



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0146501
(43) 공개일자 2016년12월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 72/04 (2009.01) H04B 7/04 (2006.01)
H04L 5/00 (2006.01) H04W 88/08 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 72/046 (2013.01)
H04B 7/0408 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0005273
(22) 출원일자 2016년01월15일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
62/173,966 2015년06월11일 미국(US)

(71) 출원인
엘지전자 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
김희진
서울특별시 서초구 양재대로11길 19 LG전자 특허센터
김광순
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제2공학관 631호
디지털통신연구실(신촌동, 연세대학교)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김용인, 방해철

전체 청구항 수 : 총 15 항

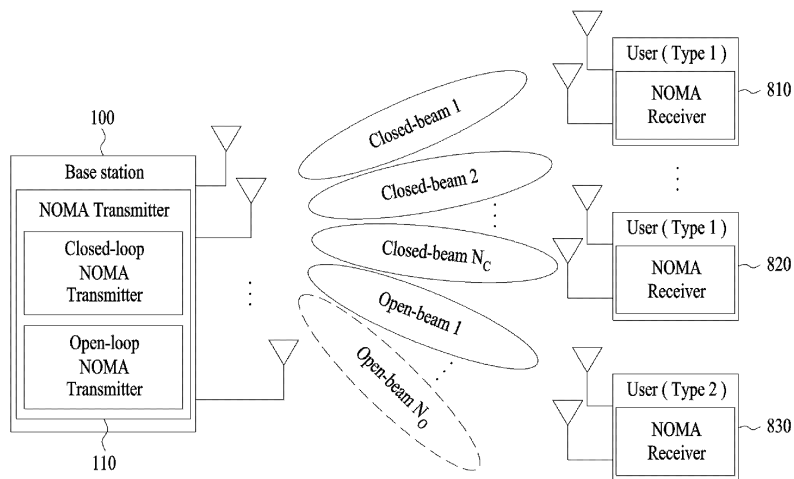
(54) 발명의 명칭 무선 통신 시스템에서 비직교다중접속을 위한 다중 사용자 선택 및 자원 할당 방법 및 장치

(57) 요약

본 출원에서는 다중 안테나를 사용하는 무선 통신 시스템에서 자원을 할당하는 방법을 제공한다. 이때, 자원을 할당하는 방법은 복수의 단말에 대한 타입 정보에 기초하여 제 1 타입 단말들로 참조 신호(Reference Signal)를 송신하는 단계, 참조 신호를 수신 받은 제 1 타입 단말들로부터 채널 추정 정보를 수신하는 단계, 수신된 채널 추정 정보에 기초하여 빔들을 생성하는 단계, 및 생성된 빔들에 대한 자원을 할당하는 단계를 포함할 수 있다.

이때, 빔들에 대한 자원이 할당되는 경우, 제 1 타입 단말들에 대한 제 1 타입 빔들이 먼저 생성되어 할당되고, 생성된 제 1 타입 빔들에 기초하여 제 2 타입 단말에 대한 제 2 타입 빔들이 비직교적(non-orthogonal)으로 생성되어 할당될 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

H04B 7/0417 (2013.01)

H04B 7/0452 (2013.01)

H04L 5/0012 (2013.01)

H04L 5/0023 (2013.01)

H04W 72/048 (2013.01)

H04W 88/08 (2013.01)

(72) 발명자

최경준

서울특별시 서대문구 연세로 50, 제2공학관 631호
디지털통신연구실(신촌동, 연세대학교)

강지원

서울특별시 서초구 양재대로11길 19 LG전자 특허센터

명세서

청구범위

청구항 1

다중 안테나를 사용하는 무선 통신 시스템에서 자원을 할당하는 방법에 있어서,

복수의 단말에 대한 타입 정보에 기초하여 제 1 타입 단말들로 참조 신호(Reference Signal)을 송신하는 단계;

상기 참조 신호를 수신 받은 상기 제 1 타입 단말들로부터 채널 추정 정보를 수신하는 단계;

상기 수신된 채널 추정 정보에 기초하여 빔들(beams)을 생성하는 단계; 및

상기 생성된 빔들에 대한 자원을 할당하는 단계;를 포함하되,

상기 빔들에 대한 자원을 할당하는 경우, 상기 제 1 타입 단말들에 대한 제 1 타입 빔들이 먼저 생성되어 할당되고, 상기 생성된 제 1 타입 빔들에 기초하여 제 2 타입 단말에 대한 제 2 타입 빔들이 비직교적(non-orthogonal)으로 생성되어 할당되는, 자원 할당 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 타입 빔들 및 상기 제 2 타입 빔들은 하나의 자원 영역에서 비직교적으로 함께 할당되는, 자원 할당 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 하나의 자원 영역은 상기 다중 안테나에 기초하여 상기 제 1 타입 빔을 N_c 개 포함하는 제 1 공간(space) 및 상기 제 2 타입 빔을 N_o 개 포함하는 제 2 공간(space)으로 나누어지는, 자원 할당 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제 2 공간은 상기 제 1 공간이 생성된 후, 상기 생성된 제 1 공간에 기초하여 생성되는, 자원 할당 방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 제 2 공간은 빔 코드북(beam codebook)에 기초하여 나누어지는, 자원 할당 방법.

청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 제 2 공간에 포함된 상기 N_o 개의 제 2 타입 빔들은 호핑(hopping) 패턴에 기초하여 송신되는, 자원 할당 방법.

청구항 7

제 3 항에 있어서,

상기 제 2 공간에 포함된 상기 N_o 개의 제 2 타입 빔은 스프레딩(spreading) 패턴에 기초하여 송신되는, 자원 할당 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 타입 빔은 Closed-loop beam이고, 상기 제 2 타입 빔은 Open-loop beam인, 자원 할당 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 타입 단말은 휴먼 타입(Human type) 단말이고, 상기 제 2 타입 단말은 머신 타입(machine type) 단말인, 자원 할당 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 단말로부터 각각의 단말에 대한 타입 정보를 수신하는 단계;를 더 포함하는, 자원 할당 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 단말에 대한 타입 정보는 물리상향링크공유채널(Physical uplink shared channel, PUSCH)에 포함되어 수신되는, 자원 할당 방법.

청구항 12

다중 안테나를 사용하는 무선 통신 시스템에서 자원을 할당하는 기지국에 있어서,

외부 디바이스로부터 인포메이션을 수신하는 수신 모듈;

외부 디바이스로부터 인포메이션을 송신하는 송신 모듈; 및

상기 수신 모듈 및 상기 송신 모듈을 제어하는 프로세서;로서,

상기 프로세서는,

상기 송신 모듈을 이용하여 복수의 단말에 대한 타입 정보에 기초하여 제 1 타입 단말들로 참조 신호(Reference Signal)을 송신하고,

상기 수신 모듈을 이용하여 상기 참조 신호를 수신 받은 상기 제 1 타입 단말들로부터 채널 추정 정보를 수신하고,

상기 수신된 채널 추정 정보에 기초하여 빔들(beams)을 생성하고,

상기 생성된 빔들에 대한 자원을 할당하되,

상기 빔들에 대한 자원이 할당되는 경우, 상기 제 1 타입 단말들에 대한 제 1 타입 빔들이 먼저 생성되어 할당되고, 상기 생성된 제 1 타입 빔들에 기초하여 제 2 타입 단말에 대한 제 2 타입 빔들이 비직교적(non-orthogonal)으로 생성되어 할당되는, 기지국 장치.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 제 1 타입 빔들 및 상기 제 2 타입 2 빔들은 하나의 자원 영역에서 비직교적으로 함께 할당되는, 기지국 장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 하나의 자원 영역은 상기 다중 안테나에 기초하여 상기 제 1 타입 빔을 N_c 개 포함하는 제 1 공간(space) 및 상기 제 2 타입 빔을 N_o 개 포함하는 제 2 공간(space)으로 나누어지는, 기지국 장치.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 제 2 공간은 상기 제 1 공간이 생성된 후, 상기 생성된 제 1 공간에 기초하여 생성되는, 기지국 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 무선 통신 시스템에 대한 것으로, 다중 안테나를 가진 기지국에서 비직교다중접속(Non-Orthogonal Multiple Access, NOMA)에 기초하여 신호를 송수신 방법 및 자원 할당 방법에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템의 일례로서 3GPP LTE (3rd Generation Partnership Project Long Term Evolution; 이하 "LTE"라 함) 통신 시스템에 대해 개략적으로 설명한다.

[0003] 도 1은 무선 통신 시스템의 일례로서 E-UMTS 망구조를 개략적으로 도시한 도면이다. E-UMTS(Evolved Universal Mobile Telecommunications System) 시스템은 기존 UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)에서 진화한 시스템으로서, 현재 3GPP에서 기초적인 표준화 작업을 진행하고 있다. 일반적으로 E-UMTS는 LTE(Long Term Evolution) 시스템이라고 할 수도 있다. UMTS 및 E-UMTS의 기술 규격(technical specification)의 상세한 내용은 각각 "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network"를 참조할 수 있다.

[0004] 도 1을 참조하면, E-UMTS는 단말(User Equipment; UE)과 기지국(eNode B; eNB, 네트워크(E-UTRAN)의 종단에 위치하여 외부 네트워크와 연결되는 접속 게이트웨이(Access Gateway; AG)를 포함한다. 기지국은 브로드캐스트 서비스, 멀티캐스트 서비스 및/또는 유니캐스트 서비스를 위해 다중 데이터 스트림을 동시에 전송할 수 있다.

[0005] 한 기지국에는 하나 이상의 셀이 존재한다. 셀은 1.25, 2.5, 5, 10, 15, 20Mhz 등의 대역폭 중 하나로 설정돼 여러 단말에게 하향 또는 상향 전송 서비스를 제공한다. 서로 다른 셀은 서로 다른 대역폭을 제공하도록 설정될 수 있다. 기지국은 다수의 단말에 대한 데이터 송수신을 제어한다. 하향링크(Downlink; DL) 데이터에 대해 기지국은 하향링크 스케줄링 정보를 전송하여 해당 단말에게 데이터가 전송될 시간/주파수 영역, 부호화, 데이터 크기, HARQ(Hybrid Automatic Repeat and reQuest) 관련 정보 등을 알려준다. 또한, 상향링크(Uplink; UL) 데이터에 대해 기지국은 상향링크 스케줄링 정보를 해당 단말에게 전송하여 해당 단말이 사용할 수 있는 시간/주파수 영역, 부호화, 데이터 크기, HARQ 관련 정보 등을 알려준다. 기지국간에는 사용자 트래픽 또는 제어 트래픽 전송을 위한 인터페이스가 사용될 수 있다. 핵심망(Core Network; CN)은 AG와 단말의 사용자 등록 등을 위한 네트워크 노드 등으로 구성될 수 있다. AG는 복수의 셀들로 구성되는 TA(Tracking Area) 단위로 단말의 이동성을 관리한다.

[0006] 무선 통신 기술은 WCDMA를 기반으로 LTE까지 개발되어 왔지만, 사용자와 사업자의 요구와 기대는 지속적으로 증가하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 명세서는 무선 통신 시스템에서 다중 안테나를 가진 기지국에서 NOMA에 기초하여 신호를 송수신하는 방법 및 그 장치를 제공하는데 목적을 가지고 있다.

[0008] 본 명세서는 무선 통신 시스템에서 다중 안테나를 가진 기지국에서 NOMA에 기초하여 자원을 할당하는 방법 및 그 장치를 제공하는데 목적을 가지고 있다.

[0009] 본 명세서는 무선 통신 시스템에서 Closed-loop MIMO(Multi Input Multi Output) 및 Open-loop MIMO에 기초하여 신호를 송수신하는 방법 및 그 장치를 제공하는데 목적을 가지고 있다.

[0010] 본 명세서는 무선 통신 시스템에서 단말의 타입에 기초하여 신호를 송수신하는 방법 및 그 장치를 제공하는데 목적을 가지고 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 명세서의 일 실시예에 따라, 다중 안테나를 사용하는 무선 통신 시스템에서 자원을 할당하는 방법을 포함할 수 있다. 이때, 자원을 할당하는 방법은 복수의 단말에 대한 타입 정보에 기초하여 제 1 타입 단말들로 참조 신호(Reference Signal)을 송신하는 단계, 참조 신호를 수신 받은 제 1 타입 단말들로부터 채널 추정 정보를 수신하는 단계, 수신된 채널 추정 정보에 기초하여 빔들(beams)을 생성하는 단계 및 생성된 빔들에 대한 자원을 할당하는 단계를 포함할 수 있다. 이때, 빔들에 대한 자원이 할당되는 경우, 제 1 타입 단말들에 대한 제 1 타입 빔들이 먼저 생성되어 할당되고, 생성된 제 1 타입 빔들에 기초하여 제 2 타입 단말에 대한 제 2 타입 빔들이 비직교적(non-orthogonal)으로 생성되어 할당될 수 있다.
- [0012] 또한, 본 명세서의 일 실시예에 따라, 다중 안테나를 사용하는 무선 통신 시스템에서 자원을 할당하는 기지국을 포함할 수 있다. 이때, 기지국은 외부 디바이스로부터 인포메이션을 수신하는 수신 모듈, 외부 디바이스로부터 인포메이션을 송신하는 송신 모듈 및 수신 모듈 및 송신 모듈을 제어하는 프로세서를 포함할 수 있다. 이때, 프로세서는 송신 모듈을 이용하여 복수의 단말에 대한 타입 정보에 기초하여 제 1 타입 단말들로 참조 신호(Reference Signal)을 송신하고, 수신 모듈을 이용하여 참조 신호를 수신 받은 제 1 타입 단말들로부터 채널 추정 정보를 수신하고, 수신된 채널 추정 정보에 기초하여 빔들(beams)을 생성하고, 생성된 빔들에 대한 자원을 할당하되, 빔들에 대한 자원이 할당되는 경우, 제 1 타입 단말들에 대한 제 1 타입 빔들이 먼저 생성되어 할당되고, 생성된 제 1 타입 빔들에 기초하여 제 2 타입 단말에 대한 제 2 타입 빔들이 비직교적(non-orthogonal)으로 생성되어 할당될 수 있다.
- [0013] 또한, 무선 통신 시스템에서 자원을 할당하는 방법 및 기지국 장치에 대해서 다음 사항들은 공통으로 적용될 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 따라, 제 1 타입 빔 및 제 2 타입 2 빔들은 하나의 자원 영역에서 비직교적으로 함께 할당될 수 있다. 이때, 하나의 자원 영역은 다중 안테나에 기초하여 제 1 타입 빔을 N_c 개 포함하는 제 1 공간(space) 및 제 2 타입 빔을 N_o 개 포함하는 제 2 공간(space)으로 나누어질 수 있다.
- [0015] 이때, 본 발명의 일 실시예에 따라, 제 2 공간은 제 1 공간이 생성된 후, 생성된 제 1 공간에 기초하여 생성될 수 있다.
- [0016] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따라, 제 2 공간은 빔 코드북(beam codebook)에 기초하여 나누어질 수 있다.
- [0017] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따라, 제 2 공간에 포함된 N_o 개의 제 2 타입 빔들은 호핑(hopping) 패턴에 기초하여 송신될 수 있다.
- [0018] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따라, 제 2 공간에 포함된 N_o 개의 제 2 타입 빔은 스프레딩(spreading) 패턴에 기초하여 송신될 수 있다.
- [0019] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따라, 제 1 타입 빔은 Closed-loop beam이고, 제 2 타입 빔은 Open-loop beam일 수 있다.
- [0020] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따라, 제 1 타입 단말은 휴먼 타입(Human type) 단말이고, 제 2 타입 단말은 머신 타입(machine type) 단말일 수 있다.
- [0021] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따라, 복수의 단말로부터 각각의 단말에 대한 타입 정보를 수신할 수 있다. 이때, 단말에 대한 타입 정보는 물리상향링크공유채널(Physical uplink shared channel, PUSCH)에 포함되어 수신될 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 본 명세서는 무선 통신 시스템에서 다중 안테나를 가진 기지국에서 NOMA에 기초하여 신호를 송수신하는 방법 및 그 장치를 제공할 수 있다.
- [0023] 본 명세서는 무선 통신 시스템에서 다중 안테나를 가진 기지국에서 NOMA에 기초하여 자원을 할당하는 방법 및 그 장치를 제공할 수 있다.
- [0024] 본 명세서는 무선 통신 시스템에서 Closed-loop MIMO(Multi Input Multi Output) 및 Open-loop MIMO에 기초하여 신호를 송수신하는 방법 및 그 장치를 제공할 수 있다.
- [0025] 본 명세서는 무선 통신 시스템에서 단말의 타입에 기초하여 신호를 송수신하는 방법 및 그 장치를 제공할 수 있다.

