(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0079513
(43) 공개일자 2018년07월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 72/04 (2009.01) *H04W 72/08* (2009.01)
H04W 84/12 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 72/0493 (2013.01)
H04W 72/082 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0183424
(22) 출원일자 2016년12월30일
심사청구일자 2016년12월30일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
백상헌
서울특별시 서초구 고무래로 35, 109동 1004호(반포동, 반포리체아파트)
송태원
서울특별시 성북구 인촌로13길 26 605호 (안암동2가,반석빌딩)
(74) 대리인
김등용, 김홍석

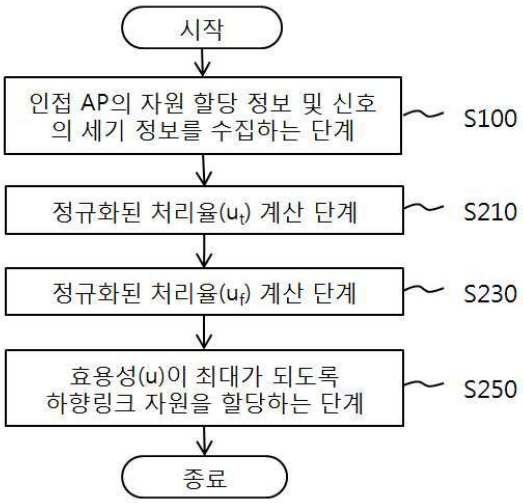
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **OFDMA 기반 밀집 무선랜 환경에서의 분산적 하향링크 자원 할당 장치 및 방법**

(57) 요 약

제1 엑세스 포인트, 상기 제1 엑세스 포인트와 인접하게 위치하는 제2 엑세스 포인트 및 각 엑세스 포인트에 체결된 복수의 단말을 포함하는 OFDMA 기반 밀집 무선랜 환경에서의 분산적 하향링크 자원 할당 장치 및 이를 이용한 분산적 하향링크 자원 할당 방법이 개시된다. 하향링크 자원 할당 방법은 제1 엑세스 포인트가 단말로부터 단말이 엿들은 인접한 제2 엑세스 포인트의 자원 할당 정보 및 신호의 세기 정보를 수집하는 단계, 제2 엑세스 포인트의 자원 할당 정보 및 신호의 세기 정보를 이용하여 정규화된 처리율(u_t)와 정규화된 공정성(u_f)을 계산하는 단계, 및 효용성(u)이 최대가 되도록 할당행렬 Y를 생성하고 자원을 할당하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
H04W 84/12 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 B01011613670001002
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 정보통신기술연구진흥센터
연구사업명 정보통신방송연구개발사업
연구과제명 고성능 고효율의 차세대 무선랜 무선전송 원천기술 개발
기 여 율 1/2
주관기관 고려대학교 산학협력단
연구기간 2016.03.01 ~ 2017.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 H8501-16-1007(1711035256)
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 정보통신기술연구진흥센터
연구사업명 정보통신기술인력양성(R&D,정보화)
연구과제명 초고속 무선 네트워크 기반 u-Office 서비스 연구 개발
기 여 율 1/2
주관기관 중앙대학교 산학협력단
연구기간 2016.01.01 ~ 2016.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

제1 엑세스 포인트, 상기 제1 엑세스 포인트와 인접하게 위치하는 제2 엑세스 포인트 및 각 엑세스 포인트에 체결된 복수의 단말을 포함하는 OFDMA 기반 밀집 무선랜 환경에 있어서,

상기 제1 엑세스 포인트가 상기 제1 엑세스 포인트와 체결된 단말로부터 인접한 상기 제2 엑세스 포인트의 자원 할당 정보 및 신호의 세기 정보를 수집하는 단계;

상기 제1 엑세스 포인트가 상기 제2 엑세스 포인트의 상기 자원 할당 정보 및 상기 제2 엑세스 포인트의 상기 신호의 세기 정보를 이용하여 정규화된 처리율(u_t)을 계산하는 단계;

상기 제1 엑세스 포인트가 상기 제2 엑세스 포인트의 상기 자원 할당 정보 및 상기 제2 엑세스 포인트의 상기 신호의 세기 정보를 이용하여 정규화된 공정성(u_f)을 계산하는 단계; 및

상기 제1 엑세스 포인트가 아래의 수학식에 기초하여 상기 제1 엑세스 포인트에 체결된 둘 이상의 단말이 같은 서브채널을 점유하지 않는 제약조건을 만족하면서 효용성(u)이 최대가 되도록 할당행렬 Y를 생성하고 자원을 할당하는 단계;를 포함하는 엑세스 포인트가 하향링크 자원을 할당하는 방법.

(수학식)

$$\max_{Y} u = \alpha \cdot u_t + (1-\alpha) \cdot u_f$$

$$\text{such that } \sum_{n=1}^{N} y_{n,m} \leq 1,\ \forall m \in \{1,2,\dots,M\}$$

(α는 처리율과 공정성 사이에서의 우선 순위를 조절할 수 있는 변수, N은 제1 엑세스 포인트의 RTS에 응답한 단말의 개수, M은 서브채널의 개수, $y_{n,m}$은 n번째 단말이 m번째 서브채널을 점유하고 있을 때 '1', 그렇지 않으면 '0'의 값을 가지는 NXM행렬 Y의 원소)

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 정규화된 처리율(u_t)을 계산하는 단계는,

임의의 할당행렬로부터 도출될 수 있는 처리율(c)을 계산하는 과정;

공정성을 배제한 이론적 최대 처리율(c*)을 계산하는 과정; 및

아래의 식을 이용하여 상기 정규화된 처리율(u_t)을 계산하는 과정;을 포함하는 엑세스 포인트가 하향링크 자원을 할당하는 방법.

$$u_t = \frac{c}{c^*}$$

청구항 3

제2항에 있어서,

임의의 할당행렬로부터 도출될 수 있는 처리율(c)을 계산하는 과정은,

n번째 단말이 m번째 서브채널을 점유하고 있을 때 신호 대 간섭 및 잡음비(Signal-to-Interference plus Noise Ration:$SINR_{n,m}$)를 계산하는 과정;

