

|                                                                                   |                                    |                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------|
|  | (19) 대한민국특허청(KR)<br>(12) 공개특허공보(A) | (11) 공개번호 10-2013-0029179<br>(43) 공개일자 2013년03월22일 |
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br>H04W 16/14 (2009.01) H04B 7/26 (2006.01)                 |                                    | (71) 출원인<br>세종대학교산학협력단                             |
| (21) 출원번호                                                                         | 10-2011-0092411                    | 서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)                     |
| (22) 출원일자                                                                         | 2011년09월14일                        |                                                    |
| 심사청구일자                                                                            | 2011년09월14일                        | (72) 발명자<br>김형석                                    |
|                                                                                   |                                    | 서울특별시 서초구 강남대로34길 18, 미라보빌라 502호 (양재동)             |
|                                                                                   |                                    | (74) 대리인<br>특허법인엠에이피에스                             |

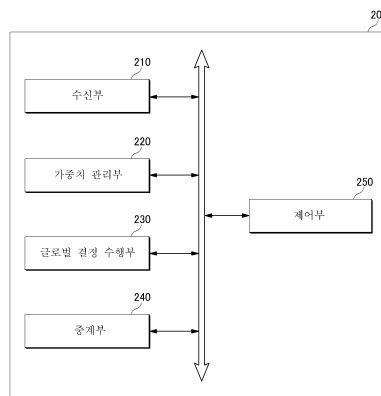
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **협력적 스펙트럼 감지 방법 및 장치**

### (57) 요약

스펙트럼 감지 장치를 이용한 인지 무선통신 네트워크에서 협력적 스펙트럼 감지 방법은, 복수의 후순위 사용자로부터 선순위 사용자의 스펙트럼 점유 여부에 대한 로컬 결정, 상기 로컬 결정의 에러 확률 및 상기 복수의 후순위 사용자 각각에 의해 예측된 에너지 시그널 중 하나 이상을 수신하는 단계, 상기 복수의 후순위 사용자의 로컬 결정 각각에 가중치를 부여하는 단계, 상기 복수의 후순위 사용자의 로컬 결정 각각에 부여된 가중치 및 상기 복수의 후순위 사용자 각각에 의해 예측된 에너지 시그널에 기초하여, 선순위 사용자의 스펙트럼 점유 여부에 대한 글로벌 결정을 내리는 단계 및 상기 글로벌 결정을 상기 복수의 후순위 사용자에게 중계하는 단계를 포함한다.

**대표도** - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 C6150-1101-0013

부처명 지식경제부

연구사업명 IT융합 고급인력과정 지원사업

연구과제명 스마트 건축물 관리 시스템 개발

주관기관 세종대학교산학협력단

연구기간 2010.06.01 ~ 2013.12.31

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

스펙트럼 감지 장치를 이용한 인지 무선통신 네트워크에서 협력적 스펙트럼 감지 방법에 있어서,

- (a) 복수의 후순위 사용자로부터 선순위 사용자의 스펙트럼 점유 여부에 대한 로컬 결정, 상기 로컬 결정의 에러 확률 및 상기 복수의 후순위 사용자 각각에 의해 예측된 에너지 시그널 중 하나 이상을 수신하는 단계;
- (b) 상기 복수의 후순위 사용자의 로컬 결정 각각에 가중치를 부여하는 단계;
- (c) 상기 복수의 후순위 사용자의 로컬 결정 각각에 부여된 가중치 및 상기 복수의 후순위 사용자 각각에 의해 예측된 에너지 시그널에 기초하여, 선순위 사용자의 스펙트럼 점유 여부에 대한 글로벌 결정을 내리는 단계; 및
- (d) 상기 글로벌 결정을 상기 복수의 후순위 사용자에게 중계하는 단계를 포함하는

협력적 스펙트럼 감지 방법.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 (c) 단계는,

- (c-1) 상기 복수의 후순위 사용자의 로컬 결정 각각에 부여된 가중치 및 상기 복수의 후순위 사용자 각각에 의해 예측된 에너지 시그널에 기초하여, 통합 에너지 시그널을 산출하는 단계; 및
- (c-2) 상기 통합 에너지 시그널이 기 설정된 임계치 이상인 경우, 선순위 사용자가 스펙트럼을 사용하는 것으로 판정하고, 상기 통합 에너지 시그널이 기 설정된 임계치 미만인 경우, 상기 선순위 사용자가 스펙트럼을 사용하지 않는 것으로 판정하는 단계를 포함하는

협력적 스펙트럼 감지 방법.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 에너지 시그널은,

선순위 사용자에 의해 송신되는 신호 및 백색 가우스 잡음 중 하나 이상을 포함하는 무선 신호에 기초하여 예측되는 것인

협력적 스펙트럼 감지 방법.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 에러 확률은,

오경보 확률(probability of false alarm) 및 검출 확률(probability of detection)에 기초하여 산출되는 것인

협력적 스펙트럼 감지 방법.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 가중치는,

후순위 사용자의 로컬 결정, 상기 로컬 결정의 에러 확률 및 글로벌 결정에 기초하여 산출되는 것인

협력적 스펙트럼 감지 방법.

## 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 가중치는,

상기 후순위 사용자의 로컬 결정이 상기 글로벌 결정과 일치하지 않는 경우, 페널티 값에 기초하여 차감되는 것인

협력적 스펙트럼 감지 방법.

