(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년11월06일
(11) 등록번호 10-2176020
(24) 등록일자 2020년11월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 40/32 (2009.01) *G06N 20/00* (2019.01)
H04W 16/14 (2009.01) *H04W 24/02* (2009.01)
H04W 40/14 (2009.01) *H04W 72/02* (2009.01)
H04W 84/20 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 40/32 (2013.01)
G06N 20/00 (2019.01)
(21) 출원번호 10-2019-0096570
(22) 출원일자 2019년08월08일
심사청구일자 2019년08월08일
(56) 선행기술조사문헌
S.-J. Jang et al., Q-learning-based dynamic joint control of interference and transmission opportunities for cognitive radio, EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2018.
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
유상조
서울특별시 강남구 선릉로 221, 212동 302호(도곡동, 도곡렉슬아파트)
장성진
서울특별시 광진구 자양로4길 50(자양동, 자양동 주택)
알만
인천광역시 미추홀구 재넘이길 118, B101호(용현동)
(74) 대리인
양성보

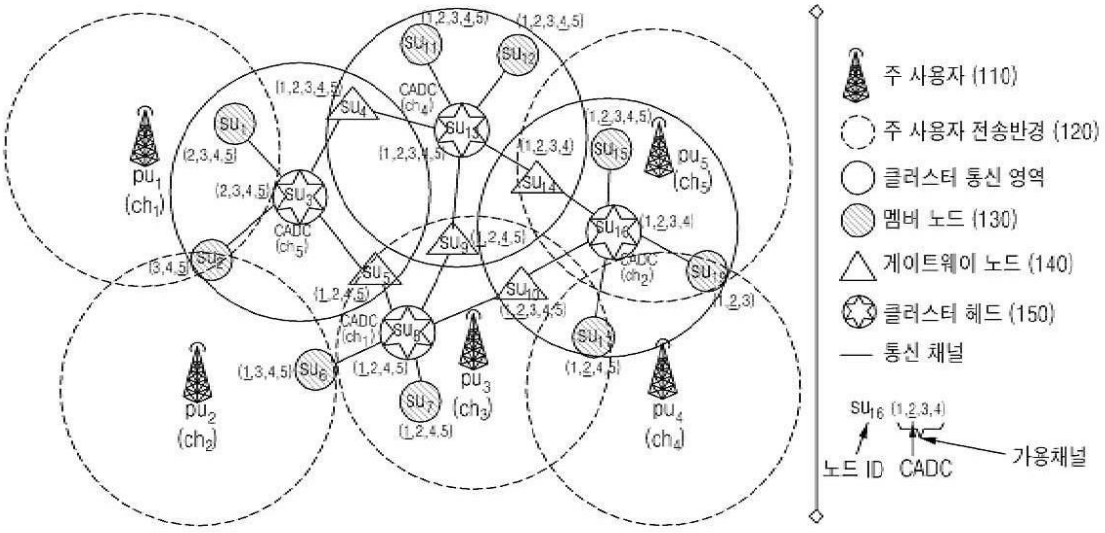
전체 청구항 수 : 총 11 항 심사관 : 황운철

(54) 발명의 명칭 **인지무선 애드혹 네트워크에서 확장성과 안정성을 고려한 Q러닝 기반의 클러스터링 방법**

(57) 요 약

인지무선 애드혹 네트워크에서 확장성과 안정성을 고려한 Q러닝 기반의 클러스터링 방법 및 장치가 제시된다. 본 발명에서 제안하는 인지무선 애드혹 네트워크에서 확장성과 안정성을 고려한 Q러닝 기반의 클러스터링 방법은 인지 무선 네트워크 내의 인지 무선 단말을 통해 해당 지역의 주파수 스펙트럼을 센싱하고, 대역 및 채널의 품질을 Q러닝을 사용하여 동적으로 평가하는 단계, 대역 및 채널의 품질에 대한 평가 결과와 주변 노드 및 클러스터 정보를 사용하기 위해 노드 채널 클러스터 정보 메시지를 구성하는 단계 및 클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 최적 채널을 선택하는 단계를 포함한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
H04W 16/14 (2013.01)
H04W 24/02 (2013.01)
H04W 40/14 (2013.01)
H04W 72/02 (2013.01)
H04W 84/20 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
KR101332940 B1
KR1020110069535 A
KR1020100021996 A
KR1020150041683 A

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711070432
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	대학ICT연구센터육성지원사업
연구과제명	스마트한 주파수 이용을 위한 스펙트럼 및 전파기술
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교 산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

인지 무선 네트워크 내의 인지 무선 단말을 통해 해당 지역의 주파수 스펙트럼을 센싱하고, 대역 및 채널의 품질을 Q러닝을 사용하여 동적으로 평가하는 단계;

대역 및 채널의 품질에 대한 평가 결과와 주변 노드 및 클러스터 정보를 사용하기 위해 노드 채널 클러스터 정보 메시지를 구성하는 단계; 및

클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 채널을 선택하는 단계

를 포함하는 Q러닝 기반 클러스터링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

인지 무선 네트워크 내의 인지 무선 단말을 통해 해당 지역의 주파수 스펙트럼을 센싱하고, 대역 및 채널의 품질을 Q러닝을 사용하여 동적으로 평가하는 단계는,

정규화된 평균 유휴시간 및 추정 유휴 시간 확률을 계산하는 단계;

정규화된 평균 유휴시간 및 추정 유휴 시간 확률을 사용하여 Q값을 계산하기 위한 Q러닝 함수를 계산하는 단계;

Q러닝 함수를 사용하여 Q테이블의 채널 선택 동작에 대한 Q값을 동적으로 계산하는 단계; 및

채널 선택 동작에 대한 Q값을 사용하여 대역 선택 동작에 대한 Q값을 동적으로 계산하는 단계

를 포함하는 Q러닝 기반 클러스터링 방법.

청구항 3

제 1항에 있어,

대역 및 채널의 품질에 대한 평가 결과와 주변 노드 및 클러스터 정보를 사용하기 위해 노드 채널 클러스터 정보 메시지를 구성하는 단계는,

노드 식별인자와 잔여 에너지를 사용하여 노드 특성 필드를 구성하는 단계;

가용채널 리스트와 가용채널의 Q값들을 사용하여 채널품질 필드를 구성하는 단계;

주변노드 리스트와 주변노드 가용채널 리스트를 사용하여 주변노드 연결성 필드를 구성하는 단계; 및

연결 가능한 주변 클러스터들의 집합과 연결 가능한 주변 클러스터들의 공통 활성 데이터 채널들을 사용하여 주변 클러스터 연결 가능성 필드를 구성하는 단계

를 포함하는 Q러닝 기반 클러스터링 방법.

청구항 4

제 1항에 있어,

클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 채널을 선택하는 단계는,

클러스터 헤드를 선택하기 위해 각 노드가 접근 가능한 채널들에 대해 채널 적합도 함수를 계산하는 단계;

각 노드의 잔여 에너지, 채널 적합도, 연결 가능한 주변 클러스터들의 개수, 주변노드들의 개수를 사용하여 클러스터 헤드 적합도 함수를 계산하는 단계; 및

클러스터 헤드 적합도 함수 결과를 사용하여 클러스터 헤드 요구 메시지를 노드 상호간에 송수신하여 클러스터 헤드를 선출하는 단계

를 포함하는 Q러닝 기반 클러스터링 방법.

청구항 5

제 1항에 있어,

클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 채널을 선택하는 단계는,

클러스터 멤버노드를 선택하기 위해 선출된 클러스터 헤드가 클러스터 헤드 선택 결과 메세지를 브로드캐스팅하는 단계;

클러스터 헤드 선택 결과 메세지를 수신 받은 노드가 자신의 가용 채널과 비교하고 가입 요청 메시지를 송신하는 단계; 및

상기 클러스터 헤드 선택 결과 메시지를 수신 받는 노드가 중복 된 메시지를 수신하는 경우 클러스터 헤드를 선택하는 단계

를 포함하는 Q러닝 기반 클러스터링 방법.

청구항 6

제 1항에 있어,

클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 채널을 선택하는 단계는,

클러스터 헤드가 수신된 노드 채널 클러스터 정보를 사용하여 게이트 웨이 노드를 선택하는 단계; 및

임의의 클러스터와 연결 가능한 멤버 노드가 중복하여 존재하는 경우 게이트 웨이 노드를 선택하는 단계

를 포함하는 Q러닝 기반 클러스터링 방법.

청구항 7

제 1항에 있어,

클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 채널을 선택하는 단계는,

클러스터 내 채널을 선택하기 위해 클러스터 헤드가 수신된 노드 채널 클러스터 정보를 사용하여 게이트 웨이 노드를 선택하는 단계; 및

임의의 클러스터와 연결 가능한 멤버 노드가 중복하여 존재하는 경우 게이트 웨이 노드를 선택하는 단계

를 포함하는 Q러닝 기반 클러스터링 방법.

청구항 8

인지 무선 네트워크 내의 인지 무선 단말을 통해 해당 지역의 주파수 스펙트럼을 센싱하고, 대역 및 채널의 품질을 Q러닝을 사용하여 동적으로 평가하는 대역 및 채널 품질 평가부;

대역 및 채널의 품질에 대한 평가 결과와 주변 노드 및 클러스터 정보를 사용하기 위해 노드 채널 클러스터 정보 메시지를 구성하는 노드 채널 클러스터 정보 메시지 생성부; 및

클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 채널을 선택하는 선택부

를 포함하는 Q러닝 기반 클러스터링 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

대역 및 채널 품질 평가부는,

정규화된 평균 유휴시간 및 추정 유휴 시간 확률을 계산하여 Q값을 계산하기 위한 Q러닝 함수를 계산하고, Q러닝 함수를 사용하여 Q테이블의 채널 선택 동작에 대한 Q값을 동적으로 계산하며, 채널 선택 동작에 대한 Q값을 사용하여 대역 선택 동작에 대한 Q값을 동적으로 계산하는

Q러닝 기반 클러스터링 장치.

청구항 10

제8항에 있어서,

노드 채널 클러스터 정보 메시지 생성부는,

노드 식별인자와 잔여 에너지를 사용하여 노드 특성 필드를 구성하고, 가용채널 리스트와 가용채널의 Q값들을 사용하여 채널품질 필드를 구성하고, 주변노드 리스트와 주변노드 가용채널 리스트를 사용하여 주변노드 연결성 필드를 구성하며, 연결 가능한 주변 클러스터들의 집합과 연결 가능한 주변 클러스터들의 공통 활성 데이터 채널들을 사용하여 주변 클러스터 연결 가능성 필드를 구성하는

Q러닝 기반 클러스터링 장치.