아래의 식을 이용하여 n번째 단말이 m번째 서브채널에서 얻을 수 있는 용량(capacity: $c_{n,m}$)을 계산하는 과정;

$$c_{n,m} = \frac{B}{M} \cdot \log_2(1 + SINR_{n,m})$$

(이때, B는 전체 채널의 대역폭)

n번째 단말이 얻을 수 있는 총 용량(c_n)을 계산하는 과정; 및

$$c_n = \sum_{m=1}^{M} c_{n,m}$$

하나의 PPDU에서 얻을 수 있는 총 용량(c)을 계산하는 과정;을 포함하는

$$c = \sum_{n=1}^{N} \sum_{m=1}^{M} c_{n,m}$$

엑세스 포인트가 하향링크 자원을 할당하는 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

공정성을 배제한 이론적 최대 처리율(c*)을 계산하는 과정은,

상기 제1 엑세스 포인트가 가장 높은 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR)를 가질 수 있는 자원을 상기 제1 엑세스 포인트와 체결된 단말에게 내림차순으로 할당했을 때의 총 용량인 것을 특징으로 하는,

엑세스 포인트가 하향링크 자원을 할당하는 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 정규화된 공정성(u_f)을 계산하는 단계는,

아래의 식을 이용하여 n번째 단말이 얻을 수 있는 총 용량(c_n) 간의 공정성 지수(f)를 계산하는 과정;

$$f = \frac{(\sum_{n=1}^{N} c_n)^2}{N \cdot \sum_{n=1}^{N} {c_n}^2}$$

모든 서브채널들이 모든 단말에게 순차적으로 할당되었을 때의 공정성 지수(f*)를 계산하는 과정; 및

아래의 식을 이용하여 상기 정규화된 공정성(u_f)을 계산하는 과정;을 포함하는 엑세스 포인트가 하향링크 자원을 할당하는 방법.

$$u_f = \frac{f}{f^*}$$

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제2 엑세스 포인트의 자원 할당 정보 및 신호의 세기 정보를 수집하는 단계는,

상기 제1 엑세스 포인트가 복수의 단말에 RTS(request to send) 프레임을 전송하는 과정; 및

상기 제1 엑세스 포인트가 상기 제2 엑세스 포인트의 전송을 엿들을 적어도 하나 이상의 단말로부터 상기 제2 엑세스 포인트의 전송에 담겨 있는 자원 할당 정보와 신호의 세기 정보를 포함하는 수정된 CTS(Modified clear

to send: M-CTS) 프레임을 수신하는 과정;을 포함하는 엑세스 포인트가 하향링크 자원을 할당하는 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 수정된 CTS 프레임은 엿들은 신호의 세기 정보를 포함하는 Target RSSI 서브필드와 엿들은 RU(Resource unit) 할당 정보를 포함하는 RU allocation 서브필드를 포함하는 엑세스 포인트가 하향링크 자원을 할당하는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 OFDMA 기반 밀집 무선랜 환경에서의 분산적 하향링크 자원 할당 장치 및 방법에 관한 것으로서, 특히 단말이 엿들은 인접한 엑세스 포인트의 자원 할당 정보 및 신호의 세기를 수집하고, 처리율 및 공정성을 고려하여 효용성이 최대가 되도록 자원을 할당하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 본 발명은 OFDMA 기반 밀집 무선랜 환경에서의 분산적 하향 링크 자원 할당 기술을 제시한다.

[0003] 스마트폰, 랩탑, 멀티미디어 기기와 같은 개인용 단말의 수가 급증하고 있다. 이러한 기기들은 대부분 무선랜(WLAN: Wireless Local Area Network, 이하 'WLAN'이라고 함)을 통해 데이터를 주고 받게 되므로 무선랜의 성능 향상에 대한 관심이 증가하고 있다.

[0004] 무선랜 성능 향상을 위해 IEEE 802.11n에서는 4x4의 Multiple input multiple output(MIMO)를 지원했으며 현재 나온 최신의 무선랜 표준인 IEEE 802.11ac에서는 8x8의 MIMO를 지원함으로써 무선랜 물리 계층의 처리율 향상을 꾀하고 있다. 그러나 매체 접근 계층의 처리율 향상은 상대적으로 저조하기 때문에 매체 접근 계층의 효율적인 알고리즘이 필요하다.

[0005] 이를 위해 많은 수의 매체 접근 계층의 처리율 향상 기법이 연구되어 왔다. Orthogonal Frequency-Division Multiple Access(OFDMA)가 대표적인 매체 접근 계층 처리율 향상 기법인데, 이를 통해 시간적, 공간적, 주파수적인 다양성을 발휘하여 처리율 향상을 이룰 수 있게 된다. OFDMA는 현재 4G 셀룰러 네트워크, Wireless Metropolitan Area Network(WMAN), 그리고 Ultra Mobile Broadband(UMB) 등에서 이미 적용되어 있으나 무선랜 환경에서는 현재 드래프트(draft) 단계인 IEEE 802.11ax에서 처음 적용될 예정이다.

[0006] 현재의 무선랜 환경에서 개인용 단말과 액세스 포인트(AP: Access Point, 이하 'AP'라고 함)들의 수가 폭발적으로 증가하고 있어 IEEE 802.11ax에서는 단말 대 단말의 처리율 상승이 아닌 네트워크 전반적인 처리율의 향상을 고려하고 있다. 그러나 무선랜 환경은 셀룰러 네트워크처럼 소수의 서비스 제공자가 관리하는 네트워크가 아니기 때문에 각 AP들을 관리하기 힘들고 그렇기 때문에 중앙집중적인 최적화 기법은 매우 어렵다.

[0007] 따라서, 무선랜 환경에서 발생할 수 있는 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 분산적으로 동작하면서도 보다 효율적인 자원 할당 기법이 필요하다.

[0008] 등록특허 제10-0924834호에서는 채널 코딩 방식을 사용한 하향 링크 스케줄링 제어 정보 전송 방법, 특히 제어 정보를 전송할 수 있는 비트맵 패턴을 제안하고 있으나, 그러한 제어 정보를 도출할 수 있는 방법에 대해서는 개시하고 있지 않다.

