(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0094983
(43) 공개일자 2011년08월24일

(51) Int. Cl.
H04W 48/16 (2009.01) *H04B 7/26* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0014749
(22) 출원일자 2010년02월18일
심사청구일자 2010년02월18일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교
(72) 발명자
김재명
인천광역시 남구 용현3동 인하대학교 무선전송연구실
정봉민
인천광역시 남구 용현3동 인하대학교 6호관 130호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인무한

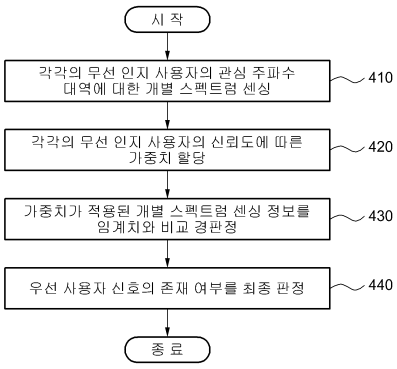
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 무선 인지 시스템에서 마코프 모델을 이용한 가중치 할당 협력 스펙트럼 센싱 방법

(57) 요 약

무선 인지 시스템에서 에너지 검출기를 이용한 가중치 협력 스펙트럼 센싱 방법이 개시된다. 협력 스펙트럼 센싱 방법은 무선 인지 사용자가 관심 주파수 대역에서 우선 사용자의 사용 여부를 인지하여 그 대역을 사용하고자 할 때 마코프 모델을 이용하여 우선 사용자의 신호를 더 잘 받을 수 있는 환경에 있는 무선 인지 사용자의 관심 결과에 상대적으로 높은 가중치를 부여함으로써 센싱의 신뢰도를 높이는 기술이다.

대 표 도 - 도4



(72) 발명자

장성진

인천광역시 남구 용현3동 인하대학교 6호관 130호

손성환

인천광역시 남동구 도림동 주공아파트 207동 1403호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20090066336

부처명 교육과학기술부

연구관리전문기관

연구사업명 도약연구지원사업

연구과제명 차세대 무선 통신을 위한 Cognitive Radio 플랫폼 연구

기여율

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2009.04.01-2010.03.31

특허청구의 범위

청구항 1

각각의 무선 인지 사용자가 에너지 검출기를 이용하여 관심 주파수 대역을 센싱 하는 개별 스펙트럼 센싱 단계;

각각의 무선 인지 사용자의 신뢰도에 따른 가중치를 할당하는 단계;

상기 가중치가 적용된 개별 스펙트럼 센싱 정보를 임계치와 비교 결과에 따라 경판정을 하는 단계; 및

각각의 경판정 정보를 결합 센터에서 모두 종합하여 우선 사용자 신호의 존재 여부를 최종 판정하는 단계

를 포함하는 협력 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 경판정을 하는 단계는,

무선 인지 시스템의 우선 사용자 신호의 존재 여부를 판단하기 위한 협력 스펙트럼 센싱 알고리즘을 이용하여 경판정을 하는, 협력 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 각각의 무선 인지 사용자의 신뢰도에 따른 가중치를 할당하는 단계는,

상기 각각의 무선 인지 사용자의 신뢰도에 따라 가중치를 부여하여 가중치를 합하는, 협력 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 각각의 무선 인지 사용자의 신뢰도를 마코프 모델을 이용하여 계산하는 단계를 더 포함하는, 협력 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 경판정을 하는 단계는,

상기 계산된 신뢰도를 이용하여 상기 가중치를 부여하고, 상기 가중치 합과 임계치 값을 비교하여 상기 우선 사용자의 존재 유무를 판단하는, 협력 스펙트럼 센싱 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 무선 인지 시스템에서 협력 스펙트럼 센싱 성능 향상을 위한 마코프 모델 기반의 가중치를 할당하는 협력 스펙트럼 센싱 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 정보 통신 기술의 발전과 함께 무선 기기의 사용이 우리 생활의 전 영역으로 확대되고 있으며, 그에 따라 더 좋은 성능의 통신 시스템과 높은 데이터 전송률에 대한 요구가 높아지고 있다. 일례로 3세대 이동 전화 서비스가 보편화되면서 음성 데이터 위주의 통신에서 멀티미디어 서비스로 전환되고 있고, TV 전송 방식이 디지털 방송이나 DMB 등으로 다변화하고 있으며, 유비쿼터스 시대로 진입하는 과정에서 RFID/USN, 텔레메틱스, 홈네트워크의 사용이 본격화되는 등 주파수 자원에 대한 요구가 급등하고 있고, 이러한 기술들이 발전함에 따라 주파

수 자원 수요는 점진적으로 확대될 것이 분명하다. 그에 반해 주파수 자원은 한정되어 있으며, 현재 거의 모든 주파수 대역은 고정 할당되어 있으며, 특히 무선 통신 환경에 적합한 3GHz 이하의 주파수 대역은 이미 포화 상태에 이르렀다.

[0003] 이처럼 무선 통신 시스템의 급격한 발전과 다양한 서비스의 등장으로 무선 자원 수요는 날로 증가하고 있다. 그러나 무선 자원(주파수)은 공공의 재산으로 국가의 엄격한 제한을 받고 있으며, 이미 많은 주파수 대역이 사용 중에 있어 새로운 무선 데이터 통신 시스템의 적용에 큰 어려움이 있게 되었다.

