



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년10월30일
(11) 등록번호 10-2038605
(24) 등록일자 2019년10월24일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/26 (2006.01) H04J 99/00 (2009.01)
- (52) CPC특허분류
H04L 27/2646 (2013.01)
H04J 15/00 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-0173651
- (22) 출원일자 2018년12월31일
심사청구일자 2018년12월31일
- (56) 선행기술조사문헌
JP2015012411 A*
KR1020160140893 A*
KR1020170127286 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
세종대학교 산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
- (72) 발명자
송형규
경기도 성남시 분당구 서현동 한양아파트 320동 303호
김지환
경기도 성남시 분당구 정자동 상록마을우성아파트 326동 502호
이원석
경기도 부천시 소사본동 162-24 라테팡스 201호
- (74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 이미현

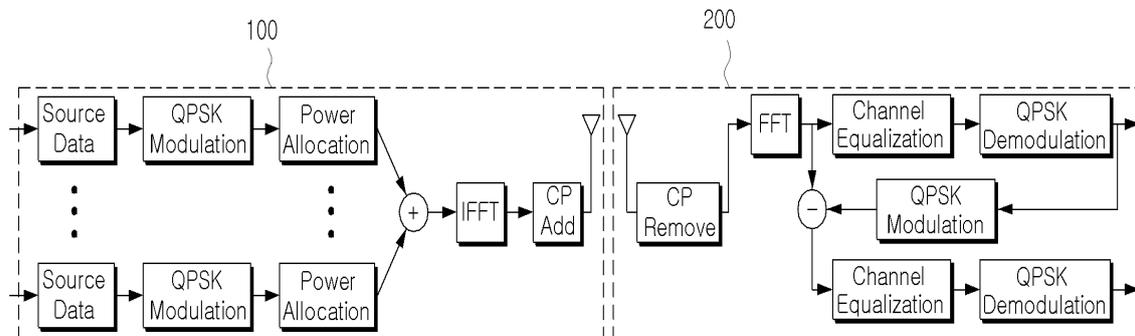
(54) 발명의 명칭 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템 및 그것을 이용한 신호 전송 방법

(57) 요약

본 발명은 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템 및 그것을 이용한 신호 전송 방법에 대한 것이다.

본 발명에 따른 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템은 복수의 사용자 단말로 송신하고자 하 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



는 각각의 데이터 신호를 각각 변조하고, 상기 복수의 사용자 단말로부터 채널 상태를 각각 피드백 받아 채널 상태에 따라 상기 데이터 신호의 전력을 각각 할당하고, 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호와 가장 적게 할당된 데이터 신호를 매칭하여 각 부반송파별로 그룹핑하고, 그룹핑된 데이터 신호를 합성한 후 각각의 사용자 단말로 동시에 전송하는 송신단; 및 상기 전송된 합성 데이터 신호를 수신하여 채널 보상 후 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호를 복조하여 추출하고, 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호는 연속적 간섭 제거(SIC, Successive Interference Cancellation) 연산과 최대 비율 합성(MRC, Maximal Ration Combining) 기법을 이용하여 추출하는 수신단을 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 전력 기반 NOMA(Non-Orthogonal Multiple Access) 시스템에서 채널 상태에 따라 부반송파 별로 사용자 데이터를 그룹핑하고, 부반송파 수신 다이버시티를 이용하여 신호 전송 성능이 향상되도록 하는 효과가 있다.

(52) CPC특허분류

H04L 27/2628 (2013.01)

H04L 27/2691 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711075702
부처명	과학기술정보통신부
연구관리전문기관	정보통신기술진흥센터
연구사업명	정보통신기술인력양성(정보화)
연구과제명	지능형 비행로봇 융합기술 연구
기 여 율	1/1
주관기관	세종대학교 산학협력단
연구기간	2018.06.01 ~ 2019.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템에 있어서,

복수의 사용자 단말로 송신하고자 하는 각각의 데이터 신호를 각각 변조하고, 상기 복수의 사용자 단말로부터 채널 상태를 각각 피드백 받아 채널 상태에 따라 상기 데이터 신호의 전력을 각각 할당하고, 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호와 가장 적게 할당된 데이터 신호를 매칭하여 각 부반송파별로 그룹핑하고, 그룹핑된 데이터 신호를 합성한 후 각각의 사용자 단말로 동시에 전송하는 송신단; 및

상기 전송된 합성 데이터 신호를 수신하여 채널 보상 후 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호를 복조하여 추출하고, 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호는 연속적 간섭 제거(SIC, Successive Interference Cancellation) 연산과 최대 비율 합성(MRC, Maximal Ration Combining) 기법을 이용하여 추출하는 수신단을 포함하고,

상기 송신단은,

상기 합성된 데이터 신호를 IFFT(inverse fast fourier transform) 변환한 후 CP(cyclic prefix)를 추가하여 상기 수신단으로 전송하고,

다음의 수학적식을 이용하여 각 부반송파별 상기 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호와 상기 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호를 각각 선정하여 매칭하며,

$$h_{\max,j} = \max(|h_{1,j}|^2, |h_{2,j}|^2, |h_{3,j}|^2, \dots |h_{n,j}|^2) \quad (j = 1, \dots, 128)$$

$$h_{\min,j} = \min(|h_{1,j}|^2, |h_{2,j}|^2, |h_{3,j}|^2, \dots |h_{n,j}|^2) \quad (j = 1, \dots, 128)$$

여기서, $h_{\max,j}$ 는 n개의 사용자 단말로의 채널 중 가장 채널 상태가 좋은 j번째 부반송파, $h_{\min,j}$ 는 n개의 사용자 단말로의 채널 중 가장 채널 상태가 좋지 않은 j번째 부반송파, $h_{n,j}$ 은 제n 사용자 단말의 j번째 부반송파, j는 부반송파의 인덱스이고,

상기 수신단은,

상기 합성된 데이터 신호를 수신하여 FFT(fast fourier transform) 변환한 후 CP(cyclic prefix)를 제거하고 채널을 보정한 후 상기 데이터 신호를 복조하고,

다음의 수학적식을 이용하여 상기 합성된 데이터 신호에서 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호와, 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호를 각각 구분하며,

$$X(k) = \sqrt{P_1}x_i(k) + \sqrt{P_2}x_j(k) \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

여기서, $X(k)$ 는 k번 부반송파의 합성된 데이터 신호, $\sqrt{p_1}$ 는 메이저(major) 전력, $\sqrt{p_2}$ 는 마이너(miner) 전력, i, j는 각각 특정 사용자 단말의 데이터 신호이고,

상기 사용자 단말이 3개인 경우, 다음의 수학적식을 이용하여 상기 연속적 간섭 제거 연산을 수행하며,

$$\begin{cases} y_a = \sqrt{p_1}x_2h_a + \sqrt{p_2}x_1h_a + n_a \\ y_b = \sqrt{p_1}x_3h_b + \sqrt{p_2}x_1h_b + n_b \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{y_a}{\sqrt{p_1} h_a} = x_2 + \left(\frac{\sqrt{p_2}}{\sqrt{p_1}} x_1 + \frac{n_a}{p_1 h_a} \right) \\ \frac{y_b}{\sqrt{p_1} h_b} = x_3 + \left(\frac{\sqrt{p_2}}{\sqrt{p_1}} x_1 + \frac{n_b}{p_1 h_b} \right) \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_a - \sqrt{p_1} x_2 h_a = \sqrt{p_2} x_1 h_a + n_a \\ y_b - \sqrt{p_1} x_3 h_b = \sqrt{p_2} x_1 h_b + n_b \end{cases}$$