[0009] 공개특허 제10-2013-0110588호에서는 다중 셀 환경에서의 OFDMA 자원 할당 방법, 특히 셀 간 간섭을 조정하여 셀 가장자리 성능을 향상시킬 수 있는 방법을 개시하고 있지만, 상기 자원 할당 방법은 기지국과 연결된 중앙처리장치가 연산하게 되어 있어 무선랜 환경과 같이 분산적인 환경에서는 사용하기 힘든 문제점이 존재한다.

[0010] 등록특허 제10-0848655호에서는 다중 셀 환경에서의 분산적인 OFDMA 자원 할당 방법을 제안하고 있으며, 특히 부반송파간의 송신 전력의 최적화를 통해 인접 셀 간의 CCI(Co-Channel Interference)를 최소화하는 기법에 대하여 개시하고 있지만, 어떤 부반송파를 어떤 단말에 할당할 것인지에 대한 고려는 단지 수율을 최대화하는 방향으로 제시되어 있으므로, 밀집된 무선랜 환경에 적용하기에는 적합하지 않다.

[0011] 본 발명에서는 분산적 하향 링크 자원 할당 알고리즘을 제안한다. 본 알고리즘에서는 각 AP가 분산적으로 '효용' 함수를 정의하고 이를 최대화하는 최적화 문제를 수립한다. 효용 함수는 AP가 얻을 수 있는 처리율과 그 처리율 사이의 공정성에 대한 척도가 반영되고, 이를 조절할 수 있는 파라미터로 이루어져 있어 처리율 극대화과 공정성 극대화를 조절할 수 있다. 또한, 최적화 문제를 수립하기 위하여 인접한 AP의 정보가 필요한데, 이를 위한 수정된 Clear-To-Send(M-CTS) 프레임 구조를 제안한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 대한민국 특허공보 제10-0924834호

(특허문헌 0002) 대한민국 공개공보 제10-2013-0110588호

(특허문헌 0003) 대한민국 특허공보 제10-0848655호

비특허문헌

[0013] (비특허문헌 0001) Nan Bao, Junchao Li, Weiwei Xia, and Lianfeng Shen. "QoS-aware Resource Allocation Algorithm for OFDMA-WLAN integrated system, " in 2013 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2013, pp. 807-812

(비특허문헌 0002) T. Mishima, S. Miyamoto, S. Sampei, W. Jiang, "Novel DCF-based Multi-User MAC Protocol and Dynamic Resource Allocation for OFDMA WLAN Systems," in 2013 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC), 2013, pp. 616-620

(비특허문헌 0003) C. Wang and W. H. Kuo, "A utility-based resource allocation scheme for IEEE 802.11 WLANs via a machine-learning approach," Wirel. Networks, vol. 20, no. 7, pp. 1743-1758, 2014.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 각 엑세스 포인트(AP)가 분산적으로 효용 함수를 정의하고 이를 최대화하는 최적화 문제를 수립하여 단말에 대한 하향링크 자원을 할당하는 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

[0015] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 엑세스 포인트의 처리율과 공정성을 극대화할 수 있는 하향링크 자원을 할당하는 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

[0016] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 OFDMA 기반 밀집 무선랜 환경에서의 분산적 하향링크 자원 할당을 위한 인접 엑세스 포인트의 자원 할당 정보 및 신호의 세기 정보를 수집하기 위하여 수정된 CTS(M-CTS) 프레임 구조를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0017] 제1 엑세스 포인트, 상기 제1 엑세스 포인트와 인접하게 위치하는 제2 엑세스 포인트 및 각 엑세스 포인트에 체결된 복수의 단말을 포함하는 OFDMA 기반 밀집 무선랜 환경에 있어서, 본 발명의 실시 예에 따른 제1 엑세스 포인트가 하향링크 자원을 할당하는 방법은 상기 제1 엑세스 포인트가 상기 제1 엑세스 포인트와 체결된 단말로부터 인접한 상기 제2 엑세스 포인트의 자원 할당 정보 및 신호의 세기 정보를 수집하는 단계, 상기 제1 엑세스 포인트가 상기 제2 엑세스 포인트의 상기 자원 할당 정보 및 상기 제2 엑세스 포인트의 상기 신호의 세기 정보를 이용하여 정규화된 처리율(u_t)을 계산하는 단계, 상기 제1 엑세스 포인트가 상기 제2 엑세스 포인트의 상기 자원 할당 정보 및 상기 제2 엑세스 포인트의 상기 신호의 세기 정보를 이용하여 정규화된 공정성(u_f)을 계산하는 단계, 및 상기 제1 엑세스 포인트가 상기 제1 엑세스 포인트에 체결된 둘 이상의 단말이 같은 서브채널을 점유하지 않는 제약조건을 만족하면서 효용성(u)이 최대가 되도록 할당행렬 Y를 생성하고 자원을 할당하는 단계를

포함한다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 실시 예에 따른 차량 침입 탐지 장치 및 방법에 의할 경우, OFDMA 기반 밀집 무선랜 환경에서의 하향 링크 자원 할당의 효용성을 최대화할 수 있는 효과가 있다.

[0019] 또한, 무선랜 환경에 따라 처리율 극대화과 공정성 극대화를 조절할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.

도 1은 일실시예에 따른 자원 할당 장치를 포함하는 전체 시스템을 설명하는 도면이다.

도 2는 일실시예에 따른 자원 할당 장치를 도시한 블록도이다.

도 3은 도 2에 도시한 분산적 하향 링크 자원 할당 장치를 이용한 분산적 하향 링크 자원 할당 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 4a는 IEEE 802.11에 규정되어 있는 CTS 프레임을 도시하고, 도 4b는 본 발명에서 제안하는 수정된 CTS(M-CTS) 프레임을 도시한다.

도 5는 Target RSSI 서브필드와 RU allocation 서브필드를 추가한 M-CTS 프레임을 활용한 전송 예제를 도시한다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 자원 할당 방법에서 기반하는 OFDMA 시스템의 간단한 예시를 도시한다.

도 7 및 도 8은 AP의 개수의 변화에 따른 제안 기법과 비교 기법의 처리율과 공정성 척도를 나타낸다.

도 9는 α의 변화에 따른 처리율과 공정성의 추이를 도시하고, 도 10 및 도 11은 AP 밀도에 따른 처리율과 공정성 추이를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 형태들로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시 예들에 한정되지 않는다.

