



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0139707
(43) 공개일자 2023년10월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 72/12 (2023.01) H04W 84/18 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 72/121 (2023.01)
H04W 72/542 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2022-0038378
(22) 출원일자 2022년03월28일
심사청구일자 2022년03월28일

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
권성오
울산광역시 남구 문수로409번길 23, 203동 803호
(신청동, 문수로아이파크)
샤히드 사이예드 마즈
울산광역시 남구 대학로 93 (무거동)
(74) 대리인
김중선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 11 항

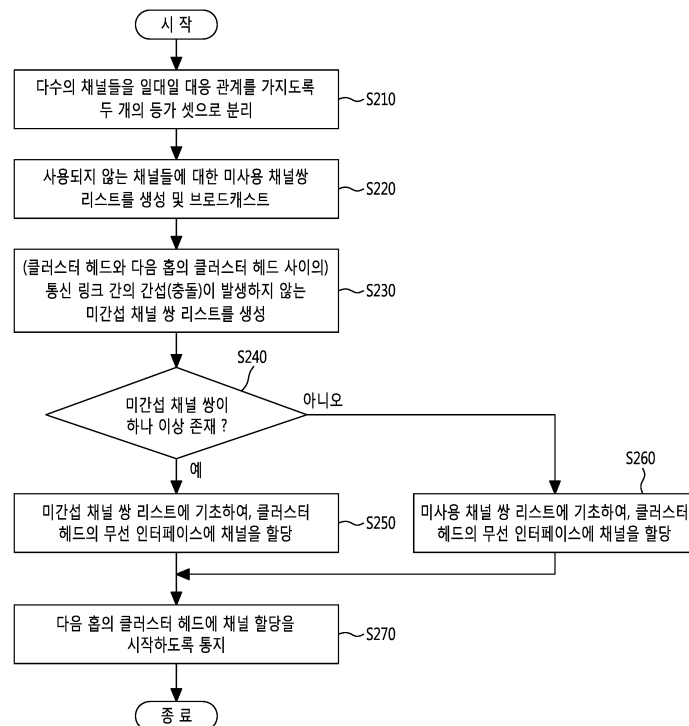
(54) 발명의 명칭 클러스터된 인지 무선 기반 네트워크 시스템 및 그의 채널을 할당하는 방법

(57) 요약

본 발명은 클러스터된 인지 무선 기반 네트워크 시스템 및 그의 채널을 할당하는 방법에 관한 것이다. 상기 방법은 네트워크 시스템의 싱크가, 우선 사용자들의 도달율(arrival rates)에 기초하여, 이용가능한 다수의 채널들을 일대일 대응 관계를 가지도록 두 개의 등가 셋으로 분리하고, 사용되지 않는(unordered) 채널들에 대한 미사용

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



채널 쌍 리스트를 생성하고, 상기 미사용 채널 쌍 리스트에 대한 가중치 매트릭스를 초기화하고, 상기 미사용 채널 쌍 리스트를 브로드캐스트하는 단계; 상기 미사용 채널 쌍 리스트를 수신한 상기 네트워크 시스템의 클러스터 헤드가, 상기 미사용 채널 쌍 리스트 중 통신 링크 간 간섭이 발생하지 않는 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성하는 단계; 상기 클러스터 헤드가 상기 미간섭 채널 쌍 리스트가 하나 이상의 미간섭 채널 쌍을 포함하는지 확인하는 단계; 상기 미간섭 채널 쌍 리스트가 하나 이상의 미간섭 채널 쌍을 포함하는 경우 상기 미간섭 채널 쌍 리스트로부터 가장 작은 가중치를 가지는 채널 쌍을 선택하고, 상기 선택된 채널 쌍 중 제1 채널을 우선순위 무선 인터페이스에 할당하고, 제2 채널을 후순위 무선 인터페이스에 할당하는 단계; 및 상기 제1 클러스터 헤드가 다음 홉의 클러스터 헤드에 채널 할당을 시작하도록 통지하는 단계를 포함할 수 있다. 그리고, 본 발명은 한국수력원자력(주)의 해오름동맹출연사업(과제명: RE100 에너지 관리 시스템을 위한 무선 IOT 네트워크 연구)의 지원을 받아 울산대학교 산학협력단에 의해 수행된 것이다(총 연구기간: 2021.08.11~2022.08.10).

(52) CPC특허분류

H04W 72/566 (2023.01)

H04W 84/18 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345334517
과제번호	2021R1I1A3A04037415
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	지역대학우수과학자지원사업(후속)
연구과제명	5GB/6G환경에서 초밀집 소형셀 네트워크 최적화 방안 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산대학교 산학협력단
연구기간	2021.06.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

클러스터된 인지 무선 기반 네트워크(clustered cognitive radio-based networks) 시스템의 채널을 할당하는 방법에 있어서,

상기 네트워크 시스템의 싱크(sink)가, 우선 사용자들(primary users)의 도달율(arrival rates)에 기초하여, 이용가능한 다수의 채널들을 일대일 대응(one-to-one correspondence) 관계를 가지도록 두 개의 등가 셋으로 분리하고, 사용되지 않는(unordered) 채널들에 대한 미사용 채널 쌍 리스트(list of unordered pairs of channels)를 생성하고, 상기 미사용 채널 쌍 리스트에 대한 가중치 매트릭스를 초기화하고, 상기 미사용 채널 쌍 리스트를 브로드캐스트하는 단계;

상기 미사용 채널 쌍 리스트를 수신한 상기 네트워크 시스템의 클러스터 헤드가, 상기 미사용 채널 쌍 리스트 중 통신 링크 간 간섭이 발생하지 않는 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성하는 단계;

상기 클러스터 헤드가 상기 미간섭 채널 쌍 리스트가 하나 이상의 미간섭 채널 쌍을 포함하는지 확인하는 단계;

상기 미간섭 채널 쌍 리스트가 하나 이상의 미간섭 채널 쌍을 포함하는 경우 상기 미간섭 채널 쌍 리스트로부터 가장 작은 가중치를 가지는 채널 쌍을 선택하고, 상기 선택된 채널 쌍 중 제1 채널을 우선순위 무선 인터페이스(primary radio interface)에 할당하고, 제2 채널을 후순위 무선 인터페이스(secondary radio interfaces)에 할당하는 단계; 및

상기 제1 클러스터 헤드가 다음 홉의 클러스터 헤드에 채널 할당을 시작하도록 통지하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 미간섭 채널 쌍 리스트가 비어 있는 경우 상기 미사용 채널 쌍 리스트로부터 가장 작은 가중치를 가지는 채널 쌍을 선택하고, 상기 선택된 채널 쌍 중 제1 채널을 상기 후순위 무선 인터페이스에 할당하고, 제2 채널을 상기 우선순위 인터페이스에 할당하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성하는 단계는

상기 클러스터 헤드의 네트워크 토폴로지에 기초하여 통신 그래프를 생성하는 단계;

상기 통신 그래프를 기반으로 충돌 그래프를 구성하는 단계;

상기 충돌 그래프에 기초하여 간섭 링크를 결정하는 단계; 및

상기 미사용 채널 쌍 리스트로부터 상기 간섭 링크에 할당된 채널 쌍을 제외하여 상기 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 클러스터 헤드는, 이웃 클러스터의 클러스터 간 통신 채널을 고려하여, 클러스터 간 통신 데이터 채널들 중 하나를 클러스터 내 통신에 사용하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 클러스터 헤드의 채널 플래그 변수의 값을 채널 할당이 완료되었음을 나타내는 값으로 변경하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 선택된 채널 쌍의 가중치를 증가시켜 상기 가중치 매트릭스를 업데이트하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

클러스터된 인지 무선 기반 네트워크(clustered cognitive radio-based networks)를 구성하는 시스템에 있어서,

우선 사용자들(primary users)의 도달율(arrival rates)에 기초하여, 이용가능한 다수의 채널들을 일대일 대응(one-to-one correspondence) 관계를 가지도록 제1 채널 셋 및 제2 채널 셋으로 분리하고, 사용되지 않는(unordered) 채널들에 대한 미사용 채널 쌍 리스트(list of unordered pairs of channels)를 생성하고, 상기 미사용 채널 쌍 리스트에 대한 가중치 매트릭스를 초기화하고, 상기 미사용 채널 쌍 리스트를 브로드캐스트하는 링크; 및

