



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년10월05일  
(11) 등록번호 10-2308538  
(24) 등록일자 2021년09월28일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04B 7/0452 (2017.01) H04B 17/318 (2014.01)  
H04B 7/0426 (2017.01) H04B 7/0456 (2017.01)  
H04J 99/00 (2009.01) H04L 1/00 (2006.01)  
H04L 25/03 (2006.01) H04W 40/12 (2009.01)
- (52) CPC특허분류  
H04B 7/0452 (2013.01)  
H04B 17/318 (2015.01)
- (21) 출원번호 10-2020-0094144
- (22) 출원일자 2020년07월29일  
심사청구일자 2020년07월29일
- (56) 선행기술조사문헌  
KR101530856 B1\*  
KR1020130097117 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
세종대학교 산학협력단  
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
- (72) 발명자  
송형규  
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17, 320동 303호(서현동, 시범단지한양아파트)  
황현선  
인천광역시 연수구 앵고개로104번길 22, 703동 601호(동춘동, 송도파크자이)  
노재현  
서울특별시 송파구 동남로13길 44-22, 301호(가락동)
- (74) 대리인  
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 전용혜

(54) 발명의 명칭 NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템 및 연산 복잡도 저감 방법

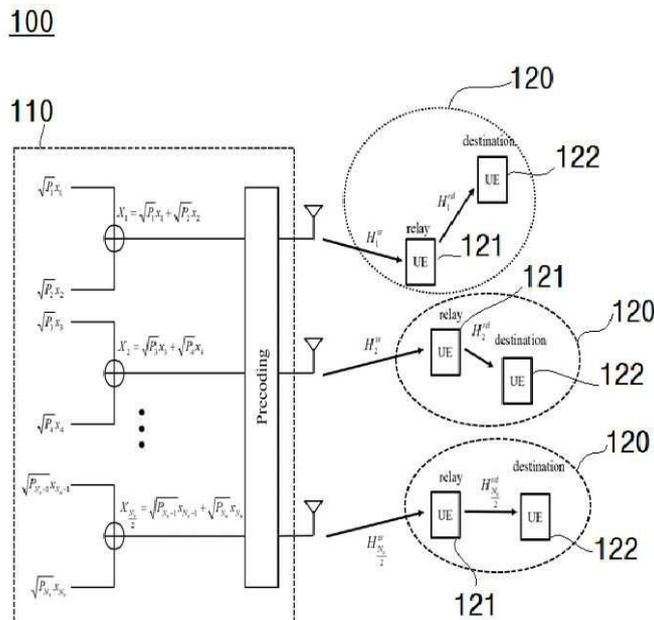
(57) 요약

본 발명은 NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템 및 연산 복잡도 저감 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템의 연산 복잡도 저감 방법에 있어서, 기지국은 복수의 단말들로부터 측정된 각각의 수신신호강도를 피드백받는 단계, 상기 복수의 단말에 대하여 2개의 단말씩

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



그룹화하고, 상기 2개의 단말 중에서 수신신호강도가 작은 단말을 중계 단말로 선택하고, 수신신호강도가 큰 단말을 목적 단말로 선택하는 단계, 상기 그룹핑된 2개의 단말에 전송되는 각각의 송신 신호 벡터에 대하여 상기 2개 단말 각각의 수신신호강도에 따라 전력 성분을 각각 분배하는 단계, 상기 각각 전력 성분이 분배된 송신 신호 벡터를 합산하여 선형 결합 신호를 생성하는 단계, 상기 선형 결합 신호에 RBD 프리코딩 기법을 이용하여 상기 2개의 단말 사이의 간섭을 제거하는 단계, 그리고 상기 중계 단말로 상기 선형 결합 신호를 전송하는 단계를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, RBD 프리코딩 기법과 NOMA 기법을 활용하여 데이터 스트림의 수를 줄임으로써 송신기 하드웨어의 복잡도를 줄일 수 있다.