청구항 11

제8항에 있어서,

선택부는,

클러스터 헤드를 선택하기 위해 각 노드가 접근 가능한 채널들에 대해 채널 적합도 함수를 계산하여 각 노드의 잔여 에너지, 채널 적합도, 연결 가능한 주변 클러스터들의 개수, 주변노드들의 개수를 사용하여 클러스터 헤드 적합도 함수를 계산하고, 클러스터 헤드 적합도 함수 결과를 사용하여 클러스터 헤드 요구 메시지를 노드 상호간에 송수신하여 클러스터 헤드를 선출하고,

클러스터 멤버노드를 선택하기 위해 선출된 클러스터 헤드가 클러스터 헤드 선택 결과 메세지를 브로드캐스팅하고, 클러스터 헤드 선택 결과 메세지를 수신 받은 노드가 자신의 가용 채널과 비교하고 가입 요청 메시지를 송신하며, 상기 클러스터 헤드 선택 결과 메시지를 수신 받는 노드가 중복 된 메시지를 수신하는 경우 클러스터 헤드를 선택하고,

클러스터 헤드가 수신된 노드 채널 클러스터 정보를 사용하여 게이트 웨이 노드를 선택하고, 임의의 클러스터와 연결 가능한 멤버 노드가 중복하여 존재하는 경우 게이트 웨이 노드를 선택하고,

클러스터 내 채널을 선택하기 위해 클러스터 헤드가 수신된 노드 채널 클러스터 정보를 사용하여 게이트 웨이 노드를 선택하고, 임의의 클러스터와 연결 가능한 멤버 노드가 중복하여 존재하는 경우 게이트 웨이 노드를 선택하는

Q러닝 기반 클러스터링 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 다중 채널(Multiple Channel)을 사용하는 인지 무선(Cognitive Radio) 네트워크에서 부 사용자 노드 간 정보 교환을 통해 동적으로 클러스터를 구성하는 방법 및 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 부 사용자 노드들이 스펙트럼 센싱 결과 및 노드 상호간 교환을 통해 얻은 정보를 기반으로 채널 및 대역 품질 평가, 클러스터 헤드, 클러스터 멤버 노드, 게이트웨이 노드, 공통 활성 데이터 채널 및 게이트웨이 노드를 동적으로 선택하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 다수의 채널을 선택적으로 사용하는 인지 무선 애드혹 네트워크(Ad-hoc Network)는 기 할당되지 않은 채널을 검색하여 유선 백본망 기반의 기지국 없이 무선으로 네트워크를 구성할 수 있는 기술이다.

[0003] 상기 인지 무선 애드혹 네트워크는 인증된 주파수 대역을 사용하는 주 사용자들의 유휴 대역을 활용하여, 주 사용자들의 통신에 방해를 주지 않는 한도 내에서 인지 무선 사용자들이 통신을 수행할 수 있다.

[0004] 상기 인지 무선 애드혹 네트워크는 유휴대역을 감지하여 주 사용자들로 인해 채널마다 각기 다른 파라미터들을 고려하고 각 멤버 노드들의 요구조건을 개별적으로 만족시키기 위해 사용할 수 있는 주파수 자원을 효율적으로

선택하는 기법이 요구된다.

[0005] 상기 인지 무선 애드혹 네트워크는 주 사용자가 존재하는 환경에서 유선 백본망 없이 데이터 통신을 수행하기 위해 클러스터 네트워크를 구성해야 하고 주 사용자의 동작특성 및 주변환경의 변화에 대응하여 데이터 통신을 안정적으로 수행하기 위해 동적으로 토폴로지를 구성하는 기법이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 인지 무선 애드혹 네트워크 환경에서 인지 무선 사용자들이 스펙트럼 센싱을 통해 대역 및 채널의 품질을 결정하고 노드 상호간 정보교환을 하여 클러스터에 속한 멤버 노드들간, 그리고 클러스터 간에 간섭 없이 원활한 통신을 위해 네트워크 토폴로지 및 사용 대역/채널을 동적으로 결정하는 방법 및 장치를 제공하는데 있다. 또한, 상기의 토폴로지 및 사용 대역/채널을 동적으로 결정하기 위해 고려되는 요소와 관련하여 네트워크 수명을 연장하고, 멤버 노드들뿐만 아니라 다른 클러스터 네트워크들에서도 연결성을 향상시킬 수 있으며, 선택된 데이터 채널을 이용하여 안정적이고 신뢰적인 서비스를 제공할 수 있고, 이웃하는 애드혹 클러스터들 간의 간섭을 피할 수 있는 방법 및 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 인지무선 애드혹 네트워크에서 확장성과 안정성을 고려한 Q러닝 기반의 클러스터링 방법은 인지 무선 네트워크 내의 인지 무선 단말을 통해 해당 지역의 주파수 스펙트럼을 센싱하고, 대역 및 채널의 품질을 Q러닝을 사용하여 동적으로 평가하는 단계, 대역 및 채널의 품질에 대한 평가 결과와 주변 노드 및 클러스터 정보를 사용하기 위해 노드 채널 클러스터 정보 메시지를 구성하는 단계 및 클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 최적 채널을 선택하는 단계를 포함한다.

[0008] 인지 무선 네트워크 내의 인지 무선 단말을 통해 해당 지역의 주파수 스펙트럼을 센싱하고, 대역 및 채널의 품질을 Q러닝을 사용하여 동적으로 평가하는 단계는 정규화된 평균 유휴시간 및 추정 유휴 시간 확률을 계산하는 단계, 정규화된 평균 유휴시간 및 추정 유휴 시간 확률을 사용하여 Q값을 계산하기 위한 Q러닝 함수를 계산하는 단계, Q러닝 함수를 사용하여 Q테이블의 채널 선택 동작에 대한 Q값을 동적으로 계산하는 단계 및 채널 선택 동작에 대한 Q값을 사용하여 대역 선택 동작에 대한 Q값을 동적으로 계산하는 단계를 포함한다.

[0009] 대역 및 채널의 품질에 대한 평가 결과와 주변 노드 및 클러스터 정보를 사용하기 위해 노드 채널 클러스터 정보 메시지를 구성하는 단계는 노드 식별인자와 잔여 에너지를 사용하여 노드 특성 필드를 구성하는 단계, 가용 채널 리스트와 가용채널의 Q값들을 사용하여 채널품질 필드를 구성하는 단계, 주변노드 리스트와 주변노드 가용 채널 리스트를 사용하여 주변노드 연결성 필드를 구성하는 단계 및 연결 가능한 주변 클러스터들의 집합과 연결 가능한 주변 클러스터들의 공통 활성 데이터 채널들을 사용하여 주변 클러스터 연결 가능성 필드를 구성하는 단계를 포함한다.

[0010] 클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 최적 채널을 선택하는 단계는 클러스터 헤드를 선택하기 위해 각 노드가 접근 가능한 채널들에 대해 채널 적합도 함수를 계산하는 단계, 각 노드의 잔여 에너지, 채널 적합도, 연결 가능한 주변 클러스터들의 개수, 주변노드들의 개수를 사용하여 클러스터 헤드 적합도 함수를 계산하는 단계 및 클러스터 헤드 적합도 함수 결과를 사용하여 클러스터 헤드 요구 메시지를 노드 상호간에 송수신하여 클러스터 헤드를 선출하는 단계를 포함한다.

[0011] 클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 최적 채널을 선택하는 단계는 클러스터 멤버노드를 선택하기 위해 선출된 클러스터 헤드가 클러스터 헤드 선택 결과 메세지를 브로드캐스팅하는 단계, 클러스터 헤드 선택 결과 메세지를 수신 받은 노드가 자신의 가용 채널과 비교하고 가입 요청 메시지를 송신하는 단계 및 상기 클러스터 헤드 선택 결과 메시지를 수신 받는 노드가 중복 된 메시지를 수신하는 경우 클러스터 헤드를 선택하는 단계를 포함한다.

[0012] 클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 최적 채널을 선택하는 단계는 클러스터 헤드가 수신된 노드 채널 클러스터 정보를 사용하여 게이트 웨이 노드를 선택하는 단계 및 임의의 클러스터와 연결 가능한 멤버 노드가 중복하여 존재하는 경우 게이트 웨이 노드를 선택하는 단계를 포함한다.

[0013] 클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 최적 채널을 선택하는 단계는 클러스터 내 최적 채널을 선택하기 위해 클러스터 헤드가 수신된 노드 채널 클러스터 정보를 사용하여 게이트 웨이 노드

를 선택하는 단계 및 임의의 클러스터와 연결 가능한 멤버 노드가 중복하여 존재하는 경우 게이트 웨이 노드를 선택하는 단계를 포함한다.

[0014] 또 다른 인지무선 애드혹 네트워크에서 확장성과 안정성을 고려한 Q러닝 기반의 클러스터링 장치는 인지 무선 네트워크 내의 인지 무선 단말을 통해 해당 지역의 주파수 스펙트럼을 센싱하고, 대역 및 채널의 품질을 Q러닝을 사용하여 동적으로 평가하는 대역 및 채널 품질 평가부, 대역 및 채널의 품질에 대한 평가 결과와 주변 노드 및 클러스터 정보를 사용하기 위해 노드 채널 클러스터 정보 메시지를 구성하는 노드 채널 클러스터 정보 메시지 생성부 및 클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 최적 채널을 선택하는 선택부를 포함한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명의 실시예들에 따르면 Q러닝을 이용하여 시간적으로 변하는 환경에서 동적으로 대역/채널의 품질을 측정하였고, 이를 통해 얻게 되는 Q값은 스펙트럼 센싱, 클러스터 헤드 선택, 공통 활성/백업 데이터 채널 선택 및 게이트 웨이 노드 선택을 위한 대역 그룹 결정과 같은 여러 목적으로 사용될 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예들에 따르면 노드의 잔여 에너지, 클러스터 내 멤버 노드 연결성, 클러스터 간 연결성, 가용 채널 목록 및 채널 품질을 고려한 다목적 함수를 사용하여 클러스터의 수명, 노드의 차수(node degree), 네트워크 연결성, 공통 채널의 개수 및 공통 데이터 채널 품질이 향상될 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예들에 따르면 중복성을 최소화하고 클러스터 간 연결성을 극대화할 수 있는 최적의 게이트 웨이 노드들의 집합을 도출할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예들에 따르면 게이트 웨이 노드를 선택하는데 있어 해당 노드가 사용 가능한 채널의 Q값을 사용하여 신뢰할 수 있는 클러스터 간 통신 링크를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다수의 주 사용자들이 존재하는 환경에서 인지무선 애드혹 네트워크의 개략도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 인지무선 애드혹 네트워크의 클러스터링을 수행하는 전체 구조를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 인지무선 애드혹 네트워크에서 확장성과 안정성을 고려한 Q러닝 기반의 클러스터링 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 인지무선 애드혹 네트워크의 클러스터링 과정에서 사용하는 채널 동작과정을 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 채널을 사용하기 위한 대역 그룹 구조를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 클러스터링 형성에 있어 대역 및 채널을 평가하기 위한 Q러닝에 사용되는 Q 테이블을 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 Q러닝 모듈이 대역 그룹을 선택한 뒤 스펙트럼 센싱 모듈이 해당 대역 그룹 내 채널들에 대해 주기적으로 광대역 센싱을 수행하는 것을 도시한 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 초기 클러스터 구성에 있어 각 노드가 주변 노드를 찾아내기 위해 상호간에 정보를 교환하기 위해 사용하는 노드 채널 클러스터 정보 메시지의 형식을 도시한 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 주변 클러스터 헤드가 존재하지 않는 상황에서 클러스터 헤드 선택 과정을 도시하는 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 인지무선 애드혹 네트워크에서 확장성과 안정성을 고려한 Q러닝 기반의 클러스터링 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따라 다중 클러스터들이 동시에 생성된 상황에서 클러스터의 형성을 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 본 발명은 다중 채널을 사용하는 인지 무선 애드혹 네트워크에서 멤버 노드들이 채널, 이웃노드, 이웃 클러스터에 대한 정보를 이용하여 클러스터 헤드, 클러스터 멤버, 게이트웨이 노드, 공통 활성 데이터 채널을 동적으로

선정하는 방법을 제공한다.

