



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년02월10일
(11) 등록번호 10-1705814
(24) 등록일자 2017년02월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/04 (2017.01) H04B 7/06 (2017.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/0452 (2013.01)
H04B 7/0626 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0173109
(22) 출원일자 2015년12월07일
심사청구일자 2015년12월07일
(30) 우선권주장
1020150149628 2015년10월27일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020130051886 A*
KR1020150077248 A
seong yong jeong et al., "Client selection for coordinated IEEE 802.11ac multi-user MIMO-enabled access points", ICTC 2015(2015.10.28.)
Ardalan Alizadeh et al., "Relay Selection and Resource Allocation in Cognitive Two-Way Relay Networks Based on Bipartite Matching", I.Re.C.A.P.(2012.07.31.)
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이원준
서울특별시 강남구 선릉로 221, 103동 2205호 (도곡동, 도곡렉슬아파트)
노희준
경기도 성남시 분당구 서판교로 29, 918동 1802호 (판교동, 판교원마을한림폴에버아파트)
정성용
서울특별시 양천구 신목로 43, 101동 1001호 (신정동, 명지헤드는터아파트)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 7 항

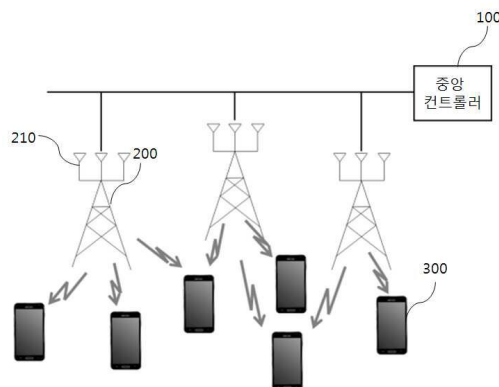
심사관 : 김성태

(54) 발명의 명칭 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서 클라이언트 연결 제어 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서 중앙 컨트롤러의 클라이언트 연결 제어 방법 및 장치에 관한 것으로서, 본 발명의 일실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서 클라이언트 연결 제어 방법은 중앙 컨트롤러가 각 액세스 포인트의 통신 범위 내에 있는 클라이언트들의 채널 상태 정보를 수집하는 단계; 클라이언트들의 채널 상태 정보에 기초하여, 네트워크 전송 속도의 총합을 최대화하기 위한 전송 파워 및 빔포밍 가중치 벡터를 산출하는 단계; 전송 파워 및 빔포밍 가중치 벡터에 기초하여 각 액세스 포인트의 안테나에 연결될 클라이언트를 선택하는 단계; 및 선택된 클라이언트에 대한 정보를 해당 액세스 포인트로 전송하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H04B 7/0697 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711024057

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원

연구과제명 무선 네트워킹 클라우드 설계 및 성능 최적화 기술

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교

연구기간 2015.06.01 ~ 2016.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서 중앙 컨트롤러의 클라이언트 연결 제어 방법에 있어서,
복수의 안테나를 포함하는 각 액세스 포인트의 통신 범위 내에 있는 클라이언트들의 채널 상태 정보를 수집하는 단계;
상기 각 액세스 포인트의 통신 범위 내에 있는 상기 클라이언트들의 채널 상태 정보에 기초하여, 네트워크 전송 속도의 총합을 최대화하기 위한 각 클라이언트의 전송 파워 및 빔포밍 가중치 벡터를 산출하는 단계;
헝가리안 알고리즘에 기반하여, 상기 각 클라이언트의 상기 전송 파워 및 빔포밍 가중치 벡터에 기초하여 상기 각 액세스 포인트에 포함된 상기 복수의 안테나 각각에 매칭되는 클라이언트를 선택하는 단계;
상기 선택된 클라이언트에 대한 정보를 해당 액세스 포인트로 전송하는 단계; 및
상기 선택된 클라이언트의 채널 상태 정보가 변경됨에 따라 상기 네트워크를 갱신하는 단계;를 포함하되,
상기 네트워크를 갱신하는 단계는
상기 선택된 클라이언트에 대응하는 안테나의 매칭을 해제하며, 상기 헝가리안 알고리즘의 얼터네이팅 트리(alternating tree)를 기초로 상기 안테나에 대응하는 클라이언트 매칭 작업을 수행하는 것인,
클라이언트 연결 제어 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 채널 상태 정보를 수집하는 단계는
액세스 포인트로부터 해당 액세스 포인트의 통신 범위 안에 있는 복수의 클라이언트의 채널 상태 정보를 수신하는 것인,
클라이언트 연결 제어 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,
채널 상태 정보를 수집하는 단계는
상기 액세스 포인트가 상호성(reciprocity)을 이용하여, 해당 액세스 포인트와 연결된 클라이언트의 채널 상태 정보를 측정하는 단계를 더 포함하는,
클라이언트 연결 제어 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
채널 상태 정보를 수집하는 단계는
상기 각 액세스 포인트와 연결된 클라이언트로부터 계산된 채널 상태 정보를 피드백 받는 단계를 더 포함하는,
클라이언트 연결 제어 방법.

청구항 6

다중 사용자 다중 안테나 네트워크에 있어서,

복수의 안테나를 포함하는 액세스 포인트를 컨트롤하는 중앙 컨트롤러를 포함하며,

상기 중앙 컨트롤러는

각 액세스 포인트의 통신 범위 내에 있는 클라이언트들의 채널 상태 정보를 수집하는 채널 정보 수집부,

상기 각 액세스 포인트의 통신 범위 내에 있는 상기 클라이언트들의 채널 상태 정보에 기초하여, 네트워크 전송 속도의 총합을 최대화하기 위한 각 클라이언트의 전송 파워 및 빔포밍 가중치 벡터를 산출하는 네트워크 전송 파워 할당부, 및

헝가리안 알고리즘에 기반하여, 상기 각 클라이언트의 상기 전송 파워 및 빔포밍 가중치 벡터에 기초하여 각 액세스 포인트에 포함된 상기 복수의 안테나 각각에 매칭되는 클라이언트를 선택하고, 상기 선택된 클라이언트에 대한 정보를 해당 액세스 포인트로 전송하는 클라이언트 선택부를 포함하되,

상기 클라이언트 선택부는,

상기 선택된 클라이언트의 채널 상태 정보가 변경됨에 따라, 상기 선택된 클라이언트에 대응하는 안테나의 매칭을 해제하며, 상기 헝가리안 알고리즘의 얼터네이팅 트리(alternating tree)를 기초로 상기 안테나에 대응하는 클라이언트 매칭 작업을 수행하는 것인,

다중 사용자 다중 안테나 네트워크.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 클라이언트를 선택부는 헝가리안 알고리즘을 이용하여 상기 각 액세스 포인트의 안테나에 연결될 클라이언트를 할당하는 것인,

다중 사용자 다중 안테나 네트워크.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 클라이언트를 선택하는 단계는

아래의 수학식 1을 이용하여 상기 각 액세스 포인트에 연결된 상기 복수의 안테나 각각을 기준으로 클라이언트를 선택하는 것인, 클라이언트 연결 제어 방법.

<수학식 1>

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i \in S_A, \forall j \in C \quad \text{minimize} \quad \sum_{i \in S_A} \sum_{j \in C} c_{ij} x_{ij}$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{j \in C} x_{ij} = 1, \forall i \in S_A,$$

$$\sum_{i \in S_A} x_{ij} = 1, \forall j \in C$$

i 는 안테나 인덱스, j는 클라이언트 인덱스, x_{ij} 는 안테나 i와 클라이언트 j가 연결이 되었는지를 나타내는 이진 변수이며, 이진 변수가 1이면 연결된 상태이고, 0이면 연결되지 않은 상태를 나타내고, c_{ij} 는 안테나 i와 클라이언트 j의 유효 채널 이득(effective channel gain)을 나타냄.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서 중앙 컨트롤러의 클라이언트 연결 제어 방법 및 장치에 관한

것이다.