## 청구항 7

인지 무선통신 네트워크에서의 협력적 스펙트럼 감지 장치에 있어서,

복수의 후순위 사용자로부터 선순위 사용자의 스펙트럼 점유 여부에 대한 로컬 결정, 상기 로컬 결정의 에러 확률 및 상기 복수의 후순위 사용자 각각에 의해 예측된 에너지 시그널 중 하나 이상을 수신하는 수신부;

상기 복수의 후순위 사용자의 로컬 결정 각각에 가중치를 부여하는 가중치 관리부; 및

상기 복수의 후순위 사용자의 로컬 결정 각각에 부여된 가중치 및 상기 복수의 후순위 사용자 각각에 의해 예측된 에너지 시그널에 기초하여, 선순위 사용자의 스펙트럼 점유 여부에 대한 글로벌 결정을 내리는 글로벌 결정 수행부를 포함하는

협력적 스펙트럼 감지 장치.

## 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 글로벌 결정을 상기 복수의 후순위 사용자에게 중계하는 중계부를 더 포함하는

협력적 스펙트럼 감지 장치.

## 청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 가중치 관리부는,

후순위 사용자의 로컬 결정, 상기 로컬 결정의 에러 확률 및 글로벌 결정에 기초하여 가중치를 산출하는 것인

협력적 스펙트럼 감지 장치.

## 청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 가중치 관리부는,

후순위 사용자의 로컬 결정이 상기 글로벌 결정과 일치하지 않는 경우, 페널티 값에 기초하여 후순위 사용자의 로컬 결정 각각에 부여되는 가중치를 차감하는 것인

협력적 스펙트럼 감지 장치.

## 청구항 11

제7 항에 있어서,

상기 글로벌 결정 수행부는,

상기 복수의 후순위 사용자의 로컬 결정 각각에 부여된 가중치 및 상기 복수의 후순위 사용자 각각에 의해 예측된 에너지 시그널에 기초하여, 통합 에너지 시그널을 산출하고, 상기 통합 에너지 시그널이 기 설정된 임계치 이상인 경우, 선순위 사용자가 스펙트럼을 사용하는 것으로 판정하며, 상기 통합 에너지 시그널이 기 설정된 임계치 미만인 경우, 상기 선순위 사용자가 스펙트럼을 사용하지 않는 것으로 판정하는 것인

협력적 스펙트럼 감지 장치.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 스펙트럼 감지 방법 및 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 인지 무선통신 네트워크에서의 협력적 스펙트럼 감지 방법 및 장치에 관한 것이다.

### 배경기술

- [0002] 최근 들어, 무선 네트워크의 사용자의 증가에 따라 무선 주파수 스펙트럼(radio spectrum)에 대한 수요 또한 폭발적으로 증가하고 있다. 무선 디바이스와 이를 이용한 응용 프로그램의 증가는 점차적으로 늘 것으로 예상되며, 이로 인해 무선 주파수 스펙트럼에 대한 수요 또한 늘어날 것으로 예상된다.
- [0003] 점차 증가하는 무선 통신에 대한 사용자의 요구를 만족시키기 위해서는 충분한 주파수 대역의 확보가 필수적이다. 하지만 통신에 활용 가능한 무선 주파수 대역은 한정적일 뿐만 아니라, 대부분이 기존의 무선 통신 서비스(선순위 사용자, primary user)에 이미 할당되어 있기 때문에 새로운 통신 서비스를 위한 주파수 대역의 확보가 매우 힘든 실정이다. 주파수 부족에 따른 문제를 해결하기 위해, 패킷 스케줄링, 전송 전력 조절, 다중 홉 전송 등과 같이 한정된 주파수 자원을 보다 효율적으로 사용하는 자원 관리 연구가 활발히 이루어지고 있으나, 이들은 물리적인 주파수 부족 문제를 해결할 수 없다는 한계를 지닌다.
- [0004] 종래에는 고정 스펙트럼 할당 정책을 사용하여 무선 주파수 대역을 할당하였으며, 이에 따라 할당된 대역을 사용할 수 있도록 허가된 사용자만이 해당 대역을 사용할 수 있으며, 허가된 사용자가 해당 대역을 사용하지 않는 경우에도 타 사용자의 사용이 불가능하다는 문제점이 있었다.
- [0005] 따라서, 특정 대역에 대한 허가된 사용자가 해당 대역을 사용하지 않을 때에는 타 사용자의 사용을 허락하여, 무선 네트워크 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 방법에 대한 필요성이 제기되었다.
- [0006] CR(cognitive radio)는 전파 환경을 측정하여 측정된 전파 환경에 적합하게 무선 기기의 운용 파라미터를 설정하여 동작하는 무선 기술을 말하며, 사용하지 않는 주파수 대역을 찾아서 1차 사용자가 사용하지 않는 시간에 2차 사용자에게 해당 주파수 대역에 대한 사용권을 부여하는 기술을 포함한다.
- [0007] 이와 관련하여, 한국공개특허 1(출원번호: 2009-0117049)은 부사용자로부터 스펙트럼 센싱 결과를 수신하고, 수신된 센싱 결과를 결합하며, 결합된 결과 값과 임계값을 비교하여 최종 판정을 내리는 스펙트럼 센싱 방법을 개시하고 있다.
- [0008] 또한, 한국공개특허2(출원번호: 2008-0068667)는 복수 개의 노드들이 동시에 채널 센싱을 수행하고 그 센싱 결과를 결합하는 에너지 검출 기반의 협력 채널 센싱 방법을 개시하고 있다. 하지만, 노드들의 신뢰도에 기초한 페널티 값을 각 노드에게 부여하고, 부여된 페널티 값을 채널의 점유 여부 판단에 이용하는 과정이 개시되어 있지는 않다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 방법 및 장치는 인지 무선 통신 네트워크에서의 비효율적인 스펙트럼 사용 문제를 해결하기 위하여, 복수의 후순위 사용자로부터 수신한 스펙트럼의 점유 여부에 대한 판단, 각 후순위 사용자의 판단에 대한 가중치 및 각 후순위 사용자에 의해 예측된 에너지 시그널을 종합적으로 고려하여, 스펙트럼의 점유 여부에 대한 글로벌한 판단을 수행할 수 있는 스펙트럼 감지 방법 및 장치를 제공하는 데에 목적이 있다.