(52) CPC특허분류

*H04B 7/0426* (2013.01)

*H04B 7/0456* (2013.01)

*H04J 15/00* (2013.01)

*H04L 1/0048* (2013.01)

*H04L 25/03343* (2013.01)

*H04W 40/12* (2013.01)

*H04L 2001/0097* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711102996
과제번호	2017-0-00217-004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	방송통신산업기술개발(R&D)
연구과제명	투명도와 레이어 가변형 실감 사이니지 기술 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	서울과학기술대학교산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

공지예외적용 : 있음

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템의 연산 복잡도 저감 방법에 있어서,  
 기지국은 복수의 단말들로부터 측정된 각각의 수신신호강도를 피드백받는 단계,  
 상기 복수의 단말에 대하여 2개의 단말씩 그룹화하고, 상기 2개의 단말 중에서 수신신호강도가 작은 단말을 중  
 계 단말로 선택하고, 수신신호강도가 큰 단말을 목적 단말로 선택하는 단계,  
 상기 그룹화된 2개의 단말에 전송되는 각각의 송신 신호 벡터에 대하여 상기 2개 단말 각각의 수신신호강도에  
 따라 전력 성분을 각각 분배하는 단계,  
 상기 각각 전력 성분이 분배된 송신 신호 벡터를 합산하여 선형 결합 신호를 생성하는 단계,  
 상기 선형 결합 신호에 RBD 프리코딩 기법을 이용하여 상기 2개의 단말 사이의 간섭을 제거하는 단계, 그리고  
 상기 중계 단말로 상기 선형 결합 신호를 전송하는 단계를 포함하며,  
 상기 전력 성분을 각각 분배하는 단계에서,  
 아래의 수학적식과 같이 상기 복수의 단말에 분배되는 전력 성분의 합은 1인 연산 복잡도 저감 방법:

$$\sum_{t=1}^{N_u} (\sqrt{P_t})^2 = 1$$

여기서,  $N_u$ 는 상기 복수의 단말의 총 개수이며,  $\sqrt{P_t}$ 는 t번째 단말에 분배되는 전력 성분을 나타낸다.

**청구항 2**

제1항에 있어서,  
 상기 복수의 단말에 대하여 2개의 단말씩 그룹화하는 단계는,  
 임의로 2개의 단말씩 그룹화하거나, 수신신호강도의 크기 순위에 따라 2n-1번째 순위의 단말과 2n 번째 순위의  
 단말을 하나의 그룹으로 그룹화하는 연산 복잡도 저감 방법.

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

제1항에 있어서,  
 상기 P는 다음의 수학적식과 같이 연산되는 연산 복잡도 저감 방법:

$$P_{2k-1} = \frac{\|H_{2k}\|^2}{\|H_{2k-1}\|^2 \|H_{2k}\|^2} \frac{2}{N_u}$$

$$P_{2k} = \frac{2}{N_u} - P_{2k-1}$$

여기서,  $P_{2k-1}$  은 2k-1 번째 단말에 분배되는 전력 성분의 제공값이고,  $P_{2k}$ 는 2k 번째 단말에 분배되는 전력

성분의 제공값이며,  $k$ 는  $\frac{N_u}{2}$  이고,  $H_{2k-1}$  는 상기 2k-1 번째 단말에 대응하는 채널의 크기이고,  $H_{2k}$  는 상기 2k 번째 단말에 대응하는 채널의 크기이다.