[0026] 본 명세서에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 무선 통신 시스템의 일례로서 E-UMTS 망구조를 개략적으로 도시한 도면이다.
- 도 2는 무선 프레임의 구조에 대하여 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 하향링크 슬롯에서의 자원 그리드(resource grid)를 나타내는 도면이다.
- 도 4는 하향링크 서브프레임의 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 5는 상향링크 서브프레임의 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 6은 다중안테나를 갖는 무선 통신 시스템의 구성도이다.
- 도 7은 NOMA 방식으로 자원이 할당되는 방법을 나타낸 도면이다.
- 도 8은 단말에 타입에 따라 빔들을 생성하는 방법을 나타낸 도면이다.
- 도 9는 단말을 두 개의 타입으로 나눈 것을 나타낸 도면이다.
- 도 10은 두 개의 타입에 따른 자원 블록(Resource Block, RB)을 나타낸 도면이다.
- 도 11은 Open-loop 빔 코드북(beam codebook)을 나타낸 도면이다.
- 도 12는 Open-loop 빔 선택 방식을 나타낸 도면이다.
- 도 13은 Open-loop 빔 선택 방식에 대한 일 예를 나타낸 도면이다.
- 도 14는 본 명세서의 일 실시예에 따른 순서도를 도시한 도면이다.
- 도 15는 본 명세서의 일 실시예에 따른 순서도를 도시한 도면이다.
- 도 16은 본 명세서의 일 실시예에 따라 기지국 장치 및 단말 장치의 블록도를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 이하의 실시예들은 본 발명의 구성요소들과 특징들을 소정 형태로 결합한 것들이다. 각 구성요소 또는 특징은 별도의 명시적 언급이 없는 한 선택적인 것으로 고려될 수 있다. 각 구성요소 또는 특징은 다른 구성요소나 특징과 결합되지 않은 형태로 실시될 수 있다. 또한, 일부 구성요소들 및/또는 특징들을 결합하여 본 발명의 실시예를 구성할 수도 있다. 본 발명의 실시예들에서 설명되는 동작들의 순서는 변경될 수 있다. 어느 실시예의 일부 구성이나 특징은 다른 실시예에 포함될 수 있고, 또는 다른 실시예의 대응하는 구성 또는 특징과 교체될 수 있다.
- [0029] 본 명세서에서 본 발명의 실시예들을 기지국과 단말 간의 데이터 송신 및 수신에 중점을 두고 설명한다. 여기서, 기지국은 단말과 직접적으로 통신을 수행하는 네트워크의 종단 노드(terminal node)로서의 의미를 갖는다. 본 문서에서 기지국에 의해 수행되는 것으로 설명된 특정 동작은 경우에 따라서는 기지국의 상위 노드(upper node)에 의해 수행될 수도 있다.
- [0030] 즉, 기지국을 포함하는 다수의 네트워크 노드들(network nodes)로 이루어지는 네트워크에서 단말과의 통신을 위해 수행되는 다양한 동작들은 기지국 또는 기지국 이외의 다른 네트워크 노드들에 의해 수행될 수 있음은 자명하다. '기지국(BS: Base Station)'은 고정국(fixed station), Node B, eNode B(eNB), 액세스 포인트(AP: Access Point) 등의 용어에 의해 대체될 수 있다. 중계기는 Relay Node(RN), Relay Station(RS) 등의 용어에 의해 대체될 수 있다. 또한, '단말(Terminal)'은 UE(User Equipment), MS(Mobile Station), MSS(Mobile Subscriber Station), SS(Subscriber Station) 등의 용어로 대체될 수 있다.
- [0031] 이하의 설명에서 사용되는 특정 용어들은 본 발명의 이해를 돕기 위해서 제공된 것이며, 이러한 특정 용어의 사용은 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위에서 다른 형태로 변경될 수 있다.
- [0032] 몇몇 경우, 본 발명의 개념이 모호해지는 것을 피하기 위하여 공지의 구조 및 장치는 생략되거나, 각 구조 및

장치의 핵심기능을 중심으로 한 블록도 형식으로 도시될 수 있다. 또한, 본 명세서 전체에서 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용하여 설명한다.

- [0033] 본 발명의 실시예들은 무선 접속 시스템들인 IEEE 802 시스템, 3GPP 시스템, 3GPP LTE 및 LTE-A(LTE-Advanced)시스템 및 3GPP2 시스템 중 적어도 하나에 개시된 표준 문서들에 의해 뒷받침될 수 있다. 즉, 본 발명의 실시예들 중 본 발명의 기술적 사상을 명확히 드러내기 위해 설명하지 않은 단계들 또는 부분들은 상기 문서들에 의해 뒷받침될 수 있다. 또한, 본 문서에서 개시하고 있는 모든 용어들은 상기 표준 문서에 의해 설명될 수 있다.
- [0034] 이하의 기술은 CDMA(Code Division Multiple Access), FDMA(Frequency Division Multiple Access), TDMA(Time Division Multiple Access), OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access), SC-FDMA(Single Carrier Frequency Division Multiple Access) 등과 같은 다양한 무선 접속 시스템에 사용될 수 있다. CDMA는 UTRA(Universal Terrestrial Radio Access)나 CDMA2000과 같은 무선 기술(radio technology)로 구현될 수 있다. TDMA는 GSM(Global System for Mobile communications)/GPRS(General Packet Radio Service)/EDGE(Enhanced Data Rates for GSM Evolution)와 같은 무선 기술로 구현될 수 있다. OFDMA는 IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802-20, E-UTRA(Evolved UTRA) 등과 같은 무선 기술로 구현될 수 있다. UTRA는 UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)의 일부이다. 3GPP(3rd Generation Partnership Project) LTE(long term evolution)는 E-UTRA를 사용하는 E-UMTS(Evolved UMTS)의 일부로써, 하향링크에서 OFDMA를 채용하고 상향링크에서 SC-FDMA를 채용한다. LTE-A(Advanced)는 3GPP LTE의 진화이다. WiMAX는 IEEE 802.16e 규격(WirelessMAN-OFDMA Reference System) 및 발전된 IEEE 802.16m 규격(WirelessMAN-OFDMA Advanced system)에 의하여 설명될 수 있다. 명확성을 위하여 이하에서는 3GPP LTE 및 3GPP LTE-A 시스템을 위주로 설명하지만 본 발명의 기술적 사상이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0035] 도 2는 무선 프레임의 구조에 대하여 설명하기 위한 도면이다.
- [0036] 셀룰라 OFDM 무선 패킷 통신 시스템에서, 상/하향링크 데이터 패킷 전송은 서브프레임(subframe) 단위로 이루어지며, 한 서브프레임은 다수의 OFDM 심볼을 포함하는 일정 시간 구간으로 정의된다. 3GPP LTE 표준에서는 FDD(Frequency Division Duplex)에 적용 가능한 타입 1 무선 프레임(radio frame) 구조와 TDD(Time Division Duplex)에 적용 가능한 타입 2의 무선 프레임 구조를 지원한다.
- [0037] 도 2(a)는 타입 1 무선 프레임의 구조를 나타내는 도면이다. 하향링크 무선 프레임(radio frame)은 10개의 서브프레임(subframe)으로 구성되고, 하나의 서브프레임은 시간 영역(time domain)에서 2개의 슬롯(slot)으로 구성된다. 하나의 서브프레임이 전송되는 데 걸리는 시간을 TTI(transmission time interval)이라 하고, 예를 들어 하나의 서브프레임의 길이는 1ms이고, 하나의 슬롯의 길이는 0.5ms 일 수 있다. 하나의 슬롯은 시간 영역에서 복수의 OFDM 심볼을 포함하고, 주파수 영역에서 다수의 자원블록(Resource Block; RB)을 포함한다. 3GPP LTE 시스템에서는 하향링크에서 OFDMA를 사용하므로, OFDM 심볼이 하나의 심볼 구간을 나타낸다. OFDM 심볼은 또한 SC-FDMA 심볼 또는 심볼 구간으로 칭하여질 수도 있다. 자원 블록(Resource Block; RB)은 자원 할당 단위이고, 하나의 슬롯에서 복수개의 연속적인 부반송파(subcarrier)를 포함할 수 있다.
- [0038] 하나의 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 CP(Cyclic Prefix)의 구성(configuration)에 따라 달라질 수 있다. CP에는 확장된 CP(extended CP)와 일반 CP(normal CP)가 있다. 예를 들어, OFDM 심볼이 일반 CP에 의해 구성된 경우, 하나의 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 7개일 수 있다. OFDM 심볼이 확장된 CP에 의해 구성된 경우에는 하나의 OFDM 심볼의 길이가 늘어나므로, 하나의 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 일반 CP인 경우보다 적다. 확장된 CP의 경우에, 예를 들어, 하나의 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 6개일 수 있다. 단말이 빠른 속도로 이동하는 등의 경우와 같이 채널상태가 불안정한 경우, 심볼간 간섭을 더욱 줄이기 위해 확장된 CP가 사용될 수 있다.
- [0039] 일반 CP가 사용되는 경우 하나의 슬롯은 7개의 OFDM 심볼을 포함하므로, 하나의 서브프레임은 14개의 OFDM 심볼을 포함한다. 이때, 각 서브프레임의 처음 2개 또는 3개의 OFDM 심볼은 PDCCH(physical downlink control channel)에 할당되고, 나머지 OFDM 심볼은 PDSCH(physical downlink shared channel)에 할당될 수 있다.
- [0040] 도 2(b)는 타입 2 무선 프레임의 구조를 나타내는 도면이다. 타입 2 무선 프레임은 2개의 하프 프레임(half frame)으로 구성되며, 각 하프 프레임은 5개의 서브프레임과 DwPTS (Downlink Pilot Time Slot), 보호구간(Guard Period; GP), UpPTS (Uplink Pilot Time Slot)로 구성되며, 이 중 1개의 서브프레임은 2개의 슬롯으로 구성된다. DwPTS는 단말에서의 초기 셀 탐색, 동기화 또는 채널 추정에 사용된다. UpPTS는 기지국에서의 채널

추정과 단말의 상향 전송 동기를 맞추는 데 사용된다. 보호구간은 상향링크와 하향링크 사이에 하향링크 신호의 다중경로 지연으로 인해 상향링크에서 생기는 간섭을 제거하기 위한 구간이다. 한편, 무선 프레임의 타입에 관계 없이 1개의 서브프레임은 2개의 슬롯으로 구성된다.

- [0041] 무선 프레임의 구조는 예시에 불과하고, 무선 프레임에 포함되는 서브프레임의 수 또는 서브프레임에 포함되는 슬롯의 수, 슬롯에 포함되는 심볼의 수는 다양하게 변경될 수 있다.
- [0042] 도 3은 하향링크 슬롯에서의 자원 그리드(resource grid)를 나타내는 도면이다.
- [0043] 하나의 하향링크 슬롯은 시간 영역에서 7 개의 OFDM 심볼을 포함하고, 하나의 자원블록(RB)은 주파수 영역에서 12 개의 부반송파를 포함하는 것으로 도시되어 있지만, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 일반 CP(Cyclic Prefix)의 경우에는 하나의 슬롯이 7 OFDM 심볼을 포함하지만, 확장된 CP(extended-CP)의 경우에는 하나의 슬롯이 6 OFDM 심볼을 포함할 수 있다. 자원 그리드 상의 각각의 요소는 자원 요소(resource element)라 한다. 하나의 자원블록은 12×7 자원 요소를 포함한다. 하향링크 슬롯에 포함되는 자원블록들의 ND의 개수는 하향링크 전송 대역폭에 따른다. 상향링크 슬롯의 구조는 하향링크 슬롯의 구조와 동일할 수 있다.
- [0044] 도 4는 하향링크 서브프레임의 구조를 나타내는 도면이다.
- [0045] 하나의 서브프레임 내에서 첫 번째 슬롯의 앞 부분의 최대 3 개의 OFDM 심볼은 제어 채널이 할당되는 제어 영역에 해당한다. 나머지 OFDM 심볼들은 물리하향링크공유채널(Physical Downlink Shared Channel; PDSCH)이 할당되는 데이터 영역에 해당한다.
- [0046] 3GPP LTE 시스템에서 사용되는 하향링크 제어 채널들에는, 예를 들어, 물리제어포맷지시자채널(Physical Control Format Indicator Channel; PCFICH), 물리하향링크제어채널(Physical Downlink Control Channel; PDCCH), 물리HARQ지시자채널(Physical Hybrid automatic repeat request Indicator Channel; PHICH) 등이 있다. PCFICH는 서브프레임의 첫 번째 OFDM 심볼에서 전송되고 서브프레임 내의 제어 채널 전송에 사용되는 OFDM 심볼의 개수에 대한 정보를 포함한다. PHICH는 상향링크 전송의 응답으로서 HARQ ACK/NACK 신호를 포함한다. PDCCH를 통하여 전송되는 제어 정보를 하향링크제어정보(Downlink Control Information; DCI)라 한다. DCI는 상향링크 또는 하향링크 스케줄링 정보를 포함하거나 임의의 단말 그룹에 대한 상향링크 전송 전력 제어 명령을 포함한다. PDCCH는 하향링크공유채널(DL-SCH)의 자원 할당 및 전송 포맷, 상향링크공유채널(UL-SCH)의 자원 할당 정보, 페이징채널(PCH)의 페이징 정보, DL-SCH 상의 시스템 정보, PDSCH 상으로 전송되는 임의접속응답(Random Access Response)과 같은 상위계층 제어 메시지의 자원 할당, 임의의 단말 그룹 내의 개별 단말에 대한 전송 전력 제어 명령의 세트, 전송 전력 제어 정보, VoIP(Voice over IP)의 활성화 등을 포함할 수 있다. 복수의 PDCCH가 제어 영역 내에서 전송될 수 있고, 단말은 복수의 PDCCH를 모니터링할 수 있다.
- [0047] PDCCH는 하나 이상의 연속하는 제어채널요소(Control Channel Element; CCE)의 조합(aggregation)으로 전송된다. CCE는 무선 채널의 상태에 기초한 코딩 레이트로 PDCCH를 제공하기 위해 사용되는 논리 할당 단위이다. CCE는 복수개의 자원 요소 그룹에 대응한다. PDCCH의 포맷과 이용가능한 비트 수는 CCE의 개수와 CCE에 의해 제공되는 코딩 레이트 간의 상관관계에 따라서 결정된다.
- [0048] 기지국은 단말에게 전송되는 DCI에 따라서 PDCCH 포맷을 결정하고, 제어 정보에 순환잉여검사(Cyclic Redundancy Check; CRC)를 부가한다. CRC는 PDCCH의 소유자 또는 용도에 따라 무선 네트워크 임시 식별자(Radio Network Temporary Identifier; RNTI)라 하는 식별자로 마스킹된다. PDCCH가 특정 단말에 대한 것이라면, 단말의 cell-RNTI(C-RNTI) 식별자가 CRC에 마스킹될 수 있다. 또는, PDCCH가 페이징 메시지에 대한 것이라면, 페이징 지시자 식별자(Paging Indicator Identifier; P-RNTI)가 CRC에 마스킹될 수 있다. PDCCH가 시스템 정보(보다 구체적으로, 시스템 정보 블록(SIB))에 대한 것이라면, 시스템 정보 식별자 및 시스템 정보 RNTI(SI-RNTI)가 CRC에 마스킹될 수 있다. 단말의 임의 접속 프리앰블의 전송에 대한 응답인 임의접속응답을 나타내기 위해, 임의접속-RNTI(RA-RNTI)가 CRC에 마스킹될 수 있다.
- [0049] 도 5는 상향링크 서브프레임의 구조를 나타내는 도면이다.
- [0050] 상향링크 서브프레임은 주파수 영역에서 제어 영역과 데이터 영역으로 분할될 수 있다. 제어 영역에는 상향링크 제어 정보를 포함하는 물리상향링크제어채널(Physical Uplink Control Channel; PUCCH)이 할당된다. 데이터 영역에는 사용자 데이터를 포함하는 물리상향링크공유채널(Physical uplink shared channel; PUSCH)이 할당된다. 단일 반송파 특성을 유지하기 위해서, 하나의 단말은 PUCCH와 PUSCH를 동시에 전송하지 않는다. 하나의 단말에 대한 PUCCH는 서브프레임에서 자원블록 쌍(RB pair)에 할당된다. 자원블록 쌍에 속하는 자원블록들은 2 슬롯에 대하여 상이한 부반송파를 차지한다. 이를 PUCCH에 할당되는 자원블록 쌍이 슬롯 경계에서 주파수-호핑