배경 기술

- [0002] 다중 사용자 다중 안테나 기술은 송·수신기에 다수의 안테나를 장착하여 채널 용량 및 송수신 성능을 향상시킬 수 있는 방법이다. 첫째, 다중 사용자 다중 안테나 기술은 공간 다이버시티의 이점을 가지고 있다. 구체적으로, 동시에 같은 데이터를 전송하여 다양한 채널 경로를 통과한 데이터 심볼들이 수신기의 안테나로 전송되어 전송 신뢰도를 높일 수 있다.
- [0003] 둘째, 다중 사용자 다중 안테나 기술은 멀티플렉싱 기능을 가지고 있다. 따라서, 동시에 다른 데이터 심볼들을 전송하여 각기 다른 수신기에게 전송을 함으로써, 전송률을 높일 수 있다. 즉, 다중 사용자 다중 안테나 기술은 액세스 포인트에서 각기 다른 클라이언트에게 동시에 서비스를 제공한다. 따라서, 액세스 포인트에서 연결되는 클라이언트들의 조합에 따라 통신 용량이 달라질 수 있다.
- [0004] 다중 사용자 다중 안테나 네트워크는 액세스 포인트와 클라이언트의 연결에 있어서, 일반적으로 그리디 방법을 이용한다. 그리디 방법이란, 클라이언트에서 신호의 세기가 가장 세거나 기존에 연결된 클라이언트의 수가 적은 액세스 포인트로 연결을 하는 방법을 말한다. 그러나, 그리디 방법은 네트워크의 성능을 최대화 하지 못한다. 따라서, 다른 액세스 포인트를 고려하지 않기 때문에, 액세스 포인트 간의 간섭을 받을 수 있다.
- [0005] 네트워크의 성능을 최대화하는 빔포밍 그룹을 찾기 위하여, 모든 경우의 수를 확인하는 완전 검색을 하는 방법을 사용할 수 있다. 그러나, 이는 네트워크의 수행 속도가 매우 느려지고, 복수의 클라이언트가 존재하는 실제 네트워크에서는 적용 불가능하다.
- [0006] 이와 관련하여, 등록특허공보 제10-0598601호(발명의 명칭: 다중 송수신 안테나를 가진 페루프 시공간 블록 부호화시스템의 송수신 장치 및 그 방법과, 그 시스템에서의 송신 전력 할당 방법)는 다중 입력 다중 출력 시스템에서 다중 전송 채널을 통하여 수신 장치로 신호를 송신하는 송신 장치에 있어서, 수신 장치로 송신될 신호를 시공간 블록 부호화하여 다중 송신 안테나를 통해 송신될 수 있는 신호들을 생성하는 시공간 블록 부호화부 및 시공간 블록 부호화부에서 출력되는 신호들 중 전송 채널 상태가 가장 양호한 채널에 해당되는 송신 안테나로 공급되는 신호에 최대 전력이 할당되도록 가중치를 적용하여 다중 송신 안테나로 출력하는 가중치 공급부를 포함하되, 다중 송신 안테나는 가중치 공급부에서 전력 할당된 신호를 받아서 수신 장치로 송신하는 것을 특징으로 하는 다중 입력 다중 출력 시스템의 송신 장치를 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명의 일부 실시예는 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서, 액세스 포인트와 클라이언트의 최적의 연결 방법을 제공하고자 한다.
- [0008] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 더 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서 중앙 컨트롤러의 클라이언트 연결 제어 방법은 각 액세스 포인트의 통신 범위 내에 있는 클라이언트들의 채널 상태 정보를 수집하는 단계; 클라이언트들의 채널 상태 정보에 기초하여, 네트워크 전송 속도의 총합을 최대화하기 위한 전송 파워 및 빔포밍 가중치 벡터를 산출하는 단계; 전송 파워 및 빔포밍 가중치 벡터에 기초하여 각 액세스 포인트의 안테나에 연결될 클라이언트를 선택하는 단계; 및 선택된 클라이언트에 대한 정보를 해당 액세스 포인트로 전송하는 단계를 포함한다.
- [0010] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 네트워크는 복수의 안테나를 포함하는 액세스 포인트를 컨트롤러하는 중앙 컨트롤러를 포함한다. 이때, 중앙 컨트롤러는 각 액세스 포인트의 통신 범위 내에 있는 클라이언트들의 채널 상태 정보를 수집하는 채널 정보 수집부, 클라이언트들의 채널 상태 정보에 기초하여, 네트워크 전송 속도의 총합을 최대화하기 위한 전송 파워 및 빔포밍 가중치 벡터를 산출하는 네트워크 전송 파워 할당부, 및 전송 파워 및 빔포밍 가중치 벡터에 기초하여 각 액세스 포인트의 안테나에 연결될 클라이언트를 선택하고, 선택된 클라이언트에 대한 정보를 해당 액세스 포인트로 전송하는 클라이언트 선택부를 포함한다.

발명의 효과

- [0011] 기술한 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서, 액세스 포인트와 클라이언트의 연결을 중앙 컨트롤러에서 제어함으로써, 네트워크에 존재하는 모든 클라이언트의 통신 용량의 합을 최대화할 수 있다.
- [0012] 또한, 모든 액세스 포인트의 채널 상태를 고려하기 때문에, 네트워크의 성능을 효과적으로 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 네트워크를 개략적으로 도시하고 있다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서, 중앙 컨트롤러의 구성을 개략적으로 도시하고 있다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서 클라이언트 연결 제어 방법을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 헝가리안 알고리즘을 이용하여 액세스 포인트 및 클라이언트의 연결 과정을 간략하게 도시한 순서도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라, 헝가리안 알고리즘을 이용하여 할당 문제를 해결하는 과정을 도시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서, 채널 상태가 변경되었을 경우, 액세스 포인트 및 클라이언트를 재 연결하는 알고리즘을 도시하고 있다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라, 액세스 포인트의 수를 25, 각 액세스 포인트에 장착된 안테나의 개수를 4개로 고정하고 클라이언트의 수를 50에서 250까지 변화시키면서 측정된 전송 속도 총합을 나타낸다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라, 액세스 포인트는 25개, 클라이언트는 100개로 고정하고 액세스 포인트에 장착된 안테나의 수를 1에서 8로 변화시키면서 수행한 각 알고리즘들의 전송 속도 총합을 나타낸다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라, 네트워크에 많은 클라이언트가 존재 했을 때의 안테나 변화에 따른 결과를 보여준다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라, 클라이언트의 수를 200개, 액세스 포인트에 장착된 안테나의 수를 4개로 고정시키고 액세스 포인트의 수를 15에서 30으로 변화시키며 실험을 한 결과이다.
- 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따라, 클라이언트의 수를 10에서 35로 변화시키며 수행한 결과이다.
- 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따라, 모든 알고리즘의 수행 속도를 로그 스케일로 표현한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0015] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미하며, 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0016] 본 명세서에 있어서 '부(部)'란, 하드웨어에 의해 실현되는 유닛(unit), 소프트웨어에 의해 실현되는 유닛, 양방을 이용하여 실현되는 유닛을 포함한다. 또한, 1 개의 유닛이 2 개 이상의 하드웨어를 이용하여 실현되어도 되고, 2 개 이상의 유닛이 1 개의 하드웨어에 의해 실현되어도 된다.