**청구항 5**

제4항에 있어서,

상기 선형 결합 신호를 생성하는 단계는

아래의 수학식을 이용하여 상기 선형 결합 신호를 생성하는 연산 복잡도 저감 방법:

$$X_k = \sqrt{P_{2k-1}} x_{2k-1} + \sqrt{P_{2k}} x_{2k}$$

여기서,  $X_k$  는 k번째 그룹에 송신되는 선형 결합 신호이고,  $x_{2k-1}$  및  $x_{2k}$ 는 각각 상기 2k-1 번째 단말 및 2k 번째 단말의 송신신호 벡터이다.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

상기 중계 단말은,

아래의 수학식에 같은 선형 결합 신호를 수신하는 연산 복잡도 저감 방법:

$$y_k = H_k^{sr} F_k X_k + n_k$$

여기서,  $y_k$  는 k번째 그룹에 포함된 중계 단말이 수신한 선형 결합 신호이고,  $H_k^{sr}$  는 상기 기지국과 중계 단말 사이의 채널이고,  $F_k$  는 RBD프리코딩 행렬이고,  $X_k$  는 k번째 그룹에 송신되는 선형 결합 신호이며,  $n_k$  는 복소 가우시안 잡음이다.

**청구항 7**

제6항에 있어서,

상기 중계 단말은 연속 간섭제거(Successive Interference cancellation, SIC) 알고리즘을 이용하여 수신된 상기 선형 결합 신호로부터 상기 중계 단말에 대응되는 송신 신호 벡터 성분을 제거하고,

상기 송신 신호 벡터 성분이 제거된 신호를 상기 목적 단말로 전송하는 연산 복잡도 저감 방법.

**청구항 8**

기지국 및 복수의 단말을 포함하며 NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템에 있어서,

상기 기지국은,

상기 복수의 단말로부터 측정된 각각의 수신신호강도를 피드백받는 통신부,

상기 복수의 단말에 대하여 2개의 단말씩 그룹화하는 채널 수신감도에 따라 상기 2개의 단말 중에서 수신신호강도가 작은 단말을 중계 단말로 선택하고, 수신신호강도가 큰 단말을 목적 단말로 선택하는 그룹핑부,

상기 그룹화된 2개의 단말에 전송되는 각각의 송신 신호 벡터에 대하여 상기 2개 단말 각각의 수신신호강도에 따라 전력 성분을 각각 분배하는 전력 분배부,

상기 각각 전력 성분이 분배된 송신 신호 벡터를 합산하여 선형 결합 신호를 생성하는 신호 생성부, 그리고

상기 선형 결합 신호에 RBD 프리코딩 기법을 이용하여 상기 2개의 단말 사이의 간섭을 제거하여 상기 중계 단말

로 상기 선형 결합 신호를 전송하는 RBD 프리코딩부를 포함하며,

상기 전력 분배부에서 상기 전력 성분의 분배 시에,

아래의 수학적식과 같이 상기 복수의 단말에 분배되는 전력 성분의 제공의 합은 1인 MIMO 하향 링크 시스템:

$$\sum_{t=1}^{N_u} (\sqrt{P_t})^2 = 1$$

여기서,  $N_u$ 는 상기 복수의 단말의 총 개수이며,  $\sqrt{P_t}$ 는 t번째 단말에 분배되는 전력 성분을 나타낸다.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 그룹핑부는,

임의로 2개의 단말씩 그룹화하거나, 수신신호강도의 크기 순위에 따라 2n-1번째 순위의 단말과 2n 번째 순위의 단말을 하나의 그룹으로 그룹화하는 MIMO 하향 링크 시스템.

#### 청구항 10

삭제

#### 청구항 11

제8항에 있어서,

상기 P는 다음의 수학적식과 같이 연산되는 MIMO 하향 링크 시스템:

$$P_{2k-1} = \frac{\|H_{2k}\|^2}{\|H_{2k-1}\|^2 \|H_{2k}\|^2} \frac{2}{N_u}$$

$$P_{2k} = \frac{2}{N_u} - P_{2k-1}$$

여기서,  $P_{2k-1}$ 은 2k-1 번째 단말에 분배되는 전력 성분의 제공값이고,  $P_{2k}$ 는 2k 번째 단말에 분배되는 전

력 성분의 제공값이며, k는  $\frac{N_u}{2}$  이고,  $H_{2k-1}$ 는 상기 2k-1 번째 단말에 대응하는 채널의 크기이고,  $H_{2k}$ 는 상기 2k 번째 단말에 대응하는 채널의 크기이다.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 신호 생성부는

