



(12) 등록특허공보(B1)

(24) 등록일자 2020년07월13일

- (뒷면에 계속)

- 민영준

심사관 : 나용수

- (54) 발명의 명칭 비직교 다중 접속 시스템에서 다중 접속 제어 장치 및 이의 자원 중첩비 조절 방법

본 실시예는 비직교 다중 접속 시스템(Non-Orthogonal Multiple Access)에 있어서, 다수의 사용자 단말을 거리에 따라 근거리 단말과 원거리 단말로 구분하여 자원을 할당하고, 원거리 단말에 할당된 자원 중 근거리 단말이 중첩으로 공유하여 사용하는 비율인 근거리 자원 중첩비와 근거리 단말에 할당된 자원 중 원거리 단말이 중첩으로 공유하여 사용하는 비율인 원거리 자원 중첩비를 기지정된 가변량 단위로 조절하면서 근거리 단말과 원거리 단말의 용량을 서로 다르게 지정된 방식으로 계산하며, 계산된 근거리 단말과 원거리 단말의 용량에 따라 근거리 자원 중첩비와 원거리 자원 중첩비를 선택하는 다중 접속 제어 장치 및 이의 자원 중첩비 조절 방법을 제공할 수 있다. 따라서 비직교 다중 접속 시스템을 부분 비직교 다중 접속 시스템으로 전환하여 합 용량을 최대로 하거나 사용자 단말별 용량의 차인 겹 용량을 줄이면서도 합 용량을 기존보다 향상시킬 수 있다.

(52) CPC특허분류  
H04W 72/1231 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌  
KR1020170073138 A  
KR1020160118992 A  
EP3386243 A1  
US20150327180 A1

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017-11-1876

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터(NIPA산하)

연구사업명 정보통신방송연구개발사업

연구과제명 [이지바로] IoT 환경에서 Massive connectivity를 위한 5G 기반 저전력, 저복잡도의 전송  
및 변조, 부호화 원천 기술 개발 (3/4)

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교 산학협력단

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

비직교 다중 접속 시스템(Non-Orthogonal Multiple Access)에 있어서,  
다수의 사용자 단말을 거리에 따라 근거리 단말과 원거리 단말로 구분하여 자원을 할당하고,  
상기 원거리 단말에 할당된 자원 중 상기 근거리 단말이 중첩으로 공유하여 사용하는 비율인 근거리 자원 중첩비와 상기 근거리 단말에 할당된 자원 중 상기 원거리 단말이 중첩으로 공유하여 사용하는 비율인 원거리 자원 중첩비를 기지정된 가변량 단위로 조절하면서 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량을 서로 다르게 지정된 방식으로 계산하며,  
계산된 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량에 따라 상기 근거리 자원 중첩비와 상기 원거리 자원 중첩비를 선택하는 다중 접속 제어 장치.

#### 청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 다중 접속 제어 장치는  
상기 근거리 자원 중첩비와 상기 원거리 자원 중첩비 중 하나를 상기 가변량 단위로 조절하면서, 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량의 합인 합 용량이 증가되는 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 우선 선택하고,  
선택된 하나의 자원 중첩비에 기초하여 나머지 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 조절하면서, 상기 합 용량이 증가되는 나머지 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 선택하는 다중 접속 제어 장치.

#### 청구항 3

제2 항에 있어서, 상기 다중 접속 제어 장치는  
상기 근거리 자원 중첩비와 상기 원거리 자원 중첩비 각각의 초기값을 1로 설정하고,  
상기 원거리 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 감소시키는 동안, 상기 합 용량이 증가되면, 감소된 원거리 자원 중첩비를 업데이트하고, 상기 합 용량이 감소되면, 이전 업데이트된 원거리 자원 중첩비를 선택하며,  
상기 근거리 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 감소시키는 동안, 상기 합 용량이 증가되면, 감소된 근거리 자원 중첩비를 업데이트하고, 상기 합 용량이 감소되면, 이전 업데이트된 상기 근거리 자원 중첩비를 선택하는 다중 접속 제어 장치.

#### 청구항 4

제1 항에 있어서, 상기 다중 접속 제어 장치는  
상기 근거리 자원 중첩비와 상기 원거리 자원 중첩비 중 하나를 상기 가변량 단위로 조절하면서, 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량의 합인 합 용량이 기지정된 초기 합 용량 이상이고, 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량의 차의 크기를 나타내는 갭 용량이 감소되는 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 우선 선택하고,  
선택된 하나의 자원 중첩비에 기초하여 나머지 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 조절하면서, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이고, 상기 갭 용량이 감소되는 나머지 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 선택하는 다중 접속 제어 장치.

#### 청구항 5

제4 항에 있어서, 상기 다중 접속 제어 장치는  
상기 근거리 자원 중첩비의 초기값을 0으로 설정하고 상기 원거리 자원 중첩비의 초기값을 1로 설정하여, 초기

갭 용량을 계산하고,

상기 근거리 자원 중첩비와 상기 원거리 자원 중첩비 각각이 1인 경우의 상기 합 용량을 상기 초기 합 용량으로 계산하며,

상기 근거리 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 증가시키는 동안, 상기 갭 용량이 감소되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이면, 증가된 근거리 자원 중첩비를 업데이트하고,

상기 근거리 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 증가시키는 동안, 상기 갭 용량이 감소되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이면, 이전 업데이트된 상기 근거리 자원 중첩비를 임시 선택하며,

상기 원거리 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 감소시켜 상기 갭 용량이 감소되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 미만이면, 상기 원거리 자원 중첩비를 반복적으로 감소시키고,

감소된 상기 원거리 자원 중첩비에 따른 상기 갭 용량이 감소되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이면, 감소된 원거리 자원 중첩비를 업데이트하는 다중 접속 제어 장치.

## 청구항 6

제5 항에 있어서, 상기 다중 접속 제어 장치는

감소된 상기 원거리 자원 중첩비에 따른 상기 갭 용량이 증가되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이면, 임시 선택된 근거리 자원 중첩비를 반복적으로 감소시키고,

감소된 근거리 자원 중첩비에 따른 상기 갭 용량이 증가되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 미만이면, 업데이트된 상기 근거리 자원 중첩비 및 원거리 자원 중첩비를 선택하는 다중 접속 제어 장치.

## 청구항 7

제1 항에 있어서, 상기 다중 접속 제어 장치는

상기 근거리 단말의 용량을 수학식

$$C_{near} = (1 + \alpha) \log_2 \left( \frac{w + (1 + \gamma\alpha - (1 - \gamma)\beta)}{w} \right)$$

(여기서  $C_{near}$  은 근거리 단말의 용량을 나타내고,  $\alpha$ ,  $\beta$  는 각각 근거리 자원 중첩비 및 원거리 자원 중첩비를 나타내며,  $\gamma$  는 총 송신 전력에서 근거리 단말에 할당되는 전력의 크기를 나타내는 전력 할당 계수이며,  $w = \sigma_{near}^2/P$  다.  $\sigma_{near}^2$  은 근거리 단말의 잡음 전력을 나타내고, P는 총 송신 전력을 나타낸다.)

에 따라 획득하고,

상기 원거리 단말의 용량을 수학식

$$C_{far} = (1 + \beta) \log_2 \left( \frac{1 + \beta + v}{(\alpha + \beta)\gamma + v} \right)$$

(여기서  $C_{far}$  은 원거리 단말의 용량을 나타내고,  $v = \sigma_{far}^2/P$  이며,  $\sigma_{far}^2$  는 원거리 단말의 잡음 전력을 나타낸다.)

에 따라 획득하는 다중 접속 제어 장치.

## 청구항 8

비직교 다중 접속 시스템(Non-Orthogonal Multiple Access)의 자원 중첩비 조절 방법에 있어서,

다수의 사용자 단말을 거리에 따라 근거리 단말과 원거리 단말로 구분하여 자원을 할당하는 단계;

상기 원거리 단말에 할당된 자원 중 상기 근거리 단말이 중첩으로 공유하여 사용하는 비율인 근거리 자원 중첩

비와 상기 근거리 단말에 할당된 자원 중 상기 원거리 단말이 중첩으로 공유하여 사용하는 비율인 원거리 자원 중첩비를 기지정된 가변량 단위로 조절하면서 서로 다르게 지정된 방식으로 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량을 계산하며,

계산된 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량에 따라 상기 근거리 자원 중첩비와 상기 원거리 자원 중첩비를 선택하는 단계; 를 포함하는 자원 중첩비 조절 방법.

#### 청구항 9

제8 항에 있어서, 상기 선택하는 단계는

상기 근거리 자원 중첩비와 상기 원거리 자원 중첩비 중 하나를 상기 가변량 단위로 조절하면서, 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량의 합인 합 용량이 증가되는 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 우선 선택하는 단계; 및

선택된 하나의 자원 중첩비에 기초하여 나머지 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 조절하면서, 상기 합 용량이 증가되는 나머지 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 선택하는 단계; 를 포함하는 자원 중첩비 조절 방법.

#### 청구항 10

제9 항에 있어서, 상기 우선 선택하는 단계는

상기 근거리 자원 중첩비와 상기 원거리 자원 중첩비 각각의 초기값을 1로 설정하는 단계;

상기 원거리 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 감소시키는 단계;

상기 합 용량이 증가되면, 감소된 원거리 자원 중첩비를 업데이트하는 단계; 및

상기 합 용량이 감소되면, 이전 업데이트된 원거리 자원 중첩비를 선택하는 단계; 를 포함하는 자원 중첩비 조절 방법.

#### 청구항 11

제10 항에 있어서, 상기 나머지 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 선택하는 단계는

상기 근거리 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 감소시키는 단계;

상기 합 용량이 증가되면, 감소된 근거리 자원 중첩비를 업데이트하는 단계; 및

상기 합 용량이 감소되면, 이전 업데이트된 상기 근거리 자원 중첩비를 선택하는 단계; 를 포함하는 자원 중첩비 조절 방법.

#### 청구항 12

제8 항에 있어서, 상기 선택하는 단계는

상기 근거리 자원 중첩비와 상기 원거리 자원 중첩비 중 하나를 상기 가변량 단위로 조절하면서, 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량의 합인 합 용량이 기지정된 초기 합 용량 이상이고, 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량의 차의 크기를 나타내는 갭 용량이 감소되는 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 우선 선택하는 단계; 및

선택된 하나의 자원 중첩비에 기초하여 나머지 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 조절하면서, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이고, 상기 갭 용량이 감소되는 나머지 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 선택하는 단계; 를 포함하는 자원 중첩비 조절 방법.

#### 청구항 13

제12 항에 있어서, 상기 우선 선택하는 단계는

상기 근거리 자원 중첩비의 초기값을 0으로 설정하고 상기 원거리 자원 중첩비의 초기값을 1로 설정하여, 초기 갭 용량을 계산하는 단계;

상기 근거리 자원 중첩비와 상기 원거리 자원 중첩비 각각이 1인 경우의 상기 합 용량을 상기 초기 합 용량으로

계산하는 단계;

상기 근거리 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 증가시키는 단계;

상기 겹 용량이 감소되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이면, 증가된 근거리 자원 중첩비를 업데이트하는 단계; 및

상기 겹 용량이 감소되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이면, 이전 업데이트된 상기 근거리 자원 중첩비를 임시 선택하는 단계; 를 포함하는 자원 중첩비 조절 방법.

#### 청구항 14

제12 항에 있어서, 상기 나머지 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 선택하는 단계는

상기 원거리 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 감소시키는 단계;

감소된 상기 원거리 자원 중첩비에 따른 상기 겹 용량이 감소되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 미만이면, 상기 원거리 자원 중첩비를 반복적으로 감소시키는 단계; 및

감소된 상기 원거리 자원 중첩비에 따른 상기 겹 용량이 감소되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이면, 감소된 원거리 자원 중첩비를 업데이트하는 단계; 를 포함하는 자원 중첩비 조절 방법.

#### 청구항 15

제14 항에 있어서, 상기 나머지 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 선택하는 단계는

감소된 상기 원거리 자원 중첩비에 따른 상기 겹 용량이 증가되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이면, 임시 선택된 근거리 자원 중첩비를 감소시키는 단계; 및

감소된 근거리 자원 중첩비에 따른 상기 겹 용량이 증가되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 미만이면, 업데이트된 상기 근거리 자원 중첩비 및 원거리 자원 중첩비를 선택하는 단계; 를 더 포함하는 자원 중첩비 조절 방법.

#### 청구항 16

제8 항에 있어서, 상기 근거리 단말의 용량은

수학식

$$C_{near} = (1 + \alpha) \log_2 \left( \frac{w + (1 + \gamma\alpha - (1 - \gamma) \beta)}{w} \right)$$

(여기서  $C_{near}$  은 근거리 단말의 용량을 나타내고,  $\alpha$ ,  $\beta$  는 각각 근거리 자원 중첩비 및 원거리 자원 중첩비를 나타내며,  $\gamma$  는 총 송신 전력에서 근거리 단말에 할당되는 전력의 크기를 나타내는 전력 할당 계수이며,  $w = \sigma_{near}^2 / P$  다.  $\sigma_{near}^2$  은 근거리 단말의 잡음 전력을 나타내고, P는 총 송신 전력을 나타낸다.)

에 따라 획득하고,

상기 원거리 단말의 용량은

수학식

$$C_{far} = (1 + \beta) \log_2 \left( \frac{1 + \beta + v}{(\alpha + \beta) \gamma + v} \right)$$

(여기서  $C_{far}$  은 원거리 단말의 용량을 나타내고,  $v = \sigma_{far}^2 / P$  이며,  $\sigma_{far}^2$  는 원거리 단말의 잡음 전력을 나타낸다.)

에 따라 획득하는 자원 중첩비 조절 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 비직교 다중 접속 시스템의 다중 접속 제어 장치 및 이의 자원 중첩비 조절 방법에 관한 것으로, 사용자간 신호의 중첩 비율을 조절하여 용량 및 품질을 최적화할 수 있는 비직교 다중 접속 시스템의 다중 접속 제어 장치 및 이의 자원 중첩비 조절 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 5G 무선 통신 시스템에서는 스펙트럼 효율성, 동시 지원 사용자 수, 사용자 공정성 등을 향상시키기 위한 방안으로 비직교 다중 접속(Non-Orthogonal Multiple Access: 이하 NOMA) 기법에 대한 논의가 계속되고 있다.

[0003] NOMA는 시간/주파수/코드 도메인 모두를 이용하는 비직교 자원을 정의하여, 기존의 직교 주파수 분할 다중 접속(Orthogonal Frequency Division Multiple Access: 이하 OFDMA) 대비 최대 300%의 사용자를 큰 성능 열화 없이 서비스 할 수 있다.

[0004] NOMA는 크게 코드 도메인 NOMA와 전력 도메인 NOMA로 분류될 수 있다. 코드 도메인 NOMA는 업 링크 환경에서 지원 사용자의 수를 동시에 늘리기 위한 방식으로 LDS(low density spreading), SCMA (sparse code multiple access), PDMA (pattern division multiple access) 등의 다양한 종류로 제안되고 있다.

[0005] 반면, 전력 도메인 NOMA는 다운 링크 환경에서 스펙트럼 효율을 높이기 위해 제안된 방식으로, 중첩 코딩(superposition coding)을 이용하여 사용자 단말의 신호를 시간 및 주파수 영역에서 중첩한다. 즉 다수의 사용자 단말들이 자원을 공유하여 사용하도록 한다. 그러나 동일한 자원에서 신호가 중첩되면 사용자 단말 사이에 간섭이 발생하게 되고 이로 인해 신호 대 간섭 및 잡음 비(Signal-to-Interference and Noise Ratio: 이하 SINR) 손실이 발생한다.

[0006] 이에 간섭 문제를 해결하고 전력 도메인 NOMA의 성능을 향상시키기 위한 많은 연구가 제안되어 왔으나, NOMA의 특성에 따라 전체 시간 구간의 모든 서브캐리어(Subcarrier)에서 전력을 분할하는 완전 중첩(full overlap) 상황 하에서 수행되어 왔으므로, SINR을 줄이기 어렵다는 한계가 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국 공개 특허 제10-2018-0059111호 (2018.06.04 공개)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 신호의 중첩 비율을 조절하여 SINR 손실을 저감시킴으로써, 사용자 단말들의 다운 링크 합 용량을 증가시킬 수 있는 비직교 다중 접속 시스템의 다중 접속 제어 장치 및 이의 자원 중첩비 조절 방법을 제공하는데 있다.

[0009] 본 발명의 다른 목적은 신호의 중첩 비율을 조절하여 사용자 단말 사이의 다운 링크 용량의 공정성을 향상시킬 수 있는 비직교 다중 접속 시스템의 다중 접속 제어 장치 및 이의 자원 중첩비 조절 방법을 제공하는데 있다.

### 과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 비직교 다중 접속 시스템의 다중 접속 제어 장치는 다수의 사용자 단말을 거리에 따라 근거리 단말과 원거리 단말로 구분하여 자원을 할당하고, 상기 원거리 단말에 할당된 자원 중 상기 근거리 단말이 중첩으로 공유하여 사용하는 비율인 근거리 자원 중첩비와 상기 근거리 단말에 할당된 자원 중 상기 원거리 단말이 중첩으로 공유하여 사용하는 비율인 원거리 자원 중첩비를 기지정된 가변량 단위로 조절하면서 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량을 서로 다르게 지정된 방식으로 계산하

며, 계산된 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량에 따라 상기 근거리 자원 중첩비와 상기 원거리 자원 중첩비를 선택한다.

[0011] 상기 다중 접속 제어 장치는 상기 근거리 자원 중첩비와 상기 원거리 자원 중첩비 중 하나를 상기 가변량 단위로 조절하면서, 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량의 합인 합 용량이 증가되는 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 우선 선택하고, 선택된 하나의 자원 중첩비에 기초하여 나머지 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 조절하면서, 상기 합 용량이 증가되는 나머지 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 선택할 수 있다.

[0012] 상기 다중 접속 제어 장치는 상기 근거리 자원 중첩비와 상기 원거리 자원 중첩비 각각의 초기값을 1로 설정하고, 상기 원거리 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 감소시키는 동안, 상기 합 용량이 증가되면, 감소된 원거리 자원 중첩비를 업데이트하고, 상기 합 용량이 감소되면, 이전 업데이트된 원거리 자원 중첩비를 선택하며, 상기 근거리 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 감소시키는 동안, 상기 합 용량이 증가되면, 감소된 근거리 자원 중첩비를 업데이트하고, 상기 합 용량이 감소되면, 이전 업데이트된 상기 근거리 자원 중첩비를 선택할 수 있다.

[0013] 상기 다중 접속 제어 장치는 상기 근거리 자원 중첩비와 상기 원거리 자원 중첩비 중 하나를 상기 가변량 단위로 조절하면서, 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량의 합인 합 용량이 기설정된 초기 합 용량 이상이고, 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량의 차의 크기를 나타내는 갭 용량이 감소되는 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 우선 선택하고, 선택된 하나의 자원 중첩비에 기초하여 나머지 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 조절하면서, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이고, 상기 갭 용량이 감소되는 나머지 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 선택할 수 있다.