상기 미사용 채널 쌍 리스트를 수신하고, 상기 미사용 채널 쌍 리스트 중 통신 링크 간 간섭이 발생하지 않는 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성하고, 상기 미간섭 채널 쌍 리스트가 하나 이상의 미간섭 채널 쌍을 포함하는지 확인하고, 상기 미간섭 채널 쌍 리스트가 하나 이상의 미간섭 채널 쌍을 포함하는 경우 상기 미간섭 채널 쌍 리스트로부터 가장 작은 가중치를 가지는 채널 쌍을 선택하고, 상기 선택된 채널 쌍 중 제1 채널을 우선순위 무선 인터페이스(primary radio interface)에 할당하고, 상기 선택된 채널 쌍 중 제2 채널을 후순위 무선 인터페이스(secondary radio interfaces)에 할당하고, 및 다음 홉의 클러스터 헤드에 채널 할당을 시작하도록 통지하는 클러스터 헤드를 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 클러스터 헤드는

상기 미간섭 채널 쌍 리스트가 비어 있는 경우 상기 미사용 채널 쌍 리스트로부터 가장 작은 가중치를 가지는 채널 쌍을 선택하고, 상기 선택된 채널 쌍 중 제1 채널을 상기 후순위 무선 인터페이스에 할당하고, 제2 채널을 상기 우선순위 무선 인터페이스에 할당하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 클러스터 헤드는

상기 클러스터 헤드의 네트워크 토폴로지에 기초하여 통신 그래프를 생성하고,

상기 통신 그래프를 기반으로 충돌 그래프를 구성하고,

상기 충돌 그래프에 기초하여 간섭 링크를 결정하고, 및

상기 미사용 채널 쌍 리스트로부터 상기 간섭 링크에 할당된 채널 쌍을 제외하여 상기 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 클러스터 헤드는, 이웃 클러스터의 클러스터 간 통신 채널을 고려하여, 클러스터 간 통신 데이터 채널들 중 하나를 클러스터 내 통신에 사용하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 클러스터 헤드는

상기 채널의 할당이 완료되면, 상기 클러스터 헤드의 채널 플래그 변수의 값을 채널 할당이 완료되었음을 나타내는 값으로 변경하고, 상기 선택된 채널 쌍의 가중치를 증가시켜 상기 가중치 매트릭스를 업데이트하는 것을 특징으로 하는 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 클러스터된 인지 무선 기반 네트워크(clustered cognitive radio-based networks) 시스템 및 그의 채널을 할당하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근에는, 다양한 사물 인터넷(internet of things: IoT) 장치들이 개발되고, 다양한 분야에서 사용되고 있다. 사물 인터넷 장치들은, 정보 공유 및 데이터 전송을 위해, 네트워크를 통해 연결될 필요가 있다. 예를 들어, 사물 인터넷 장치들은 언라이센스된(unlicensed) 대역(예: 2.4 GHz)의 무선 네트워크를 통해 연결될 수 있다.

[0003] 하지만, 상기 언라이센스된 대역의 무선 네트워크를 이용하는 경우 다른 무선 통신 기술(예: 블루투스, 와이파이, 와이파이어 다이렉트 등)과 혼잡(정체)을 초래할 수 있다. 이에, 라이선스된 대역의 무선 신호를 이용하는 인지 무선(cognitive radio) 기술을 이용하여 사물 인터넷 장치들을 연결하고 있다. 상기 인지 무선(cognitive radio) 기술은 송수신기가 사용 중인 통신 채널과 사용하지 않는 통신 채널을 지능적으로 감지하고, 사용중인(다른 장치에 의해 점유된) 통신 채널을 회피하여 미사용중인 통신 채널로 이동하여, 간섭을 회피할 수 있다.

[0004] 한편, 사물 인터넷 장치들은 클러스터된 네트워크를 통해 연결될 수 있다. 또한, 채널 간섭을 줄이고, 채널 연결을 최대화하기 위하여 다중 무선 다중 채널(multi-radio multi-channel) 접근 방식을 이용하고 있다. 이러한 경우 간섭을 최소화하기 위해, 채널을 효율적으로 할당하고, 우선 사용자(primary user)의 통신 연결을 유지하는 것이 중요하다.

[0005] 따라서, 우선 사용자의 네트워크 연결을 보장하고, 전체 네트워크 간섭을 최소화하고, 에너지 효율성을 개선할 수 있는 채널 할당 방안이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은, 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 네트워크 간섭(interference)을 최소화하고,

우선 사용자(primary user)의 활동(activity)에 대한 네트워크 연결을 보장할 수 있는 클러스터된 인지 무선 기반 네트워크 시스템 및 그의 채널 할당 방법을 제공할 수 있다.

[0007] 또한, 본 발명은 채널 스위칭을 최소화하여 네트워크의 에너지 효율성을 개선(향상)할 수 있는 클러스터된 인지 무선 기반 네트워크 시스템 및 그의 채널 할당 방법을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 이와 같은 목적을 달성하기 위한, 본 발명의 일 실시예에 따른 클러스터된 인지 무선 기반 네트워크(clustered cognitive radio-based networks) 시스템의 채널을 할당하는 방법은 상기 네트워크 시스템의 싱크(sink)가, 우선 사용자들(primary users)의 도달율(arrival rates)에 기초하여, 이용가능한 다수의 채널들을 일대일 대응(one-to-one correspondence) 관계를 가지도록 두 개의 등가 셋으로 분리하고, 사용되지 않는(unordered) 채널들에 대한 미사용 채널 쌍 리스트(list of unordered pairs of channels)를 생성하고, 상기 미사용 채널 쌍 리스트에 대한 가중치 매트릭스를 초기화하고, 상기 미사용 채널 쌍 리스트를 브로드캐스트하는 단계; 상기 미사용 채널 쌍 리스트를 수신한 상기 네트워크 시스템의 클러스터 헤드, 상기 미사용 채널 쌍 리스트 중 통신 링크 간 간섭이 발생하지 않는 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성하는 단계; 상기 클러스터 헤드가 상기 미간섭 채널 쌍 리스트가 하나 이상의 미간섭 채널 쌍을 포함하는지 확인하는 단계; 상기 미간섭 채널 쌍 리스트가 하나 이상의 미간섭 채널 쌍을 포함하는 경우 상기 미간섭 채널 쌍 리스트로부터 가장 작은 가중치를 가지는 채널 쌍을 선택하고, 상기 선택된 채널 쌍 중 제1 채널을 우선순위 무선 인터페이스(primary radio interface)에 할당하고, 제2 채널을 후순위 무선 인터페이스(secondary radio interfaces)에 할당하는 단계; 및 상기 제1 클러스터 헤드가 다음 홉의 클러스터 헤드에 채널 할당을 시작하도록 통지하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 클러스터된 인지 무선 기반 네트워크(clustered cognitive radio-based networks)를 구성하는 시스템은, 우선 사용자들(primary users)의 도달율(arrival rates)에 기초하여, 이용가능한 다수의 채널들을 일대일 대응(one-to-one correspondence) 관계를 가지도록 제1 채널 셋 및 제2 채널 셋으로 분리하고, 사용되지 않는(unordered) 채널들에 대한 미사용 채널 쌍 리스트(list of unordered pairs of channels)를 생성하고, 상기 미사용 채널 쌍 리스트에 대한 가중치 매트릭스를 초기화하고, 상기 미사용 채널 쌍 리스트를 브로드캐스트하는 싱크; 및 상기 미사용 채널 쌍 리스트를 수신하고, 상기 미사용 채널 쌍 리스트 중 통신 링크 간 간섭이 발생하지 않는 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성하고, 상기 미간섭 채널 쌍 리스트가 하나 이상의 미간섭 채널 쌍을 포함하는지 확인하고, 상기 미간섭 채널 쌍 리스트가 하나 이상의 미간섭 채널 쌍을 포함하는 경우 상기 미간섭 채널 쌍 리스트로부터 가장 작은 가중치를 가지는 채널 쌍을 선택하고, 상기 선택된 채널 쌍 중 제1 채널을 우선순위 무선 인터페이스(primary radio interface)에 할당하고, 상기 선택된 채널 쌍 중 제2 채널을 후순위 무선 인터페이스(secondary radio interfaces)에 할당하고, 및 다음 홉의 클러스터 헤드에 채널 할당을 시작하도록 통지하는 클러스터 헤드를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0010] 본 발명의 일 실시 예는 충돌 그래프에 기초하여 미간섭 채널 쌍을 할당하여 클러스터 헤드 간의 간섭을 감소시킬 수 있고, 우선 사용자의 액티비티에 견고(robust)할 수 있다. 또한, 본 발명은 가중치를 고려하여 채널을 할당하여 이웃한 클러스터 헤드들이 특정 채널에 붐비지 않도록 할 수 있다. 이를 통해, 본 발명은 동일 채널 간섭을 최소화하고, 네트워크에서 보다 성공적인 패킷 전송을 가능하게 할 수 있다. 또한, 본 발명은 잦은 채널 스위칭을 방지하고, 네트워크의 에너지 효율성을 개선(향상)할 수 있다. 즉, 본 발명은 채널 스위칭의 양(횟수)을 크게 감소할 수 있고, 잦은 스위칭에 따른 에너지를 소모를 방지(감소)할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 클러스터된 인지 무선 기반 네트워크 시스템을 도시한 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 클러스터된 인지 무선 기반 네트워크 시스템의 채널을 할당하는 방법을 설명하는 흐름도이다.