#### 과제의 해결 수단

[0010] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 제 1 측면에 따른 협력적 스펙트럼 감지 방법은, 복수의 후순위 사용자로부터 선순위 사용자의 스펙트럼 점유 여부에 대한 로컬 결정, 상기 로컬 결정의

에러 확률 및 상기 복수의 후순위 사용자 각각에 의해 예측된 에너지 시그널 중 하나 이상을 수신하는 단계, 상기 복수의 후순위 사용자의 로컬 결정 각각에 가중치를 부여하는 단계, 상기 복수의 후순위 사용자의 로컬 결정 각각에 부여된 가중치 및 상기 복수의 후순위 사용자 각각에 의해 예측된 에너지 시그널에 기초하여, 선순위 사용자의 스펙트럼 점유 여부에 대한 글로벌 결정을 내리는 단계 및 상기 글로벌 결정을 상기 복수의 후순위 사용자에게 중계하는 단계를 포함한다.

[0011] 또한, 본 발명의 제 2 측면에 따른 협력적 스펙트럼 감지 장치는, 복수의 후순위 사용자로부터 선순위 사용자의 스펙트럼 점유 여부에 대한 로컬 결정, 상기 로컬 결정의 에러 확률 및 상기 복수의 후순위 사용자 각각에 의해 예측된 에너지 시그널 중 하나 이상을 수신하는 수신부, 상기 복수의 후순위 사용자의 로컬 결정 각각에 가중치를 부여하는 가중치 관리부 및 상기 복수의 후순위 사용자의 로컬 결정 각각에 부여된 가중치 및 상기 복수의 후순위 사용자 각각에 의해 예측된 에너지 시그널에 기초하여, 선순위 사용자의 스펙트럼 점유 여부에 대한 글로벌 결정을 내리는 글로벌 결정 수행부를 포함한다.

### 발명의 효과

[0012] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 복수의 후순위 사용자로부터 수신한 스펙트럼의 점유 여부에 대한 판단, 각 후순위 사용자의 판단에 대한 가중치 및 각 후순위 사용자에 의해 예측된 에너지 시그널을 종합적으로 고려하여, 스펙트럼의 점유 여부에 대한 글로벌한 판단을 수행할 수 있는 스펙트럼 감지 방법 및 장치를 제공할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 장치를 포함하는 인지 무선 통신 네트워크를 도시한 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 장치의 구성을 도시한 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 방법에 있어서, 오정보 확률과 검출 확률을 계산하는 알고리즘을 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 방법에 있어서, 페널티 값에 기초하여 가중치의 조정, 관리하는 알고리즘을 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 방법에 있어서, 복수의 후순위 사용자로부터 수신한 에너지 시그널을 이용하여, 글로벌 결정을 수행하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 방법에 있어서, 에너지 시그널 및 가중치를 이용하여, 글로벌 결정을 수행하는 과정을 설명하기 위한 순서도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0015] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0016] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 장치를 포함하는 인지 무선 통신 네트워크를 도시한 구성도이다.

[0017] 본 발명의 일실시예에 따른 스펙트럼 감지 장치(200)는, 통신 가능 환경 내에 위치한 선순위 사용자(100) 및 복수의 후순위 사용자(110)와 연결되며, 인지 무선 통신(Cognitive Radio: CR) 네트워크의 사용 가능한 주파수 대역을 파악하기 위해 복수의 후순위 사용자(110)와 협력적으로 스펙트럼 감지(sensing) 작업을 수행할 수 있다.

