특정 상황으로부터 결정되는 신경들(예컨대, 521)을 가지고, 입력층(510)로부터 전달된 정보들을 은닉한다.

[0102] 출력층(530)은 갱신된 스펙트럼 센싱 결과(531), 및 최적의 문턱값(532)에 대응하는 신경들을 가진다. 따라서, 출력층(530)은 은닉층(520)로부터 전달되는 정보를 분석하고, 상기 분석 결과를 토대로 갱신된 스펙트럼 센싱 결과(531), 및 최적의 문턱값(532)을 출력값으로서 각각 출력한다. 상기의 출력값들은 결정 수단(540)으로 전달된다. 이후, 최적 문턱값 및 우선 사용자의 트래픽에 대하여 다시 추정된 카오스 특성 및 다음번의 스펙트럼 센싱 결과는 아래의 채널 접근 결정 절차의 입력으로 전달된다.

[0103] 여기서, 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성은 프랙탈 차원(fractal dimension)으로 표현될 수 있는 특성이 될 수 있다. 프랙탈 차원은 어떤 공간에 나타난 프랙탈의 정도에 대한 확률량을 말한다. 우선 사용자의 트래픽은 자기 유사도를 나타내고, 이러한 자기 유사도는 프랙탈 특성으로 표현될 수 있다. 따라서, 프랙탈 차원을 사용하여 우선 사용자의 트래픽을 모니터링하는 것이 가능하다. 이러한 프랙탈 차원은 아래 수학적 식 5와 같이 레이 차원으로 표현될 수 있다.

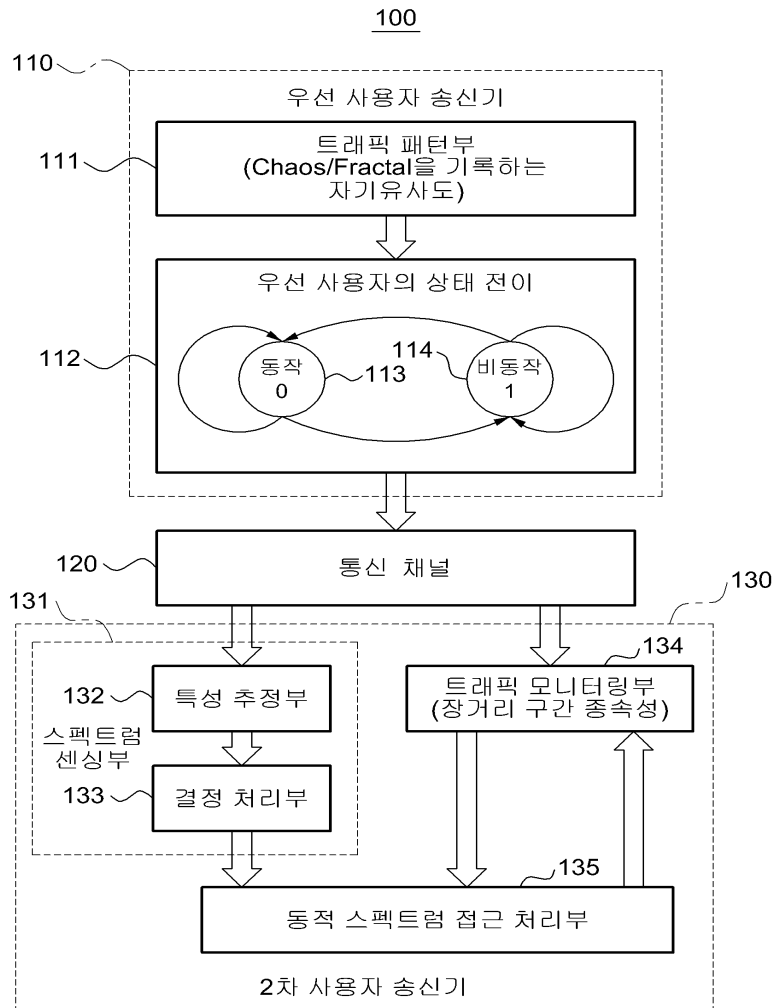
[0104] [수학적 식 5]

[0105] 
$$D_\alpha = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\frac{1}{1-\alpha} \log(\sum_i p_i^\alpha)}{\log \frac{1}{\epsilon}}$$