[0022] 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서에서 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0023] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 벗어나지 않은 채, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고 유사하게 제2 구성 요소는 제1 구성 요소로도 명명될 수 있다.

[0024] 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성 요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는 중간에 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0025] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 본 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0026] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0028] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 상세히 설명한다.

[0029] 도 1은 일실시예에 따른 자원 할당 장치를 포함하는 전체 시스템(10)을 설명하는 도면이다.

[0030] 본 발명의 실시예에 따른 OFDMA 기반 밀집 무선랜 환경에서의 분산적 하향 링크 자원 할당 장치 및 방법에서는 다수의 싱글홉 BSS(basic service set)가 존재하는 OFDMA 무선랜 환경을 가정하고 있다.

[0031] 도 1을 참조하면, 단말 a1과 단말 a2는 AP a에 체결되어 있고, 단말 b1과 단말 b2는 AP b에 체결되어 있다. 즉, 각 엑세스 포인트(AP)는 각 엑세스 포인트(AP)와 체결된 복수의 단말들, 예컨대 다수의 스테이션(STA: Station)의 집합에 서비스를 제공하고 정보를 수집하는 형태의 네트워크 구조를 가진다.

[0032] 원은 AP의 전송 범위를 의미하며 원이 겹쳐진 부분은 두 AP의 겹쳐진 전송 범위를 의미한다. AP a에서 분산적 하향 링크 자원 할당을 하는 경우, 단말 a2로부터 AP b의 자원 할당 정보와 신호 세기를 엿들은 뒤 이를 본 발명에서 제안하는 수정된 CTS(M-CTS) 프레임을 통해 단말 a2로부터 수신하고, 이를 토대로 자원 할당 최적화 문제를 수립하여 그에 따라 다운링크 OFDMA 전송을 시행한다. 이와 유사하게, AP b는 단말 b1으로부터 수신한 인접한 AP a의 자원 할당 정보 및 신호 세기를 이용하여 자원 할당 최적화 문제를 수립한다.

[0033] 즉, AP a는 단말 a2로부터 수신한 인접한 AP b의 자원 할당 정보 및 신호 세기를 이용하여 최적의 무선 자원을 할당함으로써 네트워크의 성능을 개선할 수 있다.

[0034] 도 2는 일실시예에 따른 OFDMA 기반 밀집 무선랜 환경에서의 분산적 하향 링크 자원 할당 장치(100)의 기능 블럭도이다.

[0035] 도 2를 참조하면, 자원 할당 장치(100)은 수집부(110), 할당부(120) 및 송신부(130)를 포함한다.

[0036] 자원 할당 장치(100)는 엑세스 포인트(AP)로 동작할 수 있다.

[0037] 자원 할당 장치(100)의 수집부(110)는 최적화된 자원 할당을 위하여 자원 할당 장치(100)와 연결된 스테이션을 제어하여 체결된 단말로부터 인접한 다른 AP의 자원 할당 정보 및 신호 세기를 수집할 수 있다.

[0038] 할당부(120)는 인접 AP의 자원 할당 정보 및 신호의 세기 정보를 이용하여 정규화된 처리율(u_t) 및 정규화된 공정성(u_f)을 계산하고, 정규화된 처리율(u_t) 및 정규화된 공정성(u_f)을 반영한 효용 함수를 정의하여, 이에 따른 효용성(u)을 최대화하는 최적화 문제를 수립하여 단말에 대한 하향링크 자원을 할당한다.

[0039] 송신부(130)는 체결된 단말들에 할당 정보를 송신할 수 있다.

[0040] 이 밖에도, 일실시예에 따른 자원 할당 장치(100)는 체결된 단말로부터 수신한 자원 할당 정보 및 신호 세기 정보를 기록하는 저장부를 더 포함할 수 있다.

[0042] 이하, 도 3 내지 도 6을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 OFDMA 기반 밀집 무선랜 환경에서의 분산적 하향 링크 자원 할당 방법에 대하여 자세히 살펴보도록 한다.

[0043] 도 3은 도 2에 도시한 분산적 하향 링크 자원 할당 장치를 이용한 분산적 하향 링크 자원 할당 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0044] 도 3을 참조하면, 먼저 자원 할당 장치(100)는 체결된 단말(200)로부터 인접 AP의 자원 할당 정보와 인접 AP로부터 받는 신호의 세기 정보를 수신한다(S100). 구체적으로, 자원 할당 장치(100)는 단말(200)에 RTS 프레임을 전송하고, 인접한 다른 AP의 전송을 엿들은(overhear) 단말(200)은 전송에 담겨있는 자원 할당(RU allocation) 정보와 그 신호의 세기 정보(노이즈의 강도)를 포함하는 수정된 CTS(M-CTS) 프레임을 자원 할당 장치(100)에 전송한다. 즉, 인접한 다른 AP의 전송을 엿들은 단말(200)은 엿들은 전송에 담겨있는 자원 할당(RU allocation) 정보와 그 신호의 세기를 저장하고, 상기 단말(200)과 체결된 AP, 즉, 자원 할당 장치(100)로부터 RTS 프레임을

수신한 경우, 상기 단말(200)은 자원 할당(RU allocation) 정보와 신호 세기 정보를 포함하는 수정된 CTS(M-CTS) 프레임을 자원 할당 장치(100, AP)에 전송한다.

[0045] 도 1을 예로 들어 설명하면, AP b의 전송을 엿들은 단말 a2는 엿들은r) 전송에 담겨있는 자원 할당(RU allocation) 정보와 그 신호의 세기를 저장해놓고 있다가 AP a로부터의 RTS 프레임을 수신했을 시 이를 포함하는 M-CTS 프레임을 AP a에 전송한다.

[0046] 인접한 AP의 자원 할당(RU allocation) 정보와 그 신호의 세기를 수집하기 위하여 본 발명에서 제안하는 M-CTS 프레임 구조는 아래와 같다.

[0047] 도 4a는 IEEE 802.11에 규정되어 있는 CTS 프레임을 도시하고, 도 4b는 본 발명에서 제안하는 수정된 CTS(M-CTS) 프레임을 도시한다.