여기서, y_a 는 h_a 로부터 수신받은 합성된 데이터 신호, y_b 는 h_b 로부터 수신받은 합성된 데이터 신호, x_1 내지 x_3 는 3개의 사용자 단말이 송신한 본래의 데이터 신호, h_a 는 제2 사용자 단말의 데이터 신호를 전력이 가장 많이 할당된 데이터로 가지고 있는 부반송파의 채널, h_b 는 제3 사용자 단말의 데이터 신호를 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호로 가지고 있는 부반송파의 채널, n_a 와 n_b 는 각각 수신 잡음을 의미하고,

다음의 수학식을 이용하여 상기 최대 비율 합성 기법을 수행하는 NOMA 시스템:

$$\begin{cases} h_a^* y'_a = |\alpha_1|^2 \sqrt{p_2} x_1 + h_a^* n_a \\ h_b^* y'_b = |\alpha_2|^2 \sqrt{p_2} x_1 + h_b^* n_b \end{cases}$$

여기서, y'_a 는 상기 $y_a - \sqrt{p_1} x_2 h_a$ 를 나타낸 것이고, y'_b 는 상기 $y_b - \sqrt{p_1} x_3 h_b$ 를 나타낸 것이며,

$|\alpha_1|^2$ 은 h_a 의 채널 성분, $|\alpha_2|^2$ 은 h_b 의 채널 성분을 나타낸 것이고, h_a^* 및 h_b^* 는 채널 성분을 없애기 위한 각 채널의 공액(conjugate) 값이다.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템을 이용한 신호 전송 방법에 있어서,

송신단이 복수의 사용자 단말로 송신하고자 하는 각각의 데이터 신호를 송신하는 단계;

상기 송신단이 상기 데이터 신호를 각각 변조하고, 상기 복수의 사용자 단말로부터 채널 상태를 각각 피드백 받아 채널 상태에 따라 상기 데이터 신호의 전력을 각각 할당하고, 상기 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호와

가장 적게 할당된 데이터 신호를 매칭하여 각 부반송파별로 그룹핑하는 단계;

상기 송신단이 상기 그룹핑된 데이터 신호를 합성한 후 각각의 사용자 단말로 동시에 전송하는 단계; 및

수신단이 상기 전송된 합성 데이터 신호를 수신하여 채널 보상 후 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호를 복조하여 추출하고, 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호는 연속적 간섭 제거(SIC, Successive Interference Cancellation) 연산과 최대 비율 합성(MRC, Maximal Ration Combining) 기법을 이용하여 추출하는 단계를 포함하고,

상기 각각의 사용자 단말로 동시에 전송하는 단계는,

상기 합성된 데이터 신호를 IFFT(inverse fast fourier transform) 변환한 후 CP(cyclic prefix)를 추가하여 전송하고,

상기 그룹핑하는 단계는,

다음의 수학적식을 이용하여 각 부반송파별 상기 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호와 상기 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호를 각각 선정하여 매칭하여 상기 각 부반송파별로 그룹핑하고,

$$h_{\max,j} = \max(|h_{1,j}|^2, |h_{2,j}|^2, |h_{3,j}|^2, \dots |h_{n,j}|^2) \quad (j= 1, \dots, 128)$$

$$h_{\min,j} = \min(|h_{1,j}|^2, |h_{2,j}|^2, |h_{3,j}|^2, \dots |h_{n,j}|^2) \quad (j= 1, \dots, 128)$$

여기서, $h_{\max,j}$ 는 n개의 사용자 단말로의 채널 중 가장 채널 상태가 좋은 j번째 부반송파, $h_{\min,j}$ 는 n개의 사용자 단말로의 채널 중 가장 채널 상태가 좋지 않은 j번째 부반송파, $h_{n,j}$ 은 제n 사용자 단말의 j번째 부반송파, j 는 부반송파의 인덱스이며,

상기 추출하는 단계는,

상기 합성된 데이터 신호를 수신하여 FFT(fast fourier transform) 변환한 후 CP(cyclic prefix)를 제거하고 채널을 보정한 후 상기 데이터 신호를 복조하여 추출하고,

상기 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호와, 상기 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호는 다음의 수학적식을 이용하여 각각 구분하며,

$$X(k) = \sqrt{P_1}x_i(k) + \sqrt{P_2}x_j(k) \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots n)$$

여기서, $X(k)$ 는 k번 부반송파의 합성된 데이터 신호, $\sqrt{p_1}$ 는 메이저(major) 전력, $\sqrt{p_2}$ 는 마이너(miner) 전력, i, j 는 각각 특정 사용자 단말의 데이터 신호이고,

상기 사용자 단말이 3개인 경우, 다음의 수학적식을 이용하여 상기 연속적 간섭 제거 연산을 수행하여 상기 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호를 추출하며,

$$\begin{cases} y_a = \sqrt{p_1}x_2h_a + \sqrt{p_2}x_1h_a + n_a \\ y_b = \sqrt{p_1}x_3h_b + \sqrt{p_2}x_1h_b + n_b \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{y_a}{\sqrt{p_1}h_a} = x_2 + \left(\frac{\sqrt{p_2}}{\sqrt{p_1}}x_1 + \frac{n_a}{p_1h_a} \right) \\ \frac{y_b}{\sqrt{p_1}h_b} = x_3 + \left(\frac{\sqrt{p_2}}{\sqrt{p_1}}x_1 + \frac{n_b}{p_1h_b} \right) \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_a - \sqrt{p_1} x_2 h_a = \sqrt{p_2} x_1 h_a + n_a \\ y_b - \sqrt{p_1} x_3 h_b = \sqrt{p_2} x_1 h_b + n_b \end{cases}$$

여기서, y_a 는 h_a 로부터 수신받은 합성된 데이터 신호, y_b 는 h_b 로부터 수신받은 합성된 데이터 신호, x_1 내지 x_3 는 3개의 사용자 단말이 송신한 본래의 데이터 신호, h_a 는 제2 사용자 단말의 데이터 신호를 전력이 가장 많이 할당된 데이터로 가지고 있는 부반송파의 채널, h_b 는 제3 사용자 단말의 데이터 신호를 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호로 가지고 있는 부반송파의 채널, n_a 와 n_b 는 각각 수신 잡음을 의미하고,

다음의 수확식을 이용하여 상기 최대 비율 합성 기법을 수행하여 상기 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호를 추출하는 신호 전송 방법:

$$\begin{cases} h_a^* y'_a = |\alpha_1|^2 \sqrt{p_2} x_1 + h_a^* n_a \\ h_b^* y'_b = |\alpha_2|^2 \sqrt{p_2} x_1 + h_b^* n_b \end{cases}$$

여기서, y'_a 는 상기 $y_a - \sqrt{p_1} x_2 h_a$ 를 나타낸 것이고, y'_b 는 상기 $y_b - \sqrt{p_1} x_3 h_b$ 를 나타낸 것이며,

$|\alpha_1|^2$ 은 h_a 의 채널 성분, $|\alpha_2|^2$ 은 h_b 의 채널 성분을 나타낸 것이고, h_a^* 및 h_b^* 는 채널 성분을 없애기 위한 각 채널의 공액(conjugate) 값이다.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템 및 그것을 이용한 신호 전송 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 전력 기반 NOMA(Non-Orthogonal Multiple Access) 시스템에서 채널 상태에 따라 부반송파 별로 사용자 데이터를 그룹핑하고, 부반송파 수신 다이버시티를 이용하여 신호 전송 성능이 향상되도록 하는 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템 및 그것을 이용한 신호 전송 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 기존의 OMA(Orthogonal Multiple Access) 시스템은 시간, 주파수, 직교 코드의 단일 영역에서 사용자 데이터를 다중화 하는 것을 특징으로 하는 반면, NOMA(Non-Orthogonal Multiple Access) 시스템은 새로운 영역을 추가적으로 활용하여 같은 시간 및 주파수 자원에 다중 사용자가 동시에 접속하는 사용자 데이터를 다중화 하는 것을

특징으로 한다.

