



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0118442
(43) 공개일자 2013년10월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 16/10 (2009.01) H04W 16/04 (2009.01)
H04W 16/14 (2009.01)
(21) 출원번호 10-2012-0041288
(22) 출원일자 2012년04월20일
심사청구일자 2012년04월20일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
용슬바로
서울특별시 구로구 개봉1동 한마을아파트 119동 2503호
김재명
서울특별시 용산구 서빙고동 신동아아파트 3동 1001호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양성보

전체 청구항 수 : 총 7 항

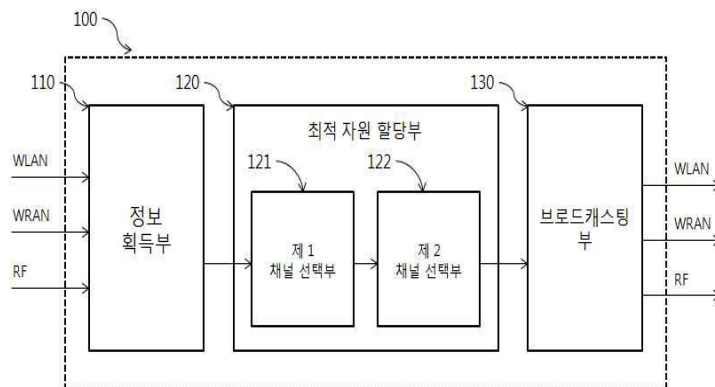
(54) 발명의 명칭 TV 화이트 스페이스에서 스펙트럼 에티켓 및 유전자 알고리즘을 사용한 WRAN과 WLAN의 효율적 주파수 공유 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 TV 화이트 스페이스에서 WRAN, WLAN 과 같은 다양한 이종 통신 기기의 공존에 따른 상호 간의 간섭을 줄이고 통신 성능을 향상시킬 수 있는 주파수 공유 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

주파수 공유 시스템에 있어서, WRAN과 WLAN의 이종 시스템 상호 간 간섭을 최소화하는 시스템으로써, WRAN과 WLAN의 정보를 획득하는 정보 획득부; 정보 획득부로부터 수집된 정보를 바탕으로 최적의 주파수 Sub-band를 할당하는 최적 자원 할당부; 및 최적의 주파수 Sub-band를 각 해당 시스템에게 브로드캐스팅해주는 브로드캐스팅부를 포함하는 주파수 공유 시스템이 개시된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

정원식

인천광역시 부평구 부평1동 동아파트 4동 1405호

장성진

인천광역시 남구 용현4동 인하대학교 6호관 130호

이인선

인천광역시 남구 용현1동 151-10번지 삼성오피스텔
202호

특허청구의 범위

청구항 1

WRAN과 WLAN의 이중 시스템 상호간 간섭을 최소화하는 시스템으로써,
WRAN과 WLAN의 정보를 획득하는 정보 획득부;
상기 정보 획득부로부터 수집된 정보를 바탕으로 최적의 주파수 Sub-band를 할당하는 최적 자원 할당부; 및
상기 최적의 주파수 Sub-band를 각 해당 시스템에게 브로드캐스팅해주는 브로드캐스팅부
를 포함하는 주파수 공유 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 주파수 공유 시스템은 TVWS(TV White Space) 기반으로 하며, 상기 TVWS는 TV 방송용 주파수 대역 중 유휴
주파수 자원으로써, 별도의 허가 없이 활용할 수 있는 주파수 채널 공간을 말하는 것
을 특징으로 하는 주파수 공유 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 정보 획득부가 획득하는 정보는
주변 기기의 설정 상태, 채널 할당 상태, 설치 위치, 접근 모드 방식, AP(Access Point, 접속 장치) 개수에 해
당하며,
상기 정보는 WLAN 이나 WRAN, 또는 RF 채널을 통해 획득할 수 있는 것
을 특징으로 하는 주파수 공유 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 최적 자원 할당부는
고립 채널 집합(Isolated Channel Set, ICS)을 이용하여 채널을 선택하는 제 1 채널 선택부;
유전자 알고리즘을 이용하여 WLAN 채널을 선택하는 제 2 채널 선택부
로 구성된 주파수 공유 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 제 1 채널 선택부는,
WRAN 스펙트럼 에티켓을 사용하고,
상기 고립 채널 집합을 면허사용자 또는 인접한 WRAN 셀에서 점유하지 않으며 연속된 채널 집합으로 정의하며,
상기 연속된 채널 집합 중 채널 개수가 가장 적은 채널을 선택하는 것
을 특징으로 하는 주파수 공유 시스템.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 제 2 채널 선택부는 검색채 및 유전자, 그리고 적합도 평가 함수를 정의하며,
상기 정의된 적합도 평가 함수를 적용하여 각 AP에 적용하여 성능이 우수한 형질을 선택하는 것
을 특징으로 하는 주파수 공유 시스템.

청구항 7

WRAN과 WLAN의 이중 시스템 상호간 간섭을 최소화하는 방법으로써,
WRAN과 WLAN의 정보를 획득하는 단계;
상기 정보 획득부로부터 수집된 정보를 바탕으로 최적의 주파수 Sub-band를 할당하는 단계; 및
상기 최적의 주파수 Sub-band를 각 해당 시스템에게 브로드캐스팅해주는 단계
를 포함하는 주파수 공유 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 TV 화이트 스페이스에서 WRAN, WLAN 과 같은 다양한 이중 통신 기기의 공존에 따른 상호간의 간섭을 줄이고 통신 성능을 향상시킬 수 있는 주파수 공유 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 현재 다양한 하이엔드 멀티미디어 기기의 등장과 함께 고품질 서비스의 수요가 증가하고 있으며 공공안전 및 효율적 에너지관리 분야에 무선통신 기술이 접목된 IT융합 기술이 제안되기 시작하면서 이와 같은 새로운 통신 시스템에 배치할 무선 주파수 자원의 부족 문제가 전 세계적으로 대두되고 있다. 특히 TV 주파수 대역 및 3GHz 이하의 전파특성이 우수한 주파수 대역이 상당부분 비효율적으로 사용되고 있으므로 이러한 대역을 효율적으로 사용할 수 있는 방안에 대한 연구의 중요성이 끊임없이 제기되고 있다.