[0018] 본 발명에 있어서 이하 주로 사용되는 용어와 그 의미는 다음과 같이 정의된다.

[0019] 클러스터 헤드(Cluster Head; CH)는 클러스터 내에서 멤버 노드들로부터 센싱 결과 보고를 기초로 가용한 채널들의 집합을 구성하고 클러스터 내의 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 공통 활성 데이터 채널을 선택하는 단말로 정의한다.

[0020] 클러스터(Cluster)는 클러스터 헤드(CH)가 자신의 통신 가능 반경인 1홉 거리에 있는 관리 가능한 노드들의 집합으로 정의한다.

[0021] 멤버 노드(Member Node; MN)는 클러스터 내에서 데이터를 송수신하고 스펙트럼 센싱을 수행하여 채널 별로 주 사용자의 유무, 채널 별 품질 상태를 1홉 거리내의 상호 노드들 간에 보고하는 단말로 정의한다.

[0022] 본 발명의 실시예들은 인지무선 부 사용자 노드들이 주변환경을 관측한 뒤 1홉 거리 내 노드들로부터 얻는 정보를 기반으로 클러스터 헤드를 선정하고, 클러스터 헤드는 노드들로부터 정보를 교환하여 클러스터 멤버노드, 게이트웨이 노드, 공통 활성 데이터 채널을 동적으로 선택하는 방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 실시예들은 각 부 사용자 노드들이 채널을 센싱하여 채널 및 대역 품질을 산정하기 위한 Q러닝 동작 방법, 동적인 채널 및 대역 품질 산정을 위한 Q테이블의 구성방법, 노드 상호간 정보교환을 위한 메세지 구성방법, Q러닝을 통해 얻은 Q값을 바탕으로 채널 품질 산정을 위한 채널 적합도 설정방법, 노드의 잔여 에너지, 채널 적합도, 주변 클러스터 및 노드에 대한 연결성 정보를 바탕으로 클러스터 헤드 적합도 설정방법, 클러스터 헤드 적합도를 사용하여 클러스터 헤드 선정방법, 클러스터 내 사용 채널을 위한 공통 활성 데이터 채널 및 백업 채널 선정방법, 클러스터 내 멤버노드 및 게이트 웨이 노드를 선정하는 방법에 관한 것이다. 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다수의 주 사용자들이 존재하는 환경에서 인지무선 애드혹 네트워크의 개략도이다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 채널을 사용하는 인지무선 애드혹 네트워크는 주어진 지리적 영역에서 P 개의 주 사용자들($PU=\{pu_1, pu_2, \cdots, pu_p\}$)과 S 개의 부 사용자인 멤버 노드들 ($SU=\{su_1, su_2, \cdots, su_s\}$)이 존재하는 상황에서 고려된다.

[0026] 멤버 노드들은 단일 송수신기를 사용하고, 스펙트럼 센싱을 통해 주변의 주 사용자가 일시적으로 채널을 사용하지 않아 발생하는 빈 채널을 찾아내 사용함으로써 멤버 노드들의 주 사용자 채널 사용이 주 사용자에게 어떠한 간섭도 미치지 않도록 한다. 본 발명의 실시예들에서 멤버 노드들은 인지무선 애드혹 네트워크의 초기 클러스터를 구성하거나 해당 클러스터 구성의 재조정에 필요한 제어 메세지들을 교환하는데 있어 미리 정해진 공통제어 채널(Common Control Channel; CCC)을 사용한다.

[0027] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 채널을 사용하는 인지무선 애드혹 네트워크는, 도 1에 도시된 바와 같이 주 사용자들(110)이 존재할 수 있는 환경에서 다수의 멤버노드(130)들이 상호간 통신을 수행하여 게이트웨이 노드(140), 클러스터 헤드(150)를 선정하고 이를 바탕으로 애드혹 클러스터 네트워크를 구축하게 된다.

[0028] 도 1을 참조하여 주 사용자들은 지리적인 네트워크 영역에서 무작위적으로 존재하고 각각의 주 사용자들은 해당 지역에서 하나의 채널을 사용한다. 주 사용자들은 채널을 사용하는데 있어 동작(ON, busy)모드와 유휴모드(OFF, idle)를 번갈아가며 동작한다. 주 사용자 채널들에서 나타나는 동작모드와 유휴모드의 시간 통계들은 독립 항등분포(independent identically distributed; i.i.d.) 특성을 갖는다. 주 사용자의 전송반경 내에 있는 멤버노드들은 주 사용자들을 센싱하며 주 사용자가 동작모드로 동작할 때에 해당채널을 사용하지 않는다.

[0029] 도 1을 참조하여 채널 3(ch_3)을 사용하는 주 사용자(110, pu_3)의 전송 반경(120) 내에 있는 멤버노드들은 해당채널을 사용할 수 없다. 주 사용자의 전송반경은 멤버노드들에 의해 센싱되는 최소 요구 주 사용자 전력에 의해 결정되고 주 사용자 전송전력, 주 사용자 보호를 위한 센싱 요구사항 및 무선 채널 통계에 따라 달라지지만 본 발명에서는 주 사용자의 전송 반경은 사전에 정의된 전송반경으로 산정한다.

[0030] 도 1을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 클러스터 헤드는 분산적인 방법으로 Q러닝 기반의 다중목적 함수들에 의해 선택되고, 기 선택된 클러스터 헤드는 공통 활성 데이터 채널(Common Active Data Channel; CADC)과 공통 백업 데이터 채널(Common Backup Data Channel; CBDC)을 결정한다. 게이트웨이 노드들은 두 개 이상의 클러스터 애드혹 네트워크들을 연결하며 클러스터간(inter-cluster) 통신을 통해 클러스터간 데이터 릴레이를 수

행한다. 클러스터의 멤버노드들과 게이트웨이 노드들은 클러스터 헤드와 1홉 통신이 가능한 주변노드들로 구성된다.

[0032] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 인지무선 애드혹 네트워크의 클러스터링을 수행하는 전체 구조를 설명하기 위한 도면이다.

[0033] 도 2를 참조하여 광대역(다시 말해, 대역그룹) 스펙트럼 센싱 모듈(210)은 주기적으로 광대역 스펙트럼을 관측하고 모든 채널들에 대한 채널 품질 수준(250)을 계산한다. 과거의 채널 품질 수준과 기대 보상값을 기반으로 Q러닝 모듈(220)에서 채널 및 대역 그룹의 Q값이 갱신된다. 주변노드 탐지 모듈(230)은 주변 노드의 상태, 채널별 Q값과 다른 노드들 및 클러스터들에 대한 연결성 정보를 포함하는 노드 채널 클러스터 정보(Node Channel Cluster Information; NCCI) 메세지(260)를 공통제어채널을 통해 획득하거나 자신의 NCCI 메세지를 브로드캐스팅한다. 자신과 주변노드의 정보를 기반으로 각 노드는 클러스터 헤드 후보 평가 모듈(240)에서 클러스터 헤드가 될 자격이 있는 노드를 결정하고 클러스터 헤드 요청(Cluster Head Request; CH_REQ) 메세지를 해당 노드로 전송한다.

[0034] 본 발명의 일 실시예에 따른 인지무선 애드혹 네트워크의 노드는 충분한 CH_REQ 메세지(270)를 수신하면 클러스터 헤드가 될 수 있으며 최적의 CADC와 CBDC를 결정한다. CADC는 클러스터 내의 데이터 전송에 사용되며 CBDC는 주 사용자가 CADC에서 등장할 경우 대체하여 사용할 수 있는 데이터 통신 채널이다. 클러스터 헤드는 CH 식별번호와 CADC, CBDC를 포함하는 클러스터 헤드 선택 결과 메세지(Cluster Head Announcement; CH_ANM) 메세지(280)를 주변에 브로드캐스팅한다. CH_ANM 메세지를 수신 받은 멤버노드는 CADC에 자신이 접속 가능한 채널이 있는 경우 CH_ANM을 브로드캐스팅한 클러스터 헤드에게 JOIN_REQ(Join Request) 메세지(290)를 전송한다. 클러스터 헤드는 멤버노드의 다른 클러스터에 대한 연결성과 채널의 Q값을 사용하여 클러스터 간 통신을 위한 최적의 게이트 웨이 노드들을 멤버 노드들 중에 선택한다. 이후 클러스터 헤드는 MN&GN_ANM (Member Node and Gateway Node Announcement) 메세지(295)를 주변노드들에게 브로드캐스팅한다.

[0036] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 인지무선 애드혹 네트워크에서 확장성과 안정성을 고려한 Q러닝 기반의 클러스터링 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0037] 제안하는 인지무선 애드혹 네트워크에서 확장성과 안정성을 고려한 Q러닝 기반의 클러스터링 방법은 인지 무선 네트워크 내의 인지 무선 단말을 통해 해당 지역의 주파수 스펙트럼을 센싱하고, 대역 및 채널의 품질을 Q러닝을 사용하여 동적으로 평가하는 단계(310), 대역 및 채널의 품질에 대한 평가 결과와 주변 노드 및 클러스터 정보를 사용하기 위해 노드 채널 클러스터 정보 메시지를 구성하는 단계(320) 및 클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 최적 채널을 선택하는 단계(330)를 포함한다.

[0038] 단계(310)에서, 인지 무선 네트워크 내의 인지 무선 단말을 통해 해당 지역의 주파수 스펙트럼을 센싱하고, 대역 및 채널의 품질을 Q러닝을 사용하여 동적으로 평가한다.

[0039] 단계(310)는 정규화된 평균 유휴시간 및 추정 유휴 시간 확률을 계산하는 단계, 정규화된 평균 유휴시간 및 추정 유휴 시간 확률을 사용하여 Q값을 계산하기 위한 Q러닝 함수를 계산하는 단계, Q러닝 함수를 사용하여 Q테이블의 채널 선택 동작에 대한 Q값을 동적으로 계산하는 단계 및 채널 선택 동작에 대한 Q값을 사용하여 대역 선택 동작에 대한 Q값을 동적으로 계산하는 단계를 포함한다.