- [0003] 이러한 NOMA 시스템은 OMA 시스템 대비 많은 사용자를 서비스 할 수 있기 때문에 최근 여러 프로젝트 그룹에서 주장하고 있는 5G의 방향성 중 mMTC(Massive Machine Type Communication) 시나리오의 유력한 다중 접속 기술로 거론되고 있다.
- [0004] 실제로도 사용자 수를 극대화 시킬 수 있는 NOMA 기술들은 시간, 주파수, 코드 도메인 모두를 이용한 비직교 자원을 정의하여 기존의 직교 주파수 분할 다중 접속(Orthogonal Frequency Division Multiple Access; OFDMA) 대비 최대 300%의 사용자를 큰 성능 열화 없이 서비스 할 수 있다.
- [0005] 전력 기반 NOMA 시스템은 전력 영역에서 사용자 데이터를 구분하기 때문에 사용자가 많아질수록 할당되는 전력이 평균적으로 작아지게 되고, 사용자 단말과의 채널 상태에 따라 서로 다르게 할당된다. 또한 사용자 입장에서 자신의 데이터를 복구하기 위해서는 서로 다른 전력으로 모두 더해진 합성 신호에서 자신의 데이터를 추출해내야 하는데, 이를 위해 SIC(Successive Interference Canceller) 연산을 수행한다.
- [0006] 그러나 SIC 연산은 각 사용자가 자신을 제외한 모든 사용자 데이터를 잡음으로 여기고 연산을 처리한다는 데에 문제점이 있다. 이로 인해 사용자 수가 많아질수록 오류 확률은 늘어나며 전체적인 시스템에 치명적인 문제점이 발생하게 된다.
- [0007] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국 공개특허공보 제10-2018-0073329호(2018. 07. 02. 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 전력 기반 NOMA(Non-Orthogonal Multiple Access) 시스템에서 채널 상태에 따라 부반송파 별로 사용자 데이터를 그룹핑하고, 부반송파 수신 다이버시티를 이용하여 신호 전송 성능이 향상되도록 하는 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템 및 그것을 이용한 신호 전송 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따른 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템은, 복수의 사용자 단말로 송신하고자 하는 각각의 데이터 신호를 각각 변조하고, 상기 복수의 사용자 단말로부터 채널 상태를 각각 피드백 받아 채널 상태에 따라 상기 데이터 신호의 전력을 각각 할당하고, 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호와 가장 적게 할당된 데이터 신호를 매칭하여 각 부반송파별로 그룹핑하고, 그룹핑된 데이터 신호를 합성한 후 각각의 사용자 단말로 동시에 전송하는 송신단; 및 상기 전송된 합성 데이터 신호를 수신하여 채널 보상 후 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호를 복조하여 추출하고, 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호는 연속적 간섭 제거(SIC, Successive Interference Cancellation) 연산과 최대 비율 합성(MRC, Maximal Ration Combining) 기법을 이용하여 추출하는 수신단을 포함한다.
- [0010] 또한, 상기 송신단은 상기 합성된 데이터 신호를 IFFT(inverse fast fourier transform) 변환한 후 CP(cyclic prefix)를 추가하여 상기 수신단으로 전송하고, 다음의 수학적식을 이용하여 각 부반송파별 상기 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호와 상기 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호를 각각 선정하여 매칭할 수 있다.

$$h_{\max,j} = \max(|h_{1,j}|^2, |h_{2,j}|^2, |h_{3,j}|^2, \dots |h_{n,j}|^2) \quad (j= 1, \dots, 128)$$

[0011]
$$h_{\min,j} = \min(|h_{1,j}|^2, |h_{2,j}|^2, |h_{3,j}|^2, \dots |h_{n,j}|^2) \quad (j= 1, \dots, 128)$$

- [0012] 여기서, $h_{\max,j}$ 는 n개의 사용자 단말로의 채널 중 가장 채널 상태가 좋은 j번째 부반송파, $h_{\min,j}$ 는 n개의 사용자 단말로의 채널 중 가장 채널 상태가 좋지 않은 j번째 부반송파, $h_{n,j}$ 은 제n 사용자 단말의 j번째 부반송파, j 는 부반송파의 인덱스이다.

- [0013] 또한, 상기 수신단은 상기 합성된 데이터 신호를 수신하여 FFT(fast fourier transform) 변환한 후 CP(cyclic prefix)를 제거하고 채널을 보정한 후 상기 데이터 신호를 복조하고, 다음의 수학적식을 이용하여 상기 합성된 데

이더 신호에서 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호와, 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호를 각각 구분할 수 있다.

[0014]

$$X(k) = \sqrt{P_1}x_i(k) + \sqrt{P_2}x_j(k) \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

[0015]

여기서, $X(k)$ 는 k 번 부반송파의 합성된 데이터 신호, $\sqrt{p_1}$ 는 메이저(major) 전력, $\sqrt{p_2}$ 는 마이너(minor) 전력, i, j 는 각각 특정 사용자 단말의 데이터 신호이다.

[0016]

또한, 상기 수신단은 상기 사용자 단말이 3개인 경우, 다음의 수학적식을 이용하여 상기 연속적 간섭 제거 연산을 수행할 수 있다.

[0017]

$$\begin{cases} y_a = \sqrt{p_1}x_2h_a + \sqrt{p_2}x_1h_a + n_a \\ y_b = \sqrt{p_1}x_3h_b + \sqrt{p_2}x_1h_b + n_b \end{cases}$$

[0018]

$$\begin{cases} \frac{y_a}{\sqrt{p_1}h_a} = x_2 + \left(\frac{\sqrt{p_2}}{\sqrt{p_1}}x_1 + \frac{n_a}{p_1h_a} \right) \\ \frac{y_b}{\sqrt{p_1}h_b} = x_3 + \left(\frac{\sqrt{p_2}}{\sqrt{p_1}}x_1 + \frac{n_b}{p_1h_b} \right) \end{cases}$$

[0019]

$$\begin{cases} y_a - \sqrt{p_1}x_2h_a = \sqrt{p_2}x_1h_a + n_a \\ y_b - \sqrt{p_1}x_3h_b = \sqrt{p_2}x_1h_b + n_b \end{cases}$$

[0020]

여기서, y_a 는 h_a 로부터 수신받은 합성된 데이터 신호, y_b 는 h_b 로부터 수신받은 합성된 데이터 신호, x_1 내지 x_3 는 3개의 사용자 단말이 송신한 본래의 데이터 신호, h_a 는 제2 사용자 단말의 데이터 신호를 전력이 가장 많이 할당된 데이터로 가지고 있는 부반송파의 채널, h_b 는 제3 사용자 단말의 데이터 신호를 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호로 가지고 있는 부반송파의 채널, n_a 와 n_b 는 각각 수신 잡음을 의미한다.