도 3a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성하는 방법을 설명하는 흐름도이다.

도 3b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 통신 그래프를 도시한 도면이다.

도 3c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 충돌 그래프를 도시한 도면이다.

도 4a, 도 4b 및 도 4c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 할당 방법의 간섭 감소 효과를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 할당 방법의 우선 사용자의 액티비티에 대한 견고성을 설명하기 위한 도면이다.

도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 할당 방법에 대한 우선 사용자의 액티비티의 영향을 설명하기 위한 도면이다.

도 7a 내지 도 7c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 할당 방법에 대한 노드 밀도(density)의 영향을 설명하기 위한 도면이다.

도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 할당 방법에 대한 이용 가능한 채널 수의 영향을 설명하기 위한 도면이다.

도 9a 내지 도 9c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 할당 방법의 에너지 효율성을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 이하에서 동일한 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0013] 비록 제1, 제2 등이 다양한 소자, 구성요소 및/또는 섹션들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 소자, 구성요소 및/또는 섹션들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 소자, 구성요소 또는 섹션들을 다른 소자, 구성요소 또는 섹션들과 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 소자, 제1 구성요소 또는 제1 섹션은 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 소자, 제2 구성요소 또는 제2 섹션일 수도 있음은 물론이다.
- [0014] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "이루어지다(made of)"는 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0015] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0016] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 구성에 대하여 상세히 설명한다.
- [0017] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 클러스터된 인지 무선 기반 네트워크 시스템을 도시한 흐름도이다.
- [0018] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 클러스터된 인지 무선 기반 네트워크 시스템(100)은 싱크(110) 및 다수의 클러스터(120)를 포함할 수 있다.
- [0019] 싱크(110)는 통신 링크(또는, 무선 인터페이스)를 통해 클러스터 헤드(121)와 통신을 연결할 수 있다. 상기 통신 링크는 우선순위 링크(primary link) 및 후순위 링크(secondary link)를 포함할 수 있다. 상기 통신 연결을 위하여, 싱크(110)는 이용 가능한(available) 다수의 채널들 중 우선 사용자(primary user)(130)에 의해 이용되지 않고 있는(unordered) 채널에 대한 정보(예: 미사용 채널 쌍 리스트)를 다수의 클러스터(120)로 전송(예: 브로드캐스트(broadcast) 방식으로 전송)할 수 있다. 우선 사용자(130)는 통신 링크의 이용에 대한 우선순위가 가장 높은 사용자 또는 장치를 의미한다. 이에 대한 상세한 설명은 도 2를 참조하여 후술하기로 한다.
- [0020] 다수의 클러스터(120)는 각각 클러스터 헤드(121) 및 클러스터 헤드(121)에 연결되는 다수의 노드(123)를 포함할 수 있다. 상기 노드(123)는 사물 인터넷 장치일 수 있다.
- [0021] 클러스터 헤드(121)는 연결된 다수의 노드(123)로부터 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 싱크(110) 또는 이

웃 클러스터 헤드로 전송할 수 있다. 즉, 클러스터 헤드(121)는 수집된 데이터를 싱크(110)에 바로 전송하거나, 멀티-홉 방식으로 싱크(110)에 전송할 수 있다. 상기 데이터의 전송을 위하여, 클러스터 헤드(121)는, 싱크(110)로부터 수신한 채널 정보에 기초하여, 싱크(110) 또는 이웃 클러스터 헤드와 간섭이 최소화될 수 있도록 통신 링크에 채널 쌍을 할당(우선순위 링크에 제1 채널을 할당하고, 세컨더리 링크에 제2 채널을 할당)할 수 있다. 예를 들어, 클러스터 헤드(121)는 충돌 그래프 분석(conflict graph analysis) 기법을 이용하여 간섭이 최소화될 수 있는 채널 쌍을 통신 링크에 할당할 수 있다. 이에 대한 상세한 설명은 도 3a 내지 도 3c를 참조하여 후술하기로 한다.

[0022] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 클러스터된 인지 무선 기반 네트워크 시스템의 채널을 할당하는 방법을 설명하는 흐름도이다.

[0023] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 클러스터된 인지 무선 기반 네트워크 시스템의 채널을 할당하는 방법(이하, 채널 할당 방법)은 다수의 채널들을 일대일 대응 관계를 가지도록 2개의 등가 셋(equivalent sets)(예: 제1 채널 셋 및 제2 채널 셋)으로 분리하는 단계(S210)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 네트워크 시스템의 싱크(예: 도 1의 싱크(110))는 채널에 있는 우선 사용자들의 도달율(arrival rates)에 기초하여 이용 가능한 다수의 채널들을 제1 채널 셋 및 제2 채널 셋으로 분리할 수 있다. 다수의 채널은 네트워크의 커버리지 영역에 있는 우선 사용자들의 총 수에 대응할 수 있고, 제1 채널 셋은 홀수 채널(odd channel)을 포함하고, 제2 채널 셋은 짝수 채널(even channel)을 포함할 수 있다. 제1 채널 셋 및 제2 채널 셋은 일대일 대응(one-to-one corresponding) 관계(또는 전단사 관계(bijective))를 가질 수 있다.

[0024] 일 실시 예에 따르면, 상기 채널 할당 방법은 사용되지 않는(unordered) 채널들에 대한 미사용 채널 쌍 리스트를 생성 및 브로드캐스트하는 단계(S220)를 포함할 수 있다. 상기 미사용 채널 쌍 리스트는 적어도 하나의 미사용 채널 쌍을 포함할 수 있다. 각 미사용 채널 쌍은 사용되지 않는 홀수 채널과 짝수 채널이 일대일로 페어링될 수 있다. 예를 들어, 미사용 채널 쌍 리스트는 아래와 같이 형성될 수 있다.

[0025] $\{(c_1, c_2), (c_3, c_4), \dots, (c_n, c_{n+1})\}$ n은 홀수

[0026] 한편, 도시하지는 않았지만, 싱크는 미사용 채널 쌍 리스트를 브로드캐스트하기 전에 미사용 채널 쌍 리스트에 대한 가중치 매트릭스를 초기화(예: 각 미사용 채널 쌍의 가중치를 "0"으로 설정)할 수 있다.

[0027] 일 실시 예에 따르면, 상기 채널 할당 방법은 간섭(충돌)이 발생하지 않는 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성하는 단계(S230)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 클러스터 헤드는 충돌 그래프 분석 기법에 기초하여 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성할 수 있다. 상기 미간섭 채널 쌍 리스트는 미사용 채널 쌍 리스트에 포함된 미사용 채널 쌍 중 다른 클러스터와 간섭이 발생하지 않는(또는 간섭을 최소화할 수 있는) 채널 쌍으로 구성될 수 있다. 상기 S230 단계에 대한 상세한 설명은 도 3a 내지 도 3c를 참조하여 후술하기로 한다.

