

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2020-0082319  
(43) 공개일자 2020년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04W 52/24 (2009.01) H04W 52/28 (2009.01)  
H04W 52/36 (2009.01)  
(52) CPC특허분류  
H04W 52/242 (2013.01)  
H04W 52/245 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0172796  
(22) 출원일자 2018년12월28일  
심사청구일자 2018년12월28일

(71) 출원인  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
정중문  
서울특별시 용산구 이촌로 181, 104동 101호(이촌동, 한강대우아파트)  
김규하  
서울특별시 동작구 여의대방로16길 1, 103동 1305호(신대방동, 태성대아파트)  
유원석  
서울특별시 구로구 개봉로17길 18-6, 303호(개봉동, 노블리움)  
(74) 대리인  
민영준

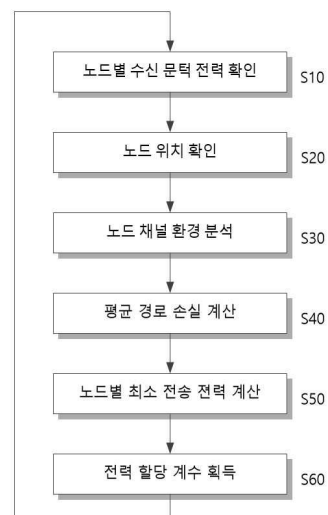
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 비직교 다중 접속 시스템의 전송 전력 제어 장치 및 방법

## (57) 요약

본 발명은 통신을 수행해야 할 노드들 각각에 대해 기지정된 수신 문턱 전력과 각 노드들의 위치 및 채널 환경 정보를 확인하고, 확인된 노드들의 위치와 채널 환경 정보에 기초하여, 각 노드에 대한 평균 경로 손실과 평균 경로 손실에 따라 각 노드별로 요구되는 최소 전송 전력을 계산하며, 전체 전송 전력 중 각 노드별로 요구되는 최소 전송 전력의 비에 따라 전력 할당 계수를 계산하여, 전체 전송 전력 중 각 노드로 전송할 신호에 대한 전력을 분배하는 NOMA 시스템의 전송 전력 제어 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

## 대표도 - 도7



(52) CPC특허분류

**H04W 52/283** (2013.01)

**H04W 52/36** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 MOIS-재난-2015-10

부처명 국민안전처

연구관리전문기관 국립재난안전연구원

연구사업명 재난안전기술개발사업단

연구과제명 [행정안전부/주관]증강현실기반 재난대응 통합훈련 시뮬레이터 개발(4/4)

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교 산학협력단

연구기간 2018.07.15 ~ 2019.07.14

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

비직교 다중 접속 시스템(Non-Orthogonal Multiple Access)에 있어서,  
통신을 수행해야 할 노드들 각각에 대해 기지정된 수신 문턱 전력과 각 노드들의 위치 및 채널 환경 정보를 확인하고,  
확인된 노드들의 위치와 채널 환경 정보에 기초하여, 각 노드에 대한 평균 경로 손실과 상기 평균 경로 손실에 따라 각 노드별로 요구되는 최소 전송 전력을 계산하며,  
전체 전송 전력 중 각 노드별로 요구되는 최소 전송 전력의 비에 따라 전력 할당 계수를 계산하여, 전체 전송 전력 중 각 노드로 전송할 신호에 대한 전력을 분배하는 전송 전력 제어 장치.

#### 청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 전송 전력 제어 장치는

상기 채널 환경 정보로서 LoS 확률( $P_{LoS}^{ij}$ )과 NLoS 확률( $P_{NLoS}^{ij}$ ) 및 장애 요인에 의한 초과 경로 손실 계수( $\eta_1$ ,  $\eta_2$ )를 확인하는 전송 전력 제어 장치.

#### 청구항 3

제2 항에 있어서, 상기 전송 전력 제어 장치는

상기 평균 경로 손실( $\bar{L}_{ij}$ )은 수학적식

$$\bar{L}_{ij} = P_{LoS}^{ij} \eta_1 \left( \frac{4\pi f_c d_{ij}}{c} \right)^\alpha + P_{NLoS}^{ij} \eta_2 \left( \frac{4\pi f_c d_{ij}}{c} \right)^\alpha$$

(여기서  $f_c$ 는 주파수를 나타내고,  $d_{i,j}$ 는 단말과의 거리,  $\alpha$ 는 경로 손실 지수,  $c$ 는 광속을 나타낸다.)

에 따라 획득하는 전송 전력 제어 장치.

#### 청구항 4

제3 항에 있어서, 상기 전송 전력 제어 장치는

상기 평균 경로 손실과 상기 수신 문턱 전력의 곱에 따라 상기 최소 전송 전력을 계산하는 전송 전력 제어 장치.

#### 청구항 5

비직교 다중 접속 시스템(Non-Orthogonal Multiple Access)의 전송 전력 제어 방법에 있어서,

통신을 수행해야 할 노드들 각각에 대해 기지정된 수신 문턱 전력과 각 노드들의 위치 및 채널 환경 정보를 확인하는 단계;

확인된 노드들의 위치와 채널 환경 정보에 기초하여, 각 노드에 대한 평균 경로 손실과 상기 평균 경로 손실에 따라 각 노드별로 요구되는 최소 전송 전력을 계산하는 단계; 및

전체 전송 전력 중 각 노드별로 요구되는 최소 전송 전력의 비에 따라 전력 할당 계수를 계산하여, 전체 전송 전력 중 각 노드로 전송할 신호에 대한 전력을 분배하는 단계; 를 포함하는 전송 전력 제어 방법.

