(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0024509
(43) 공개일자 2020년03월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 74/08 (2019.01) *H04B 7/0452* (2017.01)
H04B 7/06 (2017.01) *H04W 74/00* (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 74/085 (2013.01)
H04B 7/0452 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0101277
(22) 출원일자 2018년08월28일
심사청구일자 2018년08월28일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
백상헌
서울특별시 서초구 고무래로 35, 109동 1004호(반포동, 반포리체아파트)
주소현
서울특별시 송파구 올림픽로 435, 213동 602호
김태윤
서울특별시 서초구 서초중앙로 26, 1203호 (서초동, 래미안서초유니빌)
(74) 대리인
김홍석

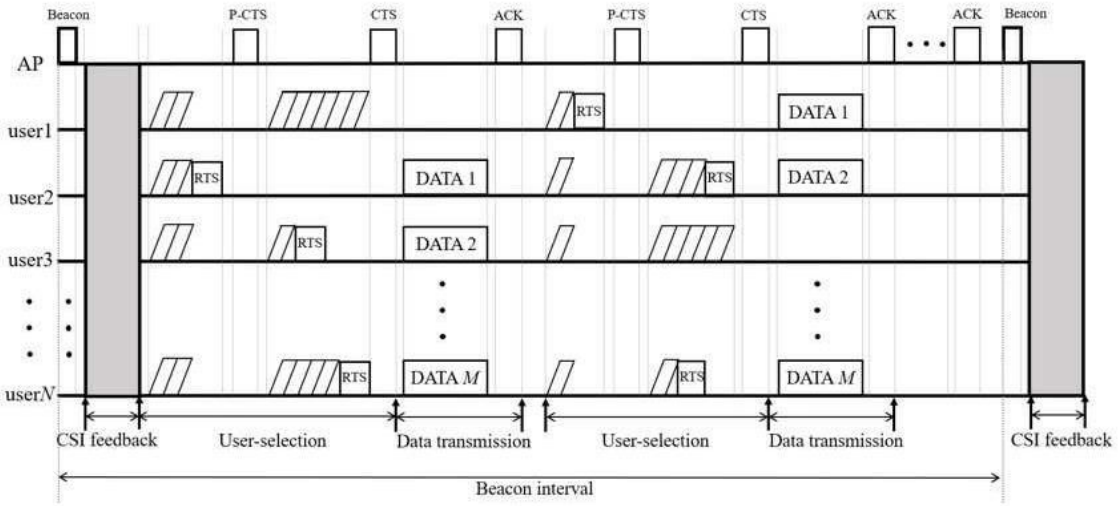
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **상향 링크 MU-MIMO에서의 직교성 기반 데이터 전송 방법**

(57) 요 약

데이터 전송 방법이 개시된다. 상기 데이터 전송 방법은 M(M은 2 이상의 자연수) 개의 안테나가 구비된 AP(access point)에서 수행되는 데이터 전송 방법으로서, 트레이닝 시퀀스(training sequence)를 포함하는 비컨 프레임(beacon frame)을 브로드캐스팅하는 단계, 복수의 단말들 각각으로부터 CSI(channel state information) 피드백을 받는 단계, 복수의 단말들 중 백오프 카운터(backoff counter) 값이 가장 먼저 '0'이 된 제1 단말로부터 RTS(request-to-send) 프레임을 수신하는 단계, 상기 제1 단말의 채널 벡터 정보와 앵글 임계값을 포함하는 제어 프레임(control frame)인 P-CTS(pending-CTS) 프레임을 브로드캐스팅하는 단계, 및 상기 복수의 단말들 중 상기 제1 단말을 제외한 제2 단말들로부터 M-1 개의 RTS 프레임이 수신되면, CTS(clear-to-send) 프레임을 브로드캐스팅하는 단계를 포함한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
H04B 7/0626 (2013.01)
H04B 7/066 (2013.01)
H04W 74/002 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2014-3-00552
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터
연구사업명 정보통신방송연구개발사업
연구과제명 고성능 고효율의 차세대 무선랜 무선전송 원천기술 개발
기 여 율 1/1
주관기관 고려대학교 산학협력단
연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

M(M은 2 이상의 자연수) 개의 안테나가 구비된 AP(access point)에서 수행되는 데이터 전송 방법에 있어서,

트레이닝 시퀀스(training sequence)를 포함하는 비컨 프레임(beacon frame)을 브로드캐스팅하는 단계;

복수의 단말들 각각으로부터 CSI(channel state information) 피드백을 받는 단계;

복수의 단말들 중 백오프 카운터(backoff counter) 값이 가장 먼저 '0'이 된 제1 단말로부터 RTS(request-to-send) 프레임을 수신하는 단계;

상기 제1 단말의 채널 벡터 정보와 앵글 임계값을 포함하는 제어 프레임(control frame)인 P-CTS(pending-CTS) 프레임을 브로드캐스팅하는 단계; 및

상기 복수의 단말들 중 상기 제1 단말을 제외한 제2 단말들로부터 M-1 개의 RTS 프레임이 수신되면, CTS(clear-to-send) 프레임을 브로드캐스팅하는 단계를 포함하는 데이터 전송 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

