

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2024년 6월 20일 (20.06.2024)



WIPO | PCT



(10) 국제공개번호

WO 2024/128641 A1

(51) 국제특허분류:

H04B 7/0413 (2017.01)

H04B 7/06 (2006.01)

H04B 7/08 (2006.01)

H04B 7/0404 (2017.01)

H04L 5/14 (2006.01)

H04L 25/02 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2023/019613

(22) 국제출원일:

2023년 11월 30일 (30.11.2023)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2022-0173822 2022년 12월 13일 (13.12.2022) KR

(71) 출원인: 한밭대학교 산학협력단 (HANBAT NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-ACADEMIC CO-OPERATION FOUNDATION) [KR/KR]; 34158 대전광역시 유성구 동서대로 125, Daejeon (KR).

(72) 발명자: 안튀보아시아코브릿짓 두로와 (ANTWIBOASIAKO, Bridget Durowaa); 34159 대전광역시 유성구 학하서로 121번길 55-5, 405호, Daejeon (KR). 이경재 (LEE, Kyoung-Jae); 34090 대전광역시 유성구 노은동로 111, 1010동 701호, Daejeon (KR).

(74) 대리인: 이은철 (LEE, Un Cheol); 05836 서울특별시 송파구 법원로11길 25, A동 714호 5T국제특허법률사무소, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: MULTIPLE STREAM TRANSMISSION METHOD FOR MASSIVE MIMO COMMUNICATION SYSTEM

(54) 발명의 명칭: 대규모 MIMO 통신 시스템의 다중 스트림 전송 방법

AA Algorithm 1 BB 최적화된 스트림 수/파일럿 길이 탐색 알고리즘

- 1: Initialize the number of streams
- 2: repeat
- 3: Calculate the sum SE
- 4: Update τ_p or streams³ with a line search algorithm
- 5: until Convergence

AA ... Algorithm

BB ... Optimized number of streams/pilot length search algorithm

(57) Abstract: The present invention relates to a multiple stream transmission method for a massive MIMO communication system. According to a specific implementation example of the present invention, by using a predetermined GSS method to find the number of streams in which total spectral efficiency SE, derived from the sum of an achievable uplink rate and an achievable downlink rate derived using a zero-forcing detection ZF_D method and a maximum ratio combination MRC method, is a maximum value, the total spectral efficiency SE of an mMIMO system can be improved and the performance of the system can be fundamentally improved.

(57) 요약서: 본 기술은 대규모 MIMO 통신 시스템의 다중 스트림 전송 방법에 관한 것으로, 본 기술의 구체적인 구현 예에 따르면, 제로 포커싱 검출 ZF_D 기법 및 최대 비율 결합 MRC 기법으로 도출된 달성가능한 업링크 레이트와 달성가능한 다운링크 레이트의 합으로 도출되는 합계 스펙트럴 효율 SE가 최대인 스트림의 수를 기 정해진 GSS 기법으로 탐색함에 따라, mMIMO 시스템의 합계 스펙트럴 효율 SE를 향상시킬 수 있고, 시스템의 성능을 근본적으로 향상시킬 수 있다.

[다음 쪽 계속]



공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 대규모 MIMO 통신 시스템의 다중 스트림 전송 방법 기술분야

- [1] 본 발명은 대규모 MIMO 통신 시스템의 다중 스트림 전송 방법에 관한 것으로, 더욱 자세하게는 대규모 MIMO 시스템에서 다중 스트림을 적어도 하나의 유저 단말로 전송함에 있어 스펙트럴 효율을 향상시킬 수 있도록 한 기술에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근에는 무수한 양의 데이터가 존재하고 무선 통신 시스템에서의 데이터 요구량은 기하급수적으로 증가하고 있다. 이러한 요구는 거대배열 다중 안테나 (massive multiple input multiple output) 기술, 혹은 밀리미터파(millimeter wave) 통신 등의 기술을 통해 시도하고 있으나 높은 전력 소모량과 가격 등의 현실적인 이유로 한계점을 가진다.
- [3] 또한 정보 전송을 위한 높은 자유도(DoF)를 제공하는 대규모 어레이를 포함하고 FD(Full Duplex) BS 및 FD 유저 단말 UE로 구성된 mMIMO 시스템의 경우, 데이터 스트림이 증가될수록 함께 스펙트럴 효율(SE: Spectral Efficiency)이 저하되는 한계에 도달하였다.
- [4] 한편, 전술한 배경기술은 발명자가 본 발명의 도출을 위해 보유하고 있었거나, 본 발명의 도출 과정에서 습득한 기술 정보로서, 반드시 본 발명의 출원 전에 일반 공중에게 공개된 공지기술이라 할 수는 없다.
- [5] [선행기술문헌]
- [6] [특허문헌] 한국등록특허공보 제10-2330915호 통합 빔포밍 시스템 및 방법

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [7] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 제로 포커싱 검출 ZF_D 기법 및 최대 비율 결합 MRC 기법으로 도출된 달성가능한 업링크 레이트와 달성가능한 다운링크 레이트의 합으로 도출되는 함께 스펙트럴 효율 SE가 최대인 스트림의 수를 기 정해진 GSS 기법으로 탐색함에 따라, mMIMO 시스템의 함께 스펙트럴 효율 SE를 향상시킬 수 있고, 시스템의 성능을 근본적으로 향상시키기 위한 것이다.
- [8] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 청구범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [9] 본 발명의 일 실시 양태에 의거, 일 실시 예에 따른 대규모 MIMO 통신 시스템의 다중 스트림 전송 방법은,
- [10] 다수의 어레이로 구비된 전송 안테나의 전이중(FD: Full Duplex) 기지국 BS; 및 다수의 어레이로 수신 안테나로 구비되어 상기 FD BS와의 상호 통신하는 적어도 하나의 전이중 유저 단말 UE를 포함하는 mMIMO 시스템의 통신 방법에 있어서,
- [11] 기지국 BS에서 수신된 j 번째 FD UE의 수신신호의 n 번째 스트림에 대한 달성 가능한 업링크 레이트와 j 번째 유저 단말 UE에서 수신된 상기 기지국 BS의 m 번째 데이터 스트림의 달성 가능한 다운링크 레이트를 제로 포커싱 검출 ZF_D 기법과 최대 비율 결합 MRC 기법을 기반으로 각각 도출하는 단계;
- [12] 제로 포커싱 검출 ZF_D 기법 또는 최대 비율 결합 MRC 기법으로 도출된 각각의 달성 가능한 업링크 레이트와 달성 가능한 다운링크 레이트의 합으로 합계 스펙트럴 효율 SE를 도출하는 단계; 및
- [13] 기 정해진 GSS(Golden Section Search)기법으로 도출된 합계 스펙트럴 효율 SE가 최대인 스트림의 수를 최소 반복 횟수로 탐색하는 단계를 포함하는 것을 일 특징으로 한다.

