



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년04월03일
(11) 등록번호 10-1936019
(24) 등록일자 2018년12월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/155 (2006.01) H04B 7/26 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H04B 7/15592 (2013.01)
H04B 7/15521 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0080563

(22) 출원일자 2018년07월11일

심사청구일자 2018년07월11일

(56) 선행기술조사문헌

JP2015041941 A*

KR101688221 B1*

Zheng Yang et al., "The Impact of Power Allocation on Cooperative Non-orthogonal Multiple Access Networks With SWIPT," IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS, VOL. 16, NO. 7, P. 4332, (2017. 07)*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

곽경섭

인천광역시 연수구 해돋이로84번길 10 (송도동, 송도풍림아이원6단지아파트)

류홍무

인천광역시 남구 인주대로 260, 2층(용현동)

(74) 대리인

양성보

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 신상길

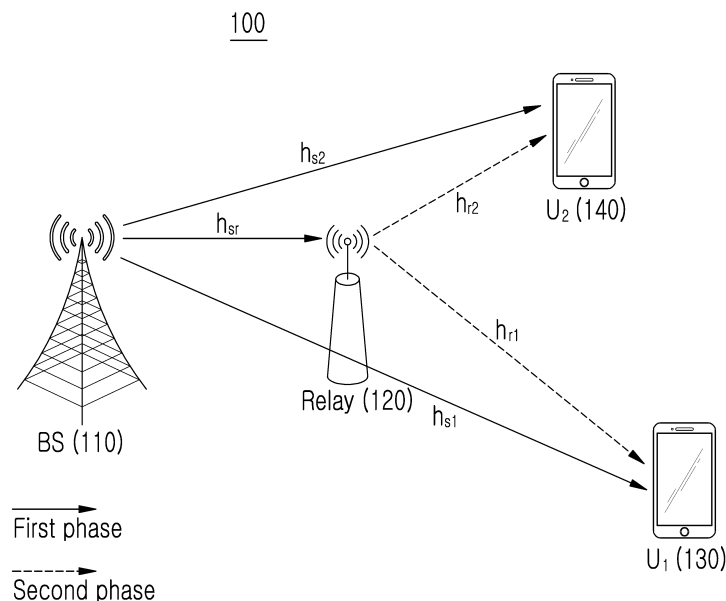
(54) 발명의 명칭 협력적 비직교 다중접속 시스템에서 동시 무선 정보 전송 및 전력 공급을 위한 협력적 직접 전송 및 중계 전송 방법

(57) 요약

협력적 비직교 다중접속 시스템에서 동시 무선 정보 전송 및 전력 공급을 위한 협력적 직접 전송 및 중계 전송 방법이 개시된다. 기지국, 중계 장치 및 복수의 사용자 단말들이 네트워크를 형성하는 비직교 다중접속 시스템의 협력적 직접 및 중계 전송 방법에 있어서, 상기 기지국에 속하는 복수의 사용자 단말들 및 기지국에 속하는 중계

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



장치를 대상으로 기지국에서 브로드캐스트한 신호를 제1 타임 슬롯에 수신하는 단계, 상기 기지국에서 브로드캐스트한 신호를 상기 중계 장치에서 수신한 이후, 상기 중계 장치를 통해 다시 상기 복수의 사용자 단말들을 대상으로 전송한 신호를 제2 타임 슬롯에 수신하는 단계, 및 상기 기지국 및 상기 중계 장치와 상기 복수의 사용자 단말들 각각 간에 직접 형성된 링크에 해당하는 채널 정보를 기반으로 상기 제1 타임 슬롯에 수신된 신호와 상기 제2 타임 슬롯에 수신된 신호를 선형 결합(linear combination)하여 상기 기지국에서 브로드캐스트한 원하는 신호(desired signal)를 복원하는 단계를 포함할 수 있다.

(52) CPC특허분류

H04B 7/2606 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	20141007290051001
부처명	과학기술정보통신부
연구관리전문기관	정보통신기술진흥센터
연구사업명	대학 IT연구센터 육성·지원
연구과제명	[IITP-ezbaro][정부] 스마트한 주파수 이용을 위한 스펙트럼 및 전파기술(5차년도)
기 여 율	1/2
주관기관	인하대학교 산학협력단
연구기간	2018.01.01 ~ 2018.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2018022917
부처명	과학기술정보통신부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	중견연구
연구과제명	[Ezbaro] 나노 인체영역네트워크 핵심기술 연구: 분자-전자파 나노통신 하이브리드 메카니
증 규 명	
기 여 율	1/2
주관기관	인하대학교
연구기간	2018.03.01 ~ 2019.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

기지국, 중계 장치 및 복수의 사용자 단말들이 네트워크를 형성하는 비직교 다중접속 시스템의 협력적 직접 및 중계 전송 방법에 있어서,

상기 기지국에 속하는 복수의 사용자 단말들 및 기지국에 속하는 중계 장치를 대상으로 기지국에서 브로드캐스트한 신호를 제1 타임 슬롯에 수신하는 단계;

상기 기지국에서 브로드캐스트한 신호를 상기 중계 장치에서 수신한 이후, 상기 중계 장치를 통해 다시 상기 복수의 사용자 단말들을 대상으로 전송한 신호를 제2 타임 슬롯에 수신하는 단계; 및

상기 기지국 및 상기 중계 장치와 상기 복수의 사용자 단말들 각각 간에 직접 형성된 링크에 해당하는 채널 정보를 기반으로 상기 제1 타임 슬롯에 수신된 신호와 상기 제2 타임 슬롯에 수신된 신호를 선형 결합(linear combination)하여 상기 기지국에서 브로드캐스트한 원하는 신호(desired signal)를 복원하는 단계

를 포함하고,

상기 원하는 신호를 복원하는 단계는,

상기 복수의 사용자 단말들 중 어느 하나의 사용자 단말과 상기 기지국 간에 형성된 채널 정보에 기초하여 상기 기지국에서의 송신 파워(P_s)를 계산하는 단계;

상기 어느 하나의 사용자 단말과 상기 중계 장치 간에 형성된 채널 정보에 기초하여 상기 중계 장치에서의 송신 파워(P_r)를 계산하는 단계; 및

계산된 상기 기지국에서의 송신 파워 및 중계 장치에서의 송신 파워에 기초하여 디코딩을 수행하는 단계

를 포함하고,

기지국과 사용자 단말 간의 채널 상태 정보(h_{si})와 중계 장치와 사용자 단말 간의 채널 상태 정보를 획득하면, 기지국과 중계 장치 간의 채널 상태 정보를 획득하지 않고도 기지국에서의 송신 파워(P_s)와 중계 장치에서의 송신 파워(P_r)를 계산하며,

제1 타임 슬롯에서 수신된 신호와 제2 타임 슬롯에서 수신된 신호는 서로 직교(orthogonality)하고, 사용자 단말들에서 수신된 신호는 서로 직교하므로, 직교성을 이용한 선형 결합을 통해 원하는 신호를 복원하는

협력적 직접 및 중계 전송 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 원하는 신호를 복원하는 단계는,

상기 제1 타임 슬롯에서 수신된 신호의 디코딩(decoding)을 상기 제2 타임 슬롯에서 신호가 수신될 때까지 대기하였다가 디코딩을 수행하는 단계

를 포함하는 협력적 직접 및 중계 전송 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 타임 슬롯에서 수신된 신호와 상기 제2 타임 슬롯에서 수신된 신호는 서로 직교(orthogonality)하는 것

을 특징으로 하는 협력적 직접 및 중계 전송 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제2 타임 슬롯에서 수신된 신호는, 상기 중계 장치에서 상기 기지국으로부터 수신된 신호를 디코딩한 신호를 대상으로, 중계 장치의 송신 전력 및 상기 복수의 사용자 단말들 각각에 해당하는 전력 할당 계수에 기초하여 재구성된 중첩 신호(superposition signal)를 나타내는 것

을 특징으로 하는 협력적 직접 및 중계 전송 방법.

청구항 6

협력적 직접 및 중계 전송 방법을 수행하는 비직교 다중접속 시스템에 있어서,

기지국에 속하는 복수의 사용자 단말들 및 기지국에 속하는 중계 장치를 대상으로 기지국에서 브로드캐스트한 신호를 제1 타임 슬롯에 수신하고, 상기 기지국에서 브로드캐스트한 신호를 상기 중계 장치에서 수신한 이후, 상기 중계 장치를 통해 다시 상기 복수의 사용자 단말들을 대상으로 전송한 신호를 제2 타임 슬롯에 수신하는 신호 수신부; 및

상기 기지국 및 상기 중계 장치와 상기 복수의 사용자 단말들 각각 간에 직접 형성된 링크에 해당하는 채널 정보를 기반으로 상기 제1 타임 슬롯에 수신된 신호와 상기 제2 타임 슬롯에 수신된 신호를 선형 결합(linear combination)하여 상기 기지국에서 브로드캐스트한 원하는 신호(desired signal)를 복원하는 신호 복원부

를 포함하고,

상기 신호 복원부는,

상기 복수의 사용자 단말들 중 어느 하나의 사용자 단말과 상기 기지국 간에 형성된 채널 정보에 기초하여 상기 기지국에서의 송신 파워(P_s)를 계산하고,

상기 어느 하나의 사용자 단말과 상기 중계 장치 간에 형성된 채널 정보에 기초하여 상기 중계 장치에서의 송신 파워(P_r)를 계산하고,

계산된 상기 기지국에서의 송신 파워 및 중계 장치에서의 송신 파워에 기초하여 디코딩을 수행하고,

기지국과 사용자 단말 간의 채널 상태 정보(h_{si})와 중계 장치와 사용자 단말 간의 채널 상태 정보를 획득하면, 기지국과 중계 장치 간의 채널 상태 정보를 획득하지 않고도 기지국에서의 송신 파워(P_s)와 중계 장치에서의 송신 파워(P_r)를 계산하며,