[0028] 일 실시 예에 따르면, 상기 채널 할당 방법은 미간섭 채널 쌍이 하나 이상 존재하는지 확인하는 단계(S240)를 포함할 수 있다. 예를 들어, S240 단계는 미간섭 채널 쌍 리스트가 하나 이상의 미간섭 채널 쌍을 포함하는지 확인할 수 있다.

[0029] 상기 S240 단계의 확인 결과, 미간섭 채널 쌍이 하나 이상 존재하는 경우 상기 채널 할당 방법은 미간섭 채널 쌍 리스트에 기초하여 클러스터 헤드의 무선 인터페이스(통신 링크)에 채널을 할당하는 단계(S250)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 클러스터 헤드는 상기 미간섭 채널 쌍 리스트로부터 가장 작은 가중치를 가지는 미간섭 채널 쌍을 선택하고, 상기 선택된 미간섭 채널 쌍 중 제1 채널(홀수 채널)을 우선순위 무선 인터페이스(primary radio interface)에 할당하고, 제2 채널(짝수 채널)을 후순위 무선 인터페이스(secondary radio interfaces)에 할당할 수 있다.

[0030] 반면에, 상기 S240 단계의 확인 결과, 미간섭 채널 쌍이 존재하지 않는 경우(즉, 상기 미간섭 채널 쌍 리스트가 비어 있는 경우) 미사용 채널 쌍 리스트에 기초하여 클러스터 헤드의 무선 인터페이스(통신 링크)에 채널을 할당하는 단계(S260)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 클러스터 헤드는 상기 미사용 채널 쌍 리스트로부터 가장 작은 가중치를 가지는 채널 쌍을 선택하고, 상기 선택된 채널 쌍 중 제1 채널(홀수 채널)을 상기 후순위 무선 인터페이스에 할당하고, 제2 채널(짝수 채널)을 상기 우선순위 무선 인터페이스에 할당할 수 있다. 이와 같이, 미간섭 채널 쌍이 존재하지 않는 경우 간섭이 발생할 수 있는 클러스터 헤드들은 우선순위 무선 인터페이스 및 후순위 무선 인터페이스에 서로 다른 채널이 할당된다. 이에 따라, 우선순위 무선 인터페이스를 통한 클러스터 헤드의 전송은 서로 간섭되지 않고, 후순위 무선 인터페이스를 통한 클러스터 헤드의 전송 역시 서로 간섭되지 않는다.

- [0031] 한편, 채널 할당이 완료된 후, 클러스터 헤드는 채널 할당이 완료되었음을 나타내는 값으로 채널 플래그 변수의 값을 변경할 수 있다. 또한, 상기 선택된 채널 쌍의 가중치를 증가시켜 상기 가중치 매트릭스를 업데이트할 수 있다.
- [0032] 일 실시 예에 따르면, 상기 채널 할당 방법은 다음 홉의 클러스터 헤드에 채널 할당을 시작하도록 통지하는 단계(S270)를 포함할 수 있다. 상기 다음 홉의 클러스터 헤드는 S230 단계 내지 S270 단계에서 설명한 방법을 통해, 자신의 무선 인터페이스에 채널을 할당할 수 있다.
- [0033] 또한, 클러스터 헤드는 이웃 클러스터들의 클러스터 간(inter-cluster) 통신 채널을 고려하여, 클러스터 간(intra-cluster) 통신 채널들 중 하나를 클러스터 내 통신을 위해 사용한다.
- [0034] 상술한 본 발명은 네트워크 간섭을 줄이고, 우선 사용자의 액티비티(activities)에 대해 네트워크 토폴로지를 보존하여 네트워크에서 빈번하게 채널이 스위칭되는 것을 방지할 수 있다. 다시 말해, 본 발명은 간섭 링크를 감소하여 클러스터 헤드 간의 동일 채널 간섭을 완화하여 전송 성공율을 증가시킬 수 있다. 또한, 클러스터 헤드는 링크에 채널 쌍이 할당됨에 따라 우선 사용자의 액티비티에 의해 하나의 채널이 회수(reclaim)되어도 다른 채널을 통해 통신 연결을 유지할 수 있다. 즉, 네트워크 토폴로지는 사용 가능한 라이선스 채널의 절반에 있는 우선 사용자의 존재(presence)에 대해 견고(robust)하여 네트워크 연결을 최대화할 수 있다.
- [0035] 도 3a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성하는 방법을 설명하는 흐름도이고, 도 3b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 통신 그래프를 도시한 도면이고, 도 3c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 충돌 그래프를 도시한 도면이다.
- [0036] 도 3a 내지 도 3c를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성하는 방법은 통신 그래프를 생성하는 단계(S231)를 포함할 수 있다. 예를 들어, S231 단계는 통신 링크가 연결된 다른 클러스터 헤드(들) 및 채널 할당이 완료된 이웃(이전 홉 및 다음 홉) 클러스터 헤드(들)에 대한 클러스터 헤드의 네트워크 토폴로지에 기초하여 통신 그래프를 생성할 수 있다. 상기 통신 그래프는, 도 3b에 도시된 바와 같이, 클러스터 헤드(CH1 CH4) 및 싱크(Sink)를 정점(vertex)(301)으로 표현하고, 각 정점을 연결하는 방향성을 가지는 화살표(303)로 통신 링크를 표현한다. 예를 들어, 도 3b의 통신 그래프는 제1 클러스터 헤드(CH1)에서 제2 클러스터 헤드(CH2) 방향으로 통신 링크가 형성되고, 제2 클러스터 헤드(CH2)에서 제3 클러스터 헤드(CH3) 방향으로 통신 링크가 형성되고, 제3 클러스터 헤드(CH3)에서 싱크(Sink) 방향으로 통신 링크가 형성되고, 제5 클러스터 헤드(CH5)에서 제3 클러스터 헤드(CH3) 방향으로 통신 링크가 형성되고, 제4 클러스터 헤드(CH4)에서 싱크(Sink) 방향으로 통신 링크가 형성되어 있음을 의미한다.
- [0037] 일 실시 예에 따르면, 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성하는 방법은 통신 그래프를 기반으로 충돌 그래프를 구성하는 단계(S233)를 포함할 수 있다. 예를 들어, S233 단계는 클러스터 헤드들 간의 통신 링크의 간섭(충돌) 여부에 기초하여 충돌 그래프를 생성할 수 있다. 상기 충돌 그래프는, 도 3c에 도시된 바와 같이, 통신 링크를 정점(vertex)(311)으로 표현하고, 서로 간섭되는 정점들을 직선(313)으로 연결할 수 있다. 도 3c의 충돌 그래프는, 제1 클러스터 헤드(CH1)와 제3 클러스터 헤드(CH3) 사이의 통신 링크, 및 제3 클러스터 헤드(CH3)와 싱크(Sink) 사이의 통신 링크가 간섭(충돌)되고 있음을 나타낸다.
- [0038] 일 실시 예에 따르면, 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성하는 방법은 충돌 그래프에 기초하여 간섭 링크를 결정하는 단계(S235)를 포함할 수 있다. 예를 들어, S235 단계는 충돌 그래프에서 서로 연결된 정점들의 통신 링크를 간섭 링크로 결정할 수 있다.
- [0039] 일 실시 예에 따르면, 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성하는 방법은 간섭 링크에 기초하여 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성하는 단계(S237)를 포함할 수 있다. 예를 들어, S237 단계는 미사용 채널 쌍 리스트로부터 상기 간섭 링크에 할당된 채널 쌍을 제외하여 상기 미간섭 채널 쌍 리스트를 생성할 수 있다.
- [0040] 도 4a, 도 4b, 및 도 4c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 할당 방법의 간섭 감소 효과를 설명하기 위한 도면이다.
- [0041] 도 4a 내지 도 4c를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 할당 방법 및 기준에 알려진 3개의 채널 할당 방법(예: DDCA, DRTCA, 및 RCA)에 대하여 간섭 링크의 수, 패킷 전달율(packet delivery ratio), 및 클러스터들의 수를 비교하였다. 상세하게는, 본 발명은, 도 4a에 도시된 바와 같이, 라운드 2를 제외한 모든 라운드에서 간섭 링크(동일한 채널에서 동시 전송으로 인해 서로의 통신을 간섭하는 클러스터 헤드 간의 링크)가 "0"이다. 한편, 라운드 2는 간섭 링크의 수가 0은 아니지만, 간섭 링크의 수가 매우 적음을 알 수 있다.