[0014] 상기 다중 접속 제어 장치는 상기 근거리 자원 중첩비의 초기값을 0으로 설정하고 상기 원거리 자원 중첩비의 초기값을 1로 설정하여, 초기 갭 용량을 계산하고, 상기 근거리 자원 중첩비와 상기 원거리 자원 중첩비 각각이 1인 경우의 상기 합 용량을 상기 초기 합 용량으로 계산하며, 상기 근거리 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 증가시키는 동안, 상기 갭 용량이 감소되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이면, 증가된 근거리 자원 중첩비를 업데이트하고, 상기 근거리 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 증가시키는 동안, 상기 갭 용량이 감소되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이면, 이전 업데이트된 상기 근거리 자원 중첩비를 임시 선택하며, 상기 원거리 자원 중첩비를 상기 가변량 단위로 감소시켜 상기 갭 용량이 감소되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 미만이면, 상기 원거리 자원 중첩비를 반복적으로 감소시키고, 감소된 상기 원거리 자원 중첩비에 따른 상기 갭 용량이 감소되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이면, 감소된 원거리 자원 중첩비를 업데이트할 수 있다.

[0015] 상기 다중 접속 제어 장치는 감소된 상기 원거리 자원 중첩비에 따른 상기 갭 용량이 증가되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이면, 임시 선택된 근거리 자원 중첩비를 반복적으로 감소시키고, 감소된 근거리 자원 중첩비에 따른 상기 갭 용량이 증가되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 미만이면, 업데이트된 상기 근거리 자원 중첩비 및 원거리 자원 중첩비를 선택할 수 있다.

[0016] 상기 다중 접속 제어 장치는 상기 근거리 단말의 용량을 수학식

$$C_{near} = (1 + \alpha) \log_2 \left( \frac{w + (1 + \gamma\alpha - (1 - \gamma)\beta)}{w} \right)$$

[0017] (여기서  $C_{near}$  은 근거리 단말의 용량을 나타내고,  $\alpha$ ,  $\beta$  는 각각 근거리 자원 중첩비 및 원거리 자원 중첩비를 나타내며,  $\gamma$  는 총 송신 전력에서 근거리 단말에 할당되는 전력의 크기를 나타내는 전력 할당 계수이며,  $w = \sigma_{near}^2/P$  다.  $\sigma_{near}^2$  은 근거리 단말의 잡음 전력을 나타내고, P는 총 송신 전력을 나타낸다.)

[0019] 에 따라 획득하고, 상기 원거리 단말의 용량을 수학식

$$C_{far} = (1 + \beta) \log_2 \left( \frac{1 + \beta + v}{(\alpha + \beta)\gamma + v} \right)$$

[0020] (여기서  $C_{far}$  은 원거리 단말의 용량을 나타내고,  $v = \sigma_{far}^2/P$  이며,  $\sigma_{far}^2$  는 원거리 단말의 잡음 전력을



나타낸다.)에 따라 획득할 수 있다.

[0022] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 부분 비직교 다중 접속 시스템의 자원 중첩비 조절 방법은 다수의 사용자 단말을 거리에 따라 근거리 단말과 원거리 단말로 구분하여 자원을 할당하는 단계; 상기 원거리 단말에 할당된 자원 중 상기 근거리 단말이 중첩으로 공유하여 사용하는 비율인 근거리 자원 중첩비와 상기 근거리 단말에 할당된 자원 중 상기 원거리 단말이 중첩으로 공유하여 사용하는 비율인 원거리 자원 중첩비를 기지정된 가변량 단위로 조절하면서 서로 다르게 지정된 방식으로 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량을 계산하며, 계산된 상기 근거리 단말과 상기 원거리 단말의 용량에 따라 상기 근거리 자원 중첩비와 상기 원거리 자원 중첩비를 선택하는 단계; 를 포함한다.

### 발명의 효과

[0023] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 비직교 다중 접속 시스템의 다중 접속 제어 장치 및 이의 자원 중첩비 조절 방법은 각 사용자 단말에 할당되는 자원 중 중첩되어 할당되는 자원 영역의 비율을 나타내는 자원 중첩비를 조절하여, 각 사용자 단말의 비공유 자원 및 공유 자원의 비율을 조절할 수 있다. 특히 자원 중첩비를 조절하고, 조절된 자원 중첩비에 따른 사용자 단말별 용량을 계산하여 합 용량을 최대로 하여, 부분 비직교 다중 접속 시스템의 전체 용량을 향상시킬 수 있다. 뿐만 아니라, 사용자 단말별 용량의 차인 갭 용량을 줄이면서도 합 용량을 기존보다 향상시킬 수 있도록 한다.

### 도면의 간단한 설명

[0024] 도1 은 비직교 다중 접속 시스템 모델을 나타낸다.

도2 는 본 발명의 일 실시예에 따른 부분 비직교 다중 접속 시스템 모델에서 부분 중첩의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

도3 은 근거리 단말 자원 중첩비와 원거리 단말 자원 중첩비에 따른 사용자 단말의 간섭량 변화를 설명하기 위한 도면이다.

도4 는 도1 의 모델에서 각 사용자 단말의 SINR을 계산하기 위한 P-NOMA의 자원 공유 구조를 설명하기 위한 도면이다.

도5 는 근거리 단말 자원 중첩비와 원거리 단말 자원 중첩비 변화에 따른 사용자 단말들의 용량 변화를 시뮬레이션한 결과를 나타낸다.

도6 은 근거리 단말 자원 중첩비와 원거리 단말 자원 중첩비 변화에 따른 합 용량 변화를 시뮬레이션한 결과를 나타낸다.

도7 은 근거리 단말 자원 중첩비 변화에 따른 사용자 단말별 용량 변화와 합 용량의 변화를 나타내는 그래프이다.

도8 은 SIC를 고려한 근거리 단말 자원 중첩비와 원거리 단말 자원 중첩비 변화에 따른 합 용량 변화를 시뮬레이션한 결과를 나타낸다.

도9 는 도8 에서 근거리 단말 자원 중첩비와 원거리 단말 자원 중첩비 각각의 변화에 따른 합 용량 변화를 나타낸 그래프이다.

도10 은 본 발명의 실시예에 따른 합 용량을 최대로 하기 위한 원거리 단말 자원 중첩비와 근거리 단말 자원 중첩비를 가변하는 개념을 설명하기 위한 도면이다.

도11 은 본 발명의 일 실시예에 따른 P-NOMA 시스템에서 자원 중첩비 조절 방법을 나타낸다.

도12 및 도13 은 본 발명의 따른 P-NOMA 시스템에서 자원 중첩비 조절 방법에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

도14 는 본 실시예에 따른 P-NOMA 시스템에서 자원 중첩비의 변화에 따른 합 용량과 갭 용량 사이의 관계를 시뮬레이션한 결과를 나타낸다.

도15 는 자원 중첩비의 변화에 따른 역 갭 용량의 변화를 나타낸다.

도16 은 도15 에서 역 갭 용량의 변화 그래프에서 합 용량이 초기 합 용량보다 낮은 영역을 배제하여 나타낸 결

과를 나타낸다.

도17 은 본 발명의 다른 실시예에 따른 P-NOMA 시스템에서 자원 중첩비 조절 방법을 나타낸다.

도18 은 도17 의 자원 중첩비 조절 방법에 따른 자원 중첩비가 가변되는 개념을 나타낸다.

도19 는 본 발명의 실시예에 따른 P-NOMA의 겹 용량을 시뮬레이션한 결과를 나타낸다.

도20 은 본 발명의 실시예에 따른 다중 접속 제어 장치의 개략적인 블록도를 나타낸다.

도21 는 도20 의 프로세서의 상세 블록도를 나타낸다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.
- [0026] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부재임을 나타낸다.
- [0027] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0028] 도1 은 비직교 다중 접속 시스템 모델을 나타낸다.
- [0029] 도1 을 참조하면, 본 발명의 비직교 다중 접속(Non-Orthogonal Multiple Access: 이하 NOMA) 시스템은 적어도 하나의 기지국(BS)과 다수의 사용자 단말(NUE, FUE)을 포함한다. 여기서 기지국(BS)과 사용자 단말(NUE, FUE) 각각은 하나의 안테나를 구비하는 것으로 가정하며, 사용자 단말(NUE, FUE)은 기지국(BS)로부터의 거리에 따라 근거리 단말(NUE)과 원거리 단말(FUE)로 구분되는 것으로 가정한다. 그리고 기지국(BS)에 상대적으로 인접한 근거리 단말(NUE)은 원거리 단말(FUE)에 비해 상대적으로 큰 채널 이득을 갖는다.
- [0030] 기지국(BS)은 다수의 사용자 단말(NUE, FUE)과의 랜덤 액세스 과정을 수행하여 다수의 사용자 단말(NUE, FUE) 각각을 식별할 수 있으며, 식별된 사용자 단말들(NUE, FUE)의 거리를 랜덤 액세스 과정에 획득되는 타이밍 어드밴스(Timing Advance: 이하 TA) 등을 이용하여 확인할 수 있다. 즉 기지국(BS)은 다수의 사용자 단말 중 근거리 단말(NUE)과 원거리 단말(FUE)을 용이하게 구분할 수 있다.
- [0031] 그리고 기지국(BS)은 다운 링크 환경에서 식별된 다수의 사용자 단말(NUE, FUE)이 자원을 공유하여 사용할 수 있도록 각 사용자 단말(NUE, FUE)의 다운 링크 용량을 조절할 수 있다.
- [0032] 상기한 바와 같이, 기존의 전력 도메인 NOMA는 전체 시간 구간의 모든 서브캐리어(subcarrier)에서 전력을 분할하는 완전 중첩(Full Overlap) 상황을 전제하므로, SINR을 줄이기 어렵다는 문제가 있다.
- [0033] 이에 본 발명에서는 NOMA 시스템의 기지국(BS)이 SINR 손실을 완화하기 위해, 다운 링크 환경에서 사용자 단말들(NUE, FUE)이 자원을 공유하는 중첩 영역을 조절할 수 있는 부분 비직교 다중 접속(Partial Non-Orthogonal Multiple Access: 이하 P-NOMA)을 제안한다.
- [0034] 설명의 편의를 위해, 이하에서는 기존의 전력 도메인 NOMA를 NOMA라 하고, 본 실시예에 따른 부분 비직교 다중 접속 기법을 P-NOMA라하여 구분한다.
- [0035] 도2 는 본 발명의 일 실시예에 따른 부분 비직교 다중 접속 시스템 모델에서 부분 중첩의 개념을 설명하기 위한 도면으로, 서로 다른 다중 접속(Multi Access: MA) 시스템에서의 자원 할당 방법을 나타낸다.
- [0036] 도2 에서 (a)는 기존의 OFDMA와 같은 OMA(orthogonal Multiple Access) 시스템을 나타내고, (b)는 본 실시예에 따른 P-NOMA 시스템을 나타내며, (c)는 기존의 NOMA 시스템을 나타낸다. 그리고 (a) 내지 (c) 각각에서 가로축은 서브캐리어(subcarrie)의 인덱스를 나타내고, 세로축은 송신 전력량을 나타낸다.
- [0037] (a)에 도시된 바와 같이, OMA 시스템에서는 근거리 단말(NUE)과 원거리 단말(FUE)에 각각에 서브캐리어가 구분

되어 할당된다. 즉 사용자 단말들(NUE, FUE)의 자원이 공유되지 않으므로, 신호가 중첩되지 않는다. 따라서 간섭이 발생되지 않는다.

[0038] 한편 NOMA 시스템은 사용자 단말들(NUE, FUE)들이 모든 서브캐리어를 공유한다. 즉 사용자 단말들(NUE, FUE)이 자원을 공유하여 이용하며, 송신 전력을 분할하여 할당함으로써, 각 사용자 단말들(NUE, FUE)에 대한 신호를 구분할 수 있도록 한다. NOMA 시스템에서는 사용자 단말들(NUE, FUE)의 신호가 완전 중첩됨으로써, 대역폭 효율을 향상시킬 수 있다. 반면, 자원이 공유됨에 따라 각 사용자 단말들(NUE, FUE)로부터의 신호 간섭이 발생한다. 비록 NOMA 시스템은 (c)에서와 같이 송신 전력을 분할하여 사용자 단말들(NUE, FUE)이 중첩 신호를 분리할 수 있도록 하지만, 이는 각 사용자 단말들(NUE, FUE)의 송신 전력이 (a)의 OMA 시스템에 비해 감소되도록 하여 SINR 손실을 유발하는 요인이 된다.

[0039] 그에 반해 (b)와 같이, 본 실시예에 따른 P-NOMA 시스템은 다수의 서브캐리어 중 일부에서만 서브캐리어가 공유되어 신호가 중첩되도록 한다. 서브캐리어가 공유되지 않는 비중첩 영역에서는 사용자 단말들(NUE, FUE)의 자원이 공유되지 않으므로, 신호가 중첩되지 않으며, 간섭이 발생되지 않는다. 반면, 서브캐리어가 공유되는 중첩 영역에서는 사용자 단말들(NUE, FUE)의 자원이 공유되므로, 전력 분할을 이용하여 사용자 단말들(NUE, FUE)이 신호를 구분할 수 있도록 한다.

[0040] 본 실시예에 따른 P-NOMA 시스템은 서브캐리어가 공유되는 중첩 영역의 크기 및 위치를 조절함으로써, SINR 손실을 저감하면서도 각 사용자 단말들의 용량을 합한 합 용량을 증가시킬 수 있도록 하거나, 근거리 단말(NUE)과 원거리 단말(FUE)이 공정하게 자원을 할당 받을 수 있도록 할 수 있다.

[0041] (b)에서  $\alpha$  및  $\beta$ 는 중첩 영역의 크기 및 위치를 표현하기 위한 매개 변수로서  $0 \leq \alpha, \beta \leq 1$  범위의 값을 갖는 실수이다.  $\alpha$ 는 원거리 단말(FUE)에 할당되는 자원(서브캐리어) 중 근거리 단말(NUE)에 중첩되어 할당되는 자원 영역의 비율로서 근거리 단말 자원 중첩비(Near UE's resource Overlap Ratio: 이하 NOR)라 하고,  $\beta$ 는 근거리 단말(NUE)에 할당되는 자원 중 원거리 단말(FUE)에 중첩되어 할당되는 자원 영역의 비율로서 원거리 단말 자원 중첩비(Far UE's resource Overlap Ratio: 이하 FOR)이라 한다.

[0042] 일례로 NOR( $\alpha$ )이 0이면, 근거리 단말(NUE)에 중첩되어 할당되는 자원이 0인 상태로 원거리 단말(FUE)은 할당된 자원 전체를 이용할 수 있다. 반면, NOR( $\alpha$ )이 1이면, 원거리 단말(FUE)에 할당되는 자원 전체가 근거리 단말(NUE)과 공동으로 중첩되어 이용된다.

[0043] NOR( $\alpha$ )과 FOR( $\beta$ )이 모두 0이면, 중첩 영역이 존재하지 않는 것이므로, (a)의 OMA 시스템과 동일하며, NOR( $\alpha$ )과 FOR( $\beta$ )이 모두 1이면, 전 영역이 중첩 영역이므로 (c)의 NOMA 시스템과 동일하다.

[0044] 또한 NOR( $\alpha$ )과 FOR( $\beta$ )의 합을 총자원 중첩비(Total resource Overlap Ratio: 이하 TOR)( $\rho = \alpha + \beta$ )로 정의한다.

[0045] 도3 은 근거리 단말 자원 중첩비와 원거리 단말 자원 중첩비에 따른 사용자 단말의 간섭량 변화를 설명하기 위한 도면이다.

[0046] 도3 에서 (a)는 NOR( $\alpha$ )과 FOR( $\beta$ )이 동일하게 0.5인 경우를 나타내고, (b)는 NOR( $\alpha$ )과 FOR( $\beta$ )이 각각 0.8 및 0.2 인 경우를 나타내며, (c)는 NOR( $\alpha$ )과 FOR( $\beta$ )이 각각 0.2 및 0.8인 경우를 나타낸다. 즉 도3 에서는 TOR( $\rho$ )이 1로서 동일하지만, NOR( $\alpha$ )과 FOR( $\beta$ )이 서로 상이한 경우를 나타낸다.

[0047] (a)에서는 NOR( $\alpha$ )과 FOR( $\beta$ )이 동일하므로, 근거리 단말(NUE)과 원거리 단말(FUE)의 간섭량은 동일하다. 그러나 (b)에서는 NOR( $\alpha$ )이 FOR( $\beta$ )보다 크므로, 원거리 단말(FUE)이 근거리 단말(NUE)보다 더 큰 간섭 신호를 수신하게 된다. 반면, (c)에서는 FOR( $\beta$ )이 NOR( $\alpha$ )보다 크므로, 근거리 단말(NUE)이 원거리 단말(FUE)보다 더 큰 간섭 신호를 수신하게 된다. 즉 동일한 TOR( $\rho$ )에서도 NOR( $\alpha$ ) 및 FOR( $\beta$ )을 서로 다르게 설정될 수 있으며, 따라서 각 사용자 단말의 SINR에 의한 영향을 조절할 수 있다.

[0048] 도4 는 도1 의 모델에서 각 사용자 단말의 SINR을 계산하기 위한 P-NOMA의 자원 공유 구조를 설명하기 위한 도면이다.

[0049] 도4 에서 R1 및 R3는 각각 주파수 도메인에서 근거리 비중첩 영역 및 원거리 비중첩 영역을 나타내고, R2 는 중첩 영역을 나타낸다.

[0050] 도4 를 참조하면 전체 2N개의 서브캐리어의 대역폭에서 근거리 비중첩 영역(R1)은  $0 \leq k \leq N - \lfloor \beta \rfloor$  의 크기를 가질 수 있으며, 원거리 비중첩 영역(R3)은

$(1 + \lfloor \alpha \rfloor) N \leq k \leq 2N - 1$ 의 크기를 가질 수 있다. 여기서  $k$ 는 서브캐리어 인덱스를 나타내고,  $N$ 은 각 사용자 단말(NUE, FUE) 신호들의 고속 푸리에 변환(FFT) 크기를 나타내며, 함수( $\lfloor \cdot \rfloor$ )는 최대 정수 함수(greatest integer function)를 나타낸다.

[0051] 또한 도4에서  $\gamma$  ( $0 \leq \gamma \leq 1$ )는 각 서브캐리어의 전체 전력에서 근거리 단말(NUE)에 할당되는 전력 할당 계수를 나타낸다. 일례로  $\gamma$ 가 1이면 근거리 단말(NUE)이 해당 서브캐리어의 전체 전력을 할당 받으며, 해당 서브캐리어는 근거리 비중첩 영역(R1)에 포함된다. 반면,  $\gamma$ 가 0이면 원거리 단말(FUE)이 해당 서브캐리어의 전체 전력을 할당 받으며, 해당 서브캐리어는 원거리 비중첩 영역(R3)에 포함된다. 즉 전력 할당 계수( $\gamma$ )에 의해 각 영역(R1 ~ R3)에서 근거리 단말(NUE) 및 원거리 단말(FUE)의 송신 전력량이 결정된다.

[0052] 여기서 전력 할당 계수( $\gamma$ )는 미리 지정되어 기지국(BS)에 저장될 수 있다.