#### 청구항 6

제5 항에 있어서, 상기 채널 환경 정보를 확인하는 단계는

상기 채널 환경 정보로서 LoS 확률( $P_{LoS}^{ij}$ )과 NLoS 확률( $P_{NLoS}^{ij}$ ) 및 장애 요인에 의한 초과 경로 손실 계수( $n_1, n_2$ )를 확인하는 전송 전력 제어 방법.

#### 청구항 7

제6 항에 있어서, 상기 최소 전송 전력을 계산하는 단계는

수학식

$$\bar{L}_{ij} = P_{LoS}^{ij} \eta_1 \left( \frac{4\pi f_c d_{ij}}{c} \right)^\alpha + P_{NLoS}^{ij} \eta_2 \left( \frac{4\pi f_c d_{ij}}{c} \right)^\alpha$$

(여기서  $f_c$ 는 주파수를 나타내고,  $d_{i,j}$ 는 단말과의 거리,  $\alpha$ 는 경로 손실 지수,  $c$ 는 광속을 나타낸다.)

에 따라 상기 평균 경로 손실( $\bar{L}_{ij}$ )을 획득하는 전송 전력 제어 방법.

#### 청구항 8

제7 항에 있어서, 상기 최소 전송 전력을 계산하는 단계는

상기 평균 경로 손실과 상기 수신 문턱 전력의 곱에 따라 상기 최소 전송 전력을 계산하는 전송 전력 제어 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 전송 전력 제어 장치 및 방법에 관한 것으로, 비직교 다중 접속 시스템에서 각 노드별 파워할당 계수를 산출하여 전송 전력을 제어하는 전력 제어 장치 및 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 비직교 다중 접속(Non-Orthogonal Multiple Access: 이하 NOMA) 방식은 셀의 용량 증대를 위해 동일한 시간, 주파수, 공간 자원 상에 복수의 단말에 대한 데이터를 동시에 전송하여 주파수 효율을 향상시키는 기술이다.

[0003] 도1 은 OFDMA 방식과 NOMA 방식의 개념을 비교하여 설명하기 위한 도면이고, 도2 는 NOMA 시스템 모델을 나타낸다. 도1 에서 (a)는 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 방식을 나타내고, (b)는 NOMA 방식을 나타낸다.

[0004] 도1 에 도시된 바와 같이, OFDMA 방식은 2개의 사용자 단말(UE1, UE2) 각각에 대해 서로 다른 주파수 대역을 구분하여 할당하는데 반해, NOMA 방식에서는 동일한 주파수 대역을 2개의 사용자 단말(UE1, UE2)에 중첩 할당하여 자원 효율성을 높인다. 이때 2개의 사용자 단말(UE1, UE2) 각각에 대해 서로 다른 크기의 전력(P)을 할당하여 신호를 전송한다.

[0005] NOMA 방식에서는 동일한 자원을 이용하여 신호를 전송하므로, 2개의 사용자 단말(UE1, UE2)에는 전송된 신호들에 의한 간섭이 발생하게 된다. 다만 상대적으로 저전력이 할당된 제2 단말(UE2)로 전송된 신호는 원거리에 위치하는 제1 사용자 단말(UE1)까지 안정적으로 전송되지 않으므로, 제1 사용자 단말(UE1)은 간섭의 영향을 크게 받지 않는다. 반면, 제2 사용자 단말(UE2)은 제1 사용자 단말(UE1)로 전송된 신호에 할당된 전력이 수신해야 하는 신호에 할당된 전력보다 크므로, 간섭의 영향을 크게 받게 된다. 이에 제2 사용자 단말(UE2)은 SIC(Successive Interference Cancellation) 기법을 이용하여 간섭 신호를 우선 제거하고 자신의 신호를 획득한다.

[0006] 상기한 바와 같이 NOMA 방식에서는 사용자 단말(UE1, UE2)로 자원을 중첩 할당하고, 각 신호의 전력을 서로 상이하게 제어하여 전송한다. 따라서 NOMA 시스템은 각 사용자 단말(UE1, UE2)로 신호를 전송하기 위한 전송 전력의 효율적인 제어가 요구된다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국 공개 특허 제10-2016-0035975호 (2016.04.01 공개)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 전송 실패를 최소화하면서 최소 전송 전력으로 신호를 전송할 수 있도록 하는 전송 전력 제어 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

[0009] 본 발명의 다른 목적은 노드들 간의 거리, 채널 상태 등을 고려하여 전력 할당 계수를 계산하고, 계산된 전력 할당 계수에 따라 각 신호의 전력을 할당하는 전송 전력 제어 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

### 과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 NOMA 시스템의 전송 전력 제어 장치는 비직교 다중 접속 시스템(Non-Orthogonal Multiple Access)에 있어서, 통신을 수행해야 할 노드들 각각에 대해 기지정된 수신 문턱 전력과 각 노드들의 위치 및 채널 환경 정보를 확인하고, 확인된 노드들의 위치와 채널 환경 정보에 기초하여, 각 노드에 대한 평균 경로 손실과 상기 평균 경로 손실에 따라 각 노드별로 요구되는 최소 전송 전력을 계산하며, 전체 전송 전력 중 각 노드별로 요구되는 최소 전송 전력의 비에 따라 전력 할당 계수를 계산하여, 전체 전송 전력 중 각 노드로 전송할 신호에 대한 전력을 분배한다.