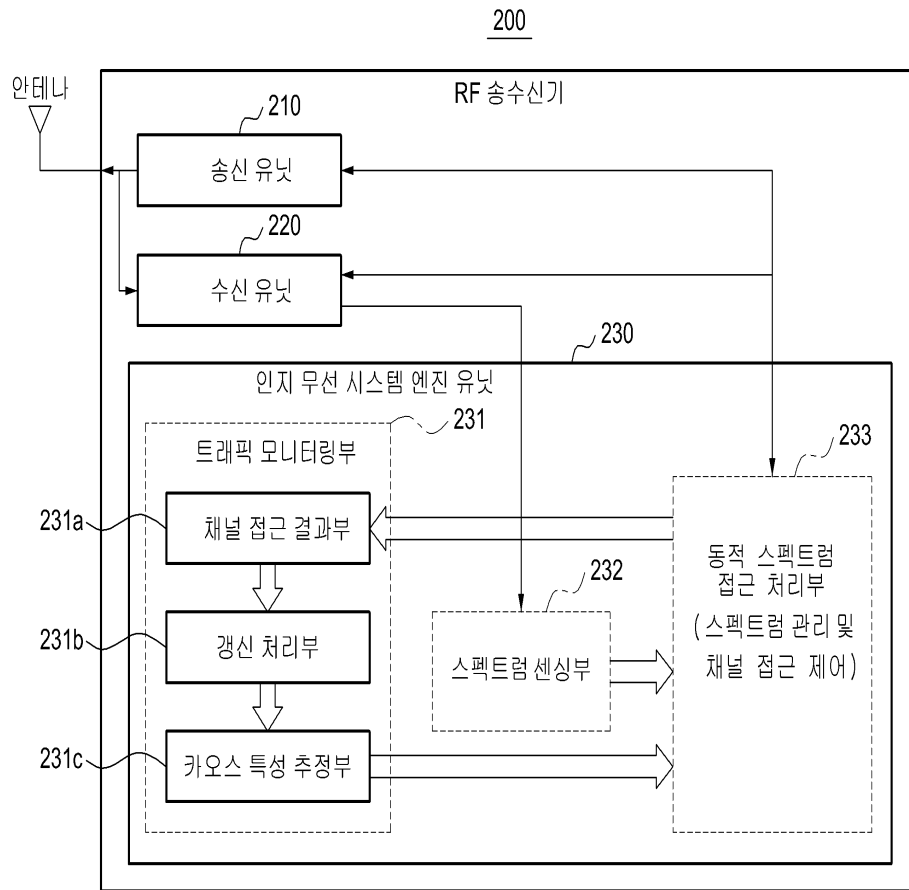
- [0106] 여기서,  $\mathcal{E}$  은 측정의 크기를 나타내고,  $P_i$  는 확률을 나타내고  $\sum_{i=1}^N p_i = 1$  이 되도록 정규화될 수 있다.
- [0107] 카오스 특성은 일반적으로 문턱값과 비교되기 전의 스펙트럼 센싱값으로부터의 카오스 특성이지만, 상기 스펙트럼 센싱이 에너지 검출기에 의한 동작인 경우, 관측 신호의 에너지에 대한 카오스 특성이 될 수 있다. 그리고, 신경망 네트워크(500)는 스펙트럼 센싱값의 데이터 열에 대한 프렉탈 차원에 의해 훈련될 수 있다.
- [0108] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 인지 무선 통신 유닛의 동작을 설명하기 위한 도면이다. 아래 실시예는 통신 채널의 관측 신호를 스펙트럼 센싱하기 위한 방법으로 에너지 검출 기법이 적용된 경우를 보여준다.
- [0109] 도 6을 참조하면, 601 단계에서, 인지 무선 통신 유닛은 통신 채널의 주파수 환경을 관측한다. 이때, 상기 인지 무선 통신 유닛은 상기 관측에 대응하는 관측 신호를 수신하여, 상기 관측 신호로부터 샘플링 데이터를 획득한다.
- [0110] 602 단계에서, 스펙트럼 센싱부는 상기 샘플링 데이터를 기초로, 상기 관측 신호의 신호 에너지를 추정한다.
- [0111] 603 단계에서, 스펙트럼 센싱부는 상기 추정된 신호 에너지를 기초로, 우선 사용자의 동작 상태를 결정한다.
- [0112] 604 단계에서, 동적 스펙트럼 접근 처리부는 스펙트럼 센싱의 결과 및 우선 사용자 트래픽으로 추정된 카오스 특성을 기초로, 통신 채널에 대한 2차 사용자의 접근을 허용한다.
- [0113] 605 단계는 604 단계에 의해 2차 사용자의 접근이 허용되었는 지를 판단하고, 상기 2차 사용자의 접근이 허용된 경우, 인지 무선 통신 시스템 엔진 유닛은 2차 사용자의 채널 접근이 허용되었음을 갱신(업데이트)하고, 송신 유닛으로 통지한다. 반면, 상기 2차 사용자의 접근이 허용되지 않은 경우, 인지 무선 통신 유닛은 다음 시간의 관측까지 대기한다.