[0053] 한편, 주파수 도메인에서 근거리 단말(NUE)의  $k$ 번째 서브캐리어의 수신된 SINR( $SINR_{near,k}$ )은 근거리 비중첩 영역(R1) 및 중첩 영역(R2)에 따라 구분되어 수학식 1과 같이 획득된다.

### 수학식 1

$$SINR_{near,k} = \begin{cases} |H_{near,k}|^2 P_k / \sigma_k^2, & k \text{ is in R1,} \\ \frac{|H_{near,k}|^2 \gamma P_k}{\delta |H_{near,k}|^2 (1-\gamma) P_k + \sigma_k^2}, & k \text{ is in R2} \end{cases}$$

[0054]

[0055] 여기서  $H_{near,k}$ 는 주파수 도메인에서 근거리 단말(NUE)의  $k$ 번째 다운링크 채널 계수를 나타내고, 채널 계수( $H_{near,k}$ )는 경로 손실(path loss)과 0 평균 및 단위 분산을 갖는 i.i.d.(independent identically distributed) 레일리 페이딩(Rayleigh fading)의 곱인 것으로 가정한다.  $\sigma_k$ 는  $k$ 번째 서브캐리어의 0 평균을 갖는 i.i.d. 가산 백색 가우시안 잡음(AWGN)의 분산이고,  $P_k$ 는  $k$ 번째 서브캐리어의 총 송신 전력이다.  $\delta$ (여기서  $\delta$ 는 0 또는 1 인 양의 정수)는 근거리 단말(NUE)의 SIC(successive interference cancellation) 수행의 효과를 나타내는 SIC 성과 계수를 의미한다.

[0056] 근거리 비중첩 영역(R1)에서 근거리 단말(NUE)은 원거리 단말(FUE)로부터의 간섭 신호 없이 기지국(BS)로부터의 신호를 수신할 수 있다. 그러나 중첩 영역(R2)에서 근거리 단말(NUE)은 원거리 단말(FUE)로부터의 간섭 신호가 수신되지만 근거리 단말(NUE)은 SIC을 수행하여 원거리 단말(FUE)의 간섭 신호를 제거 할 수 있다. 이에 수학식 1에서는 SIC에 의해 제거되는 간섭 신호의 영향을 반영하기 위해, SIC 성과 계수( $\delta$ )가 포함되었다.

[0057] 한편, 주파수 도메인에서 원거리 단말(NUE)의  $k$ 번째 서브캐리어의 수신된 SINR( $SINR_{far,k}$ )은 중첩 영역(R2) 및 원거리 비중첩 영역(R3)에서 구분되어 수학식 2로 획득된다.

### 수학식 2

$$SINR_{far,k} = \begin{cases} \frac{|H_{far,k}|^2 (1-\gamma) P_k}{|H_{far,k}|^2 \gamma P_k + \sigma_k^2}, & k \text{ is in R2,} \\ |H_{far,k}|^2 P_k / \sigma_k^2, & k \text{ is in R3} \end{cases}$$

[0058]

[0059] 여기서  $H_{far,k}$ 는 주파수 도메인에서 원거리 단말(FUE)의  $k$ 번째 다운링크 채널 계수를 나타낸다. 그리고 수학식 1 및 2에서 각 서브캐리어의 송신 전력은 동일한 것으로 가정한다(즉  $P_k = P$ ).

[0060] 원거리 비중첩 영역(R3)에서 원거리 단말(NUE)은 근거리 단말(FUE)로부터의 간섭 신호 없이 기지국(BS)로부터의

신호를 수신할 수 있다. 그러나 중첩 영역(R2)에서 원거리 단말(FUE)은 근거리 단말(NUE)로부터의 간섭 신호가 수신된다.

[0061] 그럼에도 수학식 2에서 수학식 1과 달리 SIC 성과 계수( $\delta$ )가 반영되지 않는 것은 원거리 단말(FUE)이 SIC를 수행하지 않기 때문이다. 원거리 단말(FUE)이 SIC를 수행하지 않으므로, 원거리 단말(FUE)은 근거리 단말(NUE)로부터의 간섭 신호를 회피할 수 없다. 이에 일반적으로 NOMA에서 기지국(BS)은 원거리 단말(FUE)의 간섭에 의한 SINR 손실을 보충하기 위해, 원거리 단말(FUE)에 근거리 단말(NUE)보다 더 많은 송신 전력을 할당 받는다. 즉 전력 할당 계수( $\gamma$ )는 일반적으로 0.5 미만으로 설정된다.

[0062] 도2 및 도4에서는 일예로 중첩 영역(R2)을 연속되는 영역으로 나타내었으나, 중첩 영역(R2)은 불연속되는 이산 영역으로 구성될 수도 있다.

[0063] 또한 도1에서는 설명의 단순화를 위해 하나의 기지국(BS)과 2개의 사용자 단말(NUE, FUE)만을 도시하였으나, 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 즉 P-NOMA 시스템에는 다수의 근거리 단말(NUE)과 다수의 원거리 단말(FUE)이 포함될 수 있다.

[0064] 한편, 본 실시예에 따른 P-NOMA 시스템에서는 사용자 단말(NUE, FUE) 각각에 대해 자원, 즉 송신 전력을 효율적으로 할당하기 위해 자원 중첩비( $\alpha$ ,  $\beta$ )를 결정해야 한다. 그리고 자원 중첩비( $\alpha$ ,  $\beta$ )를 결정하기 위해서는 먼저 각 사용자 단말(NUE, FUE)의 SINR을 고려한 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ )을 계산해야 한다.

[0065] 그리고 사용자 단말(NUE, FUE)의 SINR을 고려한 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ )을 계산하기 위해, 우선 사용자 단말들(NUE, FUE)의 SINR의 누적 분포 함수(cumulative distribution function: 이하 CDF)를 폐쇄형 표현식(closed-form expression)으로 유도한다. SINR의 CDF를 폐쇄형 표현식으로 유도하기 위해서, 여기서는 SINR에 대한 수학식을 시간 영역으로 표현한다. 파스발(Parseval) 정리에 따르면, 에너지 보존 법칙에 따라 시간 영역에서의 에너지는 주파수 영역에서의 에너지와 동일하다.

[0066] 따라서 주파수 도메인에서의 사용자 단말(NUE, FUE)의 신호를 역 고속 푸리에 변환(IFFT)하면, 전송하고자 하는 신호 및 간섭 신호가 시간 영역에서 전체 시간 구간에 걸쳐 확산된다. 따라서 P-NOMA에서 n번째 샘플링 시간에서 근거리 단말(NUE) 및 원거리 단말(FUE)의 송신 전력( $P_{near,n}$ ,  $P_{far,n}$ )은 각각 수학식 3 및 4로 나타난다.

### 수학식 3

[0067] 
$$P_{near,n} = (1 - \beta)P_n + (\alpha + \beta)\gamma P_n$$

### 수학식 4

[0068] 
$$P_{far,n} = (1 - \alpha)P_n + (\alpha + \beta)(1 - \gamma)P_n$$

[0069] 여기서  $P_n$ 은 n번째 샘플링 시간에서의 총 송신 전력을 나타낸다.

[0070] 수학식 3에서  $(1 - \beta)P_n$ 은 근거리 비중첩 영역(R1)에 대한 송신 전력을 나타내고, 수학식 4에서  $(1 - \alpha)P_n$ 은 원거리 비중첩 영역(R3)에 대한 송신 전력을 나타낸다. 그리고 수학식 3 및 4에서  $(\alpha + \beta)\gamma P_n$ 과  $(\alpha + \beta)(1 - \gamma)P_n$ 은 중첩 영역(R2)에서 근거리 단말(NUE) 및 원거리 단말(FUE) 각각의 송신 전력을 나타낸다.

[0071] 근거리 단말(NUE) 및 원거리 단말(FUE)의 n번째 샘플링 시간에서 수신된 SINR을 각각  $\text{sinr}_{near,n}$  및  $\text{sinr}_{far,n}$ 이라 하면, 수학식 3 및 4로부터 시간 도메인에서 사용자 단말(NUE, FUE)의 SINR( $\text{sinr}_{near,n}$ ,  $\text{sinr}_{far,n}$ )은 수학식 5 및 6과 같이 획득된다.



### 수학식 5

$$\sin r_{near,n} = \frac{|h_{near,n}|^2 P_{near,n}}{|h_{near,n}|^2 \delta(\alpha + \beta)(1 - \gamma)P_n + \sigma_n^2}$$

### 수학식 6

$$\sin r_{far,n} = \frac{|h_{far,n}|^2 P_{far,n}}{|h_{far,n}|^2 (\alpha + \beta)\gamma P_n + \sigma_n^2}$$

여기서  $n = 0, 1, \dots, T$ 이고,  $T$ 는 샘플링률( $T_s$ )에 따른  $N$ (여기서  $N$ 은 자연수)번째 샘플링 시간( $NT_s$ )을 나타낸다. 또한  $h_{near,n}$  및  $h_{far,n}$ 은 각각  $n$ 번째 샘플링 시간에서 근거리 단말(NUE) 및 원거리 단말(FUE)의 다운 링크 채널 계수들을 나타내고,  $\sigma_n$ 은  $n$ 번째 샘플링 시간에서의 AWGN의 분산을 나타낸다.

여기서, 원거리 단말(FUE)의 SINR의 CDF를 상기한 바와 같이 폐쇄형 표현식으로 유도하기 위해, 수학식 7을 이용한다. 수학식 7은 임의의 변수,  $g_1$ 과  $g_2$ 가 독립적인 지수 분포를 따르고,  $a, b$  및  $c$ 가 양의 정수일 때, 임의의 확률 변수  $m$ 과  $n$ 이  $m=ag_1, n=bg_2+c$ 이면, 확률 변수  $m$ 과  $n$ 의 확률 밀도 함수(probability density function: PDF)를 이용하여 확률 변수  $z = m/n$ 에 대한 CDF( $F_z(z)$ )를 계산하는 수학식을 나타낸다.

### 수학식 7

$$F_z(z) = 1 - \frac{a}{a + bz} \exp\left(-\frac{cz}{a}\right)$$

수학식 7을 이용하여 수학식 6의 원거리 단말(FUE)의 SINR의 CDF를 폐쇄형 표현식으로 표현하면, 수학식 8과 같이 획득될 수 있다.

### 수학식 8

$$F_{far}(t) = 1 - \frac{P_{far,n}}{P_{far,n} + \rho\gamma P_n t} \exp\left(-\frac{\sigma_n^2 t}{P_{far,n}}\right)$$

수학식 8에서  $TOR(\rho)$ 이 0이면, 원거리 단말(FUE)의 SINR의 CDF( $F_{far}(t)$ )는 지수분포를 나타낸다. 즉 원거리 단말(FUE)의 SINR의 CDF( $F_{far}(t)$ )는 간섭이 없는 기존의 OMA(도2의 (a) 참조)에서와 동일하다.

반면,  $TOR(\rho)$ 이 2이면, 원거리 단말(FUE)의 SINR의 CDF( $F_{far}(t)$ )는 근거리 단말(NUE)로부터의 간섭 전력( $\gamma P_n$ )에 의한 영향을 받는다. 즉 원거리 단말(FUE)의 SINR의 CDF( $F_{far}(t)$ )는 기존의 NOMA(도2의 (c) 참조)에서와 동일하다.

한편, 수학식 1 및 5에서 SIC 성과 계수( $\delta$ )는 0 또는 1의 값을 가지는 것으로 가정하였다. 여기서 SIC 성과 계수( $\delta$ )가 1( $\delta = 1$ )이면 근거리 단말(NUE)의 SIC 수행 결과가 실패인 것을 의미한다. 이는 근거리 단말(NUE)이 원거리 단말(FUE)의 SINR에 의해 영향을 받는다는 것을 의미하며, 근거리 단말(NUE)은 원거리 단말(FUE)의 SINR이 기지정된 기준값( $t_0$ )보다 작으면, SIC는 실패한 것으로 간주한다. 즉 SIC의 성공 확률은 기준값( $t_0$ )에

의해 결정될 수 있다. 따라서 SIC 성과 계수( $\delta$ )는 기준값( $t_0$ )에 의해  $\Pr[\delta = 1] = \Pr[\text{SINR}_{\text{far}} < t_0] = F_{\text{far}}(t_0)$ 를 따르는 베르누이 분포로 정의되는 확률 변수로 볼 수 있다.

[0082] 이에 근거리 단말(NUE)의 SINR의 CDF( $F_{\text{far}}(t)$ )를 도출하기 위해, 확률 변수( $p$ )가 SIC 성과 계수( $\delta$ )와 마찬가지로  $\Pr[p = 1] = F_p$ 의 베르누이 분포를 따른다고 할 때, 수학식 7의  $n=bg_2+c$ 는  $n=pbg_2+c$ 로 전환될 수 있으며, 확률 변수  $z = m/n$ 에 대한 CDF( $F_z(z)$ )는 수학식 9와 같이 표현될 수 있다.

### 수학식 9

$$F_z(z) = \left(1 - \exp\left(-\frac{cz}{a}\right)\right) (1 - F_p) + \left(1 - \frac{a}{a+bz} \exp\left(-\frac{cz}{a}\right)\right) F_p$$

[0083]

[0084] 임의의 확률 변수  $z$ 에 대한 CDF를 계산하는 수학식 9를 이용하여, 근거리 단말(NUE)의 SINR의 CDF( $F_{\text{near}}(t)$ )를 폐쇄형 표현식으로 나타내면, 수학식 10와 같다.

### 수학식 10

$$F_{\text{near}}(t) = \left(1 - \exp\left(-\frac{\sigma_n^2 t}{P_{\text{near},n}}\right)\right) (1 - F_{\text{far}}(t_0)) + \left(1 - \frac{P_{\text{near},n}}{P_{\text{near},n} + \rho(1-\gamma)P_n t} \exp\left(-\frac{\sigma_n^2 t}{P_{\text{near},n}}\right)\right) F_{\text{far}}(t_0)$$

[0085]

[0086] 수학식 10에서 SIC의 성공 확률이 증가( $\delta = 0$ )하면, 근거리 단말(NUE)의 SINR의 CDF( $F_{\text{near}}(t)$ )는  $F_{\text{far}}(t_0)$ 가 0이 되므로, 지수 분포의 CDF에 더 가깝게 획득된다. 그에 반해 SIC의 실패 확률이 증가( $\delta = 1$ )하면  $F_{\text{far}}(t_0)$ 가 1이 되므로, 원거리 단말(FUE)로부터 간섭이 수신될 때, 근거리 단말(NUE)의 SINR의 CDF( $F_{\text{near}}(t)$ )는 수학식 8의 원거리 단말(FUE)의 SINR의 CDF( $F_{\text{far}}(t)$ )와 유사하게 된다.

[0087] 그리고 원거리 단말(FUE)의 용량( $C_{\text{far}}$ )은 수학식 8을 이용하여 수학식 11과 같이 표현될 수 있다.

### 수학식 11

$$\begin{aligned} C_{\text{far}} &= BW_{\text{far}} \times E[\log_2(1 + \text{SINR}_{\text{far},n})] \\ &= BW_{\text{far}} \int_0^\infty \Pr[\log_2(1 + \text{SINR}_{\text{far},n}) > t] dt \\ &= BW_{\text{far}} \int_0^\infty \Pr[\text{SINR}_{\text{far},n} > 2^t - 1] dt \\ &= BW_{\text{far}} \int_0^\infty (1 - F_{\text{far}}(2^t - 1)) dt \\ &= BW_{\text{far}} \int_0^\infty \frac{P_{\text{far},n}}{P_{\text{far},n} + \rho\gamma P_n (2^t - 1)} \exp\left(\frac{-\sigma_n^2 (2^t - 1)}{P_{\text{far},n}}\right) dt \end{aligned}$$

[0088]

[0089] 여기서,  $BW_{\text{far}}$ 은 원거리 단말(FUE)의 대역폭(Bandwidth)를 나타낸다.

[0090]

그리고 수학식 11에서  $\int_0^\infty \frac{P_{far,n}}{P_{far,n} + \rho\gamma P_n (2^t - 1)} \exp\left(\frac{-\sigma_n^2 (2^t - 1)}{P_{far,n}}\right) dt$  는 수학식 12의 보조 정리를 이용하여 해석할 수 있다.

### 수학식 12

[0091]

$$\int_0^\infty \frac{a}{a + b(2^t - 1)} e^{-c(2^t - 1)} dt = \frac{a}{(b - a) \ln 2} \left( -e^{ac/b} Ei(-ac/b) + e^c Ei(-c) \right)$$

[0092]

여기서 a, b, c는 양의 정수이고,  $Ei(x) = -\int_{-x}^\infty e^{-t}/t dt$  (x는 0이 아님)로 정의되는 지수 적분 함수이다.

[0093]

수학식 12의 보조 정리를 이용하여 수학식 11의 원거리 단말(FUE)의 용량( $C_{far}$ )은 결과적으로 수학식 13과 같이 나타낼 수 있다.

### 수학식 13

[0094]

$$C_{far} = \frac{BW_{far} \times P_{far,n}}{(\rho\gamma P_n - P_{far,n}) \ln 2} \times \left( -e^{\frac{\sigma_n^2}{\rho\gamma P_n}} Ei\left(\frac{-\sigma_n^2}{\rho\gamma P_n}\right) + e^{\frac{\sigma_n^2}{P_{far,n}}} Ei\left(\frac{-\sigma_n^2}{P_{far,n}}\right) \right)$$

[0095]

도4 를 참조할 때, 원거리 단말(FUE)의 대역폭( $BW_{far}$ )은  $BW_{far} = N + \lfloor \beta \rfloor N$  이다.

[0096]

한편 수학식 14로부터 근거리 단말(NUE)에 대한 용량( $C_{near}$ )은 수학식 7을 이용하여 수학식 14와 같이 표현될 수 있다.

### 수학식 14

[0097]

$$\begin{aligned} C_{near} &= BW_{near} \times E[\log_2(1 + SINR_{near,n})] \\ &= BW_{near} \int_0^\infty (1 - F_{near}(2^t - 1)) dt \\ &= BW_{near} (1 - F_{far}(t_0)) \int_0^\infty A dt \\ &\quad + BW_{near} F_{far}(t_0) \int_0^\infty B dt \end{aligned}$$

[0098]

여기서  $A = \exp(-\sigma_n^2 (2^t - 1) / P_{near,n})$  이고,  $B = \frac{P_{near,n} \times \exp(-\sigma_n^2 (2^t - 1) / P_{near,n})}{P_{near,n} + \rho(1 - \gamma)P_n(2^t - 1)}$  이며, 근거리 단말의 대역폭( $BW_{near}$ )은  $BW_{near} = N + \lfloor \alpha \rfloor N$  이다.  $\int_0^\infty B dt$  는 수학식 10으로부터 유도될 수



있다. 그리고  $\int_0^\infty A dt$  는 수학적 15를 보조 정리로 이용하여 해결될 수 있다.

### 수학적 15

$$\int_0^\infty \exp(-c(2^t - 1)) dt = -\frac{1}{\ln 2} e^c Ei(-c)$$

여기서  $c$ 는 양의 정수이다.