[0011] 상기 전송 전력 제어 장치는 상기 채널 환경 정보로서 LoS 확률( $P_{LoS}^{ij}$ )과 NLoS 확률( $P_{NLoS}^{ij}$ ) 및 장애 요인에 의한 초과 경로 손실 계수( $\eta_1$ ,  $\eta_2$ )를 확인할 수 있다.

[0012] 상기 전송 전력 제어 장치는 상기 평균 경로 손실( $\bar{L}_{ij}$ )은 수학적 수식

$$\bar{L}_{ij} = P_{LoS}^{ij}\eta_1\left(\frac{4\pi f_c d_{ij}}{c}\right)^\alpha + P_{NLoS}^{ij}\eta_2\left(\frac{4\pi f_c d_{ij}}{c}\right)^\alpha$$

(여기서  $f_c$ 는 주파수를 나타내고,  $d_{i,j}$ 는 단말과의 거리,  $\alpha$ 는 경로 손실 지수,  $c$ 는 광속을 나타낸다.)에 따라 획득할 수 있다.

[0013] 상기 전송 전력 제어 장치는 상기 평균 경로 손실과 상기 수신 문턱 전력의 곱에 따라 상기 최소 전송 전력을 계산할 수 있다.

[0014] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 NOMA 시스템의 전송 전력 제어 방법은 통신을 수행해야 할 노드들 각각에 대해 기지정된 수신 문턱 전력과 각 노드들의 위치 및 채널 환경 정보를 확인하는 단계; 확인된 노드들의 위치와 채널 환경 정보에 기초하여, 각 노드에 대한 평균 경로 손실과 상기 평균 경로 손실에 따라 각 노드별로 요구되는 최소 전송 전력을 계산하는 단계; 및 전체 전송 전력 중 각 노드별로 요구되는 최소 전송 전력의 비에 따라 전력 할당 계수를 계산하여, 전체 전송 전력 중 각 노드로 전송할 신호에 대한 전력을 분배하는 단계;를 포함한다.

### 발명의 효과

[0015] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 NOMA 시스템의 전송 전력 제어 장치 및 방법은 NOMA 시스템 내에 포함된 타 노드의 위치 및 채널 환경 등에 고려하여 각 노드에서 요구되는 수신 문턱 전력에 대응하는 최소 전송 전력을 계산하고, 계산된 최소 전송 전력에 따라 총 전송 전력을 효율적으로 분배하여 신호를 전송함으로써, 각 노드에 대한 다양한 환경 변화에 적응적으로 전송 전력을 가변하여 신호를 전송할 수 있다. 따라서 신호를 수신하는 노드에서 수신 성공률을 크게 높일 수 있으며, 전력을 효율적으로 사용할 수 있도록 한다.

### 도면의 간단한 설명

- [0016] 도1 은 OFDMA 방식과 NOMA 방식의 개념을 비교하여 설명하기 위한 도면이다.  
 도2 는 NOMA 시스템 모델을 나타낸다.  
 도3 은 본 발명의 일 실시예에 따른 NOMA 시스템 모델을 나타낸다.  
 도4 는 도3 의 NOMA 시스템에서 기지국과 릴레이 및 사용자 단말의 위치 관계를 나타낸다.  
 도5 는 초과 경로 손실 계수의 개념을 설명하기 위한 도면이다.  
 도6 은 본 실시예에 따른 전송 전력 제어 장치의 개략적 구성을 나타낸다.  
 도7 은 본 발명의 일 실시예에 따른 전송 전력 제어 방법을 나타낸다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 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.
- [0018] 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.
- [0019] 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.
- [0020] 도3 은 본 발명의 일 실시예에 따른 NOMA 시스템 모델을 나타낸다.
- [0021] 도3 에서는 일예로 2개의 기지국(BS1, BS2)과 2개의 사용자 단말(UE1, UE2) 및 하나의 릴레이(RL)를 포함하는 FD-NOMA-RS(Full-Duplex Non-orthogonal Multiple Access Relay Sharing) 시스템을 도시하였다.
- [0022] 여기서 2개의 기지국(BS1, BS2)은 신호를 전송하는 소스(Source)로서 기능하고, 2개의 사용자 단말(UE1, UE2)은 기지국(BS1, BS2)에서 전송된 신호를 수신하는 목적지(Destination)로서 기능하는 것으로 가정하지만, 반대 방향으로의 신호 전송 또한 동일하게 동작할 수 있다. 그리고 릴레이(RL)는 기지국(BS1, BS2)과 사용자 단말(UE1, UE2)이 장애물이나 통신 거리에 의해 직접 통신이 불가능한 경우에 기지국(BS1, BS2)과 사용자 단말(UE1, UE2) 사이에 위치하여 기지국(BS1, BS2)과 사용자 단말(UE1, UE2) 간에 전송되는 신호를 전달한다. 일예로 릴레이(RL)는 도3 에 도시된 바와 같이, 지형적 특성에 의해 기지국(BS1, BS2)과 사용자 단말(UE1, UE2)이 직접 통신을 수행하지 못하는 경우, 고지대에 위치하여 신호를 전달할 수 있다.
- [0023] 2개의 기지국(BS1, BS2)은 사용자 단말(UE1, UE2)로 신호를 직접 전송할 수 없으므로, 릴레이(RL)로 업링크 NOMA 방식으로 신호를 전송한다. 이에 릴레이(RL)는 전 이중(Full Duplex) 통신 프로토콜에 따라 DF(Decode and Forward) 방식으로 사용자 단말(UE1, UE2)로 전송한다. 이때 릴레이(RL)는 2개의 기지국(BS1, BS2)에서 전송된 신호에 대해 자원을 중첩 할당하여 사용자 단말(UE1, UE2)로 다운링크 NOMA 방식으로 전송한다.
- [0024] 여기서는 NOMA 시스템 모델이 라이시안 페이딩(Rician fading) 모델에 따르고, 가우시안 노이즈(Gaussian noise)의 영향을 받는다고 가정한다. 그리고 각 링크의 복소 채널(complex channel)는 제1 기지국(BS1)과 릴레이(RL)에서  $h_{1,ul} \sim CN(0, \lambda_{1,ul} = d_{1,ul}^{-\alpha})$  에 대응하고, 릴레이와 제1 사용자 단말(UE1)에서  $h_{1,dl} \sim CN(0, \lambda_{1,dl} = d_{1,dl}^{-\alpha})$  에 대응한다. 그리고 제2 기지국(BS2)과 릴레이(RL)에서  $h_{2,ul} \sim CN(0, \lambda_{2,ul} = d_{2,ul}^{-\alpha})$  에 대응하고, 릴레이와 제2 사용자 단말(UE2)에서  $h_{2,dl} \sim CN(0, \lambda_{2,dl} = d_{2,dl}^{-\alpha})$  에 대응한다. 여기서  $\alpha$ 는 경로 손실 지수(path loss exponent)이고,  $d_{1,ul}$ ,  $d_{1,dl}$ ,  $d_{2,ul}$ ,  $d_{2,dl}$ 은 각각 2개의 기지국(BS1, BS2)와 릴레이(RL) 사이의 거리 및 릴레이(RL)와 2개의 사용자 단말(UE1, UE2) 사이의 거리를 나타낸다. 이때,  $d_{1,ul} > d_{2,ul}$  이고,  $d_{1,dl} < d_{2,dl}$  인 것으로 가정한다.