[0003] 이에, 2008년 미국 연방통신위원회(Federal Communications Commission, FCC)가 TV 방송용 주파수 대역인 54MHz에서 862MHz까지의 주파수 대역 중 유휴 주파수 자원인 TV 화이트 스페이스를 활용한 비 면허, 비 독점적 서비스를 허가함으로써 위와 같은 움직임의 기폭제가 되고 있다.

[0004] 또한 2011년 7월 완료 및 공개된 IEEE 802.22와 현재 진행 중인 IEEE 802.11af와 같이 TV 화이트 스페이스 관련 표준화 그룹을 결성하고, 각각 WRAN(Wireless Regional Area Network)과 WLAN(Wireless Local Area Network)에 관한 표준화 작업을 통하여 TVBD(TV Band Device)의 상용화를 앞당기고 있다.

[0005] TV 화이트 스페이스 주파수 대역에서는 면허 사용자에게 간섭을 주지 않는 범위 내에서 ISM(Industrial Scientific and Medical equipment) 대역과 같이 IEEE 802.22 기지국(Base Station)과 고객 태내 장치(Customer Premises Equipment, 이하 CPE) 및 IEEE 802.11af AP(Access Point)와 같은 다양한 무선 통신 네트워크가 공존하게 되기 때문에 이중 시스템들의 간섭 문제를 해결하는 기술이 요구된다. 이에 따라 IEEE 802.19.1과 같이 이중 시스템(Heterogeneous System)들의 상호공존(Coexistence) 문제를 해결하고자 하는 표준화가 진행 중이지만 각 시스템의 성능 향상 및 효율성을 극대화 할 수 있는 방법에 대한 연구는 아직까지 미진한 상태이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] IEEE 802.22 표준에서는 스펙트럼 에티켓 과정을 통하여 인접 셀과의 간섭을 최소화하고 있다. 하지만 현재 표준에서는 셀 내에서 공존하는 WLAN은 고려하지 않은 방법이기 때문에 이중 시스템인 WLAN에 대한 간섭에 대해서는 취약한 면이 있다. 또한 지금까지 연구되어온 WLAN 채널 선택 방법들 역시 우선 사용자 및 동종 사용자에 대한 간섭을 고려하고 있지만 이중 시스템을 다루고 있지 않고 있다.

[0007] 따라서, 이중 및 동종 시스템을 고려한 무선 자원 할당 기술을 통하여 WLAN 사용자들의 성능을 최적화하고 WRAN에 대한 간섭을 최소화할 수 있는 기술 연구가 필요하다.

과제의 해결 수단

- [0008] WRAN과 WLAN의 이중 시스템 상호간 간섭을 최소화하는 시스템으로써, WRAN과 WLAN의 정보를 획득하는 정보 획득부; 정보 획득부로부터 수집된 정보를 바탕으로 최적의 주파수 Sub-band를 할당하는 최적 자원 할당부; 및 최적의 주파수 Sub-band를 각 해당 시스템에게 브로드캐스팅해주는 브로드캐스팅부를 포함하는 주파수 공유 시스템이 개시된다.
- [0009] 일 측면에 있어서, 주파수 공유 시스템은 TVWS(TV White Space) 기반으로 하며, TVWS는 TV 방송용 주파수 대역 중 유휴 주파수 자원으로써, 별도의 허가 없이 활용할 수 있는 주파수 채널 공간을 말한다.
- [0010] 또 다른 측면에 있어서, 정보 획득부가 획득하는 정보는 주변 기기의 설정 상태, 채널 할당 상태, 설치 위치, 접근 모드 방식, AP(Access Point, 접속 장치) 개수에 해당하며, WLAN 이나 WRAN, 또는 RF 채널을 통해 상기의 정보를 획득할 수 있다.
- [0011] 또 다른 측면에 있어서, 최적 자원 할당부는 고립 채널 집합(Isolated Channel Set, ICS)을 이용하여 채널을 선택하는 제 1 채널 선택부; 유전자 알고리즘을 이용하여 WLAN 채널을 선택하는 제 2 채널 선택부로 구성된다.
- [0012] 또 다른 측면에 있어서, 제 1 채널 선택부는 WRAN 스펙트럼 에티켓을 사용하고, 고립 채널 집합을 면허사용자 또는 인접한 WRAN 셀에서 점유하지 않으면서 연속된 채널 집합으로 정의하며, 연속된 채널 집합 중 채널 개수가 가장 적은 채널을 선택한다.
- [0013] 또 다른 측면에 있어서, 제 2 채널 선택부는 염색체 및 유전자, 그리고 적합도 평가 함수를 정의하며, 정의된 적합도 평가 함수를 적용하여 각 AP에 적용하여 성능이 우수한 형질을 선택한다.
- [0014] WRAN과 WLAN의 이중 시스템 상호간의 간섭을 최소화하는 방법으로써, WRAN과 WLAN의 정보를 획득하는 단계; 정보 획득부로부터 수집된 정보를 바탕으로 최적의 주파수 Sub-band를 할당하는 단계; 및 최적의 주파수 Sub-band를 각 해당 시스템에게 브로드캐스팅해주는 단계를 포함하는 주파수 공유 방법이 개시된다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명을 통해 TV, 무선마이크, IEEE 802 무선 네트워크 및 장치들이 동일한 TV 화이트 스페이스 주파수 대역 내에서 공존하는 상황에서 WRAN 스펙트럼 에티켓 및 유전자 알고리즘을 사용한 WLAN 채널 선택방법을 적용하여 두 이중 시스템 모두의 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0016] 또한 이와 같은 상호공존 기술을 통해, 향후 TV 화이트 스페이스 이외의 다른 주파수 대역에서 다양한 이중 시스템 및 동종 시스템이 공존하게 될 경우, 효율적인 주파수 공유 기술로 이용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, 주파수 공유 시스템의 내부 구성을 나타낸 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, 스펙트럼 에티켓 과정의 실시예를 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, WLAN을 고려한 WRAN의 채널 선택 방법을 도시한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, 스펙트럼 에티켓 과정을 도시한 순서도이다.
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 발명에서 제안하는 중앙으로부터의 WLAN 최적화 시스템의 구조를 나타낸 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, 유전자 알고리즘을 이용한 WLAN 채널 선택 시스템의 구조와 방법을 나타낸 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 주파수 공유 방법을 도시한 흐름도이다.
- 도 8은 본 발명의 일실시예에 있어서, 개별적 채널 사용 시나리오에서의 WLAN 사용자의 SINR 누적분포확률을 나타낸 성능 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 일실시예에 있어서, 개별적 채널 사용 시나리오에서의 WLAN 사용자의 스루풋(Throughput, 단위 시간 당 처리량) 성능을 나타낸 누적분포확률 그래프이다.
- 도 10은 본 발명의 일실시예에 있어서, 개별적 채널 사용 시나리오에서 사용자 증가에 따른 WLAN 사용자의