수학적 15를 수학적 14에 적용하면, 수학적 14의 근거리 단말(NUE)의 용량( $C_{near}$ )은 수학적 16으로 나타난다.

### 수학적 16

$$C_{near} = -\frac{BW_{near}}{\ln 2} (1 - F_{far}(t_0)) e^{\frac{1}{\lambda}} Ei\left(-\frac{1}{\lambda}\right) + F_{far}(t_0) \frac{BW_{near} \times P_{near,n}}{(\rho(1-\gamma)P_n - P_{near,n}) \ln 2} \times \left( e^{\frac{1}{\lambda}} Ei\left(-\frac{1}{\lambda}\right) - e^{\frac{\sigma_n^2}{\rho(1-\gamma)P_n}} Ei\left(-\frac{\sigma_n^2}{\rho(1-\gamma)P_n}\right) \right)$$

여기서,  $1/\lambda = \sigma_n^2/P_{near,n}$  이고,  $BW_{near} = N + \lfloor \alpha \rfloor N$  이다.

이하에서는 수학적 13의 원거리 단말(FUE)의 용량( $C_{far}$ )과 수학적 16의 근거리 단말(NUE)의 용량( $C_{near}$ )을 이용하여 P-NOMA 시스템을 위한 최적  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 을 탐색하는 방법을 나타낸다.

P-NOMA 시스템을 위한 최적  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 은 합 용량의 최대화 및 사용자 단말(NUE, FUE)간 용량 공정성의 측면에서 구분되어 판별될 수 있다. 우선 합 용량의 최대화 관점에서  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 을 판별하는 방법을 고려한다.

도5 는 근거리 단말 자원 중첩비와 원거리 단말 자원 중첩비 변화에 따른 사용자 단말들의 용량 변화를 시뮬레이션한 결과를 나타낸다.

도5 에서는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 을 각각 0 에서 1까지 가변하면서 근거리 단말(NUE) 및 원거리 단말(FUE)의 용량 변화를 수학적 13 및 16에 따라 시뮬레이션한 결과로서, (a) 및 (b)는 동일 시뮬레이션에 대해 서로 다른 방향에서 관측된 결과이다.

여기서 시뮬레이션 조건은 FFT의 크기(N)가 1024이고, 서브캐리어당 총 전송 신호대 잡음비(SNR)가 10dB이며, 전력 할당 계수( $\gamma$ )는 0.3 인 것으로 가정한다. 또한 근거리 단말(NUE)은 항상 SIC를 성공( $t_0 = 0dB$ ,  $\delta = 0$ )할 수 있으며, 기지국(BS)으로부터 근거리 단말(NUE)과 원거리 단말(FUE) 사이의 거리 비는 1:2로 가정하였다. 즉 원거리 단말(FUE)이 근거리 단말(NUE)보다 기지국(BS)으로부터 2배 먼 거리에 위치한다.

도5 에서  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 가 (0, 0)인 위치는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 가 모두 0이므로, OMA 시스템의 경우를 나타내고,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 가 (1, 1)인 위치는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 가 모두 1이므로, NOMA 시스템의 경우를 나타낸다. 도5 에서 기존의 NOMA 시스템이 OMA 시스템보다 합 용량보다 증가시킬 수 있음을 알 수 있다.

도5 를 참조하면,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 가 증가(0 → 1)됨에 따라 합 용량이 대역폭의 증가로 인해 증가됨을 알 수 있다. 그리고 대부분의 결과에서 근거리 단말(NUE)의 용량이 원거리 단말(FUE)의 용량보다 높게 나타난다. 즉  $TOR(\rho)$ 이 작은 경우, 합 용량을 향상시키기 위해  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 증가시켜, 중첩 영역(R2)을 증가시키는 것이 바람직하다.

그러나 (a)에서 원형으로 표시된 영역과 같이  $NOR(\alpha)$ 이 낮고  $FOR(\beta)$ 이 높은 일부 경우에는 원거리 단말(FUE)

의 용량이 근거리 단말(NUE)의 용량보다 높게 나타남을 알 수 있다.

- [0112] 도6 은 근거리 단말 자원 중첩비와 원거리 단말 자원 중첩비 변화에 따른 합 용량 변화를 시뮬레이션한 결과를 나타내고, 도7 은 근거리 단말 자원 중첩비 변화에 따른 사용자 단말별 용량 변화와 합 용량의 변화를 나타내는 그래프이다.
- [0113] 도6 에서 (a)는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 의 변화에 따른 합 용량 변화를 2차원 그래프로 나타내었으며, (b)는 3차원 그래프로 나타내었다.
- [0114] 도6 을 참조하면,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 의 변화에 따라 가변되는 각 사용자 단말( $NUE$ ,  $FUE$ ) 각각의 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ )의 합을 나타내는 합 용량( $C_{sum}$ )은  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 가 모두 1인 (1, 1)의 위치가 아닌  $NOR(\alpha)$ 이 0.8이고  $FOR(\beta)$ 이 1인 경우에 최대로 나타남을 알 수 있다. 특히 도7 을 참조하면,  $FOR(\beta)$ 이 1로 고정된 상태에서  $NOR(\alpha)$ 이 가변될 때, 합 용량( $C_{sum}$ )은  $NOR(\alpha)$ 이 0.8일때 최대임을 명확히 나타낸다.
- [0115] 즉  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 모두 1로 설정하는 NOMA에 비해,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 을 조절함으로써, 합 용량( $C_{sum}$ )을 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0116]  $NOR(\alpha)$ 이 증가되면, 중첩 영역( $R2$ )이 증가하여 근거리 단말( $NUE$ )에 할당되는 서브캐리어의 수가 증가하고, 이에 따라 근거리 단말( $NUE$ )의 대역폭이 증가된다. 그러나 원거리 단말( $FUE$ )은 근거리 단말( $NUE$ )로부터의 간섭 신호가 증가할 뿐만 아니라, 원거리 단말( $FUE$ )의 송신 전력이 서브캐리어를 공유하는 근거리 단말( $NUE$ )과 나누어지게 되어 감소된다. 즉  $NOR(\alpha)$ 가 매우 크면, 원거리 단말( $FUE$ )의 용량( $C_{far}$ )이 크게 감소되어 합 용량( $C_{sum}$ )이 최대가 되지 않는다. 결과적으로 NOMA는 합 용량을 최대화하지 못하며, P-NOMA를 이용하여  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 을 조절함으로써 합 용량( $C_{sum}$ )을 최대화할 수 있다.
- [0117] 도8 은 SIC를 고려한 근거리 단말 자원 중첩비와 원거리 단말 자원 중첩비 변화에 따른 합 용량 변화를 시뮬레이션한 결과를 나타낸다.
- [0118] 도5 내지 도7 에서는 근거리 단말( $NUE$ )가 항상 SIC를 성공( $t_0 = 0dB$ ,  $\delta = 0$ )할 수 있는 것으로 가정하였으나, 도8 에서는 원거리 단말( $FUE$ )의 SINR에 대한 기준값( $t_0$ )이 5dB로 증가된 경우에 대한 합 용량 변화를 나타내었다. 도8 에서 합 용량은 도6 과 상이하게  $NOR(\alpha)$ 이 0.9이고  $FOR(\beta)$ 이 0.4인 경우에 합 용량이 최대가 된다.
- [0119] 이는 기준값( $t_0$ )이 증가되어 근거리 단말( $NUE$ )의 SIC 성능이 저하되면, SIC를 수행함에도 불구하고 간섭에 의한 영향이 남아 근거리 단말( $NUE$ )의 용량이  $FOR(\beta)$ 과 함께 감소하기 때문이다. 따라서 SIC 성능이 저하되는 환경에서는 합 용량( $C_{sum}$ )을 증대시키기 위해,  $NOR(\alpha)$ 와 함께  $FOR(\beta)$ 을 조절할 필요가 있다.
- [0120] 상기한 바와 같이 합 용량( $C_{sum}$ )을 최대화하기 위해서는  $NOR(\alpha)$ 과 함께  $FOR(\beta)$ 을 조절해야 한다. 그러나 수학식 13 및 16에 따라 합 용량( $C_{sum}$ )을 최대화하기 위한 근거리 단말의 용량( $C_{near}$ )과 원거리 단말의 용량( $C_{far}$ )을 각각 계산하고, 계산된 근거리 단말의 용량( $C_{near}$ )과 원거리 단말의 용량( $C_{far}$ )에 대응하는 최적의  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 을 판별하는 것은 매우 복잡하다.
- [0121] 이에 본 실시예에서는 사용자 단말의 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ )과 사용자 단말들의 중첩 비율( $\alpha$ ,  $\beta$ )간의 관계를 평균 관점(average point of view)에서 단순화한다.
- [0122] 평균의 관점에서 채널 효과가 생략된다고 가정하면, 근거리 단말( $NUE$ )의 용량( $C_{near}$ )과 원거리 단말( $FUE$ )의 용량( $C_{far}$ )은 각각 수학식 17 및 18과 같이 단순화될 수 있다.

### 수학식 17

$$C_{near} = (1 + \alpha) \log_2 \left( 1 + \frac{P_{near}}{\sigma_{near}^2} \right)$$

[0123]

수학식 18

$$C_{far} = (1 + \beta) \log_2 \left( 1 + \frac{P_{far}}{\rho \gamma P + \sigma_{far}^2} \right)$$

[0124]

[0125] 그리고 수학식 3 및 수학식 4로부터 수학식 17 및 18은 수학식 19 및 20으로 표현될 수 있다.

수학식 19

$$\begin{aligned} C_{near} &= (1 + \alpha) \log_2 \left( 1 + \frac{(1 + \gamma \alpha - (1 - \gamma) \beta) P}{\sigma_{near}^2} \right) \\ &= (1 + \alpha) \log_2 \left( 1 + \frac{(1 + \gamma \alpha - (1 - \gamma) \beta)}{w} \right) \\ &= (1 + \alpha) \log_2 \left( \frac{w + (1 + \gamma \alpha - (1 - \gamma) \beta)}{w} \right) \end{aligned}$$

[0126]

수학식 20

$$\begin{aligned} C_{far} &= (1 + \beta) \log_2 \left( 1 + \frac{(1 - \gamma \alpha + (1 - \gamma) \beta) P}{(\alpha + \beta) \gamma P + \sigma_{far}^2} \right) \\ &= (1 + \beta) \log_2 \left( 1 + \frac{(1 - \gamma \alpha + (1 - \gamma) \beta)}{(\alpha + \beta) \gamma + v} \right) \\ &= (1 + \beta) \log_2 \left( \frac{1 + \beta + v}{(\alpha + \beta) \gamma + v} \right) \end{aligned}$$

[0127]

[0128] 여기서,  $\sigma_{near}^2$ ,  $\sigma_{far}^2$  은 근거리 단말과 원거리 단말의 잡음 전력이고,  $w = \sigma_{near}^2/P$  이며,  $v = \sigma_{far}^2/P$  이다.

[0129] 근거리 단말(NUE)의 용량과 원거리 단말(FUE)의 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ )이  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 에 따라 각각 수학식 19 및 20과 같이 가변되므로, 근거리 단말(NUE)의 용량( $C_{near}$ )과 원거리 단말(FUE)의 용량( $C_{far}$ )은 결국 수학식 21와 같이  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 에 따라 단조 증가되는 함수로 볼 수 있다.

수학식 21

$$\frac{\partial}{\partial \alpha} C_{near} > 0 \quad \& \quad \frac{\partial}{\partial \beta} C_{far} > 0$$

[0130]

[0131] 즉  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 가 증가함에 따라 대역폭이 증가하기 때문에, 사용자 단말들(NUE, FUE)의 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ ) 각각은  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 이 증가함에 따라 증가한다.

[0132] 반면, 근거리 단말(NUE)의 용량과 원거리 단말(FUE)의 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ )은 각각  $FOR(\beta)$ 과  $NOR(\alpha)$ 이 증가함에 따라 수학식 22와 같이 단조 감소되는 함수로 볼 수 있다.

## 수학식 22

$$\frac{\partial}{\partial \beta} C_{near} < 0 \quad \& \quad \frac{\partial}{\partial \alpha} C_{far} < 0$$

[0133]

[0134]

수학식 22은 각각의 사용자 단말의 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ )은 다른 사용자 단말의 중첩비가 증가하면, 간섭이 증가되어 감소됨을 나타낸다.

[0135]

수학식 21및 22으로부터 근거리 단말(NUE)의 용량을 증가시키기 위해,  $NOR(\alpha)$ 을 증가시키면, 원거리 단말(FUE)의 용량이 감소되고, 원근거리 단말(NUE)의 용량을 증가시키기 위해,  $FOR(\beta)$ 을 증가시키면, 근거리 단말(NUE)의 용량이 감소됨을 확인할 수 있다.

[0136]

본 실시예에서는 최대 대역폭을 갖도록 사용자 단말(NUE, FUE)의  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 을 1, 1로부터 합 용량( $C_{sum}$ )이 최대가 되도록 점차 감소시키는 방향으로 조절한다.

[0137]

이때 각 사용자 단말(NUE, FUE)의 합 용량( $C_{sum}$ )을 최대로 하기 위해서는 수학식 19 및 20의 근거리 단말(NUE)의 용량과 원거리 단말(FUE)의 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ ) 각각에 대한  $FOR(\beta)$ 와  $NOR(\alpha)$ 의 2차 미분을 수학식 23과 같이 고려할 수 있다.

## 수학식 23

$$\frac{\partial^2}{\partial \beta^2} C_{near} < 0 \quad \& \quad \frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} C_{far} > 0$$

[0138]

[0139]

수학식 23으로부터 근거리 단말(NUE)의 용량 곡선은  $FOR(\beta)$ 에 대해 아래로 오목한 형태로 나타나며, 원거리 단말(FUE)의 용량곡선은  $NOR(\alpha)$ 에 대해 볼록한 형태로 나타나게 됨을 알 수 있다.

[0140]

이는  $FOR(\beta)$ 이 1에 근접한 경우, 근거리 단말(NUE)의 용량( $C_{near}$ ) 감소가  $NOR(\alpha)$ 의 증가에 따른 원거리 단말(FUE)의 용량( $C_{far}$ ) 감소 보다 크다는 것을 의미한다. 즉  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 가 모두 높고,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 각각 지정된 가변량( $\Delta$ )(여기서  $\Delta$ 는  $0 < \Delta < 1$ 인 실수) 단위로 가변하면, 근거리 단말(NUE)의 용량 변화가 원거리 단말(FUE)의 용량 변화보다 민감하게 반응한다.

[0141]

도9 는 도8 에서 근거리 단말 자원 중첩비와 원거리 단말 자원 중첩비 각각의 변화에 따른 합 용량 변화를 나타낸 그래프이다.

[0142]

도9 의 (a)는  $NOR(\alpha)$ 이 0.9로 고정된 상태에서  $FOR(\beta)$ 이 가변될 때, 근거리 단말(NUE)과 원거리 단말(FUE) 각각의 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ ) 변화와 합 용량( $C_{sum}$ )의 변화를 나타내었으며, (b)는  $FOR(\beta)$ 이 0.6으로 고정되었을 때,  $NOR(\alpha)$ 의 변화에 따라 근거리 단말(NUE)과 원거리 단말(FUE) 각각의 용량 변화( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ )와 합 용량( $C_{sum}$ )의 변화를 나타낸다.

[0143]

도9 의 (a)와 (b)를 비교하면, 상기한 수학식 23에서와 같이, (a)에 도시된  $FOR(\beta)$ 의 변화에 따른 근거리 단말(NUE)의 용량 변화( $C_{near}$ )가 원거리 단말(FUE)의 용량( $C_{far}$ ) 변화보다 크게 나타남을 알 수 있다.

[0144]

따라서  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$  중  $FOR(\beta)$ 를 먼저 조절하고, 이후  $NOR(\alpha)$ 를 조절하면 용이하게 합 용량( $C_{sum}$ )을 최대화 할 수 있다.

[0145]

이를 위해 초기  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 을 1, 1로 설정하고, 초기 합 용량( $C_{sum,i}$ )을 계산한다. 이후,  $FOR(\beta)$ 을 먼저 가변량( $\Delta$ )만큼 감소시키면서, 합 용량( $C_{sum}$ )을 계산하여 합 용량이 증가되는지 감소되는지 판별할 수 있다. 합 용량( $C_{sum}$ )이 증가되면,  $FOR(\beta)$ 을 반복적으로 가변량( $\Delta$ ) 단위로 감소시켜 업데이트 하여 합 용량이 계속 증

가되는지 판별한다. 그러나 합 용량( $C_{sum}$ )이 이전 계산된 초기 합 용량( $C_{sum,i}$ ) 또는 이전 계산된 합 용량( $C_{sum}$ ) 이하이면,  $FOR(\beta)$ 을 결정하고,  $NOR(\alpha)$ 을 가변량( $\Delta$ ) 단위로 감소시키면서 다시 합 용량( $C_{sum}$ )을 계산한다.

[0146]  $FOR(\beta)$ 의 조절과 마찬가지로,  $NOR(\alpha)$ 에 대해서도 계산된 합 용량( $C_{sum}$ )이 증가되면,  $NOR(\alpha)$ 을 반복적으로 가변량( $\Delta$ ) 단위로 감소시켜 업데이트 하여 합 용량( $C_{sum}$ )이 계속 증가되는지 판별하고, 합 용량( $C_{sum}$ )이 초기 합 용량 또는 이전 계산된 합 용량 이하이면,  $NOR(\alpha)$ 을 업데이트 하지 않고 이전  $NOR(\alpha)$ 을 합 용량( $C_{sum}$ )을 최대로 하는  $NOR(\alpha)$ 로 결정한다.

[0147] 상기에서는  $FOR(\beta)$ 을 먼저 조절하여 감소시킨 후,  $NOR(\alpha)$ 를 조절하는 것으로 설명하였으나, 본 실시예는 이에 한정되지 않는다. 즉  $NOR(\alpha)$ 을 우선 조절한 후  $FOR(\beta)$ 을 조절할 수도 있다.

[0148] 도10 은 본 발명의 실시예에 따른 합 용량을 최대로 하기 위한 원거리 단말 자원 중첩비와 근거리 단말 자원 중첩비를 가변하는 개념을 설명하기 위한 도면이다.

[0149] 도10 에서 (a)는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 가 모두 1로 초기화된 상태로서 NOMA와 동일하게 완전 중첩된 상태이다. 그리고 (b)에서는 우선  $NOR(\alpha)$ 을 가변량( $\Delta$ ) 단위로 감소시킨다.  $NOR(\alpha)$ 을 가변량( $\Delta$ ) 단위로 감소시키면서 합 용량( $C_{sum}$ )을 계산하고, 계산된 합 용량이 이전 계산된 합 용량보다 크면  $NOR(\alpha)$ 을 계속적으로 감소시킨다. 그리고 합 용량( $C_{sum}$ )이 초기 합 용량 또는 이전 계산된 합 용량 이하이면, (c)에서와 같이  $NOR(\alpha)$ 을 결정한다.

[0150] 이후  $FOR(\beta)$ 을 단위로 감소시키면서 합 용량( $C_{sum}$ )을 계산하여 합 용량의 변화를 분석하고, 분석된 합 용량이 이전과 같거나 감소되기 이전의  $FOR(\beta)$ 을 획득한다.