[0048] 본 발명에서는 Target RSSI 서브필드와 RU allocation 서브필드를 추가한 M-CTS 프레임을 제안한다.

[0049] Target RSSI 서브필드는 엿들은 신호의 세기를 나타내는 서브필드이다. 8비트로 이루어져 있으며 신호의 세기를 256단계(즉, 2^8)로 분리하여 나타낼 수 있다. Target RSSI 서브필드는 현재 진행되고 있는 IEEE 802.11ax Draft에서 처음 제안된 필드로, 802.11ax에서는 AP가 단말들에게 전송을 요청하거나 RTS(ready-to-send) 프레임의 용도로 사용되는 트리거 프레임(Trigger frame) 내부에 존재하는데, CTS 프레임에서는 사용하고 있지 않다.

[0050] RU Allocation 서브필드는 OFDMA 무선랜 시스템의 전송 단위인 RU(resource unit)가 어떻게 할당되는지를 나타내는 서브필드로서, IEEE 802.11ax Draft에서 지원되는 서브필드이나, CTS 프레임에서는 지원하고 있지 않고 있다.

[0051] 도 5는 Target RSSI 서브필드와 RU allocation 서브필드를 추가한 M-CTS 프레임을 활용한 전송 예제를 도시한다. 도 5는 도 1의 동작 예시를 기반으로 작성되었다. t는 인접 AP로부터 영향을 받게 되는 데이터 전송 시간을 나타내며 이는 M-CTS 프레임의 수신을 통해 알 수 있다. T는 PPDU(PLCP protocol data unit)의 길이를 나타낸다. 단말 b1은 AP a로부터 송신된 프레임을 엿들은 뒤, RU allocation과 Target RSSI 정보를 따로 저장해두다가 AP b로부터 RTS 프레임을 수신한 뒤 상기 정보를 M-CTS 프레임에 첨부하여 전송한다.

[0052] M-CTS 프레임을 수신한 AP b는 인접 AP의 전송 정보와 그로부터 받는 영향을 알 수 있게 되고, 본 발명에서 제안하는 자원 할당 기법을 이용하여 OFDMA 자원, 즉 RU(resource unit)의 분배를 시행한다.

[0053] **다음, 자원 할당 장치(100)는 인접 AP의 자원 할당 정보와 인접 AP로부터 받는 신호의 세기 정보를 이용하여 자원을 할당한다(S200).**

[0054] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 자원 할당 방법에서 기반하는 OFDMA 시스템의 간단한 예시를 도시한다. 하나의 PPDU는 주파수 축으로는 여러 개의 서브 채널로 이루어져 있고, 시간 축으로는 여러 개의 시간 슬롯으로 이루어져 있다. 자원 할당 단위는 resource unit으로 규정되며 이는 하나의 서브 채널과 하나의 시간 슬롯으로 정의한다.

[0055] N은 AP의 RTS에 기존의 CTS나 수정된 CTS(M-CTS)로 응답한 단말의 개수를 의미한다. M은 서브채널의 개수로 정의한다. N은 M보다 작거나 같아야 한다. B는 전체 채널 대역폭을 의미한다. 즉, B/M은 하나의 서브 채널의 대역폭을 의미하게 된다.

[0056] Y는 할당행렬을 의미하며, 자원 할당 알고리즘에서 도출하고자 하는 행렬이다. 0과 1로 이루어진 N×M행렬로서, 행렬 Y의 원소 $y_{n,m}$은, 단말 n이 서브 채널 m을 점유하고 있을 때 1, 그렇지 않으면 0으로 정의한다. 또한 I는 간섭행렬로서, 실수로 이루어진 N×M행렬이다. 행렬 I의 원소 $i_{n,m}$은 단말 n이 서브 채널 m에서 겪게 되는 간섭의 세기를 나타내며, Target RSSI 서브 필드로부터 도출된다. 다음으로 S는 신호행렬로서 단말 n이 서브 채널 m에서 겪게 되는 신호의 세기를 나타낸다.

[0057] 자원 할당 장치(100)에서 하향링크 자원을 할당하는 단계(S200)는 인접 AP의 자원 할당 정보 및 신호의 세기 정보를 이용하여 정규화된 처리율(u_t)을 계산하는 단계(S210), 인접 AP의 자원 할당 정보 및 신호의 세기 정보를 이용하여 정규화된 공정성(u_f)을 계산하는 단계(S230), 및 일정한 제약조건을 만족하면서 효용성(u)이 최대가 되도록 할당행렬 Y를 생성하고 자원을 할당하는 단계(S250)를 포함한다.

[0058] 구체적으로, 상기 정규화된 처리율(u_t)을 계산하는 단계는 임의의 할당행렬로부터 도출될 수 있는 처리율(c)을 계산하는 과정, 공정성을 배제한 이론적 최대 처리율(c*)을 계산하는 과정, 및 아래의 수학식 1을 이용하여 상

기 정규화된 처리율(u_t)을 계산하는 과정을 포함한다.

수학식 1

[0059] $$u_t = \frac{c}{c^*}$$

[0060] 임의의 할당행렬로부터 도출될 수 있는 처리율(c)을 계산하는 과정은 아래와 같다.

[0061] 먼저, n번째 단말이 m번째 서브채널을 점유하고 있을 때 신호 대 간섭 및 잡음비(Signal-to-Interference plus Noise Ration:$SINR_{n,m}$)를 계산한다. 단말 n이 서브 채널 m을 점유하고 있을 시 얻을 수 있는 $SINR_{n,m}$은 아래의 수학식 2와 같다.

수학식 2

[0062] $$SINR_{n,m} = \frac{t}{T} \cdot \frac{s_{n,m}[mW] \cdot y_{n,m}}{i_{n,m}[mW] \cdot N_{0n,m}[mW]}$$

[0063] 상기 수학식 2에서 $N_{0n,m}$은 열 잡음(thermal noise)을 의미하며, f[mW]는 f가 밀리-와트 스케일(milli-watts scale) 단위임을 의미한다.

[0064] 다음, 아래의 수학식 3을 이용하여 n번째 단말이 m번째 서브채널에서 얻을 수 있는 용량(capacity: $c_{n,m}$), 즉 단말 n이 서브채널 m에서 얻을 수 있는 케파시티($c_{n,m}$)를 계산한다.