(frequency-hopped)된다고 한다.

[0052] 다중안테나(MIMO) 시스템의 모델링

[0053] 도 6은 다중안테나를 갖는 무선 통신 시스템의 구성도이다.

[0054] 도 6(a)에 도시된 바와 같이 송신 안테나의 수를 N_T 개로, 수신 안테나의 수를 N_R 개로 늘리면, 송신기나 수신기에서만 다수의 안테나를 사용하게 되는 경우와 달리 안테나 수에 비례하여 이론적인 채널 전송 용량이 증가한다. 따라서, 전송 레이트를 향상시키고 주파수 효율을 획기적으로 향상시킬 수 있다. 채널 전송 용량이 증가함에 따라, 전송 레이트는 이론적으로 단일 안테나 이용시의 최대 전송 레이트(R_0)에 레이트 증가율(R_i)이 곱해진 만큼 증가할 수 있다.

수학식 1

[0055]
$$R_i = \min(N_T, N_R)$$

[0056] 예를 들어, 4개의 송신 안테나와 4개의 수신 안테나를 이용하는 MIMO 통신 시스템에서는 단일 안테나 시스템에 비해 이론상 4배의 전송 레이트를 획득할 수 있다. 다중안테나 시스템의 이론적 용량 증가가 90년대 중반에 증명된 이후 이를 실질적인 데이터 전송률 향상으로 이끌어 내기 위한 다양한 기술들이 현재까지 활발히 연구되고 있다. 또한, 몇몇 기술들은 이미 3세대 이동 통신과 차세대 무선랜 등의 다양한 무선 통신의 표준에 반영되고 있다.

[0057] 현재까지의 다중안테나 관련 연구 동향을 살펴보면 다양한 채널 환경 및 다중접속 환경에서의 다중안테나 통신 용량 계산 등과 관련된 정보 이론 측면 연구, 다중안테나 시스템의 무선 채널 측정 및 모형 도출 연구, 전송 신뢰도 향상 및 전송률 향상을 위한 시공간 신호 처리 기술 연구 등 다양한 관점에서 활발히 연구가 진행되고 있다.

[0058] 다중안테나 시스템에서의 통신 방법을 수학적 모델링을 이용하여 보다 구체적으로 설명한다. 상기 시스템에는 N_T 개의 송신 안테나와 N_R 개의 수신 안테나가 존재한다고 가정한다.

[0059] 송신 신호를 살펴보면, N_T 개의 송신 안테나가 있는 경우 전송 가능한 최대 정보는 N_T 개이다. 전송 정보는 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

[0060]
$$\mathbf{s} = [s_1, s_2, \dots, s_{N_T}]^T$$

[0061] 각각의 전송 정보 s_1, s_2, \dots, s_{N_T} 는 전송 전력이 다를 수 있다. 각각의 전송 전력을 P_1, P_2, \dots, P_{N_T} 라고 하면, 전송 전력이 조정된 전송 정보는 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

[0062]
$$\hat{\mathbf{s}} = [\hat{s}_1, \hat{s}_2, \dots, \hat{s}_{N_T}]^T = [P_1 s_1, P_2 s_2, \dots, P_{N_T} s_{N_T}]^T$$

[0063] 또한, $\hat{\mathbf{s}}$ 는 전송 전력의 대각행렬 \mathbf{P} 를 이용해 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 4

[0064]

$$\hat{\mathbf{s}} = \begin{bmatrix} P_1 & & & 0 \\ & P_2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & P_{N_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_{N_T} \end{bmatrix} = \mathbf{P}\mathbf{s}$$

[0065]

전송전력이 조정된 정보 벡터 $\hat{\mathbf{s}}$ 에 가중치 행렬 \mathbf{W} 가 적용되어 실제 전송되는 N_T 개의 송신신호 $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_{N_T}$ 가 구성되는 경우를 고려해 보자. 가중치 행렬 \mathbf{W} 는 전송 정보를 전송 채널 상황 등에 따라 각 안테나에 적절히 분배해 주는 역할을 한다. $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_{N_T}$ 는 벡터 \mathbf{X} 를 이용하여 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 5

[0066]

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{x}_i \\ \vdots \\ \mathbf{x}_{N_T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1N_T} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2N_T} \\ \vdots & & \ddots & \\ w_{i1} & w_{i2} & \cdots & w_{iN_T} \\ \vdots & & \ddots & \\ w_{N_T1} & w_{N_T2} & \cdots & w_{N_TN_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{s}_1 \\ \hat{s}_2 \\ \vdots \\ \hat{s}_j \\ \vdots \\ \hat{s}_{N_T} \end{bmatrix} = \mathbf{W}\hat{\mathbf{s}} = \mathbf{W}\mathbf{P}\mathbf{s}$$

[0067]

여기에서, w_{ij} 는 i 번째 송신 안테나와 j 번째 정보간의 가중치를 의미한다. \mathbf{W} 는 프리코딩 행렬이라고도 불린다.

[0068]

수신신호는 N_R 개의 수신 안테나가 있는 경우 각 안테나의 수신신호 $\mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \dots, \mathbf{y}_{N_R}$ 은 벡터로 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 6

[0069]

$$\mathbf{y} = [\mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \dots, \mathbf{y}_{N_R}]^T$$

[0070]

다중안테나 무선 통신 시스템에서 채널을 모델링하는 경우, 채널은 송수신 안테나 인덱스에 따라 구분될 수 있다. 송신 안테나 j 로부터 수신 안테나 i 를 거치는 채널을 h_{ij} 로 표시하기로 한다. h_{ij} 에서, 인덱스의 순서가 수신 안테나 인덱스가 먼저, 송신 안테나의 인덱스가 나중에 의미한다.

[0071]

한편, 도 6(b)은 N_T 개의 송신 안테나에서 수신 안테나 i 로의 채널을 도시한 도면이다. 상기 채널을 묶어서 벡터 및 행렬 형태로 표시할 수 있다. 도 6(b)에서, 총 N_T 개의 송신 안테나로부터 수신 안테나 i 로 도착하는 채널은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

[0072] $\mathbf{h}_i^T = [h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{iN_T}]$

[0073] 따라서, M_T 개의 송신 안테나로부터 M_R 개의 수신 안테나로 도착하는 모든 채널은 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 8

[0074]
$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \mathbf{h}_1^T \\ \mathbf{h}_2^T \\ \vdots \\ \mathbf{h}_i^T \\ \vdots \\ \mathbf{h}_{N_R}^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1N_T} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{i1} & h_{i2} & \cdots & h_{iN_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N_R1} & h_{N_R2} & \cdots & h_{N_RN_T} \end{bmatrix}$$

[0075] 실제 채널에는 채널 행렬 \mathbf{H} 를 거친 후에 백색잡음(AWGN; Additive White Gaussian Noise)이 더해진다. M_R 개의 수신 안테나 각각에 더해지는 백색잡음 $\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2, \dots, \mathbf{n}_{N_R}$ 은 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 9

[0076] $\mathbf{n} = [n_1, n_2, \dots, n_{N_R}]^T$

[0077] 상술한 수식 모델링을 통해 수신신호는 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 10

[0078]
$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ y_{N_R} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1N_T} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{i1} & h_{i2} & \cdots & h_{iN_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N_R1} & h_{N_R2} & \cdots & h_{N_RN_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_j \\ \vdots \\ x_{N_T} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_i \\ \vdots \\ n_{N_R} \end{bmatrix} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{n}$$

[0079] 한편, 채널 상태를 나타내는 채널 행렬 \mathbf{H} 의 행과 열의 수는 송수신 안테나의 수에 의해 결정된다. 채널 행렬 \mathbf{H} 에서 행의 수는 수신 안테나의 수 M_R 과 같고, 열의 수는 송신 안테나의 수 M_T 와 같다. 즉, 채널 행렬 \mathbf{H} 는 행렬이 $M_R \times M_T$ 된다.

[0080] 행렬의 랭크(rank)는 서로 독립인(independent) 행 또는 열의 개수 중에서 최소 개수로 정의된다. 따라서, 행렬의 랭크는 행 또는 열의 개수 보다 클 수 없다. 채널 행렬 \mathbf{H} 의 랭크($rank(\mathbf{H})$)는 다음과 같이 제한된다.

수학식 11

$$\text{rank}(\mathbf{H}) \leq \min(N_T, N_R)$$

- [0081] $\text{rank}(\mathbf{H}) \leq \min(N_T, N_R)$
- [0082] 랭크의 다른 정의는 행렬을 고유치 분해(Eigen value decomposition) 하였을 때, 0이 아닌 고유치들의 개수로 정의할 수 있다. 유사하게, 랭크의 또 다른 정의는 특이치 분해(singular value decomposition) 하였을 때, 0이 아닌 특이치들의 개수로 정의할 수 있다. 따라서, 채널 행렬에서 랭크. 의 물리적인 의미는 주어진 채널에서 서로 다른 정보를 보낼 수 있는 최대 수라고 할 수 있다.
- [0083] 본 문서의 설명에 있어서, MIMO 전송에 대한 '랭크(Rank)' 는 특정 시점 및 특정 주파수 자원에서 독립적으로 신호를 전송할 수 있는 경로의 수를 나타내며, '레이어(layer)의 개수' 는 각 경로를 통해 전송되는 신호 스트림의 개수를 나타낸다. 일반적으로 송신단은 신호 전송에 이용되는 랭크 수에 대응하는 개수의 레이어를 전송하기 때문에 특별한 언급이 없는 한 랭크는 레이어 개수와 동일한 의미를 가진다.
- [0084] 도 7은 NOMA 방식으로 자원이 할당되는 방법을 나타낸 도면이다.
- [0085] 상술한 바와 같이, 셀룰러 시스템에서 주파수 효율을 높이기 위한 방법으로 기지국에서 다수의 다중 안테나를 사용할 수 있다. 이때, 기지국에서 사용하는 안테나 수를 증가시켜 사용하고자 하는 기술이 제시되고 있다. 이러한 방식은 매시브 MIMO 라고 불리며, 다수의 다중 안테나의 공간 자유도를 이용하여 다수의 사용자에게 날카로운 빔으로 송신하므로 높은 수신신호과워 및 낮은 간섭과워를 제공할 수 있다. 일 예로, 송신 안테나의 수가 M이고 사용자의 수가 K인 경우, 채널이 independent identically distributed (i.i.d.) Rayleigh 페이딩일 때, 송신 가능한 총 전송 용량은 $\min\{M, K\} \log_2 \text{SNR}$ 일 수 있다. 즉, 전송 용량은 $\min\{M, K\}$ 의 수에 비례하여 선형적으로 증가할 수 있다.
- [0086] 다만, M 및 K의 수가 증가하면 전송용량을 얻기 위해서는 복잡한 송수신 방식이 필요할 수 있다. 일 예로, 상술한 M 및 K가 증가한 경우에 전송 용량을 얻기 위해서는 기지국에서 하향링크 송신을 위한 dirty-paper coding (DPC)을 사용할 필요성이 있다. 또한, 송신링크 수신을 위해서는 joint maximum-likelihood (JML) 수신기를 사용하여야 한다. 이 두 가지 방식의 연산 복잡도는 안테나 수와 사용자의 수에 따라 지수적으로 증가할 수 있다. 이때, 연산 복잡도에 기초하여 하드웨어 복잡도 제한, 지연 시간 제한, 하드웨어 전력 제한 등으로 인하여 시스템을 사용하기 어려울 수 있다.
- [0087] 따라서, 실제 시스템에서는 낮은 연산 복잡도를 가진 준-최적(sub-optimal) 전송 방식을 사용할 필요성이 있다. 일 예로, 직교 다중 접속 방식(Orthogonal multiple access)과 비직교 다중 접속(Non-orthogonal multiple access, NOMA) 방식이 있다.
- [0088] 직교 다중 접속 방식은 사용자 별로 독립된 자원을 할당하여 사용자간의 간섭이 미치지 않게 하는 방식으로 주파수 자원을 쪼개어 사용자에게 분배하는 주파수 분할 다중 접속(Frequency division multiple access), 사용자 별로 시간을 쪼개어 사용하는 시간 분할 다중 접속(Time division multiple access), 사용자 별로 공간을 쪼개어 사용하는 공간 분할 다중 접속 (Space division multiple access) 등이 있다. 이 방식은 주어진 자원 당 하나의 사용자를 할당하므로 사용자의 신호 변복조가 간단하다는 장점을 가지고 있다. 상술한 바와 같이, 기존의 LTE 및 LTE-A에서는 직교 다중 접속 방식이 주로 사용되었다.
- [0089] 하지만, 직교다중접속방식은 앞서 언급한 DPC와 JML과 비교하여 낮은 전송용량을 가지고 있다. 따라서, 직교 다중 접속 방식의 전송용량을 증대시키기 위한 방안으로 간단한 빔형성 방식인 Zero-forcing 빔형성과 사용자의 스케줄링(scheduling)을 함께 이용하는 방식이 이용되었다. 이때, DPC 대비 Zero-forcing 빔형성으로 발생하는 성능열화를 막기 위한 사용자들을 선택하여 전송하는 방식으로 이론적으로 DPC와 유사한 성능을 제공할 수 있다. 다만, 상술한 방법의 경우에도 사용자를 스케줄링(scheduling)하기 위해서는 사용자의 채널 정보를 미리 알고 있어야 하는바, 사용자의 채널 정보를 얻기 위한 상향링크 참조신호가 차지하는 자원이 늘어나는 문제점이 있을 수 있다. 또한, 사용자 스케줄링(scheduling)은 기지국의 안테나의 수 보다 셀에 존재하는 사용자의 수가 많을 때 효과적일 수 있다. 그러나, 상술한 바와 같이, 매시브 MIMO가 적용되는 향후 통신 시스템에서는 기지국에서 다수의 안테나가 존재하는바 스케줄링에 대한 효과가 미비할 수 있다.
- [0090] 이때, 기존의 직교 다중 접속 방식과 다른 방식으로서, 비직교 다중 접속 방식(NOMA)가 적용될 수 있다.