- [0114] 이때, 상기 2차 사용자의 접근이 허용됨에 따라, 송신 유닛이 상기 통신 채널로 데이터를 전송한다. 만약, 상기 송신 유닛의 데이터 전송에 대응하여 수신되는 ACK 패킷으로부터 가장 최근의 채널 접근 결과가 획득되지 않는 환경이라면, 611 단계는 현재의 채널 접근 결정을 과거의 우선 사용자의 상태를 근사화하여 상기 2차 사용자의 채널 접근 결과를 결정할 수 있다.
- [0115] 612 단계는 상기 611 단계에 의해 결정된 우선 사용자의 상태를 갱신하여 저장한다. 613 단계는 우선 사용자의 트래픽 패턴을 추정하여, 상기 우선 사용자의 트래픽에 대한 카오스 특성을 추정한다. 그리고, 613 단계는 상기 추정 결과를 603 단계 및 604 단계로 전달한다.
- [0116] 이후, 603 단계 내지 605 단계가 다시 수행되고, 610 단계는 최적 문턱치를 만족할 때까지 반복될 수 있다. 이러한 반복 과정은 도 5에 도시된 반복 알고리즘에 해당된다.
- [0117] 또한, 상기 반복 알고리즘은 SNR 값에 적합하도록 수행될 수 있다. 즉, 우선 사용자의 통신 채널이 좋지 않으면, 상기 반복 알고리즘은 더 많이 반복하고, 반대의 경우, 상대적으로 적게 반복할 수 있다.
- [0118] 또한, 602 단계 및 603 단계는 스펙트럼 센싱을 위해 상호작용하거나 결합될 수 있다. 이에 따른 장거리 구간의 종속성은 603 단계에서 스펙트럼 센싱의 결정에 영향을 미칠 수 있다.
- [0119] 본 발명의 실시 예에 따른 방법들은 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.
- [0120] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0121] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