- [0017] 이하의 실시예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 상세한 설명이며, 본 발명의 권리 범위를 제한하는 것이 아니다. 따라서 본 발명과 동일한 기능을 수행하는 동일 범위의 발명 역시 본 발명의 권리 범위에 속할 것이다.
- [0018] 이하 도면을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 콘텐츠의 마케팅 효과 검증 방법 및 장치에 대해 상세히 설명하도록 한다.
- [0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 네트워크를 개략적으로 도시하고 있다.
- [0020] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 네트워크는 각각의 액세스 포인트(200)에 복수의 안테나(210)가 장착되어 있고, 각 클라이언트(300)는 하나의 안테나를 갖고 있는 다운링크 다중 사용자 다중 안테나 네트워크이다. 따라서, 액세스 포인트(200)는 최대 장착된 안테나(210)의 개수만큼, 클라이언트(300)와 연결되어 서비스를 제공해 줄 수 있다.
- [0021] 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 안테나 다중 사용자 네트워크는, 액세스 포인트(200)와 클라이언트(300)의 연결을 중앙 컨트롤러(100)에서 제어하여 네트워크에 존재하는 모든 클라이언트의 통신 용량의 합을 최대화하는 것이 가능하다.
- [0022] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서, 중앙 컨트롤러의 구성을 개략적으로 도시하고 있다.
- [0023] 참고로, 본 발명의 실시예에 따른 도 2에 도시된 구성 요소들은 소프트웨어 또는 FPGA(Field Programmable Gate Array) 또는 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)와 같은 하드웨어 구성 요소를 의미하며, 소정의 역할들을 수행한다. 그렇지만 '구성 요소들'은 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니며, 각 구성 요소는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다.
- [0024] 따라서, 일 예로서 구성 요소는 소프트웨어 구성 요소들, 객체지향 소프트웨어 구성 요소들, 클래스 구성 요소들 및 태스크 구성 요소들과 같은 구성 요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로 코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다. 구성 요소들과 해당 구성 요소들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성 요소들로 결합되거나 추가적인 구성 요소들로 더 분리될 수 있다.
- [0025] 각 구성요소들이 소프트웨어에 의하여 구현되는 경우, 중앙 컨트롤러(100)는 해당 소프트웨어가 저장된 메모리와 해당 소프트웨어를 실행하는 프로세서를 포함할 수 있다.
- [0026] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서, 중앙 컨트롤러(100)는 채널 정보 수집부(110), 네트워크 전송 파워 할당부(120), 및 클라이언트 선택부(130)를 포함한다. 이때, 도 2의 각 구성요소들은 일반적으로 네트워크(network)를 통해 연결될 수 있다.
- [0027] 네트워크의 일 예에는 3GPP(3rd generation partnership project) 네트워크, LTE(long term evolution) 네트워크, WIMAX(world interoperability for microwave access) 네트워크, 인터넷(internet), LAN(local area network), Wireless LAN(Wireless local area network), WAN(wide area network), PAN(personal area network), 블루투스(Bluetooth) 네트워크, 위성 방송 네트워크, 아날로그 방송 네트워크, DMB(digital multimedia broadcasting) 네트워크 등이 포함되나 이에 한정되지는 않는다.
- [0028] 중앙 컨트롤러(100)의 채널 정보 수집부(110)는 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서, 각 액세스 포인트(200)의 통신 범위 안에 있는 클라이언트(300)들의 채널 상태 정보를 수집한다. 이때, 클라이언트(300)의 채널 상태 정보는 액세스 포인트(200)로부터 수신될 수 있다. 한편, 액세스 포인트(200)는 상호성(reciprocity)을 이용하여, 클라이언트(300)의 채널 상태 정보를 측정할 수 있다. 또는 클라이언트(300)로부터 계산된 채널 상태 정보를 피드백 받을 수 있다.
- [0029] 전송 파워 할당부(120)는 네트워크 전송 속도의 총합을 최대화하기 위한 최적의 전송 파워를 산출하여, 각각의 클라이언트(300)에게 파워를 할당한다.
- [0030] 이때, 전송 파워 할당부(120)는 클라이언트(300)에게 할당될 최적의 전송 파워를 산출하기 위해, 하나의 액세스 포인트(200)가 아닌 네트워크에 존재하는 모든 액세스 포인트(200)의 채널 상태를 고려한다.
- [0031] 클라이언트 선택부(130)는 액세스 포인트(200)에서 연결해야할 클라이언트(300) 그룹을 선택한다.

- [0032] 이후, 클라이언트 선택부(130) 선택된 각각의 액세스 포인트(200)에서 연결되어야 하는 클라이언트(300) 그룹 정보를 각각의 액세스 포인트(200)로 전송하여 준다.
- [0033] 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에는 많은 액세스 포인트(200)가 존재하기 때문에 각각의 액세스 포인트(200) 간의 간섭이 발생할 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서는 중앙 컨트롤러(100)의 클라이언트 선택부(130)가, 전송 파워 할당부(120)에 의해 할당된 전송 파워 및 빔포밍 가중치 벡터를 고려하여 각각의 액세스 포인트(200)에서 연결할 클라이언트(300) 그룹을 선택하여, 클라이언트 선택 정보를 액세스 포인트(200)에게 전송하여 줄 수 있다.
- [0034] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서 클라이언트 연결 제어 방법을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- [0035] 도 3을 참조하면, 클라이언트 연결 제어 방법은 클라이언트의 채널 상태 정보를 수집하는 단계(S110); 네트워크의 전송 속도 총합을 최대화하는 최적의 전송 파워를 산출하여, 각각의 클라이언트에 할당하는 단계(S120); 및 채널 상태를 고려하여 각각의 액세스 포인트에서 연결되어야 하는 클라이언트 그룹을 선택하는 단계(S130)를 포함한다.
- [0036] 먼저, 클라이언트의 채널 상태 정보를 수집하는 단계(S110)에서, 중앙 컨트롤러의 채널 정보 수집부(110)는 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서, 각 액세스 포인트의 통신 범위 안에 있는 클라이언트들의 채널 상태 정보를 수집한다.
- [0037] 이어서, 전송 파워 할당부(120)는 네트워크 전송 속도의 총합을 최대화하기 위한 최적의 전송 파워를 산출하여, 각각의 클라이언트(300)에게 파워를 할당한다(S120).
- [0038] 이때, 전송 파워 할당부(120)는 클라이언트(300)에게 할당될 최적의 전송 파워를 산출하기 위해, 하나의 액세스 포인트(200)가 아닌 네트워크에 존재하는 모든 액세스 포인트(200)에 연결된 클라이언트의 채널 상태를 고려한다.
- [0039] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 네트워크는 액세스 포인트(200)에서 최대 $K \leq M$ 을 만족하는 k 개의 클라이언트(300)를 선택하고 동시에 데이터를 전송할 수 있다. 이때, 임의의 클라이언트 K 가 받은 데이터 신호는 아래 수학적 식 1과 같다.

수학적 식 1

$$y_k = \sqrt{P_k} h_k w_k s_k + \sum_{j \in K, j \neq k} \sqrt{P_j} h_k w_j s_j + n_k$$

[0040]

- [0041] 여기서, s_k 는 클라이언트 k 에게 전송되는 데이터 심볼, P_k 는 클라이언트 k 에게 전송되는 파워, h_k 는 액세스 포인트와 클라이언트 k 의 채널, w_k 는 클라이언트 k 의 빔포밍 가중치 벡터, 및 n_k 는 클라이언트 k 의 잡음을 나타낸다.
- [0042] 이때, 액세스 포인트 a 에서 송신 파워는 액세스 포인트 a 의 최대 파워를 초과해서는 안된다. 수학적 식 2는 액세스 포인트 a 의 송신 파워 제한을 나타낸다.