- [0018] 여기서, 선순위 사용자(100) 또는 후순위 사용자(110)는 인지 무선 통신 네트워크를 통해 통신을 수행할 수 있는 컴퓨터, 서버, 휴대용 단말기 또는 센서 노드(Sensor node) 등으로 구현될 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일실시예에 따른 스펙트럼 감지 장치(200)는 무선 통신에 대한 수요 증가에 비해 공급할 수 있는 무선 주파수 대역이 부족하다는 점에서 가용 무선 네트워크 자원을 효율적으로 활용하기 위해 발명되었다. 도 1을 참조하면, 무선 네트워크 자원은 선순위 사용자(100) 예를 들어, 무선 통신 서비스 사업자에 의해 이미 상당 부분 할당 되어 있으며, 따라서 새로운 통신 서비스를 위한 주파수 대역의 확보가 매우 힘든 상황이다.
- [0020] 하지만, 선순위 사용자(100)에게 할당된 주파수 대역 중 많은 부분은 그 사용률이 매우 낮으며, 따라서, 주파수 대역을 허가된 선순위 사용자(100)가 독점적으로 사용하는 것은 무선 네트워크 자원을 낭비하는 결과를 초래한다.
- [0021] 이와 같은 무선 네트워크 자원의 낭비를 막고, 보다 효율적인 자원 활용을 위해, 선순위 사용자(100)가 해당 주파수 대역을 활용하지 않을 경우에 상기 주파수 대역을 능동적으로 찾아 사용함으로써 선순위 사용자(100)의 우선권을 보장하면서 동시에 주파수 대역의 효율을 높일 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일실시예에 따른 스펙트럼 감지 장치(200)는 상기와 같은 필요성 따라 지속적으로 변화하는 주파수 대역의 상태를 인지하고 비어있는 주파수 대역을 이용할 수 있도록 복수의 후순위 사용자(110)와 협력하여, 인지 무선 통신 네트워크의 스펙트럼을 감지할 수 있다.
- [0023] 이를 위해, 본 발명의 일실시예에 따른 스펙트럼 감지 장치(200)는, 복수의 후순위 사용자들에게 각 후순위 사용자(110) 별 신뢰도에 기초한 가중치를 부여하고, 복수의 후순위 사용자(110)들의 지역적인 판단, 각 후순위 사용자(110)에게 부여된 가중치 및 각 후순위 사용자(110)로부터 수신한 에너지 시그널에 기초하여, 선순위 사용자의 스펙트럼 점유 여부에 대한 글로벌(global)한 결정을 내릴 수 있다.
- [0024] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 장치의 구성을 도시한 블록도이다.
- [0025] 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 장치(200)는 수신부(210), 가중치 관리부(220), 글로벌 결정 수행부(230), 중계부(240) 및 제어부(250)를 포함할 수 있다.
- [0026] 수신부(210)는 복수의 후순위 사용자(110)로부터 선순위 사용자(100)의 스펙트럼 점유 여부에 대한 로컬 결정, 로컬 결정의 에러 확률 및 복수의 후순위 사용자(110) 각각에 의해 예측된 에너지 시그널 중 하나 이상을 수신할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일실시예에 따르면, 후순위 사용자(110)의 로컬 결정은, 예를 들어 에너지 검출 알고리즘에 의해 수행될 수 있다.
- [0028] 에너지 검출은 특정 주파수 대역에서 수신된 무선 신호의 에너지 레벨을 측정하여 선순위 사용자(100)의 존재 유무를 판단하는 방법이다. 수신된 무선 신호에는 선순위 사용자(100)의 신호뿐만 아니라 잡음도 함께 섞여있으므로, 잡음의 영향을 고려하기 위해 일반적으로 평균이 0인 백색 가우스 잡음(white Gaussian noise)이 함께 수신된다고 가정할 수 있다. 인지 무선 통신 네트워크에서는 수신된 무선 신호의 에너지가 기 설정된 임계값을 넘지 못하면 해당 주파수 대역이 비어있다고 판단하며, 반대로 수신된 무선 신호의 에너지 레벨이 임계값을 넘으면 선순위 사용자(100)가 존재한다고 판단할 수 있다.
- [0029] 후순위 사용자에 의한 로컬 스펙트럼 감지(local spectrum sensing)는 아래 [수학식 1]의 무선 신호의 측정을 통해 수행될 수 있다.

### 수학식 1

$$r[k] = \begin{cases} n[k], & \text{if } H_0 \\ s[k] + n[k], & \text{if } H_1 \end{cases}$$

[0030]

- [0031] 여기서,  $r[k]$ 는  $k$ 번째 감지 구간에서 후순위 사용자(110)가 수신한 무선 신호를 의미하며,  $s[k]$ 는 선순위 사용자(100)의 무선 신호,  $n[k]$ 는 백색 가우스 잡음을 의미한다. 한편, 채널 이득(channel gain)은 감지 구간 동안 상수로 일정할 것으로 예측되므로, 무시할 수 있을 것이다.

[0032] 복수의 후순위 사용자(110)는 각각  $r[k]$ 를 수신하고, 아래 [수학식 2]에서와 같이 에너지 시그널( $E[k]$ )를 계산할 수 있다.

[0033] 여기서, 에너지 시그널은 후순위 사용자(110)가 수신한 무선 신호에 기초하여 산출되며, 상기 무선 신호는 선순위 사용자(100)의 신호(signal) 및 백색 가우스 잡음(white Gaussian noise) 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 백색 가우스 잡음은 일반적으로 발생하는 잡음으로써, 잡음이 신호 위에 곱하기 연산 과정 없이 단지 더해지는 형태를 취한다. 또한, 백색 가우스 잡음은 모든 주파수를 거의 다 포함하기 때문에 백색이라는 표현을 사용한다.

### 수학식 2

$$E[k] = \sum_{i=1}^M |r[k]|^2$$

[0034]

[0035] 여기서,  $r[k]$ 는  $k$ 번째 감지 구간에서  $j$ 번째 후순위 사용자(110)가 수신한 무선 신호를 의미하고,  $M$ 은 감지 대상이 되는 샘플의 총 수를 의미한다. 예를 들어, 검출 시간을  $T$ 라고 하고, 무선 신호의 대역폭을  $W$ 라고 한다면,  $2TW$ 가 감지 대상이 되는 샘플의 총 수가 될 수 있다.