RTS 프레임을 전송한 M 개의 단말들 각각으로부터 데이터를 수신하는 단계; 및

데이터 수신이 완료된 경우, ACK 프레임을 브로드캐스팅하는 단계를 더 포함하는 데이터 전송 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 비컨 프레임은 상기 복수의 단말들 각각의 서브 채널 할당 정보를 포함하고,

상기 복수의 단말들 각각은 할당된 서브 채널을 이용하여 CSI 피드백을 수행하는,

데이터 전송 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 비컨 프레임을 브로드캐스팅하는 단계 이전에,

전체 대역폭을 상기 복수의 단말들의 개수만큼의 서브 채널들을 나누는 단계를 더 포함하는,

데이터 전송 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 CSI 피드백을 받는 단계는 상기 복수의 단말들 각각으로부터 채널 벡터(channel vector)를 포함하는 CSI를 수신하는,

데이터 전송 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 단말의 RTS 프레임을 인지한 상기 복수의 단말들은 랜덤 백오프를 정지(pause)하는,

데이터 전송 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 P-CTS 프레임을 브로드캐스팅하는 단계는,

상기 제1 단말의 채널 벡터와 상기 제2 단말들 각각의 채널 벡터 간의 앵글(angle)을 계산하는 단계; 및

계산된 앵글들의 평균을 앵글 임계값으로 결정하는 단계를 포함하는,

데이터 전송 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제2 단말들 중 상기 제1 단말의 채널 벡터와의 앵글이 상기 앵글 임계값보다 큰 채널 벡터를 갖는 적어도 하나의 단말만이 채널 접근 권한을 갖는,

데이터 전송 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 적어도 하나의 단말은 상기 P-CTS 프레임을 수신한 후 랜덤 백오프를 재개하는,

데이터 전송 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 상향 링크 MU-MIMO에서의 직교성 기반 데이터 전송 방법에 관한 것으로, 특히 상향 링크 MU-MIMO에서 채널 접근이 허용된 유저들 간의 직교성을 보장해주어 스펙트럼 효율성(spectral efficiency)를 높일 수 있는 데이터 전송 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 최근 무선랜(Wireless LAN, WLAN)을 통해 연결되는 무선 통신 디바이스들이 급격하게 증가하면서 무선랜 환경이 고밀도화되고 있는 추세이다. 이러한 고밀도 환경에서는 많은 수의 유저들(users)이 AP(Access Point)와의 접근을 시도하기 때문에 유저들 간의 충돌(collision) 확률이 높아지며, 유저들이 체감하는 성능이 낮아진다는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위한 기술들 중 MU-MIMO(Multi-user multiple input multiple output) 통신 기술은 동시에 많은 수의 디바이스들을 처리할 수 있다는 점에서 핵심 기술로 손꼽힌다. 따라서, IEEE 802.11ac부터 하향 링크 MU-MIMO 기술을 사용하였고, 차세대 무선랜 표준인 IEEE 802.11ax부터 고밀도 환경에서

사용자별 실질적 체감 성능 향상을 목표로 하향 링크뿐만 아니라 상향 링크 MU-MIMO 통신 역시 지원한다.

[0004] 한편, 상향 링크 MU-MIMO 통신을 지원하기 위해 AP는 수신한 데이터를 디코딩하여 유저별 데이터를 구분해야 한다. 이를 위해 AP는 데이터를 수신한 후 ZF(zero-forcing) 기법을 사용한다. 이는 투영(projection)을 이용하여 임의의 유저를 제거함으로써 다른 유저의 데이터를 얻는 방법이다. 하지만, 이 기법은 투영(projection)의 특성으로 인해 유저 간 채널 벡터(channel vector)의 각도에 따라 구해지는 SINR(Signal-to-interference-plus-noise ratio)이 달라진다. 즉, 유저 간 채널 벡터의 각도가 90° 에 가까울수록(즉, 유저 간의 채널 벡터가 직교할수록(orthogonal)) SINR이 증가하므로 전송 효율이 높아진다. 이와 같은 특징으로 인해 유저들의 채널 벡터 간의 직교성(orthogonality) 향상이 필수적이다.

[0005] 그러나, 기존 무선랜에서 사용하는 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 기반의 랜덤 백오프(random backoff) 방법의 경우, 네트워크 내의 모든 유저가 동등하게 채널에 접근하므로 유저 간의 채널 직교성(channel orthogonality)이 고려되지 않는다. 또한, 네트워크의 크기가 증가할수록 채널에 접근하는 유저가 많아지므로 충돌(collision) 확률이 높아지는 문제가 발생한다. 따라서, 본 발명에서는 유저 간의 채널 직교성을 고려한 유저 선택 과정을 수행하며 동시에 충돌 확률을 완화하는 상향 링크 MU-MIMO에서의 데이터 전송 방법을 제안한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1367355호