- [0091] 이때, 도 7의 (a) 및 (b)를 참조하면, 도 7의 (a)는 직교 다중 접속 방식에 기초한 방식일 수 있으며, 도 7의 (b)는 비직교 다중 접속 방식에 기초한 방식일 수 있다. 보다 상세하게는, 상술한 바와 같이, 직교 다중 접속 방식은 사용자 별로 독립된 자원을 할당하여 사용자간의 간섭이 미치지 않게 할 수 있는 방식이다. 이와 다르게, 비직교 다중 접속 방식은 특정한 자원 영역으로서 동일 주파수-시간 자원에 복수의 단말을 할당하고, 추가적으로 사전에 고려된 전력비를 가지고 간섭 제거 수신기를 이용하여 간섭을 제거하는 방식일 수 있다. 즉, 비직교 다중 접속 방식은 큰 대역폭을 얻을 수 있어 활용이 기대되고 있다. 보다 상세하게는, 비직교 다중 접속 방식은 슈퍼포지션 코딩(superposition coding)을 이용하여 단말들의 신호를 동일한 공간 자원 내에 겹쳐서 보내는 방식으로 무선 채널의 랭크보다 더 많은 수의 단말들에게 신호를 송신할 수 있다.
- [0092] 이하에서는 비직교 다중 접속 방식에 기초하여 단말의 타입을 고려하여 신호를 송수신하는 방법에 대해 서술한다.
- [0093] 도 8은 단말에 타입에 따라 빔들을 생성하는 방법을 나타낸 도면이다.
- [0094] 상술한 바와 같이, 비직교 다중 접속 방식은 큰 대역폭을 이용할 수 있다. 또한, 기지국은 다수의 안테나를 이용하여 복수의 단말(또는 사용자)에게 동시에 신호를 전송할 수 있다.
- [0095] 이때, 일 예로, 복수의 단말들은 각각의 타입에 따라 다양한 서비스를 제공할 수 있다. 일 예로, 최근 사물 인터넷(Internet Of Things, IoT)에 대한 활용이 증가하고 있다. 즉, 사물 간 통신 또는 사물과 기지국 간의 통신에 대한 활용이 증가하고 있다. 이때, 사물과 기지국 간의 통신은 기존의 음성 통신 또는 데이터 통신과는 다른 특징을 가질 수 있다. 일 예로, 기존의 음성 통신 또는 데이터 통신의 경우에는 단말을 사용하는 사용자의 니즈에 따라 불규칙적인 패턴에 기초하여 통신이 수행될 필요성이 있었다. 반면 사물과 기지국 간의 통신은 사물에 대한 정보 공유가 목적일 수 있는바, 주기적이며 낮은 데이터 용량만이 필요할 수 있다. 또한, 통신의 실패하여도 다음 주기를 기다려 통신을 다시 수행하여도 별다른 문제점을 야기하지 않는 특징을 가지고 있다. 일 예로, 기후 정보를 보고하는 센서와 같은 사물과 기지국 간의 통신이 수행될 수 있다. 이때, 기후 변화는 일정 주기에 기초하여 보고될 수 있으며, 기설정된 패턴 또는 기설정된 규칙에 기초하여 낮은 데이터 용량을 가진 정보만이 전송될 수 있다.
- [0096] 즉, 사물과 기지국 간의 통신 특징은 기존의 음성 통신 또는 데이터 통신의 특징과는 다를 수 있다.
- [0097] 이때, 사물 인터넷에 대한 이용이 증가함에 따라 동일한 기지국에 사물과의 통신 및 유저 단말에 의한 통신이 공존할 필요성이 있으며 이를 제어하는 방법이 필요할 수 있다.
- [0098] 다만, 기존의 통신 시스템에서는 상술한 환경을 제어하는데 한계가 있을 수 있다.
- [0099] 보다 상세하게는, 기존의 하향링크 다중 사용자 전송 방식은 채널 정보를 전달 받거나 (Frequency division duplex, FDD), 채널 추정을 수행해야 하는 (Time division duplex, TDD) 방식을 사용하는 closed-loop 전송 방식일 수 있었다. 따라서, 사물 인터넷 서비스와 같이 낮은 전송 속도를 요구하는 사용자에게 불필요한 피드백 오버헤드 또는 파일럿 오버헤드가 지나치게 커질 수 있다. 따라서, 사물 인터넷 서비스의 특징을 고려하여 사물과 기지국 간의 통신에서는 기존과는 다르게 open-loop 다중 사용자 전송 방식이 필요할 수 있다.
- [0100] 또한, 기존의 LTE는 자원 블록(Resource Block, RB) 단위로 한 사용자에게 할당하는 방식을 사용한다. 이 방식은 낮은 전송 용량을 필요로 하는 사물에 할당되는 경우, 대부분의 자원이 비효율적으로 사용될 수 있다. 이는 더 작은 단위로 한 사용자에게 할당할 때, 높은 signaling overhead가 발생하게 될 수 있다. 따라서, 새로운 방식으로 낮은 전송 속도를 요구하는 사용자에게 자원을 할당할 필요가 있다.
- [0101] 또한, 상술한 바와 같이, 사물이 발생시키는 정보는 주기적이거나 예측이 가능할 수 있고, 사용자와 같이 언제 통신을 요구하는지 예측 불가능할 때와는 다르게 사물이 통신을 원하는 시간, 전송량은 정해져서 기설정된 규칙을 통해 통신을 수행할 수 있다. 다만, 기존의 통신 시스템에서는 이러한 사물 인터넷의 특징을 반영한 통신 방식이 지원되지 않는다.
- [0102] 따라서, 이하에서는, 상술한 사물과 통신 및 유저 단말과의 통신이 공존하는 환경을 고려한 통신 방법에 대해 개시한다. 또한, 이하에서는 유저 단말과 같이 불규칙한 통신이 필요한 단말을 제 1 타입 단말 또는 Human 타입 단말이라고 지칭하며, 사물과 같이 규칙적이고 낮은 데이터 용량이 필요한 단말을 제 2 타입 단말 또는 Machin 타입 단말로 지칭한다.
- [0103] 다중 안테나 시스템이 적용되는 경우에 상술한 바와 같이 다중 랭크(rank)가 적용될 수 있다. 이때, 일 예로, 다중 안테나 시스템에서 Closed-loop 송수신 방식과 관련하여 채널 정보가 부족하여 사용하지 않거나 다른 이유

로 사용하지 않고 남은 채널 랭크가 존재할 수 있다. 이때, 일 예로, 기지국은 남은 랭크를 활용하여 Open-loop 송수신 방식을 슈퍼포지션(superposition)하여 전송할 수 있다. 이때, Closed-loop 송수신 방식은 단말로 참조 신호(Reference Signal)을 송신한 후, 참조 신호에 기초하여 수신되는 채널 추정 정보에 기초하여 신호를 송수신하는 방식일 수 있으며, 채널 추정 정보를 이용하는바, 신호 송수신의 안정성이 향상될 수 있다. 반면, Open-loop 송수신 방식은 채널 추정 정보 없이 신호를 일방적으로 송수신하는바, 안정성이 다소 떨어질 수 있다.

[0104] 따라서, 시스템에서는 Closed-loop 송수신 방식으로 순간 채널 정보를 이용하여 높은 전송 속도를 보장해주는 제 1 타입 단말(또는 Human 타입 단말)을 지원하며, open-loop 송수신 방식으로 2nd 채널 정보를 이용하여 낮은 전송 속도로 전송을 받는 제 2 타입 단말(또는 Machine 타입 단말)을 지원하여 제 1 타입 단말 및 제 2 타입 단말을 동시에 지원하도록 할 수 있다.

[0105] 보다 상세하게는, 도 8을 참조하면, 다중 안테나를 사용하는 셀룰러 시스템(일 예로 3GPP LTE 및 LTE-A 시스템)은 인프라스트럭처와 연결되어있는 기지국 또는 eNodeB(100)와 분산적으로 존재하는 사용자 또는 단말(User equipment, UE)(810, 820, 830)들로 구성될 수 있다.

[0106] 이때, 상술한 바와 같이, 기지국(100)과 다수의 단말들(810, 820, 830)은 다수의 안테나를 가지고 있을 수 있다.

[0107] 일 예로, 기지국(100)은 N개의 안테나를 가지고 있고, 단말들(810, 820, 830)은 M개의 안테나를 가지고 있을 수 있다. 이때, N 및 M은 복수의 개수를 의미하는 것으로 특정한 개수를 의미하지 않을 수 있다.

[0108] 또한, 일 예로, 상술한 안테나는 물리적 안테나뿐만 아니라 논리적 안테나를 의미할 수 있다. 즉, 기지국(100) 또는 단말들(810, 820, 830)의 기저대역 프로세서(baseband processor)에서 컨트롤하여 전송 또는 수신할 수 있는 경로의 수를 의미할 수 있다. 또한, 일 예로, Hybrid array antenna와 같이 물리적인 안테나 유닛의 수와 기저대역 프로세서에서 컨트롤할 수 있는 경로의 수가 다르더라도 사용할 수 있으나, 이하에서는 설명의 편의를 위해 같다고 가정하고 서술한다.

[0109] 도 8을 참조하면, 기지국(100)의 송신기(110)는 Closed-loop 송신을 담당하는 closed-loop NOMA 송신기(111)와 open-loop 송신을 담당하는 open-loop NOMA 송신기(112)로 구성될 수 있다. 이때, Closed-loop NOMA 송신기(111)는 사용자의 순간 채널 정보를 기반으로 closed-loop 빔을 생성할 수 있다. 즉, 제 1 타입 단말로 송신하는 빔을 생성할 수 있다. 이때, 생성된 빔의 개수는 N_c 일 수 있으며, N_c 는 전체 안테나 수 N 보다 작거나 같을 수 있다.

[0110] 일 예로, 순간 채널 정보를 아는 사용자의 수가 N 보다 작은 경우, 순간 채널 정보를 아는 사용자의 수가 N 보다 크지만 채널의 랭크가 N 보다 작은 경우 또는 순간 채널 정보를 아는 사용자의 수가 N 보다 크지만, N 보다 작은 수의 사용자에게 전송하는 것이 더 나은 상황일 경우 등에서는 N_c 가 N 보다 작을 수 있다. 다만 상술한 경우들은 하나의 예시일 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않을 수 있다. 즉, N_c 는 N 보다 작거나 같은 경우에 적용될 수 있다.

[0111] Open-loop NOMA 송신기(112)는 사용자의 채널의 통계적 특성을 이용하여 open-loop 빔을 생성할 수 있다. 이때, closed-loop 빔은 제 1 타입 빔일 수 있으며, open-loop 빔은 제 2 타입 빔으로 지칭될 수 있다. 이때, 일 예로, closed-loop 빔이 먼저 생성된 후, 생성된 closed-loop 빔에 기초하여 open-loop 빔이 생성될 수 있다. 이때, 기지국(100)에서 Closed-loop 빔으로 span된 공간의 랭크가 N_c 일 수 있으며, Null-rank theorem에 의하여 Closed-loop 빔의 null space에 해당하는 랭크가 $N-N_c$ 일 수 있다. 이때, $N-N_c$ 공간에 Open-loop 빔에 대한 N_0 개의 빔이 생성될 수 있다.

[0112] 보다 상세하게는, 상술한 바와 같이, Closed-loop 빔으로 스캔된 공간의 랭크가 N_c 일 수 있다. 이때, N_c 개의 Closed-loop 빔을 f_1, f_2, \dots, f_{N_c} 이라고 할 수 있다. 이때, f_i 는 $N \times 1$ 벡터일 수 있다. 따라서, f_1, f_2, \dots, f_{N_c} 에 의해 스캔되는 공간은 N 차원 위에서 N_c 차원 부공간(subspace)으로 스캔될 수 있다. 이때, N_c 차원으로 스캔된 공간에 대한 null-space는 N 차원 위에서 $N-N_c$ 차원 부공간을 차지할 수 있다. 이때, 상술한 Open-loop 빔이 $N-N_c$ 차원 부공간에 생성될 수 있다. 즉, N_0 개의 Open-loop 빔이 $N-N_c$ 차원 부공간에서 생성될 수 있다. 이때, Open-loop NOMA 송신기(112)는 상술한 null space 공간을 이용하여 사용자에게 정보를 전달할 수 있다. 즉, Open-loop NOMA 송신기(112)는 Open-loop 빔을 이용하여 N_0 공간을 통해 사용자에게 정보를 전달한다. 이때, 일 예로, Open-loop 빔은 사용자 채널의 통계적 특성을 이용하여 생성될 수 있으며, 이에 대해서는 후술한다.