[0021]

또한, 상기 수신단은 다음의 수학적식을 이용하여 상기 최대 비율 합성 기법을 수행할 수 있다.

[0022]

$$\begin{cases} h_a^* y'_a = |\alpha_1|^2 \sqrt{p_2} x_1 + h_a^* n_a \\ h_b^* y'_b = |\alpha_2|^2 \sqrt{p_2} x_1 + h_b^* n_b \end{cases}$$

[0023]

여기서, y'_a 는 상기 $y_a - \sqrt{p_1}x_2h_a$ 를 나타낸 것이고, y'_b 는 상기 $y_b - \sqrt{p_1}x_3h_b$ 를 나타낸 것이며, $|\alpha_1|^2$ 은 h_a 의 채널 성분, $|\alpha_2|^2$ 은 h_b 의 채널 성분을 나타낸 것이고, h_a^* 및 h_b^* 는 채널 성분을 없애기 위한 각 채널의 공액(conjugate) 값이다.

[0024]

또한, 본 발명의 실시예에 따른 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템을 이용한 신호 전송 방법은, 송신단이 복수의 사용자 단말로 송신하고자 하는 각각의 데이터 신호를 송신하는 단계; 상기 송신단이 상기 데이터 신호를 각각 변조하고, 상기 복수의 사용자 단말로부터 채널 상태를 각각 피드백 받아 채널 상태에

따라 상기 데이터 신호의 전력을 각각 할당하고, 상기 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호와 가장 적게 할당된 데이터 신호를 매칭하여 각 부반송파별로 그룹핑하는 단계; 상기 송신단이 상기 그룹핑된 데이터 신호를 합성한 후 각각의 사용자 단말로 동시에 전송하는 단계; 및 수신단이 상기 전송된 합성 데이터 신호를 수신하여 채널 보상 후 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호를 복조하여 추출하고, 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호는 연속적 간섭 제거(SIC, Successive Interference Cancellation) 연산과 최대 비율 합성(MRC, Maximal Ration Combining) 기법을 이용하여 추출하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0025] 이와 같이 본 발명에 따르면, 전력 기반 NOMA(Non-Orthogonal Multiple Access) 시스템에서 채널 상태에 따라 부반송파 별로 사용자 데이터를 그룹핑하고, 부반송파 수신 다이버시티를 이용하여 신호 전송 성능이 향상되도록 하는 효과가 있다.
- [0026] 또한 본 발명에 따르면, 사용자 데이터를 효율적으로 그룹핑하여 모든 사용자 데이터를 채널의 특성에 알맞게 전력을 할당함으로써 최적의 부반송파에 사용자 데이터가 위치할 수 있고, 할당된 전력량에 따라 SIC 연산을 선택적으로 수행할 수 있어 사용자 간 간섭을 줄일 수 있으며 개별 사용자 데이터의 전력 독점을 방지할 수 있는 효과가 있다.
- [0027] 또한 본 발명에 따르면, 채널 상태에 따라 전력을 할당하여 동일한 대역폭 상에서 전송하는 경우에도 많은 사용자 데이터를 보다 높은 신뢰도로 전송할 수 있다.
- [0028] 또한 본 발명에 따르면, 중복되는 사용자 데이터에 대하여 MRC(Maximal Ratio Combining)를 이용하여 최대의 수신 다이버시티 성능 이득을 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템의 구조를 나타낸 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템에서 부반송파 별로 사용자 데이터를 그룹핑 한 것을 나타낸 도면이다.
- 도 3은 도 2에서 그룹핑된 사용자 데이터를 부반송파 별로 사용자 단말에 송신하는 것을 나타낸 도면이다.
- 도 4는 도 2에서 그룹핑된 사용자 데이터를 각 사용자 단말별로 구분하여 나타낸 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템을 이용한 신호 전송 방법의 동작 흐름을 도시한 순서도이다.
- 도 6은 동일 대역폭과 동일 전력이 할당된 환경에서 종래의 기법과 본 발명의 실시예에 따른 기법을 적용했을 때의 BER(Bit error rate) 성능을 비교한 그래프이다.
- 도 7은 사용자 단말의 수가 다른 환경에서 종래의 기법과 본 발명의 실시예에 따른 기법을 적용했을 때의 BER 성능을 비교한 그래프이다.
- 도 8은 전력이 가장 큰(major) 데이터 신호와 전력이 가장 낮은 데이터 신호(minor)에 종래의 기법과 본 발명의 실시예에 따른 기법을 적용했을 때의 BER 성능을 비교한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다.
- [0031] 또한 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0032] 먼저, 도 1 내지 도 4를 통해 본 발명의 실시예에 따른 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템에 대하여 설명한다.
- [0033] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템의 구조를 나타낸 구성

도이다.

[0034] 도 1에서와 같이 본 발명의 실시예에 따른 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템은, 송신단(100) 및 수신단(200)을 포함한다.

[0035] 먼저, 송신단(100)은 복수의 사용자 단말로 송신하고자 하는 각각의 데이터 신호를 각각 변조하고, 복수의 사용자 단말로부터 채널 상태를 각각 피드백 받아 채널 상태에 따라 데이터 신호의 전력을 각각 할당하고, 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호와 가장 적게 할당된 데이터 신호를 매칭하여 각 부반송파별로 그룹핑하고, 그룹핑된 데이터 신호를 합성한 후 각각의 사용자 단말로 동시에 전송한다.

[0036] 그리고, 수신단(200)은 송신단(100)으로부터 전송된 합성 데이터 신호를 수신하여 채널 보상 후 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호를 복조하여 추출하고, 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호는 연속적 간섭 제거(SIC, Successive Interference Cancellation) 연산과 최대 비율 합성(MRC, Maximal Ration Combining) 기법을 이용하여 추출한다.

[0037] 여기서 수신단(200)은 복수의 사용자 단말을 의미한다.

[0038] 송신단(100)은 다음의 수학적 식 1과 같이 기지국과 사용자 단말 간의 거리 데이터를 토대로 전력을 할당할 수 있다.

수학적 식 1

$$p_i = P_t \frac{d_i^2}{\sum_{l=1}^n d_l^2}$$

[0039]

[0040] 여기서, p_i 는 각 사용자 데이터 신호에 할당될 전력, P_t 는 총 전력, 그리고 d_i 는 기지국과 수신단(200) 즉, 사용자 단말간의 거리이다.

[0041] 이때, 서로 다른 전력이 할당된 데이터 신호는 그대로 합성되어 무선 전송에 적합하도록 IFFT(inverse fast fourier transform) 변환에 의해 시간 영역으로 변환된 후 CP(cyclic prefix)를 추가하여 수신단(200)으로 전송된다.

[0042] 다음의 수학적 식 2는 각 사용자 데이터에 서로 다른 전력을 할당하여 모두 더하는 것을 나타낸다.

수학적 식 2

$$X = \sum_{i=1}^n p_i x_i$$

[0043]

[0044] 여기서, X 는 합성된 데이터 신호이고 모든 사용자 단말로 전송된다.

[0045] 이때, 수신단(200)에서 수신하는 데이터 신호는 다음의 수학적 식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 3

$$Y_i = Xh_{BU_i} + n_i$$

[0046]

[0047] 여기서, Y_i 는 수신 데이터 신호이고, h_{BU_i} 는 기지국과 사용자 단말 사이의 채널을 나타내고, n_i 는 기지국과 사용

자 단말 사이의 수신 잡음을 나타낸다.