발명의 효과

- [14] 이러한 특징에 따르면, 제로 포커싱 검출 ZF_D 기법 및 최대 비율 결합 MRC 기법으로 도출된 달성 가능한 업링크 레이트와 달성 가능한 다운링크 레이트의 합으로 도출되는 합계 스펙트럴 효율 SE가 최대인 스트림의 수를 기 정해진 GSS 기법으로 탐색함에 따라, mMIMO 시스템의 합계 스펙트럴 효율 SE를 향상시킬 수 있고, 시스템의 성능을 근본적으로 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [15] 본 명세서에서 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니된다.
- [16] 도 1은 일 실시예가 적용되는 대규모 MIMO 통신 시스템의 구성도이다.
- [17] 도 2는 도 1의 대규모 MIMO 통신 시스템의 동작 과정을 보인 흐름도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [18] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

- [19] 이하에서의 실시예는 제로 포커싱 검출 ZF_D 기법 및 최대 비율 결합 MRC 기법으로 도출된 달성가능한 업링크 레이트와 달성가능한 다운링크 레이트의 합으로 합계 스펙트럴 효율 SE를 도출하고 도출된 합계 스펙트럴 효율 SE가 최대인 스트림의 수를 기 정해진 GSS 기법으로 탐색하는 구성에 대해 구체적으로 설명한다.
- [20] 도 1은 일 실시 예에 따른 mMIMO 통신 시스템의 구성도를 보인 도이다. 도 1을 참조하면, 일 실시 예에 따른 mMIMO 통신 시스템은 전이중(FD: Full Duplex) 기지국 FD BS와 K 개의 전이중 유저 단말 FD UE간의 양방향 통신을 수행하고, 블록과 블록 간의 독립적으로 변동되나 간섭 주기 T 에서의 채널은 일정하게 유지된다고 가정하자.
- [21] 각 유저 단말 UE는 전송 안테나 M_T 와 수신 안테나 M_R 를 가지며, 이에 $N_R \gg N_T$ 이다
- [22] 그리고, l 번째 유저 단말 UE은 FD BS로 $N_S \leq N_T$ 독립적인 데이터 스트림들이 전송한다. 여기서, $\forall l = 1, \dots, K$ 이다. 기지국 BS는 M_T 개의 전송 안테나와 M_R 의 대규모 수신 안테나를 가지며, 이때 $M_R \gg M_T$ 이다.
- [23] 일반적인 손실 없고 FD BS는 MS 개 전송 안테나로 MS 의 데이터 스트림이 독립적으로 각 유저 단말 UE로 전송한다고 가정하면, l 번째 군의 기지국 BS의 안테나는 MS 개의 데이터 스트림을 l 번째 유저 단말 UE로 전송하고, $KM_S \leq M_T$ 이다.
- [24] 또한 $M_R \gg KN_S$ 및 $N_R \gg M_S$ 이다.
- [25] 이때 l 번째 유저 단말 UE에서 기지국 BS로의 업링크 채널은 $H_l = [h_{l,1}, h_{l,2}, \dots, h_{l,N_S}] \in \mathbb{C}^{M_R \times N_S}$ 이다. 여기서, $h_{l,n}$ 은 H_l 의 $\forall n = 1, \dots, N_S$ 의 n 번째 열이고 $H = [H_1, H_2, \dots, H_K] \in \mathbb{C}^{M_R \times KN_S}$ 이다.
- [26] 또한, l 번째 군의 기지국 BS의 안테나를 통해 기지국 BS에서 l 번째 유저 단말 UE로 전달되는 다운링크 채널은 $G_{ll} = [g_{ll,1}, \dots, g_{ll,2}, \dots, g_{ll,M_S}] \in \mathbb{C}^{N_R \times M_S}$ 이고, 여기서, $g_{ll,m}$ 는 다운채널 G_{ll} 의 $\forall m=1, \dots, M_S$ 행렬의 m 번째 열이고, $G_l = [G_{l,1}, \dots, G_{ll}, \dots, G_{l,K}, \dots, G_{l,K}] \in \mathbb{C}^{N_R \times KM_S}$ 이고, $\forall k' \neq l$ 또한, 업링크 채널 H_l 와 다운링크 채널 G_{ll} 는 $H_l = \bar{H}_l \dot{D}_l^{\frac{1}{2}}$ 이고, $G_{ll} = \bar{G}_{ll} \ddot{D}_{ll}^{\frac{1}{2}}$ 이며,