- [0113] 또한, 일 예로, No는 $N-N_c$ 보다 작거나 같을 수 있다. 일 예로, Closed-loop 빔에 대한 공간을 먼저 생성하고, Closed-loop 빔 공간에 기초하여 채널 정보가 부족하여 사용하지 않거나 다른 이유로 사용하지 않고 남은 채널 랭크를 Open-loop 빔 공간으로 생성하는 것인바, No는 $N-N_c$ 보다 작을 수 있다. 즉, No는 최대 $N-N_c$ 차원 부공간 만큼 생성될 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.
- [0114] 또한, 일 예로, 단말들(810, 820, 830)은 기지국(100)이 송신한 신호를 수신기를 통하여 수신할 수 있다. 이때, 일 예로, 수신기에는 NOMA 수신기가 포함될 수 있다. 즉, 단말들(810, 820, 830)은 NOMA 수신기를 통해 기지국이 송신하는 신호를 수신할 수 있다. 이때, 각각의 단말들(810, 820, 830)은 사전에 closed-loop 빔으로 수신할지 open-loop 빔으로 수신할지 여부를 알 수 있다. 이때, 상술한 제 1 타입 단말은 closed-loop 빔을 수신할 수 있다. 또한, 제 2 타입 단말은 open-loop 빔을 수신할 수 있다.
- [0115] 즉, 기지국(100)은 하나의 자원 영역에서 비직교 다중 접속 방식을 통해 제 1 타입 단말 및 제 2 타입 단말로 빔들을 송신할 수 있다. 이때, 기지국(100)은 제 1 타입 단말에 대한 Closed-loop 빔들을 먼저 생성하고, 생성된 Closed-loop의 null space를 고려하여 남은 공간에 Open-loop 빔들을 생성하여 할당할 수 있다.
- [0116] 도 9는 단말을 두 개의 타입으로 나눈 것을 나타낸 도면이다.
- [0117] 도 9를 참조하면, 상술한 바와 같이, 단말들은 Human 타입의 제 1 타입 단말들(910, 920, 930)과 Machine 타입의 제 2 타입 단말들(940, 950, 960)들로 구분될 수 있다.
- [0118] 이때, 일 예로, 단말들(910, 920, 930, 940, 950, 960)은 각각의 단말에 대한 타입을 기지국(100)에 알려줄 수 있다. 이때, 일 예로, 단말들(910, 920, 930, 940, 950, 960)은 기지국(100)으로 셀 접속시 물리상향링크공유채널(Physical uplink shared channel, PUSCH)에 Type과 관련된 필드를 정의하고, 이를 통해 기지국으로 타입에 대한 정보를 제공할 수 있다. 또한, 일 예로, 기지국(100)이 단말들(910, 920, 930, 940, 950, 960)의 PUSCH의 Quality of Service (QoS) indicator를 추적하고 유추하여 알 수 있다.
- [0119] 또한, 일 예로, 기지국(100)은 제 1 타입 단말들에 대한 리스트 및 제 2 타입 단말들에 대한 리스트 정보를 가지고 있을 수 있다. 기지국(100)은 리스트를 활용하여 서로 다른 방식의 송신 방식을 사용할 수 있다. 즉, 복수의 단말들(910, 920, 930, 940, 950, 960)에 대한 타입 정보는 기지국(100)으로 보고되는 정보 또는 기설정된 정보들일 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.
- [0120] 도 10은 두 개의 타입에 따른 자원 블록(Resource Block, RB)을 나타낸 도면이다.
- [0121] 도 10을 참조하면, LTE의 1개의 자원 블록(Resource Block, RB)의 자원 그리드(resource grid)의 일례를 나타낸 예시도이다. 이때, 도 10은 OFDM 심볼이 일반 CP로 구성된 경우이다. 이때, 상술한 바와 같이, 하향링크 슬롯은 시간 영역에서 복수의 OFDM 심볼을 포함하고, 주파수 영역에서 다수의 자원블록을 포함한다.
- [0122] 또한, 기지국의 안테나 수 만큼의 레이어(layer)들이 호환될 수 있다. 이때, 하나의 하향링크 슬롯은 7 OFDM 심볼을 포함하고, 하나의 자원블록은 12 부반송파를 포함하는 것을 예시적으로 기술하나, 이에 제한되지 않는다.
- [0123] 도 10을 참조하면, 기지국의 자원 블록들은 제 1 타입 단말들을 위한 자원으로서 Closed-loop 레이어와 제 2 타입 단말들을 위한 자원으로서 Open-loop 레이어로 나누어질 수 있다.
- [0124] 즉, 하나의 자원 영역을 기준으로 Closed-loop 빔 및 Open-loop 빔은 비직교 다중 접속 방식에 기초하여 함께 할당될 수 있다. 이때, Closed-loop 빔에 대한 공간 및 Open-loop 빔에 대한 공간은 다중 안테나 환경을 고려하여 하나의 자원 영역에서 나누어져 설정될 수 있다. 이때, Closed-loop 빔에 대한 공간에는 N_c 개의 Closed-loop 레이어(layer)가 포함될 수 있다. 이때, N_c 개는 상술한 Closed-loop 빔의 수일 수 있다. 즉, Closed-loop 레이어의 수는 상술한 closed-loop 빔의 수와 동일할 수 있다.
- [0125] 동일하게 Open-loop 빔에 대한 공간에는 No개의 Open-loop 레이어(layer)가 포함될 수 있다. 이때, No개는 상술한 Open-loop 빔의 수일 수 있다. 즉, Open-loop 레이어의 수는 상술한 Open-loop 빔의 수와 동일할 수 있다.
- [0126] 또한, 각각의 빔들은 하나의 레이어와 일대일로 대응될 수 있다. 이때, 일 예로, Closed-loop 빔들에 대한 자원 할당이 먼저 수행되고, 생성된 Closed-loop 빔에 대한 자원 할당을 고려하여 Open-loop 빔들에 대한 자원 할당이 수행될 수 있다. 즉, Closed-loop 빔에 대한 공간이 먼저 설정된 후에 Open-loop 빔에 대한 공간이 설정될 수 있다.
- [0127] 도 11은 Open-loop 빔 코드북(beam codebook)을 나타낸 도면이다.

[0128] 이하에서는 Open-loop 빔에 대한 공간에서 Open loop 빔들이 나누어지는 방법에 대해서 서술한다.

[0129] 상술한 바와 같이, Closed-loop 빔에 대한 공간이 설정된 후, Open-loop 빔에 대한 공간이 설정될 수 있다. 이때, Open-loop 빔에 대한 공간에는 N 개의 Open-loop 빔이 포함될 수 있으며, 기지국은 제 2 타입 단말들을 위한 각각의 빔들을 빔 코드북(beam codebook)을 이용하여 나눌 수 있다. 이때, 일 예로, 빔 코드북은 하기의 수학식 12에서와 같이 discrete Fourier transform(DFT) 기저를 사용할 수 있다.

수학식 12

$$\mathbf{B} = \frac{1}{\sqrt{N}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & \omega & \dots & \omega^{(N-1)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \omega^{N-1} & \dots & \omega^{(N-1)(N-1)} \end{bmatrix}$$

[0130]

$$\omega = \exp(-2\pi i / N)$$

[0131] 이때, ω 일 수 있으며, i 번째 beam은 \mathbf{B} 의 i 번째 열 벡터 \mathbf{b}_i 와 가장 가까운 벡터들로 이루어진 벡터 집합으로 수학식 13과 같이 정의될 수 있다.

수학식 13

$$B_i = \left\{ \mathbf{x} \in \mathbb{C}^N \mid |\mathbf{b}_i^H \mathbf{x}|^2 \leq |\mathbf{b}_j^H \mathbf{x}|^2, \forall j \neq i \right\}$$

[0132]

[0133] 또한, 제 2 타입 단말 A의 채널은 수학식 14와 같이 정의될 수 있다.

수학식 14

$$\mathbf{h}_A = \mathbf{R}_A^{1/2} \mathbf{w}_A$$

[0134]

[0135] 이때, $\mathbf{w}_A \in \mathbb{C}^N$ 는 coherence time마다 바뀌는 small-scale (또는 short-term) fading이고,

$$\mathbf{R}_A \in \mathbb{C}^{N \times N}$$

는 기지국과 제 2 타입 단말 간의 spatial correlation을 비롯한 large-scale (또는

$$\mathbf{R}_A = \mathbb{E} \left[\mathbf{h}_A \mathbf{h}_A^H \right]$$

long-term) fading 부분으로 채널의 2차 통계적 특성, 알 수 있다. 이때, 기지국은 제 2 타입 단말의 2차 채널 특성인 \mathbf{R}_A 를 이용하여 제 2 타입 단말들을 구분할 수 있다. 이때, 제 2 타입 단말들의 2차 채널특성을 eigen-value decomposition하면 하기의 수학식 15와 같다.

수학식 15

[0136]

$$\mathbf{R}_A = \mathbf{U}_A \mathbf{D}_A \mathbf{U}_A^H$$

[0137]

$$\mathbf{U}_A = [\mathbf{u}_{A,1}, \mathbf{u}_{A,2}, \dots, \mathbf{u}_{A,N}]$$

여기서 \mathbf{U}_A 는 N X N 유니터리 (Unitary) 행렬이고, \mathbf{D}_A 는 N X N 대각(diagonal) 행렬로 i번째 대각 성분은 eigen-value λ_i 이고, $\lambda_i \geq \lambda_{i+1}$ 이다.

[0138]

상술한 조건을 만족하면 i번째 eigen-vector, $\mathbf{u}_{A,i}$ 로 span되는 space는 B_j 에 속하며 이는 하기의 수학식 16과 같다.

수학식 16

[0139]

Condition: $\mathbf{u}_{A,i} \in B_j$

[0140]

따라서, 각각의 제 2 타입 단말들은 각각의 2차 채널 특성에 따라 어느 빔에 해당하는지 구할 수 있다. 또한, 일정 크기 이상의 eigen-value에 대응되는 eigen-vector만 의미 있으므로 이를 하기의 수학식 17처럼 나타낼 수 있다.

수학식 17

[0141]

$$\mathbf{L}_A = (\chi_{A,1}, \chi_{A,2}, \dots, \chi_{A,\tilde{N}})$$

[0142]

이때, \tilde{N} 는 의미 있는 eigen-vector의 수이다. 즉, 제 2 타입 단말 A의 채널은

$$\mathbf{b}_{\chi_{A,1}}, \mathbf{b}_{\chi_{A,2}}, \dots, \mathbf{b}_{\chi_{A,\tilde{N}}}$$

로 span되는 채널로 근사화 될 수 있다.

[0143]

즉, open-loop 빔 공간에서 제 2 타입 단말들 각각에 대한 open-loop 빔은 2차 채널 특성에 기초하여 설정될 수 있다. 일 예로, Open-loop 빔으로서, 상술한 제 2 타입 단말 A의 근사화된 채널

$$\mathbf{b}_{\chi_{A,1}}, \mathbf{b}_{\chi_{A,2}}, \dots, \mathbf{b}_{\chi_{A,N}} \quad \mathbf{f}_1, \mathbf{f}_2, \dots, \mathbf{f}_{N_C}$$

은 제 1 타입 단말들의 Closed-loop 빔인 .
 null space에 프로젝션(projection)하여 구할 수 있다.

[0144] 즉, 기지국은 Closed-loop 빔들에 대한 공간을 계산한 후, Null 공간을 계산하여 Open-loop 빔들에 할당할 수 있다. 이때, 도 11을 참조하면, Open-loop 빔들에 대한 공간에서 Open-loop 빔 인덱스(beam index)들을 선택할 수 있다. 이때, 기지국은 각각의 Open-loop 빔들을 통해 전송할 데이터 심볼들을 선택된 빔 인덱스에 대응되는 Open-loop 레이어에 매핑할 수 있다. 즉, 기지국은 빔 인덱스에 기초하여 Open-loop 빔들에 대한 공간에서 각각의 Open-loop 빔들을 할당할 수 있다.

[0145] 도 12 및 13은 Open-loop 빔 선택 방식 및 일 실시예를 나타낸 도면이다.

[0146] 상술한 바와 같이, Open-loop 빔은 빔 인덱스에 기초하여 대응하는 Open-loop 레이어에 매핑될 수 있다. 이때, 기지국은 대응된 Open-loop 레이어를 이용하여 데이터 심볼을 전송할 수 있다.

[0147] 이때, 일 예로, Open-loop 빔에 대한 데이터 심볼들은 시간-주파수-공간 다이버시티를 얻기 위하여 시간-주파수-공간 호핑(hopping)이나 스프레딩(spreading)되여 전송될 수 있다. 이때, 일 예로, 호핑 패턴(hopping pattern) 또는 스프레딩 패턴(spreading pattern)은 상술한 채널에 대한 통계적 특성에 기초하여 설정될 수 있다.

[0148] 일 예로, 도 13을 참조하면, 기지국은 SU(Single-User)에 기반하여 단말에게 데이터 심볼을 전송하는 경우, 호핑 패턴이나 스프레딩 패턴을 설정하여 송신할 수 있다. 또한, 기지국은 MU(Multi-User)에 기반하여 복수의 단말들에게 각각 데이터 심볼을 전송하기 위해 호핑 패턴이나 스프레딩 패턴을 설정하여 송신할 수 있다.

[0149] 보다 상세하게는, 도 12를 참조하면, Open-loop 레이어(layer)에 할당되는 신호는 상술한 바와 같이 호핑(Hopping) 방식과 스프레딩(Spreading) 방식으로 구할 수 있다. 이때, 일 예로, closed-loop 방식의 송수신은 순간 채널을 추정하거나 전달 받은 채널 CQI(channel quality indicator)를 통하여 송신할 신호의 MCS(modulation and coding scheme)을 결정할 수 있다. 즉, Closed-loop 빔들은 피드백 정보를 통해서 MCS가 결정되어 신호의 송수신이 진행될 수 있다.

[0150] 반면, Open-loop 방식의 송수신에서는 추정된 순간 채널 정보나 CQI가 없으므로 미리 약속된 MCS를 사용할 필요성이 있다. 즉, Opne-loop 빔들에 대해서는 피드백 정보가 없는데, 사전에 정의 또는 약속된 MCS 방식을 사용할 필요성이 있다. 이때, MCS는 네트워크의 다양한 요구사항에 따라 결정될 수 있다.

[0151] 일 예로, MCS는 제 2 타입 단말이 기지국에서 전송하는 CS-RS(cell specific reference signal)의 신호의 평균

파워와 분산값을 측정하여 결정할 수 있다. CS-RS의 평균 파워가 P_{RS} 이고, 분산 값이 σ_{RS}^2 이라고 측정될 때, 이를 만족하는 랜덤 변수 X 를 얻을 수 있다. 이때, 랜덤 변수 X 를 감마(Gamma) 분포로 근사화할 때, X 의 형

$$k = P_{RS} / \theta ,$$

태 파라미터(shape parameter)는 . 스케일 파라미터(scale parameter)는

$$\theta = \sigma_{RS}^2 / P_{RS}$$

로 결정될 수 있다. 이때, X 의 분포는 하기의 수학적 식 18과 같을 수 있다.

수학적 식 18

$$f_X(x; k, \theta) = \frac{x^{k-1} e^{-\frac{x}{\theta}}}{\theta^k \Gamma(k)}$$

[0152]

[0153] 이때, MCS는 상술한 랜덤 변수 X 를 이용하여, 기지국이 전송된 신호가 복호되지 않을 확률 (아웃티지 확률)을

일정 수준 이하가 되도록 결정할 수 있다. 즉, i 번째 MCS를 사용하기 위한 수신 파워 조건이 ρ_i 이고, 주파

수 효율이 η_i 최적인 MCS는 하기의 수학적 식 19에 의해 결정될 수 있다.

수학적 식 19

$$\begin{aligned} & \text{maximize } \eta_i \\ & \text{subject to } \Pr(X < \rho_i) < \Theta \end{aligned}$$

[0154]

[0155] 여기서 Θ 는 네트워크에서 요구하는 아웃티지 확률이다.