[0036] 후순위 사용자(110)는 에너지 시그널( $E[k]$ )에 기초하여, 선순위 사용자(100)의 스펙트럼의 점유 여부에 대한 판단을 수행할 수 있다. 예를 들어, 에너지 시그널( $E[k]$ )이 기 설정된 임계치 이상이면, 스펙트럼이 선순위 사용자(100)에 의해 점유되고 있다고 판단하고( $H_1$ ), 기 설정된 임계치 미만이면, 스펙트럼이 사용되고 있지 않다고 판단할 수 있다( $H_0$ ).

[0037] 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 방법에 있어서, 로컬 결정의 에러 확률( $P_e^j$ )은 아래 [수학식 3]과 같이 계산될 수 있다.

### 수학식 3

$$P_e^j = P(H_0)P_f^j + P(H_1)(1 - P_d^j)$$

[0038]

[0039] 상기 [수학식 3]에서,  $P_f^j$ 과  $P_d^j$ 는 각각 오경보 확률(probability of false alarm)과 검출 확률(probability of detection alarm)을 의미한다. 오경보 확률은 스펙트럼이 비어 있는 상태임에도 불구하고, 선순위 사용자(100)에 의해 점유되어 있다고 판단할 확률을 의미하며, 검출 확률(probability of detection)은 스펙트럼이 선순위 사용자(100)에 의해 점유되고 있음을 정확히 판단할 확률을 의미한다. 또한,  $P(H_0)$ 와  $P(H_1)$ 은 각각 채널이 사용되지 않는 확률(probability of channel being idle)과 채널이 점유되어 있는 확률(probability of channel being occupied)를 의미한다. 만약, 채널이 점유되는 기간(duration)을  $d_{occu}$ 로 나타내고, 채널이 미 사용되는 기간(duration)을  $d_{idle}$ 로 나타내면,  $P(H_0)$ 와  $P(H_1)$ 은 각각 아래 [수학식 4]와 같이 나타낼 수 있다.

### 수학식 4

$$P(H_0) = \frac{d_{idle}}{d_{occu} + d_{idle}}, \quad P(H_1) = \frac{d_{occu}}{d_{occu} + d_{idle}}$$

[0040]

[0041] 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 방법에 있어서, 스펙트럼 감지 장치에 의해 수행되는 글로벌 결정(global decision,  $d_0[k]$ )은 후순위 사용자가 각각 수행하는 로컬 결정( $d_j[k]$ )보다 신뢰성이 높다.



따라서, 글로벌 결정은 오경보 확률 및 검출 확률을 예측할 때 사용될 수 있다. 즉, 아래 [수학식 5]에서와 같이, 후순위 사용자의 로컬 결정이 글로벌 결정과 동일하다면, 후순위 사용자의 로컬 결정이 올바른 결정이라고 추정되고, 반대의 경우 잘못된 결정이라고 추정될 수 있다.

### 수학식 5

$$P_d^j = P(d_0[k]=1)P(d_j[k]=1 | d_0[k]=1)$$

$$P_f^j = P(d_0[k]=0)P(d_j[k]=1 | d_0[k]=0)$$

[0042]

[0043] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 방법에 있어서, 오경보 확률과 검출 확률을 계산하는 알고리즘을 도시한 도면이다.

[0044] 도 3에 도시된 알고리즘에서,  $d_j[k]$ 는 j번째 후순위 사용자가 k번째 감지 구간에서 수행한 로컬 결정을 의미한다.

[0045] 가중치 관리부(220)는 후순위 사용자의 로컬 결정, 로컬 결정의 에리 확률 및 글로벌 결정에 기초하여 가중치를 산출할 수 있다.

[0046] 또한, 가중치 관리부(220)는 후순위 사용자의 로컬 결정이 글로벌 결정과 일치하지 않는 경우, 페널티 값에 기초하여 후순위 사용자의 로컬 결정에 부여되는 가중치를 차감하여 관리할 수 있다.

[0047] 가중치는, 후순위 사용자(110)의 로컬 결정의 정오에 따라 유동적으로 관리될 수 있으며 예를 들어, 후순위 사용자(110)의 로컬 결정이 스펙트럼 감지 장치(200)의 글로벌 결정과 일치하지 않는다면, 후순위 사용자(110)에게 부여되는 가중치를 페널티 값에 기초하여, 차감할 수 있다. 페널티 값은 예를 들어,  $1/N$ 이 될 수 있고, 여기서 N은 협력적 스펙트럼 감지에 참여하는 후순위 사용자의 총 수를 의미한다.

[0048] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 가중치는 페널티 값에 기초한 알고리즘에 의해 조정, 관리될 수 있다.

[0049] 글로벌 결정 수행부(230)는 복수의 후순위 사용자의 로컬 결정 각각에 부여된 가중치 및 복수의 후순위 사용자 각각에 의해 예측된 에너지 시그널에 기초하여, 선순위 사용자의 스펙트럼 점유 여부에 대한 글로벌 결정을 내릴 수 있다.

[0050] 여기서, 통합 에너지 시그널( $Y[k]$ )은 아래 [수학식 6]과 같이 계산될 수 있다.