[0151] 상기에서는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$  중 하나를 먼저 조절하고, 이후 나머지를 조절하는 것으로 설명하였으나, 경우에 따라서는 모든  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 에 대해 합 용량을 계산하여 합 용량이 최대가 되는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 결정할 수도 있다.

[0152] 다만  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$  중 하나를 먼저 조절하고, 이후 나머지를 조절하도록 하는 경우, 합 용량이 최대가 되도록 하는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 탐색하는 복잡도와 시간을 줄일 수 있다.

[0153] 예로서,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 의 조절 가능한 모든 값에 대해 탐색하여 합 용량이 최대가 되도록 하는 것은,  $NOR(\alpha)$  및  $FOR(\beta)$  각각에 대해  $1/(\Delta + 1)$ 의 경우의 수를 가지므로, 수학적 24에 따른 복잡성을 갖는다.

## 수학적 24

$$(1/\Delta + 1) \times (1/\Delta + 1) \sim O((1/\Delta)^2)$$

[0154]

[0155] 여기서  $O(\cdot)$ 함수는 시간적 복잡성을 나타내는 big-O 표기법을 나타낸다. 즉 가변량( $\Delta$ )의 제곱에 비례하는 탐색 복잡성을 갖는다.

[0156] 반면,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$  중 하나를 먼저 조절하고, 이후 나머지를 조절하는 경우,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$  중 하나에 대한 반복 탐색 횟수( $m$ )과 나머지에 대한 반복 탐색 횟수( $n$ )에 의해,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$  각각에 대한 경우의 수는  $m(1/\Delta)$  및  $n(1/\Delta)$ 이며, 이에 수학적 25에 따른 복잡성을 갖는다.

## 수학적 25

$$m(1/\Delta) + n(1/\Delta) = (m + n)(1/\Delta) \sim O((1/\Delta))$$

[0157]

[0158] 즉 가변량( $\Delta$ )에 비례하는 탐색 복잡성을 가지므로, 더욱 빠르고 용이하게 합 용량이 최대가 되도록 하는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 탐색할 수 있다.

[0159] 도11 은 본 발명의 일 실시예에 따른 P-NOMA 시스템에서 자원 중첩비 조절 방법을 나타낸다.

[0160] 도11 을 참조하면, 자원 중첩비 조절 방법은 우선  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 을 기지정된 초기값(예를 들면, 1, 1)으로



초기화하고, 초기값에 대응하는 초기 합 용량을 계산한다(S11). 이때 전력 할당 계수( $\gamma$ )는 미리 설정되어 있으며,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 에 대한 합 용량( $C_{sum}$ )은 수학적 식 19 및 20에 따른 사용자 단말들(NUE, FUE)의 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ )의 합으로 계산될 수 있다.

[0161] 그리고  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$  중 적어도 하나를 기지정된 가변량( $\Delta$ ) 단위로 조절한다(S12). 그리고 조절된  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 에 따른 합 용량( $C_{sum}$ )을 계산하여, 조절된 합 용량이 이전 합 용량, 즉 초기 합 용량 또는 이전 계산된 합 용량 중 최대값보다 큰지 판별한다(S13).

[0162] 만일 조절된 합 용량이 이전 합 용량보다 크면,  $NOR(\alpha)$  또는  $FOR(\beta)$ 를 조절된  $NOR(\alpha)$  또는  $FOR(\beta)$ 로 업데이트 한다(S14). 그리고  $NOR(\alpha)$  또는  $FOR(\beta)$ 를 다시 조절할 수 있다(S20).

[0163] 이때,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$  중 하나(예를 들면  $FOR(\beta)$ )를 우선 조절하면서 합 용량( $C_{sum}$ )을 계산하여 이전 합 용량과 비교하여 업데이트하고, 조절된 중첩비( $FOR(\beta)$ )의 합 용량( $C_{sum}$ )이 이전 합 용량 이하이면, 나머지 중첩비( $NOR(\alpha)$ )를 다시 조절하면서, 합 용량을 계산하여 이전 합 용량과 비교하여 업데이트할 수도 있다.

[0164] 그리고  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 조절하면서 합 용량이 더 이상 증가되지 않으면, 최종 업데이트된  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 합 용량( $C_{sum}$ )을 최대화하는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 로서 선택한다(S15).

[0165] 도12 및 도13 은 본 발명의 따른 P-NOMA 시스템에서 자원 중첩비 조절 방법에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

[0166] 도12 에서 시뮬레이션 조건은 FFT의 크기(N)는 1024이고, 전력 할당 계수( $\gamma$ )는 0.3이며, 근거리 단말(NUE)과 원거리 단말(FUE) 사이의 거리 비는 1:2로 가정하였다. 또한 원거리 단말(FUE)의 SINR에 대한 기준값( $t_0$ )는 0dB이고, 톤 공간(tone space)는 15kHz 인 것으로 가정하였다.

[0167] 도12 에서 (a)는 수학적 식 8 및 10에 의해 유도된 근거리 단말(NUE) 및 원거리 단말(FUE)의 SINR의 CDF를 시뮬레이션에 의해 생성된 SINR의 CDF와 비교한 결과를 나타낸다. (a)에 나타난 바와 같이 유도된 SINR의 CDF와 시뮬레이션된 SINR의 CDF는 일치함을 알 수 있다.

[0168] 그리고 (a)에서 근거리 단말(NUE)가 SIC를 수행하기 때문에,  $NOR(\alpha) = 0.2$  및  $FOR(\beta) = 0.1$ 의 낮은 중첩 비율에서 근거리 단말(NUE)의 SINR의 CDF는 원거리 단말(FUE)의 SINR의 CDF보다 우수함을 알 수 있다. 또한  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 이 증가함에 따라 사용자 단말들(NUE, FUE)의 SINR의 CDF는 간섭으로 인해 열화됨을 알 수 있다.

[0169] (b)는 본 실시예에 따른 P-NOMA와 기존의 OMA 및 NOMA 각각의 합 용량( $C_{sum}$ )을 나타낸다. 여기서 P-NOMA는  $NOR(\alpha) = 0.8$ 이고,  $FOR(\beta) = 1$ 인 경우의 결과를 나타낸다.

[0170] (b)에 나타난 바와 같이, 본 실시예에 따른 P-NOMA가 모든 SNR 환경에서 기존의 OMA 및 NOMA보다 합 용량을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

[0171] 이는 본 실시예에 따른 P-NOMA가 NOMA의 대역폭 증가 방식을 가급적 유지하면서 간섭 및 송신 전력 감소를 최소화 할 수 있기 때문이다.

[0172] 도13 에서 (a)는 가변량( $\Delta$ ) 크기 변화와 개별 중첩비 우선 탐색 및 모든 중첩비에 대한 탐색에 따른 합 용량( $C_{sum}$ )의 변화를 NOMA와 비교하여 나타내었다.

[0173] 도13 의 (a)에 도시된 바와 같이,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$  중 하나를 먼저 조절하면서 합 용량( $C_{sum}$ )의 증가를 탐색하고 이후 나머지 하나를 조절하여 합 용량( $C_{sum}$ )의 최대값을 탐색하는 방식을 이용하는 경우,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 의 모든 경우의 수를 탐색하는 경우에 비해 합 용량( $C_{sum}$ )이 일부 저하될 수 있으나, 그 크기는 크기 않다. 반면  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 의 탐색의 복잡성은 크게 줄일 수 있다.

[0174] 그리고 가변량( $\Delta$ )의 크기를 0.1 에서 0.01로 변경하더라도 그에 의한 실질적 합 용량( $C_{sum}$ )의 변화는 크지 않다는 것을 알 수 있다. 즉 가변량( $\Delta$ )이 기지정된 기준 가변량(예를 들면, 0.1)크기 이하이면 합 용량( $C_{sum}$ )의 변화가 크지 않음을 알 수 있다.

[0175] 도13 의 (b)는 사용자 단말 수(M)의 증가에 따른 합 용량( $C_{sum}$ )의 변화를 NOMA와 비교하여 나타내었다.

[0176] 도13 의 (b)에 도시된 바와 같이, 사용자 단말의 수(M)가 증가되면, 잔류 간섭이 증가되기 때문에 합 용량( $C_{sum}$ )의 감소가 발생되는 것을 알 수 있다. 그러나 사용자 단말의 수(M)가 증가되어 합 용량( $C_{sum}$ )의 감소가 발생하더라도 기존의 NOMA에 비해서는 합 용량( $C_{sum}$ )이 크게 증가되었음을 알 수 있다.

[0177] 상기에서는 P-NOMA 시스템에서 합 용량( $C_{sum}$ )을 증가시키기 위한 자원 중첩비 조절 방법을 설명하였다. 그러나 단순한 합 용량( $C_{sum}$ )의 증가는 사용자 단말간 용량의 공정성이 고려되어 있지 않음에 따라, 일부 사용자 단말의 용량은 오히려 줄어들 가능성도 있다.

[0178] 이에 이하에서는 사용자 단말간 용량의 공정성을 높이기 위한 자원 중첩비 조절 방법을 설명한다. 특히 사용자 단말(NUE, FUE)간 용량의 공정성을 높이면서도 NOMA보다 합 용량( $C_{sum}$ )을 증가시킬 수 있는 자원 중첩비 조절 방법을 제안한다.

[0179] 사용자 단말들(NUE, FUE)의 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ )의 공정성을 높이기 위해서는 사용자 단말들(NUE, FUE)의 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ ) 사이의 차이가 줄어들어야 한다. 이에 본 실시예에서는 사용자 단말들(NUE, FUE)의 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ ) 사이의 차를 갭 용량( $C_{gap}$ )라 하며 수학적 26으로 계산된다.

### 수학적 26

[0180] 
$$C_{gap} = |C_{near} - C_{far}|$$

[0181] 여기서  $|\cdot|$ 는 절대값 함수를 나타낸다.

[0182] 그러나 갭 용량( $C_{gap}$ )을 줄이는 경우, 필연적으로 합 용량( $C_{sum}$ )의 감소가 수반된다.

[0183] 도14 는 본 실시예에 따른 P-NOMA 시스템에서 자원 중첩비의 변화에 따른 합 용량과 갭 용량 사이의 관계를 시뮬레이션한 결과를 나타낸다.

[0184] 도14 에서도 전력 할당 계수( $\gamma$ )는 0.3이고, 근거리 단말(NUE)과 원거리 단말(FUE) 사이의 거리 비는 1:2이며, FFT의 크기(N)는 1024인 것으로 가정하였다.

[0185] 도14 에서 (a) 및 (b)는 각각 NOR( $\alpha$ )과 FOR( $\beta$ )의 변화에 따른 합 용량( $C_{sum}$ )과 갭 용량( $C_{gap}$ )의 변화를 나타낸다. 도14 의 (a)에서 파란색 원형 영역은 합 용량( $C_{sum}$ )을 최대화 하기 위한 위치를 나타내며, 붉은색 사각형 영역은 갭 용량( $C_{gap}$ )을 최소화하기 위한 중첩 영역을 나타낸다.

[0186] 도14 에 도시된 바와 같이 갭 용량( $C_{gap}$ )을 최소화하기 위해서는 원거리 단말(FUE)의 용량( $C_{near}$ )은 증가되어야 하지만, 근거리 단말(NUE)의 용량( $C_{far}$ )은 감소되어야 한다. 즉 FOR( $\beta$ )이 높고 NOR( $\alpha$ )이 낮은 위치가 갭 용량( $C_{gap}$ )을 최소화할 수 있는 영역이다.

[0187] 즉 갭 용량( $C_{gap}$ )을 최소화하기 위한 붉은색 사각형 영역은 합 용량( $C_{sum}$ )을 최대화 하기 위한 파란색 원형 영역이 서로 상이하다.

[0188] 이는 갭 용량( $C_{gap}$ )을 최소화하는 경우 합 용량( $C_{sum}$ )이 감소되며, 사용자 단말간 공정성만을 고려하여 P-NOMA 시스템을 설계하는 경우, 합 용량( $C_{sum}$ )의 손실이 매우 크게 발생할 수 있음을 의미한다.

[0189] 따라서 갭 용량( $C_{gap}$ )을 줄이면서도 합 용량( $C_{sum}$ )의 감소를 줄일 수 있는 최적의 NOR( $\alpha$ )과 FOR( $\beta$ )를 탐색하는 것이 요구된다.

[0190] 갭 용량( $C_{gap}$ )을 줄일 수 있는 최적의 NOR( $\alpha$ )과 FOR( $\beta$ )를 용이하게 탐색하기 위해, 본 실시예에서는 수학적 27 과 같이 갭 용량( $C_{gap}$ )의 역수(inverse number)를 역갭 용량( $C_{gap-inverse}$ )으로 정의한다.

## 수학식 27

$$C_{gap-inverse} = 1/|C_{near} - C_{far}|$$

[0191]

[0192] 도15 는 자원 중첩비의 변화에 따른 역 갭 용량의 변화를 나타낸다.

[0193] 도15 에서 역 갭 용량이 증가되는 2개의 포인트가 사용자 단말들 사이의 공정성을 향상 시킬 수 있는 최적 후보로 선택될 수 있다. 단순히 공정성만을 고려한다면, 도15 에서 제1 포인트가 선택되어야 한다. 그러나 상기한 바와 같이, 합 용량( $C_{sum}$ )은 가능한 높게 유지되는 것이 바람직하다.

[0194] 도15 에서  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 이 1, 1인 위치는 상기한 바와 같이, NOMA 시스템을 나타내고, 본 실시예의 P-NOMA 시스템은 NOMA 시스템에 비해 합 용량( $C_{sum}$ )을 높게 유지하는 것 또한 목표로 하고 있다. 따라서 도15 에서 2개의 후보 포인트 중  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 이 1, 1인 경우의 합 용량( $C_{sum}$ )보다 합 용량이 낮게 계산되는 모든 포인트를 제거하여 사용자 단말들 사이의 공정성을 향상 시키면서도 합 용량( $C_{sum}$ )을 증가시킬 수 있는 포인트를 탐색할 수 있다.

[0195] 즉 도15 의 역 갭 용량의 변화 그래프에서 합 용량이 NOMA 시스템의 합 용량보다 작은 포인트를 수학식 28과 같이 배제할 수 있다.

## 수학식 28

$$\begin{cases} C_{gap-inverse}(\alpha, \beta) = C_{gap-inverse}(\alpha, \beta) & \text{if } C_{sum}(\alpha, \beta) \geq C_{sum}(1, 1) \\ C_{gap-inverse}(\alpha, \beta) = 0 & \text{if } C_{sum}(\alpha, \beta) < C_{sum}(1, 1) \end{cases}$$

[0196]

[0197] 도16 은 도15 에서 역 갭 용량의 변화 그래프에서 합 용량이 초기 합 용량보다 낮은 영역을 배제하여 나타낸 결과를 나타낸다.

[0198] 도16 을 도15 와 비교하면, 도15 에서 역 갭 용량이 최대가 되는 제1 포인트가 제외됨에 따라 도15 의 제2 포인트가 사용자 단말들 사이의 공정성을 향상 시키면서도 합 용량( $C_{sum}$ )을 증가시킬 수 있는 포인트로 탐색됨을 알 수 있다.

[0199] 한편, 사용자 단말들 사이의 공정성을 향상 시키면서도 합 용량( $C_{sum}$ )을 증가시킬 수 있는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 을 탐색하는 경우에도 모든  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 의 경우의 수에 대한 합 용량( $C_{sum}$ )과 갭 용량( $C_{gap}$ )을 계산하여 최적의  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 을 탐색할 수 있다. 그러나 이는 탐색의 복잡성이 높아지게 된다.

[0200] 따라서 본 실시예에서는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 의 탐색의 복잡성을 줄일 수 있는 중첩 비율 조절을 제안한다.

[0201] 도17 은 본 발명의 다른 실시예에 따른 P-NOMA 시스템에서 자원 중첩비 조절 방법을 나타내고, 도18 은 도17 의 자원 중첩비 조절 방법에 따른 자원 중첩비가 가변되는 개념을 나타낸다.

[0202] 도17 를 참조하면, 본 실시예에 따른 자원 중첩비 조절 방법은 우선  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 을 도18 의 (a)에 도시된 바와 같이, 기지정된 초기값(예를 들면, 0, 1)으로 초기화하고, 초기값에 대응하는 초기 갭 용량( $C_{gap.i}$ )을 계산한다(S21). 여기서  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 을 기지정된 초기값을 (0, 1)로 설정하는 것은 사용자 단말 중 대부분의 경우 원거리 단말(FUE)의 용량( $C_{far}$ )이 근거리 단말(NUE)의 용량( $C_{near}$ )에 비해 낮기 때문이다. 즉 사용자 단말의 공정성을 향상시키기 위해서는 원거리 단말(FUE)의 용량( $C_{far}$ )을 우선 고려하는 것이 용이하기 때문이다.

[0203] 또한 초기 합 용량( $C_{sum.i}$ )을 계산한다. 다만 초기 합 용량( $C_{sum.i}$ )은 기존의 NOMA 시스템에 기초하여,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 이 1, 1인 경우의 합 용량으로 계산한다.

[0204] 그리고 도18 의 (b)에 도시된 바와 같이,  $NOR(\alpha)$ 을 가변량( $\Delta$ ) 단위로 증가시키고, 증가된  $NOR(\alpha)$ 에 따른 합



용량( $C_{sum}$ ) 및 갭 용량( $C_{gap}$ )을 계산한다(S22).