Outage 확률(사고율)을 나타낸 그래프이다.

도 11은 본 발명의 일실시예에 있어서, 공유 채널 사용 시나리오에서의 WLAN 사용자의 SINR 성능 누적분포확률을 나타낸 그래프이다.

도 12는 본 발명의 일실시예에 있어서, 공유 채널 사용 시나리오에서의 WLAN 사용자의 Throughput 성능 누적분포확률을 나타낸 그래프이다.

도 13은 본 발명의 일실시예에 있어서, 공유 채널 사용 시나리오에서의 WRAN 사용자의 SINR 성능 누적분포확률을 나타낸 그래프이다.

도 14는 본 발명의 일실시예에 있어서, 공유 채널 사용 시나리오에서의 WLAN 사용자의 Outage 확률을 나타낸 그래프이다.

도 15는 본 발명의 일실시예에 있어서, 공유 채널 사용 시나리오에서의 WRAN 사용자의 Outage 확률을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 먼저, 주파수 공유 시스템은 TVWS(TV White Space) 기반으로 하는데, TVWS란 TV 방송용 주파수 대역 중 유휴 주파수 자원으로써, 별도의 허가 없이 활용할 수 있는 주파수 채널 공간을 말한다. 따라서 다양한 무선 통신 네트워크가 공존할 수 있기 때문에 상호 간의 간섭 문제를 해결하는 기술이 요구된다.

[0019] 본 발명에서 제안하는 시스템은 보완된 스펙트럼 에티켓을 통한 WRAN 채널 선택 방법 및 이중 시스템을 고려한 유전자 알고리즘 기반의 WLAN 채널 선택 방법, 이 두 가지를 이용하여 이중 시스템 간의 간섭을 줄일 수 있으며, 제안하는 WRAN 채널 선택 방법을 통하여 주파수 셀 내에서 공존하고 있는 WLAN 사용자는 더 넓은 대역폭을 사용할 수 있고 제안하는 WLAN 채널 선택 방법을 통하여 이중 시스템인 WRAN 및 동종 시스템인 WLAN 모두에 대한 간섭을 최소화 할 수 있다. 따라서 WLAN 및 WRAN 전송 성능을 극대화할 수 있게 되며 사용자 수 대비 Outage 확률(사고율)을 줄일 수 있게 된다.

[0020] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, 주파수 공유 시스템(100)의 구성을 도시한 블록도이다. 도 1의 도면과 같이 정보 획득부(110), 최적 자원 할당부(120), 그리고 브로드캐스팅부(130)로 구성된다.

[0021] 정보 획득부(110)에서는 주변 WRAN 및 WLAN 기기의 설정 상태 및 채널 이용에 대한 정보를 획득하며, 채널 할당 상태, 설치된 위치, 접근 모드 방식, AP의 개수 등의 정보를 획득하는데, 이 정보는 WLAN 이나 WRAN, RF 채널을 통해 획득할 수 있으며, 이와 같이 획득한 정보를 모아 최적 자원 할당부(120)로 전달해준다.

[0022] 정보 획득부(110)로부터 전달받은 정보를 이용하여, 최적 자원 할당부(120)에서는 고립 채널 집합(Isolated Channel Set, ICS)을 이용하는 제 1 채널 선택부(121)와 유전자 알고리즘을 이용하는 제 2 채널 선택부(122)로 분류하여 자원을 효율적으로 할당할 수 있다.

[0023] 여기서, 제 1 채널 선택부(121)는 WRAN 스펙트럼 에티켓을 사용하고, 고립 채널 집합을 면허사용자 또는 인접한 WRAN 셀에서 점유하지 않으며 연속된 채널 집합으로 정의하며, 연속된 채널 집합 중 채널 개수가 가장 적은 채널을 선택할 수 있다.

[0024] 본 발명에서 정의한 고립 채널 집합은 면허사용자 또는 인접한 WRAN 주파수 셀에서 점유하지 않은 연속된 채널을 도 2의 하단에 보이는 것과 같이 구한다. 도 2에서 면허사용자가 등장했을 경우에서 볼 수 있듯이 ICS1은 1번과 연속된 4, 5번 두 개의 채널 집합이 존재하며, LPS(Local Priority Set)2와 교집합이 존재하게 되는데, 여기서 WRAN 셀이 연속된 채널 개수가 가장 적은 ICS1 채널을 선택하게 되면 WLAN AP는 기존의 스펙트럼 에티켓을 사용한 것보다 도 3과 같이 더 넓은 채널을 사용할 수 있게 된다. ICS1과 ICS2는 각각 인접한 셀의 Operating 채널을 고려한 것과 고려하지 않은 것이며, 발명에서 제안하는 스펙트럼 에티켓 동작 순서도는 도 4와 같다.