(특허문헌 0002) 미합중국 등록특허 제7,046,651호

(특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 제10-1718403호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 상향 링크 MU-MIMO에서 채널 접근이 허용된 유저들 간의 직교성을 보장해주어 스펙트럼 효율성(spectral efficiency)를 높일 수 있는 데이터 전송 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 실시 예에 따른 데이터 전송 방법은 M(M은 2 이상의 자연수) 개의 안테나가 구비된 AP(access point)에서 수행되는 데이터 전송 방법으로서, 트레이닝 시퀀스(training sequence)를 포함하는 비컨 프레임(beacon frame)을 브로드캐스팅하는 단계, 복수의 단말들 각각으로부터 CSI(channel state information) 피드백을 받는 단계, 복수의 단말들 중 백오프 카운터(backoff counter) 값이 가장 먼저 '0'이 된 제1 단말로부터 RTS(request-to-send) 프레임을 수신하는 단계, 상기 제1 단말의 채널 벡터 정보와 앵글 임계값을 포함하는 제어 프레임(control frame)인 P-CTS(pending-CTS) 프레임을 브로드캐스팅하는 단계, 및 상기 복수의 단말들 중 상기 제1 단 말을 제외한 제2 단말들로부터 M-1 개의 RTS 프레임이 수신되면, CTS(clear-to-send) 프레임을 브로드캐스팅하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명의 실시 예에 따른 데이터 전송 방법에 의할 경우, 채널 접근 권한을 갖는 유저들의 채널 벡터의 직교성을 고려하여 SINR이 증가하고 전송 효율을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0013] 또한, AP는 각 유저들에 의해 계산된 CSI를 수신하고 각 유저들은 AP로부터 수신된 정보를 기초로 미리 선택된 유저의 채널 벡터와 자신의 채널 벡터의 각도를 계산한 결과에 기초하여 채널 접근 권한 유무를 결정하므로, AP

의 연산 부담을 완화시킬 수 있다.

[0014] 또한, OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)를 이용하여 유저의 수에 따라 나눠진 서브 채널을 통해 CSI 피드백(CSI feedback)이 이행되므로, 네트워크의 크기 증가에 비해 낮은 시간 주기(time duration)를 가지므로 타임 오버헤드(time overhead)를 감소시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.

도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 통신 시스템을 도시한다.

도 2는 도 1에 도시된 통신 시스템의 동작, 즉 통신 방법을 설명하기 위한 타임 테이블이다.

도 3은 유저의 CSI 피드백 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 유저 선택 과정을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 5는 선택된 유저들이 데이터를 전송하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 3 개의 안테나를 가지는 AP와 5 개의 유저들이 연결된 경우의 통신 방법을 설명하기 위한 타임 테이블이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 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.

[0018] 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.

[0019] 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.

[0020] 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. 구성 요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[0021] 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.

[0022] 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.

[0023] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 상세히 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시 예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0025] 무선랜(WLAN) 환경에서 상향 링크(uplink) MU-MIMO 통신을 수행할 경우, AP(Access Point)의 데이터 디코딩을 위해 CSI(Channel State Information)가 필수적이다. 본 발명에서는 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)를 이용하여 유저의 수(또는 단말의 수)에 따라 채널(channel)을 서브 채널, 즉 OFDM 서브 채널(OFDM sub-channel)로 나누고, 일정한 시간 동안 서브 채널을 통해 CSI 피드백(CSI feedback)이 이행되므로 유저들이 동시에 CSI를 AP로 전송할 수 있다. 따라서, 네트워크의 크기 증가에 비해 낮은 시간 주기(time duration)를 가지므로 타임 오버헤드(time overhead)가 감소한다는 장점이 있다. 또한, 측정된 CSI를 기반으로 채널 벡터(channel vector) 간의 앵글(angle, 각도)을 측정하고, 앵글 임계값(angle threshold) 이상의 유저만이 채널 접근 권한을 가진다. 따라서, 높은 직교성(orthogonality)을 보장할 수 있어 스펙트럼 효율(spectral efficiency)이 높아지는 장점이 있다.

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 통신 시스템을 도시한다. 도 1을 참조하면, 본 발명은 단일 BSS(Basic Service Set) 내에서 복수의 안테나를 가진 하나의 AP가 각각이 하나의 안테나를 가지는 복수의 유저들(또는 복수의 단말들)과 연결되어 있는 토폴로지를 기반으로 한다. 즉, 통신 시스템은 하나의 AP와 복수의 단말들을 포함한다. 도 1에는 7 개의 단말이 도시되어 있으나, 본 발명의 권리범위가 단말의 개수에 제한되는 것은 아니다. 또한, IEEE 802.ax 무선랜 통신 기술을 채택하여 상향 링크 MU-MIMO 통신을 지원할 수 있다.

[0028] AP는 주기적으로 비컨 프레임(beacon frame)을 브로드캐스팅(broadcasting)하여 유저들(또는 단말들)에게 채널 접근 구간을 알릴 수 있다. 이때, 비컨 프레임은 트레이닝 시퀀스(training sequence)와 각 유저(또는 각 단말)의 식별 정보(예컨대, Association ID(AID))에 따른 서브 채널 정보를 포함할 수 있다. 다시 말해, 서브 채널 정보는 각 식별 정보에 할당된 서브 채널 정보를 포함할 수 있다. 유저들(또는 단말들)은 분산적으로(또는 개별적으로) CSI(Channel State Information)를 측정한 후 AP에게 측정된 CSI를 피드백한다. CSI에는 채널 벡터(channel vector)가 포함될 수 있다. 이후 각 유저(또는 각 단말)은 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 기반의 랜덤 백오프(random backoff)를 수행하여 채널에 접근할 수 있다.