수학식 3

[0065] $$c_{n,m} = \frac{B}{M} \cdot \log_2(1 + SINR_{n,m})$$

[0066] 이때, B는 전체 채널의 대역폭을 의미하며, 따라서 B/M은 하나의 단위 서브채널의 대역폭을 의미한다.

[0067] 다음, 아래의 수학식 4를 이용하여 단말 n이 얻을 수 있는 총 용량(c_n)을 계산하고, 아래의 수학시 5를 이용하여 하나의 PPDU에서 얻을 수 있는 총 용량(c), 즉 임의의 할당행렬로부터 도출될 수 있는 처리율(c)을 계산한다.

수학식 4

[0068] $$c_n = \sum_{m=1}^{M} c_{n,m} = \sum_{m=1}^{M} \frac{B}{M} \cdot \log_2(1 + SINR_{n,m})$$

수학식 5

[0070] $$c = \sum_{n=1}^{N} \sum_{m=1}^{M} c_{n,m}$$

[0071] 공정성을 배제한 이론적 최대 처리율(maximum available capacity: c*)은 AP가 가장 높은 SINR을 발휘할 수 있는 자원(RU)을 단말에게 내림차순으로 할당했을 때의 총 용량일 수 있다.

[0072] 다음, 상기 정규화된 공정성(u_f)을 계산하는 단계는 n번째 단말이 얻을 수 있는 총 용량(c_n) 간의 공정성 지수(f)를 계산하는 과정, 모든 서브채널들이 모든 단말에게 순차적으로 할당되었을 때의 공정성 지수(f*)를 계산하는 과정, 및 아래의 수학식 6을 이용하여 상기 정규화된 공정성(u_f)을 계산하는 과정을 포함한다.

수학식 6

[0073] $$u_f = \frac{f}{f^*}$$

[0074] n번째 단말이 얻을 수 있는 총 용량(c_n) 간의 공정성 지수(f), 즉 단말들의 총 용량(c_n) 간의 Jain's fairness index(f)는 아래의 수학식 7을 이용하여 계산할 수 있다.

수학식 7

[0075] $$f = \frac{(\sum_{n=1}^{N} c_n)^2}{N \cdot \sum_{n=1}^{N} c_n^{\,2}}$$

[0077] 다음, 자원 할당 장치(100)는 일정한 제약조건을 만족하면서 효용성(u)이 최대가 되도록 할당행렬 Y를 생성하고 자원을 할당한다(S250).

[0078] 구체적으로, 효용성(u)은 정규화된 처리율(u_t) 및 정규화된 공정성(u_f)을 이용하여 아래의 수학식 8과 같이 도출할 수 있다.

수학식 8

[0079] $$u = \alpha \cdot u_t + (1-\alpha) \cdot u_f$$

[0080] α는 가중치(weighting factor, 가중계수)로서, 처리율(throughput)과 공정성(fairness) 사이에서의 우선순위를 조절할 수 있는 변수이다. α가 1에 가까워질수록 총 처리율을 우선시하게 되고, 반대로 α가 0에 가까워질수록 처리율 간의 공정성을 우선시하게 된다.

[0081] 최적화 문제는 아래의 수학식 9와 같이 표현될 수 있다.

수학식 9

[0082] $$\max_{Y} u$$
$$\text{such that} \sum_{n=1}^{N} y_{n,m} \leq 1,\ \forall m \in \{1,2,\ldots,M\}$$

[0083] 상기 최적화 문제의 제약 조건은 둘 이상의 단말이 같은 서브채널을 점유할 수 없음을 의미한다.

[0084] 즉, 자원 할당 장치(100)는 제약조건을 만족하면서 효용성(u)이 최대가 되도록 할당행렬 Y($y_{n,m}$)를 생성하고 자원 할당 장치(100, AP)에 체결된 적어도 하나 이상의 단말에 자원을 할당한다.

[0085] 도 7 및 도 8은 AP의 개수의 변화에 따른 제안 기법과 비교 기법의 처리율과 공정성 척도를 나타낸다. 성능 평가를 위한 비교 기법으로는 이기적 기법과 임의 기법을 정의하였다. 이기적 기법은 SINR이 가장 높은 단말-서브채널부터 할당하는 기법이고, 임의 기법은 제약 조건을 만족하는 조건에서 임의로 할당하는 기법이다.

[0086] 도 7 및 도 8을 참조하면 AP의 개수가 늘어남에 따라 제안 기법과 비교 기법의 처리율이 높아지나 증가율은 줄어드는 것을 볼 수 있다. 본 발명에 따른 자원 할당 방법에서 α가 0.1인 경우, α가 0.9인 경우나 이기적 기법 대비 16.9%~27.0%의 처리율 하락을 보이나 공정성 척도는 가장 높은 것을 볼 수 있다.

[0087] 도 9는 α의 변화에 따른 처리율과 공정성의 추이를 도시한다. α가 낮은 경우에는 효용 함수 내에서 공정성(공평성)이 더 큰 비중을 갖게 되고 OFDMA의 RU(resource unit)가 상대적으로 공평하게 분배된다. 결과적으로 공평성 척도는 높아지나 처리율의 합은 낮아지게 된다. 반대로 α가 높은 경우에는 SINR이 높은 단말들이 RU(resource unit)를 독점하게 되어 공평성 척도는 낮아지나 처리율의 합이 높아짐을 관찰할 수 있다.

[0088] 도 10 및 도 11은 AP 밀도에 따른 처리율과 공정성 추이를 도시한다.

[0089] 아래 그림 8과 9에서는 AP가 얼마나 밀도있게 배치되었는지에 따른 처리율과 공정성을 나타내었다.

[0090] x축의 r/r0는 AP들 사이의 거리와 전송 범위의 비를 나타낸 것이며, r/r0가 1이면 AP들이 정확히 전송 범위만큼 떨어져 있는 상황을 의미하고, r/r0가 2이면 전송 범위가 겹쳐짐 없이 완전히 분리된 상황을 의미한다.