제1 타임 슬롯에서 수신된 신호와 제2 타임 슬롯에서 수신된 신호는 서로 직교(orthogonality)하고, 사용자 단말들에서 수신된 신호는 서로 직교하므로, 직교성을 이용한 선형 결합을 통해 원하는 신호를 복원하는

비직교 다중접속 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 협력적 비직교 다중접속 시스템(Cooperative Non-Orthogonal Multiple Access System, CNOMA)에서 정보전송과 전력공급을 위한 협력적 직접 전송 및 중계 전송(Coordinated Direct and Relay Transmission, CDRT) 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 사물 인터넷(Internet of Things, IoT) 및 차세대 이동통신이 요구하는 바와 같이 대규모의 이중 트래픽을 제공

하기 위해, 전력 도메인에서 비직교 다중 접속(non-orthogonal multiple access, NOMA)은 시간/주파수/코드 자원을 낭비하지 않으면서 전력 도메인 상에 다중 사용자 신호를 중첩시키는 기술이 상당한 주목을 얻고 있다. 또한, 아래의 비특허 문헌 [1]S. Lee, D. B. da Costa, and T. Q. Duong, "Outage probability of nonorthogonal multiple access schemes with partial relay selection, " in Proc. IEEE 26th PIMRC, Valencia, Spain, 4-8 Sept. 2016, pp. 1-6.에 제시된 협력적 NOMA(cooperative NOMA, CNOMA)는 중계(relaying)를 통합함으로써 시스템 성능을 향상시키는 기술이다. CNOMA는 사용자 공평성을 유지하고 시스템 성능을 향상시키기 위해 지속 가능한 해결책을 제공하는 반면, 수신된 데이터를 처리하고 정보를 원거리 사용자에게 전달해야 하므로 중계 장치에서의 에너지 소모를 증가시킨다. 에너지가 제한된 사용자의 경우, CNOMA의 협력적 중계를 이용하여 통신 시, 에너지를 매우 짧은 시간에 소진해 버릴 수 있다. 아래의 비특허 문헌 [2]A. Nasir, X. Zhou, S. Durrani, and R. Kennedy, "Relaying protocols for wireless energy harvesting and information processing, "IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 12, no. 7, pp. 3622-3636, Jul. 2013., 및 [3]A. Nasir, X. Zhou, S. Durrani, and R. Kennedy, "Throughput and ergodic capacity of wireless energy harvesting based DF relaying network," in Proc. IEEE Int. Conf. Commun., Sydney, Australia, 10-14 Jun. 2014, pp. 4066-4071.에 제시된 SWIPT(Simultaneous wireless information and power transfer)는 수신된 RF 신호로부터 에너지를 검출하고, 검출된 에너지를 중계 장치에 전력을 공급하는 데 사용하는 중계-기반(relaying-style)의 사용자에게 유망한 기술이다.

[0003] 아래의 비특허 문헌 [4]Z. Yang, Z. Ding, P. Fan, and N. Al-Dhahir, "The impact of power allocation on cooperative non-orthogonal multiple access networks with SWIPT, " IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 16, no. 7, pp. 4332-4343, July 2017.에 제시된 전용 에너지 하베스팅 중계 장치(dedicated energy harvesting relay)가 두 원거리 사용자들에게 동시에 서비스하는 기술은 OMA(Orthogonal Multiple Access: 직교다중접속) 기반의 SWIPT 시스템보다 우수한 아웃티지(outage) 성능을 달성하기 위해 고정형(fixed) 및 CR 기반(CR-inspired)의 전력 할당 방식을 제시하고 있다.

[0004]한국공개특허 제10-2015-0181684호는 무선 통신 시스템에서 비직교 다중 접속을 위한 장치 및 방법에 관한 것으로서, 다중 안테나를 기반으로 제1 단말의 채널 정보, 제2 단말의 채널 정보, 각 단말에 할당된 전력을 기반으로 복수의 전송 모드들 중 채널 용량이 가장 큰 전송 모드를 결정하고, 결정된 전송 모드는 비직교 다중 접속을 포함하는 기술을 개시하고 있다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0005] (비특허문헌 0001) [1] S. Lee, D. B. da Costa, and T. Q. Duong, "Outage probability of nonorthogonal multiple access schemes with partial relay selection," in Proc. IEEE 26th PIMRC, Valencia, Spain, 4-8 Sept. 2016, pp. 1-6.

(비특허문헌 0002) [2] A. Nasir, X. Zhou, S. Durrani, and R. Kennedy, "Relaying protocols for wireless energy harvesting and information processing," IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 12, no. 7, pp. 3622-3636, Jul. 2013.

(비특허문헌 0003) [3] A. Nasir, X. Zhou, S. Durrani, and R. Kennedy, "Throughput and ergodic capacity of wireless energy harvesting based DF relaying network," in Proc. IEEE Int. Conf. Commun., Sydney, Australia, 10-14 Jun. 2014, pp. 4066-4071.

(비특허문헌 0004) [4] Z. Yang, Z. Ding, P. Fan, and N. Al-Dhahir, "The impact of power allocation on cooperative non-orthogonal multiple access networks with SWIPT," IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 16, no. 7, pp. 4332-4343, July 2017.

(비특허문헌 0005) [5] Z. Yang, Z. Ding, P. Fan, and N. Al-Dhahir, "The impact of power allocation on cooperative non-orthogonal multiple access networks with SWIPT," IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 16, no. 7, pp. 4332-4343, July 2017.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 기지국으로부터 복수의 사용자 단말들 각각 간에 형성된 무시할 수 없는 직접 링크와 중계 장치와 사용자 단말들 각각 간에 형성된 중계 링크를 이용하여 사용자 단말에서 수신된 신호를 대상으로 디코딩을 수행하는, 협력적 비직교 다중접속 시스템(cooperative NOMA)에서 동시 무선 정보 전송 및 전력 공급을 위한 직접 전송 및 중계 전송(CDRT)-SWIPT 기술에 관한 것이다. 즉, 복수의 사용자 단말들과 기지국 간에 형성된 직접적으로 형성된 채널을 중계 장치(relay)와 단말 간에 형성된 채널에 대한 직교 송신 브랜치로 이용하여 에너지 하베스팅 중계(energy harvesting relay)를 기반으로 사용자 단말들로 정보 신호를 전송하는 기술에 관한 것이다.
- [0007] 또한, 연속적인 간섭 제거를 수행하는 대신, 수신 장치인 사용자 단말에서 원하는 신호(desired signal)를 복호화하기 위해, 선형 결합(linear combination)을 이용하는 기술에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0008] 기지국, 중계 장치 및 복수의 사용자 단말들이 네트워크를 형성하는 비직교 다중접속 시스템의 협력적 직접 및 중계 전송 방법에 있어서, 상기 기지국에 속하는 복수의 사용자 단말들 및 기지국에 속하는 중계 장치를 대상으로 기지국에서 브로드캐스트한 신호를 제1 타임 슬롯에 수신하는 단계, 상기 기지국에서 브로드캐스트한 신호를 상기 중계 장치에서 수신한 이후, 상기 중계 장치를 통해 다시 상기 복수의 사용자 단말들을 대상으로 전송한 신호를 제2 타임 슬롯에 수신하는 단계, 및 상기 기지국 및 상기 중계 장치와 상기 복수의 사용자 단말들 각각 간에 직접 형성된 링크에 해당하는 채널 정보를 기반으로 상기 제1 타임 슬롯에 수신된 신호와 상기 제2 타임 슬롯에 수신된 신호를 선형 결합(linear combination)하여 상기 기지국에서 브로드캐스트한 원하는 신호(desired signal)를 복원하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0009] 일측면에 따르면, 상기 원하는 신호를 복원하는 단계는, 상기 복수의 사용자 단말들 중 어느 하나의 사용자 단말과 상기 기지국 간에 형성된 채널 정보에 기초하여 상기 기지국에서의 송신 파워(P_s)를 계산하는 단계, 상기 어느 하나의 사용자 단말과 상기 중계 장치 간에 형성된 채널 정보에 기초하여 상기 중계 장치에서의 송신 파워(P_r)를 계산하는 단계, 및 계산된 상기 기지국에서의 송신 파워 및 중계 장치에서의 송신 파워에 기초하여 디코딩을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0010] 다른 측면에 따르면, 상기 원하는 신호를 복원하는 단계는, 상기 제1 타임 슬롯에서 수신된 신호의 디코딩(decoding)을 상기 제2 타임 슬롯에서 신호가 수신될 때까지 대기하였다가 디코딩을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0011] 또 다른 측면에 따르면, 상기 제1 타임 슬롯에서 수신된 신호와 상기 제2 타임 슬롯에서 수신된 신호는 서로 직교(orthogonality)할 수 있다.
- [0012] 또 다른 측면에 따르면, 상기 제2 타임 슬롯에서 수신된 신호는, 상기 중계 장치에서 상기 기지국으로부터 수신된 신호를 디코딩한 신호를 대상으로, 중계 장치의 송신 전력 및 상기 복수의 사용자 단말들 각각에 해당하는 전력 할당 계수에 기초하여 재구성된 중첩 신호(superposition signal)를 나타낼 수 있다.
- [0013] 협력적 직접 및 중계 전송 방법을 수행하는 비직교 다중접속 시스템에 있어서, 기지국에 속하는 복수의 사용자 단말들 및 기지국에 속하는 중계 장치를 대상으로 기지국에서 브로드캐스트한 신호를 제1 타임 슬롯에 수신하고, 상기 기지국에서 브로드캐스트한 신호를 상기 중계 장치에서 수신한 이후, 상기 중계 장치를 통해 다시 상기 복수의 사용자 단말들을 대상으로 전송한 신호를 제2 타임 슬롯에 수신하는 신호 수신부, 및 상기 기지국 및 상기 중계 장치와 상기 복수의 사용자 단말들 각각 간에 직접 형성된 링크에 해당하는 채널 정보를 기반으로 상기 제1 타임 슬롯에 수신된 신호와 상기 제2 타임 슬롯에 수신된 신호를 선형 결합(linear combination)하여 상기 기지국에서 브로드캐스트한 원하는 신호(desired signal)를 복원하는 신호 복원부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명은 기지국으로부터 복수의 사용자 단말들로의 무시할 수 없는 직접 링크와 중계 장치와 단말들 간의 중계 링크를 이용하여 사용자 단말에서 수신된 신호를 대상으로 디코딩을 수행함으로써, 협력적 NOMA 시스템에서 조정된 전송을 위해 직접 및 중계 링크(즉, 채널)를 통합시킬 수 있다.
- [0015] 또한, 연속적인 간섭 제거를 수행하는 대신, 사용자 단말에서 선형 결합(linear combination)을 이용하여 원하