[0025] 도4 는 도3 의 NOMA 시스템에서 기지국과 릴레이 및 사용자 단말의 위치 관계를 나타낸다.

[0026] 도4 에서는 기지국(BS)과 릴레이(RL) 및 사용자 단말(UE)의 위치를 3차원 좌표로 나타내었으며, 설명의 편의를 위하여 하나의 기지국(BS)과 릴레이(RL) 및 하나의 사용자 단말(UE)의 위치 관계만을 표시하였다.

[0027] 그리고 본 실시예에서는 릴레이(RL)의 위치를  $(x_j, y_j, h_j)$ 로 표시하며, 릴레이(RL)를 중심으로 기지국(BS)과 사용자 단말(UE)의 위치를  $(x_i, y_i, h_i)$ 로 표시한다.

[0028] 따라서 기지국(BS) 또는 사용자 단말(UE) 각각으로부터 릴레이(RL)까지의 거리는 수학식 1에 따라 계산된다.

#### 수학식 1

[0029] 
$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (h_i - h_j)^2}$$

[0030] 그리고 기지국(BS) 또는 사용자 단말(UE) 각각이 릴레이(RL)와 이루는 고각( $\theta_{ij}$ )은 수학식 2에 따라 계산된다.

#### 수학식 2

[0031] 
$$\theta_{ij} = \frac{180}{\pi} \times \sin^{-1} \left( \frac{h_j}{d_{ij}} \right)$$

[0032] 한편, 기지국(BS) 또는 사용자 단말(UE) 각각과 릴레이(RL)가 LoS (Line of Sight) 확률( $P_{LoS}^{ij}$ ) 및 NLoS (Non Line of Sight) 확률( $P_{NLoS}^{ij}$ )은 수학식3과 같이 계산된다.

#### 수학식 3

[0033] 
$$P_{LoS}^{ij} = \frac{1}{1 + \psi \exp(-\beta[\theta_{ij} - \psi])}$$
  

$$P_{NLoS}^{ij} = 1 - P_{LoS}^{ij}$$

[0034] 여기서  $\psi$  및  $\beta$ 는 전파 환경에 의해 결정되는 상수값이다.

[0035] 한편 릴레이(RL)와 기지국(BS) 또는 사용자 단말(UE) 각각의 링크에 따른 경로 손실 모델은 수학식 4로 나타낸다.

#### 수학식 4

[0036] 
$$L_{ij} = \begin{cases} \eta_1 \left( \frac{4\pi f_c d_{ij}}{c} \right)^\alpha, & \text{LoS 링크} \\ \eta_2 \left( \frac{4\pi f_c d_{ij}}{c} \right)^\alpha, & \text{NLoS 링크} \end{cases}$$

[0037] 여기서  $f_c$ 는 주파수를 나타내고,  $\alpha$ 는 경로 손실 지수(path loss exponent),  $c$ 는 광속을 나타낸다. 그리고,  $\eta$



$\eta_1$ ,  $\eta_2$  는 초과 경로 손실 계수(excessive path loss coefficient)로서,  $\eta_1 > \eta_2 > 1$ 이다.

[0038] 도5 는 초과 경로 손실 계수의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

[0039] 도5 에서는 2개의 사용자 단말(UE1, UE2)이 도심에 위치하는 경우를 도시하였다. 도5 에서와 같이, 사용자 단말(UE1, UE2)이 도심에 위치하는 경우, 릴레이(RL)와 사용자 단말(UE1, UE2) 사이는 자유 공간 경로 손실(Free Space Path Loss: FSPL) 구간과 도심의 빌딩과 같은 다양한 전파 장애 요인이 존재하는 초과 경로 손실 구간으로 구분될 수 있다. 그리고 도5 에 도시된 바와 같이, 초과 경로 손실 구간에서도 각 사용자 단말(UE1, UE2)의 위치에 따라 장애물이 상이하므로, LoS와 NLoS 각각에 대해 초과 경로 손실 계수( $\eta_1$ ,  $\eta_2$ )가 상이하게 나타난다.