수학적 식 2

$$\sum_{k \in K} P_k \leq P$$

[0043]

- [0044] 전송 파워 할당부(120)는 최적의 파워를 할당하기 위해서, 제로 포싱 빔포밍(Zero-Forcing Beamforming, ZFBF)을 사용한다고 가정한다. 이때, ZFBF는 다중 사용자의 간섭을 0이 되도록하고, 최적에 가까운 빔포밍 가중치 벡터 w_k 를 탐색할 수 있는 프리코딩 방법으로서, 데이터 전송을 원하지 않는 사용자의 데이터 스트림을 제거할 수 있다.
- [0045] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 네트워크의 전송 속도 총합을 최대화하는 최적의 전송 파워를 산출하기

위한 수학 모델은 아래 수학식 3과 같다.

수학식 3

$$\underset{P_k \geq 0, \forall k \in K}{\text{minimize}} \sum_{k \in K} \log(1 + P_k)$$

$$\text{subject to } \sum_{k \in K} \gamma^{-1} P_k \leq P,$$

$$\gamma_k = \frac{1}{\|w_k\|^2} = \frac{1}{[(H(k)H(k)^*)^{-1}]_{k,k}}, \forall k \in K$$

여기서, H(k)는 채널 상태정보를 나타내는 채널 매트릭스로서, 네트워크 내의 모든 액세스 포인트의 채널 상태 정보를 하나의 매트릭스로 표현한 것으로, 아래 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 4

$$H(K) = [h_1, h_2, \dots, h_{|K|}]$$

W(k)는 빔포밍 가중치 매트릭스로, 아래 수학식 5와 같다.

수학식 5

$$W(K) = [w_1, w_2, \dots, w_{|K|}]$$

이때, 빔포밍 가중치 매트릭스 W(k)는 아래 수학식 6과 같이, H(k)의 의사역행렬(pseudo-inverse)을 이용해서 구할 수 있다.

수학식 6

$$W(k) = H(k)^\dagger = H(k)^*(H(k)H(k)^*)^{-1}$$

수학식 3에서, γ_k 는 클라이언트 k의 유효 채널 이득(effective channel gain)을 나타낸다.

이때, P_k 는 각각의 클라이언트에게 할당되는 파워로서, 수학식 7과 같다.

수학식 7

$$P_k = (\mu \gamma_k - 1)^+$$

본 발명의 일 실시예에 따르면, 전송 파워 할당부(120)는 아래 수학식 8을 만족하는 워터 레벨(water level), μ 를 산출한다. 수학식 8에서, (x)+는 0과 x 중에서, 큰 것을 뜻한다.

수학식 8

$$\sum_{k \in K} \left(\mu - \frac{1}{\gamma_{k_k}} \right)^+ = P$$

[0059]

[0060]

다음으로, 채널 상태를 고려하여 각각의 액세스 포인트에서 연결되어야 하는 클라이언트 그룹을 선택하는 단계(S130)에서, 클라이언트 선택부(130)는 액세스 포인트에서 연결해야 할 클라이언트(300) 그룹을 선택하여, 각각의 액세스 포인트(200)에게 알려준다.

[0061]

다중 사용자 다중 안테나 네트워크에는 많은 액세스 포인트가 존재하기 때문에 각각의 액세스 포인트(200) 간의 간섭이 발생할 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서는 중앙 컨트롤러(100)의 클라이언트 선택부(130)가, 액세스 포인트(200)의 채널 상태, 즉, 전송 파워 할당부(120)에 의해 각 클라이언트(300)에 할당된 전송 파워 및 빔포밍 가중치 벡터를 고려하여 각각의 액세스 포인트(200)에서 연결할 클라이언트(300) 그룹을 선택하고, 클라이언트(300) 선택 정보를 액세스 포인트(200)에게 전송하여 줄 수 있다.

[0062]

이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 클라이언트 선택부(130)는 액세스 포인트(200)에서 연결할 클라이언트(300) 그룹을 선택하는 문제를 할당 문제로 바꿔서 해결할 수 있다. 여기서, 할당 문제란 m명의 사람과 n명의 작업이 있을 때, 개개의 사람마다 각 작업에 대한 숙련도가 다르므로, 어떤 사람에게 어떤 작업을 할당해야 가장 효율적인가를 결정하는 문제를 말한다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 중앙 컨트롤러(100)가 액세스 포인트(200)에서 연결할 클라이언트(300)를 선택하는 문제는 아래의 수학식 9와 같이 표현될 수 있다.

수학식 9

$$\underset{G_\alpha \subset C_\alpha, \alpha \in \mathcal{A}}{\text{maximize}} \sum_{\alpha \in \mathcal{A}} R_\alpha(G_\alpha)$$

[0063]

[0064]

subject to $|G_\alpha| \leq M, \forall \alpha \in \mathcal{A},$

[0065]

$$G_\alpha \cap G_{\alpha'} = \emptyset \forall \alpha, \alpha' \in \mathcal{A}$$

[0066]

여기서, C_α 는 액세스 포인트(AP)와 관련된 클라이언트 그룹, R_α 는 액세스 포인트 a의 전송 속도 총합이고, g_α 는 액세스 포인트 a에 의해 선택된 클라이언트 그룹을 나타낸다.

[0067]

그러나, 수학식 9에 도시된 수학적 모델은 한 사람은 하나의 작업을 맡을 수 있고, 반대로 하나의 작업은 한 사람에게만 할당되어야 한다는 할당 문제의 제약 조건이 있다. 반면, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서 액세스 포인트(200)는 여러 클라이언트(300)와 연결될 수 있으므로, 상술한 조건에 제한되는 문제점이 있다. 즉, 액세스 포인트(200)는 최대 K개의 클라이언트(300)를 선택하고 동시에 데이터를 전송할 수 있다

[0068]

따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 중앙 컨트롤러(100)가 액세스 포인트(200)에서 연결할 클라이언트(300)를 선택하는 방법은 액세스 포인트(200)에 연결된 각각의 안테나(210)를 기준으로 클라이언트(300)를 할당할 수 있다. 즉, S_A 는 네트워크의 모든 송신 안테나의 집합으로서, 아래 수학식 10과 같다.

수학식 10

$$|S_A| = |A| \times M$$

[0069]

[0070]

수학식 9의 할당 문제는 수학식 10에 따라, 아래 수학식 11과 같이 표현될 수 있다.

수학식 11

$$\underset{x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i \in S_A, \forall j \in C}{\text{maximize}} \sum_{i \in S_A} \sum_{j \in C} c_{ij} x_{ij}$$

$$\text{subject to } \sum_{j \in C} x_{ij} = 1, \forall i \in S_A,$$

$$\sum_{i \in S_A} x_{ij} = 1, \forall j \in C$$

여기서, i 는 안테나 인덱스, j 는 클라이언트 인덱스, x_{ij} 는 안테나 i 와 클라이언트 j 가 연결이 되었는지를 나타내는 이진 변수를 나타낸다. 이때, 이진 변수가 1이면 연결된 상태이고, 0이면 연결되지 않은 상태를 나타낸다. 또한, c_{ij} 는 안테나 i 와 클라이언트 j 의 유효 채널 이득(effective channel gain)을 나타낸다.

할당된 전송 파워를 고려하여 각각의 액세스 포인트에서 연결되어야 하는 클라이언트 그룹을 선택하는 단계에서, 클라이언트 선택부(130)는 수학식 11에 도시된 할당 문제를 헝가리안 알고리즘을 이용하여 각각의 액세스 포인트에 연결된 각각의 안테나에 클라이언트를 할당할 수 있다. 헝가리안 알고리즘은 할당 문제를 다항 시간 안에 해결하는 대표적인 방법 중 하나이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 헝가리안 알고리즘을 이용하여 액세스 포인트 및 클라이언트의 연결 과정을 간략하게 도시한 순서도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라, 헝가리안 알고리즘을 이용하여 할당 문제를 해결하는 과정을 도시한 도면이다.