는 신호(desired signal)를 복원함으로써, 기지국과 중계 장치 간의 채널 정보를 부가적으로 획득하지 않아도 원하는 신호를 복원할 수 있어 오버헤드를 감소시킬 수 있다. 예컨대, 대규모 연결성(massive connectivity)을 지원하는 네트워크에 적용 가능할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, 협력적 NOMA 시스템의 네트워크 환경을 도시한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, 협력적 직접 및 중계 전송 방법을 도시한 흐름도이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 사용자 단말의 내부 구성을 도시한 블록도이다.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, 기지국의 블록 구조를 도시한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 중계 장치의 블록 구조를 도시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, 사용자 단말의 블록 구조를 도시한 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 소스 장치에서의 전송 전력관련 아웃티지 확률을 나타내는 도면이다.
- 도 8은 목표 데이터 속도(targeted rate)관련 아웃티지 확률을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0019] 본 실시예들은 협력적 비직교 다중접속 시스템(CNOMA)에서의 동시 무선정보전송 및 전력공급을 위한 협력적 직접 전송 및 중계 전송(CDRT-SWIPT)을 제공하는 기술에 관한 것으로서, 특히, 기지국과 사용자 단말 간에 형성된 채널(즉, 직접 링크)을 최대한 활용하여 사용자 단말에서 수신된 신호를 복원하는 기술에 관한 것이다. 즉, 기지국과 사용자 단말 간에 형성된 채널 및 기지국과 사용자 단말 사이에서 신호의 전송을 중계하는 에너지 하베스팅 중계 장치로부터 사용자 단말 사이에 형성된 채널을 협력적으로 통합 이용하여 사용자 단말을 대상으로 기지국에서 전송한 신호를 사용자 단말에서 효과적으로 복원하는 기술에 관한 것이다.
- [0020] 본 실시예들에서 "중계 장치"는 발생된 에너지를 전기 에너지로 변환, 수집 및 축적하는 에너지 하베스팅 중계 장치(energy harvesting relay)를 나타낼 수 있다.
- [0021] 본 실시예들에서는 사용자 단말이 2개인 네트워크 환경을 가정하나, 이는 실시예에 해당되며, 기지국에 속한 사용자 단말은 3개 이상 존재할 수 있다.
- [0022] 본 실시예들에서, 기지국, 중계 장치, 사용자 단말들 각각은 하나의 안테나를 장착한 경우를 가정하며, 반이중 방식(half-duplex mode)로 동작함을 가정하나, 이는 실시예에 해당되며, 기지국, 중계 장치, 사용자 단말들 각각은 복수의 안테나를 장착할 수 있으며, 반이중 방식 이외에 전이중 방식(duplex mode)으로 동작할 수도 있다. 예컨대, 하나의 안테나를 장착하고 전이중 방식으로 동작할 수도 있고, 복수의 안테나들을 장착하고 전이중 방식으로 동작하거나, 복수의 안테나들을 장착하고 반이중 방식으로 동작할 수도 있다.
- [0023] 본 실시예들에서, 소스(source) 장치는 중계 장치 및 사용자 단말들로 신호를 송신하는 장치로서, 기지국에 해당할 수도 있고, 기지국에 속하는 중계 장치들 중 어느 하나에 해당할 수도 있다.
- [0024] 또한, 본 실시예들에서, 고밀도의 이기종 장치 간(heterogeneous Device-to-Device) 통신 및 IoT 네트워크에서, 많은 수의 유휴(idle) 사용자 단말들은 소스 장치(source transmitter) 주변에 밀접하게 위치하므로, 소스 장치 중 어느 하나가 일시적으로 전용 중계 장치로 동작할 수도 있다.
- [0025] 또한, 직접 링크들은 D2D 통신 및 IoT 네트워크 내부뿐만 아니라, 매크로, 마이크로, 소형 셀들의 중첩영역에 광범위하게 존재하므로, CNOMA-SWIPT 시스템에서 직접 링크를 고려하는 것은 중요하며, CDRT-SWIPT 방식에서, 소스(source) 장치로부터 원거리에 위치하는 서로 다른 두 개 이상의 사용자 단말들까지의 정보 전송을 돕기 위하여 전용 에너지 하베스팅 중계 장치(dedicated energy harvesting relay)가 배치될 수 있다. 직접 전송 기술 및 중계 전송 기술은 CNOMA-SWIPT 시스템의 성능을 향상시키기 위하여 제안 CDRT-SWIPT 방식에 통합될 수 있다.
- [0027] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, 협력적 NOMA 시스템의 네트워크 환경을 도시한 도면이다.
- [0028] 도 1을 참고하면, 협력적 NOMA(CNOMA) 시스템(100)은 기지국(110), 중계 장치(120), 기지국에 속하는 복수의 사

용자 단말들(130, 140)을 포함할 수 있다.

[0029] 중계 장치(120)는 기지국(110) 및 사용자 단말들(130, 140) 사이에 신호 전송을 중계하는 장치로서, 기지국(110)의 커버리지(coverage) 내에 위치할 수 있다.

[0030] 도 1에서, h_x 은 기지국(110)으로부터 중계 장치(120) 간에 형성된 채널의 채널 정보를 나타내고, h_z 는 기지국(110)으로부터 사용자 단말들(130, 140) 각각 간에 형성된 채널 정보(즉, 직접 링크)를 나타내고, h_{x1}, h_{x2} 는 중계 장치(120)로부터 사용자 단말들(130, 140) 각각 간에 형성된 채널 정보(즉, 중계 링크)를 나타낼 수 있다. 도 1에서 i 는 사용자 단말을 나타내는 것으로서, 사용자 단말이 2개인 경우, i 는 1, 2를 포함할 수 있다. 도 1에서, first phase는 제1 타임 슬롯(first time slot)에 기지국(110)에서 직접전송되는 신호를 나타내고, second phase는 제2 타임 슬롯(second time slot)에 중계 장치(120)에서 사용자 단말들(130, 140)로 중계 전송되는 신호를 나타낼 수 있다.

[0031] 모든 수신측(즉, 사용자 단말들 및 중계 장치)에서 백색 가우시안 잡음(AWGN)은 평균이 0(zero mean)이면서 분산 σ^2 을 가지며, 사용자 단말 U_i 을 위한 정보 신호(즉, 원하는 신호(desired signal))는 x_i 로 표현될 수 있다. 이때, x_i 는 $E\{x_i\}=0$ and $E\{x_i^2\}=1$ 을 만족하는 신호에 해당할 수 있다. 그리고, QoS(Quality of Service: 신호품질) 기반 사용자 페어링(pairing)을 적용하며, 사용자 단말 1 U_1 은 목표 처리량은 낮으나 적절한 서비스(즉, 미리 지정된 일정 수준 이상의 QoS)를 요구하고, 사용자 단말 2 U_2 는 사용자 단말 1 U_1 보다 지연(delay) 허용은 높지만 더 높은 처리량(throughput)을 요구함을 가정할 수 있다. 즉, 사용자 단말 2 U_2 는 사용자 단말 1 U_1 보다 요구하는 QoS는 낮으나 같은 시간 대비 처리해야 할 처리량이 높음을 가정할 수 있다.

[0033] 도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, 협력적 직접 및 중계 전송 방법을 도시한 흐름도이고, 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 사용자 단말의 내부 구성을 도시한 블록도이다.

[0034] 비직교 다중 접속 시스템은 기지국, 중계 장치, 사용자 단말로 구성됨에 따라, 비직교 다중 접속 시스템이 기지국에서 구현된 경우, 기지국은 비직교 다중 접속 시스템으로 표현 가능하고, 사용자 단말에서 구현된 경우 사용자 단말로 표현될 수 있다. 마찬가지로, 비직교 다중 접속 시스템이 중계 장치에서 구현된 경우, 중계 장치로 표현될 수 있다.

[0035] 도 3에 따르면, 사용자 단말(300)은 신호 수신부(310) 및 신호 복원부(320)를 포함할 수 있다. 그리고, 도 2의 각 단계들(210 내지 230 단계)은 도 3의 사용자 단말(300)의 구성 요소인 신호 수신부(310) 및 신호 복원부(320)에 의해 수행될 수 있다. 사용자 단말(300)은 신호 수신부(310) 및 신호 복원부(320) 이외에 기능에 따른 추가적인 구성 요소를 더 포함할 수도 있다. 예컨대, RF 처리를 위한 RF 신호 처리부, 변조 기능을 위한 변조부 등을 더 포함할 수 있다.