[0004] 미국 연방 통신 위원회(Federal Communication Commission, FCC)는 2002년 주파수 정책 테스트 포스 보고서를 통해서 현재 고정 허가된 주파수 대역에 실제로 15~85%의 큰 이용률 변화를 가지며 일시적, 지역적으로 비어 있는 대역이 많은 등 비효율적으로 이용되고 있음을 지적하였다. 이에 따라 한정된 주파수 자원을 중복해서 이용하며 최대한 효율적으로 사용할 수 있는 방안을 찾은 것이 무선 통신에 있어 큰 논점이 되고 있다.

[0005] 2003년 12월, FCC는 Notice of Proposed Rule Making(NPRM)을 통해 이러한 문제를 해결하기 위한 후보 기술로 무선 인기 지술(Cognitive Radio, CR)의 가능성을 언급하였다. 무선 인지 기술은 2001년 Joseph Mitola III에 의해 등장한 개념이며, 발전된 Software-Defined Radio(SDR) 기술로 시간적, 공간적으로 사용이 적은 주파수를 감지한 후, 이를 통해 채널 상태를 추정하고 사용자의 요구를 인지하여 우선 사용자(Primary User)에게 간섭을 주지 않고 비어있는 스펙트럼 대역을 효율적으로 이용하기 위한 방법이다.

[0006] 이처럼 무선 인지 기술은 주파수가 할당되어 있지만 실제로 사용되지 않고 있는 주파수를 감지해서 이를 효율적으로 공유하여 사용할 수 있는 개념을 제시하고 있다.

[0007] 무선 인지 시스템의 사용자는 크게 우선 사용자(Primary User)와 무선 인지 사용자(Cognitive Radio User: CR User, Secondary user)로 구분할 수 있다. 우선 사용자는 요금을 지불하고 허가된 주파수 대역을 사용하는 기존 시스템의 사용자를 지칭하며, 무선 인지 사용자는 무선 인지 기술을 이용하여 우선 사용자가 사용하지 않는 유효 대역을 발견하여 사용하는 사용자를 말한다. 하지만 우선 사용자가 그 대역을 다시 사용하기 시작했다는 것을 감지하게 되면 즉각적으로 해당 대역을 비워주어야 한다. 따라서, 무선 인지 시스템이 우선 사용자에게 간섭을 주지 않고, 스펙트럼 효율을 극대화하기 위해서 현재 사용되지 않는 스펙트럼 대역과 우선 사용자에 의해 점유되는 대역을 정확하게 파악할 수 있는 스펙트럼 센싱(Spectrum Sensing) 기술이 필요하다.

[0008] 이처럼 무선 인지 사용자가 주파수를 이용하여 통신을 하기 위해서는 우선 사용자에 의해 점유되지 않는 비어있는 스펙트럼을 찾아야 하는 데 이러한 과정을 스펙트럼 센싱이라고 하며 무선 인지 시스템을 구성하는 핵심 기술 중 하나라고 할 수 있다. 스펙트럼 센싱 방법 중 에너지 검출 방식은 계산의 복잡도가 낮고 비교적 쉽게 구현할 수 있어서 일반적으로 널리 사용되는 방식이다.

[0009] 초기의 스펙트럼 센싱 기술은 각각의 무선 인지 사용자가 개별적으로 수행하는 방식에 관한 것이 대부분이었으나, 이 경우 음영 지역 및 잠복 터미널 문제 등이 발생할 수 있다. 따라서, 이를 해결하고 스펙트럼 센싱의 정확도를 높이기 위해 다수의 무선 인지 사용자들이 센싱의 정보를 공유하는 협력 센싱 기술에 대한 연구가 활발하게 전개되고 있다.

[0010] 협력 스펙트럼 센싱 방식에서 여러 무선 인지 사용자의 스펙트럼 감지 결과를 결합하는 방법은 무선 인지 사용자가 결합 센터(Combining Center)에 전달하는 데이터의 양자화 레벨에 따라 다음과 같이 2가지로 구분할 수 있다. 첫째는 각각의 무선 인지 사용자가 관측한 데이터(연판정)를 직접 결합 센터에 전송하고, 결합 센터에서 이 데이터들을 적절히 종합하여 우선 사용자의 스펙트럼 사용 여부에 대한 최종 판정을 내리는 방식이다. 그리고 둘째는 각각의 무선 인지 사용자가 일차적으로 우선 사용자의 스펙트럼 사용 여부를 판단하고, 그 결과(경판정)를 결합 센터에 전달하면, 결합 센터는 이를 적절히 종합하여 최종 판정을 내리는 방식이다.

[0011] 개별 무선 인지 사용자의 센싱 결과를 결합 센터에 전달하는 과정에서 연판정 값이 보내지게 되면, 전체 시스템의 주파수 효율을 감소시키게 되기 때문에 현재는 이에 대한 부담이 적은 후자(경판정 전송)의 방식에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 협력 스펙트럼의 경판정 결합에 있어서 각각의 무선 인지 사용자의 센싱 신뢰도를 파악하고, 그에 따라 무선 인지 사용자에게 부가하는 가중치의 값을 조정한 후 경판정을 함으로써 협력 스펙트럼 센싱의 검출 성

능을 향상시키는 방법을 제공한다.