[0025] 도 4와 같이, 먼저 ICS1의 적용 가능 여부를 확인한다. ICS1이 존재하지 않는다면, WRAN 채널은 인접 주파수 셀이 사용하지 않고 있는 채널로 이동이 불가능하다. 또한 이와 같은 경우는 LPS3 단계와 동일한 상황이 되므로 LPS1과 LPS2 단계를 거치지 않고 가장 크기가 작은 ICS2 채널과 교집합에 속하는 채널을 선택한다. 반면에 ICS1이 존재하면 기존의 스펙트럼 에티켓 순서에 따라 LPS를 구하고 가장 작은 ICS1 채널과 교집합에 속하는 채널을 선택할 수 있다.

[0026] 만약, 가장 작은 ICS1 또는 가장 작은 ICS2의 크기가 3이상일 경우, 즉 가장 작은 고립채널이 3개 이상의 연속

된 채널로 구성되어있을 경우에는, 가장 외곽의 채널을 무작위로 선택할 수 있다. 예를 들어 가장 작은 ISC이 3, 4, 5일 경우에는 3번 또는 5번 채널을 선택하게 되면 4번 채널을 선택했을 때와는 달리 WLAN AP는 각각 3, 4번 채널, 4, 5번 채널의 연속된 채널을 추가적으로 얻을 수 있다. 이렇게, 고립 채널에 우선순위를 두는 WRAN 스펙트럼 에티켓은 WRAN 및 WLAN 모두의 성능을 향상시킬 수 있다.

[0027] TV 화이트 스페이스에서는 기존의 WLAN 프로토콜과 달리, FCC 규정에 따라서 모두 데이터베이스에 연결 되어 있어야 한다. 또한 모든 IEEE 802 표준 장치들 모두 데이터베이스에 위치 정보 및 사용자 인증 정보를 업데이트 하고, 데이터베이스로부터 사용 가능한 채널 정보 및 허가를 받아 TV 주파수 대역을 공유하게 된다. 모든 WLAN AP들은 직간접적으로 데이터베이스에 종속되어 있기 때문에, 분산적인 상호공존뿐만 아니라 도 5와 같이 중앙으로부터의 최적화 과정을 통한 동적 스펙트럼 할당이 가능하다. 본 발명에서는 앞서 설명한 유전자 알고리즘을 적용한 연산과정을 통하여 중앙으로부터의 WLAN 성능 최적화 과정을 제안한다.

[0028] 제 2 채널 선택부(122)는 유전자 알고리즘을 이용하여 최적 주파수를 선택할 수 있는데, 이때 염색체 및 유전자, 그리고 적합도 평가 함수를 정의하며, 정의된 적합도 평가 함수를 적용하여 각 AP에 적용하여 성능이 우수한 형질을 선택할 수 있다.

[0029] 유전자 알고리즘을 적용하는 것 중 가장 중요한 것은 시스템에 맞게 염색체 및 유전자 그리고 적합도 평가 함수를 정의하는 것이다. 본 발명에서 제안하는 유전자 알고리즘을 이용한 WLAN 채널 선택 방법은 도 6과 같다. 대역폭 및 채널 선택과 TPC(Transmit Power Control, 송신 전력 제어)를 유전자 알고리즘을 통하여 최적화 하게 되는데, 하나의 WRAN 셀 내에서 주파수 자원을 공유하고 있는 N개의 AP들의 정보를 무작위로 생성하고, 반복된 과정을 통하여 개체군을 형성한다. 여기서, 하나의 개체는 염색체로서 WLAN의 전체적인 성능을 평가할 수 있는 자료가 되며 각 AP의 대역폭, 할당된 송신전력, 채널 번호와 같은 정보는 유전자로서 염색체의 부분적인 형질 즉, 각 AP의 성능을 통하여 전체적인 네트워크의 성능을 결정할 수 있다.

[0030] 적합도 평가 과정은 샤논의 채널용량(Shannon Capacity) 공식을 각 AP에 적용한 후 평균을 구함으로써, 전체 시스템의 성능을 평가하여 가장 우수한 형질을 선택할 수 있다.

수학식 1

$$C_{WLAN(i)} = BW_{AP(i)} \log_2 \left(1 + \frac{P_{t-AP(i)}}{I_{AP(i-)} + I_{WRAN-BS} + N + \Gamma(d)} \right)$$

[0031]

수학식 2

$$C_{WRAN(k)} = BW_{CPE} \log_2 \left(1 + \frac{P_{t-BS(k)}}{I_{WLAN-APs} + N + \Gamma(d)} \right)$$

[0032]

수학식 3

$$N = kT(BW)$$

$$(k = \text{Boltzmann constant}, T = 300K)$$

[0033]

[0034] 수학식 1과 수학식 2는 각각 WLAN과 WRAN 사용자의 채널용량을 구하는 공식이며, 수학식 3은 열잡음 N을 구하는 공식이다. $P_{t-AP(i)}$ 와 $P_{t-BS(i)}$ 는 각각 WLAN AP와 WRAN 기지국의 송신전력 강도이고, $\Gamma(d)$ 는 해당 클라이언트까지의 경로손실이다. 수학식 1에서의 $I_{AP(i-)}$ 는 동일 셀 내에서의 다른 AP로부터의 간섭, $I_{WRAN-BS}$ 는 WRAN 기지국으로부터의 간섭으로 WLAN 사용자가 받는 이중 및 동종 기기의 간섭을 나타낸다. 수학식 2에서의 $I_{WLAN-APs}$ 는 셀 내의 이중 기기인 WLAN AP로부터 WRAN CPE가 받는 간섭량이며 OFDMA의 셀 내의 간섭(Inter-cell interference)은 0

이므로 WRAN 동종 기기 사이의 간섭은 무시할 수 있다.

[0035] 본 발명에서는 이중 시스템 혹은 동종 시스템의 상호공존 시나리오를 두 가지로 정의하고 있는데, 먼저 개별적 채널 사용(Individual Channel Use) 시나리오는 각각의 시스템에 다른 채널을 할당하는 시나리오를 말하며, 공유 채널 사용(Shared Channel Use) 시나리오는 사용 가능한 주파수 대역이 부족하거나 한정된 경우, 동종 시스템, 또는 이중 시스템이 동일 주파수 대역을 공유하여 사용하는 시나리오를 말한다.