- $\bar{\mathbf{H}}_l$ 및 $\bar{\mathbf{G}}_{ll}$ 은 작은 스케일 페이딩 행렬이다. $\dot{\mathbf{D}}_l = \text{diag}\{\beta_{l,1}, \dots, \beta_{l,N_s}\}$ 및 $\ddot{\mathbf{D}}_l = \text{diag}\{\beta_{ll,1}, \dots, \beta_{ll,M_s}\}$ 은 라지 스케일 페이딩 계수의 대각 행렬이다.
- [27] 각 간섭 주기 T 의 타임슬롯 동안의 지연 시간 τ_p 에 대한 업링크 훈련을 통해 채널을 추정할 수 있다. 즉, $T - \tau_p$ 는 데이터 전송을 위해 사용된다.
- [28] 또한 모든 K 개의 유저 단말 UE는 기지국 BS로 파일럿 심볼을 전송하고 기지국 BS는 각 유저 단말로 파일럿을 전달한다. 여기서, 채널은 선형 MMSE(Minimum Mean Square Error)기반으로 추정된다. 이에 실측 업링크 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 와 다운링크 채널 $\mathbf{G}_l$ 는 각각은 $\mathbf{H} = \hat{\mathbf{H}} + \tilde{\mathbf{H}}$ 와 $\mathbf{G}_l = \hat{\mathbf{G}}_l + \tilde{\mathbf{G}}_l$ 으로 분해된다.
- [29] 여기서, $\hat{\mathbf{H}} = [\hat{\mathbf{H}}_1, \hat{\mathbf{H}}_2, \dots, \hat{\mathbf{H}}_K] \in \mathbb{C}^{M_R \times KN_s}$ 및 $\tilde{\mathbf{H}} = [\tilde{\mathbf{H}}_1, \tilde{\mathbf{H}}_2, \dots, \tilde{\mathbf{H}}_K] \in \mathbb{C}^{M_R \times KN_s}$ 각각은 l 번째 유저 단말 UE로부터 기지국 BS의 추정 채널 행렬이고 추정 에러 행렬이다. 또한 $\hat{\mathbf{G}}_l \in \mathbb{C}^{N_R \times KM_s}$ 및 $\tilde{\mathbf{G}}_l \in \mathbb{C}^{N_R \times KM_s}$ 각각은 기지국 BS에서 l 번째 유저 단말 UE의 다운링크의 추정 행렬 및 추정 에러 행렬이다. 여기서, 각 추정 채널 행렬과 추정 에러 행렬 간의 상호 독립적이다.
- [30] 또한, $\mathbf{h}_{l,n}$ 과 $\mathbf{g}_{ll,m}$ 각각은 $\mathbf{h}_{l,n} = \hat{\mathbf{h}}_{l,n} + \tilde{\mathbf{h}}_{l,n}$ 와 $\mathbf{g}_{ll,m} = \hat{\mathbf{g}}_{ll,m} + \tilde{\mathbf{g}}_{ll,m}$ 이고, 여기서, $\hat{\mathbf{h}}_{l,n} \sim \mathcal{CN}(\mathbf{0}, \hat{\beta}_{l,n}^2 \mathbf{I}_{M_R})$ 및 $\tilde{\mathbf{h}}_{l,n} \sim \mathcal{CN}(\mathbf{0}, \tilde{\beta}_{l,n}^2 \mathbf{I}_{M_R})$ 각각은 업링크의 추정 채널 행렬 $\hat{\mathbf{H}}_l$ 및 추정 에러 행렬 $\tilde{\mathbf{H}}_l$ 의 n 번째 열이며, 추정 채널 행렬 $\hat{\mathbf{H}}_l$ 및 추정 에러 행렬 $\tilde{\mathbf{H}}_l$ 은 업링크의 추정 채널 행렬 $\hat{\mathbf{H}}$ 및 추정 에러 행렬 $\tilde{\mathbf{H}}$ 의 l 번째 열이다.
- [31] 또한 $\hat{\mathbf{g}}_{ll,m} \sim \mathcal{CN}(\mathbf{0}, \hat{\beta}_{ll,m}^2 \mathbf{I}_{N_R})$ 및 $\tilde{\mathbf{g}}_{ll,m} \sim \mathcal{CN}(\mathbf{0}, \tilde{\beta}_{ll,m}^2 \mathbf{I}_{N_R})$ 각각은 다운링크의 l 번째 유저 단말 UE의 추정 채널 행렬 $\hat{\mathbf{G}}_{ll}$ 및 추정 에러 행렬 $\tilde{\mathbf{g}}_{ll,m}$ 의 m 번째 열이다.
- [32] 분산 $\hat{\beta}_{l,n}^2$ 및 $\hat{\beta}_{ll,m}^2$ 각각은 업링크의 추정 채널 행렬 $\hat{\mathbf{h}}_{l,n}$ 의 분산 및 다운링크의 추정 채널 행렬 $\hat{\mathbf{g}}_{ll,m}$ 의 분산으로,
- $$\hat{\beta}_{l,n}^2 \triangleq \frac{p_p \tau_p \beta_{l,n}^2}{\tau_p p_p \beta_{l,n} + 1}$$

및 $\hat{\beta}_{ll,m}^2 \triangleq \frac{p_p \tau_p \beta_{ll,m}^2}{\tau_p p_p \beta_{ll,m} + 1}$ 으로 정의된다. 이에 업링크의 추정 채널

행렬 $\hat{\mathbf{h}}_{l,n}$ 의 분산 및 다운링크의 추정 채널 행렬 $\tilde{\mathbf{g}}_{ll,m}$ 의 분산은 각각

$$\tilde{\beta}_{l,n}^2 \triangleq \beta_{l,n} - \hat{\beta}_{l,n}^2 \quad \text{및} \quad \tilde{\beta}_{ll,m}^2 \triangleq \beta_{ll,m} - \hat{\beta}_{ll,m}^2 \quad \text{이다.}$$

[33] 한편, 모든 유저 단말 UE의 전송신호는

$$\mathbf{x}^s = [(\mathbf{x}_1^s)^T, (\mathbf{x}_2^s)^T, \dots, (\mathbf{x}_K^s)^T]^T \in \mathbb{C}^{KN_s} \text{ 이고,}$$

$$\mathbf{x}_l^s = [x_{l,1}^s, x_{l,2}^s, \dots, x_{l,N_s}^s] \in \mathbb{C}^{N_s} \text{ 으로 하고, 기지국 BS의 전}$$

$$\text{송신호는 } \mathbf{x}^b = [(\mathbf{x}_1^b)^T, (\mathbf{x}_2^b)^T, \dots, (\mathbf{x}_K^b)^T]^T \in \mathbb{C}^{KM_s} \text{ 이고,}$$

$$\mathbf{x}_l^b = [x_{l,1}^b, x_{l,2}^b, \dots, x_{l,M_s}^b] \text{ 으로 정의한다.}$$

[34] 이에 업링크의 전송신호 $\mathbf{x}^s$ 는 유저 단말 UE에서 기지국 BS로 전송되고,

다운링크의 전송신호 $\mathbf{x}^b$ 는 기지국 BS에서 각 유저 단말 UE에 전송된다. 이

때 기지국 BS의 수신신호 $\mathbf{y}^b \in \mathbb{C}^{KN_s}$ 및 l 번째 유저 단말 UE의 수신신호

$\mathbf{y}_l^s \in \mathbb{C}^{M_s}$ 는 각각 하기 식 1 및 식 2로 정의된다.