- [0205] 합 용량( $C_{sum}$ ) 및 갭 용량( $C_{gap}$ )이 계산되면, 계산된 갭 용량( $C_{gap}$ )이 초기 갭 용량( $C_{gap,i}$ ) 또는 이전 계산된 갭 용량보다 작은지 판별한다(S23). 계산된 갭 용량( $C_{gap}$ )이 감소된 것으로 판별되면, 계산된 합 용량( $C_{sum}$ )이 초기 합 용량( $C_{sum,i}$ ) 이상인지 판별한다(S24).
- [0206] 계산된 합 용량( $C_{sum}$ )이 초기 합 용량( $C_{sum,i}$ ) 이상이면, 조절된 자원 중첩비( $NOR(\alpha)$  또는  $FOR(\beta)$ )를 현재 중첩비로 업데이트하고, 계산된 갭 용량( $C_{gap}$ )을 현재 갭 용량으로 업데이트 한다(S25). 그리고 다시  $NOR(\alpha)$ 을 증가시켜 합 용량( $C_{sum}$ ) 및 갭 용량( $C_{gap}$ )을 계산한다(S22).
- [0207] 그러나 계산된 합 용량( $C_{sum}$ )이 초기 합 용량 보다 작으면, 도18 의 (c)와 같이,  $FOR(\beta)$ 을 가변량( $\Delta$ ) 단위로 감소시키고, 합 용량( $C_{sum}$ ) 및 갭 용량( $C_{gap}$ )을 계산한다(S26). 그리고 다시 계산된 갭 용량( $C_{gap}$ )이 초기 갭 용량( $C_{gap,i}$ ) 또는 이전 계산된 갭 용량보다 작은지 판별한다(S23).
- [0208] 한편, 계산된 갭 용량( $C_{gap}$ )이 초기 갭 용량( $C_{gap,i}$ ) 또는 이전 계산된 갭 용량 이상이면, 계산된 합 용량( $C_{sum}$ )이 초기 합 용량( $C_{sum,i}$ ) 미만인지 판별한다(S27).
- [0209] 계산된 합 용량( $C_{sum}$ )이 초기 합 용량( $C_{sum,i}$ ) 미만이 아니면,  $NOR(\alpha)$ 을 도18 의 (d)에 도시된 바와 같이, 가변량( $\Delta$ ) 단위로 감소시키고, 합 용량( $C_{sum}$ ) 및 갭 용량( $C_{gap}$ )을 계산한다(S28). 그리고 다시 계산된 갭 용량( $C_{gap}$ )이 초기 갭 용량( $C_{gap,i}$ ) 또는 이전 계산된 갭 용량보다 작은지 판별한다(S23).
- [0210] 반면, 계산된 합 용량( $C_{sum}$ )이 초기 합 용량( $C_{sum,i}$ ) 미만이면, 조절되기 이전 마지막 업데이트된  $NOR(\alpha)$  및  $FOR(\beta)$ 를 현재 사용자 단말의 중첩비로 선택한다(S29).
- [0211] 도17 및 도18 에 도시된 바와 같이, 자원 중첩비( $NOR(\alpha)$  및  $FOR(\beta)$ ) 중  $NOR(\alpha)$ 를 우선 조절하며 탐색하고,  $FOR(\beta)$ 를 탐색한 후, 다시  $NOR(\alpha)$ 을 조절하는 순차 조절 방식은  $NOR(\alpha)$  및  $FOR(\beta)$ 의 모든 경우의 수를 탐색하는 방식에 비해, 복잡도를 낮출 수 있어, 다중 접속 제어 장치가 용이하게 사용자 단말의 공정성과 합 용량을 향상시킬 수 있도록 한다.
- [0212] 도19 는 본 발명의 실시예에 따른 P-NOMA의 갭 용량을 시뮬레이션한 결과를 나타낸다.
- [0213] 도19 에서는 본 실시예에 따른 P-NOMA의 갭 용량( $C_{gap}$ )을 도17 의 자원 중첩비 조절 방법과 모든  $NOR(\alpha)$  및  $FOR(\beta)$ 에 대해 탐색한 결과를 비교하여 도시하였으며, 기존의 OMA 및 NOMA와 함께 비교하여 도시하였다.
- [0214] 도19 에 도시된 바와 같이, 기존의 NOMA의 경우 사용자 단말들 사이의 갭 용량( $C_{gap}$ )이 크게 차이가 나는데 반해, OMA는 갭 용량( $C_{gap}$ )의 차이가 크지 않다.
- [0215] 그러나 본 실시예에 따른 P-NOMA의 갭 용량( $C_{gap}$ )은 OMA에서 보다 낮다.
- [0216] 비록 도17 의 자원 중첩비 조절 방법에 따른 갭 용량( $C_{gap}$ )이 모든  $NOR(\alpha)$  및  $FOR(\beta)$ 에 대해 탐색한 결과에 비해 일부 높게 나타나지만, 그 차이는 크지 않다.
- [0217] 따라서 탐색의 복잡성을 줄이기 위해 도17 의 자원 중첩비 조절 방법은 유용하게 적용될 수 있다.
- [0218] 도20 은 본 발명의 실시예에 따른 다중 접속 제어 장치의 개략적인 블록도를 나타내고, 도21 는 도20 의 프로세서의 상세 블록도를 나타낸다.
- [0219] 본 실시예에서 다중 접속 제어 장치(100)는 P-NOMA 시스템에서 사용자 단말들(NUE, FUE)에 다운 링크 환경에서의  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 조절하여 중첩 영역의 크기 및 위치를 가변함에 따라 P-NOMA 시스템의 합 용량( $C_{sum}$ )을 최대화 할 수 있는 장치이다.
- [0220] 뿐만 아니라 다중 접속 제어 장치(100)는 사용자 단말들(NUE, FUE)의 공정성을 향상 시키기 위해 갭 용량( $C_{gap}$ )의 차이를 줄이도록  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 조절할 수도 있다.

- [0221] 다중 접속 제어 장치(100)는 일예로 도1 에 도시된 기지국(BS)일 수 있다.
- [0222] 기지국(BS)은 프로세서(110), 메모리부(120) 및 송수신부(130)를 포함할 수 있다. 메모리부(120)는 각 사용자 단말들(NUE, FUE)의 식별자를 저장할 수 있으며, 각 사용자 단말들(NUE, FUE)을 기지국(BS)로부터의 거리에 따라 구분하여 저장할 수도 있다. 즉 근거리 단말(NUE)과 원거리 단말(FUE)을 구분하여 저장할 수 있다. 그리고 전력 할당 계수( $\gamma$ )가 미리 저장될 수 있다.
- [0223] 프로세서(110)는 P-NOMA 시스템의 합 용량( $C_{sum}$ )을 최대화하기 위해,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 조절하면서 각 사용자 단말들(NUE, FUE)의 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ )을 계산하고, 계산된 용량의 합인 합 용량( $C_{sum}$ )이 최대화되는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 탐색하여 획득한다. 그리고 획득된  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 에 따라 근거리 단말(NUE)과 원거리 단말(FUE) 각각을 위한 서브캐리어와 사용자 단말들(NUE, FUE)이 공유할 서브캐리어를 선택하고, 선택된 서브캐리어로 신호를 전송한다.
- [0224] 또한 프로세서(110)는 P-NOMA 시스템의 합 용량( $C_{sum}$ )을 가능한 높게 유지하기 위해 각 사용자 단말들(NUE, FUE)의 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ )을 계산하고, 계산된 용량의 사이의 용량 차인 갭 용량( $C_{gap}$ )을 줄일 수 있는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 탐색하여 획득할 수 있다.
- [0225] 도21 을 참조하면, 프로세서(110)는 자원 중첩비 조절부(111)와 합 용량 계산부(112), 갭 용량 계산부(113) 및 서브 캐리어 선택부(114)를 포함할 수 있다.
- [0226] 자원 중첩비 조절부(111)는 합 용량( $C_{sum}$ )을 최대화 할지, 갭 용량( $C_{gap}$ )을 줄일지 여부가 미리 지정될 수 있다.
- [0227] 자원 중첩비 조절부(111)는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 을 기지정된 초기값으로부터 기지정된 가변량( $\Delta$ ) 단위로 가변하고, 미리 지정된 설정에 따라  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 을 합 용량 계산부(112) 또는 갭 용량 계산부(113) 중 적어도 하나로 전달한다.
- [0228] 여기서 자원 중첩비 조절부(111)는 합 용량( $C_{sum}$ )을 최대화 하는 경우와 갭 용량( $C_{gap}$ )을 줄이는 경우에  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 서로 다르게 초기화 할 수 있으며,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$  중 적어도 하나를 우선 가변할 수 있다.
- [0229] 합 용량 계산부(112)는 수학적 식 19 및 20에 따라 사용자 단말들(NUE, FUE)의 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ )을 계산하고, 계산된 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ )의 합 용량( $C_{sum}$ )을 초기 합 용량 또는 이전 계산된 합 용량과 비교하여, 계산된 합 용량이 증가 또는 감소되었는지 판별하여 자원 중첩비 조절부(111)로 전달한다.
- [0230] 한편 갭 용량 계산부(113)는 사용자 단말들(NUE, FUE)의 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ )을 계산하고, 계산된 용량( $C_{near}$ ,  $C_{far}$ )의 차인 갭 용량( $C_{gap}$ )을 초기 합 용량 또는 이전 계산된 갭 용량과 비교하여 갭 용량이 증가 또는 감소되었는지 판별하여 자원 중첩비 조절부(111)로 전달한다.
- [0231] 자원 중첩비 조절부(111)는 합 용량 계산부(112)의 판별 결과에 따라 합 용량( $C_{sum}$ )이 최대가 되는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 획득하고, 획득된  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 을 서브캐리어 선택부(114)로 전달한다.
- [0232] 또한 자원 중첩비 조절부(111)는 갭 용량 계산부(113)의 판별 결과에 따라 갭 용량( $C_{gap}$ )이 줄어드는  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 획득한다. 이때 자원 중첩비 조절부(111)는 합 용량 계산부(112)로부터 계산된 합 용량( $C_{sum}$ )이 기지정된 초기 합 용량( $C_{sum}$ ) 이상인지 함께 분석하여  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 획득할 수 있다. 즉 자원 중첩비 조절부(111)는 갭 용량( $C_{gap}$ )이 감소되더라도 합 용량( $C_{sum}$ )이 초기 합 용량( $C_{sum}$ )보다 적으면,  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 를 계속 조절할 수 있다.
- [0233] 서브캐리어 선택부(114)는 자원 중첩비 조절부(111)에서 전달된  $NOR(\alpha)$ 과  $FOR(\beta)$ 에 따라 다수의 서브캐리어 중 근거리 비중첩 영역(R1)과 원거리 비중첩 영역(R3)에 포함될 서브캐리어를 각각 구분하여 선택하고, 중첩 영역(R2)에 포함될 서브캐리어를 추가로 선택한다. 여기서 근거리 비중첩 영역(R1)과 원거리 비중첩 영역(R3) 및 중첩 영역(R2)에 포함될 서브캐리어들 각각은 도4 와 같이 연속되도록 선택될 수도 있으나, 이산되어 선택될 수도 있다.
- [0234] 프로세서(110)는 각 영역에 대한 서브캐리어가 선택되면, 신호를 송수신부(130)를 통해 사용자 단말들(NUE, FUE)들로 전송한다. 여기서 근거리 비중첩 영역(R1)의 서브캐리어는 근거리 단말(NUE)에 대한 신호만을 전송하

고, 원거리 비중첩 영역(R3)의 서브캐리어는 원거리 단말(FUE)에 대한 신호만을 전송한다. 그리고 중첩 영역(R2)의 서브캐리어는 근거리 단말(NUE) 및 원거리 단말(FUE)에서 공유되어 근거리 단말(NUE) 및 원거리 단말(FUE)의 신호를 신호 중첩 방식을 전송한다.

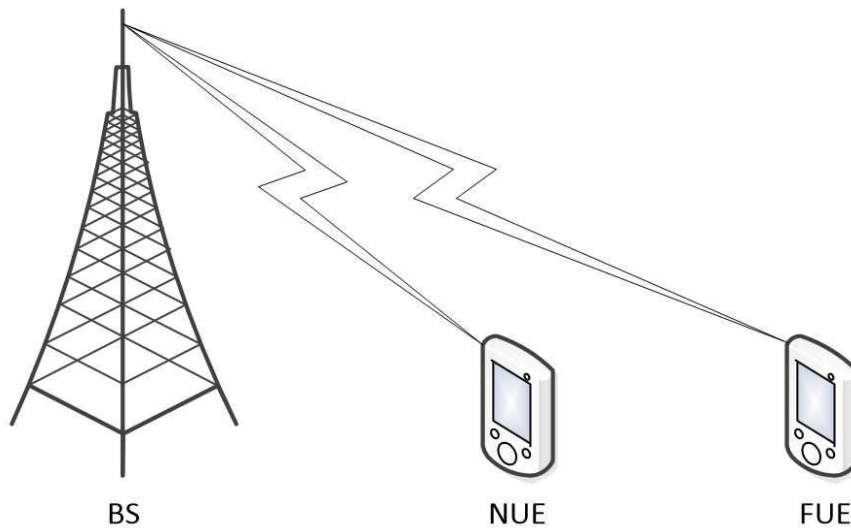
[0235] 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행 시키기 위한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다. 여기서 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스 될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 또한 컴퓨터 저장 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함하며, ROM(판독 전용 메모리), RAM(랜덤 액세스 메모리), CD(컴팩트 디스크)-ROM, DVD(디지털 비디오 디스크)-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광데이터 저장장치 등을 포함할 수 있다.

[0236] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.

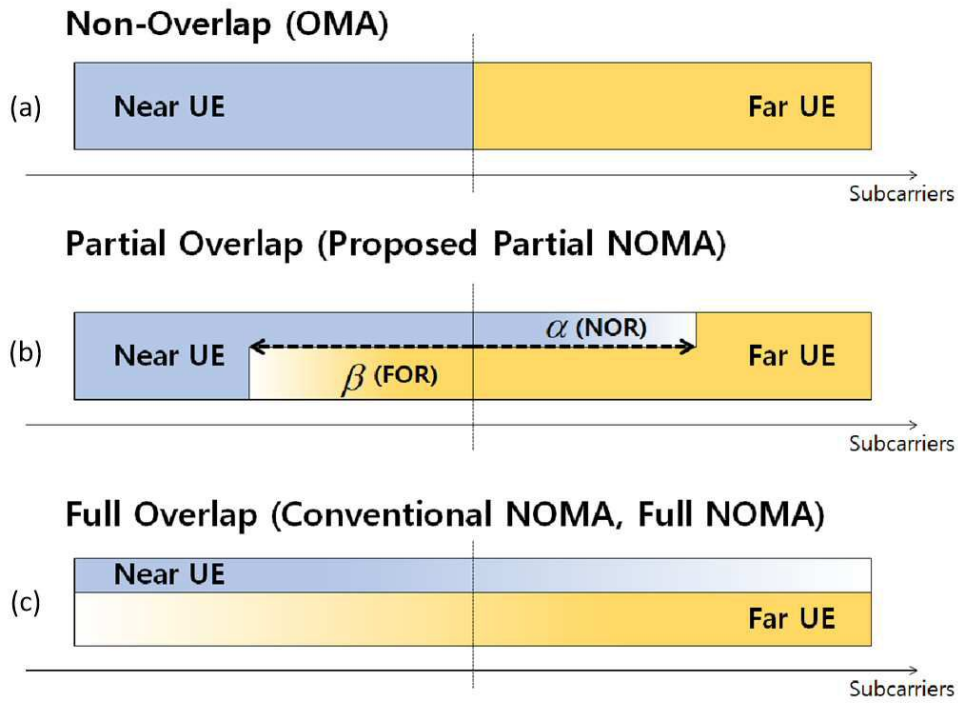
[0237] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