아래의 수학적식을 이용하여 상기 선형 결합 신호를 생성하는 MIMO 하향 링크 시스템:

$$X_k = \sqrt{P_{2k-1}} x_{2k-1} + \sqrt{P_{2k}} x_{2k}$$

여기서,  $X_k$ 는 k번째 그룹에 송신되는 선형 결합 신호이고,  $x_{2k-1}$  및  $x_{2k}$ 는 각각 상기 2k-1 번째 단말 및 2k 번째 단말의 송신신호 벡터이다.

**청구항 13**

제8항에 있어서,

상기 중계 단말은,

아래의 수학식에 같은 선형 결합 신호를 수신하는 MIMO 하향 링크 시스템:

$$y_k = H_k^{sr} F_k X_k + n_k$$

여기서,  $y_k$  는 k번째 그룹에 포함된 중계 단말이 수신한 선형 결합 신호이고,  $H_k^{sr}$  는 상기 기지국과 중계 단말 사이의 채널이고,  $F_k$  는 RBD프리코딩 행렬이고,  $X_k$  는 k번째 그룹에 송신되는 선형 결합 신호이며,  $n_k$  는 복소 가우시안 잡음이다.

**청구항 14**

제13항에 있어서,

상기 중계 단말은,

연속 간섭제거(Successive Interference cancellation, SIC) 알고리즘을 이용하여 수신된 상기 선형 결합 신호로부터 상기 중계 단말에 대응되는 송신 신호 벡터 성분을 제거하고,

상기 송신 신호 벡터 성분이 제거된 신호를 상기 목적 단말로 전송하는 MIMO 하향 링크 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템 및 연산 복잡도 저감 방법에 관한 것으로, 채널 상태에 따라 중계기를 선택하고 송신하는 데이터 스트림의 수를 줄임으로써 송신기의 복잡도를 낮추기 위한 NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템 및 연산 복잡도 저감 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 5세대 무선 통신은 향상된 전송 용량과 높은 대역 효율과 같은 다양한 사항을 요구하며 이러한 요구를 만족하기 위해 여러 연구들이 진행되고 있다. 예를 들어, multi user - multiple input multiple output (MU-MIMO) 기법은 향상된 전송 용량을 달성할 수 있으며 NOMA 기법은 높은 대역 효율을 가진다.

[0003] MU-MIMO 기법은 다중 사용자의 여러 데이터 스트림을 물리적으로 하나인 채널을 통해 송신함으로써 높은 전송 용량을 달성하며 5세대 무선 통신의 요구를 충족시킬 수 있다. 다중 사용자의 데이터를 하나의 채널로 전송하기 위해서는 다른 사용자의 빔 패턴이 제거되어야 한다. 그렇지 않으면 특정 사용자에게 사용자 간 간섭이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 MU-MIMO 시스템에서는 사용자 간 간섭을 제거할 수 있는 프리코딩 기법이 주로 사용된다. 사용자 간 간섭을 제거하기 위해 다양한 프리코딩 기법들이 연구되었다.

[0004] NOMA(Non-Orthogonal multiple access) 기법은 높은 대역 효율을 가지는 기법으로 5세대 무선 통신의 요구를 만족한다. NOMA 기법은 기존의 orthogonal multiple access(OMA) 기법과 다르게 비직교 자원 할당을 통해 한정된 자원에 더 많은 사용자들을 수용할 수 있다.

[0005] 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.

[0006] 실제로도 사용자 수를 극대화시킬 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 열화없이 서비스할 수 있다.

[0007] 전력 기반 NOMA 시스템은 전력 영역에서 사용자 데이터를 구분하기 때문에 사용자가 많아질수록 할당되는 전력

은 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.