[35] [식 1]

$$[36] \quad \mathbf{y}^b = \sqrt{p^s} \mathbf{W}^b \mathbf{H} \mathbf{x}^s + \sqrt{p^b} \mathbf{W}^b \mathbf{L}^b \mathbf{x}^b + \mathbf{W}^b \mathbf{n}^b$$

[37] [식 2]

$$[38] \quad \mathbf{y}_l^s = \mathbf{W}_l^s \left[\sqrt{p^b} \mathbf{G}_{ll} \mathbf{x}_l^b + \sqrt{p^s} \sum_{k' \neq l}^K \mathbf{G}_{lk'} \mathbf{x}_{k'}^s + \sqrt{p^s} \mathbf{C}_{ll}^s \mathbf{x}_l^s \right. \\ \left. + \sqrt{p^s} \sum_{k' \neq l}^K \mathbf{C}_{lk'}^s \mathbf{x}_{k'}^s + \mathbf{n}_l^s \right]$$

[39] 여기서, $\mathbf{W}^b \in \mathbb{C}^{KN_s \times M_R}$ 및 $\mathbf{W}_l^s \in \mathbb{C}^{M_s \times N_R}$ 각각은 기지국 BS의 수신 필터이고 p^s 및 p^b 는 유저 단말 UE 및 기지국 BS 각각의 전송 전력이다. 또한 $\mathbf{n}_l^s \in \mathbb{C}^{N_R}$ 및 $\mathbf{n}^b \in \mathbb{C}^{M_R}$ 각각은 l 번째 유저 단말 UE 및 기지국 BS 각각의 노이즈 벡터이다. 또한 $\mathbf{x}^s$, $\mathbf{x}^b$, $\mathbf{n}^b$, 및 $\mathbf{n}_l^s$ 각각은 복소수 가우시안 분포 $\mathcal{CN}(0, 1)$ 에 의거 분산되고 $\mathbf{L}^b \in \mathbb{C}^{M_R \times KM_s}$ 및 $\mathbf{C}_{ll}^s \in \mathbb{C}^{N_R \times N_s}$ 은 기지국 BS와 l 번째 유저 단말 UE의 RSI(Residual Self Interference) 채널 행렬

이며 각 RSI 채널 행렬 원소는 독립항등분포 $\mathcal{CN}(0, \sigma_m^2)$ 및 $\mathcal{CN}(0, \sigma_{ll}^2)$ 으로 나타낼 수 있다. 여기서, σ_m^2 및 σ_{ll}^2 각각은 SI 레벨로 전송 안테나 어레이와 수신 안테나 어리에 간의 거리 및 채널레이션 기법에 대해 종속된다. 또한, $\mathbf{C}_{lk'}^s \in \mathbb{C}^{N_R \times (K-1)N_S}$ 는 유저 단말 UE와 유저 단말 UE 간의 간섭 채널이고, 유저 단말 UE와 유저 단말 UE 간의 간섭 채널 $\mathbf{C}_{lk'}^s$ 은 독립항등분포 $\mathcal{CN}(0, \sigma_{lk'}^2)$ 랜덤 변수로 모델링된다.

[40] 한편, 기지국 BS의 수신 필터 $\mathbf{w}^b \in \mathbb{C}^{KN_S \times M_R}$ 및 l 번째 유저 단말 UE의 수신 필터 $\mathbf{w}_l^s \in \mathbb{C}^{M_S \times N_R}$ 각각은 하기 식 3 및 식 4로 나타낼 수 있다.

[41] [식 3]

$$[42] \quad \mathbf{W}^b = \begin{cases} (\hat{\mathbf{H}}^H \hat{\mathbf{H}})^{-1} \hat{\mathbf{H}}^H, & \text{for ZF-D} \\ \hat{\mathbf{H}}^H, & \text{for MRC} \end{cases}$$

[43] [식 4]

$$[44] \quad \mathbf{W}_l^s = \begin{cases} [(\hat{\mathbf{G}}_l^H \hat{\mathbf{G}}_l)^{-1} \hat{\mathbf{G}}_l^H]_j, & \text{for ZF-D} \\ \hat{\mathbf{G}}_{ll}^H, & \text{for MRC} \end{cases}$$

[45] 여기서, j 는 $[(l-1)M_S + 1 : lM_S]$ 행을 나타낸다.

[46] 이에 기지국 BS에서 수신신호 $y_{l,n}^b$ 는 평균 이득(Gain)과 심볼(signal)의 곱과 상관 관계가 없는 유효 잡음(effective noise)의 합으로 도출되며, 도출된 기지국 BS의 수신신호 $y_{l,n}^b$ 과 유효 잡음 n 은 하기 식 5 및 식 6으로 각각 나타낼 수 있다.