[0048] 즉, 합성된 데이터 신호(X)는 채널을 통과한 후 잡음이 붙어서 수신 데이터 신호(Y_i)로 나타낼 수 있다. 이 때 수신 데이터 신호(Y_i)에서 채널 보상을 수행하고 복조를 진행하여 원 데이터 신호를 추출할 수 있다.

[0049] 그러나, 도 1에서와 같이 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호는 바로 복조할 수 있어도, 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호는 연속적 간섭 제거 연산 과정을 거쳐야 한다.

[0050] 자세히는, 맨 처음 복조된 데이터 신호를 다시 변조하여 수신된 데이터 신호(Y_i)에서 차감한 후 다시 채널 보상 및 복조를 진행한다.

[0051] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템에서 부반송파 별로 사용자 데이터를 그룹핑 한 것을 나타낸 도면이다.

[0052] 자세히는, 도 2는 3개의 사용자 단말이 존재하는 상황에서 각 부반송파 별로 2명씩 사용자 그룹핑 기법을 수행한 예시이다. 이 때 할당되는 전력 레벨은 2개로 고정이며, 가장 큰 전력(major)과 가장 작은 전력(minor)은 채널의 특성에 맞게 데이터 신호에 할당된다. 또한, s_1 내지 s_{10} 은 각 부반송파를 나타낸다. 이때 채널 정보는 각 사용자 단말기로부터 피드백 받았다고 가정한다.

[0053] 이때, 각 사용자 단말로의 채널은 다음의 수학적 식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 4

$$H_i = h_{i,j} \quad (j= 1, \dots, 128)$$

[0054]

[0055] 여기서, H_i 는 각 사용자 단말로의 채널, $h_{i,j}$ 는 i 번째 사용자의 j 번째 부반송파, j 는 부반송파의 인덱스를 나타낸다.

[0056] 이때, 송신단(100)은, 다음의 수학적 식 5를 이용하여 수학적 식 4의 각 부반송파별로 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호와 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호를 각각 선정하여 매칭할 수 있다.

수학적 식 5

$$h_{\max,j} = \max(|h_{1,j}|^2, |h_{2,j}|^2, |h_{3,j}|^2, \dots |h_{n,j}|^2) \quad (j= 1, \dots, 128)$$

$$h_{\min,j} = \min(|h_{1,j}|^2, |h_{2,j}|^2, |h_{3,j}|^2, \dots |h_{n,j}|^2) \quad (j= 1, \dots, 128)$$

[0057]

[0058] 여기서, $h_{\max,j}$ 는 n 개의 사용자 단말로의 채널 중 가장 채널 상태가 좋은 j 번째 부반송파, $h_{\min,j}$ 는 n 개의 사용자 단말로의 채널 중 가장 채널 상태가 좋지 않은 j 번째 부반송파, $h_{n,j}$ 은 제 n 사용자 단말의 j 번째 부반송파, j 는 부반송파의 인덱스이다.

[0059] 이로 인하여 송신단(100)은 3개의 사용자 단말기의 데이터 신호 중 각 부반송파에 할당될 2명의 데이터 신호가 어떤 것인지, 각 데이터 신호에는 어떤 전력이 할당될 것인지 결정할 수 있고, 결정 후 수신단(200) 즉, 모든 사용자 단말기에게 동시에 전송할 수 있다.

[0060] 도 3은 도 2에서 그룹핑된 사용자 데이터를 부반송파 별로 사용자 단말에 송신하는 것을 나타낸 도면이다.

[0061] 도 3은 도 2의 첫 번째 부반송파와 두 번째 부반송파 구간에 한하여 3개의 사용자 단말에 송신하는 예시를 나타낸 것으로, P 는 전력, f 는 주파수 그리고 t 는 시간 축을 나타내며, h_{BU1} 과 h_{BU2} 및 h_{BU3} 은 각각 기지국(BS)과 제1 사용자 단말(UE_1) 사이의 채널, 기지국(BS)과 제2 사용자 단말(UE_2) 사이의 채널, 기지국(BS)과 제3 사용자 단말(UE_3) 사이의 채널을 나타낸다.

[0062] 송신단(100)에서는 두 데이터 신호를 합성하여 제1 사용자 단말(UE₁)과 제2 사용자 단말(UE₂) 및 제3 사용자 단말(UE₃) 모두에게 전송한다. 이때 합성 데이터 신호는 기지국(BS)과 제1 사용자 단말(UE₁) 사이의 채널(h_{BU1})과 기지국(BS)과 제2 사용자 단말(UE₂)사이의 채널(h_{BU2}) 및 기지국(BS)과 제3 사용자 단말(UE₃) 사이의 채널(h_{BU3})을 지나 각각 사용자 단말(UE₁)과 제2 사용자 단말(UE₂)에 도달한다.

[0063] 본 발명의 실시예에 따르면, 수학적 식 5를 통해 도 2에서와 같이 사용자 그룹핑을 수행하고 나면 종래의 기법에 비해 각 사용자 단말마다 자신의 데이터 신호를 부각시킬 수 있는 채널을 선택할 수 있기 때문에 BER 성능을 향상시킬 수 있으며, 전체 대역폭 내에서 적은 전력만 할당되었던 사용자의 경우 사용자 그룹핑으로 인해 부반송과 별로 큰 전력이 할당될 수도 있게 되어 좋은 채널 상태와 맞물려 더욱 큰 성능 향상을 얻을 수 있는 효과가 있다.

[0064] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 부반송과별로 채널의 특성에 맞게 사용자 데이터 신호를 재배열하기 때문에 데이터 신호를 복구할 때, 부반송과의 위치를 정확히 특정해야 한다. 따라서 다음의 수학적 식 6과 7을 이용하여 i 번째 사용자 단말기는 자신의 데이터 신호가 k번째 부반송과 내에서 가장 큰 전력(major)이 할당되어 있는지, 가장 적은 전력(minor)이 할당되어 있는지 알고 있어야 한다.

수학적 식 6

[0065]
$$s_{minor,i}(k) \quad s(k) = x_{minor,i}(k) \quad (i = 1,2,3)$$

수학적 식 7

[0066]
$$s_{major,i}(k) \quad s(k) = x_{major,i}(k) \quad (i = 1,2,3)$$

[0067] 여기서, major는 고정된 전체 전력에서 가장 큰 전력을 의미하고, minor 전력은 고정된 전체 전력에서 가장 작은 전력을 의미한다.

[0068] 이때, 통과한 채널과 잡음을 무시한다고 가정하면 송신단(100)으로부터 수신 받은 데이터 신호는 다음의 수학적 식 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 8

[0069]
$$X(k) = \sqrt{P_1}x_i(k) + \sqrt{P_2}x_j(k) \quad (i, j = 1,2,3, \dots n)$$

[0070] 여기서, X(k)는 k번 부반송과의 합성된 데이터 신호, $\sqrt{p_1}$ 는 메이저(major) 전력, $\sqrt{p_2}$ 는 마이너(miner) 전력, i, j는 각각 특정 사용자 단말의 데이터 신호이다.

[0071] 또한, 수신단(200)은 FFT(fast fourier transform) 변환에 의해 신호를 주파수 영역으로 바꾸어 준 후 CP(cyclic prefix)를 제거하고 채널 보상한 후 복조한다.

[0072] 이때, 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호를 복조하여 추출하고, 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호는 연속적 간섭 제거 연산과 최대 비율 합성 기법을 이용하여 추출한다.