[0040] 단계(320)에서, 대역 및 채널의 품질에 대한 평가 결과와 주변 노드 및 클러스터 정보를 사용하기 위해 노드 채널 클러스터 정보 메시지를 구성한다.

[0041] 단계(320)는 노드 식별인자와 잔여 에너지를 사용하여 노드 특성 필드를 구성하는 단계, 가용채널 리스트와 가용채널의 Q값들을 사용하여 채널품질 필드를 구성하는 단계, 주변노드 리스트와 주변노드 가용채널 리스트를 사용하여 주변노드 연결성 필드를 구성하는 단계 및 연결 가능한 주변 클러스터들의 집합과 연결 가능한 주변 클러스터들의 공통 활성 데이터 채널들을 사용하여 주변 클러스터 연결 가능성 필드를 구성하는 단계를 포함한다.

[0042] 단계(330)에서, 클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 최적 채널을 선택한다.

[0043] 본 발명의 일 실시예에 따른 단계(330)는 클러스터 헤드를 선택하기 위해 각 노드가 접근 가능한 채널들에 대해 채널 적합도 함수를 계산하는 단계, 각 노드의 잔여 에너지, 채널 적합도, 연결 가능한 주변 클러스터들의 개수, 주변노드들의 개수를 사용하여 클러스터 헤드 적합도 함수를 계산하는 단계 및 클러스터 헤드 적합도 함수 결과를 사용하여 클러스터 헤드 요구 메시지를 노드 상호간에 송수신하여 클러스터 헤드를 선출하는 단계를

포함한다.

[0044] 본 발명의 다른 실시예에 따른 단계(330)는 클러스터 멤버노드를 선택하기 위해 선출된 클러스터 헤드가 클러스터 헤드 선택 결과 메세지를 브로드캐스팅하는 단계, 클러스터 헤드 선택 결과 메세지를 수신 받은 노드가 자신의 가용 채널과 비교하고 가입 요청 메시지를 송신하는 단계 및 상기 클러스터 헤드 선택 결과 메시지를 수신 받는 노드가 중복 된 메시지를 수신하는 경우 클러스터 헤드를 선택한다.

[0045] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 단계(330)는 클러스터 헤드가 수신된 노드 채널 클러스터 정보를 사용하여 게이트 웨이 노드를 선택하는 단계 및 임의의 클러스터와 연결 가능한 멤버 노드가 중복하여 존재하는 경우 게이트 웨이 노드를 선택하는 단계를 포함한다.

[0046] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 단계(330)는 클러스터 내 최적 채널을 선택하기 위해 클러스터 헤드가 수신된 노드 채널 클러스터 정보를 사용하여 게이트 웨이 노드를 선택하는 단계 및 임의의 클러스터와 연결 가능한 멤버 노드가 중복하여 존재하는 경우 게이트 웨이 노드를 선택하는 단계를 포함한다.

[0048] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 인지무선 애드혹 네트워크의 클러스터링 과정에서 사용하는 채널 동작과정을 나타내는 도면이다.

[0049] 각 노드는 광대역 스펙트럼을 주기적으로 센싱(410)하여 가용한 모든 채널과 그에 대한 통계적 특성을 얻는다. 노드들은 공통 제어 채널을 통해 초기 클러스터링(420) 또는 클러스터 재구성(470)을 위한 메세지를 교환한다. 클러스터가 형성된 후에는 CADC를 사용하여 클러스터 내부(intra) 혹은 클러스터 상호간(inter)의 데이터 통신이 수행된다(430). 노드들은 CADC를 사용하여 주기적으로 NCCI 메세지를 교환하여 현재 채널과 주변노드의 상태에 대해 보고한다(440). 클러스터가 구성된 후에는 클러스터 헤더가 주기적으로 CH_ANM 메세지를 공통제어채널에 브로드캐스팅하여 새로운 노드가 클러스터에 추가되거나 다른 클러스터의 노드들이 클러스터 헤드 혹은 그들의 CADC를 인지할 수 있도록 한다(450). 주 사용자가 검출되면 클러스터의 노드들은 데이터 통신 채널을 CBDC로 전환하여 사용한다(460).

[0051] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 채널을 사용하기 위한 대역 그룹 구조를 나타내는 도면이다.

[0052] 멤버 노드들이 스펙트럼 센싱을 수행하는데 있어 주어진 센싱 시간 내에 수 kHz에서 수 GHz에 이르는 전체 주파수 스펙트럼을 센싱하는 것은 실용적이지 않기 때문에 전체 대역을 분할하여 센싱한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 인지무선 애드혹 네트워크 클러스터링 시스템은 전체 동작 대역을 G개의 대역그룹들 $BG=\{bg_1, bg_2, \cdots, bg_G\}$(510)로 분할하고 각 대역 그룹은 M 개의 채널들로 구성된다(520).

[0054] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 클러스터링 형성에 있어 대역 및 채널을 평가하기 위한 Q러닝에 사용되는 Q테이블을 나타내는 도면이다.

[0055] 본 발명의 일 실시예에 따른 광대역 스펙트럼 센싱은 Q러닝 알고리즘을 사용하여 대역 그룹들 중 하나를 선택하여 이뤄진다. 도 6을 참조하여 Q테이블의 상태들(610)은 각 멤버노드들을 나타내고 따라서 각 노드들은 단일 상태에 대응된다. 도 6을 참조하여 Q테이블의 동작들(620)은 스펙트럼 센싱을 위한 대역 그룹들을 나타낸다.

[0056] 도 6을 참조하여 Q테이블에서 멤버노드 su_s 의 대역그룹 bg_g 을 평가하기 위한 Q값은 [수학식 1]에 의해 산정될 수 있다.

[0057] [수학식 1]

[0058]
$$Q(su_s, bg_g) = \frac{1}{M} \sum_{c=M(g-1)+1}^{gM} Q(su_s, ch_c)$$

[0059] 도 6과 [수학식 1]을 참조하여 $Q(su_s, ch_c)$는 멤버노드 su_s의 채널 ch_c에 대한 Q값이고 따라서 [수학식 1]은 멤버노드 su_s 의 대역 그룹 bg_g에 속하는 채널들의 Q값의 평균을 나타낸다.

[0060] 멤버 노드 su_s의 Q러닝 모듈은 스펙트럼 센싱을 위해 대역 그룹 중 가장 높은 Q값을 갖는 대역그룹 bg_g^*를 선택하며 [수학식 2]에 의해 산정될 수 있다.

[0061] [수학식 2]

[0062] $$bg_g^* = \arg\max_{bg_s} Q(su_s, bg_g)$$

[0063]

[0064] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 Q러닝 모듈이 대역 그룹을 선택한 뒤 스펙트럼 센싱 모듈이 해당 대역 그룹 내 채널들에 대해 주기적으로 광대역 센싱을 수행하는 것을 도시한 도면이다.

[0065] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 Q러닝 모듈이 대역 그룹 bg_g^*을 선택한 뒤 스펙트럼 센싱 모듈이 해당 대역 그룹 내 채널들에 대해 주기적으로 N_s번의 광대역 센싱을 수행하는 것을 도시한 도면이다. 도 7를 참조하여 N_s번의 센싱 이후 측정된 채널 품질 수준에 따라 채널과 각 대역 그룹의 Q값들이 갱신된다. 이후에는 다음 대역 그룹에 대한 광대역 센싱이 수행된다. 도 7을 참조하여 센싱간격(sensing interval)은 T_{si}(710)이고 따라서 대역 그룹별 동작 결정 간격은 $N_s T_{si}$이다. 다음 번 대역 그룹의 센싱에서 기 선택된 대역 그룹이 다시 선택될 수 있으며 이 경우 선택된 대역 그룹 (bg_g^*)의 대역 그룹 센싱시간($T_{bg_s^*}$)은 $N_s T_{si}$의 정수배가 된다.

[0066] 도 6 및 도 7을 참조하여 해당 대역 그룹의 센싱이 종료되고 새롭게 다른 대역 그룹이 광대역 스펙트럼 센싱을 위해 선택되는 경우 채널에 관련된 Q값은 [수학식 3]에 의해 산정될 수 있다.

[0067] [수학식 3]

[0068] $$Q(su_s, ch_c) = (1-\alpha) Q(su_s, ch_c) + \alpha \left\{ r_{su_s}^{ch_c} + \gamma \max_{ch_c} Q(su_s, ch_c^*) \right\}$$

[0069] [수학식 3]을 참조하여 동작 ch_c를 선택하여 얻는 $r_{su_s}^{ch_c}$는 채널관측시간($T_{bg_s^*}$)에 대해 정규화된 평균 유휴 시간($T_{su_s}^{ch_c}$)과 추정 유휴시간확률($P_{su_s}^{ch_c}$)의 가중 합으로써 [수학식 4]에 의해 산정될 수 있다.

[0070] [수학식 4]

[0071] $$r_{su_s}^{ch_c} = \omega_1 T_{su_s}^{ch_c} + \omega_2 P_{su_s}^{ch_c}, \quad \omega_1 + \omega_2 = 1$$

[0072] [수학식 4]를 참조하여 정규화된 평균 유휴 시간($T_{su_s}^{ch_c}$)은 [수학식 5]에 의해 산정될 수 있다.

[0073] [수학식 5]

[0074] $$T_{su_s}^{ch_c} = \frac{\text{채널 } ch_c \text{의 평균유휴시간}}{\text{대역그룹 } bg_g^* \text{의 센싱시간}} = \frac{E[T_{idle}^{ch_c}]}{T_{bg_s^*}}$$

[0075] [수학식 4]를 참조하여 정규화된 추정 유휴시간확률($P_{su_s}^{ch_c}$)은 [수학식 6]에 의해 산정될 수 있다.

[0076] [수학식 6]

[0077] $$P_{su_s}^{ch_c} = \frac{\text{채널 } ch_c \text{에 대한 유휴시간 관측횟수}}{T_{bg_s^*} \text{동안 채널 } ch_c \text{에 대한 센싱 시도 횟수}}$$

[0078] 본 발명의 일 실시예에 따라 Q값을 산정하는데 있어 특정 채널의 동작 모드와 유휴 모드의 결정은 임의의 센싱을 통해 수행될 수 있으며 에너지 검출 기반 스펙트럼 센싱의 경우 수신신호의 에너지가 특정 검출값 이상인 경우 해당 채널이 주 사용자에 의해 점유된 것으로 정의된다.

[0079] 도 7을 참조하여 부 사용자 멤버노드 su_s에 대해 대역 그룹 bg_1이 스펙트럼 센싱을 위해 선택되었으며 N_s번(5 번)의 센싱 이후 대역 그룹 bg_2가 선택된다. 대역그룹 bg_1의 채널 ch_1과 ch_2에 대해 다섯 번의 센싱 횟수에 대해 세 번의 유휴 시간 횟수로써 추정 유휴시간확률이 동일(730)하다. 그러나 채널 ch_2는 ch_1보다 더 긴 정규화된 평균 유휴 시간을 갖는다(720).