### 수학식 6

$$Y[k] = \sum_{j=1}^N W_j[k] \times E_j[k]$$

[0051]

[0052] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 방법에 있어서, 복수의 후순위 사용자로부터 수신한 에너지 시그널을 이용하여, 글로벌 결정을 수행하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0053] 도 5를 참고하여 보다 상세히 살펴보면, 글로벌 결정 수행부(230)는 복수의 후순위 사용자(110)의 로컬 결정 각각에 부여된 가중치 및 복수의 후순위 사용자(110) 각각에 의해 예측된 에너지 시그널에 기초하여, 통합 에너지 시그널을 산출할 수 있다. 통합 에너지 시그널은 예를 들어, 후순위 사용자(110) 각각에 의해 산출된 에너지 시그널에 각 후순위 사용자(110)별로 부여된 가중치를 곱한 값을 복수의 후순위 사용자(110) 별로 모두 합산하여, 계산될 수 있다.

[0054] 글로벌 결정 수행부(230)는 통합 에너지 시그널이 기 설정된 임계치 이상인 경우, 선순위 사용자(100)가 스펙트럼을 사용하는 것으로 판정하며, 통합 에너지 시그널이 기 설정된 임계치 미만인 경우, 선순위 사용자(100)가

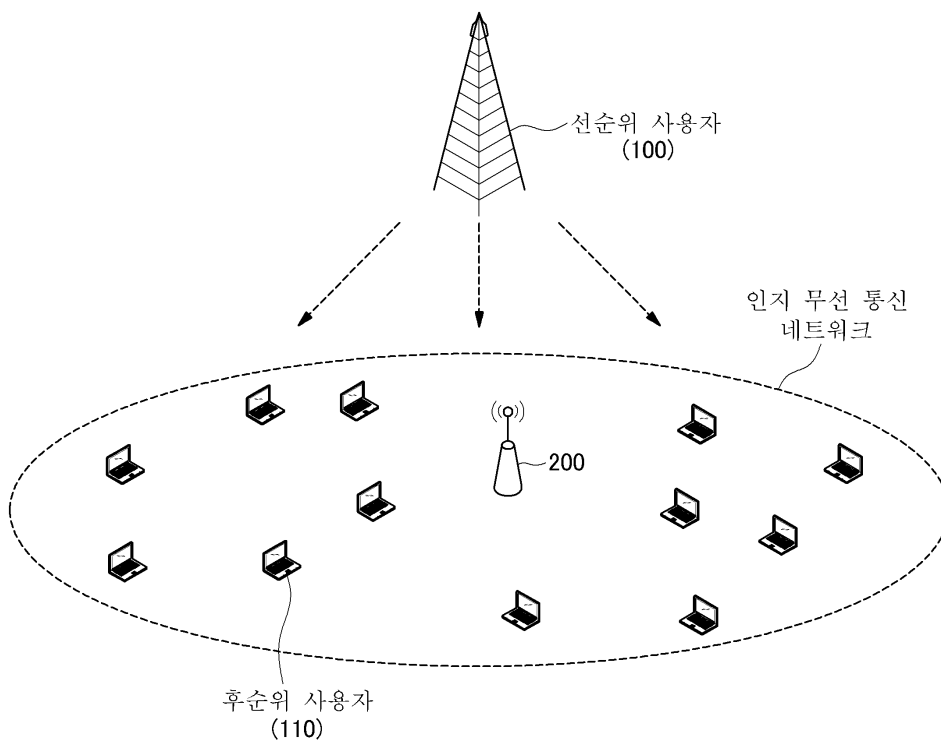
스펙트럼을 사용하지 않는 것으로 판정할 수 있다.