도 4 및 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서, 중앙 컨트롤러(100)의 클라이언트 선택부(130)는 헝가리안 알고리즘을 이용하여 모든 액세스 포인트와 연결될 클라이언트를 선택할 수 있다. 도 5에서, S_A 는 안테나 집합, C 는 클라이언트 집합을 나타낸다. 도 5에 도시된 알고리즘에 따르면, 스텝(step) 1에서, 헝가리안 알고리즘을 수행하기 위한 라벨링을 수행한다(S131). 이때, l_A 는 안테나의 라벨링이며, l_c 는 클라이언트의 라벨링을 나타낸다. 따라서, 라벨링 l_A 는 안테나마다 연결된 클라이언트 중에서 가장 가중치가 큰 클라이언트로 초기화되고, 라벨링 l_c 는 0으로 초기화된다.

이어서, 스텝 2에서, 가중치가 큰 클라이언트를 탐색하고, 해당 클라이언트가 연결이 되어 있지 않다면, 해당 클라이언트와 연결함으로써, 초기 매칭을 수행할 수 있다(S132). 이때, 만약 모든 안테나의 연결을 확인하여(S133), 모든 안테나와 클라이언트가 연결되어 있다면 알고리즘을 종료한다(S134).

다음으로, 초기 매칭에서 클라이언트가 연결되지 않은 안테나를 선택하고, 해당 안테나 i' 를 S_A 집합에 포함시킨다. 여기서 S_A 는 얼터네이팅 트리에 있는 안테나 인덱스를 나타내고, T 는 얼터네이팅 트리에 있는 클라이언트 인덱스를 나타낸다. 한편, 안테나 i' 는 클라이언트와 연결되지 않은 상태이므로, T 집합은 비어 있는 상태이다.

다음으로, 클라이언트가 연결되지 않은 안테나를 선택하여(S135), $N(S)$ 와 T 가 같은지 확인하고(S136), 만약 같다면, 라벨링을 업데이트 시킨다(S137).

그러나 만약 $N(S)$ 와 T 가 같지 않다면 클라이언트를 선택하고(S138), 클라이언트가 선택된 상태인지 확인하여(S139), 클라이언트가 선택된 상태이면, 얼터네이팅 트리를 확장시키고(S140), 클라이언트가 선택되지 않은 상태이면, 안테나와 클라이언트의 매칭을 반복적으로 실행한다(S141).

상술한 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따르면, 도 5에 도시된 알고리즘을 수행함으로써, 모든 액세스 포인트에 연결된 각각의 안테나와 클라이언트의 연결을 완료할 수 있다. 따라서, 클라이언트 선택부(130)는 상술한 헝가리안 알고리즘을 수행하여 각각의 액세스 포인트에 연결되는 클라이언트 그룹을 각각의 액세스 포인트로 전송 가능하다.

- [0084] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 안테나 다중 사용자 네트워크에서, 중앙 컨트롤러는 안테나와 클라이언트가 연결된 이후에도, 채널 상태를 지속적으로 모니터링할 수 있다. 따라서 채널 상태가 변경될 경우, 기존 정보를 유지한 채, 도 6에 도시된 알고리즘 2를 수행함으로써, 안테나와 클라이언트의 연결을 해제하고 다시 재설정할 수 있다. 이때, 유지되는 정보는 클라이언트 집합 T , 라벨링 l_A , 라벨링 l_c , 및 매칭 결과 등이다,
- [0085] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에서, 채널 상태가 변경되었을 경우, 액세스 포인트 및 클라이언트를 재 연결하는 알고리즘을 도시하고 있다.
- [0086] 채널 상태가 변경되는 것은 클라이언트의 가중치 값이 변경되는 것을 의미할 수 있다. 가중치 값이 변하면, 상술한 알고리즘에서 안테나와 클라이언트의 매칭 값이 변경될 수 있다. 그러나, 이때, 헝가리안 알고리즘을 다시 수행할 경우, 오버헤드가 매우 커지게 된다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 도 6에 도시된 바와 같이, 안테나에 연결된 매칭을 모두 해제한 다음, 집합 S 에 변경된 안테나 정보를 대입하고, 도 5에 도시된 알고리즘의 스텝 4부터 다시 수행함으로써 훨씬 빠르게 클라이언트의 선택이 가능하다.
- [0087] 상술한 바와 같이, 헝가리안 알고리즘을 이용해 클라이언트 선택을 하면 두 가지 이점을 얻을 수 있다. 첫 번째로 모든 액세스 포인트의 채널 상태 정보를 활용하기 때문에 네트워크 성능을 상당히 향상시킬 수 있다. 두 번째로 일반적인 네트워크에 적용할 수 있을 정도로 충분히 빠른 수행 속도를 갖는다.
- [0088] 도 7 내지 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 클라이언트 연결 제어 방법의 검증을 위해 MATLAB을 이용하여 시뮬레이션을 수행한 결과를 도시하고 있다.
- [0089] 시뮬레이션은 작은 규모와 큰 규모 두 가지 시나리오로 나뉘어 수행했다. 두 시나리오에서 헝가리안 알고리즘, 랜덤 선택, 로드밸런싱(load-balancing) 선택, 채널 상태를 이용한 그리디 선택을 구현하였다.
- [0090] 이때, 랜덤 선택은 각 액세스 포인트에서 장착된 안테나의 개수만큼 랜덤하게 선택되지 않은 클라이언트를 선택하는 것이다.
- [0091] 로드밸런싱 선택은 액세스 포인트 중 가장 부하(load)가 적은 액세스 포인트가 클라이언트를 선택하는 것이다. 여기서 부하가 적은 액세스 포인트란, 연결된 클라이언트가 가장 적은 액세스 포인트를 말한다.
- [0092] 채널 상태를 이용한 그리디 선택은 각 클라이언트가 가장 좋은 채널 상태를 갖고 있는 액세스 포인트와 연결하는 것이다.
- [0093] 한편, 최적의 성능을 달성하는 완전 검색은 액세스 포인트와 클라이언트의 수가 많으면 수행 속도가 매우 느리기 때문에 작은 규모의 시나리오에서만 시뮬레이션을 수행하였다. 또한, 알고리즘의 공평한 비교를 위해서, 모든 알고리즘을 각 라운드에서 독립적으로 수행하고 100번의 라운드를 반복하여 평균값을 사용한다.
- [0094] 액세스 포인트와 클라이언트는 500*500m 크기의 공간에 랜덤하게 배치되었으며, 각 액세스 포인트의 전송 파워는 15dBm이고 통신 범위는 150m이다. 클라이언트에서 전송받는 신호의 세기는 로그-디스턴스 패스 로스(log-distance path loss) 모델을 따르고 계수는 일반적인 실내 공간 기준인 3으로 설정하였다.
- [0095] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라, 액세스 포인트의 수를 25, 각 액세스 포인트에 장착된 안테나의 개수를 4개로 고정하고 클라이언트의 수를 50에서 250까지 변화시키면서 측정된 전송 속도 총합을 나타낸다.
- [0096] 도 7에 도시된 바와 같이, 클라이언트의 수가 증가할수록 전송 속도 총합은 증가하는 것을 볼 수 있다. 클라이언트의 수가 늘어나면 서로 관계없는 채널을 사용하는 클라이언트 조합이 늘어날 확률이 증가하므로 적절한 클라이언트 선택을 사용할 때의 이점이 증가한다.
- [0097] 한편, 랜덤 선택과 로드밸런싱 선택은 채널 상태를 활용하지 않아 거의 비슷한 결과를 보여준다.
- [0098] 다시 말해, 본 발명의 일 실시예에 따른 클라이언트 연결 제어 방법을 이용하면, 클라이언트의 수가 적을 때는 다이버시티의 이점이 줄어들기 때문에 각 알고리즘들의 결과가 별로 차이가 나지 않지만, 클라이언트의 수가 150 이상이 되면 헝가리안 알고리즘 선택이 CSI 기반 선택보다 114%, 로드밸런싱 선택 및 랜덤 선택보다 139% 향상된 결과를 보여준다.
- [0099] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라, 액세스 포인트는 25개, 클라이언트는 100개로 고정하고 액세스 포인트에 장착된 안테나의 수를 1에서 8로 변화시키면서 수행한 각 알고리즘들의 전송 속도 총합을 나타낸다.
- [0100] 일반적으로 안테나의 수가 늘어날수록 네트워크의 전송 속도 총합은 증가하게 된다. 그러나 클라이언트의 수가

적다면 크게 향상되지는 않는다.