[0036] 위의 수학적 식 1과 수학적 식 2를 이용하여 WLAN AP 및 WRAN CPE의 성능을 평가할 수 있으며 개별적 채널 사용 또는 공유 채널 사용 시나리오 각각에 따라서 WLAN 채널 할당 적합도 평가 함수를 $fit_{Individual}$, fit_{Shared} 로 각각 수학적 식 4와 수학적 식 5와 같이 정의한다.

수학적 식 4

$$fit_{Individual} = \frac{\left(\sum_{i=1}^M C_{WLAN(i)} \right)}{M}$$

($I_{WRAN-BS} = 0$, M =Number of APs)

[0037]

수학적 식 5

$$fit_{Shared} = \frac{\left(\sum_{i=1}^M C_{WLAN(i)} \right)}{M} + \frac{\left(\sum_{k=1}^K C_{WRAN(k)} \right)}{K}$$

(K =Number of CPEs)

[0038]

[0039] 개별적 채널 사용 시나리오의 경우 WLAN AP는 WRAN 기지국이 사용 중인 채널을 사용하지 않기 때문에 WRAN으로부터의 간섭 $I_{WRAN-BS}$ 을 고려하지 않으며 K 는 WRAN 셀 내의 전체 CPE 개수, M 은 전체 AP 개수를 나타낸다.

[0040] 위 두 수학적 식에서 보는 바와 같이 각 AP 및 CPE들의 시스템 성능 평균을 가지고 유전자 알고리즘의 탐색체 적합도를 계산하기 때문에 전체 시스템 성능 향상을 가져올 수 있다. 적합도 평가 과정 후 우수한 형질의 두 탐색체는 교배 과정을 거치게 되며, 이 후 돌연변이 과정을 통해 더 우수한 해를 얻을 수 있는 확률을 높인다.

[0041] 도 7은 본 발명에서 제안하는 주파수 공유 방법의 흐름도를 도시한 도면이다. WRAN과 WLAN의 이중 시스템 상호간 간섭을 최소화하는 방법으로써, WRAN과 WLAN의 정보를 획득하는 단계(710); 정보 획득부로부터 수집된 정보를 바탕으로 최적의 주파수 Sub-band를 할당하는 단계(720); 및 최적의 주파수 Sub-band를 각 해당 시스템에게 브로드캐스팅해주는 단계(730)를 수행할 수 있으며, 실시예에 따른 주파수 공유 방법의 각 단계는 도 1을 통해 설명한 주파수 공유 시스템(100)에 의해 수행될 수 있다.

[0042] TV 화이트 스페이스 주파수 대역에서의 보완된 스펙트럼 에티켓과 유전자 알고리즘을 사용한 WRAN 및 WLAN 채널 선택하는 방법과 그 시스템을 제안하였다. 앞서 설명한 시스템을 토대로 시뮬레이션 모델을 설정하여, 발명의 성능을 증명하도록 한다. 본 발명의 실시예에 있어서, 도 8부터 도 15까지의 그래프는 시뮬레이션을 통해 시스템의 성능을 나타낸 것이다.

[0043] 도 8부터 도 10까지는 개별적 채널 사용 시나리오에서의 각각 WLAN의 SINR 성능과 WLAN의 Throughput 성능, 그리고 Outage 확률을 나타낸 것으로서, WLAN의 랜덤 채널 선택 방법, 자가 공존 방법, 유전자 알고리즘을 적용한 WLAN의 채널 선택 방법, 또한 본 발명에서 제안하는 보완된 WLAN 스펙트럼 에티켓 및 유전자 알고리즘을 적용한 WLAN 선택 방법, 이 네 가지의 성능을 비교하였다.

[0044] 도 8을 참고하여, SINR 성능을 살펴보면 자가 공존 방법이나, 랜덤 선택 방법 보다 유전자 알고리즘을 사용하는 방법이 더 우수함을 볼 수 있지만, 발명에서 제안하는 WLAN 선택 방법보다 유전자 알고리즘만을 적용한 WLAN 채널 선택 방법의 SINR 성능이 조금 더 우수한 것으로 나타나있다. 이러한 이유는 WRAN 스펙트럼 에티켓 과정으로 인해 동종 시스템 간의 간섭이 증가하기 때문인데, 발명에서 제안하는 방법은 WLAN 사용자에게 넓은 대역폭

을 제공할 수 있기 때문에 도 9를 참고하면 Throughput 성능은 더 우수함을 알 수 있다.

[0045] 개별적 채널 사용 시나리오의 Outage 확률이 도 10에 도시되어 있는데, 이 또한, 랜덤 선택 방법이나 자가 공존 방법보다 유전자 알고리즘을 사용하는 방법이 더 낮음을 볼 수 있다.

[0046] 공유 채널 사용 시나리오에 있어서, 개별적 채널 사용 시나리오와 같은 시뮬레이션을 적용한 도 11부터 15까지의 그래프를 통해 주파수 공유 시스템의 성능을 평가할 수 있다.

[0047] 도 11과 도 12를 참고하면, 공유 채널 사용 시나리오 또한, 개별적 채널 사용 시나리오와 같이, 랜덤 채널 선택 방법이나 자가 공존 방법보다 유전자 알고리즘이나 발명에서 제안하는 방법의 WLAN의 SINR과 Throughput 성능이 더 우수함을 볼 수 있지만, 발명에서 제안하는 WRAN 스펙트럼 에티켓을 적용하는 것에 대해서 WLAN의 성능 변화를 볼 수 없지만, WRAN의 SINR 성능을 향상시킴을 도 13을 통해 확인할 수 있다.

[0048] 도 14와 도 15는 공유 채널 사용 시나리오에서 사용자 수에 따른 WLAN AP와 WRAN CPE의 Outage 확률을 나타낸 그래프이다. 두 그래프에서 확인되듯, 본 발명이 제안하는 기법을 사용할 경우, 사용자 수에 상관없이, 간섭을 효과적으로 줄일 수 있음을 알 수 있다.