## 도면

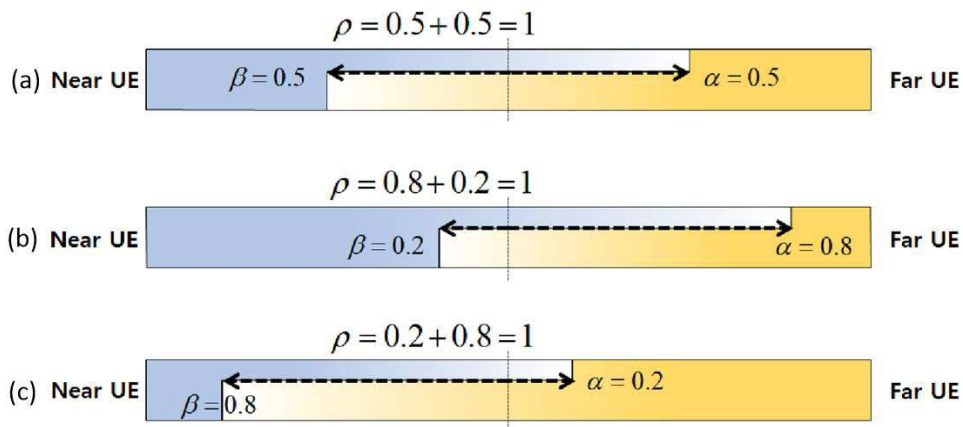
### 도면1



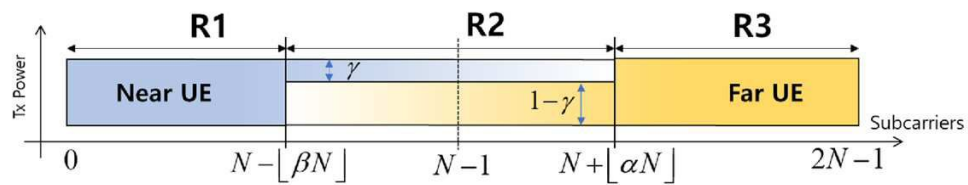
도면2



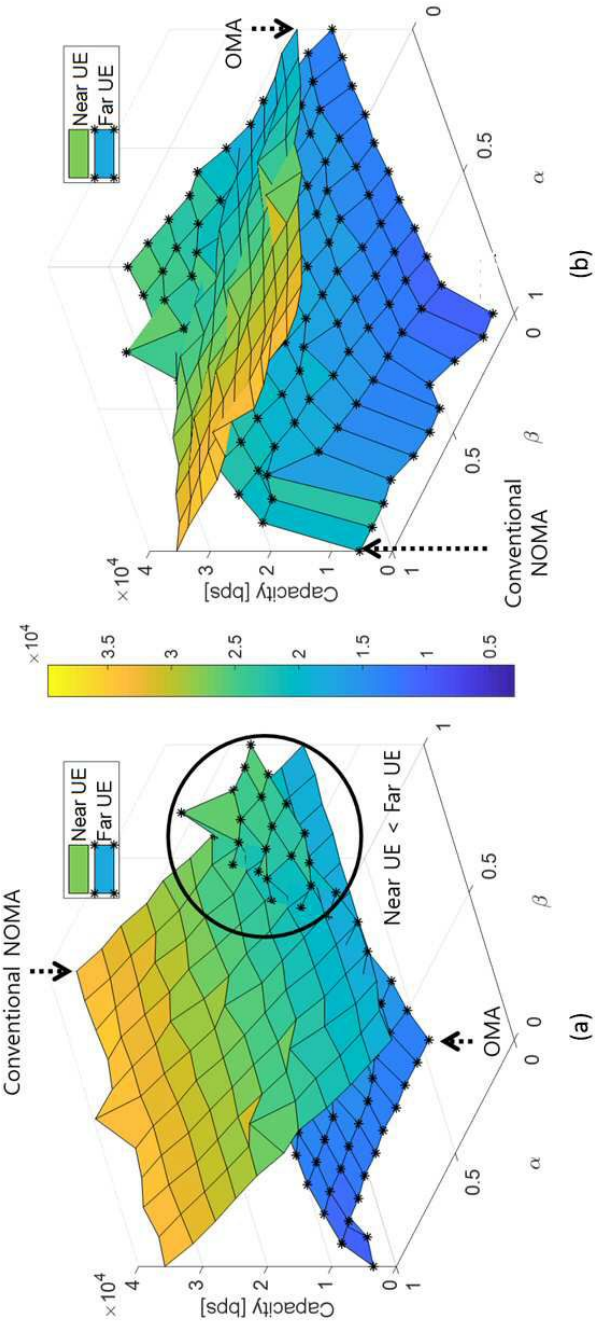
도면3



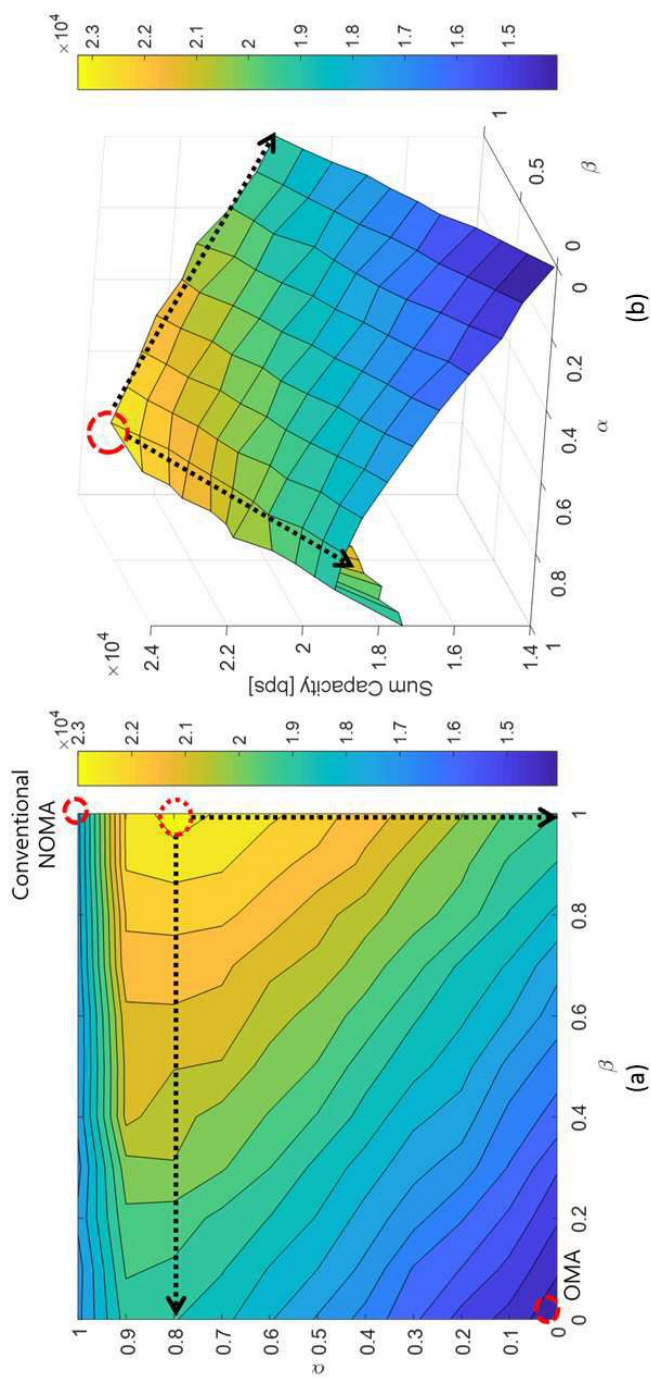
도면4



도면5

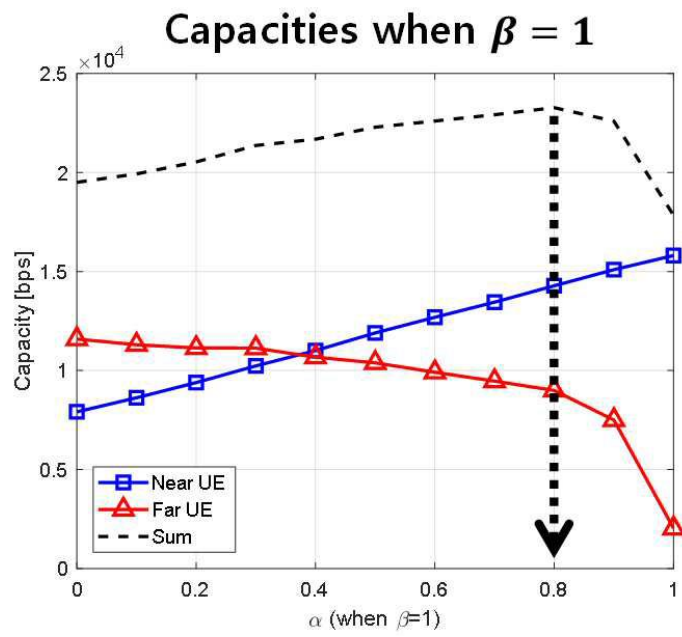


도면6

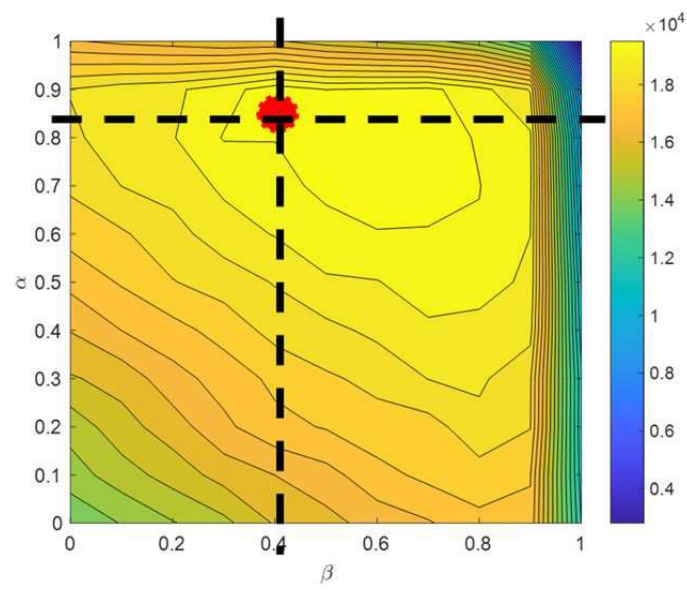




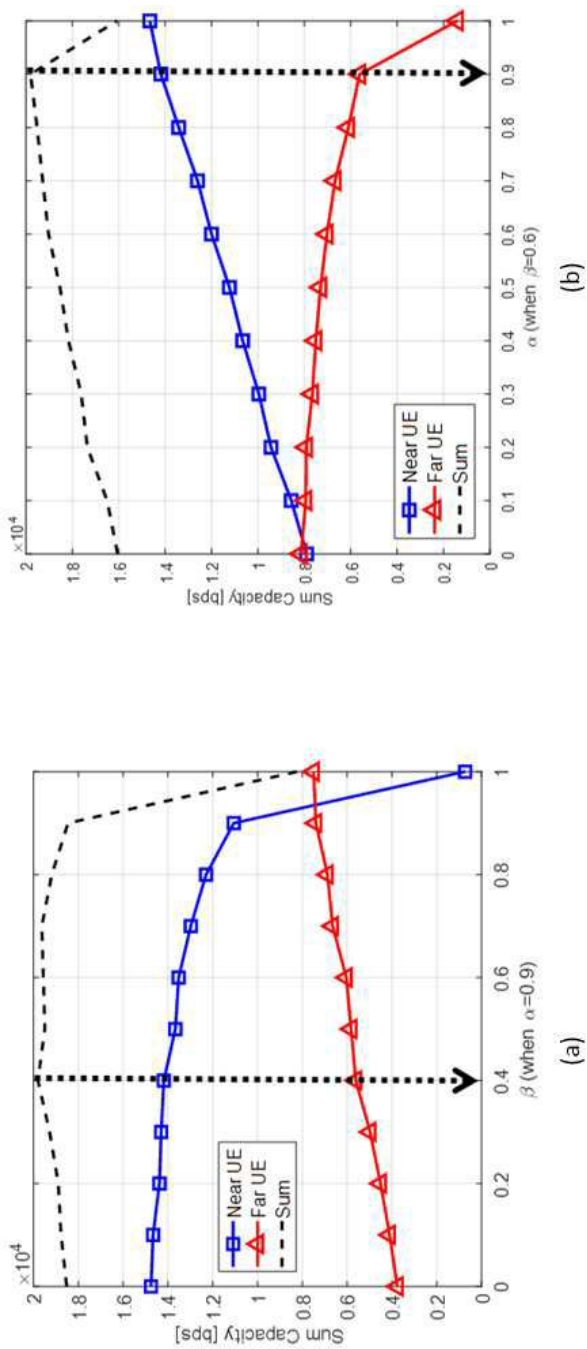
도면7



도면8

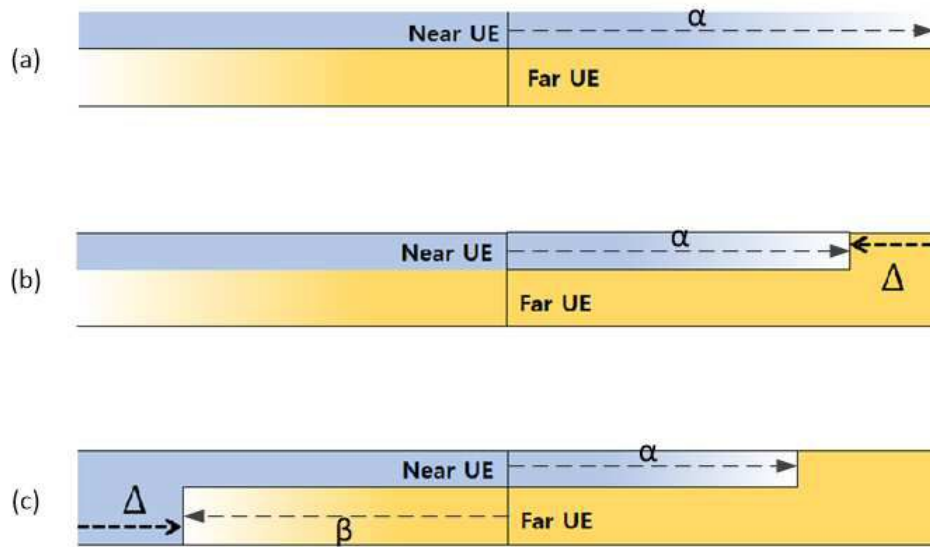


도면9

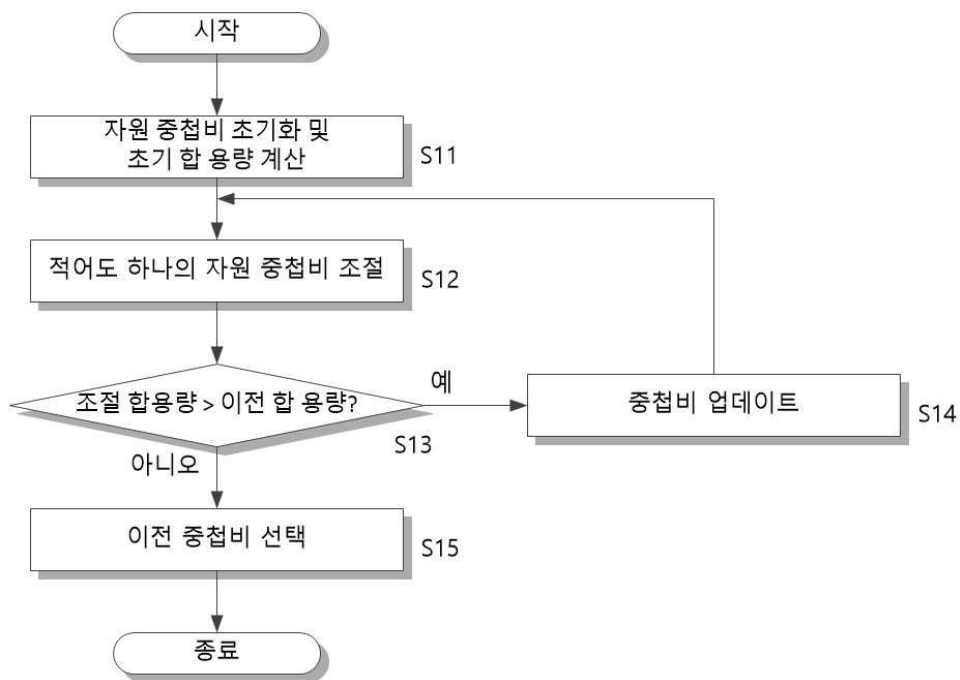




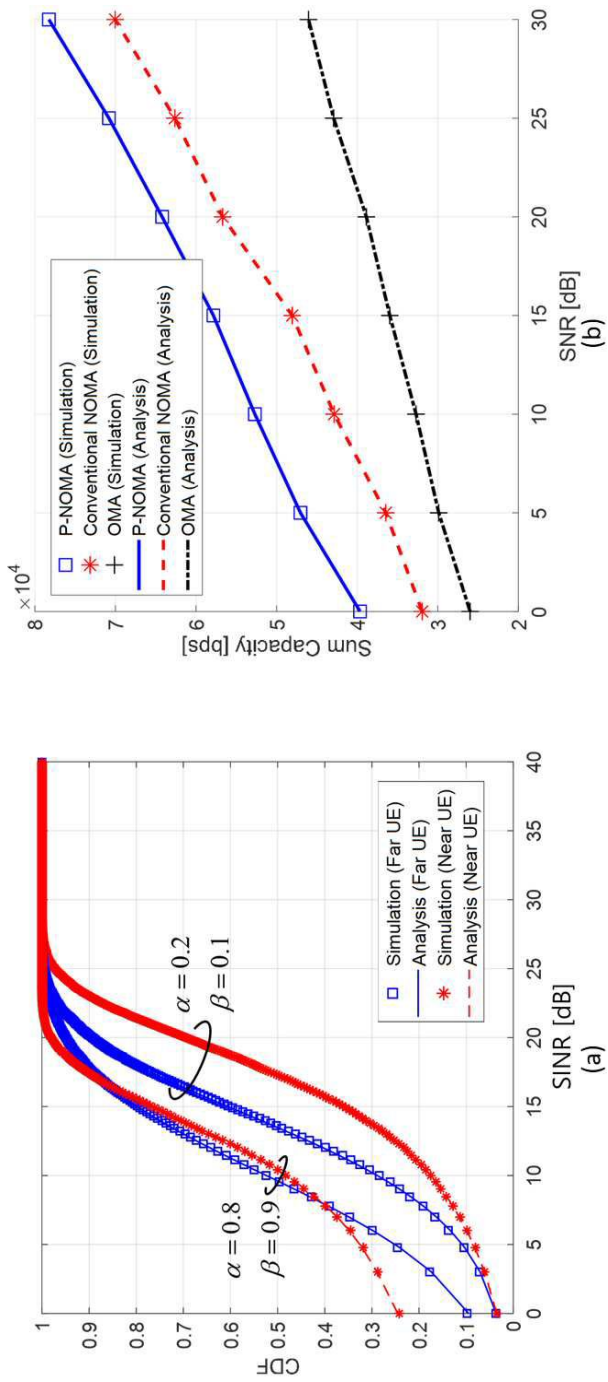
도면10



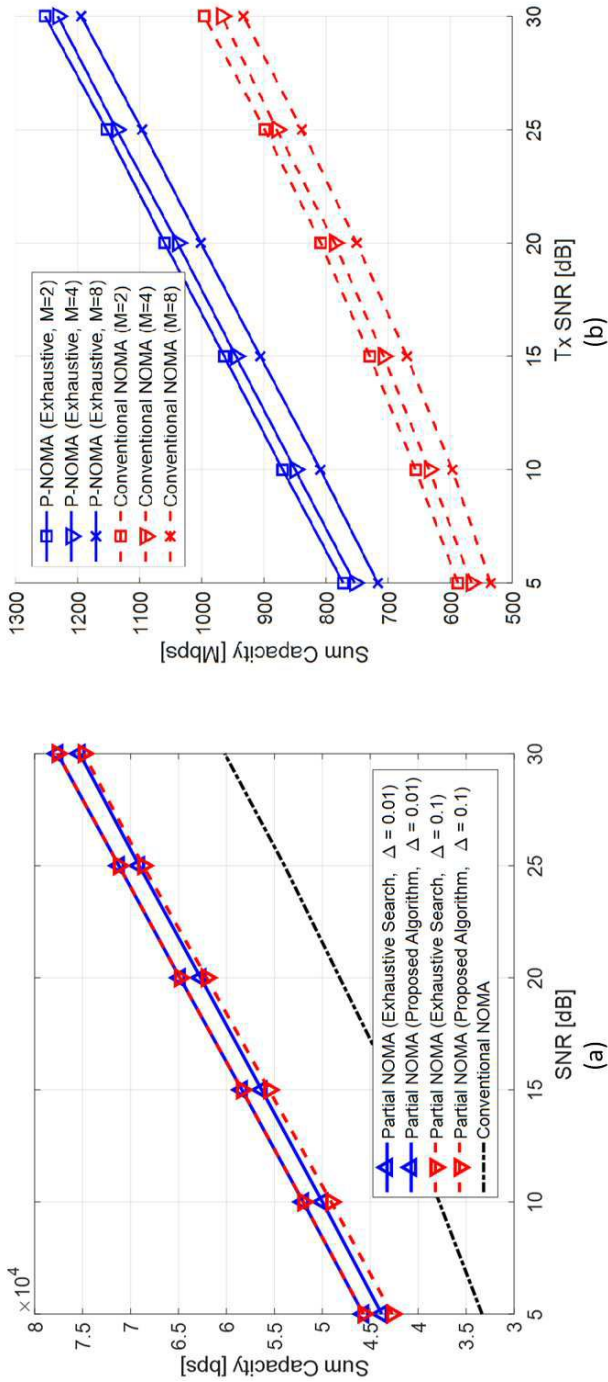
도면11



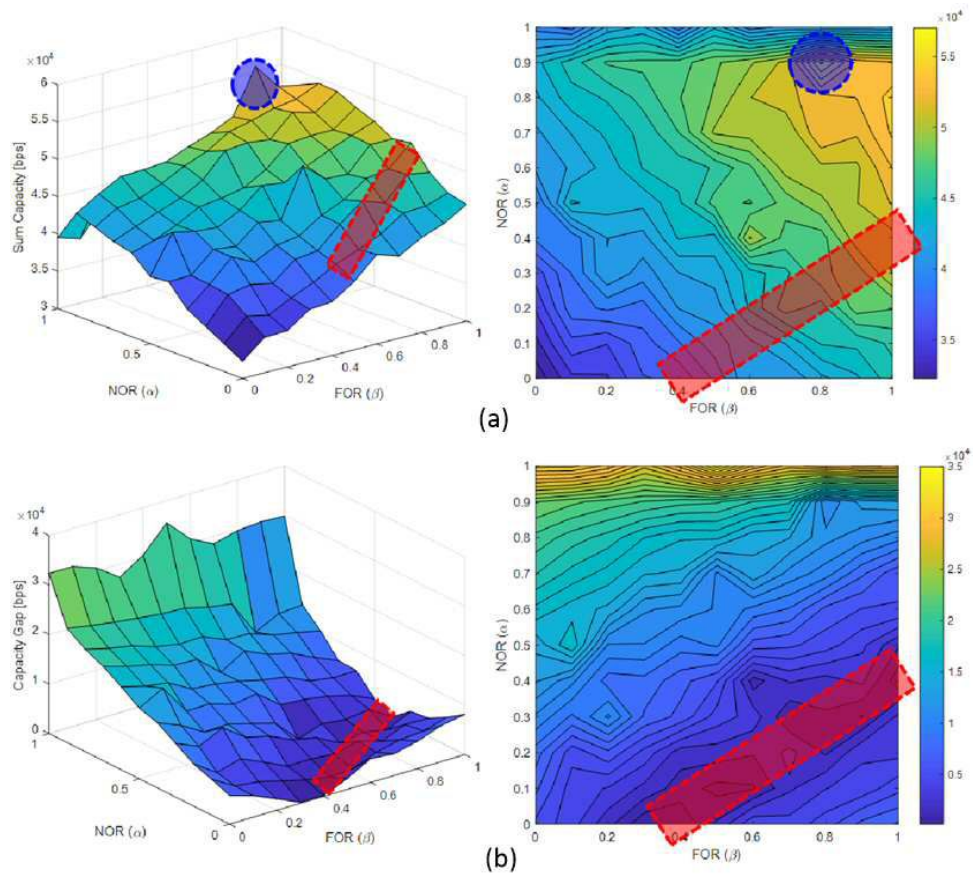
도면12



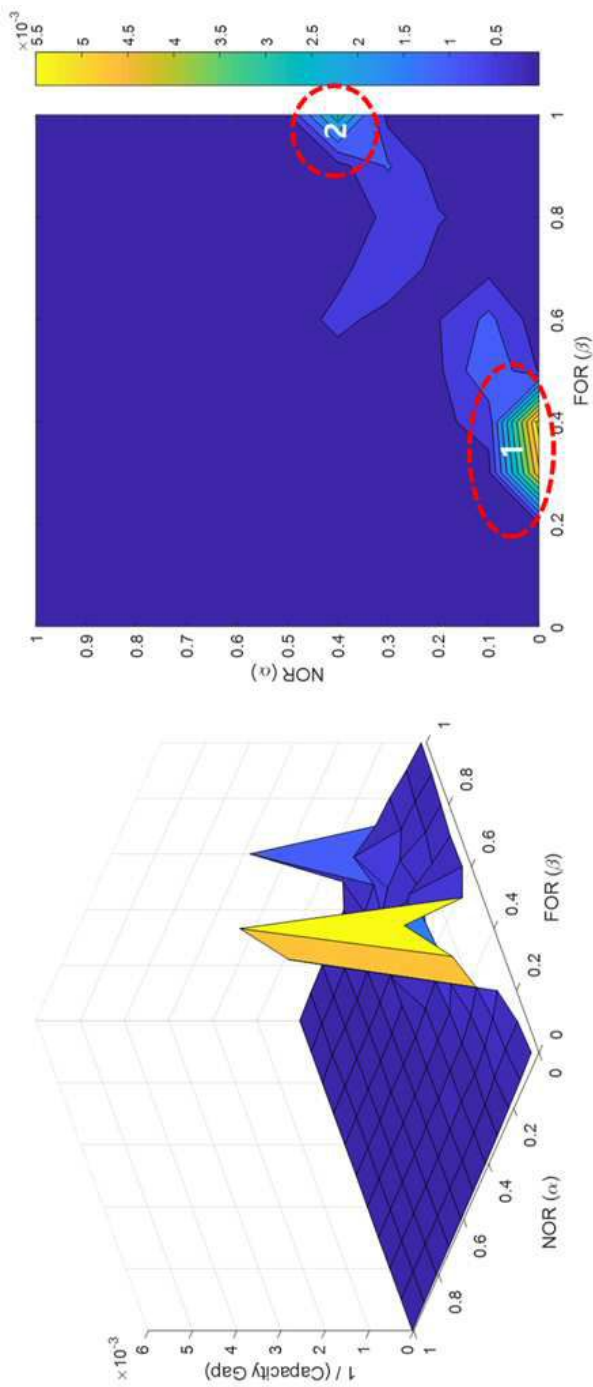
도면13



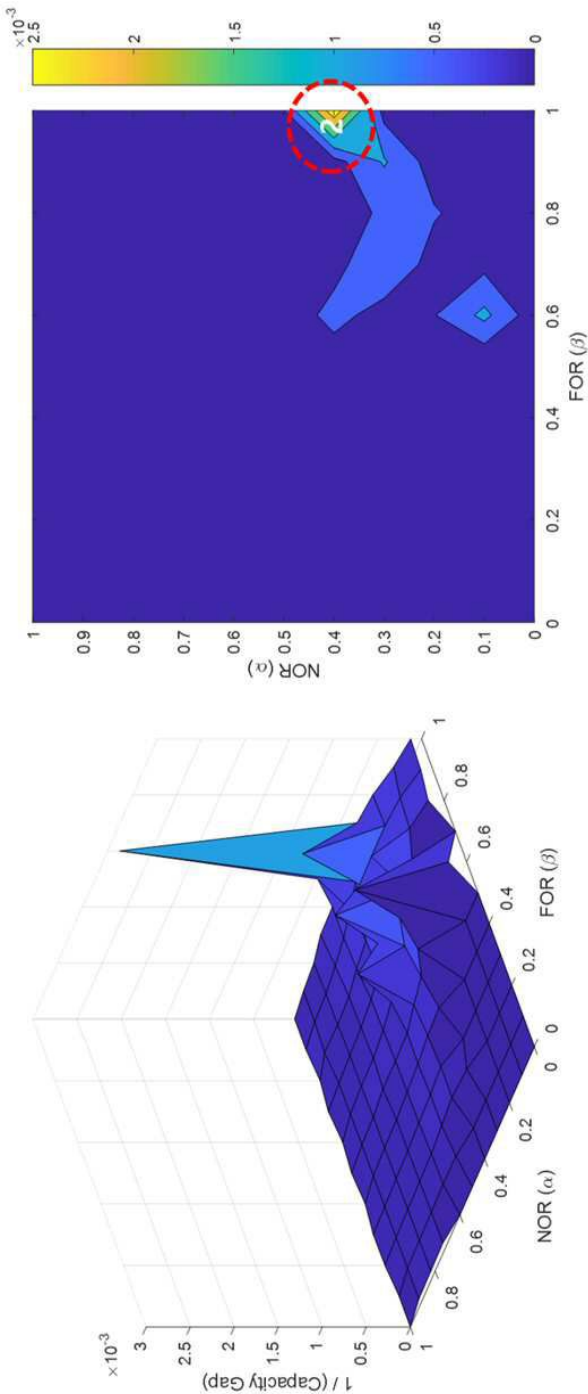
도면14



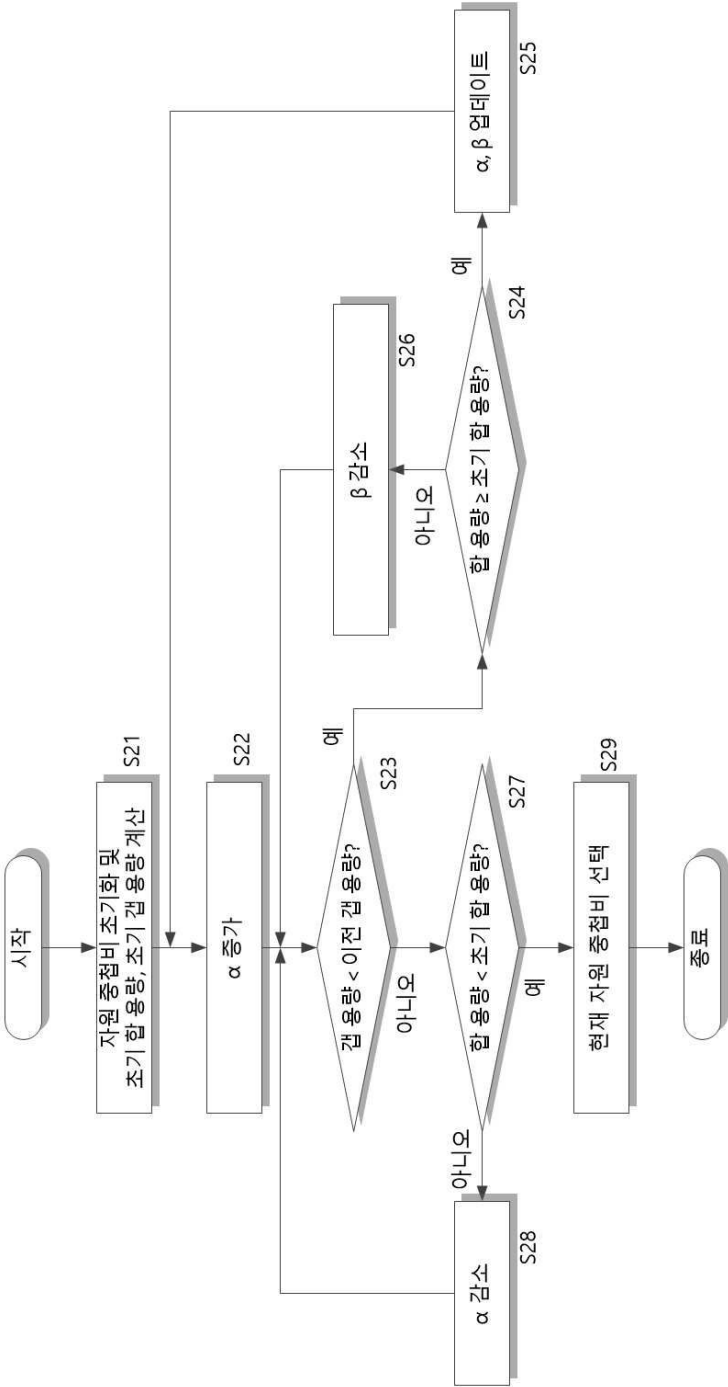
도면15



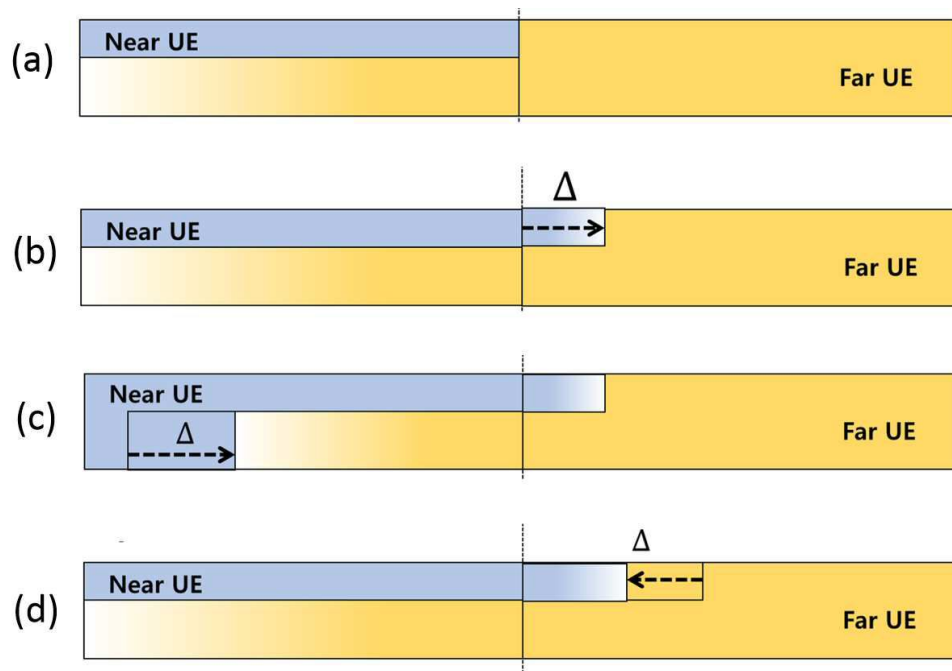
도면16



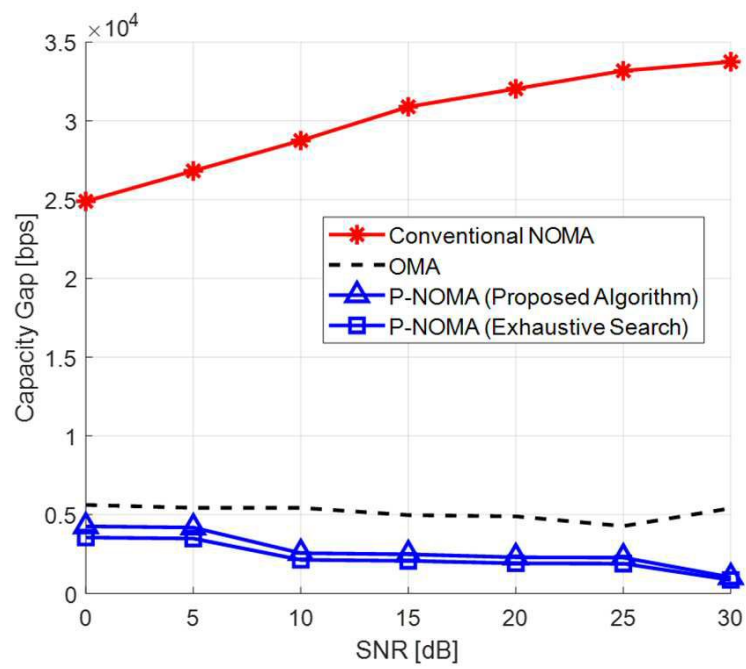
도면17



도면18

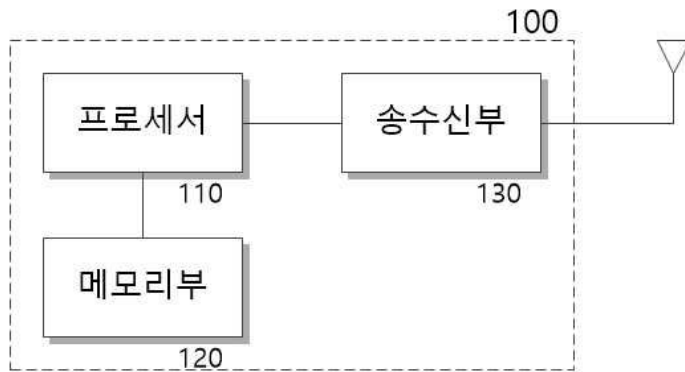


도면19

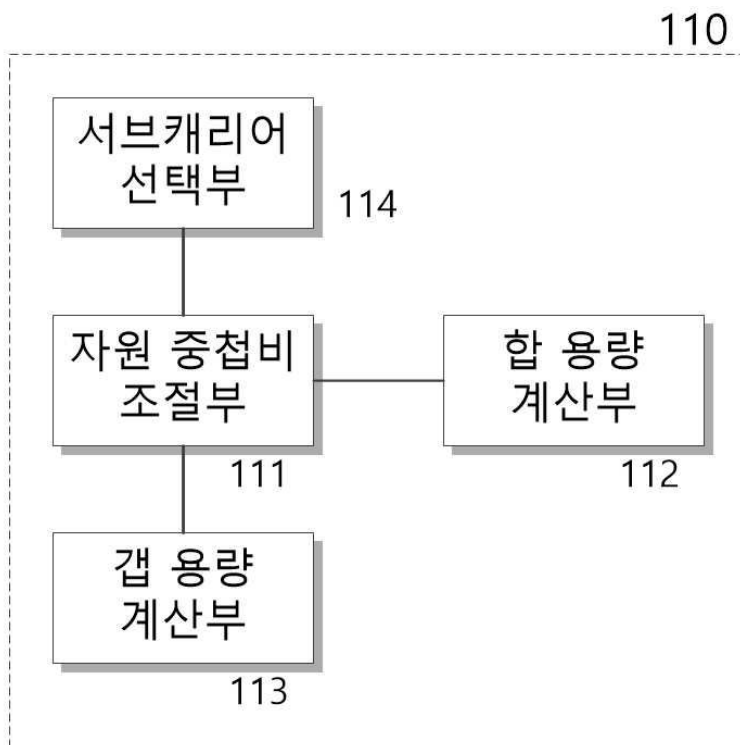




도면20



도면21



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 16

【변경전】

제8 항에 있어서, 상기 근거리 단말의 용량은  
수학식

$$C_{near} = (1 + \alpha) \log_2 \left( \frac{w + (1 + \gamma\alpha - (1 - \gamma)\beta)}{w} \right)$$

(여기서  $C_{near}$  은 근거리 단말의 용량을 나타내고,  $\alpha$ ,  $\beta$  는 각각 근거리 자원 중첩비 및 원거리 자원 중첩비를 나타내며,  $\gamma$  는 총 송신 전력에서 근거리 단말에 할당되는 전력의 크기를 나타내는 전력 할당 계수

이며,  $w = \sigma_{near}^2 / P$

다.  $\sigma_{near}^2$

은 근거리 단말의 잡음 전력을 나타내고, P는 총 송신 전력을 나타낸다.)

에 따라 획득하고,

상기 원거리 단말의 용량은

수학식

$$C_{far} = (1 + \beta) \log_2 \left( \frac{1 + \beta + v}{(\alpha + \beta) \gamma + v} \right)$$