[0036] 210 단계에서, 신호 수신부(310)는 기지국(301)에서 브로드캐스트한 신호를 제1 타임 슬롯(first time slot)에서 수신할 수 있다.

[0037] 예를 들어, 기지국(301)은, 기지국에 속하는 복수의 사용자 단말들 및 기지국(301)에 속하는 중계 장치(302)로 신호를 브로드캐스트(broadcast)할 수 있다. 그러면, 제1 타임 슬롯에서, 신호 수신부(310)는 기지국(301)과 사용자 단말 간에 형성된 채널을 통해 상기 신호를 수신할 수 있다. 즉, 중계 장치(302)를 거치지 않고 기지국(301)으로부터의 신호를 직접 수신할 수 있다.

[0038] 220 단계에서, 신호 수신부(320)는 기지국(301)에서 브로드캐스트한 신호를 중계 장치(302)에서 수신한 이후, 중계 장치(302)를 통해 다시 복수의 사용자 단말들을 대상으로 전송한 신호를 제2 타임 슬롯(second time slot)에 수신할 수 있다. 여기서, 제2 타임 슬롯에서 수신된 신호는, 중계 장치(302)에서 기지국(301)으로부터의 신호를 수신하여 디코딩한 신호, 송신 전력 및 전력 할당 계수에 기초하여 재구성된 중첩 신호(superposition signal)를 나타낼 수 있다.

[0039] 예를 들어, 기지국(301)은, 기지국에 속하는 복수의 사용자 단말들 및 기지국(301)에 속하는 중계 장치(302)로 신호를 브로드캐스트(broadcast)할 수 있다. 그러면, 중계 장치(302)는 기지국(301)에서 전송한 신호를 수신할 수 있다. 그리고, 수신된 신호를 대상으로 복조 및 디코딩한 후, 신호를 다시 재구성할 수 있다. 이때, 중계 장치(302)는 상기 신호(즉, RF 신호)를 대상으로 에너지 하베스팅(energy harvesting) 및 정보 탐지

(information detection)을 위해 전력 분할 계수 β 에 기초하여 수신된 전력 분할(power splitting)을 수행한 후, 디코딩을 수행할 수 있다. 그리고, 디코딩된 신호를 대상으로, 사용자 단말 1 및 사용자 단말 2로 전송하기 위한 신호를 재구성할 수 있다. 재구성된 신호를 대상으로 채널 코딩 및 RF 신호 처리 후 안테나를 통해 사용자 단말로 전송할 수 있다. 이처럼, 중계 장치(302)에서의 신호 처리로 인해 중계 장치(302)를 통해 사용자 단말(300)로 전송되는 신호는, 기지국(301)에서 사용자 단말(300)로 직접 전송되는 신호 대비 시간차가 존재할 수 있다. 이에 따라, 신호 수신부(310)는 제1 타임 슬롯에 기지국(301)에서 전송한 신호를 직접 수신한 이후, 제2 타임 슬롯에서, 기지국(301)에서 전송한 신호를 중계 장치(302)를 통해 수신할 수 있다.

[0040] 230 단계에서, 신호 복원부(320)는, 기지국(301) 및 중계 장치(302)와 복수의 사용자 단말(300) 간에 직접 형성된 링크에 해당하는 채널 정보를 기반으로 제1 타임 슬롯에 수신된 신호와 제2 타임 슬롯에 수신된 신호를 선형 결합(linear combination)함으로써 기지국(301)에서 브로드캐스트한 원하는 신호(desired signal)를 복원할 수 있다. 이때, 신호 복원부(320)는 제2 타임 슬롯에서, 중계 장치(302)로부터 신호가 수신될 때까지 제1 타임 슬롯에서 상기 기지국(301)으로부터 직접 수신된 신호를 디코딩하지 않고 대기(waiting)할 수 있다. 그리고, 제2 타임 슬롯에서 신호가 수신되면, 제1 타임 슬롯에서 수신된 신호와 함께 선형 결합하여 디코딩을 수행할 수 있다. 즉, 신호 복원부(320)는, 원하는 신호(desired signal)를 복원하기 위해 기지국(301)으로부터 수신된 신호뿐만 아니라 중계 장치(302)로부터 수신된 신호를 함께 이용할 수 있다.

[0041] 일례로, 신호 복원부(320)는 사용자 단말(300)과 기지국(301) 간에 형성된 채널 정보에 기초하여 기지국(301)에서 사용자 단말(300)로 신호를 브로드캐스트하기 위한 파워(즉, 기지국에서의 송신 파워(P_s))를 계산할 수 있다. 그리고, 신호 복원부(320)는 사용자 단말(300)과 중계 장치(302) 간에 형성된 채널 정보에 기초하여 중계 장치(302)에서 사용자 단말(300)로 재구성된 신호를 전송하기 위한 파워(즉, 중계 장치에서의 송신 파워(P_r))를 계산할 수 있다. 신호 복원부(320)는 계산된 기지국에서의 송신 파워 및 중계 장치에서의 송신 파워에 기초하여 디코딩을 수행함으로써, 원하는 신호(desired signal)를 복원할 수 있다. 즉, 신호 복원부(320)는 기지국(301)과 사용자 단말(300) 간의 채널 상태 정보(h_{si})와 중계 장치(302)와 사용자 단말(300) 간의 채널 상태 정보(h_{sr})를 획득하면, 기지국(301)과 중계 장치(302) 간의 채널 상태 정보(h_{sr})를 획득하지 않고도 기지국에서의 송신 파워(P_s)와 중계 장치에서의 송신 파워(P_r)를 계산할 수 있으며, 결국 간단한 선형 결합을 통해 원하는 신호(desired signal)를 복원할 수 있다.

[0043] 도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, 기지국의 블록 구조를 도시한 도면이다.

[0044] 도 4를 참고하면, 410에서, 기지국(301)은 복수의 사용자 단말들 각각으로 전송하고자 하는 소스 신호(source information)를 대상으로 전송을 위한 전처리를 수행할 수 있다. 일례로, 기지국(301)은 소스 신호를 대상으로 신호 증폭 등의 전처리를 수행할 수 있다. 그리고, 전처리된 신호를 대상으로 에러 코딩(error coding) 및 채널 코딩(channel coding)을 수행할 수 있다. 예컨대, 컨벌루션 코딩, 블록 코딩 등의 에러 코딩 및 채널 코딩을 수행할 수 있다.

[0045] 420에서, 기지국(301)은 전처리 및 채널 코딩된 신호를 대상으로 변조를 수행할 수 있다. 예컨대, QPSK, 16-QAM 등의 변조를 수행할 수 있다.

[0046] 430 단계에서, 기지국(301)은 변조된 신호를 대상으로 전력 도메인(power-domain)에서 중첩 신호(superposition signal)를 구성한 이후, 440 단계에서, RF 처리(frequency up-conversion and RF processing) 후 안테나를 통해 브로드캐스트할 수 있다. 이때, 안테나는 단일 안테나일 수도 있고, 다중 안테나일 수도 있다.

[0047] 일례로, 안테나를 통해 기지국(301)에 속하는 사용자 단말(300) 및 중계 장치(302)로 브로드캐스트 되는 중첩 신호(superposition signal)는 $\sqrt{\alpha_1 P}x_1 + \sqrt{\alpha_2 P}x_2$ 로 표현될 수 있다. 즉, 상기 중첩 신호 $\sqrt{\alpha_1 P}x_1 + \sqrt{\alpha_2 P}x_2$ 는 제1 타임 슬롯에 사용자 단말(300)에서 수신될 수 있다. 여기서, P (즉, P_s)는 기지국에서의 송신 전력을 나타내고, α_i 는 전력 할당 계수(power allocation coefficient)를 나타내는 것으로서, $\sum_{i=1}^2 \alpha_i = 1$ 및 $\alpha_i \geq 0$ 를 만족할 수 있다.

[0049] 도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 중계 장치의 블록 구조를 도시한 도면이다.

[0050] 중계 장치(302)는 기지국(301)로부터 수신된 신호를 대상으로 RF 도메인(domain) 상에서 전력 분할(power

splitting)을 수행할 수 있다. 이때, 중계 장치(302)는 전력 분할 계수 β 에 기초하여 상기 수신된 신호를 에너지 하베스팅(energy harvesting)과 정보 탐지(information detection) 각각을 위해 $\beta: 1-\beta$ 에 따라 분할할 수 있다. 그러면, 즉, 중계 장치(302)는 β 의 비율로 분할된 신호를 대상으로 에너지 하베스팅(energy harvesting) 및 배터리 충전을 수행할 수 있다. 이어, 배터리 방전(battery discharging)을 수행할 수 있다.

[0051] 이때, 중계 장치(302)는 $1-\beta$ 비율로 분할된 신호를 대상으로 RF 처리 및 주파수 다운 컨버전(RF and frequency down conversion)을 수행할 수 있다. 이어, 중계 장치(302)는 주파수 다운 컨버전된 신호를 대상으로 간섭 제거 및 복조(successive interference cancelation and demodulation)를 수행한 후, 디코딩(decoding for information signal)을 수행할 수 있다. 그러면, 중계 장치(302)는 디코딩된 신호를 대상으로 재구성 및 부호화(Information signal regeneration and coding)를 수행한 후 변조(Modulation)를 수행할 수 있다. 중계 장치(302)는 변조된 신호를 대상으로, 전력 도메인(power-domain)에서 중첩 신호(superposition signal)를 구성할 수 있다. 그러면, 중계 장치(302)는 제1 타임 슬롯에서 수신된 신호를 대상으로 대기하고 있는 제1 타임 슬롯에서 β 비율로 하베스팅된 에너지를 기반으로, 제2 타임 슬롯에서 $1-\beta$ 비율로 정보 탐지(Information detection)가 수행된 신호(즉, 전력 도메인에서 구성된 중첩 신호)를 대상으로, 주파수 업 컨버전(frequency up conversion) 및 RF 처리(RF processing)를 수행하여 안테나를 통해 사용자 단말들로 전송할 수 있다.