[0040] 수학적 식 3 및 4로부터 릴레이(RL)와 기지국(BS) 또는 사용자 단말(UE) 사이의 평균 경로 손실( $\bar{L}_{ij}$ )은 수학적 식 5와 같이 계산될 수 있다.

### 수학적 식 5

$$\bar{L}_{ij} = P_{LoS}^{ij} \eta_1 \left( \frac{4\pi f d_{ij}}{c} \right)^\alpha + P_{NLoS}^{ij} \eta_2 \left( \frac{4\pi f d_{ij}}{c} \right)^\alpha$$

[0041]

[0042] 도3 에서 2개의 기지국(BS1, BS2)이 릴레이(RL)로 업링크 NOMA 방식으로 신호를 전송하므로, 기지국(BS1, BS2)은 각각  $\lambda_1 P_t$  및  $\lambda_2 P_t$ 의 전송 전력으로 전송 심볼(s1, s2)을 전송한다. 여기서  $\lambda_1$  및  $\lambda_2$  는 전력 할당계수(power allocation coefficients)로서,  $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ 이고,  $P_t$  는 기지국(BS1, BS2)의 총 전송 전력이다.

[0043] 한편 릴레이(RL)는 다운링크 NOMA 방식으로 사용자 단말(UE1, UE2)로 신호를 전송하므로, 릴레이(RL)는 각각  $\lambda_3 P_r$  및  $\lambda_4 P_r$ 의 전송 전력으로 각 사용자 단말로 신호를 전송한다. 여기서  $\lambda_3 + \lambda_4 = 1$ 이고,  $P_r$  은 릴레이(RL)의 총 전송 전력이다. 릴레이(RL)는 기지국(BS1, BS2)에서 전송된 전송 심볼(s1, s2)을 데이터 심볼로 재생성하여 전송한다.

[0044] NOMA 시스템의 효율성을 극대화하기 위한 최적화된 전력 할당계수( $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ ,  $\lambda_4$ )를 획득하기 위해서 본 실시예에서는 각 경로별 평균 경로 손실과 기지정된 문턱 전력(threshold power)을 이용한다.

[0045] 도3 의 2개의 기지국(BS1)과 릴레이(RL) 사이의 평균 경로 손실을  $\bar{L}_{1j}$ ,  $\bar{L}_{2j}$ 라 하고, 릴레이(RL)와 2개의 사용자 단말(UE1, UE2) 사이의 평균 경로 손실을  $\bar{L}_{3j}$ ,  $\bar{L}_{4j}$ 라 하며, 각각의 전송 전력을  $P_{t1}$ ,  $P_{t2}$ ,  $P_{r3}$ ,  $P_{r4}$ 라 하고, 릴레이(RL)와 2개의 사용자 단말(UE1, UE2) 각각이 수신된 신호를 성공적으로 디코딩하기 위한 최소의 수신 전력, 즉 문턱 전력을 각각  $P_{th1}$ ,  $P_{th2}$ ,  $P_{th3}$ ,  $P_{th4}$ 라고 하면, 평균 경로 손실( $\bar{L}_{1j}$ ,  $\bar{L}_{2j}$ ,  $\bar{L}_{3j}$ ,  $\bar{L}_{4j}$ )과 전송 전력( $P_{t1}$ ,  $P_{t2}$ ,  $P_{r3}$ ,  $P_{r4}$ ) 사이의 관계는 수학적 식 6 을 따른다.



### 수학식 6

$$\begin{aligned}\bar{L}_{1j} &= \frac{P_{t1}}{P_{th,1}} \\ \bar{L}_{2j} &= \frac{P_{t2}}{P_{th,2}} \\ \bar{L}_{3j} &= \frac{P_{r3}}{P_{th,3}} \\ \bar{L}_{4j} &= \frac{P_{r4}}{P_{th,4}}\end{aligned}$$

[0046]

[0047] 수학식 6으로부터 2개의 기지국(BS1)과 릴레이(RL) 및 릴레이(RL)와 2개의 사용자 단말(UE1, UE2) 각각의 경로에서 요구되는 최소 전송 전력은 수학식 7에 따라 계산된다.

### 수학식 7

$$\begin{aligned}P_{t1} &= \bar{L}_{1j} \times P_{th,1} \\ P_{t2} &= \bar{L}_{2j} \times P_{th,2} \\ P_{r3} &= \bar{L}_{3j} \times P_{th,3} \\ P_{r4} &= \bar{L}_{4j} \times P_{th,4}\end{aligned}$$

[0048]

[0049] 수학식 7을 이용하여 2개의 기지국(BS1)으로부터 릴레이(RL)로의 업링크 전송 전력 총량( $P_t$ ) 및 릴레이(RL)로부터 2개의 사용자 단말(UE1, UE2)로의 다운 링크 전송 전력 총량( $P_r$ )은 수학식 8로 획득될 수 있다.