[0049] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상술한 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

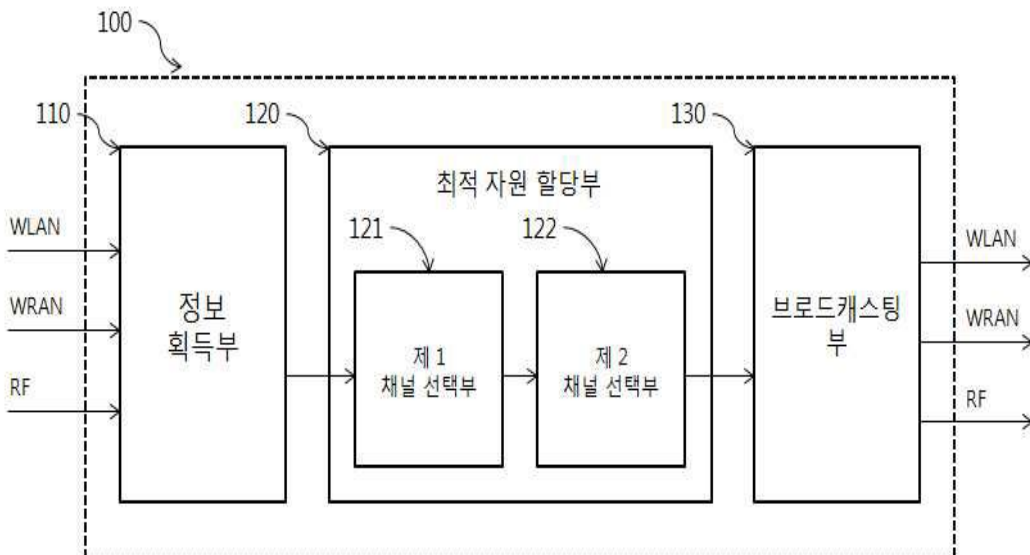
[0050] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

- [0051] 100: 주파수 공유 시스템
- 110: 정보 획득부
- 120: 최적 자원 할당부
- 121: 제 1 채널 선택부
- 122: 제 2 채널 선택부
- 130: 브로드캐스팅부

도면

도면1



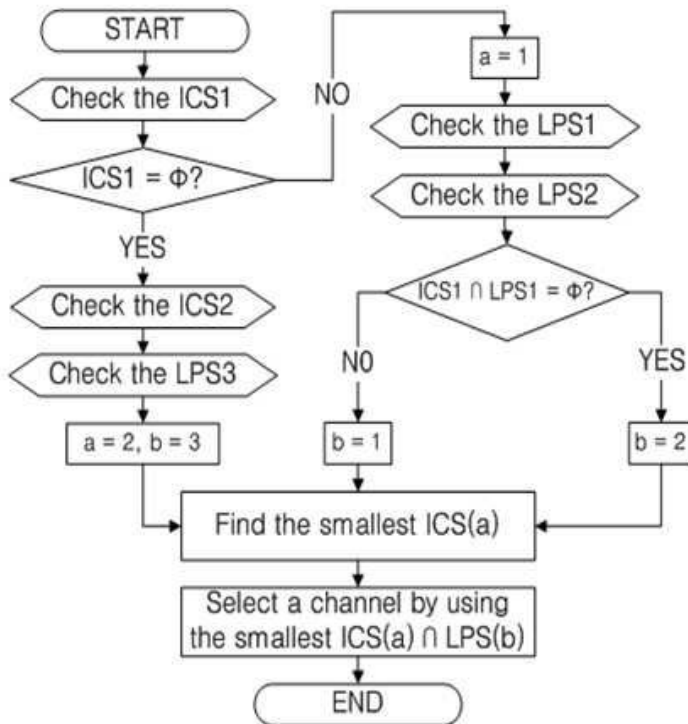
도면2

Central cell status	Before	incumbent appeared	spectrum etiquette
perating	3	3	5
Backup	7	7	1
Candidate	1, 4, 5, 6, 8	1, 4, 5, 6, 8	4, 6, 8
WRAN Occupied	6, 8	6, 8	6, 8
Neighbor Backup	1, 4	1, 4	1, 4
LPS 1	3, 5, 7	3, 5, 7	Φ
LPS 2	1, 3, 4, 5, 7	1, 3, 4, 5, 7	4
LPS 3	6, 8	6, 8	6, 8
ICS 1	(1), (4, 5)	(1), (4, 5)	(1), (4)
ICS 2	(1), (4, 5, 6), (8)		(1), (4), (6), (8)

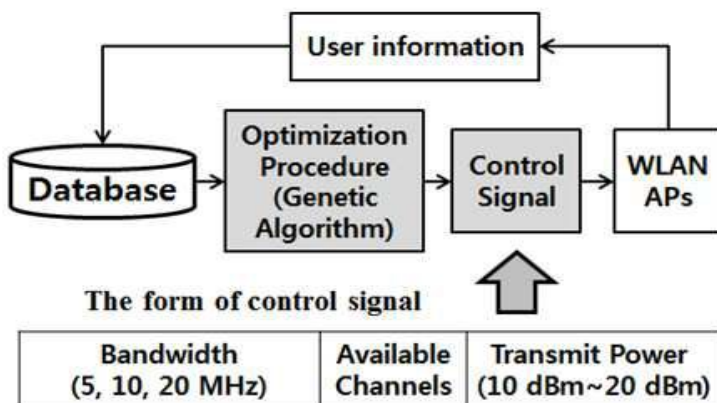
도면3

	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch6	Ch7	Ch8
C1		DTV		B		O		
C2	★	DTV	⊙ WM	WLAN			B WM	
C3	B	DTV	WM					O