[0008] 그러나 SIC 연산은 각 사용자가 자신을 제외한 모든 사용자 데이터를 잡음으로 여기고 연산을 처리한다는 데에 문제점이 있으며, 이로 인해 사용자 수가 많아질수록 오류 확률은 늘어나며 전체적인 시스템에 치명적인 문제점이 발생한다.

[0009] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국 등록특허 제10-2038605호(2019.10.30. 공고)에 개시되어 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 채널 상태에 따라 중계기를 선택하고 송신하는 데이터 스트림의 수를 줄임으로써 송신기의 복잡도를 낮추기 위한 RBD(Regularized Block Diagonalization) 프리코딩을 이용한 MIMO 하향 링크 시스템 및 연산 복잡도 저감 방법을 제공하기 위한 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0011] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시 예에 따르면, NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템의 연산 복잡도 저감 방법에 있어서, 기지국은 복수의 단말들로부터 측정된 각각의 수신신호강도를 피드백받는 단계, 상기 복수의 단말에 대하여 2개의 단말씩 그룹화하고, 상기 2개의 단말 중에서 수신신호강도가 작은 단말을 중계 단말로 선택하고, 수신신호강도가 큰 단말을 목적 단말로 선택하는 단계, 상기 그룹핑된 2개의 단말에 전송되는 각각의 송신 신호 벡터에 대하여 상기 2개 단말 각각의 수신신호강도에 따라 전력 성분을 각각 분배하는 단계, 상기 각각 전력 성분이 분배된 송신 신호 벡터를 합산하여 선형 결합 신호를 생성하는 단계, 상기 선형 결합 신호에 RBD 프리코딩 기법을 이용하여 상기 2개의 단말 사이의 간섭 제거하는 단계, 그리고 상기 중계 단말로 상기 선형 결합 신호를 전송하는 단계를 포함한다.

[0012] 상기 복수의 단말에 대하여 2개의 단말씩 그룹화하는 단계는, 임의로 2개의 단말씩 그룹화하거나, 수신신호강도의 크기 순위에 따라 2n-1번째 순위의 단말과 2n 번째 순위의 단말을 하나의 그룹으로 그룹화할 수 있다.

[0013] 상기 전력 성분을 각각 분배하는 단계는, 아래의 수학적식과 같이 상기 복수의 단말에 분배되는 전력 성분의 제곱의 합은 1일 수 있다.

[0014] 
$$\sum_{t=1}^{N_u} (\sqrt{P_t})^2 = 1$$

[0015] 여기서,  $N_u$ 는 상기 복수의 단말의 총 개수이며,  $\sqrt{P_t}$ 는 t번째 단말에 분배되는 전력 성분을 나타낸다.

[0016] 상기 P는 다음의 수학적식과 같이 연산될 수 있다.

$$P_{2k-1} = \frac{\|H_{2k}\|^2}{\|H_{2k-1}\|^2 \|H_{2k}\|^2} \frac{2}{N_u}$$

[0017] 
$$P_{2k} = \frac{2}{N_u} - P_{2k-1}$$

[0018] 여기서,  $P_{2k-1}$ 은 2k-1 번째 단말에 분배되는 전력 성분의 제곱값이고,  $P_{2k}$ 는 2k 번째 단말에 분배되는 전력

성분의 제곱값이며, k는  $\frac{N_u}{2}$  이고,  $H_{2k-1}$ 는 상기 2k-1 번째 단말에 대응하는 채널의 크기이고,  $H_{2k}$

는 상기 2k 번째 단말에 대응하는 채널의 크기이다.

[0019] 상기 선형 결합 신호를 생성하는 단계는 아래의 수학적식을 이용하여 상기 선형 결합 신호를 생성할 수 있다.