### 수학식 8

$$\begin{aligned}P_t &= \lambda_1 P_{t1} + \lambda_2 P_{t2} = P_{t1} + P_{t2} \\ P_r &= \lambda_3 P_{r3} + \lambda_4 P_{r4} = P_{r3} + P_{r4}\end{aligned}$$

[0050]

[0051] 수학식 6 및 7에서 경로별 평균 경로 손실( $\bar{L}_{1j}$ ,  $\bar{L}_{2j}$ ,  $\bar{L}_{3j}$ ,  $\bar{L}_{4j}$ )과 최소 전송 전력( $P_{t1}$ ,  $P_{t2}$ ,  $P_{r3}$ ,  $P_{r4}$ ) 및 문턱 전력( $P_{th1}$ ,  $P_{th2}$ ,  $P_{th3}$ ,  $P_{th4}$ )이 이미 획득되었으므로, 전력 할당 계수( $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ ,  $\lambda_4$ )를 수학식 9로 계산할 수 있다.

# 수학식 9

$$\lambda_1 = \frac{P_{t1}}{P_{t1} + P_{t2}}$$

$$\lambda_2 = \frac{P_{t2}}{P_{t1} + P_{t2}}$$

$$\lambda_3 = \frac{P_{r3}}{P_{r3} + P_{r4}}$$

$$\lambda_4 = \frac{P_{r4}}{P_{r3} + P_{r4}}$$

[0052]

[0053] 그리고 수학식 9에 따라 산출된 전력 할당 계수( $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ ,  $\lambda_4$ )는 채널 환경의 변화와 노드의 위치 변화에 따라 가변되므로 재산출된다.

[0054] 상기에서는 기지국(BS1, BS2)에서 릴레이(RL)를 통해 사용자 단말(UE1, UE2)로 신호를 전송하는 경우를 가정하여 설명하였으나, 그 반대의 경우도 동일하게 전송 전력을 할당하여 신호를 전송할 수 있다.

[0055] 도6 은 본 실시예에 따른 전송 전력 제어 장치의 개략적 구성을 나타낸다.

[0056] 도6 의 전송 전력 제어 장치는 도3 에 도시된 기지국(BS1, BS2)과 사용자 단말(UE1, UE2) 및 릴레이(RL) 중 하나일 수 있으며, 여기서는 일례로 릴레이(RL)인 경우를 가정하여 설명한다.

[0057] 도6 을 참조하면 전력 전송 제어 장치는 프로세서(710), 수신부(720), 메모리(730), 메시지 처리부(740) 및 송신부(750)를 포함할 수 있다.

[0058] 먼저 수신부(720)는 NOMA 시스템 내의 다른 노드로부터 신호를 수신하여 프로세서(710)로 전달한다. 프로세서(710)는 수신부(720)에서 수신된 신호를 분석하여 수신된 신호에 포함된 메시지를 획득한다. 또한 프로세서(710)는 각 노드의 위치, 수신 신호의 세기 및 잡음 정보 등의 정보를 획득하여 메모리(730)에 저장할 수 있다. 그리고 획득된 정보에 따라 각각의 노드로 전송할 신호의 전력 할당 계수( $\lambda$ )를 계산하고, 계산된 전력 할당 계수( $\lambda$ )에 따라 전력을 분배한다.

[0059] 한편 메시지 처리부(740)는 타 노드에서 전달된 메시지의 내용을 분석하여 타 노드로 전송할 정보들을 기지정된 형식의 메시지로 작성한다. 메시지 처리부(740)는 프로세서(710)에 포함되어 구성될 수 있다. 송신부(750)는 메시지 처리부(740)에서 작성된 메시지를 타 노드로 전송한다. 이때 송신부(750)는 프로세서(710)에서 분배된 전력에 따라 메시지를 전송한다.

[0060] 도7 은 본 발명의 일 실시예에 따른 전송 전력 제어 방법을 나타낸다.

[0061] 도3 을 참조하여, 도7 의 본 실시예에 따른 전송 전력 제어 방법을 설명하면, 우선 NOMA 시스템 내의 타 노드들 각각에 대해 기지정된 최소 수신 전력인 수신 문턱 전력을 확인한다(S10). 여기서 수신 문턱 전력( $P_{th}$ )은 기지국(BS1, BS2), 사용자 단말(UE1, UE2) 및 릴레이(RL)와 같은 각 노드에 미리 지정되어 있으며, 이전 통신에서 메시지를 수신하여 확인할 수 있다.

[0062] 그리고 통신을 수행해야 하는 각 노드들의 위치를 확인하고(S20), 각 노드들에 대한 채널 환경, 즉 LoS 확률( $P_{LoS}^{ij}$ )과 NLoS 확률( $P_{NLoS}^{ij}$ ) 및 장애 요인에 의한 초과 경로 손실( $n_1$ ,  $n_2$ ) 등을 확인한다(S30).

[0063] 그리고 확인된 노드들의 위치와 채널 환경 정보에 기초하여, 각 노드에 대한 평균 경로 손실( $\bar{L}_{ij}$ )을 수학식 5에 따라 계산한다(S40). 평균 경로 손실( $\bar{L}_{ij}$ )이 계산되면, 각 노드별로 요구되는 최소 전송 전력을 수학식 7에 따라 계산한다(S50).

[0064] 그리고 수학식 9 에 나타난 바와 같이, 전체 전송 전력 중 각 노드별로 요구되는 최소 전송 전력의 비에 따라

전력 할당 계수( $\lambda$ )를 계산하여 획득하고, 획득된 전력 할당 계수( $\lambda$ )에 따라 전력을 분배한다(S60). 그리고 분배된 전력에 따라 신호를 대응하는 노드로 전송할 수 있다.

[0065] 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.

[0066] 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.