[0013] 또한 본 발명은 마코프 모델을 이용하여 개별 무선 이진 사용자의 신뢰도를 계산하고, 그에 따라 가중치가 적용된 각각의 무선 인지 사용자에게 가중치를 다르게 적용함으로써 기존의 경판정 결합 방법이 갖고 있는 한계를 극복할 수 있는 협력 스펙트럼 센싱 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명의 일실시예에 따른 협력 스펙트럼 센싱 방법은 각각의 무선 인지 사용자가 에너지 검출기를 이용하여 관심 주파수 대역을 센싱하는 개별 스펙트럼 센싱 단계와 각각의 무선 인지 사용자의 신뢰도에 따른 가중치를 할당하는 단계와, 상기 가중치가 적용된 개별 스펙트럼 센싱 정보를 임계치와 비교 결과에 따라 경판정을 하는 단계 및 각각의 경판정 정보를 결합 센터에서 모두 종합하여 우선 사용자 신호의 존재 여부를 최종 판정하는 단계를 포함한다.

[0015] 본 발명의 일 측면에서 상기 경판정을 하는 단계는 무선 인지 시스템의 우선 사용자 신호의 존재 여부를 판단하기 위한 협력 스펙트럼 센싱 알고리즘을 이용하여 경판정을 할 수 있다.

[0016] 또한 본 발명의 일 측면에서 상기 각각의 무선 인지 사용자의 신뢰도에 따른 가중치를 할당하는 단계는 상기 각각의 무선 인지 사용자의 신뢰도에 따라 가중치를 부여하여 가중치를 합할 수 있다.

[0017] 또한 본 발명의 일 측면에서 상기 각각의 무선 인지 사용자의 신뢰도를 마코프 모델을 이용하여 계산하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 또한 본 발명의 일 측면에서 상기 경판정을 하는 단계는 상기 계산된 신뢰도를 이용하여 상기 가중치를 부여하고, 상기 가중치 합과 임계치 값을 비교하여 상기 우선 사용자의 존재 유무를 판단할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 따르면, 과거의 누적된 스펙트럼 센싱 정보를 바탕으로 현재 스펙트럼 센싱의 결과를 예측함으로써 센싱의 신뢰도를 더욱 높일 수 있다.

[0020] 또한 본 발명에 따르면, 우선 사용자 시스템과 공존하는 상황에서 간섭을 최소화하여 무선 인지 시스템의 성능을 극대화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명에 따른 무선 인지 시스템과 우선 사용자 시스템의 배치도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 협력 스펙트럼 센싱 판정 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명에 따른 개별 스펙트럼 센싱의 신뢰도에 따른 가중치 계산 과정을 설명하기 위한 마코프 모델 상태 다이어그램이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 협력 스펙트럼 센싱 판정 방법의 동작 흐름을 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명에 따른 협력 스펙트럼 센싱 방법에 대한 검출 확률을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명이 적용되는 무선 인지 기술(Cognitive Radio: CR)은 주파수 대역이 할당되어 있지만 실제로 사용하지 않고 비어있는 주파수 대역을 감지해 이를 효율적으로 공유하여 사용할 수 있는 기술이다.

[0023] 본 발명에서 무선 인지 사용자(CR User)는 무선 인지 기술 기지국과 무선으로 통신할 수 있는 단말, 즉 사용자 장치 및 기기를 공중 통신 사업자의 전송로에 접속하여 이용할 수 있게 하는 장치의 총칭한다.

[0024] 본 발명에서 우선 사용자(Primary User)는 요금을 지불하고 허가된 주파수 대역을 사용하는 기존 시스템의 사용자를 지칭한다.

[0025] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 협력 스펙트럼 센싱 방법을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

[0026] 도 1은 본 발명에 따른 무선 인지 시스템과 우선 사용자 시스템의 배치도이다.

[0027] 도 1을 참조하면, 무선 인지 기술을 사용하는 시스템은 무선 인지 기지국(100)과 무선 인지 사용자(101, 102,

103, 104, 105)들로 구성된다. 우선 사용자 기지국(110)은 다수의 우선 사용자(111, 112, 113, 114, 115)들을 관리한다.

[0028] 이때 무선 인지 사용자(101, 102, 103, 104, 105)들은 반드시 우선 사용자(111, 112, 113, 114, 115)가 사용하지 않거나 비어있는 주파수를 사용해야 하며, 우선 사용자(111, 112, 113, 114, 115)가 주파수를 사용하고 있다면, 즉시 우선 사용자(111, 112, 113, 114, 115)와 다른 주파수를 사용함으로써 간섭을 일으키지 않아야 한다. 따라서, 무선 인지 사용자(101, 102, 103, 104, 105)들은 계속해서 우선 사용자(111, 112, 113, 114, 115)의 스펙트럼 이용 상황을 관찰하는 스펙트럼 센싱을 하게 된다.

[0029] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 협력 스펙트럼 센싱 판정 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

[0030] 도 2를 참조하면, 무선 인지 사용자의 협력 스펙트럼 센싱 판정 장치(200)는 수신부(201-1, 201-2, ... , 201-n), 에너지 검출부(202-1, 202-2, ... , 202-n), 가중치 적용부(203-1, 203-2, ... , 203-n) 및 개별 판정부(204-1, 204-2, ... , 204-n)를 포함한다.