[0156] 이때, 도 12를 참조하면, Open-loop 레이어(layer)의 수신 신호 품질을 향상시키기 위하여 호핑 (Hopping) 방식과 스프레딩(Spreading) 방식으로 다이버시티 이득(diversity gain)을 얻을 수 있다.

[0157] 이때, 일 예로, 다이버시티 이득을 위한 호핑 패턴(Hopping pattern)과 스프레딩 패턴(Spreading pattern)은 제 2 타입 단말들이 기지국에 접속(association)하는 시점에서 결정될 수 있다. 이때, 상술한 호핑 패턴(Hopping pattern)과 스프레딩 패턴(Spreading pattern)은 주파수 (subcarrier) 또는 시간 (OFDM symbol)에서 생성될 수 있다. 제 2 타입 단말들은 상술한 호핑 패턴(Hopping pattern)과 스프레딩 패턴(Spreading pattern)에 따라 수신 신호의 MCS가 새롭게 결정될 수 있다. 일 예로, 하나의 데이터 심볼을 Y 배 스프레딩(spreading)하여 송신하는 경우, 신호의 파워는 $Y P_{RS}$ 로 증가될 수 있으며, 이에 따라 새롭게 MCS를 구할 수 있다.

[0158] 도 14는 본 명세서의 일 실시예에 따른 순서도를 도시한 도면이다.

[0159] 기지국은 스케줄링(scheduling) 알고리즘에 따라 제 1 타입 단말을 선택할 수 있다. 이때, 상술한 바와 같이, 기지국은 복수의 단말로부터 타입 정보를 수신하거나 QoS를 통해 타입 정보를 유추할 수 있다. 그 후, 기지국은 제 1 타입 단말들에게 상향 링크 참조 신호를 요청할 수 있다. 즉, 기지국은 제 1 타입 단말들에게 참조 신호를 할당하고, 이에 기초하여 순간 채널 정보를 획득할 수 있다. 이때, 제 2 타입 단말들에게는 참조 신호가 할당되지 않으며, 제 2 타입 단말들에 대한 순간 채널 정보를 획득하지 않는다.

[0160] 그 후, 기지국은 추정된 채널 정보를 기반으로 closed-loop 송신빔을 생성할 수 있으며, 생성한 closed-loop 송신빔 공간의 null 공간을 계산할 수 있다. 또한, 기지국은 Null 공간에 해당되는 open-loop 빔 인덱스를 선택할 수 있다. 기지국은 전송할 데이터 심볼을 선택된 빔 인덱스에 대응되는 open-loop 레이어에 매핑하여 전송할 수 있다. 이때, 상술한 바와 같이 기지국은 호핑 또는 스프레딩 방식을 이용할 수 있다. 그 후, 기지국은 구성된 closed-loop 빔과 open-loop 빔을 하향 링크를 통해 전송할 수 있다.

[0161] 도 15는 본 명세서의 일 실시예에 따른 순서도를 도시한 도면이다.

[0162] 도 15를 참조하면, 기지국은 복수의 단말에 대한 타입 정보에 기초하여 제 1 타입 단말들로 참조 신호를 송신할 수 있다.(S1510) 다음으로, 기지국은 참조 신호를 수신 받은 제 1 타입 단말들로부터 채널 추정 정보를 수신할 수 있다.(S1520) 이때, 도 7 내지 도 14에서 상술한 바와 같이, 제 1 타입 단말은 Human 타입 단말로서 데이터 전송이 불규칙적으로 대용량을 필요로 하는 타입의 단말일 수 있다. 또한, 제 2 타입 단말은 Machin 타입 단말로서 데이터 전송이 주기적으로 이루어질 수 있으며, 낮은 용량의 데이터를 전송하는 타입의 단말일 수 있다.

[0163] 다음으로, 기지국은 수신된 채널 추정 정보에 기초하여 빔들을 생성하고(S1530), 생성된 빔들에 대한 자원을 할

당할 수 있다.(S1540) 이때, 도 7 내지 도 14에서 상술한 바와 같이, 기지국은 수신한 채널 추정 정보를 이용하여 제 1 타입 단말들에게 송신하는 Closed-loop 빔들을 먼저 생성하여 할당하고, 생성된 Closed-loop 빔들에 기초하여 Open-loop 빔들을 생성하여 할당할 수 있다. 이때, 기지국은 Closed-loop 빔들을 제 1 타입 단말들에게 송신하고, Open-loop 빔들을 제 2 타입 단말들에게 송신할 수 있다. 이때, 상술한 바와 같이, 기지국은 하나의 자원 영역에서 Closed-loop 빔 및 Open-loop 빔을 비직교 다중 접속 방식을 이용하여 전송할 수 있다. 이때, 하나의 자원 영역은 N_c 개의 Closed-loop 빔들로 이루어지는 제 1 공간 및 N_o 개의 Open-loop 빔들로 이루어지는 제 2 공간으로 나누어질 수 있다. 또한, 제 2 공간은 제 1 공간이 생성된 후, 제 1 공간의 null 공간을 고려하여 생성되는 공간일 수 있으며, 이는 상술한 바와 같다.

[0164] 도 16은 본 명세서의 일 실시예에 따라 기지국 장치 및 단말 장치의 블록도를 도시한 도면이다. 무선 통신 시스템은 기지국 장치(100) 및 단말 장치(200)로 구성될 수 있다.

[0165] 이때, 기지국 장치(100)는 무선 신호를 송신하는 송신 모듈(110), 무선 신호를 수신하는 수신 모듈(130) 및 송신 모듈(110)과 수신 모듈(130)을 제어하는 프로세서(120)를 포함할 수 있다. 이때, 기지국 장치(100)는 송신 모듈(110) 및 수신 모듈(130)을 이용하여 외부 디바이스와 통신을 수행할 수 있다. 이때, 외부 디바이스는 단말 장치일 수 있으며, 상술한 제 1 타입 단말 및 제 2 타입 단말 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 또한, 송신 모듈(110)은 상술한 Closed-loop NOMA 송신기 및 Open-loop NOMA 송신기를 포함할 수 있다. 즉, 기지국 장치(100)는 외부 디바이스로서는 단말 장치(100)와 통신을 수행할 수 있는 장치일 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.

[0166] 또한, 단말 장치(200)는 무선 신호를 송신하는 송신 모듈(210), 무선 신호를 수신하는 수신 모듈(230) 및 송신 모듈(210)과 수신 모듈(230)을 제어하는 프로세서(220)를 포함할 수 있다. 이때, 단말 장치(200)는 송신 모듈(210) 및 수신 모듈(230)을 이용하여 기지국과 통신을 수행할 수 있다. 이때, 일 예로, 단말은 상술한 제 1 타입 단말 및 제 2 타입 단말 중 적어도 어느 하나일 수 있다. 또한, 단말의 수신 모듈(230)은 상술한 NOMA 수신기를 포함할 수 있다. 즉, 단말 장치(200)는 무선 통신 시스템에서 기지국과 통신을 수행할 수 있는 장치일 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.

[0167] 이때, 일 예로, 기지국(100)의 프로세서(120)는 복수의 단말에 대한 타입 정보에 기초하여 송신 모듈(110)을 이용하여 제 1 타입 단말들로 참조 신호를 송신할 수 있다. 또한, 프로세서(120)는 수신 모듈(130)을 이용하여 참조 신호를 수신 받은 제 1 타입 단말들로부터 채널 추정 정보를 수신할 수 있다. 또한, 프로세서(120)는 수신된 채널 추정 정보에 기초하여 빔들을 생성하고, 빔들에 대한 자원을 할당할 수 있다. 이때, 일 예로, 빔들에 대한 자원이 할당되는 경우, 제 1 타입 단말들에 대한 Closed-loop 빔들이 먼저 생성되고, 생성된 Closed-loop 빔들에 기초하여 제 2 타입 단말에 대한 Open-loop 빔들이 비직교적(non-orthogonal)으로 생성될 수 있다. 이때, 일 예로, Closed-loop 빔들 및 Open-loop 빔들은 하나의 자원 영역에서 비직교적으로 함께 할당될 수 있다. 또한, 상술한 바와 같이, 하나의 자원 영역에서 다중 안테나에 기초하여 N_c 개의 Closed loop 빔을 포함하는 제 1 공간 및 N_o 개의 Open-loop 빔을 포함하는 제 2 공간으로 나누어질 수 있으며, 제 2 공간은 제 1 공간에 기초하여 설정될 수 있으며, 이는 상술한 바와 같다.

[0168] 또한, 상술한 구성에 대해서 기지국을 기준으로 각각의 구성을 나열하였지만, 제 1 타입 단말 및 제 2 타입 단말에 대해서도 동일한 구성이 적용될 수 있다.

[0169] 보다 상세하게는, 제 1 타입 단말은 기지국으로부터 참조 신호를 할당 받아 채널 추정 정보를 기지국으로 송신한 후, 기지국이 송신하는 Closed-loop 빔을 수신할 수 있다. 이때, 제 1 타입 단말은 상술한 바와 같이 기지국이 설정하는 Closed-loop 빔만을 수신할 수 있다.

[0170] 또한, 제 2 타입 단말은 기지국으로 참조 신호를 할당 받지 않을 수 있으며, 상술한 바와 같이, 기지국이 송신하는 Open-loop 빔을 수신할 수 있다. 즉, 상술한 구성과 관련하여 무선 통신 시스템에서 기지국, 제 1 타입 단말 및 제 2 타입 단말은 서로 연계되어 동작하는 시스템일 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.

[0171] 상술한 본 발명의 실시예들은 다양한 수단을 통해 구현될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 실시예들은 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어 또는 그것들의 결합 등에 의해 구현될 수 있다.

[0172] 하드웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 실시예들에 따른 방법은 하나 또는 그 이상의 ASICs(Application Specific Integrated Circuits), DSPs(Digital Signal Processors), DSPDs(Digital Signal Processing Devices), PLDs(Programmable Logic Devices), FPGAs(Field Programmable Gate Arrays), 프로세서, 컨트롤러, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서 등에 의해 구현될 수 있다.

[0173] 펌웨어나 소프트웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 실시예들에 따른 방법은 이상에서 설명된 기능 또는 동작들을 수행하는 모듈, 절차 또는 함수 등의 형태로 구현될 수 있다. 소프트웨어 코드는 메모리 유닛에 저장되어 프로세서에 의해 구동될 수 있다. 상기 메모리 유닛은 상기 프로세서 내부 또는 외부에 위치하여, 이미 공지된 다양한 수단에 의해 상기 프로세서와 데이터를 주고 받을 수 있다.

[0174] 상술한 바와 같이 개시된 본 발명의 바람직한 실시형태에 대한 상세한 설명은 당업자가 본 발명을 구현하고 실시할 수 있도록 제공되었다. 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시 형태를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명은 여기에 나타난 실시형태들에 제한되려는 것이 아니라, 여기서 개시된 원리들 및 신규한 특징들과 일치하는 최광의 범위를 부여하려는 것이다. 또한, 이상에서는 본 명세서의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 명세서는 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 명세서의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형 실시들은 본 명세서의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어서는 안될 것이다.

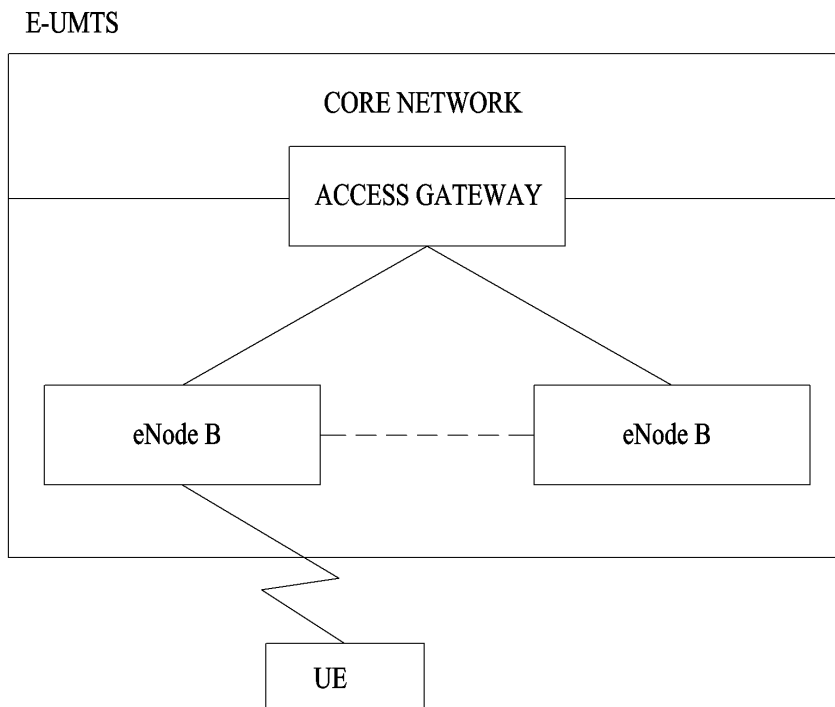
[0175] 그리고 당해 명세서에서는 물건 발명과 방법 발명이 모두 설명되고 있으며, 필요에 따라 양 발명의 설명은 보충적으로 적용될 수 있다.