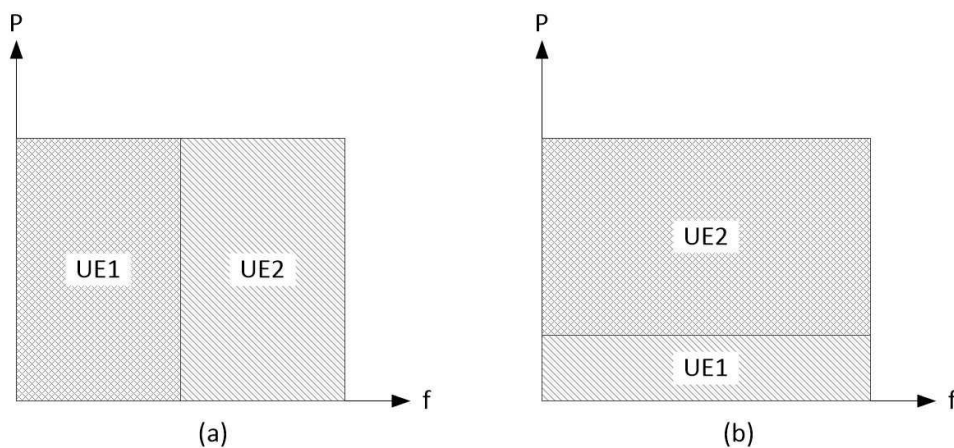
[0067] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

## 부호의 설명

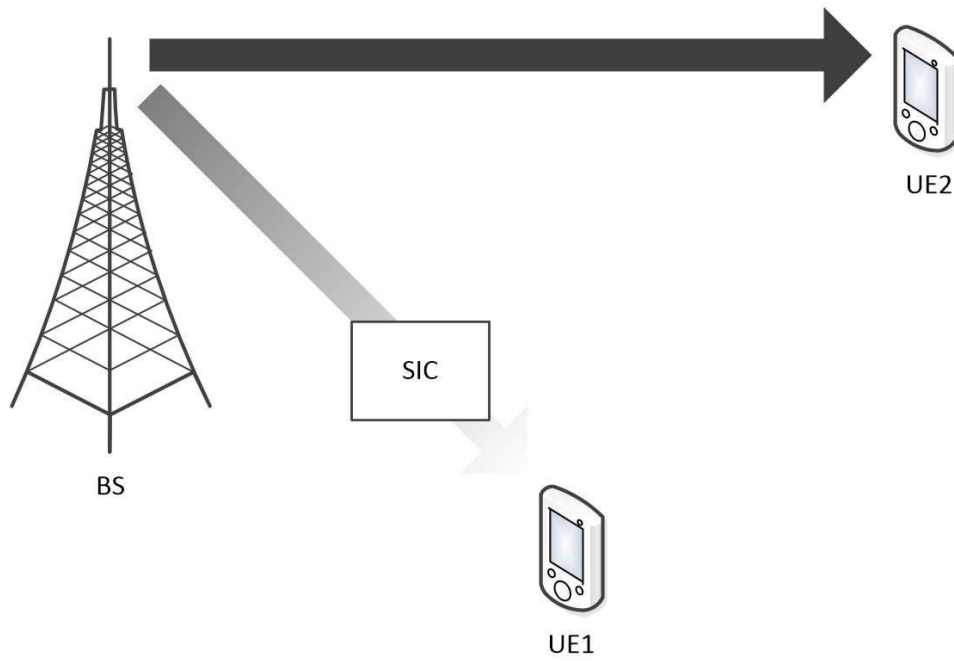
[0068] BS1, BS2, BS: 기지국 RL: 릴레이  
UE1, UE2, UE: 사용자 단말 710: 프로세서  
720: 수신부 730: 메모리  
740: 메시지 처리부 750: 송신부