- [0042] 또한, 본 발명 패킷 도달율은, 도 4b에 도시된 바와 같이, 모든 라운드에서 100%에 가까움을 알 수 있다. 이는 클러스터 헤드의 무선 인터페이스에 서로 다른 채널을 할당하여 충돌없는 클러스터 네트워크를 보장(ensure)하기 때문이다.
- [0043] 또한, 본 발명의 간섭 클러스터의 수는, 도 4c에 도시된 바와 같이, 종래의 채널 할당 방법들에 비해 가장 적다. 이는 클러스터 내에서 이웃 클러스터가 같은 채널을 사용하지 않도록 클러스터 내 통신 채널을 선택하기 때문이다.
- [0044] 상술한 바와 같이, 본 발명의 채널 할당 방법은 종래의 채널 할당 방법들에 비해 클러스터 헤드 간의 간섭을 크게 감소시킬 수 있다. 또한, 본 발명은 네트워크의 각 채널을 보다 균일하게 활용하기 위해 채널 할당 과정에서 채널의 가중치를 고려한다. 따라서, 본 발명은 이웃한 클러스터 헤드들이 특정 채널에 붐비지 않도록 할 수 있다. 이를 통해, 본 발명은 동일 채널 간섭을 최소화하고, 네트워크에서 보다 성공적인 패킷 전송을 가능하게 할 수 있다.
- [0045] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 할당 방법의 우선 사용자의 액티비티에 대한 견고성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0046] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 할당 방법은 종래의 채널 할당 방법들(예: DDCA, DRTCA, 및 RCA)에 비하여, 네트워크 연결을 유지하기 필요한 채널 스위칭량(예: 네트워크가 파티션되는 횟수)이 적음을 알 수 있다. 상세하게는, 본 발명은 최대 채널(예: 8개)의 절반(예: $4 = 8/2$) 이하인 경우 채널 스위칭이 발생하지 않음을 알 수 있다. 한편, 최대 채널(예: 8개)의 절반(예: $4 = 8/2$)을 초과하는 경우 채널 스위칭이 발생하지만, 본 발명의 최대 채널 스위칭 횟수는 종래의 채널 할당 방법들의 최소 채널 스위칭 횟수보다 작음을 알 수 있다.
- [0047] 상술한 바와 같이, 본 발명은 우선 사용자의 액티비티에 견고하며, 채널 스위칭의 수를 감소시킬 수 있다.
- [0048] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 할당 방법에 대한 우선 사용자의 액티비티의 영향을 설명하기 위한 도면이다.
- [0049] 상세한 설명에 앞서, 도 6a는 짝수 채널이 차지될 확률이 홀수 채널이 차지될 확률보다 큰 경우의 측정 결과이고, 도 6b는 짝수 채널이 차지될 확률과 홀수 채널이 차지될 확률이 동일한 경우의 측정 결과이다.
- [0050] 도 6a 및 도 6b를 참조하면, 채널 할당 방법은 우선 순위 액티비티에 의해 짝수 채널이 차지될 확률과 홀수 채널이 차지될 확률에 따라 채널 스위칭 횟수가 달라짐을 알 수 있다. 즉, 특정 채널(짝수 채널 또는 홀수 채널)이 차지될 확률이 다른 채널에 비하여 클 경우 우선 사용자의 액티비티에 대한 견고성이 향상됨을 알 수 있다. 반면에, 짝수 채널 또는 홀수 채널이 차지될 확률이 동일하거나, 차이가 작은 경우 우선 사용자의 액티비티에 대한 견고성이 감소함을 알 수 있다. 하지만, 본 발명은, 견고성이 감소하더라도, 종래의 채널 할당 방법들에 비하여 채널 스위칭 횟수가 적음을 알 수 있다.
- [0051] 도 7a 내지 도 7c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 할당 방법에 대한 노드 밀도(density)의 영향을 설명하기 위한 도면이다.
- [0052] 상세한 설명에 앞서, 도 7a는 노드 밀도(노드의 수)에 따른 간섭 링크의 변화를 측정한 결과이고, 도 7b는 노드 밀도에 따른 간섭 클러스터의 변화를 측정한 결과이고, 도 7c는 노드 밀도에 따른 채널 스위칭 횟수의 변화를 측정한 결과이다.
- [0053] 도 7a를 참조하면, 본 발명은 노드 밀도가 증가하더라도 간섭 링크의 수가 "0"으로 유지됨을 알 수 있다. 동일 채널(co-channel) 간섭이 최소화할 수 있다. 이와 같이, 본 발명은 잠재적인 동일 채널 간섭을 제거할 수 있고, 간섭 클러스터 헤드의 무선 인터페이스들에 서로 다른 채널을 할당하여 충돌이 없는 클러스터 네트워크를 제공할 수 있다.
- [0054] 한편, 도 7b를 참조하면, 본 발명은 간섭 클러스터의 수가 노드 밀도가 400까지 "0"으로 유지되고, 이후부터 조금씩 증가함을 알 수 있다. 하지만, 본 발명은 노드 밀도가 "1000"이되어도 간섭 클러스터의 수가 5 미만이다. 이에 반하여, 종래의 채널 할당 방법들은 노드 밀도의 증가에 따라 간섭 클러스터의 수가 크게 증가하고 있다. 즉, 본 발명은 종래의 채널 할당 방법들에 비하여 고밀도 노드를 가지는 클러스터된 네트워크에서 클러스터 헤드와 다른 클러스터의 노드 사이의 동일 채널 간섭을 줄일 수 있다.
- [0055] 도 7c를 참조하면, 본 발명은 노드 밀도의 증가에 따라 채널 스위칭 횟수가 증가하지만, 종래의 채널 할당 방법

들과 비교하여, 채널 스위칭 횟수가 가장 작음을 알 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 채널 스위칭 횟수와 종래의 채널 할당 방법에 따른 채널 스위칭 횟수의 차이는, 노드 밀도가 증가함에 따라, 커짐을 알 수 있다.

[0056] 이상에서 상술한 바와같이, 본 발명은 네트워크 연결성을 극대화하여 전체 네트워크 간섭을 줄이고 빈번한 채널 전환 문제를 해소(극복)할 수 있다.

[0057] 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 할당 방법에 대한 이용 가능한 채널 수의 영향을 설명하기 위한 도면이다.

[0058] 상세한 설명에 앞서, 도 8a는 우선 사용자가 채널 쌍 중 하나의 채널에만 나타날때의 채널 수에 따른 간섭 링크의 변화를 측정한 결과이고, 도 8b는 우선 사용자에게 의해 짝수 채널이 차지될 확률이 홀수 채널보다 클 때의 채널 수에 따른 간섭 링크의 변화를 측정한 결과이다.

[0059] 도 8a를 참조하면, 본 발명은, 이용 가능한 채널 수가 증가하더라도, 채널 스위칭이 발생하지 않는다. 즉, 본 발명은 우선 사용자의 액티비티에 대해 견고함이 유지(또는 향상)될 수 있다. 이는 우선 사용자의 액티비티가 발생하더라도 클러스터된 네트워크가 분할되지 않고, 각 클러스터 헤드에 하나 이상의 채널이 존재함을 의미합니다. 이에 반하여, 종래의 채널 할당 방법들은 네트워크 연결을 유지하기 위해 빈번한 채널 스위칭이 발생함을 알 수 있습니다.

[0060] 도 8b를 참조하면, 본 발명 및 종래의 채널 할당 방법은, 우선 사용자에게 의해 짝수 채널이 차지될 확률이 홀수 채널보다 클 때, 이용 가능한 채널 수가 증가함에 따라 채널 스위칭이 감소됨을 알 수 있다. 하지만, 본 발명의 채널 스위칭 횟수가 종래의 채널 할당 방법들의 채널 스위칭 횟수보다 여전히 적음을 알 수 있다. 즉, 본 발명은 네트워크 연결을 최대화하여 우선 사용자의 액티비티에 대한 빈번한 채널 스위칭을 감소할 수 있음을 알 수 있다.