[0052] 일례로, 기지국(301)에서 브로드캐스트되어 중계 장치(302) 및 사용자 단말(302)에서 수신된 신호(즉, 정보 신호(information signal))는 아래의 수학적 식 1과 같이 표현될 수 있다. 여기서, 중계 장치(302) 및 사용자 단말(302)에서 수신된 신호는 중첩 신호(superposition signal)에 해당할 수 있다.

[0053] [수학적 식 1]

$$y_r = h_{sr} \sqrt{1-\beta} (\sqrt{\alpha_1 P} x_1 + \sqrt{\alpha_2 P} x_2) + n_r$$

[0054]

[0055] [수학적 식 2]

$$y_i^{(1)} = h_{si} (\sqrt{\alpha_1 P} x_1 + \sqrt{\alpha_2 P} x_2) + n_i^{(1)}$$

[0056]

[0057] 위의 수학적 식 1은 기지국(301)에서 상기 중첩 신호 $\sqrt{\alpha_1 P} x_1 + \sqrt{\alpha_2 P} x_2$ 를 안테나를 통해 전송하면, 중계 장치(302)에서 수신된 신호를 대상으로 정보 탐지(information detection)를 위해 $1-\beta$ 비율로 전력 분할된 신호를 나타내고, 위의 수학적 식 2는 기지국(301)에서 상기 중첩 신호 $\sqrt{\alpha_1 P} x_1 + \sqrt{\alpha_2 P} x_2$ 를 안테나를 통해 전송하면, 사용자 단말(300)에서 수신된 신호를 나타낼 수 있다.

[0058] 그리고, 수학적 식 1 및 수학적 식 2에서, n_r 와 $n_i^{(1)}$ 는 각각 중계 장치(302)에서의 백색 가우시안 잡음(AWGN) 및 사용자 단말 $i(U_i)$ 에서의 AWGN을 나타낼 수 있다.

[0059] 이때, 기지국(301)에 속하는 사용자 단말들이 2개인 시스템 환경에서, 사용자 단말 1(U_1)의 QoS 요구 사항이 사용자 단말 2(U_2)의 QoS 요구 사항 보다 훨씬 적음(즉, 덜 요구함)을 가정할 수 있다. 이처럼, 사용자 단말 1(U_1)의 QoS 요구 사항이 사용자 단말 2(U_2)보다 작기 때문에, 중계 장치(302)는 사용자 단말 1을 위한 신호와 사용자 단말 2를 위한 신호 순서로 디코딩을 수행할 수 있다. 이때, 사용자 단말 1의 신호 x_1 와 사용자 단말 2의 신호 x_2 를 디코딩 하기 위한, 중계 장치(302)에서의 SINR(signal-to-interference-plus-noise ratio) 및 SNR(signal to noise ratio)은 아래의 수학적 식 3과 같이 표현될 수 있다.

[0060] [수학적 식 3]

$$\gamma_r^{x_1} = \frac{\alpha_1 \rho |h_{sr}|^2 (1-\beta)}{\alpha_2 \rho |h_{sr}|^2 (1-\beta) + 1} \quad \text{and} \quad \gamma_r^{x_2} = \alpha_2 \rho |h_{sr}|^2 (1-\beta)$$

[0061]

[0062] 수학식 3에서, $\rho = P/\sigma^2$ 는 소스 장치인 기지국(301)의 송신 SNR을 나타낼 수 있다. 즉, 사용자 단말 1 및 사용자 단말 2 각각은 제1 타임 슬롯에서 기지국(301)으로부터 수신된 신호를 바로 디코딩하지 않고, 중계 전송을 위해(즉, 중계 장치를 통해 제2 타임 슬롯에서 신호가 수신될 때까지) 디코딩을 대기(waiting)할 수 있다. 이때, 전력 분할 계수 β 는 중계 장치(302)에서 사용자 단말 1의 신호 x_1 와 사용자 단말 2의 신호 x_2 모두를 정확히 탐지하는 것을 보장하기 위해 미리 지정될 수 있다. 예컨대, $\gamma_r^{x_1} \geq \tau_1$, $\gamma_r^{x_2} \geq \tau_2$ 이고, $\tau_i = 2^{2R_i} - 1$ 이고, R_i 는 x_i 를 전송하기 위해 요구되는 목표 데이터 속도 (target rate)에 해당하는 경우, 최적의 전력 분할 계수는 아래의 수학식 4에 기초하여 계산될 수 있다.

[0063] [수학식 4]

$$\beta^* = \begin{cases} \max\{1 - \varepsilon_2/g_{sr}, 0\}, & \varepsilon_1 < \varepsilon_2 \\ \max\{1 - \varepsilon_1/g_{sr}, 0\}, & \varepsilon_1 \geq \varepsilon_2 \end{cases}$$

$$= \begin{cases} 1 - \varepsilon/g_{sr}, & g_{sr} > \varepsilon \\ 0, & g_{sr} \leq \varepsilon \end{cases}$$

[0064]

[0065] 수학식 4에서, $\varepsilon_1 = \frac{\tau_1}{\rho(\alpha_1 - \alpha_2 \tau_1)}$, $\varepsilon_2 = \frac{\tau_2}{\rho \alpha_2}$ 이고, $\varepsilon = \max\{\varepsilon_1, \varepsilon_2\}$ 에 해당할 수 있다. 그러면, 제1 타임 슬롯에서 하베스팅된 에너지를 기반으로, 제2 타임 슬롯에서의 신호 전송을 위한 중계 장치(302)의 송신 전력은 아래의 수학식 5와 같이 표현될 수 있다.

[0066] [수학식 5]

$$P_r = \eta \beta^* P_s g_{sr}$$

[0067]

[0068] 수학식 5에서, η 는 배터리 충전 및 방전 계수를 기반으로 하는 에너지 변환 계수를 나타낼 수 있다. 수학식 5에서, 무시해도 될 정도인 수신 안테나 잡음에서 생성된 하베스트 에너지는 무시하는 것을 가정할 수 있다.

[0069] 중계 장치(302)에서, 사용자 단말 1의 신호 x_1 와 사용자 단말 2의 신호 x_2 를 디코딩한 후에 사용자 단말들로 전달(forwarding)될 새로운 중첩 신호는 아래의 수학식 6과 같이 표현될 수 있다.

[0070] [수학식 6]

$$x_r = \sqrt{\alpha_2 P} x_1 - \sqrt{\alpha_1 P} x_2$$

[0071]

[0072] 제2 타임 슬롯에서, 사용자 단말 U_i 에서 수신되는 신호는 아래의 수학식 7과 같이 표현될 수 있다.

[0073] [수학식 7]

$$y_i^{(2)} = h_{ri} (\sqrt{\alpha_2 P} x_1 - \sqrt{\alpha_1 P} x_2) + n_i^{(2)}$$

[0074]

[0075] 수학식 7에서, $n_i^{(2)}$ 는 제2 타임 슬롯에서 사용자 단말 U_i 에서의 AWGN을 나타낼 수 있다. $g_{sr} > \varepsilon$ ($\beta^* = 0$) 여부에 따라 다른 탐지 과정이 수신 장치인 사용자 단말에서 적용될 수 있다. $g_{sr} \leq \varepsilon$ 일 때, 기지국과 중계 장치 간의 채널에 대한 채널 상태 정보(Channel State Information, CSI)의 중계 없이 $\beta^* = 0$ 와 $P_r = 0$ 를 획득할 수 있다. 그러면, 각 사용자 단말 U_i 은 QoS 그룹화된 NOMA 탐지 원리(QoS-grouped NOMA detecting principle)를 기반으로 원하는 신호(desired signal)를 탐지할 수 있다. 따라서, 사용자 단말 1의 신호 x_1 탐지를 위한 U_1 의 SNR은 아래의 수학식 8과 같이 표현될 수 있다.

[0076] [수학식 8]

$$\gamma_1^{x_1} = \frac{\alpha_1 \rho g_{s1}}{\alpha_2 \rho g_{s1} + 1} \quad \text{if } g_{sr} \leq \varepsilon$$

[0077]

[0078] 상기 신호 x_1 및 신호 x_2 각각을 탐지하기 위한 사용자 단말 2에서의 SNR은 아래의 수학식 9 및 수학식 10과 같이 표현될 수 있다.

[0079] [수학식 9]

$$\gamma_2^{x_1} = \frac{\alpha_1 \rho g_{s2}}{\alpha_2 \rho g_{s2} + 1}, \quad \text{if } g_{sr} \leq \varepsilon$$

[0080]

[0081] [수학식 10]

$$\gamma_2^{x_2} = \alpha_2 \rho g_{s2}, \quad \text{if } g_{sr} \leq \varepsilon$$

[0082]

[0083] 이때, $g_{sr} > \varepsilon$ ($0 < \beta^* < 1$)인 경우, 중계 장치의 송신 전력 $P_r > 0$ 을 얻어, 중계 장치(302)는 재구성된 중첩 신호 x_r 를 사용자 단말들로 전달(forward)할 수 있다.

[0084] 제1 타임 슬롯 및 제2 타임 슬롯을 통해 사용자 단말 U_i 에서 수신된 신호들은 아래의 수학식 11과 같이 행렬 형태로 표현될 수 있다.