[0030] 도 2는 도 1에 도시된 통신 시스템의 동작, 즉 통신 방법을 설명하기 위한 타임 테이블이다. 구체적으로는, 상향 링크 MU-MIMO 통신을 위한 직교성(orthogonality) 기반의 전송 방법을 의미할 수 있다. 도 2를 참조하면, 통신 시스템은 M(M은 2 이상의 자연수) 개의 안테나를 가진 AP와 N(N은 M보다 크거나 같은 자연수) 개의 유저들(또는 단말들)을 포함할 수 있다. 즉, BSS 내에 하나의 AP와 N 개의 유저들이 포함될 수 있다.

[0031] AP는 주기적으로 비컨 프레임을 브로드캐스팅하며, 이에 대응하여 각 유저는 CSI 피드백(CSI feedback)을 수행한다. 이후 유저 간의 직교성을 고려하여 유저를 선택하는 유저 선택 과정이 수행된다. 유저 선택이 완료되면 타겟 유저들(즉, 유저 선택 과정에서 선택된 유저들)은 상향 링크 MU-MIMO 통신을 통해 데이터를 전송할 수 있다. 비컨 프레임의 한 주기(beacon interval) 동안 유저 선택과 데이터 전송 과정이 반복적으로 수행될 수 있다. 즉, 비컨 프레임의 한 주기 동안 L(L은 자연수) 회의 유저 선택 과정과 L 회의 데이터 전송 과정이 수행될 수 있다.

[0033] 도 3은 유저의 CSI 피드백 과정을 설명하기 위한 도면이다. 도 3을 참조하면, AP는 전체 무선 대역폭을 유저 수만큼의 OFDM 서브 채널들로 나누고, 각 유저들이 사용할 서브 채널을 비컨 프레임을 통해 알림으로써 각 서브 채널을 할당할 수 있다.

[0034] 구체적으로, 비컨 프레임은 유저들의 서브 채널 할당 정보와 CSI 측정을 위한 트레이닝 시퀀스(training sequence)를 포함한다. AP가 브로드캐스팅한 비컨 프레임을 수신한 유저들은 트레이닝 시퀀스에 대한 수신 시그널을 측정하여 자신과 AP 사이의 전체 채널에 대한 CSI를 분산적으로 계산한다. 모든 유저들은 AP로부터 할당받은 자신의 서브 채널을 통해 OFDMA 기술을 이용하여 병렬적으로 자신들의 CSI를 상향 링크(즉, AP)로 전송할 수 있다. 이 과정을 통해 AP는 모든 유저의 채널 벡터(channel vector)를 동시에 수신할 수 있다.

[0036] 도 4는 유저 선택 과정을 설명하기 위한 흐름도이다. 도 4를 참조하면, 유저들은 CSMA/CA 기반의 랜덤 백오프(random backoff)를 수행하고, 백오프 카운터(backoff counter)가 가장 먼저 '0'이 된 유저(유저 i)는 AP로 RTS(request-to-send) 프레임을 전송한다. 유저 i가 송신한 RTS 프레임을 인지한 타 유저들은 랜덤 백오프를 정지(pause)한다.

[0037] AP는 CSI 피드백 과정을 통해 수신한 유저들의 채널 벡터를 기반으로 백오프 카운터 값이 가장 먼저 '0'이 된 유저 i의 채널 벡터와 타 유저들 각각의 채널 벡터 간의 앵글(angle)을 계산할 수 있다. 즉, 유저들의 수(N)보다 1이 작은 N-1 개의 앵글들이 계산된다. AP는 계산된 앵들들의 평균값($\overline{\theta}$)을 계산하여 앵글 임계값(angle threshold)으로 결정한다.

[0038] AP는 유저 i의 채널 벡터 정보와 앵글 임계값($\overline{\theta}$)을 포함하는 P-CTS(pending-clear-to-send) 프레임을 브로드캐스팅한다. 이후, 유저 i는 CTS 프레임이 수신될 때까지 대기하고, 유저 i를 제외한 타 유저들은 채널 접근을 위한 경쟁(contention)을 수행할 수 있다. 여기서, P-CTS 프레임은 AP에 의해 브로드캐스팅되는 제어 프레임의 일종으로서, CTS 프레임이 브로드캐스팅될 때까지 채널을 윈(win)한 유저의 경우 데이터 전송을 대기시키고, 타 유저들의 경우 채널 접근을 위한 경쟁을 지속시키는 제어 프레임을 의미할 수 있다. 즉, AP에 의해 P-CTS 프레임이 브로드캐스팅되면, 채널을 윈한 유저(즉, 백오프 카운터 값이 가장 먼저 '0'이 된 유저 i)는 CTS 프레임이 수신될 때까지 대기하고, 유저 i를 제외한 타 유저들은 채널 접근을 위한 경쟁을 재개할 수 있다.

[0039] P-CTS 프레임을 수신한 임의의 유저(유저 j)는 유저 i의 채널 벡터와 자신의 채널 벡터 간의 앵글(θ_{ij})을 분산적으로 계산한다. $\theta_{ij} > \overline{\theta}$인 경우, 유저 j는 채널 접근 권한을 가져 이후 데이터 전송을 위한 경쟁(contention)이 가능한 반면, $\theta_{ij} \leq \overline{\theta}$인 경우, 유저 j는 채널 접근 권한을 가지지 못하고 자신의 백오프를 정지(pause)한 채로 ACK(acknowledgement) 프레임이 수신될 때(데이터 전송 과정의 완료 시점)까지 대기한다.