[0061] 도 9a 내지 도 9c는 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 할당 방법의 에너지 효율성을 설명하기 위한 도면이다.

[0062] 상세한 설명에 앞서, 도 9a는 액티브 우선 사용자의 수에 따른 에너지 변화를 측정한 결과이고, 도 9b는 이용 가능한 채널 수에 따른 에너지 변화를 측정한 결과이고, 도 9c는 노드 밀도에 따른 에너지 변화를 측정한 결과이다.

[0063] 도 9a를 참조하면, 본 발명은 다른 채널 할당 방법들에 비하여, 에너지 효율이 향상되었음을 알 수 있다. 이는 본 발명은 채널 스위칭을 감소(최소화)하므로 채널 스위칭 빈도가 감소하고, 채널 스위칭으로 인한 에너지 소모가 감소되기 때문이다.

[0064] 도 9b를 참조하면, 본 발명 및 종래의 채널 할당 방법들은 이용 가능한 채널 수가 증가함에 따라 에너지 효율이 증가한다. 하지만, 본 발명의 에너지 효율이 종래의 채널 할당 방법들의 에너지 효율에 비해 더 좋을 수 있다. 이는 본 발명은 채널 스위칭 횟수가 감소되어 에너지를 덜 소모하기 때문이다.

[0065] 도 9c를 참조하면, 본 발명 및 종래의 채널 할당 방법들은 노드 수의 증가에 따라 에너지 효율이 감소한다. 하지만, 본 발명의 에너지 효율이 종래의 채널 할당 방법들의 에너지 효율에 비해 더 좋을 수 있다.

[0066] 이상에서 상술한 바와 같이, 본 발명은 종래의 채널 할당 방법들에 비하여 에너지 효율이 우수하고, 빈번한 채널 스위칭을 방지(감소)하여 에너지 소모를 절약(감소)할 수 있다. 이로 인하여, 클러스터된 네트워크의 수명이 연장될 있다.

[0067] 이상과 같이 본 발명의 도시된 실시 예를 참고하여 설명하고 있으나, 이는 예시적인 것들에 불과하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 요지 및 범위에 벗어나지 않으면서도 다양한 변형, 변경 및 균등한 다양한 타 실시 예들이 가능하다는 것을 명백하게 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적인 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0068] 100: 네트워크 시스템

110: 싱크

120: 클러스터

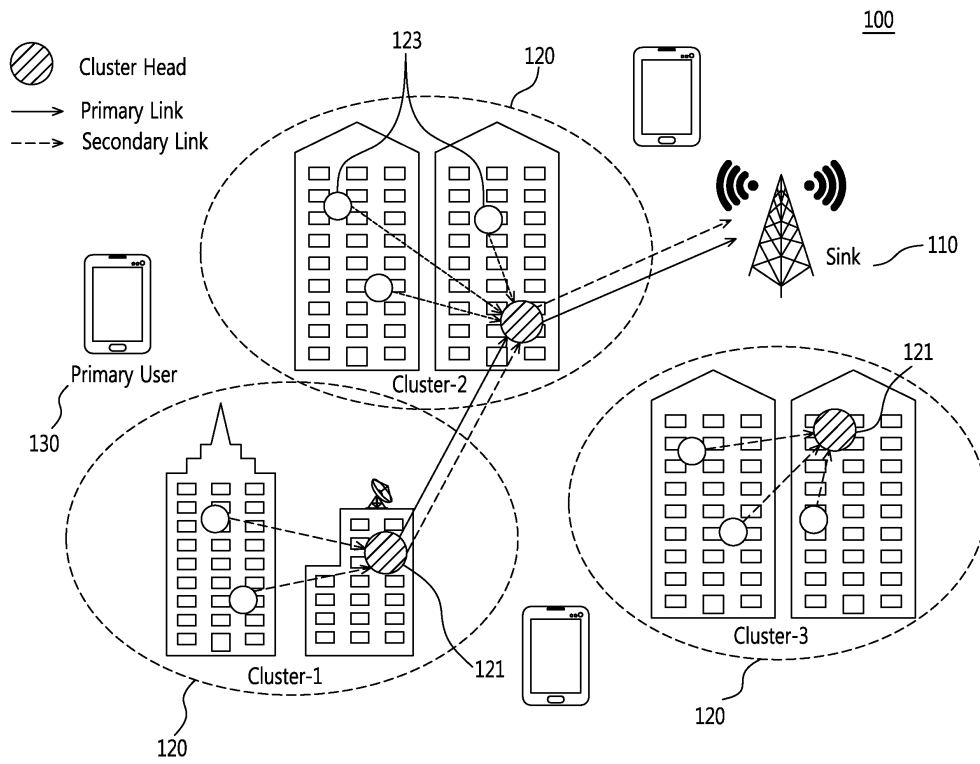
121: 클러스터 헤드

123: 노드(IoT 장치)