## 도면

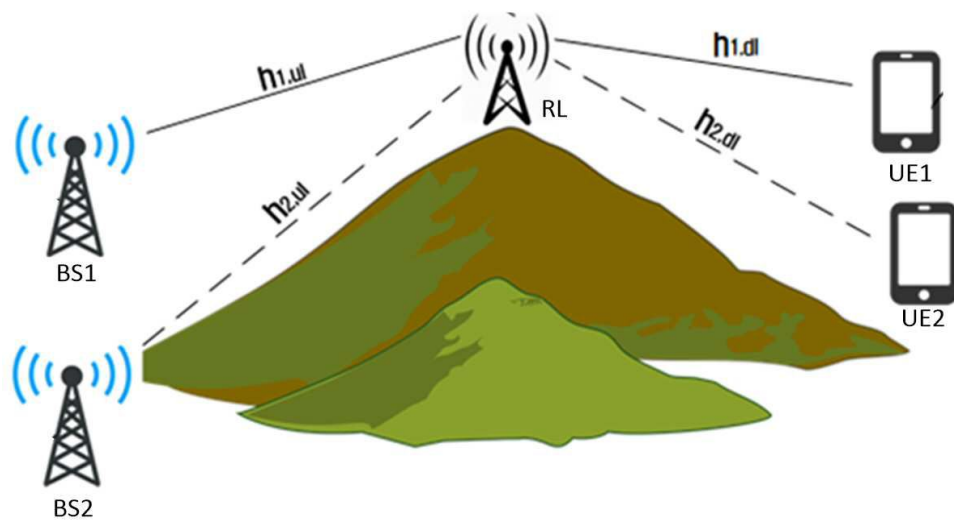
### 도면1



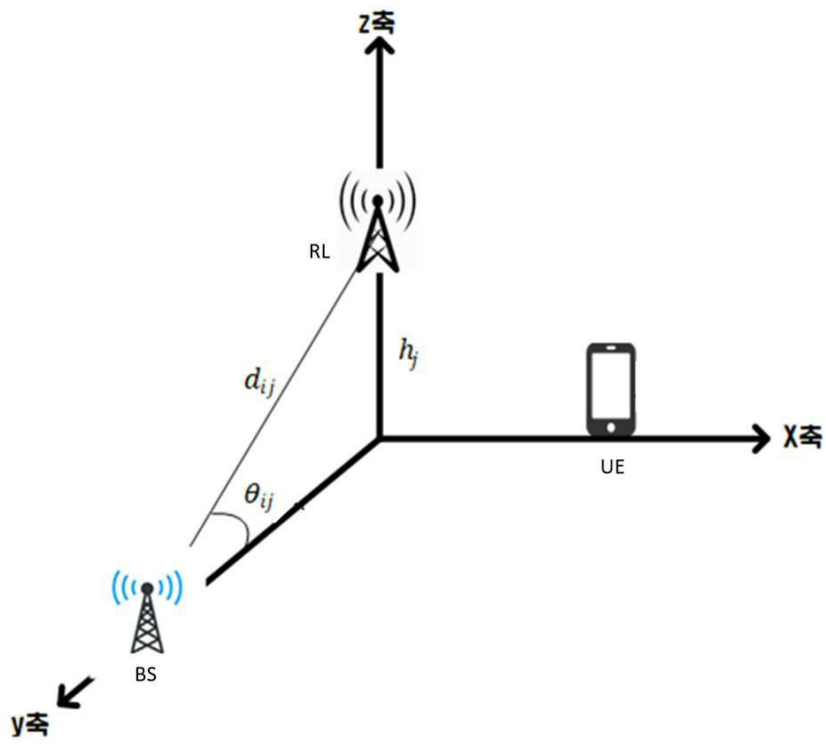
도면2



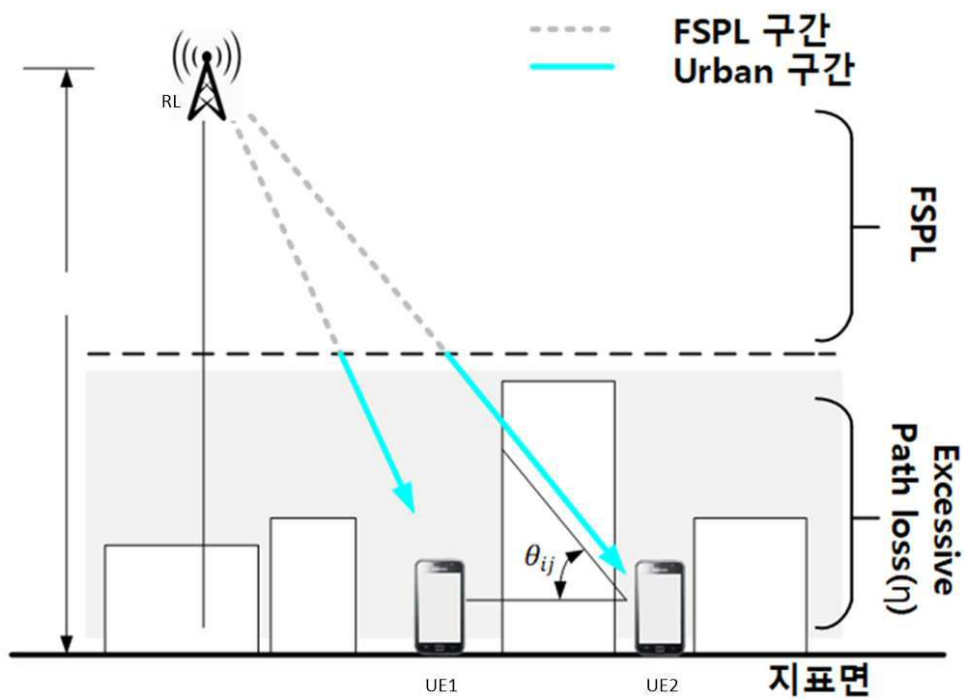
도면3



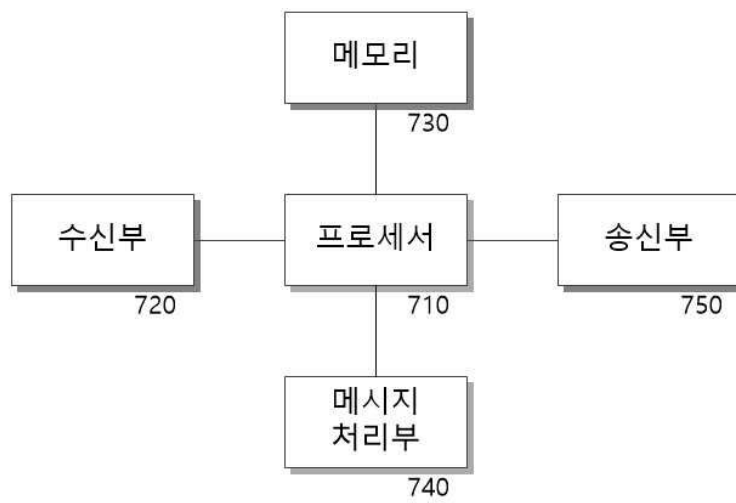
도면4



도면5



도면6



도면7