[0080] 본 발명의 일 실시예에 따라 [수학식 1], [수학식 2], [수학식 3], [수학식 4], [수학식 5], [수학식 6]을 참조하여 채널 품질을 평가하기 위해 산정되는 Q값들은 클러스터 헤드의 선택, CDBA의 선택 및 게이트웨이의 선택에 사용된다.

[0082] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 초기 클러스터 구성에 있어 각 노드가 주변 노드를 찾아내기 위해 상호간에 정보를 교환하기 위해 사용하는 노드 채널 클러스터 정보 메시지의 형식을 도시한 도면이다.

[0083] 각 노드는 NCCI 메세지를 구성하여 공통제어채널을 통해 1 홉 거리의 주변 노드들에게 브로드캐스팅하고 도 8을 참조하여 NCCI 메세지는 노드 특성, 채널 품질 Q값, 주변 노드 정보 및 연결 가능한 클러스터 정보를 포함한다.

[0084] 도 8을 참조하여 노드 특성 필드(810)는 노드의 식별인자(811)와 현재 잔여 에너지 레벨 (E_{id}^{R})(812)을 포함한다. 채널 품질 필드(820)는 가용채널 리스트(821)와 스펙트럼 센싱에 의해 측정된 모든 가용 채널들에 대해 갱신된 Q값의 집합(822)을 포함한다. 그리고, 주변 노드 연결성 필드(830)는 주변 노드 리스트(831)와 1 홉 거리 내의 주변 노드들로부터 브로드캐스팅된 NCCI 메세지를 수신 받아 얻은 각각의 주변 노드들의 가용채널 리스트(832)를 포함한다. 마지막으로 주변 클러스터 연결 가능성 필드(840)는 연결 가능한 주변 클러스터들의 집합(841)과 해당 클러스터들에 대한 현재 CADC들(842)을 포함한다. 주변 클러스터 정보는 주변 클러스터 헤더들이 공통제어채널을 통해 주기적으로 브로드캐스팅하는 CH_ANM 메세지를 수신 받아 얻을 수 있다.

[0085] 도 8과 도 1을 참조하여 NCCI 메세지는 노드 A에 의해 브로드캐스팅되며 네 개의 가용 채널을 갖는다. 노드 A는 네 개의 주변 노드들 $\{B, D, E, F\}$를 갖고 두 개의 주변 클러스터들 $\{K, L\}$를 갖는다. 노드 A는 주변 클러스터들의 멤버노드일 수도 있거나 클러스터의 CADC를 사용하여 다른 클러스터에 참여할 수 있다. 주변 클러스터 K와 L의 CADC는 각각 채널 3과 4이고 주변 클러스터들과 발생할 수 있는 간섭을 피하기 위해 새롭게 구성되는 클러스터는 주변 클러스터들의 CADC들을 사용하지 않아야 한다. 따라서 노드 A를 포함하여 새롭게 형성되는 클러스터는 주변 클러스터들 $\{K, L\}$에 의해 사용되고 있는 채널들 $\{3, 4\}$를 사용하지 않는다. 클러스터가 형성된 후에 모든 멤버노드들은 CADC를 사용하여 NCCI를 주기적으로 갱신하여 브로드캐스팅한다.

[0086] 도 2를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따라 클러스터링을 구성하기 위한 동작 중 NCCI 메세지를 교환한 후에 각 노드는 필요한 주변노드 정보를 얻고 이를 사용하여 주변노드들과 자신을 포함한 클러스터 헤드 적합도를 계산한다. 노드의 클러스터 헤드 적합도 값은 해당 노드가 클러스터 헤드가 되기에 얼마나 적합한지를 나타내는 것으로써 잔여 에너지, 채널품질, 가용채널의 수, 연결 가능한 주변 노드들의 개수, 연결 가능한 클러스터들의 개수들의 가중합인 다중목적 적합도 함수로부터 계산된다.

[0087] 본 발명의 일 실시예에 따라 특정 노드에 대한 클러스터 헤드 적합도를 산정하는데 사용되는 채널 적합도 함수는 노드 j에 대해 [수학식 7]에 의해 산정될 수 있다.

[0088] [수학식 7]

[0089] $$CF_j = \sum_{k \in EAC_j} \left\{ Q(j,k) \cdot \left| N_j^k \right| \right\}$$

[0090] [수학식 7]을 참조하여 노드 j의 채널 적합도 함수는 노드 j에 대해 유효가용채널들(Effective Available Channels; EACs)의 집합에 속하는 채널들에 대한 Q값과 해당 채널들을 사용하여 노드 j와 연결이 가능한 주변 노드들의 집합을 곱한 값이다.

[0091] [수학식 7]을 참조하여 노드 j와 연결 가능한 주변 노드들의 집합은 [수학식 8]과 같이 산정될 수 있다.

[0092] [수학식 8]

[0093] $$N_j^k = \{n \in NN_j \mid k \in AC_n\}$$

[0094] [수학식 7]을 참조하여 노드 j의 유효가용채널의 집합은 노드 j의 가용채널의 집합에서 주변 클러스터들의 CADC들을 제거한 것으로써 [수학식 9]와 같이 산정될 수 있다.

[0095] [수학식 9]

[0096] $$EAC_j = AC_j - \bigcup_{n \in (NN_j \cup j)} NCDC_n$$

[0097] [수학식 7]을 참조하여 유효가용채널의 수가 많고, 유효가용채널들의 Q값이 높으며 유효가용채널들을 사용하는 연결가능 주변노드들의 수가 많을수록 채널적합도 함수의 값이 증가한다.

[0098] 노드 j의 클러스터 헤드 적합도 함수의 값은 노드 j의 잔여에너지(E_j^R), 채널적합도 함수(CF_j), 노드 j와 노드 j의 주변노드들을 통해 연결가능한 주변 클러스터들의 수(NRC_j), 노드 j의 주변노드들의 개수($|NN_j|$)를 사용하여 [수학식 10]과 같이 산정될 수 있다.

[0099] [수학식 10]

[0100] $$V_j = \beta_1 \frac{E_j^R}{E_{\max}} + \beta_2 \frac{CF_j}{CF_{\max}} + \beta_3 \frac{NRC_j}{NRC_{\max}} + \beta_4 \frac{|NN_j|}{NN_{\max}},$$

[0101] $$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = 1$$

[0102] [수학식 10]을 참조하여 노드 j와 노드 j의 주변노드들을 통해 연결 가능한 주변 클러스터들의 개수는 [수학식 11]을 사용하여 산정될 수 있다.

[0103] [수학식 11]

[0104] $$NRC_j = \left| NC_j \cup \left(\bigcup_{n \in NN_j} NC_n \right) \right|$$

[0105] 노드 i가 [수학식 10]을 참조하여 자기 자신과 주변의 1 홉 거리의 노드들에 대한 클러스터 헤드 적합도 함수의 값들을 계산하고 난 뒤에, 노드 i는 클러스터 헤드 적합도 함수값이 가장 높은 노드를 선택하여 노드 i의 클러스터 헤드 후보로 고려할 수 있는데 이는 [수학식 12]와 같이 산정될 수 있다.

[0106] [수학식 12]

[0107] $$CH_i^c = \operatorname{argmax}_{j \in (NN_i \cup i)} V_j$$

[0108] 본 발명의 일 실시예에 따라 클러스터 헤드 후보 노드를 선택한 후에 각 노드는 공통제어채널을 사용하여 클러스터 헤드 후보 노드에게 CH_REQ 메세지를 송신한다. CH_REQ 메세지를 수신한 어떠한 노드 j는 자기 자신을 포함하여 사전에 정의된 비율 이상으로 CH_REQ 메세지를 받았을 때 클러스터 헤드가 되며 이는 [수학식 13]을 사용하여 산정될 수 있다.

[0109] [수학식 13]

[0110] $$n_j^{CH_REQ} \geq \eta(|NN_j| + 1)$$

[0111] [수학식 13]을 참조하여 $n_j^{CH_REQ}$는 자기 자신에게 요구하는 것을 포함하여 수신된 총 CH_REQ이고 η는 백

분위로 나타낸 임계값이다.

[0113] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 주변 클러스터 헤드가 존재하지 않는 상황에서 클러스터 헤드 선택 과정을 도시하는 도면이다.

[0114] 도 9를 참조하여 다수의 NCCI 메세지가 교환된 후에 각 노드들은 주변노드 정보를 획득한다. [수학식 7]과 [수학식 10]을 참조하여 각 노드들은 채널 적합도 함수 CF_j와 자신을 포함하여 주변 노드들의 클러스터 헤드 적합도 함수 V_j를 산정한다. 노드 C의 V_C는 가장 높은 값을 갖기 때문에 모든 노드들은 노드 C에게 CH_REQ 메세지를 송신하고, 노드 C는 노드 A, B, D에 대한 클러스터 헤드가 된다. 도 9를 참조하여 $\eta = 0.5$, $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0.25$, $E_{\max} = CF_{\max} = NRC_{\max} = NN_{\max} = 5$이다.

[0116] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 인지무선 애드혹 네트워크에서 확장성과 안정성을 고려한 Q러닝 기반의 클러스터링 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

[0117] 제안하는 인지무선 애드혹 네트워크에서 확장성과 안정성을 고려한 Q러닝 기반의 클러스터링 장치(1000)는 대역 및 채널 품질 평가부(1010), 노드 채널 클러스터 정보 메시지 생성부(1020), 선택부(1030)를 포함한다.

[0118] 대역 및 채널 품질 평가부(1010)는 인지 무선 네트워크 내의 인지 무선 단말을 통해 해당 지역의 주파수 스펙트럼을 센싱하고, 대역 및 채널의 품질을 Q러닝을 사용하여 동적으로 평가한다.

[0119] 대역 및 채널 품질 평가부(1010)는 정규화된 평균 유휴시간 및 추정 유휴 시간 확률을 계산하고, 정규화된 평균 유휴시간 및 추정 유휴 시간 확률을 사용하여 Q값을 계산하기 위한 Q러닝 함수를 계산한다. 이후, Q러닝 함수를 사용하여 Q테이블의 채널 선택 동작에 대한 Q값을 동적으로 계산하고, 채널 선택 동작에 대한 Q값을 사용하여 대역 선택 동작에 대한 Q값을 동적으로 계산한다.

[0120] 노드 채널 클러스터 정보 메시지 생성부(1020)는 대역 및 채널의 품질에 대한 평가 결과와 주변 노드 및 클러스터 정보를 사용하기 위해 노드 채널 클러스터 정보 메시지를 구성한다.