- [0055] 중계부(240)는 글로벌 결정을 복수의 후순위 사용자(110)에게 중계할 수 있다.
- [0056] 또한, 중계부(240)는 필요에 따라, 글로벌 결정을 선순위 사용자(100) 및 인지 무선 통신 네트워크 외부에 위치하는 제어 서버(미도시) 등에게 전송할 수 있다.
- [0057] 제어부(250)는 스펙트럼 감지 장치가 인지 무선 통신 네트워크에서 후순위 사용자와 협력하여 스펙트럼을 감지할 수 있도록, 수신부(210), 가중치 관리부(220), 글로벌 결정 수행부(230) 및 중계부(240)를 제어한다.
- [0058] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0059] 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 방법은 스펙트럼 감지 장치(200)를 중심으로, 스펙트럼 감지 장치(200)와 통신 가능한 환경 내에 위치한 선순위 사용자(100) 및 복수의 후순위 사용자(110)가 서로 연결되어 구현될 수 있다.
- [0060] 먼저, 스펙트럼 감지 장치(200)는 복수의 후순위 사용자(110)로부터 선순위 사용자(100)의 스펙트럼 점유 여부에 대한 로컬 결정, 로컬 결정의 에러 확률 및 복수의 후순위 사용자(110) 각각에 의해 예측된 에너지 시그널 중 하나 이상을 수신할 수 있다(S2100).
- [0061] 본 발명의 일실시예에 따르면, 스펙트럼 감지 장치(200)가 후순위 사용자(110)로부터 수신한 복수의 데이터에 기초하여, 선순위 사용자(100)의 스펙트럼 사용 여부에 대한 판단을 수행하기 때문에, 후순위 사용자(110)가 각각 지역적(local) 판단을 수행하는 것보다 신뢰도가 높은 결정을 수행할 수 있다. 또한, 로컬 결정의 에러 확률을 이용하여, 각 후순위 사용자(110)의 로컬 결정의 신뢰도를 조정할 수 있다. 즉, 각 후순위 사용자(110)의 로컬 결정에 대하여 가중치를 부여하여 관리함으로써, 보다 신뢰도가 높은 결정을 수행할 수 있게 된다.
- [0062] 다음으로, 스펙트럼 감지 장치(200)는 복수의 후순위 사용자(110)의 로컬 결정 각각에 가중치를 부여할 수 있다(S2200).
- [0063] 가중치는, 후순위 사용자(110)의 로컬 결정이 글로벌 결정과 일치하는 지 여부에 따라, 조정될 수 있으며, 이를 통해 환경적인 요인 또는 각 후순위 사용자의 개별적인 오류 등으로 인해 발생할 수 있는 오 판단의 가능성을 줄일 수 있다.
- [0064] 다음으로, 스펙트럼 감지 장치(200)는 복수의 후순위 사용자(110)의 로컬 결정 각각에 부여된 가중치 및 복수의 후순위 사용자(110) 각각에 의해 예측된 에너지 시그널에 기초하여, 선순위 사용자의 스펙트럼 점유 여부에 대한 글로벌 결정을 내릴 수 있다(S2300).
- [0065] 다음으로, 스펙트럼 감지 장치(200)는 글로벌 결정을 복수의 후순위 사용자(110)에게 중계할 수 있다(S2400).
- [0066] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 협력적 스펙트럼 감지 방법에 있어서, 에너지 시그널 및 가중치를 이용하여, 글로벌 결정을 수행하는 과정을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0067] 먼저, 스펙트럼 감지 장치(200)는 복수의 후순위 사용자에게 부여된 가중치 및 예측된 에너지 시그널에 기초하여, 통합 에너지 시그널을 산출할 수 있다(S2310).
- [0068] 다음으로, 스펙트럼 감지 장치(200)는 통합 에너지 시그널이 기 설정된 임계치 이상인 경우, 선순위 사용자가 스펙트럼을 사용하는 것으로 판정하고, 상기 통합 에너지 시그널이 기 설정된 임계치 미만인 경우, 선순위 사용자가 스펙트럼을 사용하지 않는 것으로 판정할 수 있다(S2320).
- [0069] 참고로, 본 발명의 실시예에 따른 도 2에 도시된 구성 요소들은 소프트웨어 또는 FPGA(Field Programmable Gate Array) 또는 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)와 같은 하드웨어 구성 요소를 의미하며, 소정의 역할들을 수행한다.
- [0070] 그렇지만 '구성 요소들'은 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니며, 각 구성 요소는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다.
- [0071] 따라서, 일 예로서 구성 요소는 소프트웨어 구성 요소들, 객체지향 소프트웨어 구성 요소들, 클래스 구성 요소들 및 태스크 구성 요소들과 같은 구성 요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로 코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다.

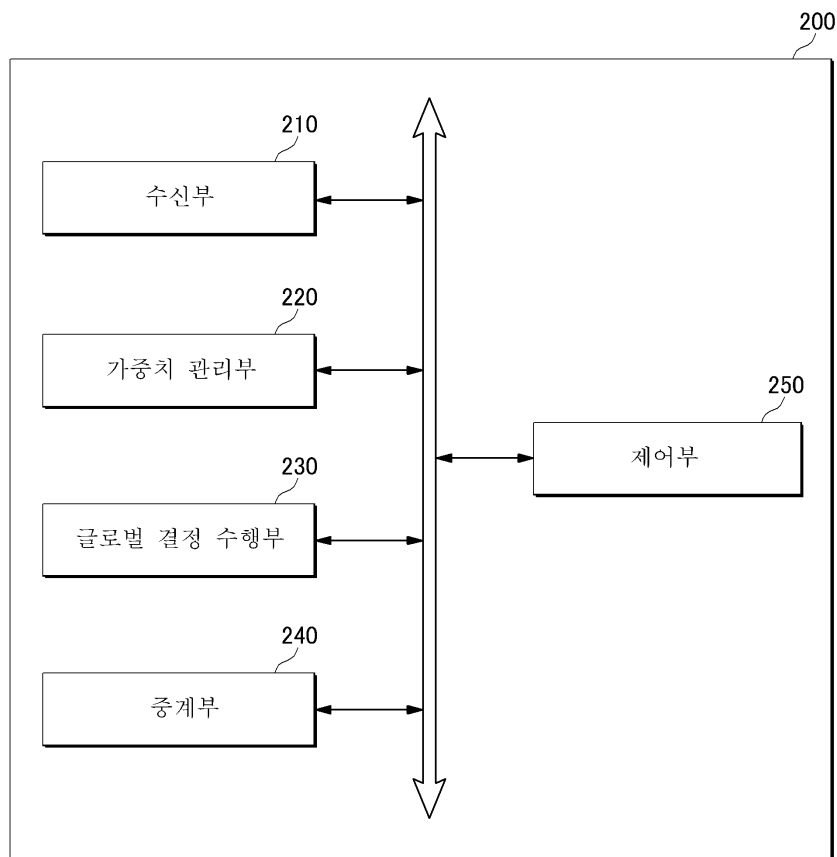
- [0072] 구성 요소들과 해당 구성 요소들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성 요소들로 결합되거나 추가적인 구성 요소들로 더 분리될 수 있다.
- [0073] 본 발명의 일실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 통신 매체는 전형적으로 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈, 또는 반송파와 같은 변조된 데이터 신호의 기타 데이터, 또는 기타 전송 매커니즘을 포함하며, 임의의 정보 전달 매체를 포함한다.
- [0074] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0075] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