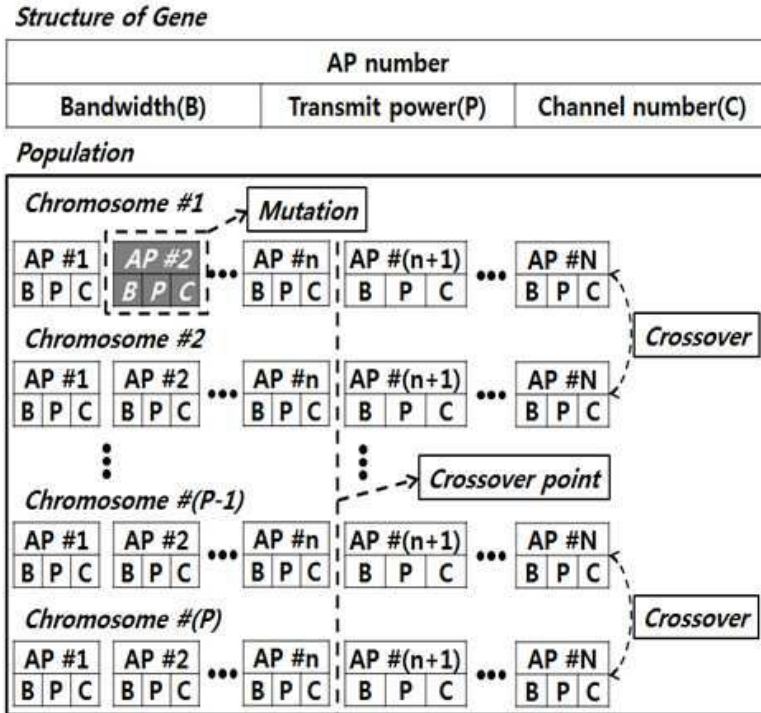
도면4



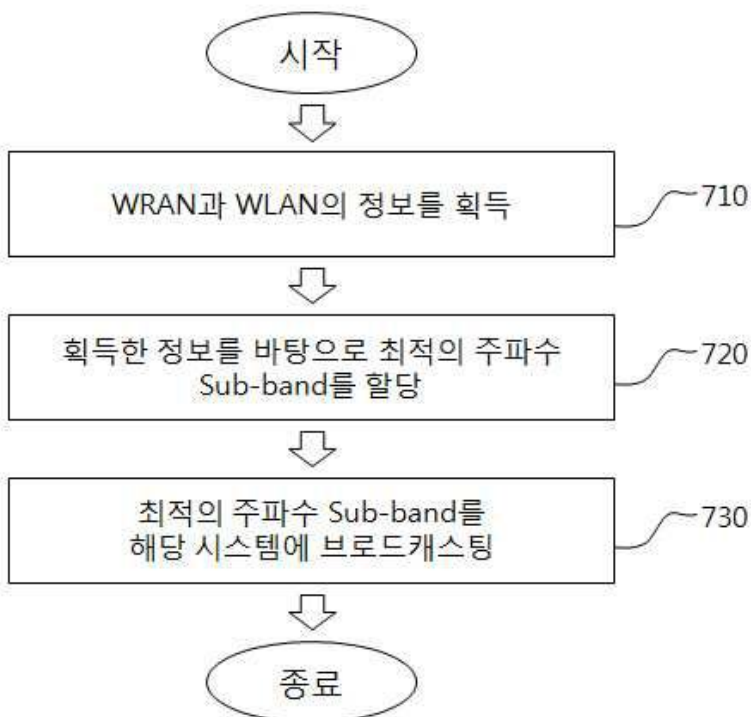
도면5



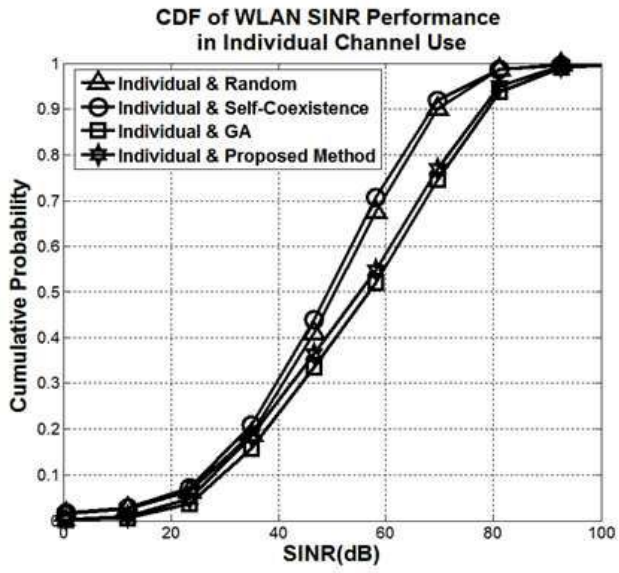
도면6



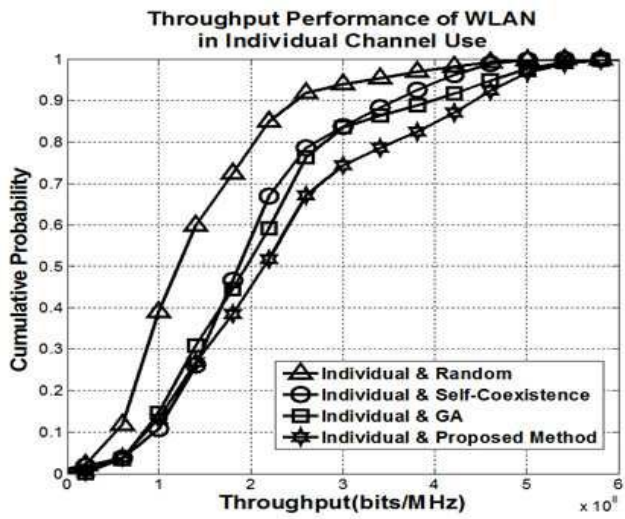
도면7



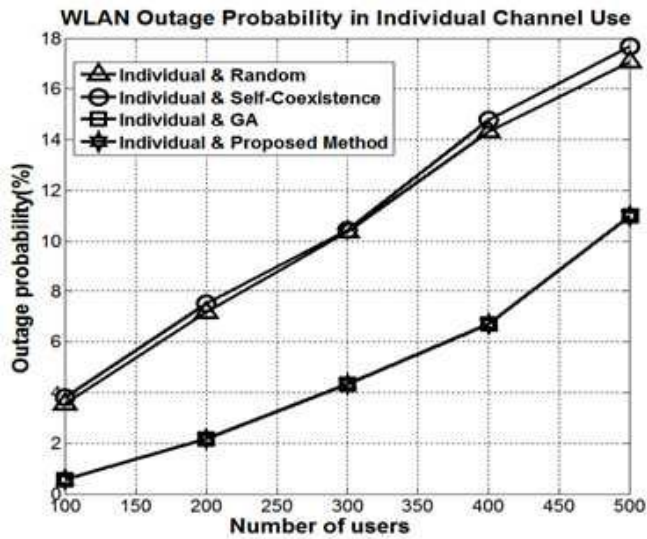