[0121] 노드 채널 클러스터 정보 메시지 생성부(1020)는 노드 식별인자와 잔여 에너지를 사용하여 노드 특성 필드를 구성하고, 가용채널 리스트와 가용채널의 Q값들을 사용하여 채널품질 필드를 구성한다. 이후, 주변노드 리스트와 주변노드 가용채널 리스트를 사용하여 주변노드 연결성 필드를 구성하고, 연결 가능한 주변 클러스터들의 집합과 연결 가능한 주변 클러스터들의 공통 활성 데이터 채널들을 사용하여 주변 클러스터 연결 가능성 필드를 구성한다.

[0122] 선택부(1030)는 클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 최적 채널을 선택한다.

[0123] 본 발명의 일 실시예에 따른 선택부(1030)는 클러스터 헤드를 선택하기 위해 각 노드가 접근 가능한 채널들에 대해 채널 적합도 함수를 계산하고, 각 노드의 잔여 에너지, 채널 적합도, 연결 가능한 주변 클러스터들의 개수, 주변노드들의 개수를 사용하여 클러스터 헤드 적합도 함수를 계산한다. 이후, 클러스터 헤드 적합도 함수 결과를 사용하여 클러스터 헤드 요구 메시지를 노드 상호간에 송수신하여 클러스터 헤드를 선출한다.

[0124] 본 발명의 다른 실시예에 따른 선택부(1030)는 클러스터 멤버노드를 선택하기 위해 선출된 클러스터 헤드가 클러스터 헤드 선택 결과 메세지를 브로드캐스팅하고, 클러스터 헤드 선택 결과 메세지를 수신 받은 노드가 자신의 가용 채널과 비교하고 가입 요청 메시지를 송신한다. 이후, 상기 클러스터 헤드 선택 결과 메시지를 수신 받는 노드가 중복 된 메시지를 수신하는 경우 클러스터 헤드를 선택한다.

[0125] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 선택부(1030)는 클러스터 헤드가 수신된 노드 채널 클러스터 정보를 사용하여 게이트 웨이 노드를 선택하고, 임의의 클러스터와 연결 가능한 멤버 노드가 중복하여 존재하는 경우 게이트 웨이 노드를 선택한다.

[0126] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 선택부(1030)는 클러스터 내 최적 채널을 선택하기 위해 클러스터 헤드가 수신된 노드 채널 클러스터 정보를 사용하여 게이트 웨이 노드를 선택하고, 임의의 클러스터와 연결 가능한 멤버 노드가 중복하여 존재하는 경우 게이트 웨이 노드를 선택한다.

[0128] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따라 다중 클러스터들이 동시에 생성된 상황에서 클러스터의 형성을 도시하는 도면이다.

[0129] 도 11을 참조하여 동일하게 각 노드들은 자신을 포함한 주변노드들의 클러스터 헤드 적합도함수를 계산하고 가장 높은 클러스터 헤드 적합도 함수를 갖는 멤버 노드에게 CH_REQ 메세지를 송신한다. 노드 A(1110), B(1120), D(1130), K(1140)는 적어도 하나의 CH_REQ 메세지를 수신한다. 도 11을 참조하여 $\eta = 0.5$이기 때문에 노드 A(1110)는 [수학식 13]을 참조하여 클러스터 헤드가 될 조건을 만족하지 못 한다. 따라서 노드 B(1120), D(1130), K(1140)는 클러스터 헤드가 되고, 각 클러스터 헤드는 자신의 클러스터를 구성한다. 노드 E(1150)의 가용 채널들이 노드 D 클러스터의 CADC와 노드 K 클러스터의 CADC를 포함하는 경우, 노드 E(1150)는 클러스터간 통신을 위한 게이트웨이 노드가 된다.

[0130] 도 2를 참조하여 노드 j가 클러스터 헤드로 선택된 후에 클러스터를 위한 공통 활성 데이터 채널(common active data channel)을 결정한다. 클러스터간 간섭을 피하기 위해 클러스터 헤드는 주변 클러스터들의 CADC들을 사용하지 않아야 한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 CADC 선택에서는 채널의 Q값과 채널을 사용하여 연결 가능한 주변 노드들의 개수를 사용한다. CADC 선택은 [수학식 14]를 사용하여 산정될 수 있다.

[0131] [수학식 14]

[0132] $$CADC_j = \arg\max_{k \in \boldsymbol{EAC}_j} \{ Q(i,k) \cdot \left| \boldsymbol{N}_j^k \right| \}$$

[0133] [수학식 14]를 참조하여 $\boldsymbol{EAC}_j$ 중에 두 번째로 큰 $Q(i,k) \cdot \left| \boldsymbol{N}_j^k \right|$를 갖는 채널이 있는 경우 해당 채널은 CBDC로 지정되어 주 사용자 신호가 CADC에서 검출되는 경우 CADC를 대체할 수 있다. 이후 클러스터 헤드 j는 공통제어채널을 사용하여 1홉 거리 내의 주변 노드들에게 CH_ANM 메세지를 브로드캐스팅하여 주변 노드들이 클러스터 헤드 노드 식별인자, CADC, CBDC의 정보를 획득할 수 있도록 한다.

[0134] 도 2를 참조하여 클러스터의 멤버노드 선정을 위해 특정 노드가 CH_ANM 메세지를 수신하여 메세지 내의 CADC가 해당 노드의 가용 채널들 중 하나와 동일할 경우 기 노드는 공통제어 채널을 사용하여 기 채널을 사용하는 클러스터 헤드에게 JOIN_REQ 메세지를 송신하여 클러스터에 병합될 수 있다. 노드 i가 다양한 클러스터 헤드들로부터 CH_ANM 메세지를 중복 수신하는 경우 해당 노드는 가장 큰 클러스터 헤드 적합도 함수 값을 갖는 최적 클러스터 헤드 j를 선택하며 이러한 방법은 [수학식 15]를 사용하여 산정될 수 있다.

[0135] [수학식 15]

[0136] $$CH_i^* = \arg\max_{j \in \boldsymbol{CHA}_i} V_j$$

[0137] [수학식 15]를 참조하여 $\boldsymbol{CHA}_i$는 노드 i가 수신한 CH_ANM 메세지를 보낸 주변 노드들의 집합이다.

[0138] 도 2를 참조하여 CH_ANM 메세지가 브로드캐스팅된 후 클러스터 헤드 j는 주변 노드들로부터 JOIN_REQ 메세지를 수신 받고 기 메세지를 송신한 노드들은 클러스터의 멤버 노드가 된다. 클러스터 헤드는 이미 모든 이웃 노드에 대해 이웃 클러스터 도달성 정보를 가지고 있기 때문에, 어떤 이웃 클러스터가 존재하는지, 어떤 CADC가 이웃 클러스터에 의해 사용되고 어떤 가입 요청 노드가 이웃 클러스터에 도달할 수 있는지를 알고 있다. 이러한 과정은 도 2를 참조하여 주변 노드 탐지 모듈이 동작하는 동안 수신된 NCCI 메세지를 통해 수행될 수 있다. 특정 멤버 노드가 주변 클러스터 l과 상호연결될 수 있는 단 하나의 노드인 경우 해당 노드는 주변 클러스터 l을 위한 게이트웨이노드 GN_{j-l}로 결정된다. 클러스터 l과 연결 가능한 멤버 노드가 여러 개 존재하는 경우 클러스터 헤드 j는 $CADC_j$와 $CADC_l$의 평균 Q값이 가장 큰 멤버노드를 게이트웨이 노드(GN_{j-l})로 선택하며 이는 [수학식 16]을 통해 산정될 수 있다.

[0139] [수학식 16]

[0140] $$GN_{j-l} = \arg\max_{m | CADC_j, CADC_l \in \boldsymbol{AC}_m} \left\{ \frac{Q(m, CADC_j + CADC_l)}{2} \right\}$$

[0141] 도 2를 참조하여 게이트웨이 노드들이 선택되고 난 후 클러스터 헤드는 멤버노드 식별인자, 게이트웨이 노드 식

별인자, 주변 클러스터 식별인자를 포함하는 MN&GN_ANM 메세지를 브로드캐스팅한다.

[0143] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0144] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

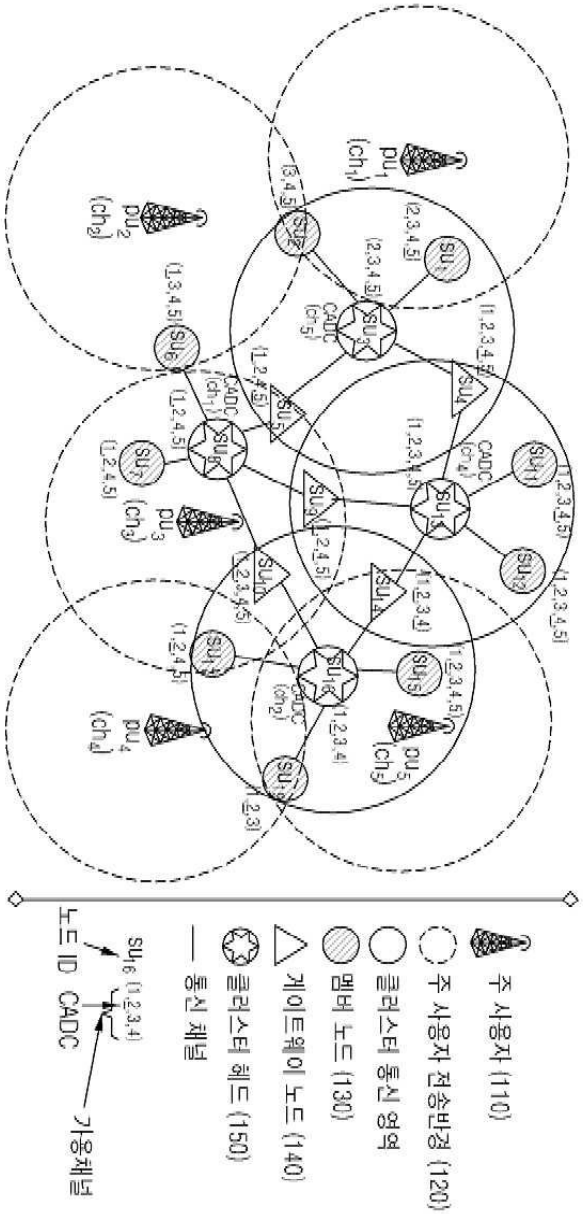
[0145] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0146] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