[0020] 
$$X_k = \sqrt{P_{2k-1}} x_{2k-1} + \sqrt{P_{2k}} x_{2k}$$

[0021] 여기서,  $X_k$ 는 k번째 그룹에 송신되는 선형 결합 신호이고,  $x_{2k-1}$  및  $x_{2k}$ 는 각각 상기 2k-1 번째 단말 및 2k 번째 단말의 송신신호 벡터이다.

[0022] 상기 중계 단말은, 아래의 수학적식에 같은 선형 결합 신호를 수신할 수 있다.

[0023] 
$$y_k = H_k^{sr} F_k X_k + n_k$$

[0024] 여기서,  $y_k$ 는 k번째 그룹에 포함된 중계 단말이 수신한 선형 결합 신호이고,  $H_k^{sr}$ 는 상기 기지국과 중계 단말 사이의 채널이고,  $F_k$ 는 RBD프리코딩 행렬이고,  $X_k$ 는 k번째 그룹에 송신되는 선형 결합 신호이며,  $n_k$ 는 복소 가우시안 잡음이다.

[0025] 상기 중계 단말은 연속 간섭제거(Successive Interference cancellation, SIC) 알고리즘을 이용하여 수신된 상기 선형 결합 신호로부터 상기 중계 단말에 대응되는 송신 신호 벡터 성분을 제거하고, 상기 송신 신호 벡터 성분이 제거된 신호를 상기 목적 단말로 전송할 수 있다.

[0026] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템에 있어서, 복수의 단말들로부터 측정된 각각의 수신신호강도를 피드백받는 통신부, 상기 복수의 단말에 대하여 2개의 단말씩 그룹화하는 채널 수신감도에 따라 상기 2개의 단말 중에서 수신신호강도가 작은 단말을 중계 단말로 선택하고, 수신신호강도가 큰 단말을 목적 단말로 선택하는 그룹핑부, 상기 그룹핑된 2개의 단말에 전송되는 각각의 송신 신호 벡터에 대하여 상기 2개 단말 각각의 수신신호강도에 따라 전력 성분을 각각 분배하는 전력 분배부, 상기 각각 전력 성분이 분배된 송신 신호 벡터를 합산하여 선형 결합 신호를 생성하는 신호 생성부, 그리고 상기 선형 결합 신호에 RBD 프리코딩 기법을 이용하여 상기 2개의 단말 사이의 간섭을 제거하여 상기 중계 단말로 상기 선형 결합 신호를 전송하는 RBD 프리코딩부를 포함한다.

**발명의 효과**

[0027] 이와 같이 본 발명에 따르면, RBD 프리코딩 기법과 NOMA 기법을 활용하여 데이터 스트림의 수를 줄임으로써 송신기 하드웨어의 복잡도를 줄일 수 있다.

[0028] 또한, RBD 기법에 NOMA 기반 중계기 시스템을 적용함으로써 송신기 RF chain과 송신 안테나의 수를 반으로 줄여 송신기의 구조적 복잡도를 낮출 수 있으며, 하나의 신호에 복수의 심볼을 중첩시킴으로써 특이값 분해(singular value decomposition, SVD)의 연산 횟수를 줄일 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0029] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템을 설명하기 도면이다.

도 2는 도 1의 기지국의 구성을 설명하기 위한 구성도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템의 연산 복잡도 저감 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 MIMO 하향 링크 시스템의 비트 에러율과 기존 통신 방법에 따른 비트 에러율을 비교한 결과를 나타내는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0030] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시 예를 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 관