[0073] 본 발명의 실시예에서는 송신 데이터 신호의 대역폭 내에서 부반송과별로 채널 상황을 즉각적으로 반영하여 도 2에서와 같이 사용자 그룹핑을 수행하여 데이터 신호를 배열하였다. 그러나, 채널은 랜덤하므로 도 4와 같이 모든 사용자 데이터에 대하여 마이너(minor) 전력이 할당되게 되며 이러한 구조를 이용하여 본 발명의 실시예에서는 부반송과 다이버시티 기법을 적용하고자 한다.

[0074] 도 4는 도 2에서 그룹핑된 사용자 데이터를 각 사용자 단말별로 구분하여 나타낸 도면이다.

[0075] 도 4에서와 같이, 마이너(minor) 전력이 할당된 동일 사용자 데이터 신호와 함께 존재하는 메이저(major) 전력이 할당된 데이터 신호의 종류가 다를 경우, 도 4에 점선으로 묶은 것과 같이 수신 다이버시티를 적용할 수 있다. 이는 각 부반송파를 서로 다른 채널로 볼 수 있기 때문에 시행 가능하며, 이해의 편의를 위해 기지국(BS)과 가장 거리가 가까운 첫 번째 사용자 단말의 입장에서 계산할 수 있다.

[0076] 도 4를 참고하여 첫 번째 사용자 단말이 수신한 데이터 신호를 다음의 수학적 식 9와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 9

$$\begin{cases} y_a = \sqrt{p_1} x_2 h_a + \sqrt{p_2} x_1 h_a + n_a \\ y_b = \sqrt{p_1} x_3 h_b + \sqrt{p_2} x_1 h_b + n_b \end{cases}$$

[0077]

[0078] 여기서 y_a 는 h_a 로부터 수신받은 합성된 데이터 신호, y_b 는 h_b 로부터 수신받은 합성된 데이터 신호, x_1 내지 x_3 는 3개의 사용자 단말이 송신한 본래의 데이터 신호, h_a 는 제2 사용자 단말의 데이터 신호를 전력이 가장 많이 할당된 데이터로 가지고 있는 부반송파의 채널, h_b 는 제3 사용자 단말의 데이터 신호를 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호로 가지고 있는 부반송파의 채널, n_a 와 n_b 는 각각 수신 잡음을 의미한다.

[0079] 또한, 다음의 수학적 식 10은 수학적 식 9의 합성된 데이터 신호에서 각각 메이저 전력에 해당하는 $\sqrt{p_1}$ 와, 각 부반송파 채널 h_a 및 h_b 로 나눠준 것을 정리한 식으로, 다음의 수학적 식 10을 통해 x_2 와 x_3 를 복조해 낼 수 있다.

수학적 식 10

$$\begin{cases} \frac{y_a}{\sqrt{p_1} h_a} = x_2 + \left(\frac{\sqrt{p_2}}{\sqrt{p_1}} x_1 + \frac{n_a}{p_1 h_a} \right) \\ \frac{y_b}{\sqrt{p_1} h_b} = x_3 + \left(\frac{\sqrt{p_2}}{\sqrt{p_1}} x_1 + \frac{n_b}{p_1 h_b} \right) \end{cases}$$

[0080]

[0081] 또한, 다음의 수학적 식 11은 연속적 간섭 제거 연산 과정을 나타낸 것이다.

수학적 식 11

$$\begin{cases} y_a - \sqrt{p_1} x_2 h_a = \sqrt{p_2} x_1 h_a + n_a \\ y_b - \sqrt{p_1} x_3 h_b = \sqrt{p_2} x_1 h_b + n_b \end{cases}$$

[0082]

[0083] 수학적 식 11은 복조한 x_2 와 x_3 을 이용하여 각각 전체 수신 데이터 신호 y_a 와 y_b 에서 빼주어 x_1 신호 관련항만 남긴다. 본 발명의 실시예에 따르면 수학적 식 11에서 얻어낸 표현을 통해 다음의 수학적 식 12와 같이 최대의 수신 다이버시티 이득을 얻을 수 있는 최대 비율 합성 기법을 수행할 수 있다.

수학식 12

$$\begin{cases} h_a^* y_a' = |\alpha_1|^2 \sqrt{p_2} x_1 + h_a^* n_a \\ h_b^* y_b' = |\alpha_2|^2 \sqrt{p_2} x_1 + h_b^* n_b \end{cases}$$

[0084]

[0085] 여기서, y_a' 는 $y_a - \sqrt{p_1} x_2 h_a$ 를 나타낸 것이고, y_b' 는 $y_b - \sqrt{p_1} x_3 h_b$ 를 나타낸 것이며, $|\alpha_1|^2$ 은 h_a 의 채널 성분, $|\alpha_2|^2$ 은 h_b 의 채널 성분을 나타낸 것이고, h_a^* 및 h_b^* 는 채널 성분을 없애기 위한 각 채널의 공액 (conjugate) 값이다.

[0086]

그리고, 다음의 수학식 13와 수학식 14의 과정을 통해 결과적으로 x_1 을 복조할 수 있다.

수학식 13

$$h_a^* y_a' + h_b^* y_b' = \sqrt{p_2} (|\alpha_1|^2 + |\alpha_2|^2) x_1 + h_a^* n_a + h_b^* n_b$$

[0087]

수학식 14

$$\frac{h_a^* y_a' + h_b^* y_b'}{\sqrt{p_2} (|\alpha_1|^2 + |\alpha_2|^2)} = x_1 + \frac{h_a^* n_a + h_b^* n_b}{\sqrt{p_2} (|\alpha_1|^2 + |\alpha_2|^2)}$$

[0088]

[0089] 본 발명의 실시예에 따르면 최대 비율 합성 기법을 적용함으로써 인해 복조할 때의 잡음 성분이 채널 전력 값의 합 $(|\alpha_1|^2 + |\alpha_2|^2)$ 으로 인해 대폭 줄어들었음을 확인할 수 있다.

[0090]

이하에서는 도 5 내지 도 8을 통해 본 발명의 실시예에 따른 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템을 이용한 신호 전송 방법에 대하여 설명한다.

[0091]

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템을 이용한 신호 전송 방법의 동작 흐름을 도시한 순서도로서, 이를 참조하여 본 발명의 구체적인 동작을 설명한다.

[0092]

본 발명의 실시예에 따르면, 먼저, 송신단(100)이 복수의 사용자 단말로 송신하고자 하는 각각의 데이터 신호를 송신한다(S510).

[0093]

그 다음, 송신단(100)이 데이터 신호를 각각 변조하고, 복수의 사용자 단말로부터 채널 상태를 각각 피드백 받아 채널 상태에 따라 데이터 신호의 전력을 각각 할당하고, 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호와 가장 적게 할당된 데이터 신호를 매칭하여 각 부반송파별로 그룹핑한다(S520).

[0094]

이때, S520 단계는 수학식 8을 이용하여 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호와, 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호를 구분할 수 있다.