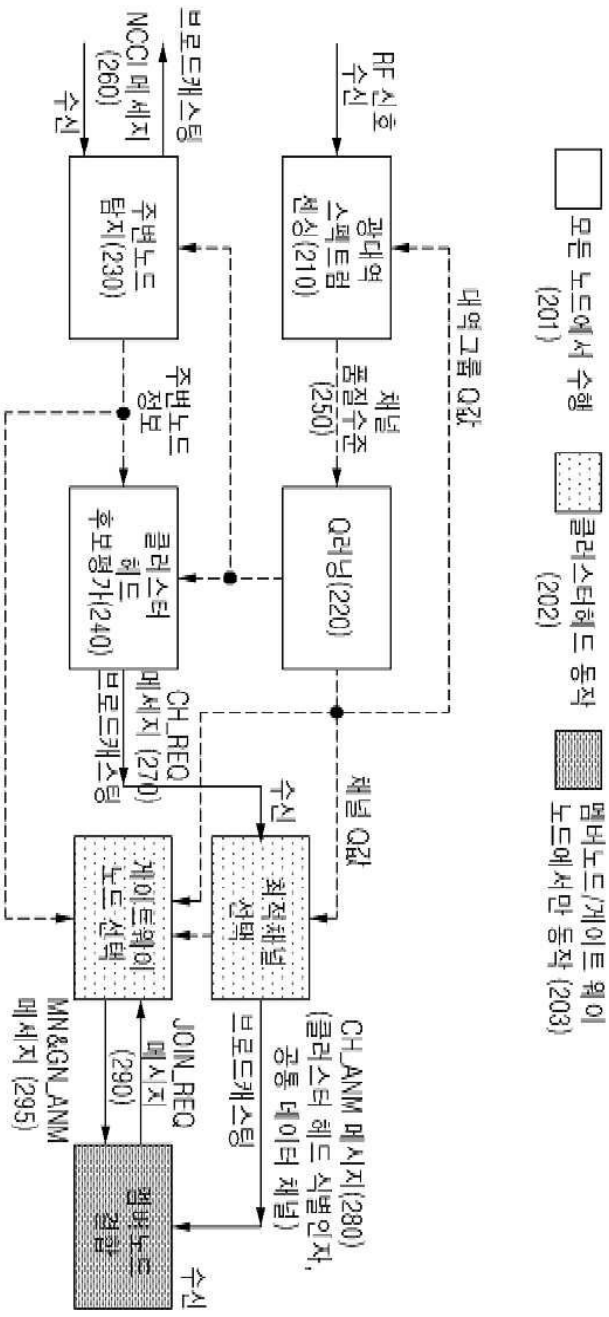
[0147] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

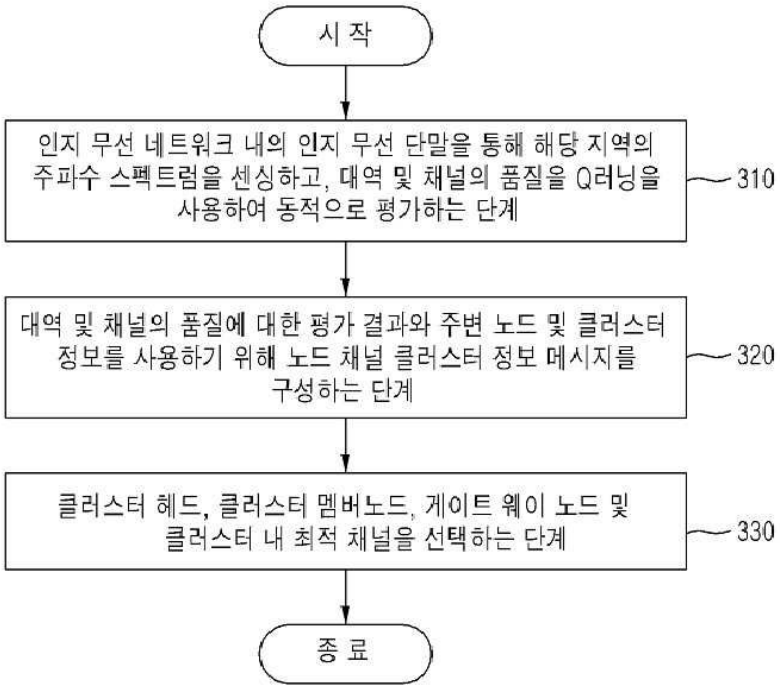
도면1


주 사용자 (110)
주 사용자 전송반경 (120)
클러스터 통신 영역
멤버 노드 (130)
게이트웨이 노드 (140)
클러스터 헤드 (150)
통신 채널
노드 ID
CADC
가용채널

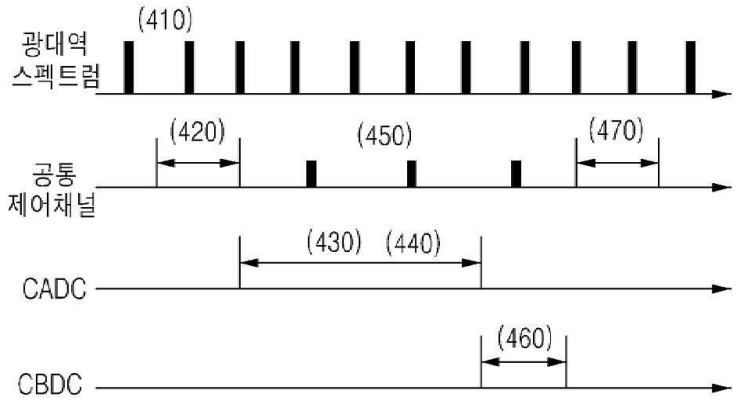
도면2


모든 노드에서 수행 (201)
클러스터헤드 동작 (202)
멤버노드/게이트웨이 노드에서만 동작 (203)
RF 신호 수신
광대역 스펙트럼 센싱(210)
주변노드 탐지(230)
브로드캐스팅 NCCI 메시지 (260) 수신
대역그룹 Q값
채널 품질수준 (250)
주변노드 정보
Q러닝(220)
클러스터 헤드 후보평가(240)
CH_REQ 메시지 (270) 브로드캐스팅
수신
채널 Q값
최적채널 선택
게이트웨이 노드 선택
CH_ANM 메시지(280) (클러스터 헤드 식별인자, 공통 데이터 채널) 브로드캐스팅
JOIN_REQ 메시지 (290)
MIN&GN_ANM 메시지 (295)
멤버 노드 결합
수신

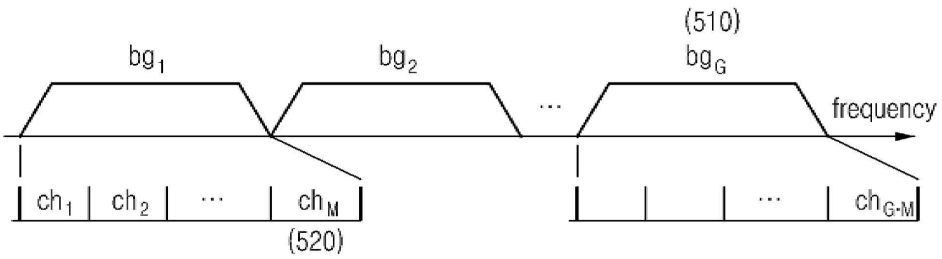
도면3


시 작
인지 무선 네트워크 내의 인지 무선 단말을 통해 해당 지역의 주파수 스펙트럼을 센싱하고, 대역 및 채널의 품질을 Q러닝을 사용하여 동적으로 평가하는 단계
310
대역 및 채널의 품질에 대한 평가 결과와 주변 노드 및 클러스터 정보를 사용하기 위해 노드 채널 클러스터 정보 메시지를 구성하는 단계
320
클러스터 헤드, 클러스터 멤버노드, 게이트 웨이 노드 및 클러스터 내 최적 채널을 선택하는 단계
330
종 료