부호의 설명

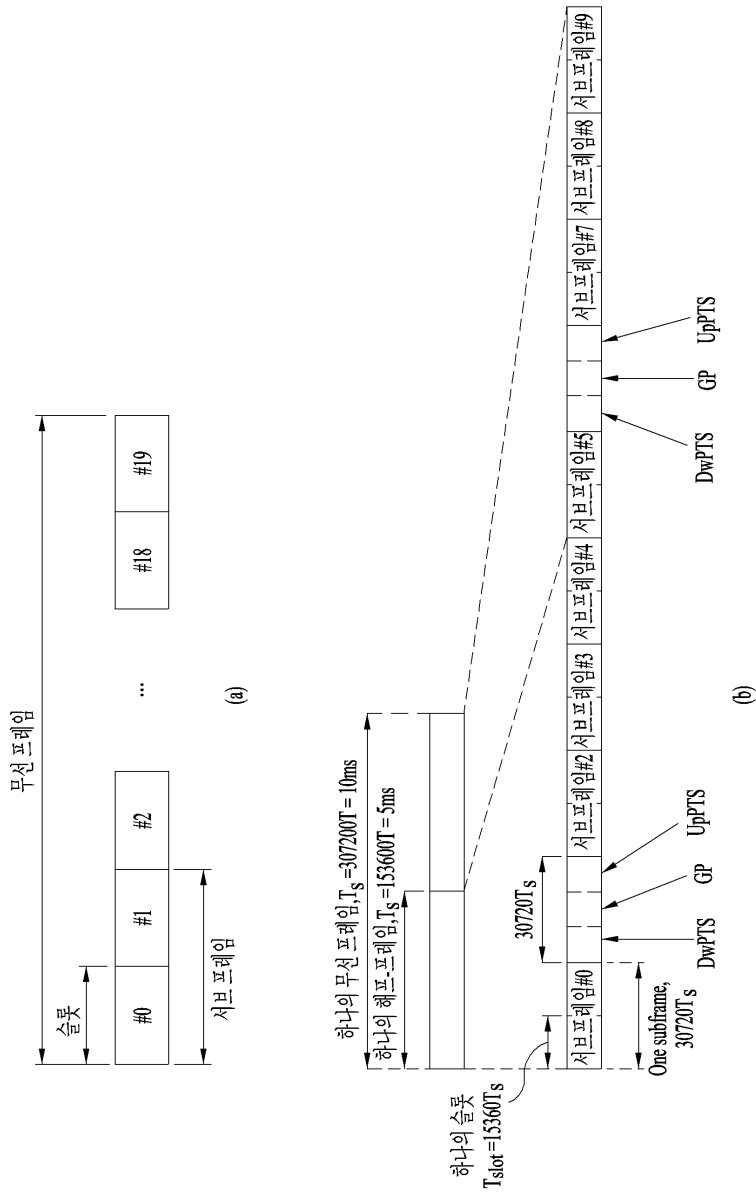
- [0176] 100 : 기지국
- 110 : 기지국의 송신 모듈
- 120 : 기지국의 프로세서
- 130 : 기지국의 수신 모듈
- 200 : 단말
- 210 : 단말의 송신 모듈
- 220 : 단말의 프로세서
- 230 : 단말의 수신 모듈

도면

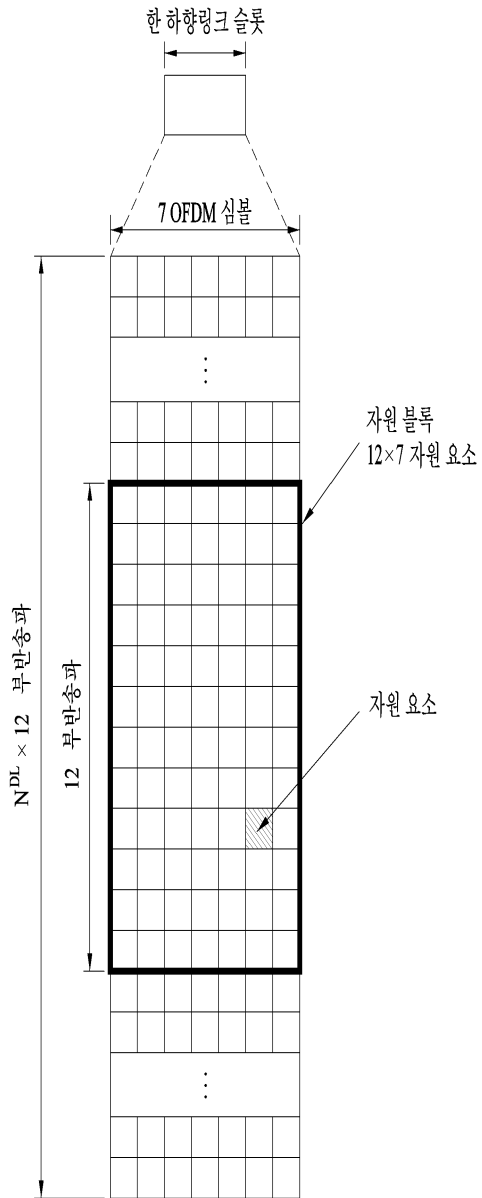
도면1



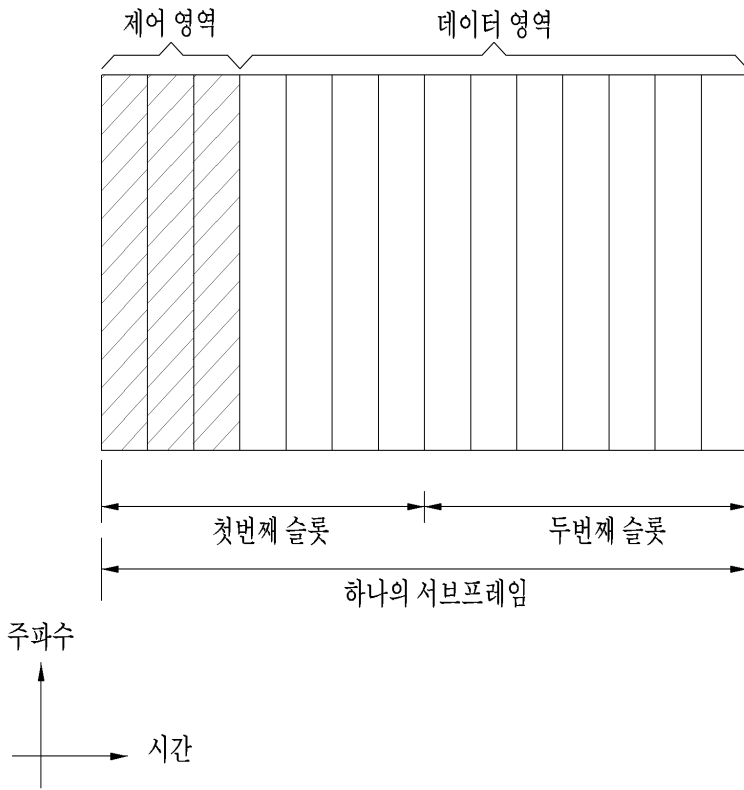
도면2



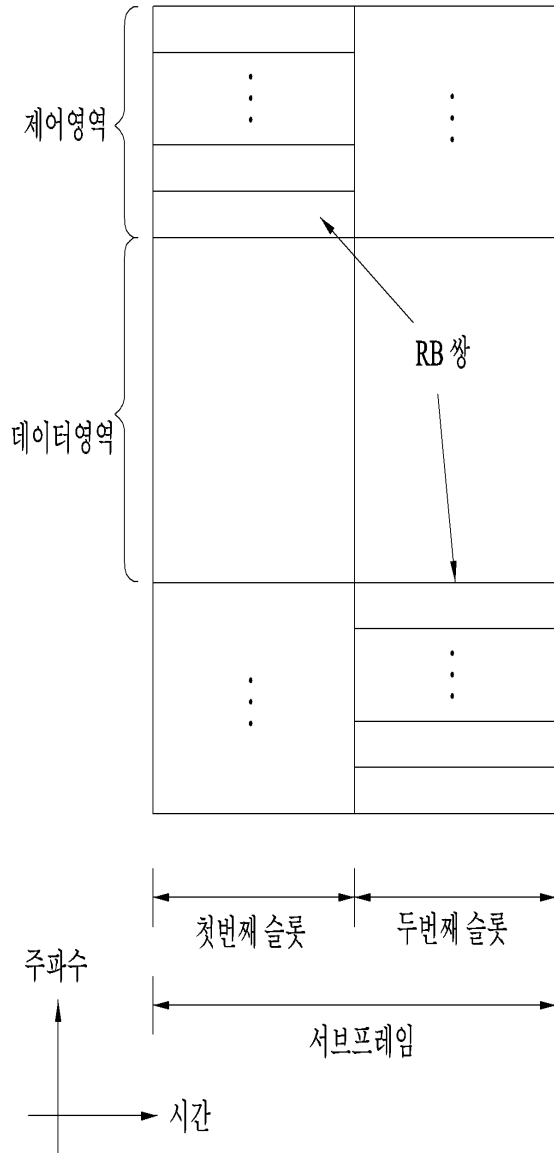
도면3



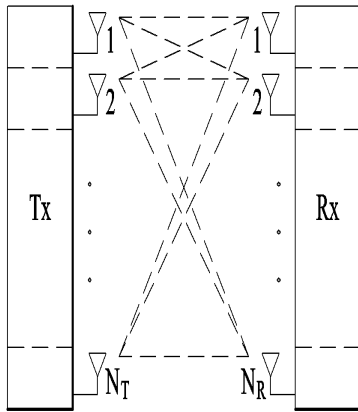
도면4



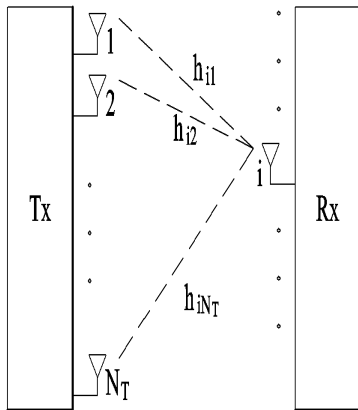
도면5



도면6

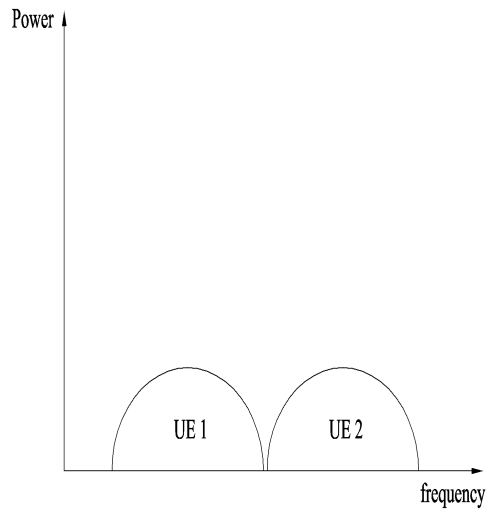


(a)

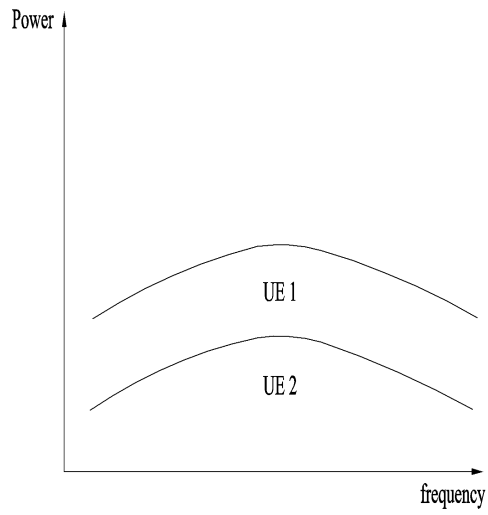


(b)