[0031] 수신부(201-1, 201-2, ... , 201-n)는 각각의 안테나를 통해 신호를 수신한다.

[0032] 에너지 검출부(202-1, 202-2, ... , 202-n)는 각각의 수신부(201-1, 201-2, ... , 201-n)로부터 수신된 신호를 FFT를 이용하여 주파수 샘플로 변환하고 주파수 영역의 에너지를 계산하여 그 결과를 이용해 검출 확률을 계산한다. 즉, 에너지 검출부(202-1, 202-2, ... , 202-n)는 각각의 수신부(201-1, 201-2, ... , 201-n)로부터 수신된 신호를 A/D 변환기에 의해 디지털 신호로 변환하고, FFT에 의해 주파수 영역으로 변환된 K개의 디지털 샘플을 얻고, 상기 샘플들이 제곱과 평균화를 거치면서 신호의 에너지를 구하여 신호를 검출한다. 에너지 검출부(202-1, 202-2, ... , 202-n)는 넓은 대역에서 여러 개의 신호를 동시에 검출할 수 있는 장점이 있으며, K를 증가시키면서 주파수 해당도(resolution)가 높아져서 협대역 신호의 검출도 가능하게 되며, 센싱 시간을 증가시키면 평균화 횟수N도 증가하므로 신호의 에너지 검출 성능을 향상시킬 수 있다. 에너지 검출부(202-1, 202-2, ... , 202-n)는 신호의 검출을 위해 다음의 두 가지 가정의 테스트를 통해 이루어질 수 있다.

[0033] 1) H_0: 입력 $x[k]$에는 잡음 $w[k]$만 존재. $Y[n] = W[n]$

[0034] 2) H_1: 입력 $x[k]$에는 신호 $s[k]$와 잡음 $w[k]$공존. $Y[n] = X[n] + W[n]$

[0035] $W[n]$은 잡음 성분에 대한 주파수 샘플이며 평균이 0이고 분산이 σ_n^2인 가산성 백색 가우스 잡음(AWGN)으로 가정한다.

[0036] 따라서, 에너지 검출부(202-1, 202-2, ... , 202-n)를 통과한 신호의 테스트 샘플 T는 수학식 1로 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0037]
$$T = \sum_{N} (Y[n])^2$$

[0038] 이와 같이, 에너지 검출부(202-1, 202-2, ... , 202-n)는 수학식 1에 의해 얻은 결과를 미리 정해 놓은 임계값과 비교하면 두 가지 가설 중 한 가지로 선택하여 신호를 검출할 수 있다.

[0039] 본 발명은 누적된 검출 확률들에 마코프 모델을 적용해 센싱의 성공 및 실패 확률, 상태 전이 확률을 이용하여 현재 진행되는 센싱의 검출 확률을 예측한다.

[0040] 가중치 적용부(203-1, 203-2, ... , 203-n)는 상기 예측한 결과를 바탕으로 가중치를 부가한다. 즉, 가중치 적용부(203-1, 203-2, ... , 203-n)는 상기 검출된 에너지에 따라 개별 무선 인지 사용자의 신뢰도를 자체적으로 추정하고, 그에 따라 수학식 2와 같이 가중치를 부여한다.

수학식 2

[0041] $$F[D_1[n], D_2[n], \cdots D_K[n]) = \sum_{k=1}^{K} w_k[n] D_k[n]$$

[0042] 수학식 2는 가중치를 현재 센싱 결과에 적용하여 가중치 합을 구하는 방법을 나타낸다.

[0043] 수학식 2에서 $D_k[n]$은 현재 각 CR 사용자의 센싱 결과를 나타내고, $w_k[n]$은 센싱 구간 n에서 CR 사용자 k의 가중치, 즉 신뢰도(trust factor)를 나타낸다.

[0044] 우선 사용자와 무선 인지 사용자간의 채널 환경이 슬로우 페이딩이라 가정하면, 최근의 센싱 결과와 현재의 센싱 결과가 매우 유사할 것이다. 따라서, 각 무선 인지 사용자의 현재 센싱 구간에서의 개별 센싱 결과 $D_k[n]$(k=1,2,…,K)을 이전 센싱 구간에서의 협력 센싱 결과 $D[n-1]$과 비교한다. 이로부터 $D_k[n] = D[n-1]$이면 CR 사용자 k의 신뢰도를 증가시키고, 반대로 $D_k[n] \neq D[n-1]$이면 CR 사용자 k의 신뢰도를 감소시킨다.

[0045] 또한 평균화 효과를 얻기 위해 신뢰도 값을 여러 센싱 구간 동안 누적한다. 하기 수학식3과 수학식 4는 무선 인지 사용자 k의 신뢰도 $w_k[n]$을 결정하는 방법과 정규화 과정을 각각 나타낸다.