[0091] r/r0가 커질수록, 즉 AP들이 듬성듬성 배치될수록 제안 기법과 비교 기법 모두 처리율이 상승하는 것을 볼 수 있는데,이는 AP들 사이의 거리가 멀어짐에 따라 간섭이 줄어들어 전반적으로 SINR들이 상승했기 때문으로 볼 수 있다.

[0092] 도 7과 유사하게 α가 낮은 경우에 α가 높은 경우나 이기적 기법에 비해 다소 처리율은 낮으나 공평성은 월등한 것을 관찰할 수 있다.

[0093] 상술한 OFDMA 기반 밀집 무선랜 환경에서의 분산적 하향 링크 자원 할당 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성가능하고, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다.

[0094] 예를 들어, 기록매체에 저장되며 OFDMA 기반 밀집 무선랜 환경에서 엑세스 포인트가 하향링크 자원을 할당하는 프로그램으로서, 상기 프로그램은 컴퓨팅 시스템에서 실행되는 엑세스 포인트가 체결된 단말이 엿들은 인접 엑세스 포인트의 자원 할당 정보 및 인접 엑세스 포인트로부터 받는 신호의 세기 정보를 상기 단말로부터 수집하는 명령어 세트, 수집된 정보를 이용하여 정규화된 처리율(u_t)을 계산하는 명령어 세트, 수집된 정보를 이용하여 정규화된 공정성(u_f)을 계산하는 명령어 세트, 및 일정한 제약조건을 만족하면서 효용성(u)이 최대가 되도록 할당행렬 Y를 생성하고 자원을 할당하는 명령어 세트를 포함할 수 있다.

[0095] 상기 하향링크 자원을 할당하는 프로그램은 상기 기록매체에 저장되며, 상기 기록매체는 마그네틱 저장매체(예를 들면, 롬, 플로피 디스크, 하드디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, 디브이디 등)와 같은 저장매체를 포함한다. 또한, 상기 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 명령어 세트가 저장되고 실행될 수 있다.

[0096] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

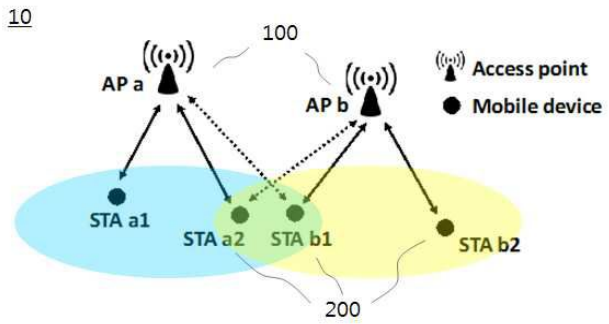
[0097] 100: 자원 할당 장치, 엑세스 포인트

110: 수집부 120: 할당부

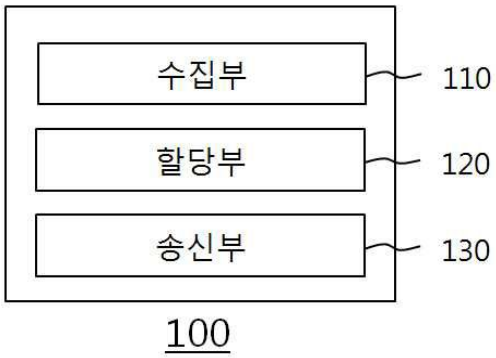
130: 송신부

도면

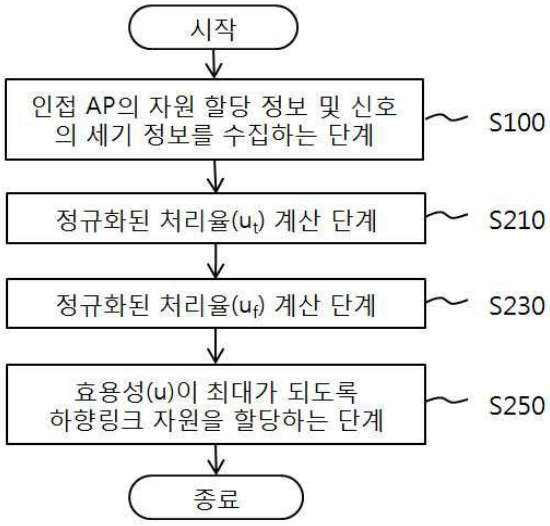
도면1



도면2



도면3



도면4a

Legacy CTS frame

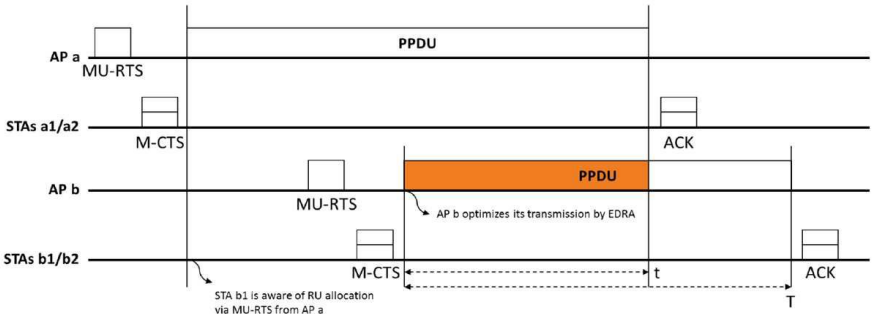
	Frame Control	Duration	RA	FCS
Octets:	2	2	6	4