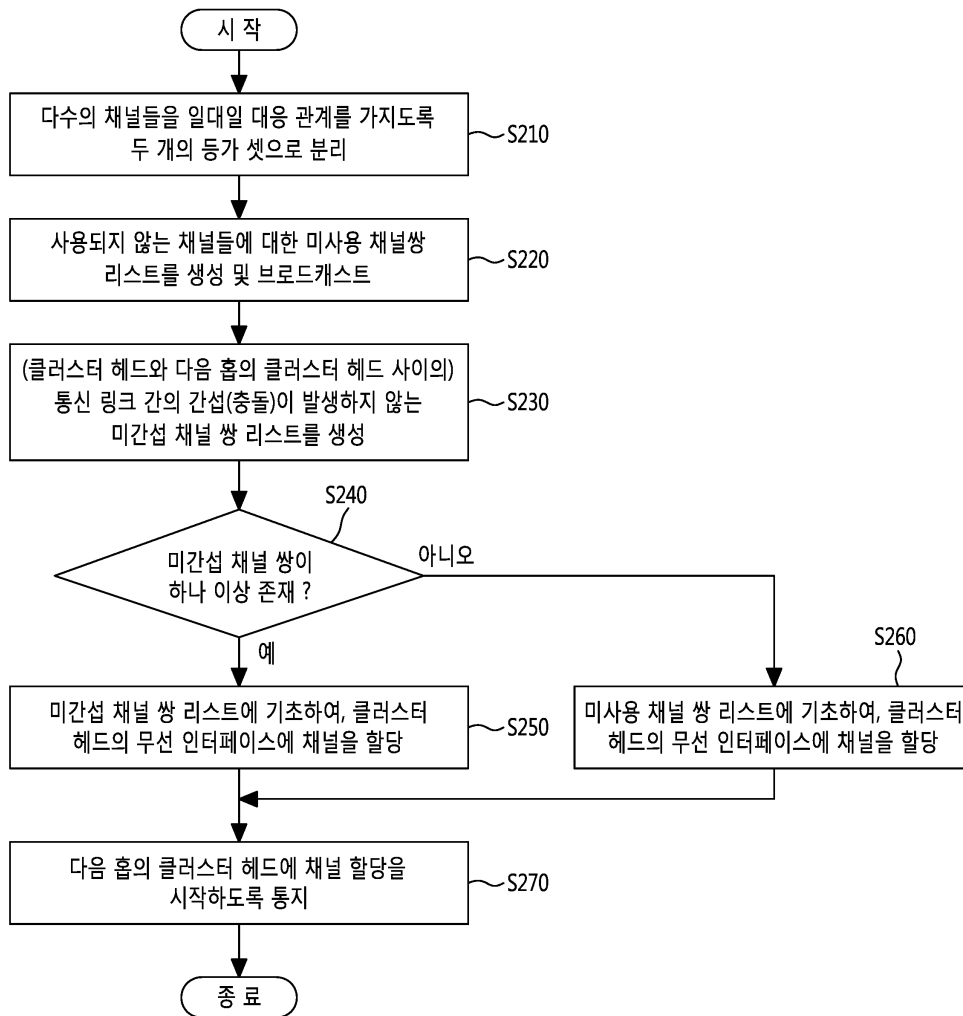
130: 우선 사용자

도면

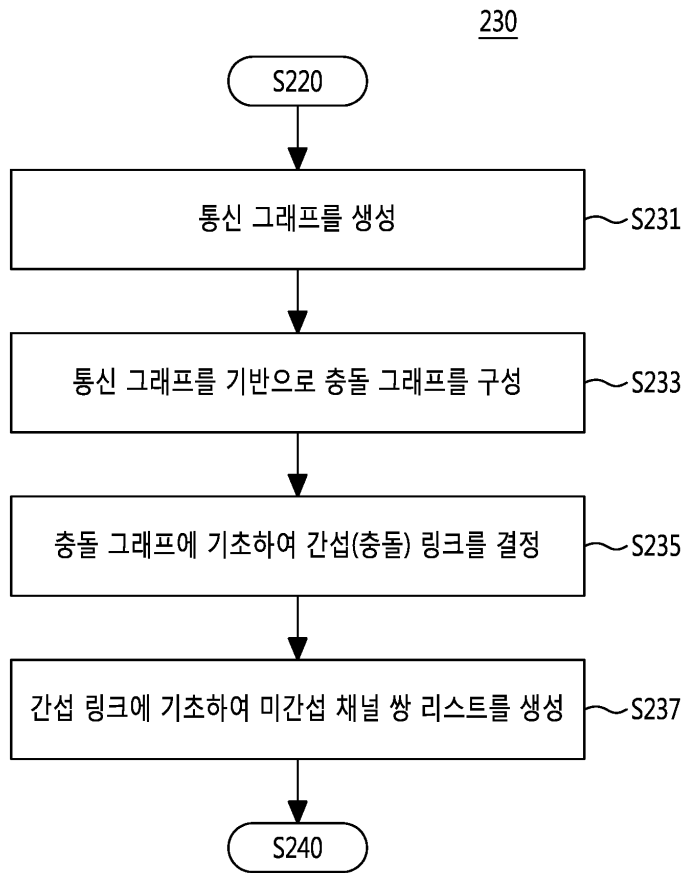
도면1



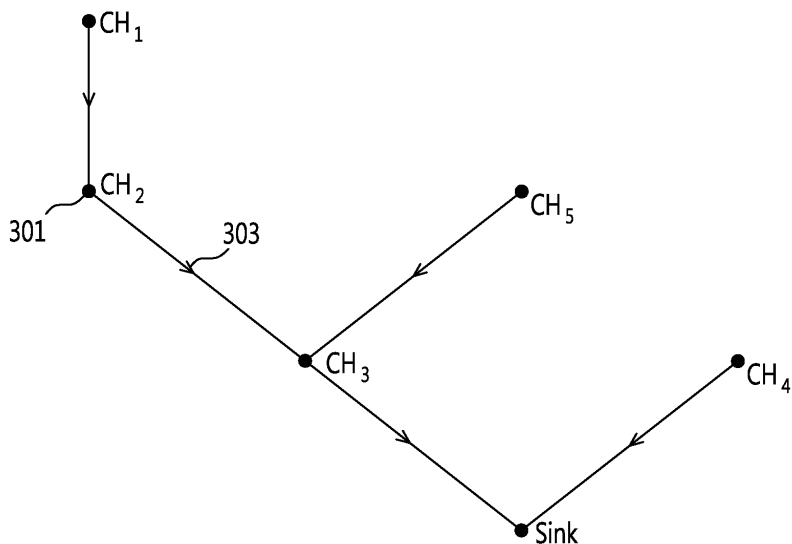
도면2



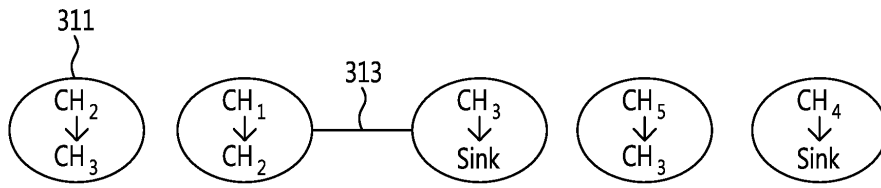
도면3a



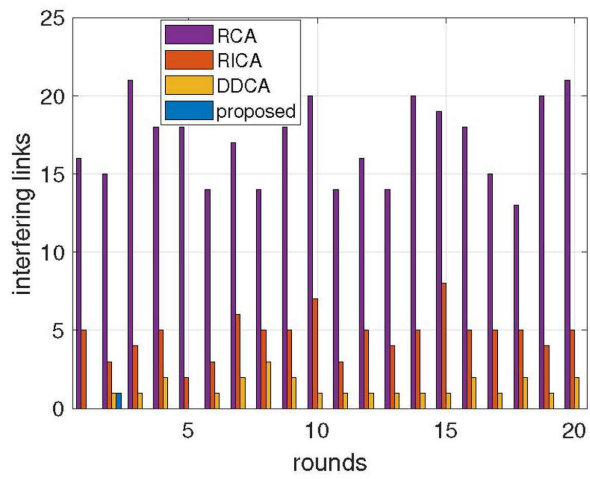
도면3b



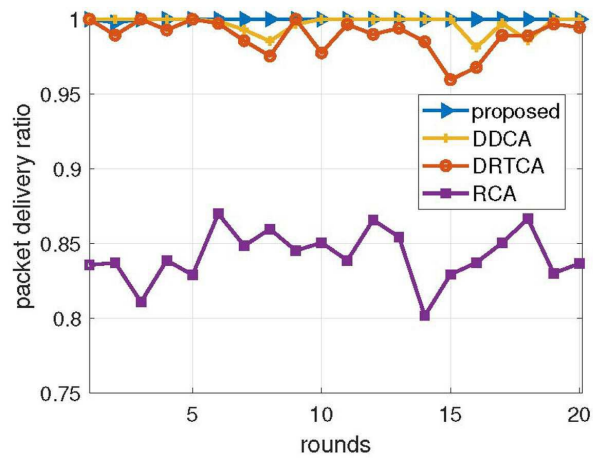
도면3c



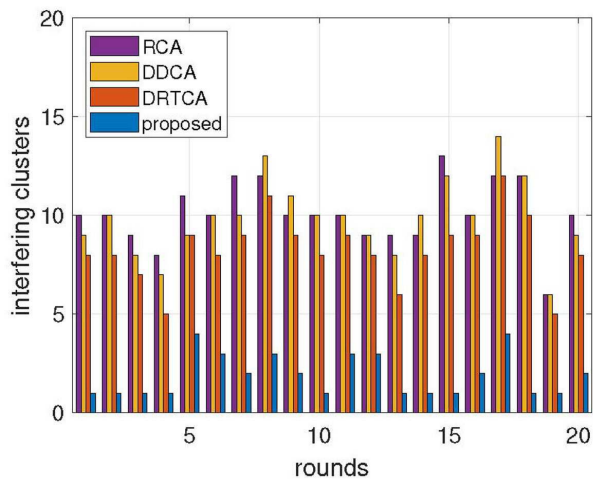
도면4a



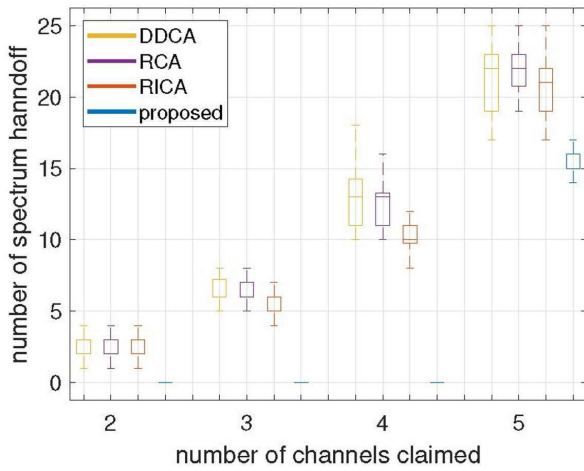
도면4b



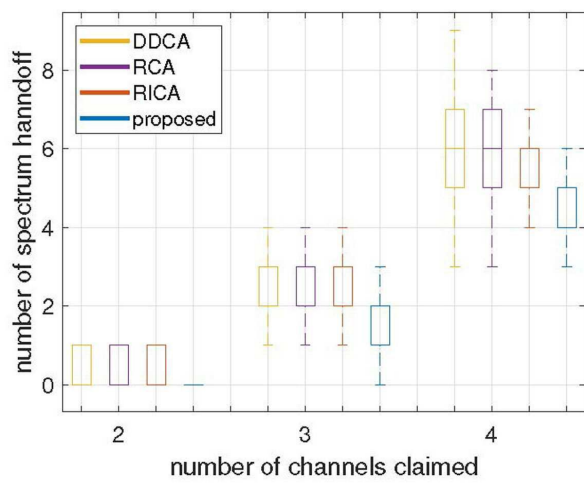