수학식 3

[0046] $$\mu_k[n] = \lambda \mu_k[n-1] + |D_k[n] - D[n-1]|$$

수학식 4

[0047] $$w_k[n] = \frac{1/\mu_k[n]}{\sum_{k=1}^{K} 1/\mu_k[n]}$$

[0048] 수학식 3에서 $\mu_k[n]$은 신뢰도와 반비례하는 값으로 수학식 3에 따라 forgetting factor λ를 갖고 매 센싱 구간 마다 갱신된다. 이러한 결합 방법은 여러 센싱 구간에 걸쳐 높은 신뢰도를 쌓아온 무선 인지 사용자가 결합에 큰 비중을 차지하게 한다. 하지만 무선 인지 사용자의 경판정 값에 의해 일정한 만큼의 신뢰도를 증감시키기 때문에 각 센싱 구간에서 무선 인지 사용자의 신뢰도는 알 수 없다. 따라서, 각 센싱 구간에서 무선 인지 사용자의 신뢰도를 계산하고 그에 따라 신뢰도가 높은 무선 인지 사용자에게 더 큰 신뢰도 값을 증가시킬 수 있는 알고리즘이 요구된다.

[0049] 본 발명에서는 센싱 성능 향상을 위해 마코프(Markov) 모델을 이용하여 신뢰도가 높은 무선 인지 사용자에게 증가시킬 신뢰도 값을 결정하고, 수학식 2의 경판정 결합 과정을 거쳐 우선 사용자의 존재 유무를 판단하는 알고리즘을 제안한다. 마코프 모델은 일반적으로 일련의 확률변수의 통계 값을 예측하기 위해 이용된다. 마코프 모델로부터 유도되는 기술은 시간에 따라 변하는 상태가 존재하며, 이미 수행한 연속적인 행위가 주어져 있을 때, 다음에 행할 행위를 예측하기 위해 이용된다. 따라서 개별 센싱의 경판정 값들을 관측하고 관측된 데이터를 바탕으로 현재 센싱의 신뢰도를 예측하여, 가중치 기반 협력 센싱의 경판정 결합 시 각 무선 인지 사용자들의 가중치로 사용한다.

[0050] 기존의 경판정 결합 방식과 마찬가지로 최근의 센싱 결과와 현재의 센싱 결과가 매우 유사할 것이라 가정한다. 마코프 모델의 상태 다이어그램이 도 3에 도시된 것과 같다고 가정하면, 전이 확률 행렬은 수학식 5와 같다.

수학식 5

[0051] $$P=\begin{pmatrix}1-p & p\\ q & 1-q\end{pmatrix}$$

[0052] (where, $0 \le p < 1$ and $0 \le q < 1$)

[0053] 센싱 구간 동안 관측을 통해 각 무선 사용자가 성공 확률, 실패 확률 및 상태 전이 확률을 구하고 이전 센싱의 상태(state)에 따라 현재 센싱의 성공 확률을 얻는다. 이렇게 구해진 값을 신뢰도로 사용해 가중치를 계산하고 임계값과 비교를 통해 우선 사용자 신호의 존재 유무를 판단하여 결합 센터(210)로 경판정 값을 전달하게 된다.

[0054] 도 3은 본 발명에 따른 개별 스펙트럼 센싱의 신뢰도에 따른 가중치 계산 과정을 설명하기 위한 마코프 모델 상태 다이어그램이다.

[0055] 도 3을 참조하면, 마코프 모델은 일반적으로 일련의 확률변수의 통계 값을 예측하기 위해 이용된다. 마코프 모델로부터 유도되는 기술은 시간에 따라 변하는 상태가 존재하며, 이미 수행한 연속적인 행위가 주어져 있을 때, 다음에 행할 행위를 예측하기 위해 이용된다.

[0056] 따라서, 개별 센싱의 경판정 값들을 관측하고 관측된 데이터를 바탕으로 현재 센싱의 신뢰도를 예측하여, 가중치 기반 협력 센싱의 경판정 결합 시 각각의 무선 인지 사용자의 가중치로 사용한다. 센싱 구간 동안 관측을 통해 각각의 무선 인지 사용자의 상태(300,301) 및 전이 확률(302,303,304,305)을 구한다. 하기 수학식 6 및 수학식 7은 개별 센싱의 성공 및 실패 조건을 각각 나타낸다.

수학식 6

[0057] $$D_k[n] = D[n-1]$$

수학식 7

[0058] $$D_k[n] \neq D[n-1]$$

[0059] $D_k[n]$ 은 k 번째 무선 인지 사용자의 현재 센싱 경판정 값을 나타내며, $D[n-1]$ 은 결합 센터(210)에서 최종 판정한 최근의 협력 스펙트럼 센싱 경판정 값을 의미한다.

[0060] 무선 인지 사용자의 현재 센싱 결과가 수학식 6의 성공 조건을 만족하는 경우는 수학식 8을 이용해 신뢰도를 계산한다.

수학식 8

[0061] $$w_k[n] = P_{suc}[n] \times (1-p)$$

[0062] 현재 센싱 결과가 수학식 7의 실패 조건을 만족하는 경우는 수학식 9를 이용해 신뢰도를 계산한다.

수학식 9

[0063] $$w_k[n] = P_{fail}[n] \times q$$

[0064] 이렇게 구해진 신뢰도를 각각의 무선 인지 사용자의 가중치로 사용한다.

[0065] 개별 판정부(204-1, 204-2, ... , 204-n)는 각각 가중치 적용부(203-1, 203-2, ... , 203-n)에 의해 상기 가중치가 부가된 신호의 에너지를 임계값과 비교하여 개별 판정을 한다. 개별 판정부(204-1, 204-2, ... , 204-n)는 각각 가중치 적용부(203-1, 203-2, ... , 203-n)에 의해 수학식 2에 따라 계산된 가중치 합(F)을 임계치와 비교하여 협력 스펙트럼 센싱의 최종 판단을 한다.