도면4b

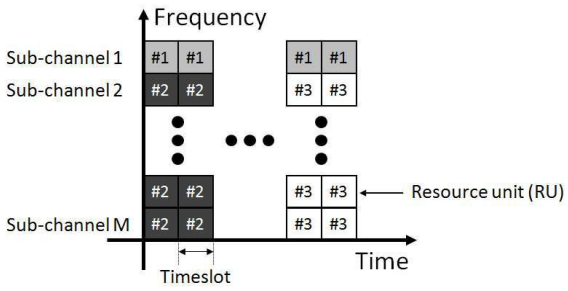
Modified CTS frame

	Frame Control	Duration	RA	Target RSSI	RU Allocation	FCS
Octets:	2	2	6	1	N	4

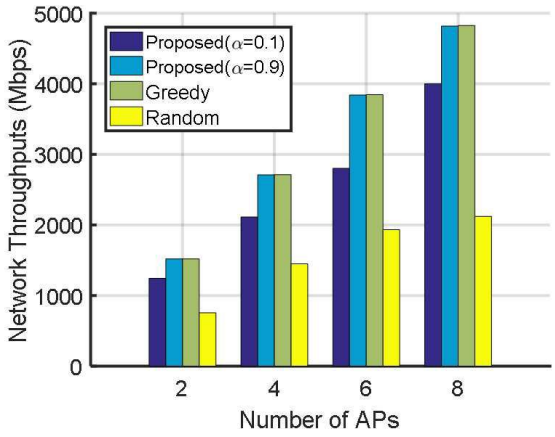
도면5



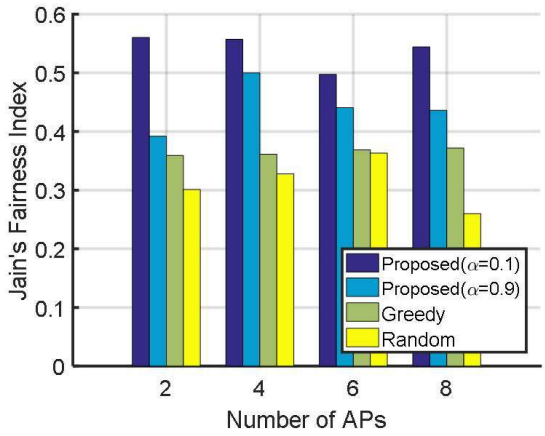
도면6



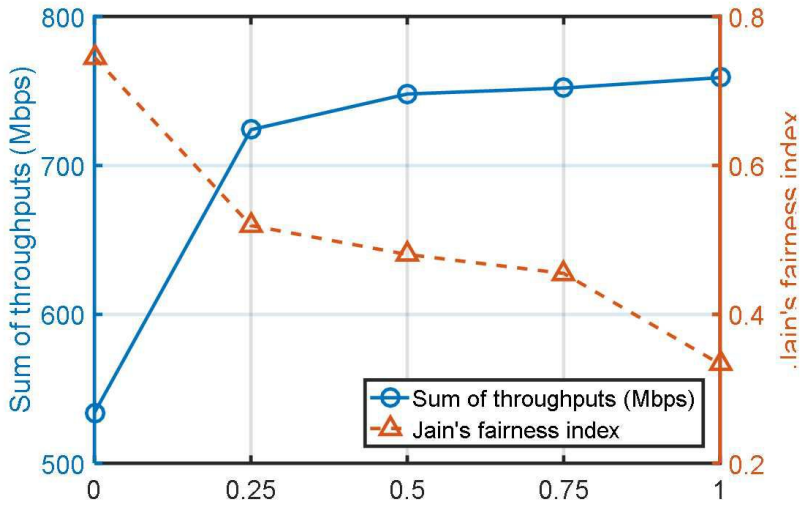
도면7


Network Throughputs (Mbps)
5000
4000
3000
2000
1000
0
2
4
6
8
Number of APs
Proposed(α=0.1)
Proposed(α=0.9)
Greedy
Random

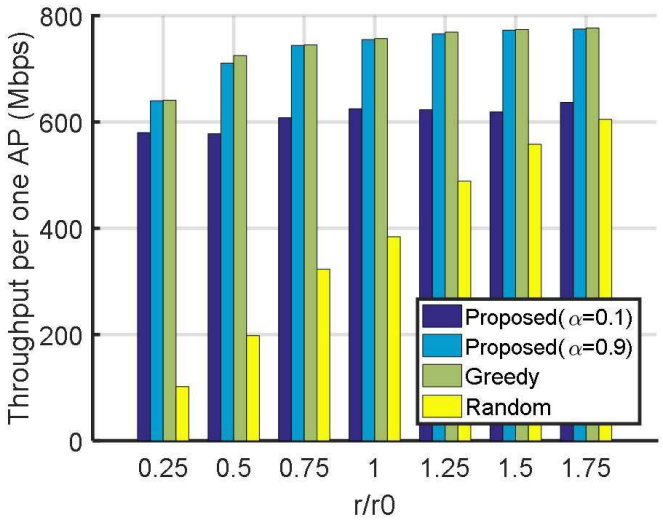
도면8


Jain's Fairness Index
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
2
4
6
8
Number of APs
Proposed(α=0.1)
Proposed(α=0.9)
Greedy
Random

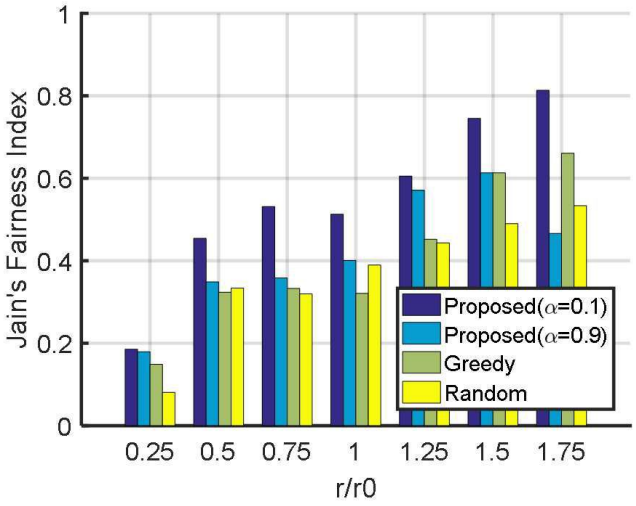
도면9


Sum of throughputs (Mbps)
800
700
600
500
0
0.25
0.5
0.75
1
Jain's fairness index
0.8
0.6
0.4
0.2
Sum of throughputs (Mbps)
Jain's fairness index

도면10


Throughput per one AP (Mbps)
800
600
400
200
0
0.25
0.5
0.75
1
1.25
1.5
1.75
r/r0
Proposed(α=0.1)
Proposed(α=0.9)
Greedy
Random

도면11


Jain's Fairness Index
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0.25
0.5
0.75
1
1.25
1.5
1.75
r/r0
Proposed(α=0.1)
Proposed(α=0.9)
Greedy
Random