도면4c



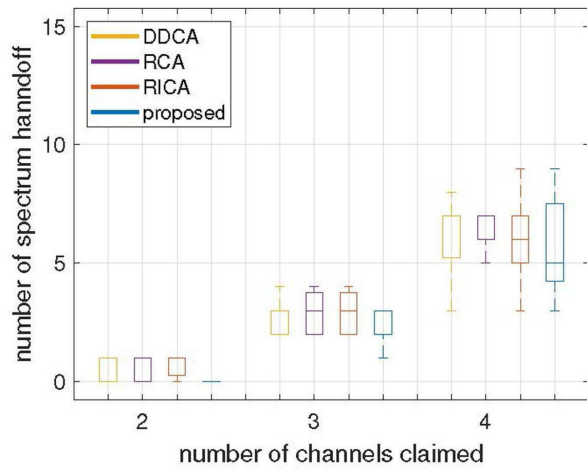
도면5



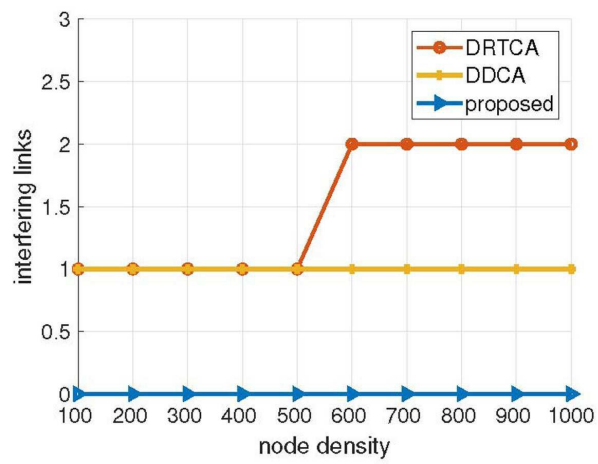
도면6a



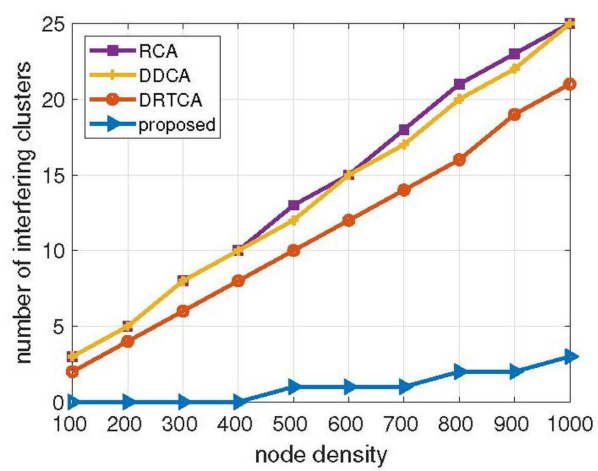
도면6b



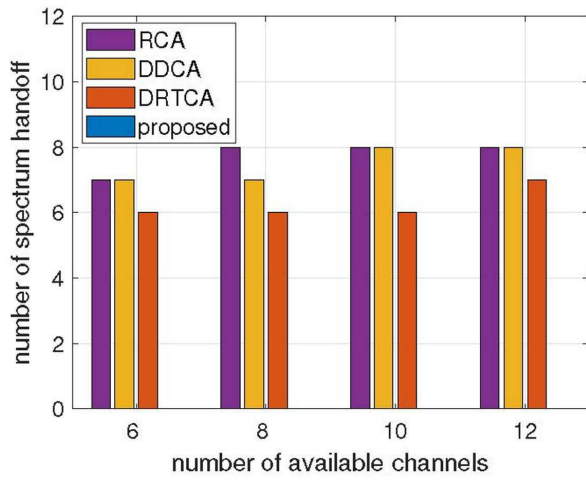
도면7a



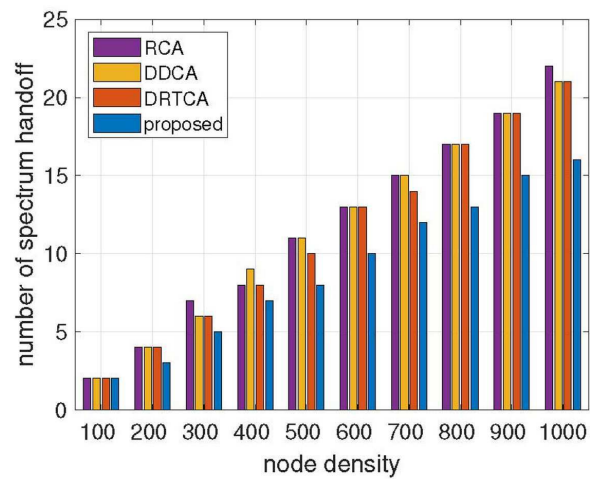
도면7b



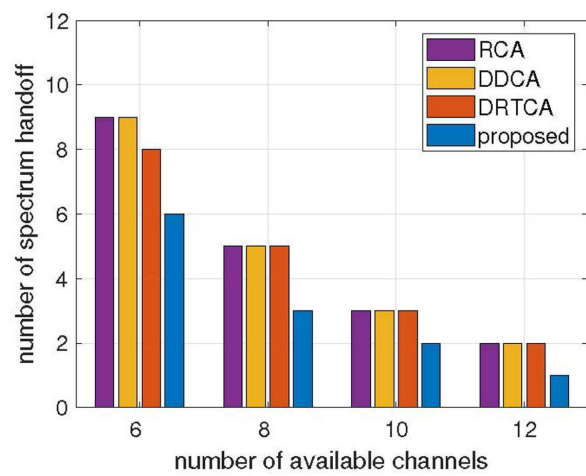
도면7c



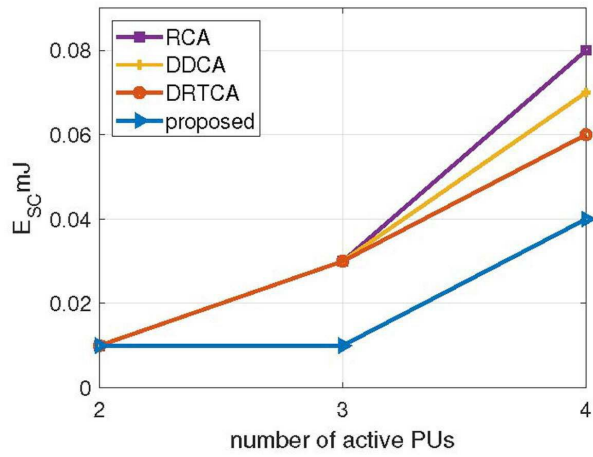
도면8a



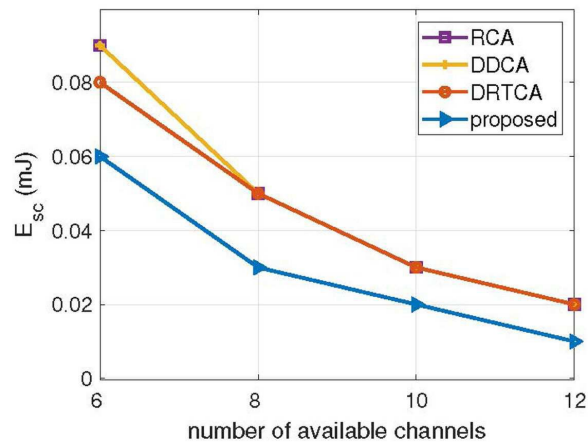
도면8b



도면9a



도면9b



도면9c