[0085] [수학식 11]

$$\begin{bmatrix} \frac{y_i^{(1)}}{h_{si}\sqrt{P_s}} \\ \frac{y_i^{(2)}}{h_{ri}\sqrt{P_r}} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} \sqrt{\alpha_1} & \sqrt{\alpha_2} \\ \sqrt{\alpha_2} & -\sqrt{\alpha_1} \end{bmatrix}}_P \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{n_i^{(1)}}{h_{si}\sqrt{P_s}} \\ \frac{n_i^{(2)}}{h_{ri}\sqrt{P_r}} \end{bmatrix}$$

[0086]

[0087] 수학식 11에서, P는 등가 전력 할당 행렬(equivalent power allocation matrix)을 나타낼 수 있다. 등가 전력 할당 행렬은 2X2 회전 행렬 또는 반사 행렬의 형태로 표현될 수 있으며, 예컨대, 아래의 수학식 12와 같이 표현될 수 있다.

[0088] [수학식 12]

$$P = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \quad \text{or} \quad P = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & -\cos \theta \end{bmatrix}$$

[0089]

[0090] 수학식 12에서, $\theta \in [0, \pi/2]$ 이고, 2X2 단위 행렬(identity matrix)을 나타내는 $\mathbf{I}_2$ 에서 $P^T P = P P^T = \mathbf{I}_2$ 이므로 위의 수학식 11의 신호 형태는 수신측인 사용자 단말들의 직교성(orthogonality)을 제공할 수 있다. 즉, 제 1 타임 슬롯에서 수신된 신호와 상기 제2 타임 슬롯에서 수신된 신호는 서로 직교(orthogonality)하고, 사용자 단말들에서 수신된 신호는 서로 직교할 수 있다. 이러한 직교성으로 인해, 사용자 단말(300)은 간단한 선형 결합(linear combining)을 사용하여 자신이 원하는 신호를 복원할 수 있다. 범용성(generality)의 손실 없이, 위의 수학식 12에서 P의 반사 행렬(reflection matrix) 형태를 선택하여 시스템의 성능을 검증할 수 있다.

[0091] 정보 신호인 상기 신호 x_1 및 신호 x_2 를 탐지하기 위해 사용자 단말 1 U_1 및 사용자 단말 2 U_2 에서의 선형 결합은 아래의 수학식 13 및 14와 같이 각각 표현될 수 있다.

[0092] [수학식 13]

$$\begin{aligned}\hat{x}_1 &= \sqrt{\frac{\alpha_1}{P_s}} \frac{y_1^{(1)}}{h_{s1}} + \sqrt{\frac{\alpha_2}{P_r}} \frac{y_1^{(2)}}{h_{r1}} \\ &= x_1 + \sqrt{\frac{\alpha_1}{P_s}} \frac{n_1^{(1)}}{h_{s1}} + \sqrt{\frac{\alpha_2}{P_r}} \frac{n_1^{(2)}}{h_{r1}}\end{aligned}$$

[0093]

[0094] [수학식 14]

$$\begin{aligned}\hat{x}_2 &= \sqrt{\frac{\alpha_2}{P_s}} \frac{y_2^{(1)}}{h_{s2}} - \sqrt{\frac{\alpha_1}{P_r}} \frac{y_2^{(2)}}{h_{r2}} \\ &= x_2 + \sqrt{\frac{\alpha_2}{P_s}} \frac{n_2^{(1)}}{h_{s2}} - \sqrt{\frac{\alpha_1}{P_r}} \frac{n_2^{(2)}}{h_{r2}}\end{aligned}$$

[0095]

[0097] 도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, 사용자 단말의 블록 구조를 도시한 도면이다.

[0098] 도 6에서 RF 및 주파수 다운 컨버전(RF frequency down-conversion, 610)은 도 3의 신호 수신부(310)에서 수행되고, 선형 결합(linear combining, 620), 신호 후처리(information processing, 630)은 도 3의 신호 복원부(320)에서 수행될 수 있다.

[0099] 도 6의 610에서 제1 타임 슬롯에 기지국(301)으로부터 중첩 신호가 수신되어 RF 처리 및 주파수 다운 컨버전이 수행될 수 있다. 이후, 제2 타임 슬롯에 중계 장치(302)로부터 중첩 신호가 수신되어 RF 처리 및 주파수 다운 컨버전이 수행될 수 있다.

[0100] 620에서, 신호 복원부(320)는 제1 타임 슬롯에서 수신된 중첩 신호 및 제2 타임 슬롯에서 수신된 중첩 신호를 선형 결합함으로써, 위의 수학식 4에 기초하여 결정된 전력 할당 계수를 획득하고, 630에서, 획득된 전력 할당 계수를 기반으로 중계 장치의 송신 전력과 기지국의 송신 전력을 획득함에 따라, 기지국과 중계 장치 간의 채널 상태 정보 없이도 채널 디코딩을 수행하여 해당 단말에서 원하는 신호(desired signal) $\hat{x}_i$ 를 복원할 수 있다.

이때, 위의 수학식 13 및 14를 기반으로, 상기 복원된 신호 $\hat{x}_i$ 는 사용자 간 간섭(Inter User Interference)에서 자유롭다는 것을 확인할 수 있다.

[0101] 위의 수학식 13 및 14를 구현하기 위해, 사용자 단말 U_i 는 h_{si} 및 h_{ri} 의 채널 상태 정보(CSI)뿐만 아니라, 중계 장치의 송신 전력 P_r 과 기지국의 송신 전력 P_s 이 필요할 수 있다. 그러면, 위의 수학식 2 및 수학식 7을 기반으로, 중첩 신호 $\sqrt{\alpha_1 P_s} x_1 + \sqrt{\alpha_2 P_s} x_2$ 및 $\sqrt{\alpha_2 P_r} x_1 - \sqrt{\alpha_1 P_r} x_2$ 의 전력은 정확하게 각각 P_s 및 P_r 에 해당함이 증명될 수 있다. 이에 따라, 사용자 단말 U_i 에서 h_{si} 및 h_{ri} 의 채널 상태 정보(CSI)를 획득하면, 해당 사용자 단말에서는 h_{sr} 의 채널 상태 정보를 획득하지 않고도 위의 수학식 2 및 수학식 7에 기초하여 P_s 및 P_r 을 계산할 수 있다.

[0102] 수학적 수정을 통해, 사용자 단말 U_1 및 U_2 에서의 수신 SNR은 아래의 수학식 15 및 16과 같이 표현될 수 있다.

[0103] [수학식 15]

$$\gamma_1 = \begin{cases} \min \left\{ \frac{\alpha_1 \rho \varepsilon}{\alpha_2 \rho \varepsilon + 1}, \frac{\eta \rho g_{s1} g_{r1} (g_{sr} - \varepsilon)}{\eta \alpha_1 g_{r1} (g_{sr} - \varepsilon) + \alpha_2 g_{s1}} \right\}, & g_{sr} > \varepsilon \\ \frac{\alpha_1 \rho g_{s1}}{\alpha_2 \rho g_{s1} + 1}, & g_{sr} \leq \varepsilon \end{cases}$$

[0104]

[0105] [수학식 16]

$$\gamma_2 = \begin{cases} \min \left\{ \alpha_2 \rho \varepsilon, \frac{\eta \rho g_{s2} g_{r2} (g_{sr} - \varepsilon)}{\eta \alpha_2 g_{r2} (g_{sr} - \varepsilon) + \alpha_1 g_{s2}} \right\}, & g_{sr} > \varepsilon \\ \alpha_2 \rho g_{s2}, & g_{sr} \leq \varepsilon \text{ and } g_{s2} \geq \varepsilon_1, \\ 0, & g_{sr} \leq \varepsilon \text{ and } g_{s2} < \varepsilon_1 \end{cases}$$

[0106]

[0107] CNOMA 시스템에서 CDRT-SWIPT의 성능을 검증하기 위한 시뮬레이션 파라미터는 아래의 표 1과 같을 수 있다.

표 1

No.	Parameter	Value
1	Carrier frequency	868 MHz
2	Fixed R_1 and R_2	0.5 bps/Hz and 1.2 bps/Hz
3	Fixed α_1 and α_2	0.8 and 0.2
4	$\mathcal{L}_0$ at $d_0 = 1$ m	-30 dB
5	Shape factors $m_{s1} = m_{s2}$	2
6	Distances d_{s1} and d_{s2}	25 m and 22 m
7	Path loss exponent φ	2.5
8	Transmit antenna gain	1 dB
9	Receiver antenna gain	0 dB
10	Noise power σ^2	-84 dBm
11	Energy coefficient η	0.4

[0108]

[0110] 도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 소스 장치에서의 전송 전력관련 아웃티지 확률을 나타내고, 도 8은 목표 데이터 속도관련 아웃티지 확률을 나타낼 수 있다.

[0111] 도 7 및 도 8은 위의 표 1에 제시된 시뮬레이션 파라미터를 기반으로 시뮬레이션을 수행한 결과로서, 아웃티지 성능(outage performance)를 검증하기 위한 그래프를 나타낼 수 있다.