도면8



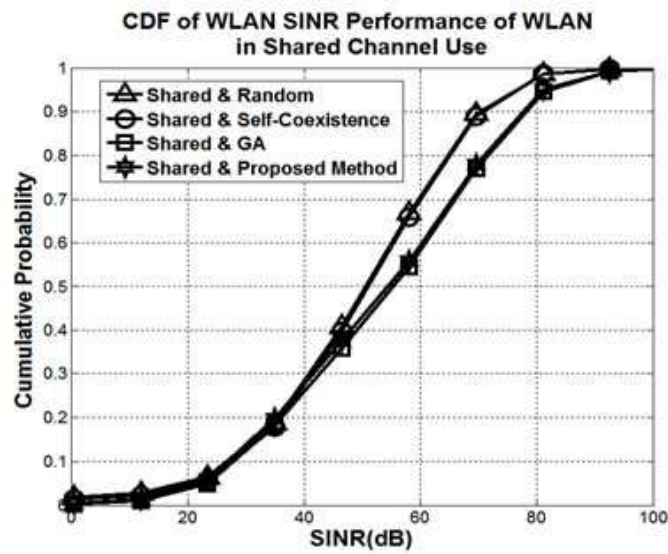
도면9



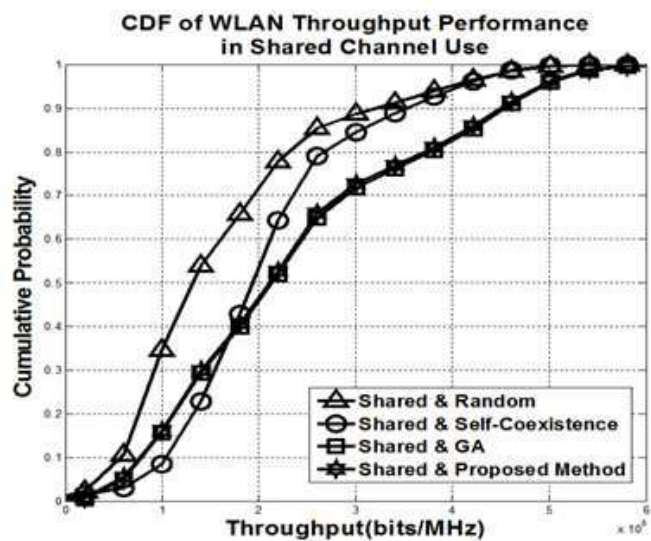
도면10



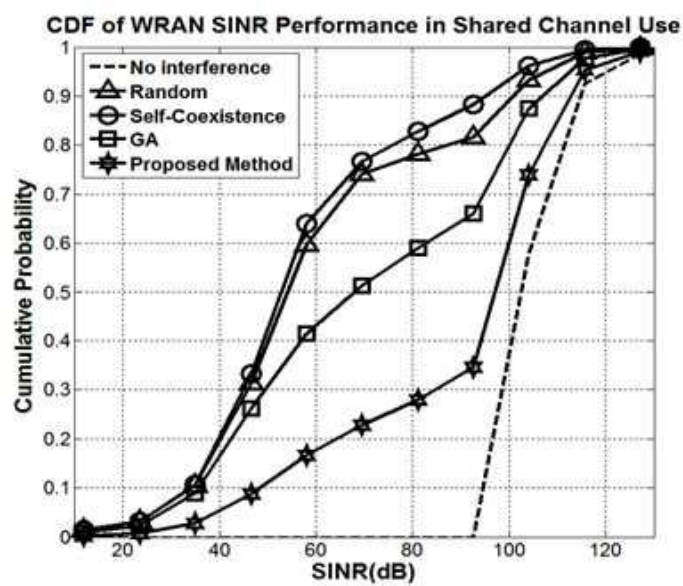
도면11



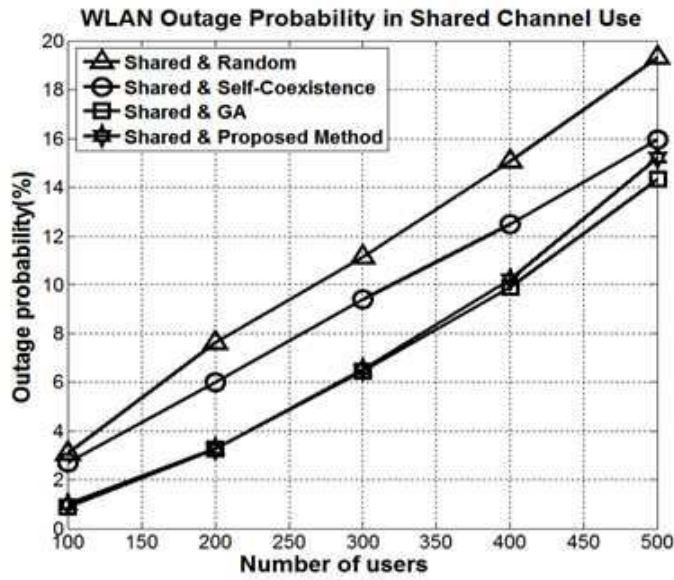
도면12



도면13



도면14



도면15