계없는 부분은 생략하였으며 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

- [0031] 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.
- [0032] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.
- [0033] 이하에서는 도 1 및 도 2를 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템을 설명한다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템을 설명하기 위한 도면이고, 도 2는 도 1의 기지국의 구성을 설명하기 위한 구성도이다.
- [0035] 먼저, 도 1에서 나타난 것처럼, 본 발명의 실시예에 따른 NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템(100)은 기지국(110) 및 복수의 단말(120)을 포함한다.
- [0036] 도 1에서 나타난 것처럼, 기지국(110)은 복수개의 안테나를 포함하고 있으며, 안테나를 통해 연결되어 있는 복수의 단말(120)로 MIMO 신호를 하향 링크를 통해 전송한다.
- [0037] 이때, 복수의 단말(120)은 수신신호강도에 따라 중계 단말(121) 또는 목적 단말(122)로 선택된다.
- [0038] 여기서, 중계 단말(121)은 그룹화된 복수의 단말(120) 중에서 수신신호강도가 작은 단말로 설정되며, 목적 단말(122)은 그룹화된 복수의 단말(120) 중에서 수신신호강도가 큰 단말로 설정된다.
- [0039] 이때, 중계 단말(121)은 연속 간섭제거(Successive Interference cancellation, SIC) 알고리즘을 이용하여 수신된 선형 결합 신호로부터 중계 단말(121)에 대응되는 송신 신호 벡터 성분을 제거하고, 송신 신호 벡터 성분이 제거된 신호를 목적 단말(122)로 전송한다.
- [0040] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, MIMO(Multiple Input Multiple Output) 시스템을 이용하여 기지국(110)과 복수의 단말(120) 사이에 복수개의 안테나를 이용하여 안테나의 개수에 비례하여 무선 통신 데이터의 용량을 높이도록 한다.
- [0041] 그리고, 본 발명의 실시예에 따르면, NOMA(Non-Orthogonal Multiple Access) 기법을 이용함으로써, 셀의 주파수 용량 향상을 위해 동일한 시간, 주파수, 공간 자원 상에 다수의 사용자들을 위한 신호를 동시에 전송하여 주파수 효율을 향상시키도록 한다.
- [0042] 다음으로, 도 2에서 나타난 것처럼, 기지국(110)은 통신부(111), 그룹핑부(112), 전력 분배부(113), 신호 생성부(114) 및 RBD 프리코딩부(115)를 포함한다.
- [0043] 먼저, 통신부(111)는 복수의 단말(120)들로부터 측정된 각각의 수신신호강도를 피드백받는다.
- [0044] 이때, 복수의 단말(120)은 통신부(111)로 수신신호강도(Received Signal Strength Indication, RSSI) 값을 전송한다.
- [0045] 여기서, 수신신호강도 값은 무선 수신기에 수신되는 전력의 값의 수치를 의미하는 것으로, 본 발명의 실시예에 따르면 복수의 단말(120)은 각각의 수신신호강도를 통신부(111)에 전송하기 위해 이용된다.
- [0046] 그러면, 그룹핑부(112)는 복수의 단말(120)에 대하여 2개의 단말씩 그룹화한다.
- [0047] 이때, 그룹핑부(112)는 임의로 2개의 단말씩 그룹화하거나, 수신신호강도의 크기 순위에 따라 2n-1번째 순위의 단말과 2n 번째 순위의 단말을 하나의 그룹으로 그룹화할 수 있다.
- [0048] 예를 들어, 복수의 단말(120)이 100개인 경우, 그룹핑부(112)는 랜덤하게 2개의 단말에 대하여 50개의 그룹으로 그룹핑할 수 있다.
- [0049] 또한, 그룹핑부(112)는 수신신호강도가 67번째 순위인 단말(120)과 68번째 순위인 단말(120)을 하나의 그룹으로 그룹화 할 수 있다.
- [0050] 또한, 그룹핑부(112)는 그룹핑된 2개의 단말 중에서 수신신호강도가 작은 단말을 중계 단말로 선택하고, 수신신호강도가 큰 단말을 목적 단말로 선택한다.
- [0051] 다음으로, 전력 분배부(113)는 그룹핑된 2개의 단말에 전송되는 각각의 송신 신호 벡터에 대하여 2개 단말 각각

의 수신신호강도에 따라 전력 성분을 각각 분배한다.