[0112]

시뮬레이션에서, 채널 h_j 의 경로 손실(path loss)은 $L_j = \frac{A_j L_0 L_s}{(d_j/d_0)^\varphi}$ 로 설정되고, d_0 와 d_j 는 각각 기준 거리 및 채널 h_j 와 관련된 거리를 나타낼 수 있다. φ 는 손실 지수를 나타내고, A_j 는 채널 h_j 의 안테나 이득을 나타내고, L_0 는 기준 거리 d_0 에서 측정된 경로 손실을 나타내고, $L_s=1$ 은 LoS(line of Sight)로 인한 섀도잉 감쇄(shadowing attenuation)를 나타낼 수 있다. 노드들 간의 거리는 $d_{sr}=5\text{m}$, $d_{s1}=25\text{m}$, $d_{s2}=22\text{m}$, $d_{r1}=18\text{m}$, and $d_{r2}=15\text{m}$ 로 설정될 수 있다. 아웃티지 성능 비교를 위해, 위의 비특허 문헌 [5]Z. Yang, Z. Ding, P. Fan, and N. Al-Dhahir, "The impact of power allocation on cooperative non-orthogonal multiple access networks with SWIPT," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 16, no. 7, pp. 4332-4343, July 2017.에 제시된 직접 링크없는 D-DF(decode and forward) 방식(scheme)에 의한 아웃티지 성능이 이용될 수 있다. 도 7에서, 두 시나리오 (scenario $S_1 := \{m_{sr}=3, m_{r1}=2, m_{r2}=3\}$ scenario $S_2 := \{m_{sr}=4, m_{r1}=3, m_{r2}=4\}$)를 대상으로, 중계 채널에 대해 서로 다른 나카가미 m-형상 팩터(Nakagami-m shape factors)를 가지는 것으로 설정할 수 있다.

[0113]

도 7에 따르면, CDRT-SWIPT는 D-DF보다 U_1 및 U_2 둘 다에서 훨씬 적은 아웃티지 확률을 가짐을 확인할 수 있다. 도 7을 참조하면, 10^{-2} 아웃티지 확률에서, CDRT-SWIPT는 시나리오 S2에서의 D-DF보다 사용자 단말 1(U_1)과 관련하여 약 9dB 전송 전력 이득을 달성함을 확인할 수 있다. 또한, CDRT-SWIPT는 사용자 단말 U_2 와 관련하여, D-DF에 의해 달성되는 사용자 단말 1 U_1 에 비해 비교할만한 아웃티지 확률을 얻음을 확인할 수 있다. 즉, 도 7에 따르면 CDRT-SWIPT를 이용하는 경우, 소스(예컨대, 기지국)로부터 사용자 단말 1 U_1 및 사용자 단말 2 U_2 까지의 직접링크를 이용하는 것이 이익임을 확인할 수 있다. 이는 직접 링크가 없는 상호 협력적 OMA DF 중계보다 더 좋은 아웃티지 성능을 갖는 D-DF 방식이 보다 우수한데, CDRT-SWIPT는 D-DF 방식보다 우수한 아웃티지 확률을

보인다는 점에서 의미가 있다.

[0114] 도 8에서는 아웃티지 확률에서의 목표 데이터 속도(target rate)의 효과를 비교하고자 한다. 도 8에서, $P_s = 40 \text{ dBm}$ 와 $R_1 = 0.4R_2$ 로 설정할 수 있다. R_1 과 R_2 가 증가하는 경우, CDRT-SWIPT 방식과 D-DF 방식 간 아웃티지 성능이 더 확연한 차이가 있음이 비교될 수 있다. 사용자 단말 1 U_1 을 대상으로, CDRT-SWIPT에 의해 달성 가능한 아웃티지 확률이 목표 데이터 속도(target rate)가 증가함에 따라 먼저 증가하고, 목표 데이터 속도(target rate)가 큰 값에 도달할 때 1로 점프하는 것을 확인할 수 있다. 이때, 아웃티지 확률이 1로 점프하기 전에, CDRT-SWIPT는 넓은 범위의 목표 데이터 속도(target rate) R_2 에 대해 D-DF 방식보다 훨씬 낮은 아웃티지 확률을 달성함을 확인할 수 있다.

[0115] 이처럼, 협력적 비직교 다중접속 시스템에서 동시 무선 정보 전송 및 전력 공급을 위한 협력적 직접 전송 및 중계 전송 방법은 직접 링크와 에너지 하베스팅을 위한 중계 링크들을 통해 직교 전송 브랜치(branch)를 형성함으로써, 각 사용자 단말이 간단한 선형 결합을 통해 원하는 신호를 복원할 수 있으며, 결국, CDRT-SWIPT 방식은 직접 링크가 없는 D-DF 방식에 비해 탁월한 아웃티지 성능을 달성할 수 있다.

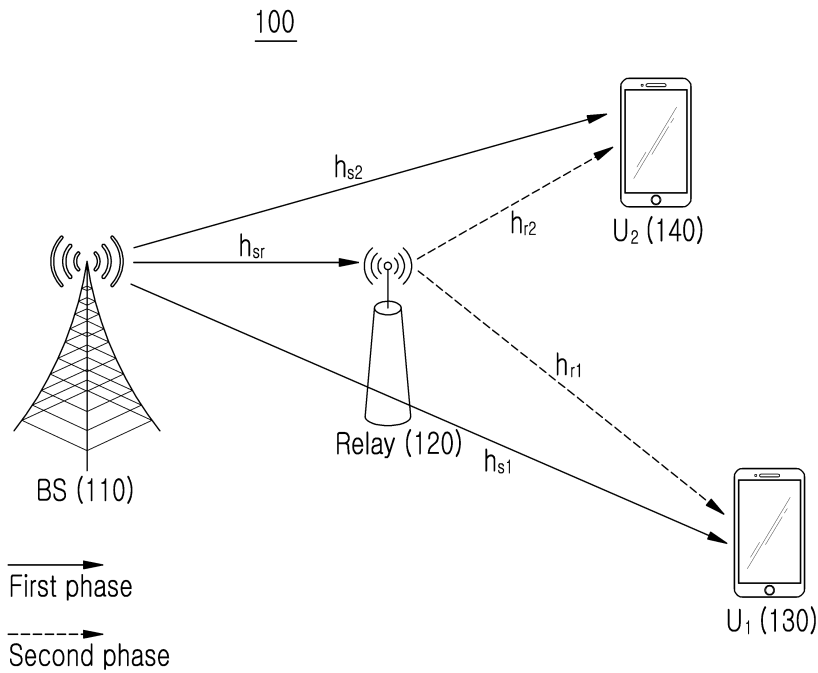
[0116] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic 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.

[0117] 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.

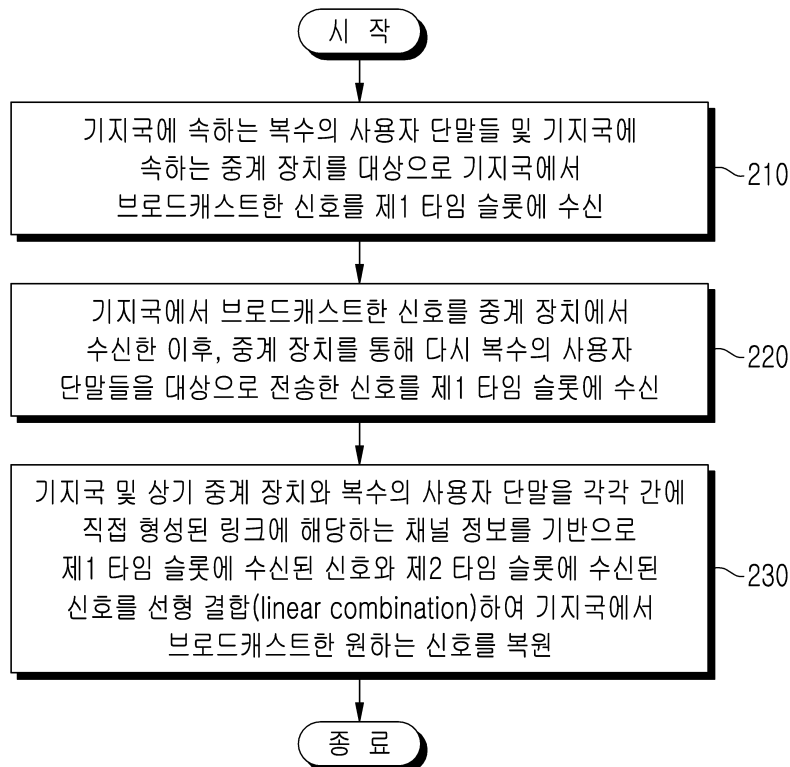
[0118] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