[0066] 기존의 협력 스펙트럼 센싱 방식은 센싱에 성공한 무선 인지 사용자에게 고정된 가중치를 증가시키고, 실패한 무선 인지 사용자에게는 고정된 가중치를 감소시킨다. 이에 반해 본 발명은 센싱의 신뢰도를 예측하고 그에 따라 증가시키거나 감소시킬 가중치를 정하기 때문에 센싱의 정확도를 높일 수 있다.

[0067] 결합 센터(210)는 개별 판정부(204-1, 204-2, ... , 204-n)로부터 개별 판정된 신호들을 수신하고, 상기 수신된 값들을 종합해 우선 사용자 신호의 존재 유무에 대한 최종 판정을 한다. 즉, 결합 센터(210)는 각 무선 인지 사용자의 경판정 값들을 전달받아 임계값과 비교해 최종 판정을 하고, 상기 판정 값을 모든 무선 인지 사용자들에게 다시 전달하여 우선 사용자의 신호를 약하게 받는 무선 인지 사용자의 올바른 판단을 돕는다.

[0068] 신호 검출기(220)는 결합 센터(210)로부터 상기 우선 사용자 신호의 존재 유무에 대한 최종 판정 결과를 수신하고, 상기 수신된 최종 판정 결과에 따라 신호를 검출한다.

[0069] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 협력 스펙트럼 센싱 판정 방법의 동작 흐름을 나타내는 도면이다.

[0070] 도 4를 참조하면, 협력 스펙트럼 센싱 판정 장치(200)는 각각의 무선 인지 사용자의 관심 주파수 대역에 대한 개별 스펙트럼을 센싱한다(410). 즉, 협력 스펙트럼 센싱 판정 장치(200)는 수신부(201-1, 201-2, ... , 201-n)를 통해 수신된 신호를 FFT를 이용하여 주파수 샘플로 변환하고, 에너지 검출부(202-1, 202-2, ... , 202-n)를 통해 주파수 영역의 에너지를 계산하여 각각의 무선 인지 사용자의 관심 주파수 대역에 대한 개별 스펙트럼을 센싱한다.

[0071] 협력 스펙트럼 센싱 판정 장치(200)는 각각의 무선 인지 사용자의 신뢰도에 따른 가중치를 할당한다(420). 즉, 협력 스펙트럼 센싱 판정 장치(200)는 가중치 적용부(203-1, 203-2, ... , 203-n)를 누적된 검출 확률들에 마코프 모델을 적용하여 센싱의 성공 및 실패 확률, 상태 전이 확률을 이용하여 현재 진행되는 센싱의 검출 확률을 예측하고, 예측한 결과를 바탕으로 각각의 무선 인지 사용자의 신뢰도에 따른 가중치를 부가한다.

[0072] 협력 스펙트럼 센싱 판정 장치(200)는 상기 가중치가 적용된 개별 스펙트럼 센싱 정보를 임계치와 비교하여 경판정을 수행한다(430). 즉, 협력 스펙트럼 센싱 판정 장치(200)는 개별 판정부(204-1, 204-2, ... , 204-n)를 통해 상기 가중치가 부가된 신호의 에너지를 임계치와 비교하여 개별적으로 경판정을 수행하고, 상기 개별 판정된 신호들을 결합 센터(210)로 전송한다.

[0073] 결합 센터(210)는 상기 수신된 값들을 종합해서 우선 사용자 신호의 존재 유무에 대한 최종 판정을 수행한다(440).

[0074] 본 발명에서 제안되는 알고리즘의 성능 분석을 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 실시한 결과는 도 5에 도시된 것과 같으며, 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같다.

표 1

[0075]

Parameter	Value	Parameter	Value
SNR	-20~0dB	BW	60MHz
FFT Size	1024	RSSI	Max 3dB

[0076] 우선 사용자는 DTV시스템으로서 대역폭은 6MHz로 가정하였고, 채널 모델은 랜덤 Rayleigh fading 채널을 적용하

였다. 또한, FFT Size는 1024이고, 우선 사용자의 위치에 따른 무선 인지 사용자에서의 수신 신호 세기(RSSI)의 차이는 최대 3dB로 가정하였다.

[0077] 도 5는 본 발명에 따른 협력 스펙트럼 센싱 방법에 대한 검출 확률을 나타내는 그래프이다.

[0078] 도 5를 참조하면, 가중치를 적용한 두 개의 그래프의 검출 확률이 높은 것을 파악할 수 있으며, 본 발명에서 제안하는 마코프 모델 기반의 가중치 부가 방식이 기존의 고정된 가중치를 부가하는 경판정 결합 방법에 비해 확률이 높은 것을 파악할 수 있다.

[0079] 이와 같이, 본 발명에 따른 협력 스펙트럼 센싱 방법은 마코프 모델을 이용하여 신호의 검출을 예측하기 때문에 우선 사용자 신호의 존재 유무를 정확하게 판단할 수 있으며, 특히 채널이 느리게 변하는 환경에서 더욱 정확한 판정을 가능하게 할 수 있다. 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.

[0080] 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.