[0095]

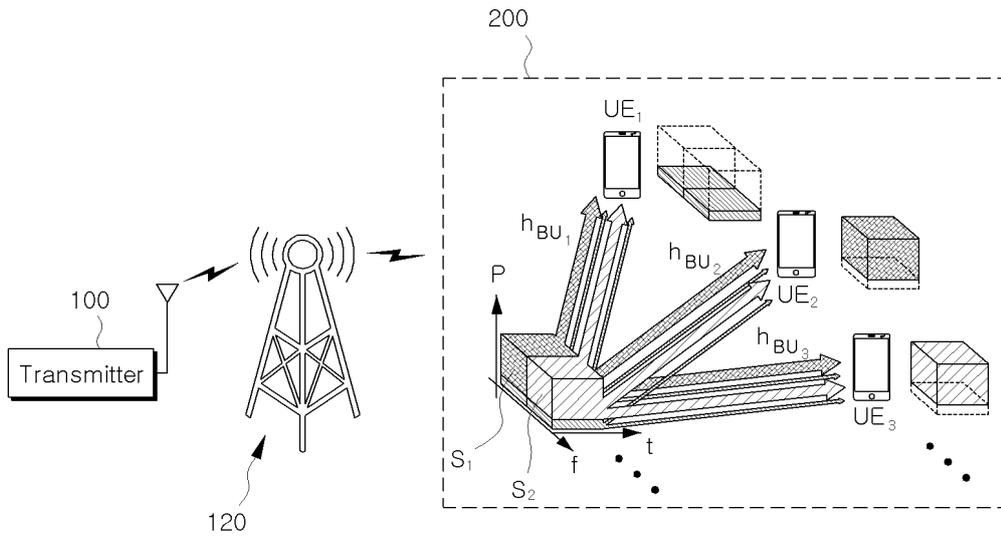
그 다음, 송신단(100)이 S520 단계에서 그룹핑된 데이터 신호를 합성한 후 각각의 사용자 단말로 동시에 전송한다(S530).

[0096]

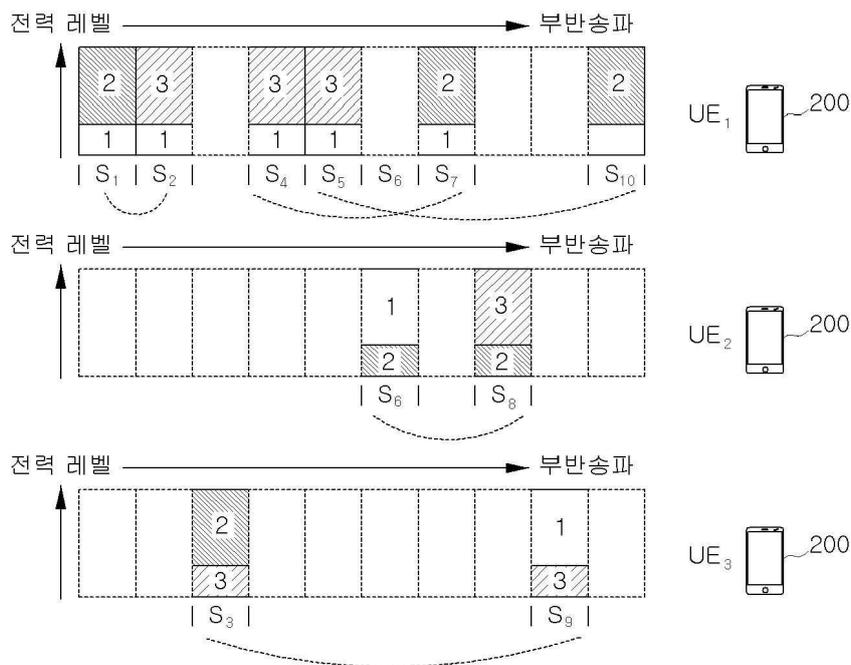
이때, S530 단계는 합성된 데이터 신호를 IFFT(inverse fast fourier transform) 변환한 후 CP(cyclic prefix)를 추가하여 전송할 수 있다.

- [0097] 마지막으로 수신단(200)이 S530 단계에서 전송된 합성 데이터 신호를 수신하여 채널 보상 후 전력이 가장 많이 할당된 데이터 신호를 복조하여 추출하고, 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호는 연속적 간섭 제거(SIC, Successive Interference Cancellation) 연산과 최대 비율 합성(MRC, Maximal Ration Combining) 기법을 이용하여 추출한다(S540).
- [0098] 이때, S540 단계는 합성된 데이터 신호를 수신하여 FFT(fast fourier transform) 변환한 후 CP(cyclic prefix)를 제거하고 채널을 보정한 후 데이터 신호를 복조하여 추출할 수 있다.
- [0099] 또한, 수확식 9 내지 11을 이용하여 연속적 간섭 제거 연산을 수행하여 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호를 추출할 수 있고, 수확식 12를 이용하여 최대 비율 합성 기법을 수행하여 전력이 가장 적게 할당된 데이터 신호를 추출할 수 있다.
- [0100] 도 6은 동일 대역폭과 동일 전력이 할당된 환경에서 종래의 기법과 본 발명의 실시예에 따른 기법을 적용했을 때의 BER(Bit error rate) 성능을 비교한 그래프이다.
- [0101] 도 6에서 검정 그래프는 종래의 기본 전력 기반 NOMA 기법의 신호대 잡음비(SNR, Signal to noise ratio)에 따른 BER 성능을 나타낸 것이며, 파란색 그래프는 종래의 NOMA 기법에 사용자 그룹핑 기법이 적용되었을 때의 BER 성능을 나타낸 것이며, 빨간색 그래프는 본 발명의 실시예에 따른 사용자 그룹핑 기법과 최대 비율 합성(MRC, Maximal Ration Combining) 기법이 함께 적용되었을 때의 BER 성능을 나타낸 것이다.
- [0102] 즉, 본 발명의 실시예에서와 같이 부반송파의 채널 상태를 각각 고려하여 사용자를 그룹핑하여 전송함으로써, 종래의 기법들에 비해 BER 성능이 향상되었음을 확인할 수 있으며, 부반송파 다이버시티(MRC) 기법을 추가로 적용함으로써 BER 성능이 더욱 향상되었음을 확인할 수 있다.
- [0103] 추가로, 적은 전력이 할당된 사용자 단말(200)일수록 성능이 월등하게 향상되었음을 확인할 수 있다. 이는 해당 사용자 데이터의 경우가 부반송파 다이버시티(MRC) 기법의 효과를 가장 많이 받았기 때문이다.
- [0104] 도 7은 사용자 단말의 수가 다른 환경에서 종래의 기법과 본 발명의 실시예에 따른 기법을 적용했을 때의 BER 성능을 비교한 그래프이다.
- [0105] 자세히는, 도 7은 검은색 그래프에 해당하는 2명의 사용자 단말(user1, user2)가 존재하는 환경과 빨간색 그래프에 해당하는 3명의 사용자 단말(user1, user2, user3)이 존재하는 서로 다른 환경에서 각각 종래의 기법과 본 발명의 실시예에 따른 기법을 적용했을 때의 BER 성능을 비교한 그래프이다.
- [0106] 도 7에서 알 수 있듯이, 3명이 존재하는 환경에 비해 2명이 존재하는 환경은 전력 기반 NOMA 기법의 측면에서 사용자 간 간섭이 더 적게 발생한다. 하지만 본 발명의 실시예에 따른 기법을 이용하여 사용자 수가 더 많은 환경임에도 오히려 향상된 BER 성능을 얻을 수 있게 되었음을 확인할 수 있다.
- [0107] 즉, 3명의 사용자 단말이 존재하는 환경임에도 불구하고 전력 레벨을 2명의 사용자 단말이 존재하는 환경과 동일하게 고정시킴으로써, 도 7과 같은 BER 성능을 얻을 수 있다.
- [0108] 도 8은 전력이 가장 큰(major) 데이터 신호와 전력이 가장 낮은 데이터 신호(minor)에 종래의 기법과 본 발명의 실시예에 따른 기법을 적용했을 때의 BER 성능을 비교한 그래프이다.
- [0109] 도 8에서는, 사용자 단말간의 거리가 멀어질 경우, 커지는 전력 차이로 인해 발생하는 결과를 보여준다. 검은색 그래프에 해당하는 종래의 경우는 가장 큰(major) 전력이 할당된 사용자 단말의 경우를 제외하고 다른 모든 사용자 단말들의 성능이 전력 비율이 커짐에 따라 성능이 나빠지는 것을 확인할 수 있다.
- [0110] 즉, 전력이 가장 낮은(minor) 경우 해당 사용자 데이터 신호를 제대로 복구할 수 없게 된다. 하지만 파란색 그래프에 해당하는 본 발명의 실시예에 따른 사용자 그룹핑 기법을 사용하는 경우 검은색 그래프에 해당하는 경우의 현상이 개선되는 모습을 보인다. 그러나 전력 비율이 큰 경우에는 가장 큰 전력(major)이 할당된 사용자 데이터 신호를 제외하고 성능이 약간씩 하락하는 모습을 보인다.
- [0111] 이와 대조적으로 빨간색 그래프에 해당하는 본 발명의 실시예에 따른 MRC 기법이 추가로 적용된 경우에는 전력 비율이 증가하여도 성능 하락이 나타나지 않는 것을 확인할 수 있다.
- [0112] 이를 통해 본 발명의 실시예에 따르면 사용자 단말간의 거리 차이가 커져 채널 상태의 격차가 심해지는 경우에도 BER 성능을 유지할 수 있는 내구성이 있음을 확인할 수 있다.
- [0113] 상술한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 사용자 그룹핑과 수신 다이버시티를 이용한 NOMA 시스템 및 그것을