[47] [식 5]

$$[48] \quad y_{l,n}^b = \underbrace{\sqrt{p^s} \mathbb{E}\{\mathbf{w}_{l,n}^b \mathbf{h}_{l,n}\} x_{l,n}^s}_{\text{desired signal}} + \underbrace{\hat{n}_n^b}_{\text{effective noise}}$$

[49] [식 6]

$$\begin{aligned}
[50] \quad \hat{n}^b &\triangleq \underbrace{\sqrt{p^s} (\mathbf{w}_{l,n}^b \mathbf{h}_{l,n} - \mathbb{E}\{\mathbf{w}_{l,n}^b \mathbf{h}_{l,n}\})}_{\text{Gain error}} x_{l,n}^s \\
&+ \underbrace{\sqrt{p^s} \sum_{n' \neq n}^{N_S} \mathbf{w}_{l,n}^b \mathbf{h}_{l,n'} x_{l,n'}^s}_{\text{Multi-stream interference from the } l\text{-th UE}} + \underbrace{\sqrt{p^b} \mathbf{w}_{l,n}^b \mathbf{L}^b \mathbf{x}^b}_{\text{BS SI}} \\
&+ \underbrace{\sqrt{p^s} \sum_{k' \neq l}^K \sum_{n'=1}^{N_S} \mathbf{w}_{l,n}^b \mathbf{h}_{k',n'} x_{k',n'}^s}_{\text{Multi-UE Interference}} + \underbrace{\mathbf{w}_{l,n}^b \mathbf{n}^b}_{\text{Noise at the BS}},
\end{aligned}$$

[51] 여기서 $\mathbf{w}_{l,n}^b \in \mathbb{C}^{M_R}$ 는 기지국 BS의 수신 필터 $\mathbf{W}^b$ 의 $[(l-1)N_S + n]$ 번째 행이다.

[52] l 번째 유저 단말 UE에 대한 기지국 BS의 m 번째 스트림과 유효 잡음은 하기 식 7 및 식 8로 나타낼 수 있다.

[53] [식 7]

$$[54] \quad y_{l,m}^s = \underbrace{\sqrt{p^b} \mathbb{E}\{\mathbf{w}_{l,m}^s \mathbf{g}_{ll,m}\} x_{l,m}^b}_{\text{desired signal}} + \underbrace{\hat{n}_l^s}_{\text{effective noise}}$$

[55] [식 8]

$$\begin{aligned}
[56] \quad \hat{n}_l^s &\triangleq \underbrace{\sqrt{p^b} (\mathbf{w}_{l,m}^s \mathbf{g}_{ll,m} - \mathbb{E}\{\mathbf{w}_{l,m}^s \mathbf{g}_{ll,m}\})}_{\text{Gain error}} x_{l,m}^b \\
&+ \underbrace{\sqrt{p^b} \sum_{m' \neq m}^{M_S} \mathbf{w}_{l,m}^s \mathbf{g}_{ll,m'} x_{l,m'}^b}_{\text{Multi-stream interference at BS}} + \underbrace{\mathbf{w}_{l,m}^s \mathbf{n}_l^s}_{\text{Noise at } l\text{-th UE}} \\
&+ \underbrace{\sqrt{p^b} \sum_{k' \neq l}^K \sum_{m'=1}^{M_S} \mathbf{w}_{l,m}^s \mathbf{g}_{lk',m'} x_{k',m'}^b}_{\text{Interference from other BS antennas}} \\
&+ \underbrace{\sqrt{p^s} \mathbf{w}_{l,m}^s \mathbf{C}_{ll}^s \mathbf{x}_l^s}_{l\text{-th UE SI}} + \underbrace{\sqrt{p^s} \sum_{k' \neq l}^K \mathbf{w}_{l,m}^s \mathbf{C}_{lk'}^s \mathbf{x}_{k'}^s}_{\text{UE-to-UE interference}},
\end{aligned}$$

[57] 여기서 $\mathbf{w}_{l,m}^s \in \mathbb{C}^{N_R}$ 는 l 번째 유저 단말 UE의 수신 필터 $\mathbf{W}_l^s$ 의 m 번째 행이고 $\mathbf{g}_{lk',m'}$ 는 채널 행렬 $\mathbf{G}_{lk'}$, $\forall m' = 1, \dots, M_S$ 의 m' 번째 열이다.

[58] 식 5를 참조하면, 기지국 BS에서 수신된 l 번째 유저 단말 UE의 n 번째 스트림에 대한 달성 가능한 레이트(achievable rate)는 하기 식 9로 나타낼 수 있다.

[59] [식 9]

$$[60] \quad R_{l,n}^{b,i} = \log_2 \left(1 + \frac{A_{l,n}^b}{B_{l,n}^b + C_{l,n}^b + D_{l,n}^b + E_{l,n}^b + F_{l,n}^b} \right)$$

[61] 여기서, 신호 전력은 $A_{l,n}^b = p^s |\mathbb{E}\{\mathbf{w}_{l,n}^b \mathbf{h}_{l,n}\}|^2$ 이고, 이득에
 러는 $B_{l,n}^b = p^s \text{Var}(\mathbf{w}_{l,n}^b \mathbf{h}_{l,n})$ 이며, l 번째 유저 단말 UE으로
 부터 멀티 스트림 간섭은 $C_{l,n}^b = p^s \sum_{n' \neq n}^{N_S} \mathbb{E}\{|\mathbf{w}_{l,n}^b \mathbf{h}_{l,n'}|^2\}$ 이고, 유
 저 단말 간의 간섭은 $D_{l,n}^b = p^s \sum_{k' \neq l}^K \sum_{n'=1}^{N_S} \mathbb{E}\{|\mathbf{w}_{l,n}^b \mathbf{h}_{k',n'}|^2\}$ 이
 며, 자체 간섭은 $E_{l,n}^b = p^b \mathbb{E}\{|\mathbf{w}_{l,n}^b \mathbf{L}^b|^2\}$ 이고, 기지국 BS의 잡음은
 $F_{l,n}^b = \mathbb{E}\{|\mathbf{w}_{l,n}^b \mathbf{n}^b|^2\}$ 이다. 여기서 $i \in \{\text{MRC}, \text{ZF-D}\}$ 이다.

[62] 또한 기지국 BS의 m 번째 데이터 스트림의 달성 가능한 다운링크 레이트는 하
 기 식 10으로 나타낼 수 있다.