(여기서  $C_{far}$ 은 원거리 단말의 용량을 나타내고,  $v = \sigma_{far}^2 / P$

이며,  $\sigma_{far}^2$

는 원거리 단말의 잡음 전력을 나타낸다.)

에 따라 획득하는 다중 접속 제어 방법.

【변경후】

제8 항에 있어서, 상기 근거리 단말의 용량은

수학식

$$C_{near} = (1 + \alpha) \log_2 \left( \frac{w + (1 + \gamma \alpha - (1 - \gamma) \beta)}{w} \right)$$

(여기서  $C_{near}$  은 근거리 단말의 용량을 나타내고,  $\alpha$ ,  $\beta$  는 각각 근거리 자원 중첩비 및 원거리 자원 중첩비를 나타내며,  $\gamma$ 는 총 송신 전력에서 근거리 단말에 할당되는 전력의 크기를 나타내는 전력 할당 계수

이며,  $w = \sigma_{near}^2 / P$

다.  $\sigma_{near}^2$

은 근거리 단말의 잡음 전력을 나타내고, P는 총 송신 전력을 나타낸다.)

에 따라 획득하고,

상기 원거리 단말의 용량은

수학식

$$C_{far} = (1 + \beta) \log_2 \left( \frac{1 + \beta + v}{(\alpha + \beta) \gamma + v} \right)$$

(여기서  $C_{far}$ 은 원거리 단말의 용량을 나타내고,  $v = \sigma_{far}^2 / P$

이며,  $\sigma_{far}^2$

는 원거리 단말의 잡음 전력을 나타낸다.)

에 따라 획득하는 자원 중첩비 조절 방법.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 15

【변경전】

제14 항에 있어서, 상기 나머지 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 선택하는 단계는

감소된 상기 원거리 자원 중첩비에 따른 상기 갭 용량이 증가되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이면, 임시 선택된 근거리 자원 중첩비를 감소시키는 단계; 및

감소된 근거리 자원 중첩비에 따른 상기 갭 용량이 증가되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 미만이면, 업데이트된 상기 근거리 자원 중첩비 및 원거리 자원 중첩비를 선택하는 단계; 를 더 포함하는 다중 접속 제어 방법.

【변경후】

제14 항에 있어서, 상기 나머지 자원 중첩비를 반복적으로 탐색하여 선택하는 단계는

감소된 상기 원거리 자원 중첩비에 따른 상기 갭 용량이 증가되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 이상이면, 임시 선택된 근거리 자원 중첩비를 감소시키는 단계; 및

감소된 근거리 자원 중첩비에 따른 상기 갭 용량이 증가되고, 상기 합 용량이 상기 초기 합 용량 미만이면, 업데이트된 상기 근거리 자원 중첩비 및 원거리 자원 중첩비를 선택하는 단계; 를 더 포함하는 자원 중첩비 조절 방법.