[0040] $\theta_{ij} > \overline{\theta}$인 경우, 유저 j는 중단되었던 자신의 랜덤 백오프를 재개하여 백오프 카운터가 '0'이 되는 경우 AP에게 RTS 프레임을 전송한 후 CTS 프레임이 수신될 때까지 대기한다. 이와 같이, 채널 접근 권한을 가지는 유저들의 랜덤 백오프 수행이 이루어지고, 백오프 카운터 값이 '0'이 된 유저들은 순차적으로 RTS 프레임을 전송하게 된다.

[0041] 유저 i의 RTS 프레임을 포함한 총 수신된 RTS 프레임의 개수가 AP의 안테나의 개수(M)와 동일해지는 경우, AP는 CTS 프레임을 브로드캐스팅함으로써 유저 선택 과정을 종료한다. 선택된 타겟 유저들은 유저 선택 과정에서 RTS 프레임을 송신한 유저들로서 이후 데이터 전송 과정을 수행할 수 있다.

[0043] 도 5는 선택된 유저들이 데이터를 전송하는 과정을 설명하기 위한 도면이다. 즉, AP의 안테나가 M 개일 경우, 유저 선택 과정을 통해 선택된 M 개의 유저가 상향 링크 MU-MIMO 통신을 통해 데이터를 전송하는 과정을 나타낸다. 도 5를 참조하면, 선택된 유저들은 전체 채널을 통해 자신의 데이터를 동시에 AP로 전송할 수 있다. 모든 데이터가 성공적으로 수신되면, AP는 ACK 프레임을 브로드캐스팅하여 데이터 수신이 완료되었음을 알린다.

[0045] 도 6은 3 개의 안테나를 가지는 AP와 5 개의 유저들이 연결된 경우의 통신 방법을 설명하기 위한 타임 테이블이다. 구체적으로는 상향 링크 MU-MIMO 통신을 위한 전송 방법의 예에 해당할 수 있다.

[0046] AP가 유저들의 OFDM 서브 채널 할당 정보와 CSI 측정을 위한 트레이닝 시퀀스를 포함하는 비컨 프레임을 브로드캐스팅함으로써 비컨의 한 주기가 시작된다.

[0047] 비컨 프레임을 수신한 유저들은 트레이닝 시퀀스에 대한 수신 시그널을 측정하여 자신과 AP 사이의 CSI를 분산

적으로 계산한 후 할당받은 서브 채널을 통해 AP로 CSI 피드백을 수행한다. 이를 통해 AP는 모든 유저의 채널 벡터를 수신할 수 있다.

[0048] 각 유저는 CSMA/CA 기반의 랜덤 백오프를 수행한다. 이때, 유저 1, 2, 3, 4, 5 각각의 백오프 카운터는 15, 2, 4, 3, 8이라고 가정한다. 이러한 경우, 유저 2의 백오프 카운터가 가장 먼저 '0'이 되어 AP에게 RTS 프레임을 송신한다. 유저 2의 RTS 프레임을 인지한 유저 1, 3, 4, 5는 백오프를 정지(pause)하여 백오프 카운터(즉, 각 13, 2, 1, 6) 값을 유지한다.

[0049] AP는 유저 2의 채널 벡터와 유저 1, 3, 4, 5 간의 앵글(θ_{21}, θ_{23}, θ_{24}, θ_{25})을 계산한다. AP는 계산된 앵글(θ_{21}, θ_{23}, θ_{24}, θ_{25})들을 기반으로 평균값 $\overline{\theta}$ 를 계산하여 앵글 임계값으로 지정한다. 여기서, 앵글들에 대한 평균은 산술 평균(arithmetic mean), 기하 평균(geometric mean), 조화 평균(harmonic mean), 절사 평균(trimmed mean), 또는 중윗값(median)을 의미할 수 있다. 이후, AP는 유저 2의 채널 벡터 정보와 $\overline{\theta}$ 를 포함하는 P-CTS 프레임을 브로드캐스팅한다.

[0050] P-CTS 프레임을 수신한 유저 2는 CTS 프레임이 수신될 때까지 데이터 전송을 대기하고, P-CTS 프레임을 수신한 유저 1, 3, 4, 5는 유저 2의 채널 벡터와 자신의 채널 벡터 간의 앵글(θ_{21}, θ_{23}, θ_{24}, θ_{25})을 분산적으로 계산하여 채널 접근 권한의 유무를 판단한다. 만약, $\theta_{21} > \overline{\theta}$, $\theta_{24} > \overline{\theta}$, $\theta_{25} > \overline{\theta}$이고, $\theta_{23} \leq \overline{\theta}$인 경우, 유저 1, 4, 5의 θ_{21}, θ_{24}, θ_{25}는 앵글 임계값을 초과하여 채널 접근 권한을 갖는 반면, 유저 3의 θ_{23}은 앵글 임계값 이하이므로 채널 접근 권한을 갖지 못하고 백오프를 정지(pause)한다.

[0051] 유저 1, 4, 5는 정지된 백오프를 재개한다. 이때, 이전에 유지되었던 백오프 카운터 값(즉, 각 13, 1, 5)부터 백오프를 재개한다. 유저 4의 백오프 카운터가 먼저 '0'이 되므로, 유저 4는 AP로 RTS 프레임을 전송하며 CTS 프레임이 수신될 때까지 데이터 전송을 대기한다. 타 유저들은 백오프를 지속하므로 이후 유저 5의 백오프 카운터 값이 '0'이 되어 RTS 프레임을 전송할 수 있다.