## 도면

### 도면1



도면2



도면3

---

**Algorithm 1: Probability of Detection and False Alarm Computation of SU**

---

```

1. Input:  $d_o[k]$  for  $k=1, 2, 3 \dots n$             $n$  is the number of sensing periods
2.  $P_d^j \leftarrow 0, P_f^j \leftarrow 0$ 
3. for  $j=1$  to  $N$  do                                $N$  is the number of secondary users
4. count1  $\leftarrow 1$ , count2  $\leftarrow 1$ , correctcount  $\leftarrow 0$ , falsecount  $\leftarrow 0$ 
5.   for  $k=1$  to  $n$ 
6.     If  $d_o[k]=1$ 
7.       If  $d_j[k]=1$ 
8.         correctcount = correctcount + 1
9.          $P_d^j = \text{correctcount} / \text{count1}$ 
10.      endif
11.      count1 = count1 + 1
12.    else
13.      If  $d_j[k]=1$ 
14.        falsecount = falsecount + 1
15.         $P_d^j = \text{falsecount} / \text{count2}$ 
16.      endif
17.      count2 = count2 + 1
18.    endif
19.  end
20. end

 $P_d^j$            Probability of detection of  $j$ th user
 $P_f^j$            Probability of false alarm of  $j$ th user

```

---

도면4

---

**Algorithm 2: Penalty-based Weight Adjustment mechanism**

---

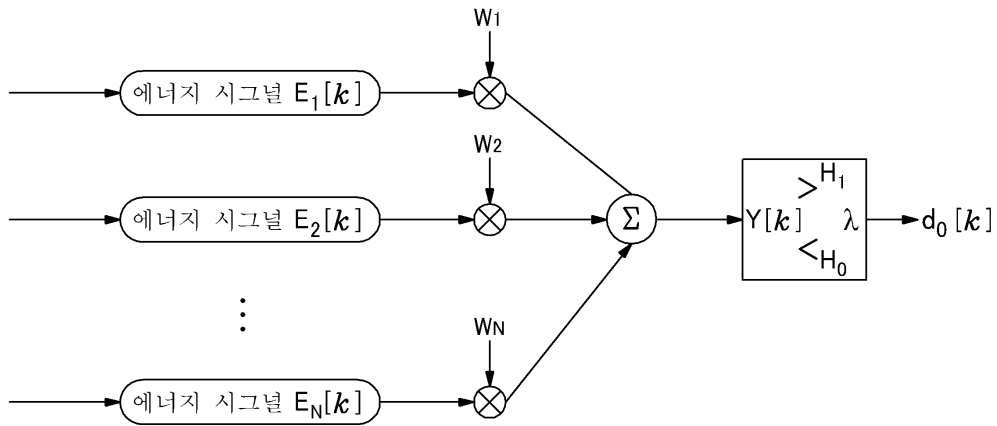
```

Input:  $d_o[k], d_j[k], P_e^j \quad j=1, \dots, N,$            at  $k$ th detection moment
1.  $\theta = 1/N$                                            penalty factor
2. for  $j=1$  to  $N$  do
3.    $W_j^* = 1 / P_e^j$ 
4. end
5. for  $j=1$  to  $N$  do
6.    $W_j = W_j^* / \sum_{j=1}^N W_j^* - \theta(d_o[k] \oplus d_j[k])$ 
7. end

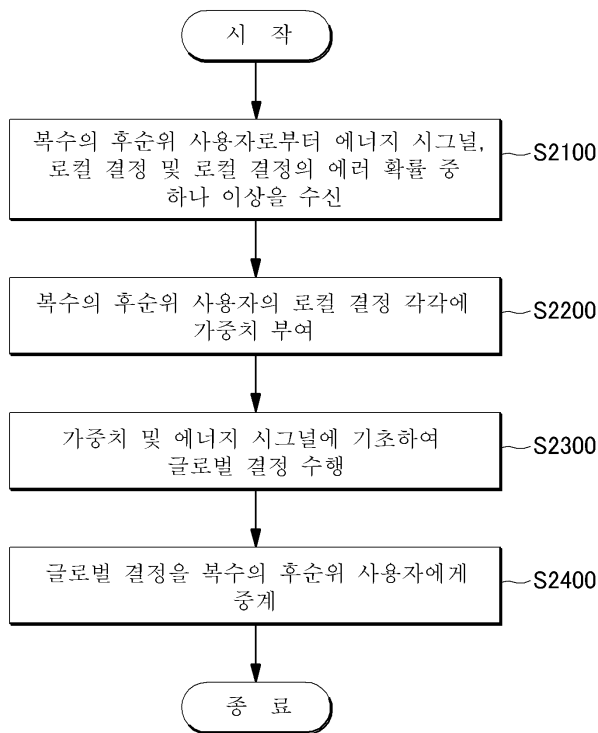
```

---

도면5



도면6



도면7