[63] [식 10]

$$[64] \quad R_{l,m}^{s,i} = \log_2 \left(1 + \frac{A_{l,m}^s}{B_{l,m}^s + C_{l,m}^s + D_{l,m}^s + E_{l,m}^s} \right)$$

[65] 여기서, 신호의 전력은 $A_{l,m}^s = p^b |\mathbb{E}\{\mathbf{w}_{l,m}^s \mathbf{g}_{ll,m}\}|^2$ 이고, 이득에
 러는 $B_{l,m}^s = p^b \text{Var}(\mathbf{w}_{l,m}^s \mathbf{g}_{ll,m})$ 이며, 기지국 BS 멀티 스트림 간섭은
 $C_{l,m}^s = p^b \sum_{m' \neq m}^{M_S} \mathbb{E}\{|\mathbf{w}_{l,m}^s \mathbf{g}_{ll,m'}|^2\}$ 이고, 다른 BS 안테나로부
 터의 간섭은 $D_{l,m}^s = p^b \sum_{k' \neq l}^K \sum_{m'=1}^{M_S} \mathbb{E}\{|\mathbf{w}_{l,m}^s \mathbf{g}_{lk',m'}|^2\}$ 이

며, l 번째 유저 단말 UE의 자체 간섭 SI, 유저 단말 UE 간의 간섭 및 l 번째 유저 단말에서의 잡음의 합은

$$E_{l,m}^s = p^s \mathbb{E}\{|\mathbf{w}_{l,m}^s \mathbf{C}_{ll}^s|^2\} + p^s \sum_{k' \neq l}^K \mathbb{E}\{|\mathbf{w}_{l,m}^s \mathbf{C}_{lk'}^s|^2\} + \mathbb{E}\{|\mathbf{w}_{l,m}^s \mathbf{n}_l^s|^2\} \text{ 이다.}$$

- [66] 식 9의 달성 가능한 업링크 레이트의 해는 제로 포커싱 검출 기법 ZF-D 및 최대 비율 결합 기법 MRC으로 도출될 수 있다.
- [67] 즉, 전이중 대규모 MIMO 시스템에서, 제로 포커싱 검출 기법 ZF-D을 통해 도출된 기지국 BS에서 l 번째 유저 단말 UE의 n 번째 스트림에 대한 달성 가능한 업링크 레이트 $R_{l,n}^{b,i}$ 와 l 번째 유저 단말 UE에 대해 기지국의 m 번째 스트림에 대한 달성 가능한 다운링크 레이트 $R_{l,m}^{s,i}$ 각각은 하기 식 11 및 식 12로 도출될 수 있다.

[68] [식 11]

$$R_{l,n}^{b,i} = \log_2 \left(1 + \frac{p^s (M_R - K N_S) \hat{\beta}_{l,n}^2}{p^s \sum_{k'=1}^K \sum_{n'=1}^{N_S} \tilde{\beta}_{k',n'}^2 + \zeta + 1} \right)$$

[70] [식 12]

$$R_{l,m}^{s,i} = \log_2 \left(1 + \frac{p^b (N_R - K M_S) \hat{\beta}_{ll,m}^2}{p^b \sum_{k'=1}^K \sum_{m'=1}^{M_S} \tilde{\beta}_{lk',m'}^2 + \Psi + 1} \right)$$

[72] 여기서, $\Psi = p^s (\sigma_{ll}^2 + \sum_{k' \neq l}^K \sigma_{lk'}^2) N_S$ 이고 $\zeta = p^b \sigma_m^2 K M_S$ 이다.

[73] 또한, 전이중(FD) 대규모 MIMO 시스템에서, 최대 비율 결합 기법 MRC을 통해 도출된 기지국 BS에서 l 번째 유저 단말 UE의 n 번째 스트림에 대한 달성 가능한 업링크 레이트 $R_{l,n}^{b,i}$ 와 l 번째 유저 단말 UE에 대해 기지국의 m 번째 스트림에 대한 달성 가능한 다운링크 레이트 $R_{l,m}^{s,i}$ 각각은 하기 식 13 및 식 14로 도출될 수 있다.

[74] [식 13]

$$R_{l,n}^{b,i} = \log_2 \left(1 + \frac{p^s M_R \hat{\beta}_{l,n}^2}{p^s \sum_{k'=1}^K \sum_{n'=1}^{N_S} \beta_{k',n'} + \zeta + 1} \right)$$

[76] [식 14]

[77]

$$R_{l,m}^{s,i} = \log_2 \left(1 + \frac{p^b N_R \hat{\beta}_{ll,m}^2}{p^b \sum_{k'=1}^K \sum_{m'=1}^{M_S} \beta_{lk',m'} + \Psi + 1} \right)$$

[78] 이때 단일 잡음 전력 가정하에서 신호 잡음 비 SNR은

$SNR \triangleq p^s = p^b \rightarrow \infty$ 이므로, 제로 포커싱 검출 기법 ZF-D을 통해 도출된

달성 가능한 업링크 레이트 및 다운링크 레이트와 최대 비율 결합 기법 MRC을 통해 달성 가능한 업링크 레이트 및 다운링크 레이트 각각은 하기 식 15 내지 식 18로 정리될 수 있다.

[79] [식 15]

[80]

$$\tilde{R}_{l,n}^{b,i} = \log_2 \left(1 + \frac{(M_R - K N_S) \hat{\beta}_{l,n}^2}{\sum_{k'=1}^K \sum_{n'=1}^{N_S} \tilde{\beta}_{k',n'}^2 + \sigma_m^2 K M_S} \right)$$

[81] [식 16]

[82]

$$\tilde{R}_{l,m}^{s,i} = \log_2 \left(1 + \frac{(N_R - K M_S) \hat{\beta}_{ll,m}^2}{\sum_{k'=1}^K \sum_{m'=1}^{M_S} \tilde{\beta}_{lk',m'}^2 + (\sigma_{ll}^2 + \sum_{k' \neq l}^K \sigma_{lk'}^2) N_S} \right)$$

[83] [식 17]

[84]

$$\tilde{R}_{l,n}^{b,i} = \log_2 \left(1 + \frac{M_R \hat{\beta}_{l,n}^2}{\sum_{k'=1}^K \sum_{n'=1}^{N_S} \beta_{k',n'} + \sigma_m^2 K M_S} \right)$$

[85] [식 18]

[86]

$$\tilde{R}_{l,m}^{s,i} = \log_2 \left(1 + \frac{N_R \hat{\beta}_{ll,m}^2}{\sum_{k'=1}^K \sum_{m'=1}^{M_S} \beta_{lk',m'} + \sigma_{ll}^2 N_S + \sum_{k' \neq l}^K \sigma_{lk'}^2 N_S} \right)$$

[87] 여기서 전송 및 간섭 전력은 신호대 잡음비 SNR과 동시에 증가되므로 전송 전력이 증가된 스펙트럴 효율이 향상되지 아니한다.