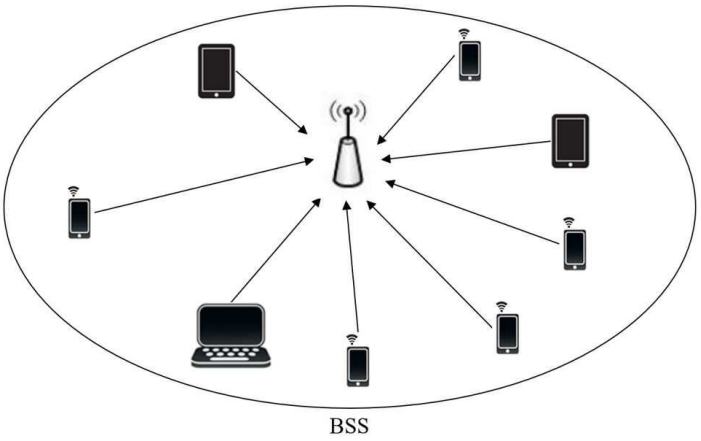
[0052] 유저 2의 RTS 프레임을 포함한 총 수신된 RTS 프레임의 개수와 AP의 안테나 수가 3개로 동일하므로, AP는 CTS 프레임을 브로드캐스팅한다. 이를 통해 RTS 프레임을 송신했던 유저 2, 4, 5가 선택된 것을 알리고, 선택되지 않은 유저 1은 백오프를 정지(pause)한다.

[0053] 유저 2, 4, 5는 상향 링크 MU-MIMO를 통해 데이터를 동시에 전송할 수 있다. 데이터를 수신한 AP는 ACK 프레임을 브로드캐스팅하여 데이터 수신이 완료되었음을 알린다. 이후 데이터를 전송한 유저들은 자신들의 백오프 카운터를 랜덤한 값으로 리셋하여 백오프를 수행하고, 그 외의 유저들은 정지하였던 백오프를 재개하여 데이터 전송을 위한 경쟁에 돌입한다. 이러한 과정을 통하여 AP가 새로운 비컨 프레임을 전송할 때까지 유저 선택 과정과 데이터 전송 과정이 반복된다.

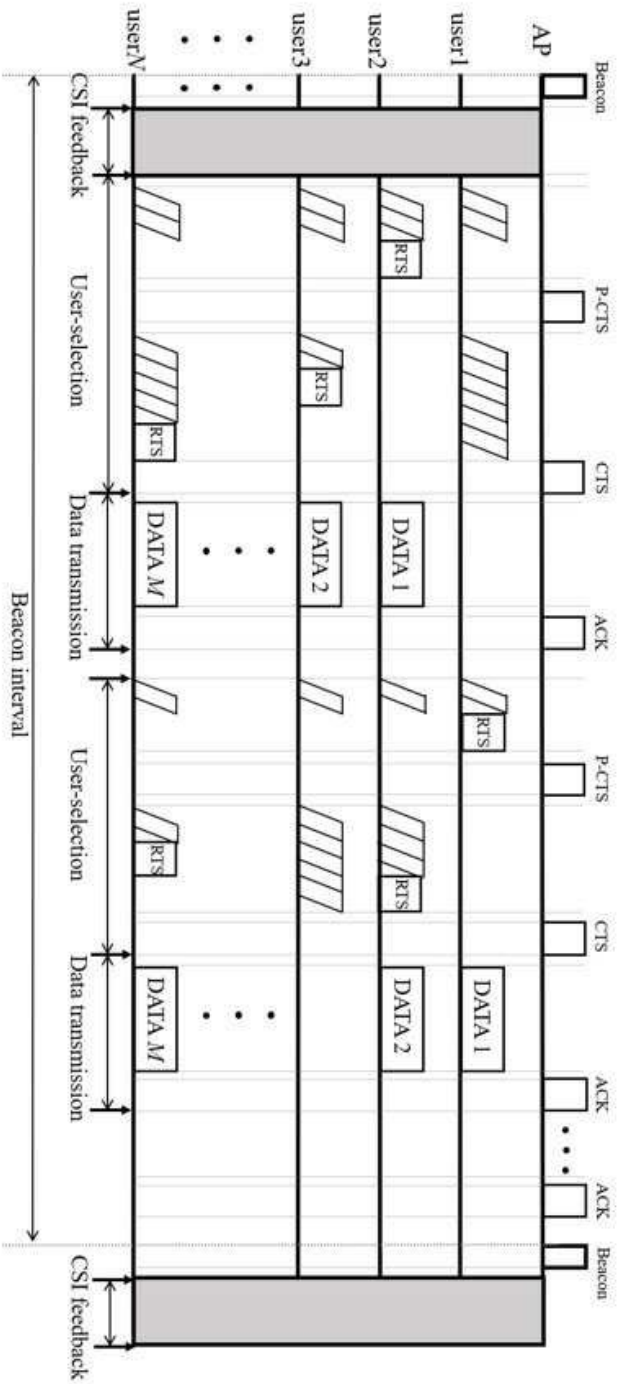
[0055] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성 요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면