[0081] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0082] 100: 무선 인지 기지국

110: 우선 사용자 기지국

101, 102, 103, 104, 105: 무선 인지 사용자

111, 112, 113, 114, 115: 다수의 우선 사용자

200: 협력 스펙트럼 센싱 판정 장치

201-1, 201-2, ... , 201-n: 수신부

202-1, 202-2, ... , 202-n: 에너지 검출부

203-1, 203-2, ... , 203-n: 가중치 적용부

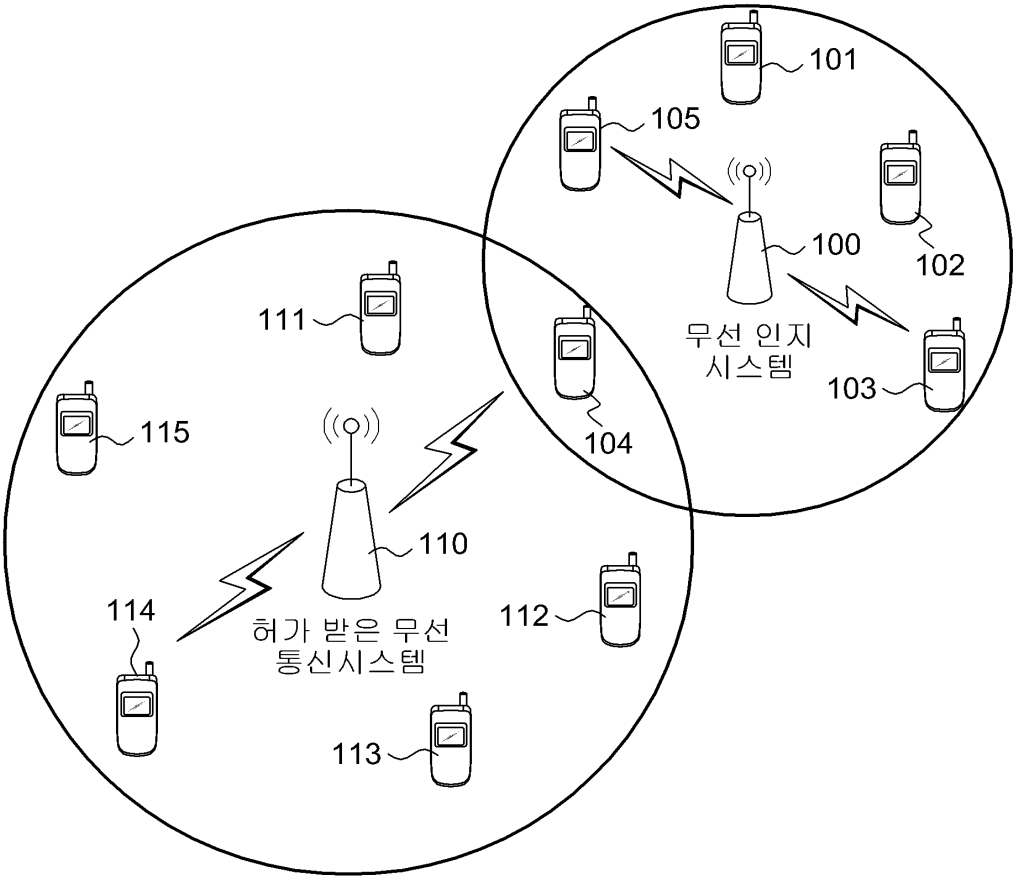
204-1, 204-2, ... , 204-n: 개별 판정부

210: 결합 센터

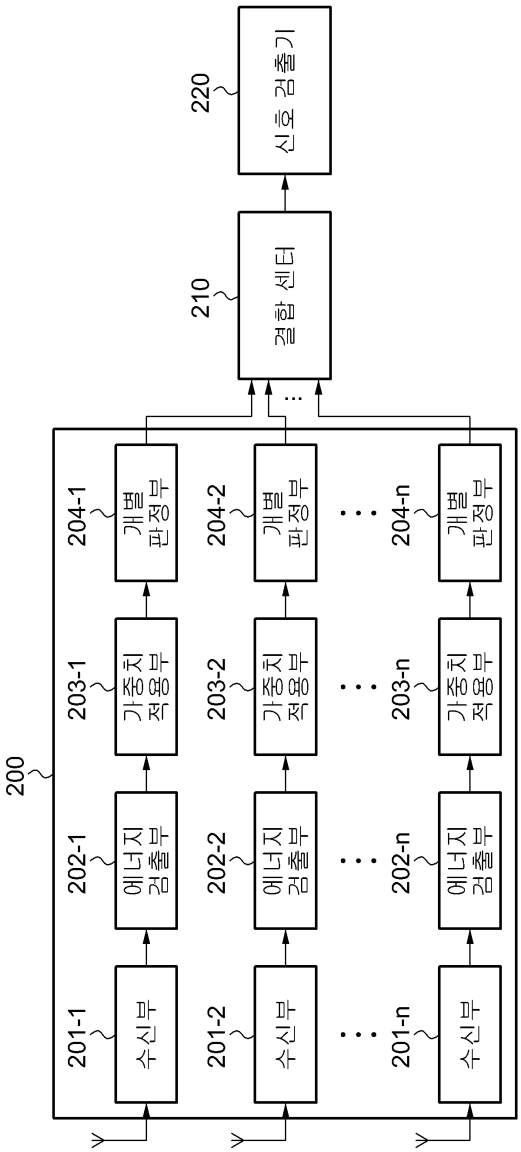
220: 신호 검출기

도면

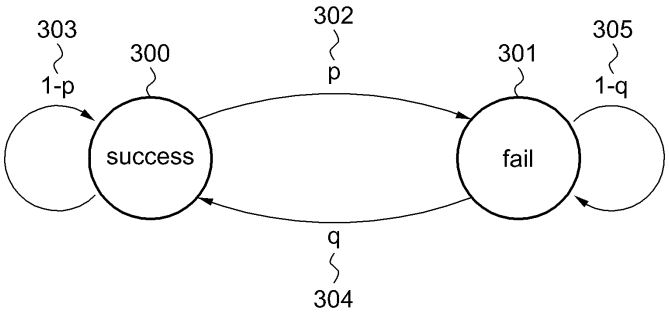
도면1


101
105
100
102
무선 인지
시스템
103
104
111
115
110
114
허가 받은 무선
통신시스템
112
113

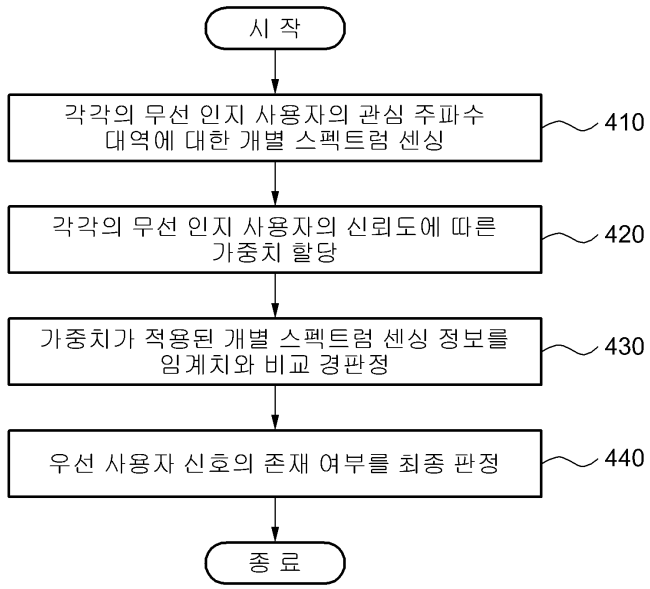
도면2


220
신호 검출기
210