[88] 이에 스펙트럴 효율 $SE = \frac{T - \tau_p}{T} R^i$ 인 경우 최대 비율 결합 기법 MRC 및 제로

포커싱 검출 기법 ZF-D을 사용하여 도출된 전이중(FD) 대규모 MIMO 시스템의 스펙트럴 효율 SE 합은 하기 식 19로 나타낼 수 있다.

[89] [식 19]

[90]

$$R^i = \sum_{l=1}^K \left(\sum_{n=1}^{N_S} R_{l,n}^{b,i} + \sum_{m=1}^{M_S} R_{l,m}^{s,i} \right)$$

- [91] 그리고, 스펙트랄 효율 합이 최대로 최적화된 스트림 수는 GSS(goldensection search) 알고리즘을 통해 탐색된다. 여기서, GSS는 반복 횟수를 최소화하면서 SE 수렴 속도를 향상되는 알고리즘이다.
- [92] 도 2는 도 1의 GSS 알고리즘으로 스펙트랄 효율 합이 최대로 최적화된 스트림 수를 탐색하는 과정을 보인 도면으로서, 도 2를 참조하면 단계 1은 상기 스트림 수를 초기화한 다음 단계 3은 스펙트랄 효율 합을 연산한다.
- [93] 그리고 일 실시예는 단계 4에 의거 간섭 주기 T의 타임슬롯 동안의 지연 τ_p 을 갱신하거나 스펙트랄효율의 합이 최대로 최적화된 최적 스트림 수를 갱신하고 상기 최적 스트림 수가 선행문헌 1에 수렴비에 도달할 때까지 단계 3부터 반복 탐색한다.
- [94] 이에 일 실시예는 제로 포커싱 검출 ZF_D 기법 및 최대 비율 결합 MRC 기법으로 도출된 달성가능한 업링크 레이트와 달성가능한 다운링크 레이트의 합으로 도출되는 스펙트랄 효율 SE 합이 최대인 스트림의 수를 기 정해진 GSS 기법으로 탐색함에 따라, 전이중(FD) 대규모 MIMO 시스템의 합계 스펙트랄 효율 SE을 향상시킬 수 있고, 시스템의 성능을 근본적으로 향상시킬 수 있다.
- [95] 이해의 편의를 위하여, 프로세서는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 제어부는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [96] 여기서, 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction) 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다.
- [97] 소프트웨어 및/또는 정보, 신호 및 데이터는, 제어부에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체또는 장치, 또는 전송되는 신호파(signal wave)에 영구적으로 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다.
- [98] 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [99] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여

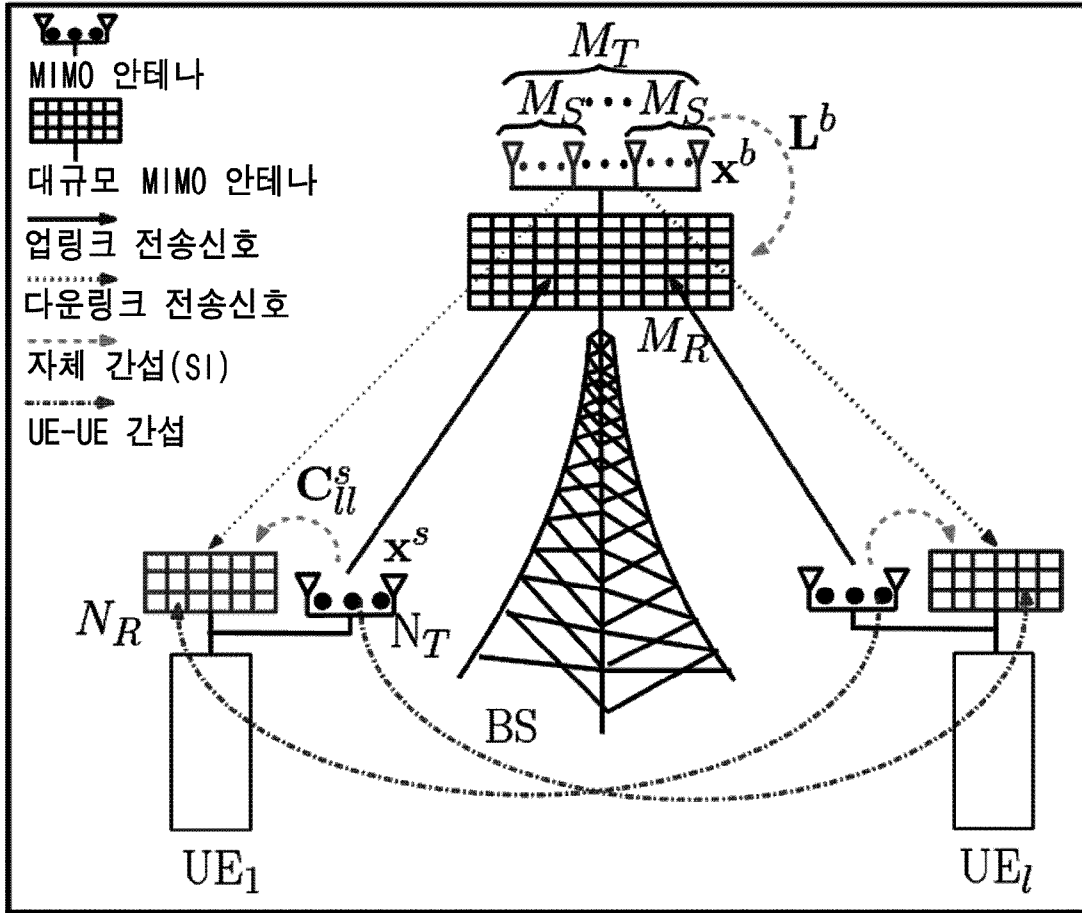
특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