- [0101] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라, 네트워크에 많은 클라이언트가 존재 했을 때의 안테나 변화에 따른 결과를 보여준다.
- [0102] 도 9를 참조하면, 도 8에서 수행했던 실험과는 다르게 클라이언트의 수를 200으로 늘린 것이고 안테나의 수가 증가 됨에 따라 전송 속도 총합도 같이 증가하는 모습을 보여준다. 헝가리안 알고리즘을 이용한 클라이언트 선택은 안테나의 수에 상관없이 모든 다른 알고리즘의 클라이언트 선택보다 좋은 결과를 보여준다. 특히, 한 개의 안테나를 사용할 때 헝가리안 알고리즘 클라이언트 선택은 성능을 상당히 향상시킨다. CSI 기반 선택에 비해 162%, load-balancing/랜덤 선택보다 237% 향상된 결과를 보여준다.
- [0103] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라, 클라이언트의 수를 200개, 액세스 포인트에 장착된 안테나의 수를 4개로 고정시키고 액세스 포인트의 수를 15에서 30으로 변화시키며 실험을 한 결과이다.
- [0104] 도 10을 참조하면, 이전의 실험들과 비슷하게 랜덤 선택과 load-balancing 선택은 전송 속도에 영향을 주는 채널 상태를 무시하기 때문에 결과가 크게 다르지 않다. 반면에 헝가리안 알고리즘 클라이언트 선택은 모든 액세스 포인트의 채널 상태 정보를 활용하기 때문에 가장 좋은 성능을 달성한다. CSI 선택에 비해 116%, load-balancing/랜덤 선택에 비해 139% 향상된 결과를 보여준다.
- [0105] 이어서, 최적의 성능을 달성하는 완전 검색과 비교를 위해 작은 규모의 시나리오에서 시뮬레이션을 수행한다. 완전 검색은 액세스 포인트나 클라이언트의 수가 늘어날수록 수행 속도가 기하급수적으로 증가하므로 액세스 포인트의 수를 5, 액세스 포인트에 장착된 안테나의 수를 4로 낮춰 시뮬레이션을 한다.
- [0106] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따라, 클라이언트의 수를 10에서 35로 변화시키며 수행한 결과이다.
- [0107] 본 발명의 일 실시예에 따라, 헝가리안 알고리즘을 이용한 클라이언트 선택은 완전 검색을 이용한 클라이언트 선택 방법과 비슷한 결과를 보여준다. 헝가리안 알고리즘의 성능은 최적의 성능에 비해 약 97-100% 달성하는 것을 보여주고 CSI 기반 선택은 93-97%, load-balancing 선택은 87-92%, 랜덤 선택은 84-90% 달성하는 것을 보여준다.
- [0108] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따라, 모든 알고리즘의 수행 속도를 로그 스케일로 표현한 그래프이다.
- [0109] 도 12에 도시된 바와 같이, 완전 검색은 시간 복잡도가 매우 높기 때문에 요구되는 수행 시간이 기하급수적으로 증가하는 것을 보여준다. 따라서 일반적인 다중 사용자 다중 안테나 네트워크에 적용하기 힘들다. 반면에, 헝가리안 알고리즘은 그리디 알고리즘들보다는 느리지만, 클라이언트가 50-200개 정도 있는 네트워크에서도 충분히 적용할 수 있는 만큼의 수행 속도를 갖는다.
- [0110] 결과적으로, 헝가리안 알고리즘을 이용한 클라이언트 선택의 성능은 최적의 성능에 근접하고 완전 검색을 제외한 다른 모든 알고리즘들에 비해 액세스 포인트의 수, 클라이언트의 수, 장착된 안테나의 수에 관계없이 가장 좋은 성능을 보여주는 것을 확인할 수 있다.
- [0111] 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 통신 매체는 전형적으로 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈, 또는 반송파와 같은 변조된 데이터 신호의 기타 데이터, 또는 기타 전송 메커니즘을 포함하며, 임의의 정보 전달 매체를 포함한다.
- [0112] 본 발명의 방법 및 시스템은 특정 실시예와 관련하여 설명되었지만, 그것들의 구성 요소 또는 동작의 일부 또는 전부는 범용 하드웨어 아키텍처를 갖는 컴퓨터 시스템을 사용하여 구현될 수 있다.
- [0113] 진술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

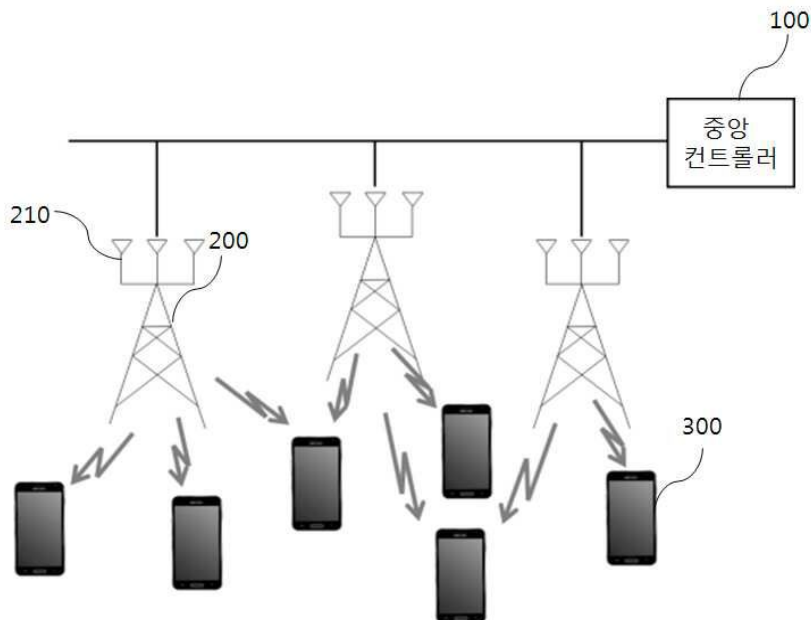
[0114] 본 발명의 범위는 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

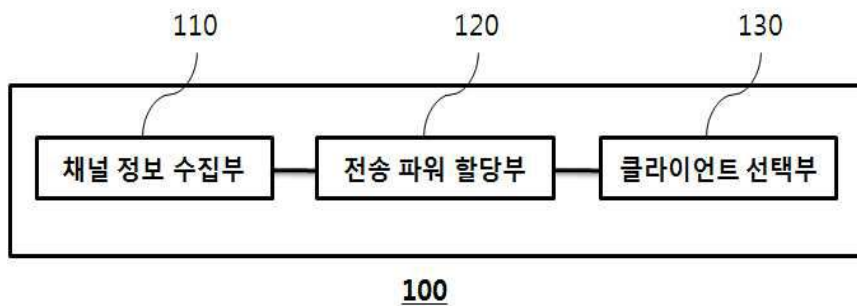
- [0115]
- 100: 중앙 컨트롤러
 - 110: 채널 정보 수집부
 - 120: 전송 파워 할당부
 - 130: 클라이언트 선택부
 - 200: 액세스 포인트
 - 300: 클라이언트