도면7

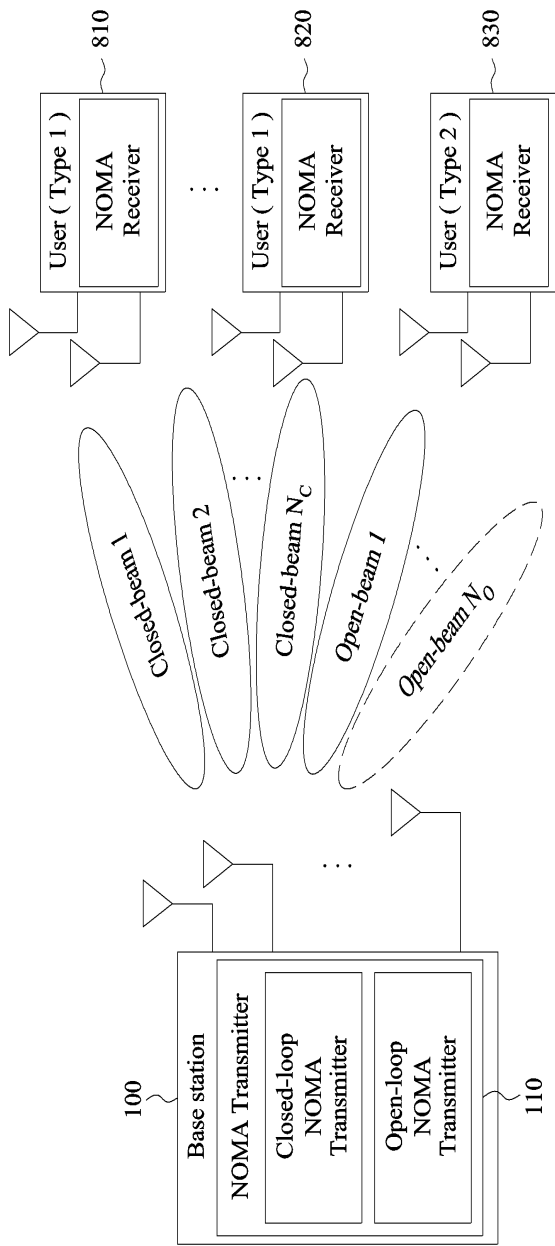


(a) OFDMA

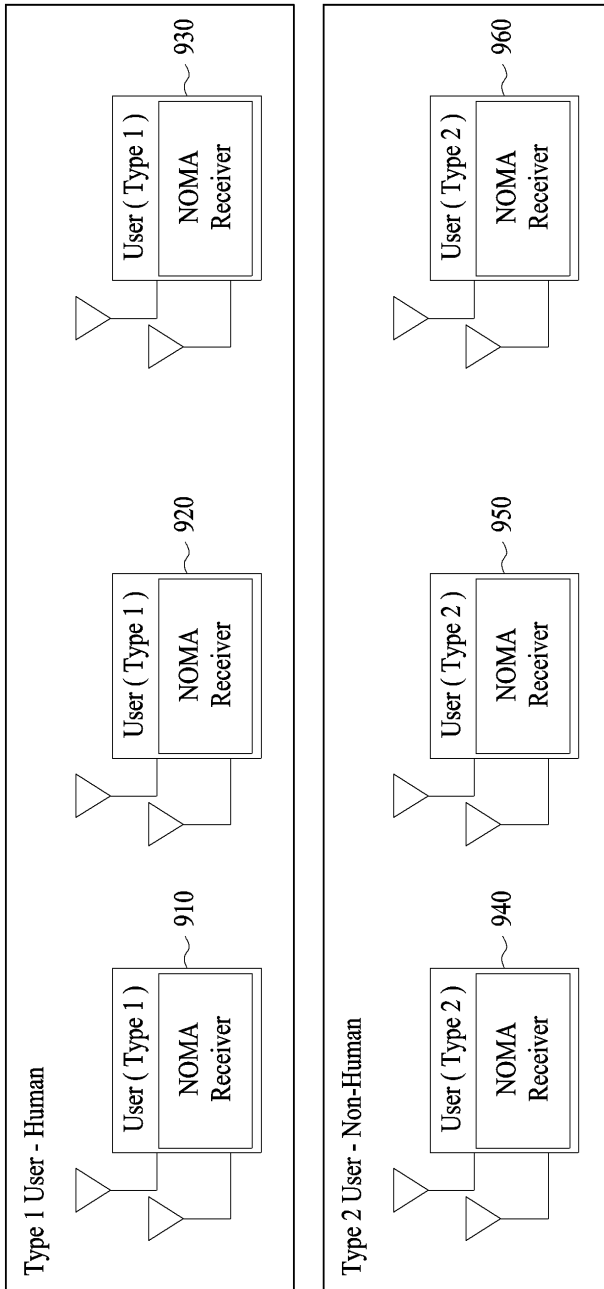


(b) NOMA

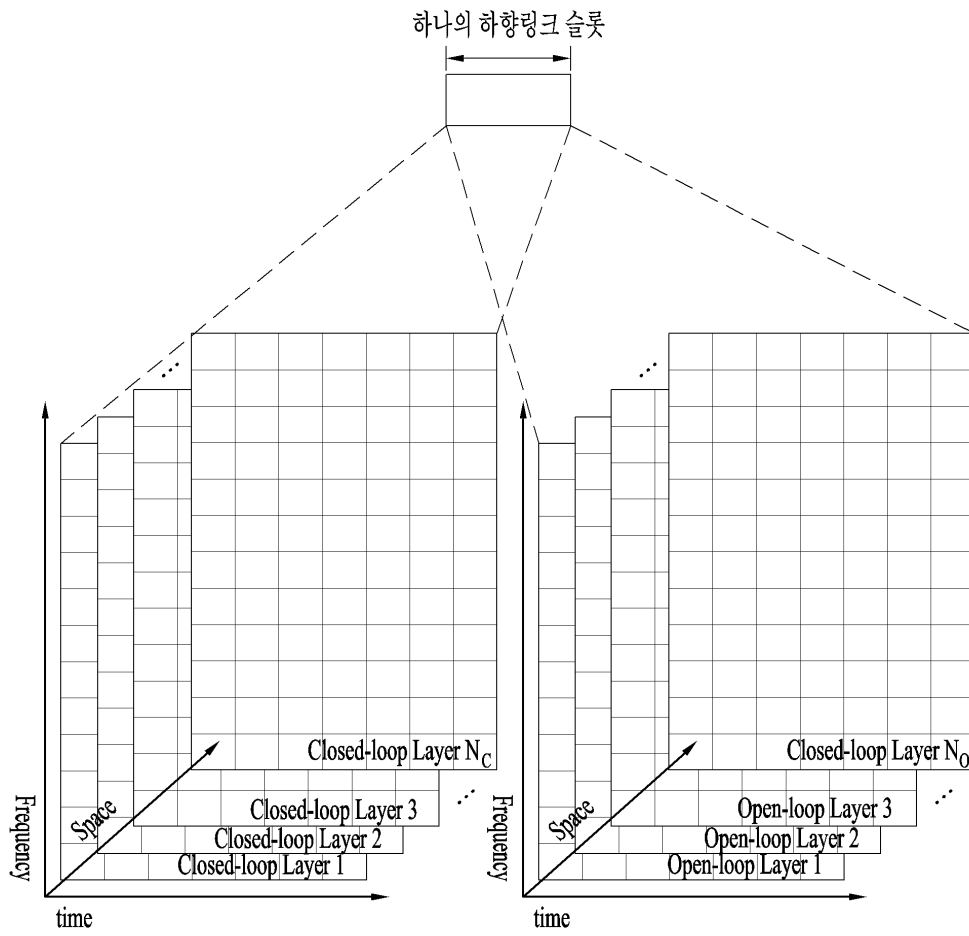
도면8



도면9



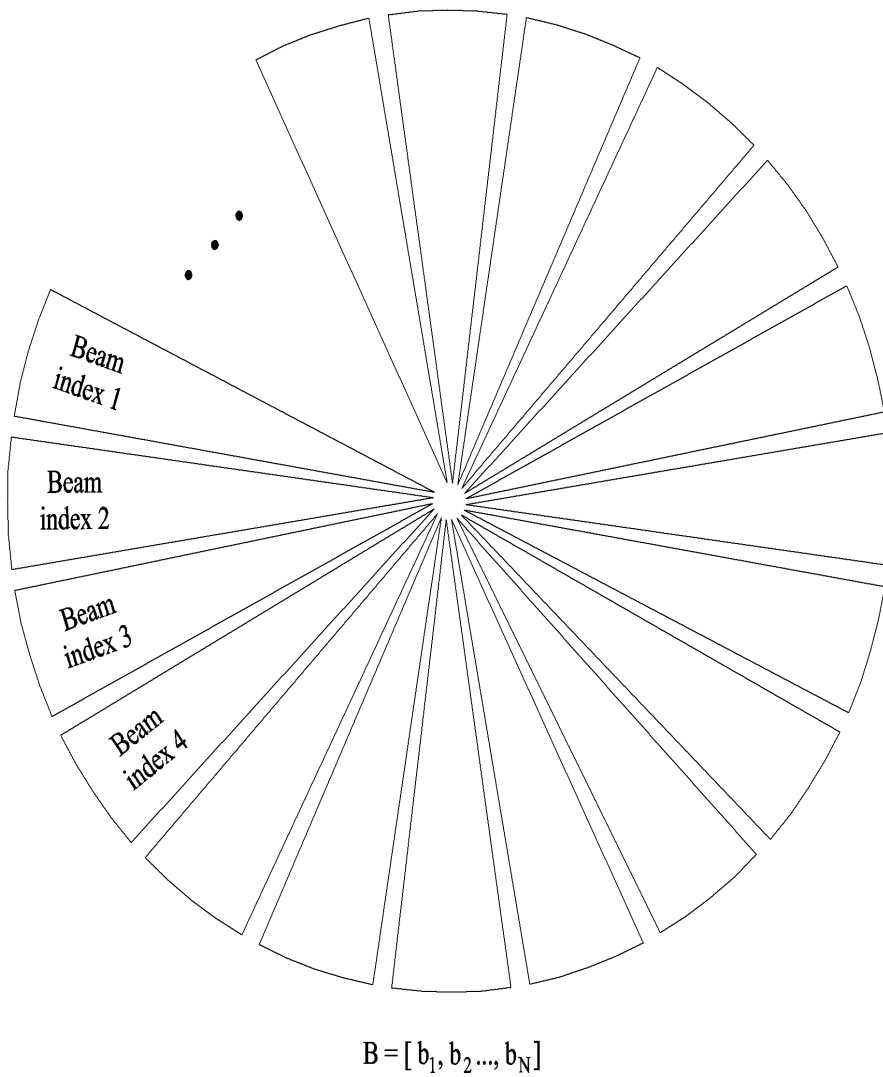
도면10



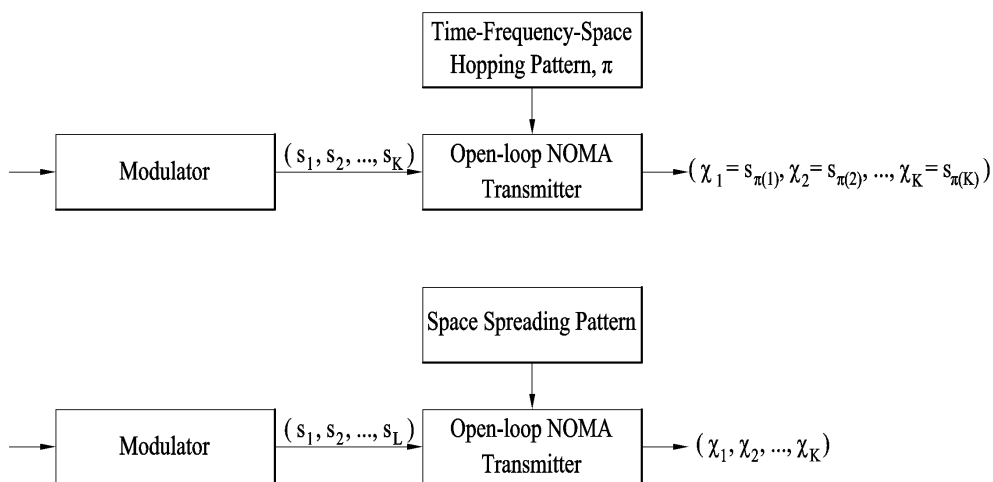
(a) Resource block for type-1 UEs

(b) Resource block for type-2 UEs

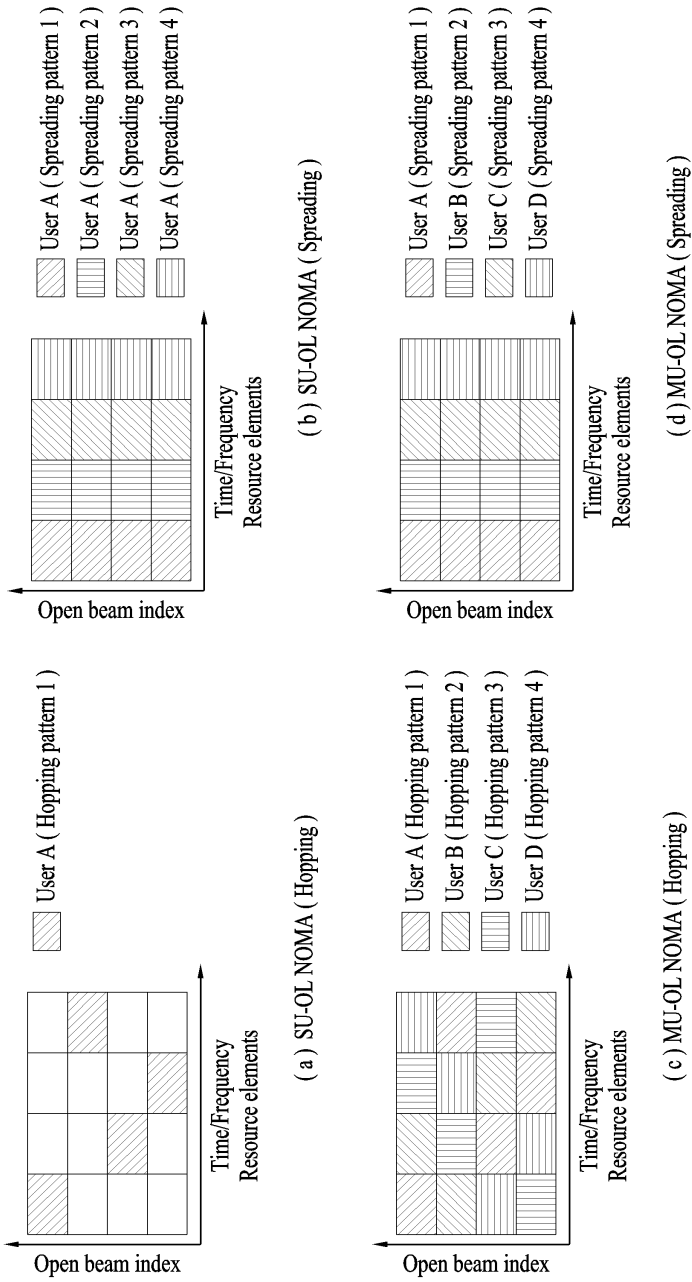
도면11



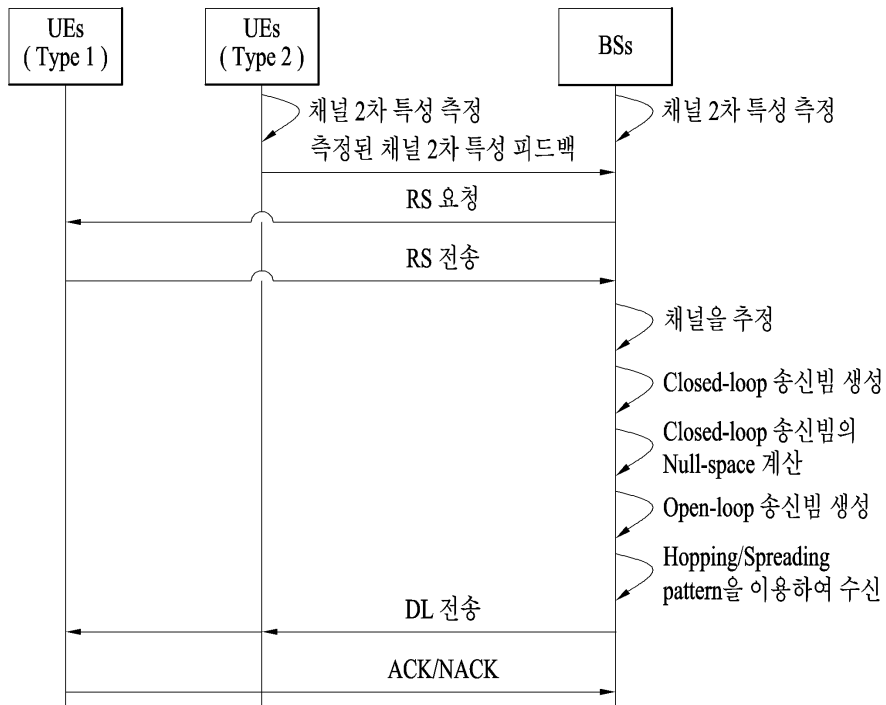
도면12



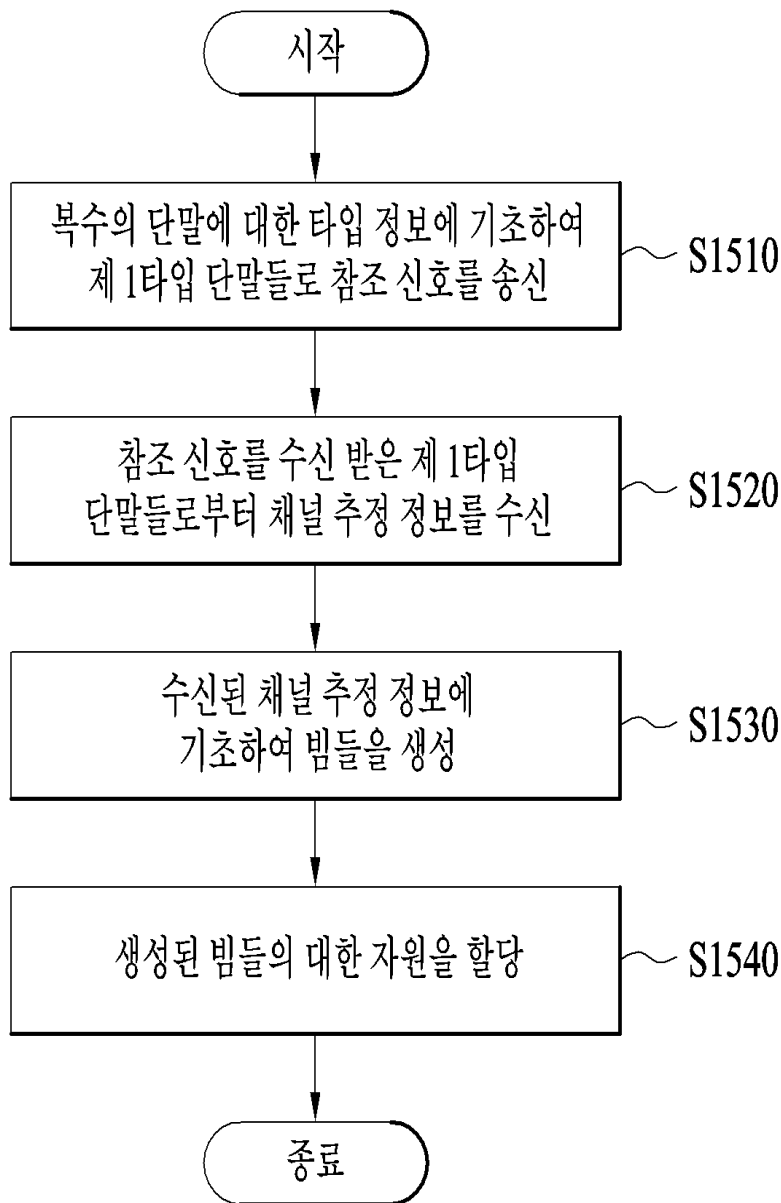
도면13



도면14



도면15



도면16