- [100] 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다.
- [101] 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.
- [102] 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [103] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [104] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 청구범위뿐 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

청구범위

- [청구항 1] 다수의 어레이로 구비된 전송 안테나의 전이중(FD: Full Duplex) 기지국 BS; 및 다수의 어레이로 수신 안테나로 구비되어 상기 FD BS과의 상호 통신하는 적어도 하나의 전이중 유저 단말 UE를 포함하는 mMIMO 시스템의 통신 방법에 있어서,
 기지국 BS에서 수신된 j 번째 FD UE의 수신신호의 n 번째 스트림에 대한 달성 가능한 업링크 레이트와 j 번째 유저 단말 UE에서 수신된 상기 기지국 BS의 m 번째 데이터 스트림의 달성가능한 다운링크 레이트를 제로 포커싱 검출 ZF_D 기법과 최대 비율 결합 MRC 기법을 기반으로 각각 도출하는 단계;
 제로 포커싱 검출 ZF_D 기법 또는 최대 비율 결합 MRC 기법으로 도출된 각각의 달성가능한 업링크 레이트와 달성가능한 다운링크 레이트의 합으로 합계 스펙트럴 효율 SE를 도출하는 단계; 및
 기 정해진 GSS(Golden Section Search)기법으로 도출된 합계 스펙트럴 효율 SE가 최대인 스트림의 수를 최소 반복 횟수로 탐색하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 대규모 MIMO 통신 시스템의 다중 스트림 전송 방법.

[도1]



[도2]

Algorithm 1 최적화된 스트림 수/파일럿 길이 탐색 알고리즘

- 1: Initialize the number of streams
 - 2: **repeat**
 - 3: Calculate the sum SE
 - 4: Update τ_p or streams³ with a line search algorithm
 - 5: **until** Convergence
-

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2023/019613

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/0413(2017.01)i; **H04B 7/06**(2006.01)i; **H04B 7/08**(2006.01)i; **H04B 7/0404**(2017.01)i; **H04L 5/14**(2006.01)i;
H04L 25/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B 7/0413(2017.01); H04B 17/391(2015.01); H04L 5/14(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above
 Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 전이중 기지국(full duplex base station), 전이중 유저 단말(full duplex user equipment), mMIMO(massive MIMO), 합계 스펙트럴 효율(sum spectral efficiency), GSS(golden section search), 스트림 수(number of streams)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	LIU, Juan et al. Achievable Rates for Full-Duplex Massive MIMO Systems Over Rician Fading Channels. IEEE Access. Volume: 6, 26 June 2018. See sections II-IV.B; and figure 1.	1
A	DA SILVA, Jose Mairton B., Jr. et al. Fast-Lipschitz Power Control and User-Frequency Assignment in Full-Duplex Cellular Networks. IEEE Transactions on Wireless Communications. Volume: 16, Issue: 10, 21 July 2017. See sections III.A-V.A.	1
A	ANTWI-BOASIAKO, Bridget D. et al. On the Performance of Massive MIMO Full-Duplex Relaying With Low-Resolution ADCs. IEEE Communications Letters. Volume: 26, Issue: 6, 04 April 2022. See sections I-IV.	1
A	KIM, Tae Min et al. Distributed Sum-Rate Optimization for Full-Duplex MIMO System Under Limited Dynamic Range. IEEE Signal Processing Letters. Volume: 20, Issue: 6, 25 February 2013. See sections II-III.B.	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 March 2024

Date of mailing of the international search report

27 March 2024

Name and mailing address of the ISA/KR

**Korean Intellectual Property Office
 Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208**

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2023/019613

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 114024640 A (XI'AN UNIVERSITY OF POSTS & TELECOMMUNICATIONS) 08 February 2022 (2022-02-08) See claim 1.	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2023/019613

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	114024640	A	08 February 2022	CN	114024640	B	29 August 2023

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H04B 7/0413(2017.01)i; H04B 7/06(2006.01)i; H04B 7/08(2006.01)i; H04B 7/0404(2017.01)i; H04L 5/14(2006.01)i; H04L 25/02(2006.01)i		
B. 조사된 분야		
조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H04B 7/0413(2017.01); H04B 17/391(2015.01); H04L 5/14(2006.01)		
조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC		
국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 전이중 기지국(full duplex base station), 전이중 유저 단말(full duplex user equipment), mMIMO(massive MIMO), 합계 스펙트럴 효율(sum spectral efficiency), GSS(golden section search), 스트림 수(number of streams)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	JUAN LIU 등, 'Achievable Rates for Full-Duplex Massive MIMO Systems Over Rician Fading Channels', IEEE Access, Volume: 6, 2018.06.26 섹션 II-IV.B; 및 도면 1	1
A	JOSE MAIRTON B. DA SILVA JR 등, 'Fast-Lipschitz Power Control and User-Frequency Assignment in Full-Duplex Cellular Networks', IEEE Transactions on Wireless Communications, Volume: 16, Issue: 10, 2017.07.21 섹션 III.A-V.A	1
A	BRIDGET D. ANTWI-BOASIAKO 등, 'On the Performance of Massive MIMO Full-Duplex Relaying With Low-Resolution ADCs', IEEE Communications Letters, Volume: 26, Issue: 6, 2022.04.04 섹션 I-IV	1
A	TAE MIN KIM 등, 'Distributed Sum-Rate Optimization for Full-Duplex MIMO System Under Limited Dynamic Range', IEEE Signal Processing Letters, Volume: 20 Issue: 6, 2013.02.25 섹션 II-III.B	1
A	CN 114024640 A (XI'AN UNIVERSITY OF POSTS & TELECOMMUNICATIONS) 2022.02.08 청구항 1	1
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2024년03월27일(27.03.2024)		국제조사보고서 발송일 2024년03월27일(27.03.2024)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 고재용 전화번호 +82-42-481-8131