도면

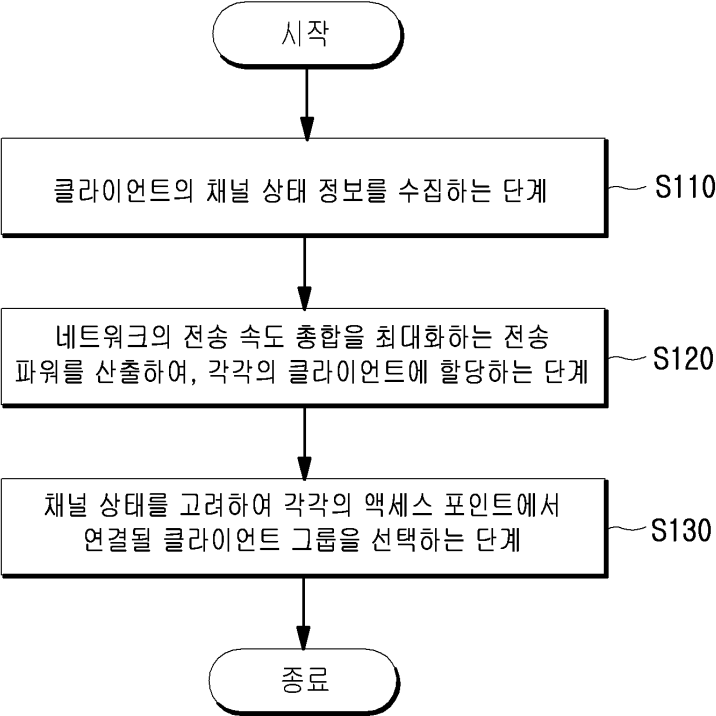
도면1



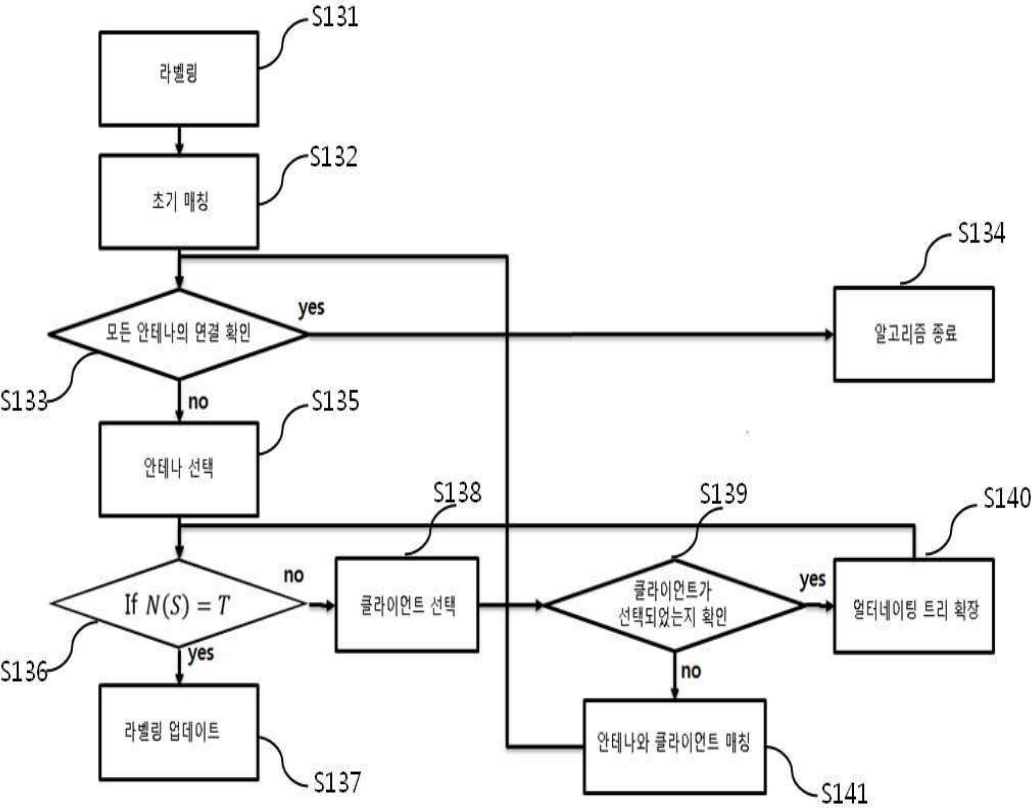
도면2



도면3



도면4



도면5

Algorithm 1 Hungarian Selection Algorithm

Input: Set of antenna S_A and set of clients $\mathcal{C}$. l_A and l_C are labeling of antennas and clients, respectively. Sets S and T for alternating tree that is a tree rooted at some free vertex v in which every path is an alternating path. A path is alternating if its edges alternate between $\mathcal{M}$ and $\mathcal{M} - E$. E is set of edges between antennas and clients.

Output: $\mathcal{M}$ is matching result between antennas and clients.

Step 1. Initialize labeling.

$$l_A(i) = \max_{j \in \mathcal{C}} c_{ij},$$

$$l_C(j) = 0, \forall j \in \mathcal{C}.$$

Step 2. Generate initial matching.

Find client $j' = \operatorname{argmax}_{j' \in \mathcal{C}} c_{ij'}$. If the client j' is free, the antenna i selects the client j' . Repeat from all antennas.

Step 3. If all antennas are matched, the algorithm is done.

Otherwise, pick free antenna $i' \in S_A$. Initialize set $S = \{i'\}$, $T = \{\}$.

Step 4. Let $N(i) = \{j : (i, j) \in \mathcal{M}\}$ be neighbor that client j is selected from antenna i and $N(S) = \cup_{i \in S} N(i)$. If $N(S) = T$, update labeling.

$$\Delta = \min_{i \in S, j \notin T} l_A(i) + l_C(j) - c_{ij},$$

$$l_A(i) = l_A(i) - \Delta, \forall i \in S,$$

$$l_C(j) = l_C(j) + \Delta, \forall j \in T.$$

Step 5. If $N(S) \neq T$, pick $j' \in N(S) - T$. If client j' is not selected, match antenna i' and client j' and go to Step 3. If client j' is selected with some antenna i'' , extend alternating tree: $S = S \cup \{i''\}$, $T = T \cup \{j'\}$. Go to Step 4.

도면6

Algorithm 2 Changed/Updated CSI

Input: Changed/updated channel state information c_{ij} between antenna i and client j .

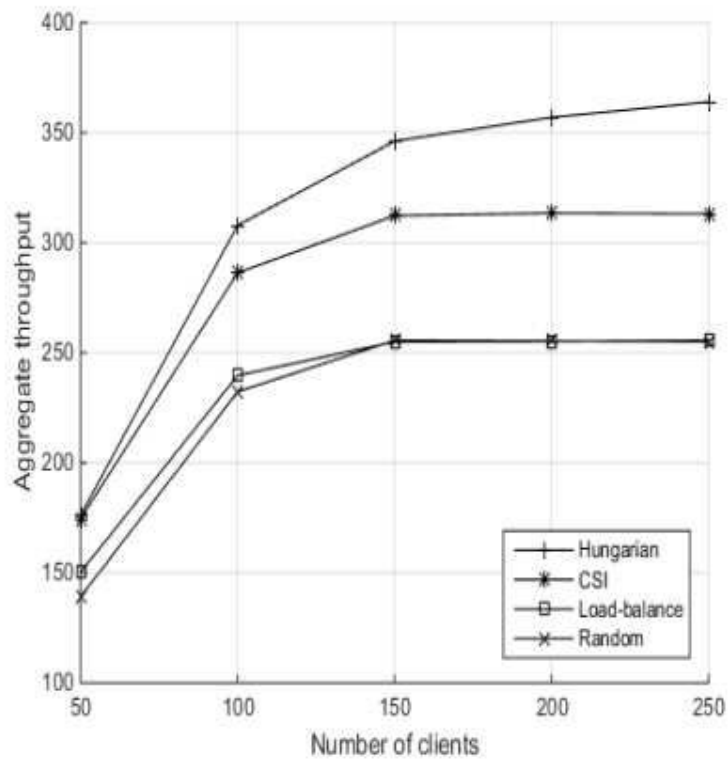
Output: Matching data $\mathcal{M}$

Step 1. Maintain existing set T , labeling l_A, l_C , and matching data $\mathcal{M}$ between antennas and clients.