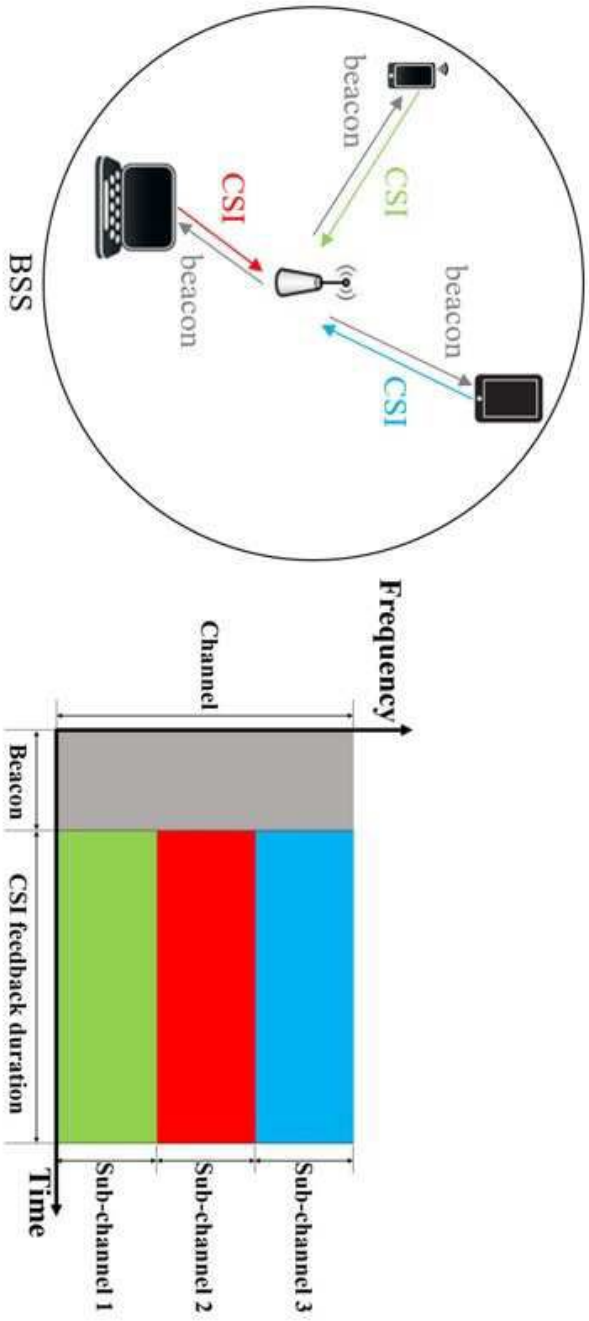
도면1



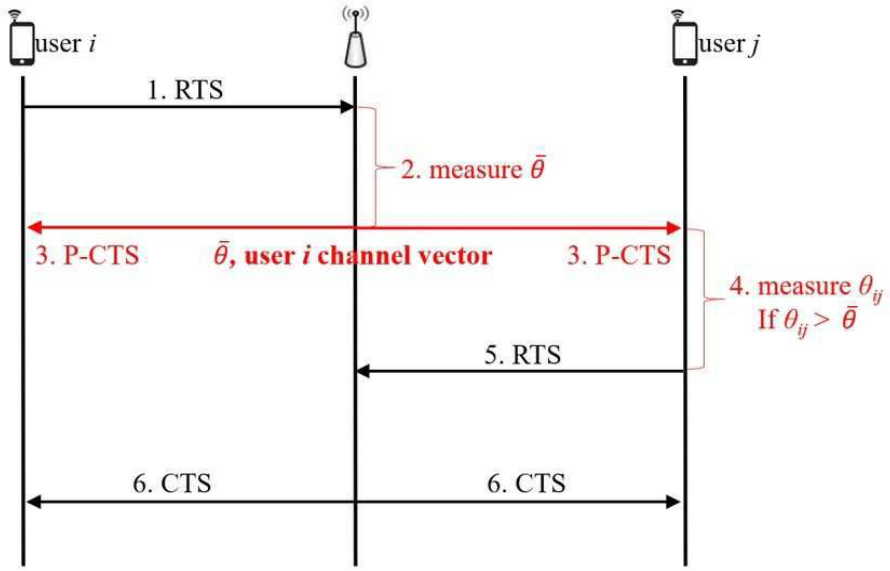
도면2


AP
user1
user2
user3
userN
Beacon
P-CTS
CTS
ACK
P-CTS
CTS
ACK
ACK
Beacon
RTS
DATA 1
DATA 2
DATA M
CSI feedback
User-selection
Data transmission
User-selection
Data transmission
CSI feedback
Beacon interval