결합 센터
200
204-1
개별 판정부
204-2
개별 판정부
204-n
개별 판정부
203-1
가중치 적용부
203-2
가중치 적용부
203-n
가중치 적용부
202-1
에너지 검출부
202-2
에너지 검출부
202-n
에너지 검출부
201-1
수신부
201-2
수신부
201-n
수신부

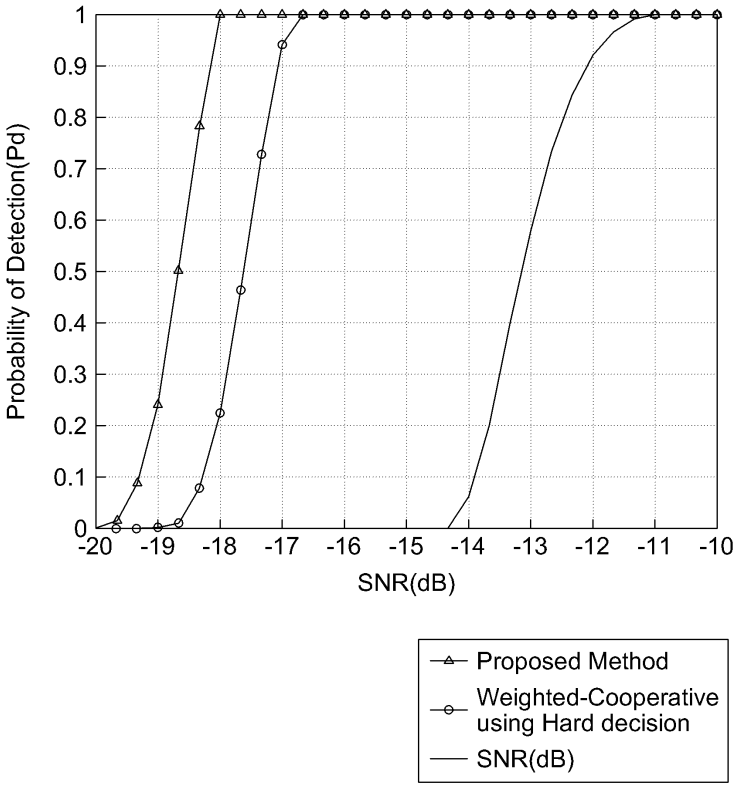
도면3


303
1-p
300
success
302
p
301
fail
305
1-q
q
304

도면4


시 작
각각의 무선 인지 사용자의 관심 주파수 대역에 대한 개별 스펙트럼 센싱
410
각각의 무선 인지 사용자의 신뢰도에 따른 가중치 할당
420
가중치가 적용된 개별 스펙트럼 센싱 정보를 임계치와 비교 경판정
430
우선 사용자 신호의 존재 여부를 최종 판정
440
종 료

도면5


Probability of Detection(Pd)
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-20
-19
-18
-17
-16
-15
-14
-13
-12
-11
-10
SNR(dB)
Proposed Method
Weighted-Cooperative using Hard decision
SNR(dB)