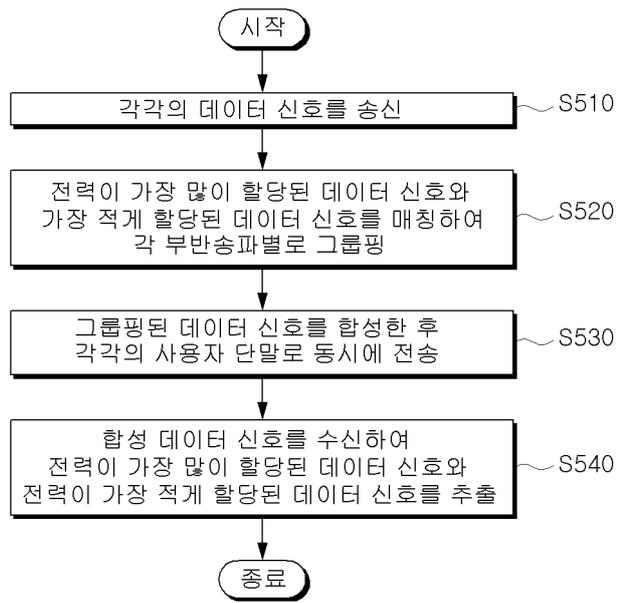
도면3



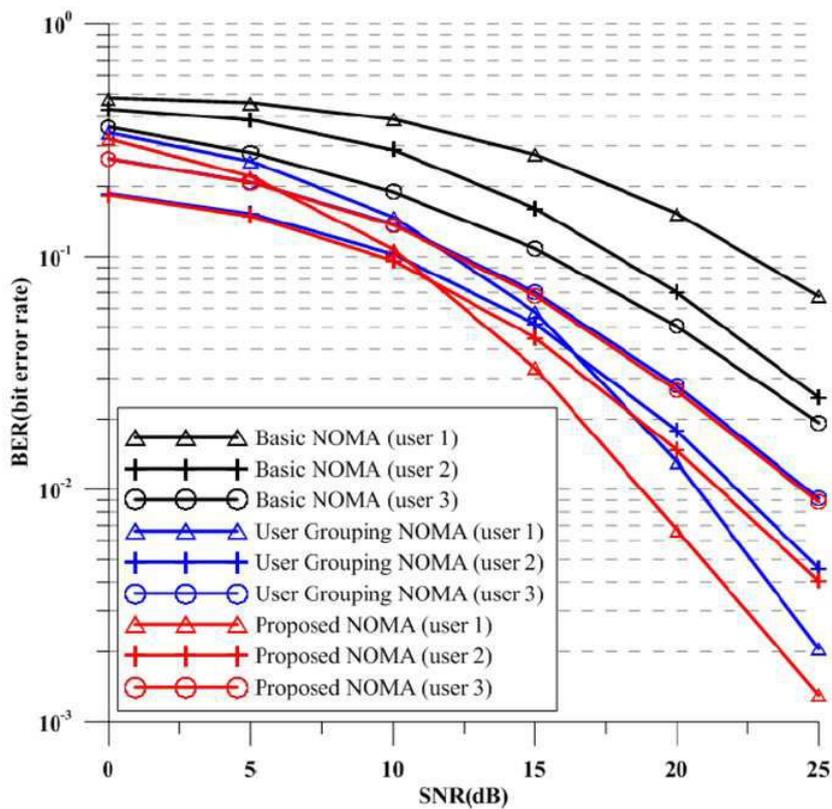
도면4



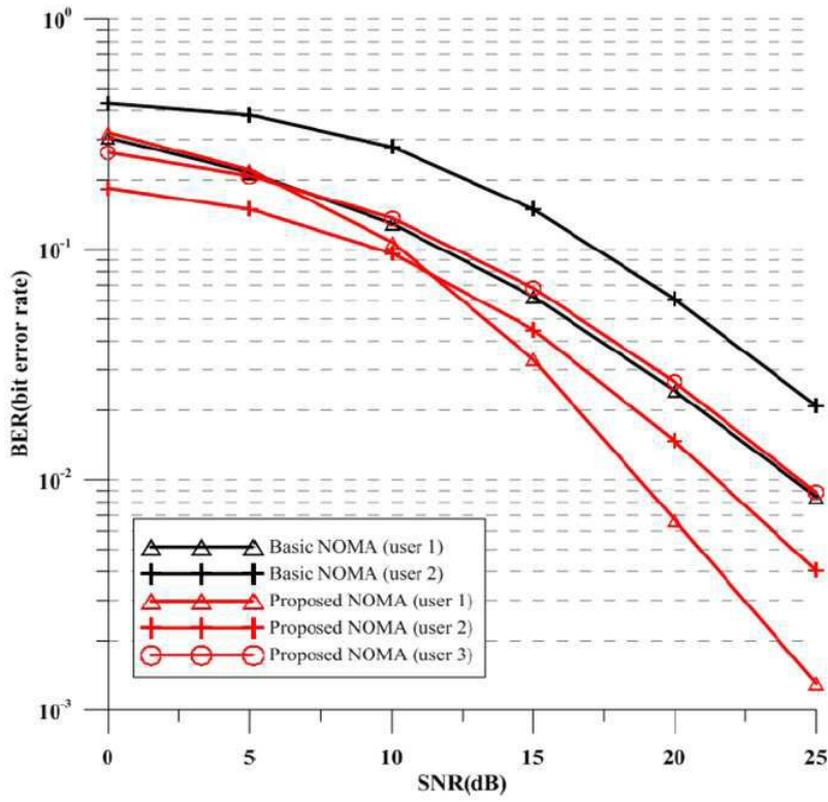
도면5



도면6



도면7



도면8