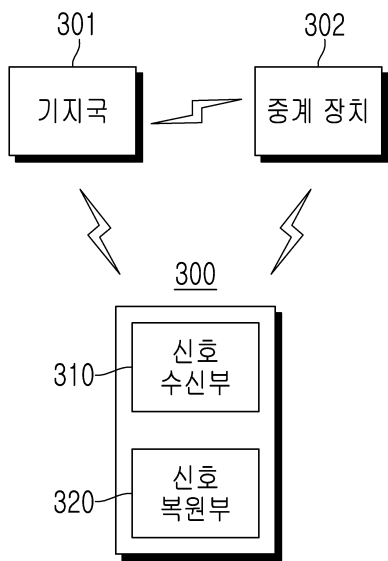
도면1



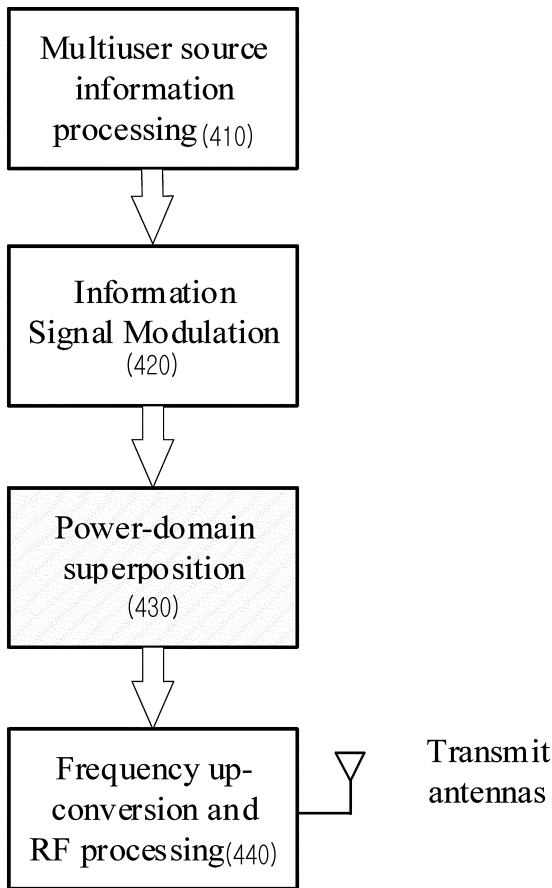
도면2

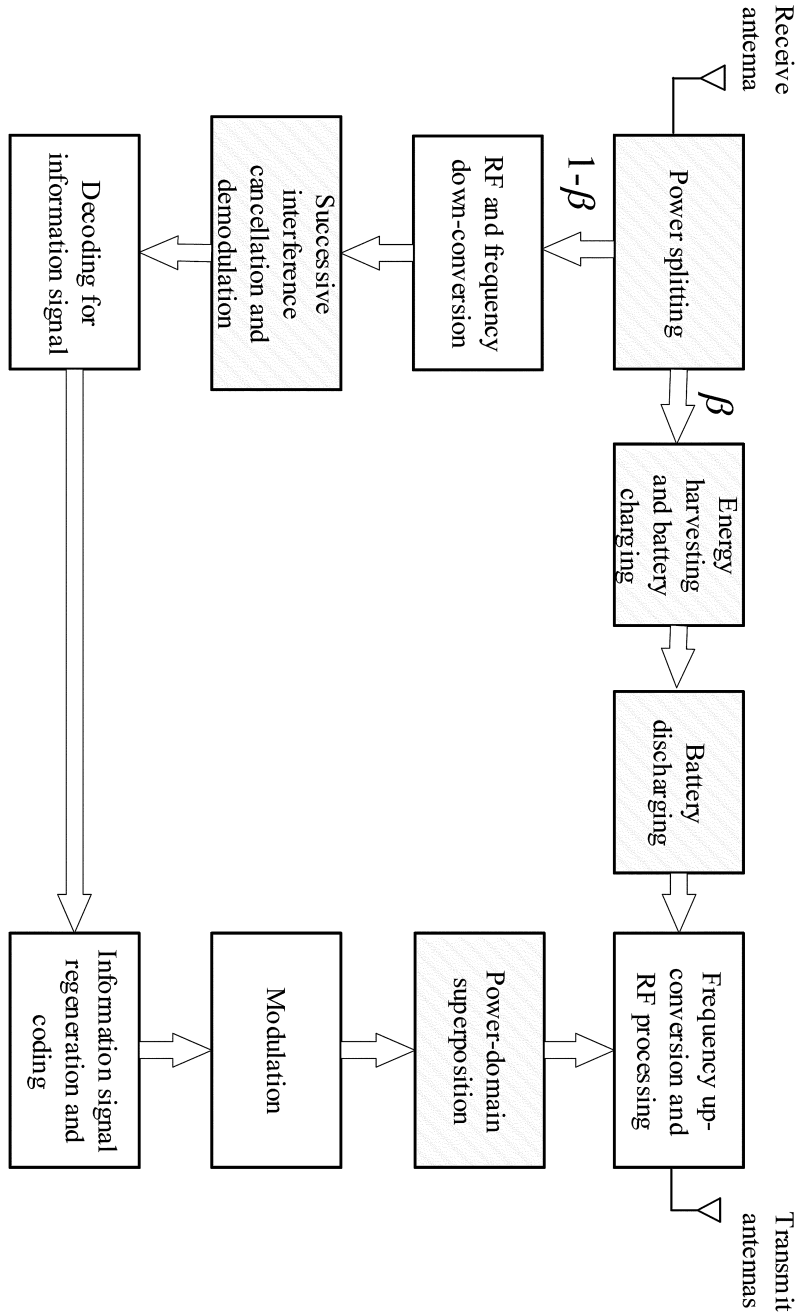


도면3



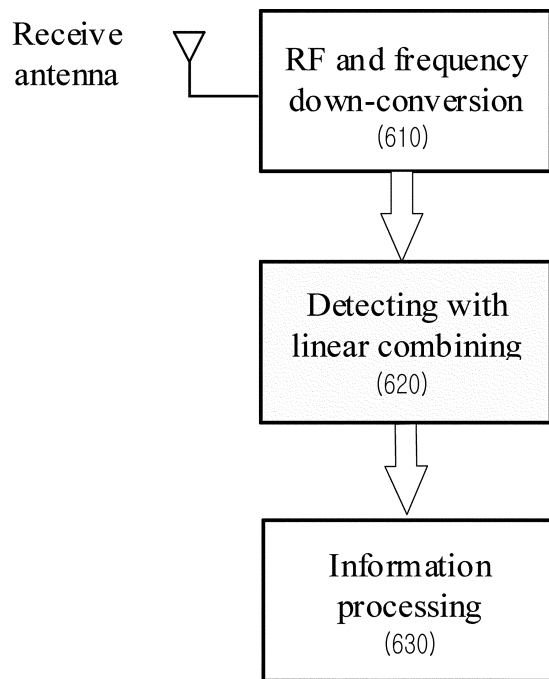
도면4



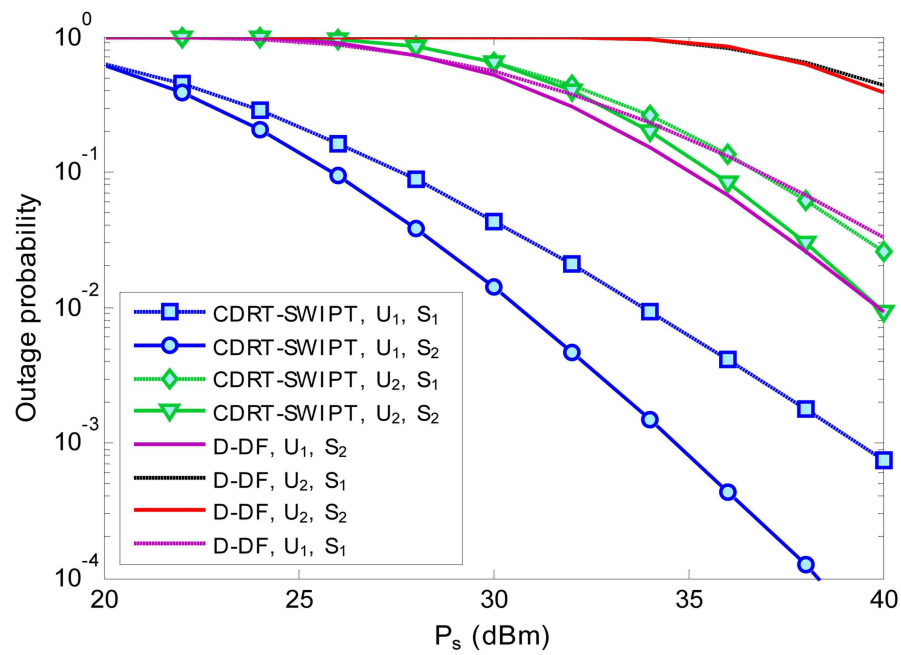


도면5

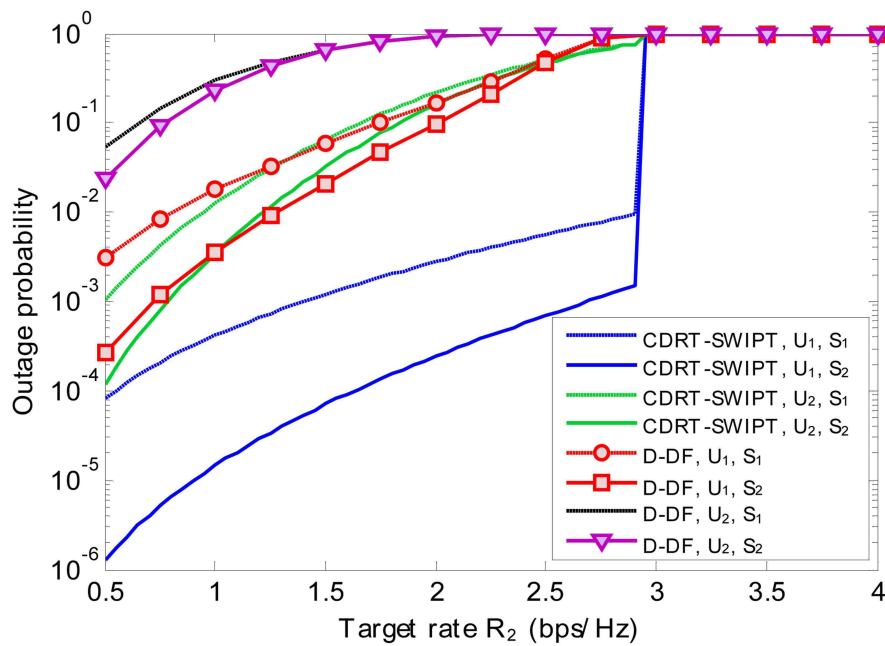
도면6



도면7



도면8



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항6

【변경전】

제1 타입 슬롯

【변경후】

제1 타입 슬롯

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항1

【변경전】

제1 타입 슬롯

【변경후】

제1 타입 슬롯