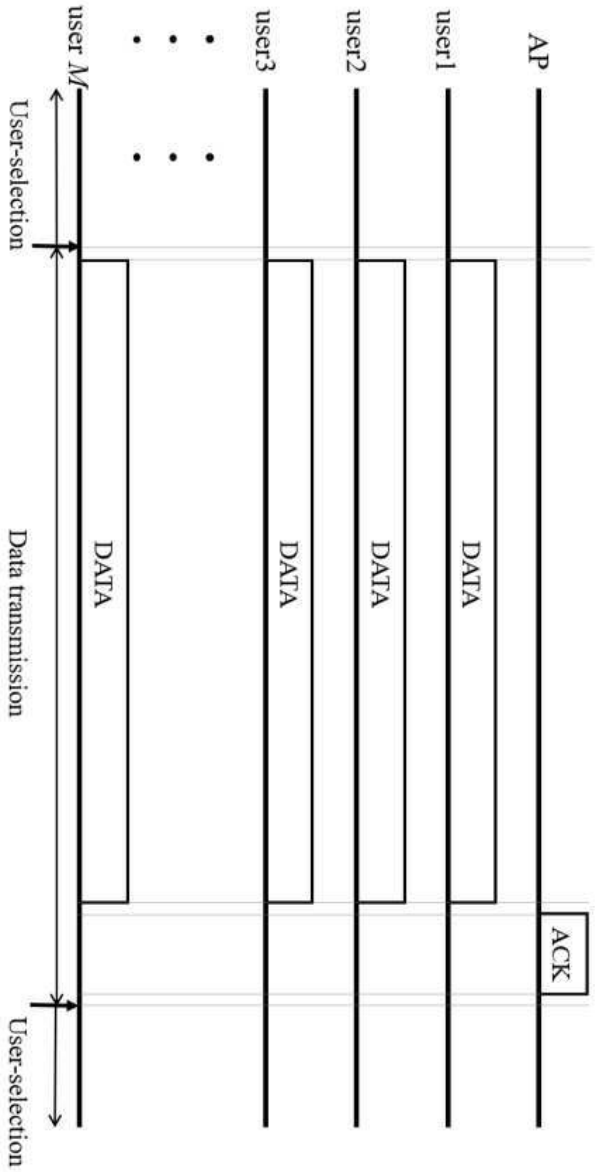
도면3


BSS
beacon
CSI
CSI
beacon
beacon
CSI
Frequency
Channel
Beacon
CSI feedback duration
Time
Sub-channel 1
Sub-channel 2
Sub-channel 3

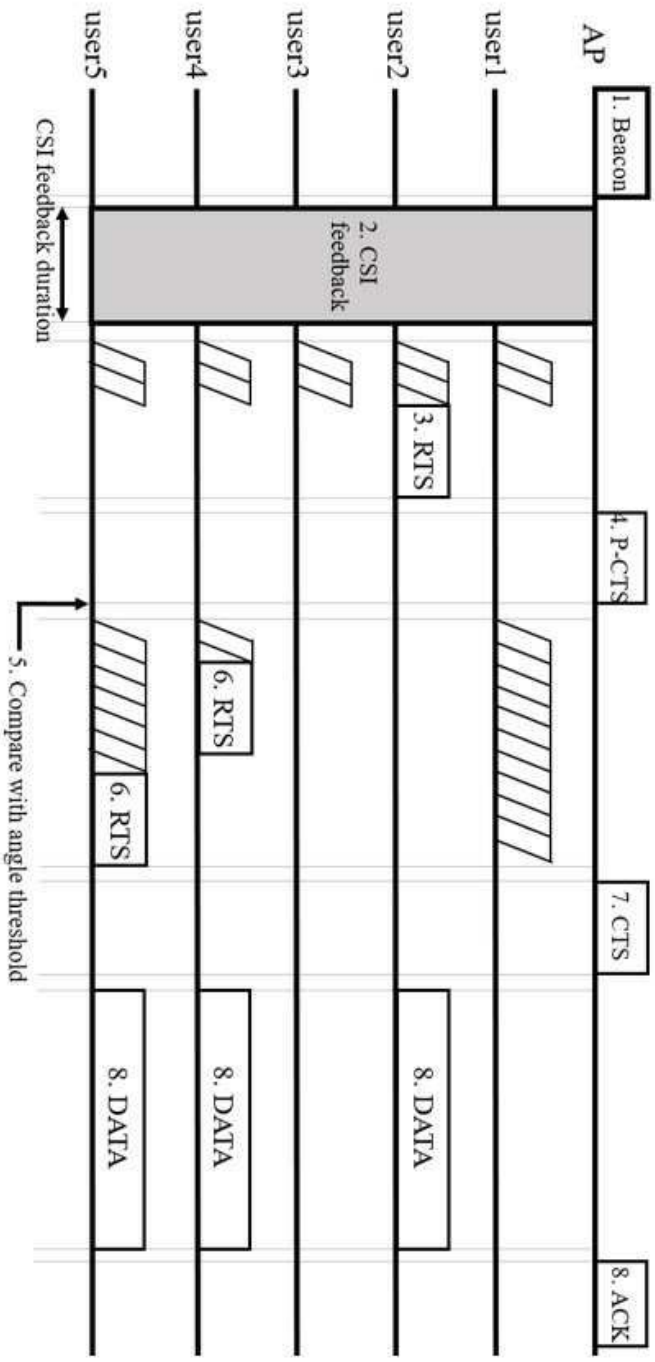
도면4


user i
user j
1. RTS
2. measure $\bar{\theta}$
3. P-CTS
$\bar{\theta}$, user i channel vector
3. P-CTS
4. measure θ_{ij}
If $\theta_{ij} > \bar{\theta}$
5. RTS
6. CTS
6. CTS

도면5


AP
user1
user2
user3
user M
DATA
DATA
DATA
DATA
ACK
User-selection
Data transmission
User-selection

도면6


AP
user1
user2
user3
user4
user5
1. Beacon
2. CSI feedback
CSI feedback duration
3. RTS
4. P-CTS
5. Compare with angle threshold
6. RTS
6. RTS
7. CTS
8. DATA
8. DATA
8. DATA
8. ACK