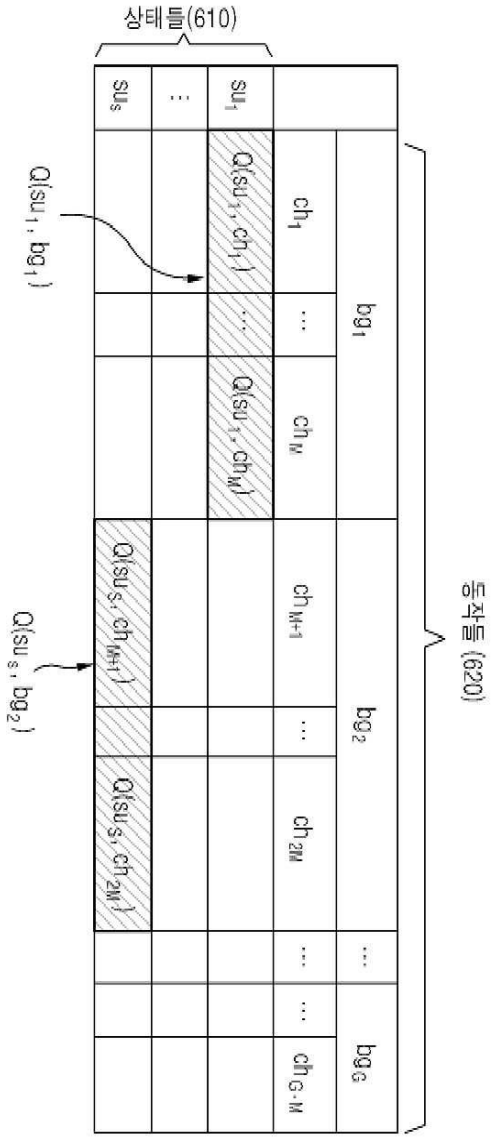
도면4


(410)
광대역 스펙트럼
(420)
(450)
(470)
공통 제어채널
(430)
(440)
CADC
(460)
CBDC

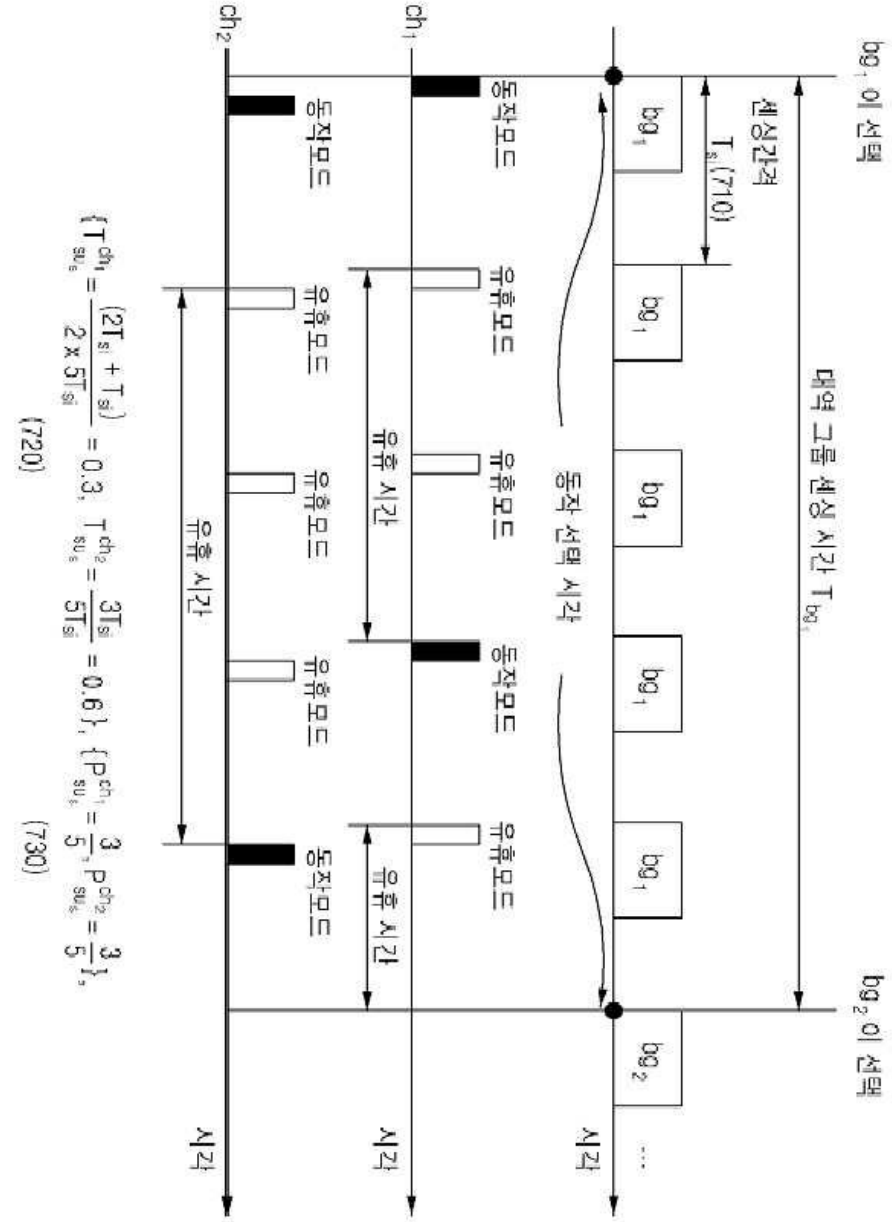
도면5


(510)
bg1
bg2
bgG
frequency
ch1
ch2
chM
(520)
chG-M

도면6


상태들(610)
su_1
...
su_S
ch_1
ch_M
ch_{M+1}
ch_{2M}
ch_{G-M}
bg_1
bg_2
bg_G
동작들 (620)
$Q(su_1, ch_1)$
$Q(su_1, ch_M)$
$Q(su_S, ch_{M+1})$
$Q(su_S, ch_{2M})$
$Q(su_1, bg_1)$
$Q(su_S, bg_2)$

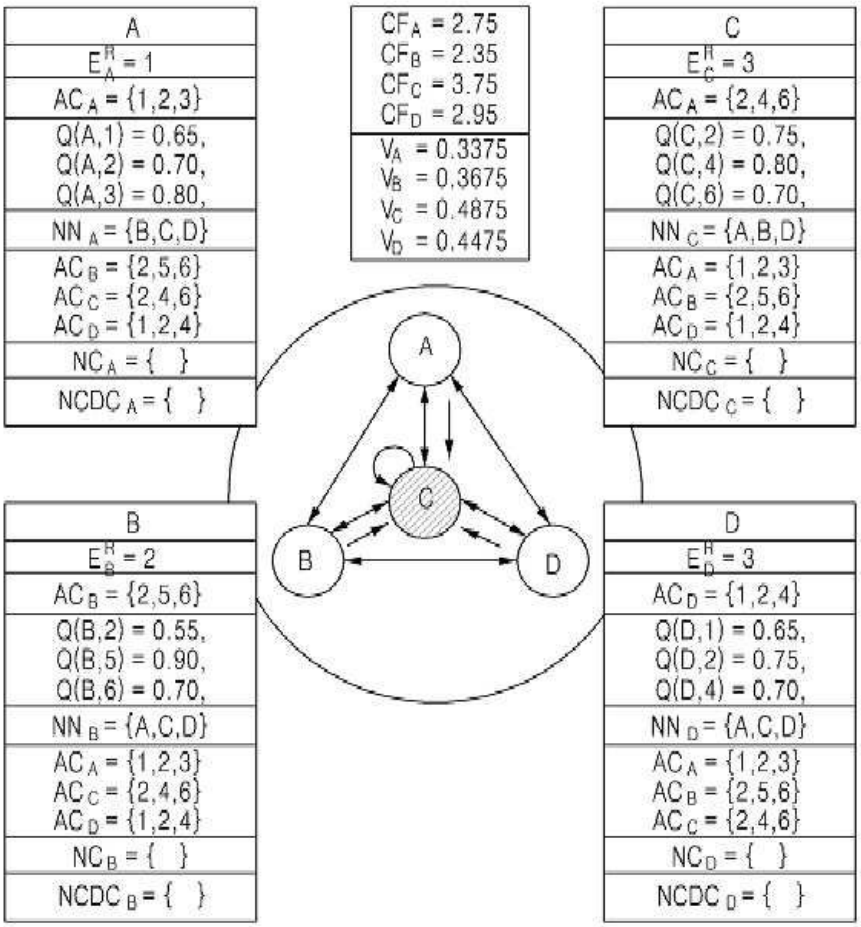
도면7


bg1 이 선택
센싱간격
Ts (710)
대역 그룹 센싱 시간 Tbg1
bg1
bg2
bg2 이 선택
동작 선택 시각
시각
ch1
ch2
동작모드
유휴모드
유휴 시간
{Tsu_s^ch1 = (2Tsi + Tsi) / (2 x 5Tsi) = 0.3, Tsu_s^ch2 = 3Tsi / 5Tsi = 0.6}, {Psu_s^ch1 = 3/5, Psu_s^ch2 = 3/5},
(720)
(730)

도면8

노드 특성 (810)	노드 식별인자 (id) (811)	잔여 에너지 (E_{id}^{R}) (812)
	A	3J
채널 품질 (820)	가용채널 리스트 $AC_{id} = \{ac_{id}\}$	가용채널의 Q값들 $Q_{id} = \{Q(id, ac_{id})\}$
	{1,3,4,5}	{Q(A,1), Q(A,3),Q(A,4), Q(A,5)}
주변노드 연결성 (830)	주변노드 리스트 $NN_{id} = \{id\}$ (831)	주변노드 가용채널 리스트 $NAC_{id} = \{\{AC_{id}\}\}$ (832)
	{B,D,E,F}	$\{AC_B, AC_D, AC_E, AC_F\} = \left\{ \begin{matrix} \{1,2,3,4\},\{1,2,4\}, \\ \{2,3,4,5\},\{1,2,3,4,5\} \end{matrix} \right\}$
주변 클러스터 연결가능성 (840)	연결 가능한 주변 클러스터들의 집합 $NC_{id} = \{id\}$ (841)	연결 가능한 주변 클러스터들의 CADC들 (842) $NCDC_{id} = \{dc_{id}\}$
	{K,L}	$\{dc_K, dc_L\} = \{3,4\}$

도면9



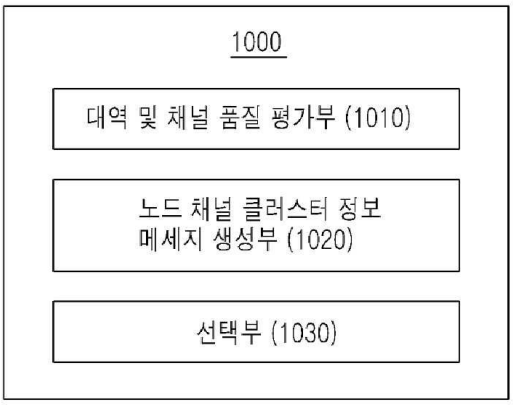
NCCI 메세지

노그 식별인자
잔여 에너지
가용 채널 리스트
가용 채널들의 Q값들
주변 노드 리스트
주변 노드의 가용 채널 리스트
연결 가능한 주변 클러스터들
주변 클러스터들의 CADC들

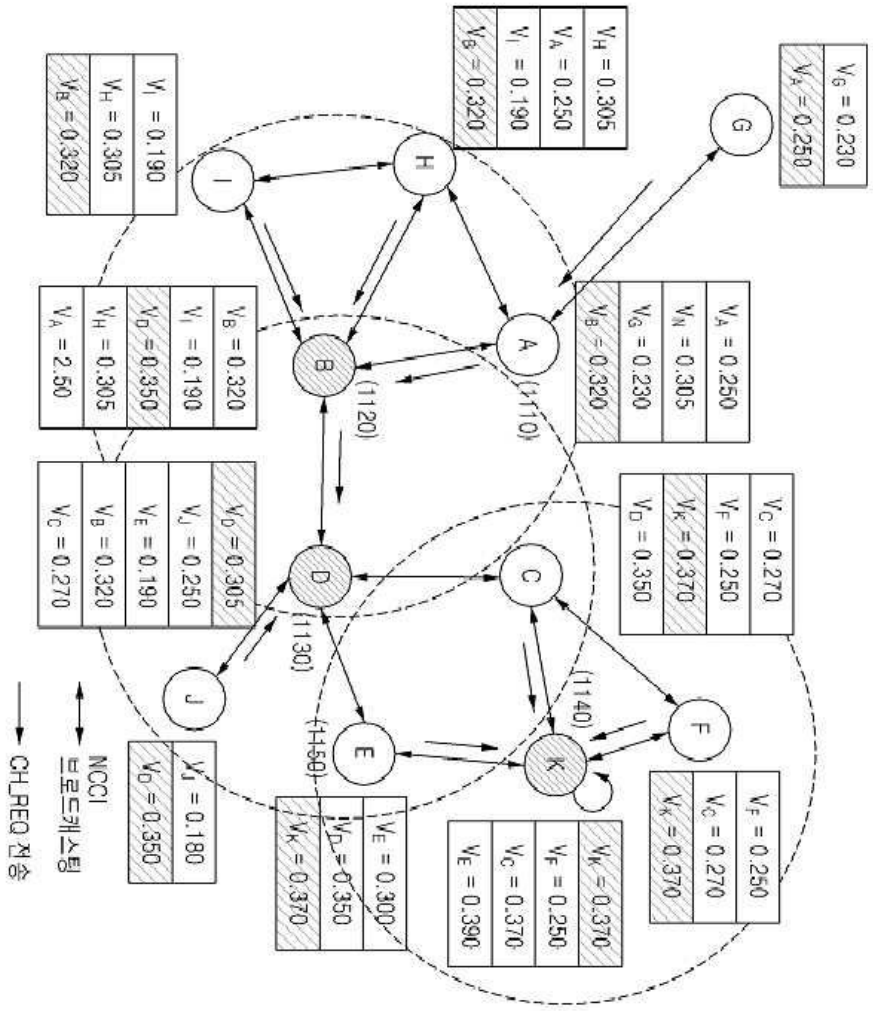
NCCI 브로드캐스팅

CH_REQ 전송

도면10


1000
대역 및 채널 품질 평가부 (1010)
노드 채널 클러스터 정보 메세지 생성부 (1020)
선택부 (1030)

도면11


A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
(1110)
(1120)
(1130)
(1140)
(1150)
NCCI
브로드캐스팅
CH_REQ 전송