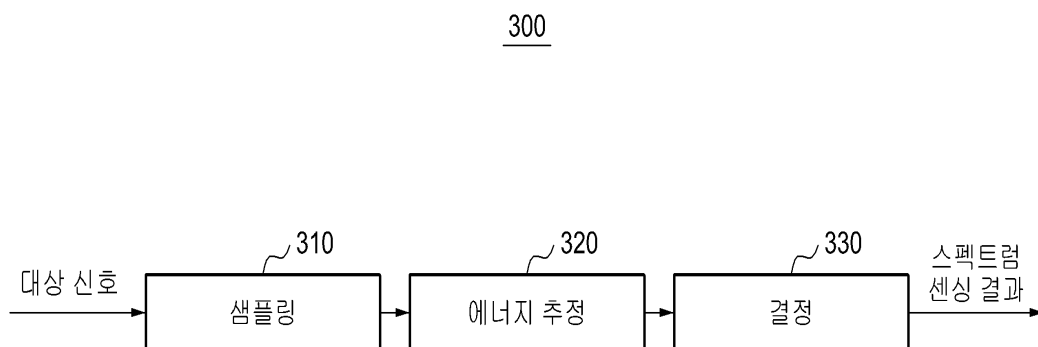
도면1



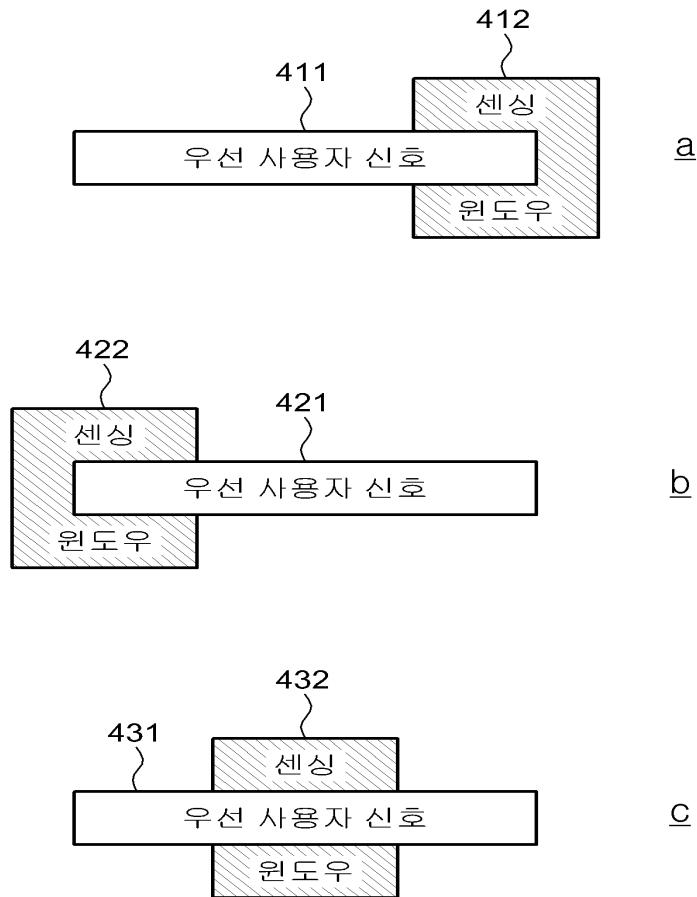
도면2



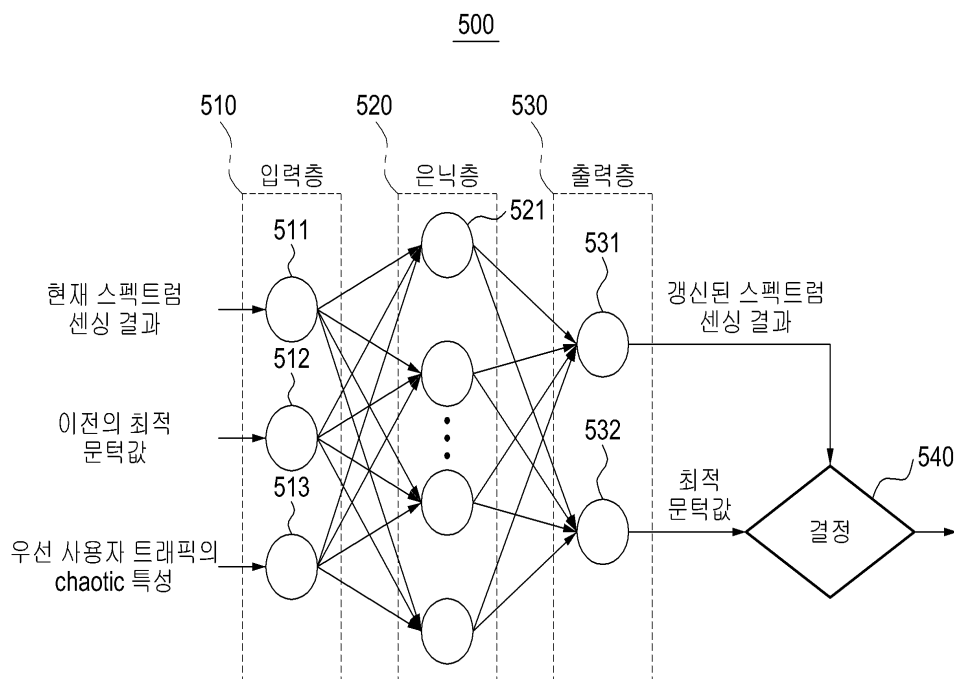
도면3



도면4



도면5



도면6