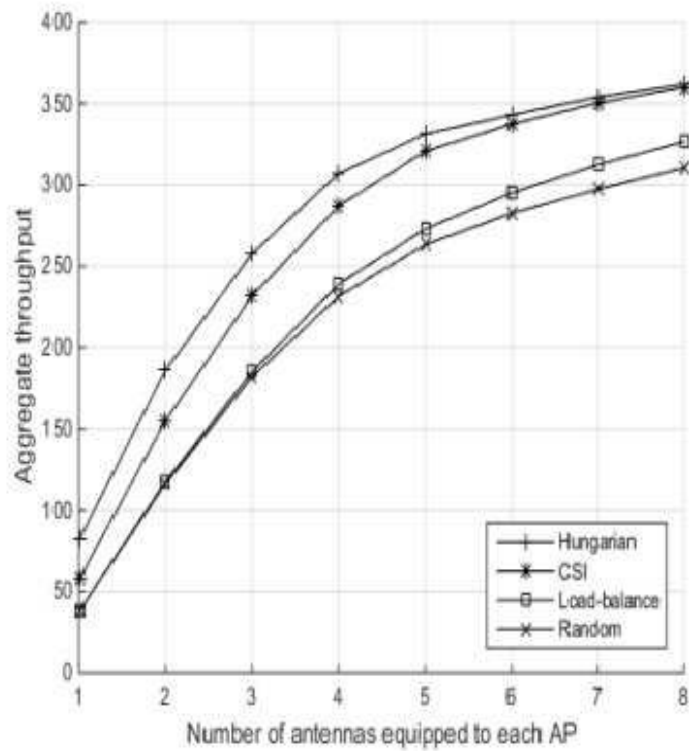
Step 2. Free the antenna i and client j .

Step 3. Initialize set $S = \{i\}$ and perform the Step 4 of the Algorithm 1.

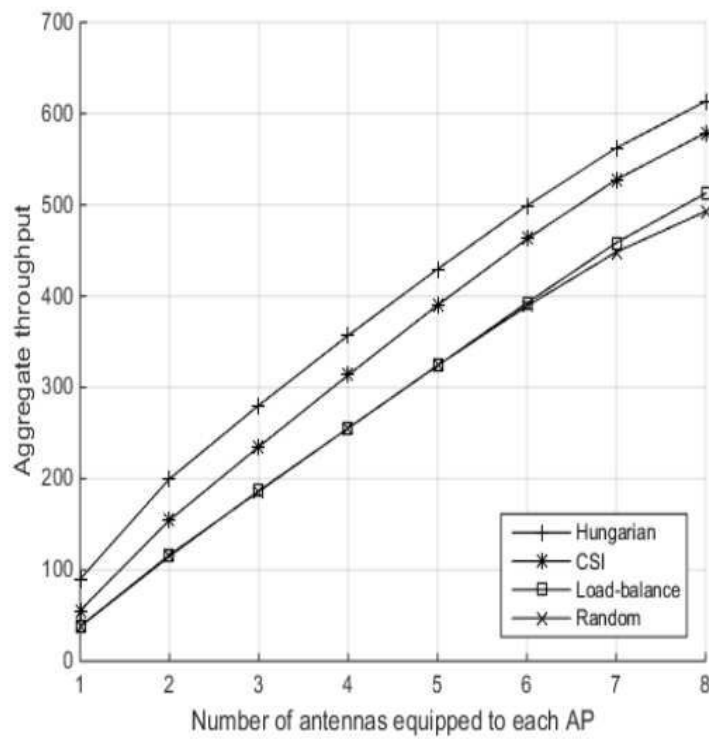
도면7



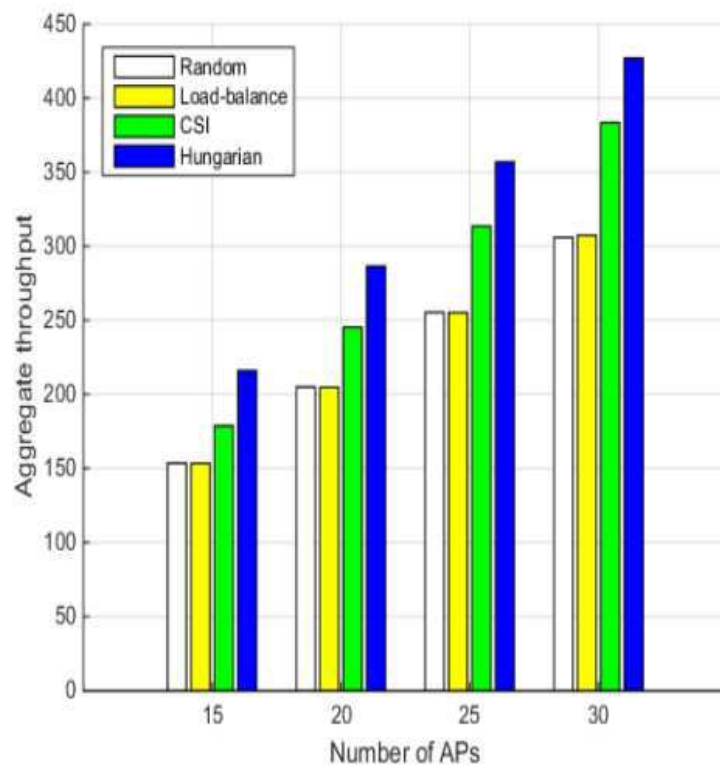
도면8



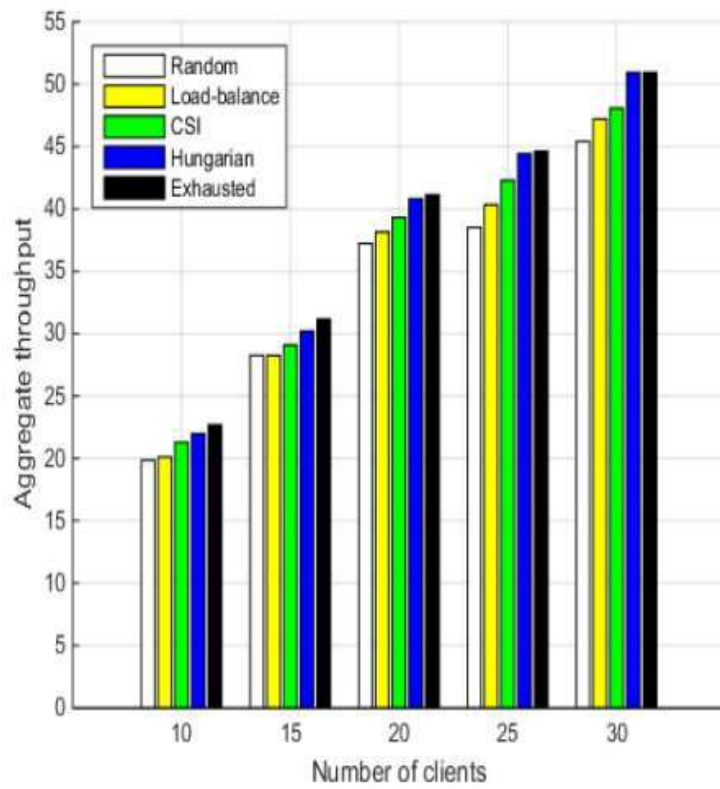
도면9



도면10



도면11



도면12