- [0052] 이때, 복수의 단말(120)에 분배되는 전력 성분의 제공의 합은 1으로 연산된다.
- [0053] 다음으로, 신호 생성부(114)는 각각 전력 성분이 분배된 송신 신호 벡터를 합산하여 선형 결합 신호를 생성한다.
- [0054] 이때, 선형 결합 신호는 중계 단말 및 목적 단말의 송신신호 벡터 값을 이용하여 생성된다.
- [0055] 다음으로, RBD 프리코딩부(115)는 선형 결합 신호에 RBD 프리코딩 기법을 이용하여 그룹핑된 2개의 단말 사이의 간섭을 제거한다.
- [0056] 그리고, RBD 프리코딩부(115)는 통신부(111)를 통해 간섭이 제거된 선형 결합 신호를 중계 단말(121)로 전송한다.
- [0057] 이하에서는 도 3을 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템의 연산 복잡도 저감 방법을 설명한다.
- [0058] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템의 연산 복잡도 저감 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0059] 먼저, 통신부(111)는 복수의 단말(120)들로부터 측정된 각각의 수신신호강도를 피드백받는다(S310).
- [0060] 즉, 본 발명의 실시예에 따르면, 통신부(111)는 복수의 단말(120)들에게 수신신호강도를 검출하기 위하여 파일럿 신호를 브로드캐스팅한다.
- [0061] 그러면, 복수의 단말(120)은 수신된 파일럿 신호에 대한 수신신호강도를 측정하여, 각각의 수신신호강도(RSSI) 값을 통신부(111)에 제공한다.
- [0062] 다음으로, 그룹핑부(112)는 복수의 단말에 대하여 2개의 단말씩 그룹핑하고, 그룹핑된 2개의 단말에 대하여 각각 중계 단말과 목적 단말로 선택한다(S320).
- [0063] 즉, 도 2에서 설명한 것처럼, 그룹핑부(112)는 복수의 단말(120)에 대하여 임의로 2개의 단말씩 그룹핑하거나, 수신신호강도의 크기 순위에 따라 2개의 단말을 하나의 그룹으로 그룹핑할 수 있다.
- [0064] 그리고, 그룹핑부(112)는 그룹핑된 각각의 2개의 단말에 대하여 수신신호강도에 따라 중계 단말(121) 또는 목적 단말(122)로 선택한다.
- [0065] 이때, 그룹핑부(112)는 수신신호강도가 작은 단말을 중계 단말(121)로 선택하고, 수신신호강도가 큰 단말을 목적 단말(122)로 선택한다.
- [0066] 예를 들어, 그룹화된 2개의 단말의 수신신호강도가 각각 50dBm 및 14dBm이면, 그룹핑부(112)는 수신신호강도가 50dBm인 단말을 목적 단말(122)로 선택하고, 14dBm인 단말을 중계 단말(121)로 선택한다.
- [0067] 다음으로, 전력 분배부(113)는 그룹핑된 2개의 단말(121,122)에 전송되는 각각의 송신 신호 벡터에 대하여 2개 단말 각각의 수신신호강도에 따라 전력 성분을 각각 분배한다(S330).
- [0068] 이때, 아래의 수학적 식 1과 같이 복수의 단말(120)에 분배되는 전력 성분의 제공의 합은 1으로 연산된다.

**수학적 식 1**

[0069] 
$$\sum_{t=1}^{N_u} (\sqrt{P_t})^2 = 1$$

[0070] 여기서,  $N_u$ 는 복수의 단말(120)의 총 개수이며,  $\sqrt{P_t}$ 는 t번째 단말에 분배되는 전력 성분을 나타낸다.

[0071] 이때, 전력 분배부(113)는 아래의 수학적 식 2를 이용하여 복수의 단말 각각에 분배되는 전력 성분 P를 연산한다.

수학식 2

$$P_{2k-1} = \frac{\|H_{2k}\|^2}{\|H_{2k-1}\|^2 \|H_{2k}\|^2} \frac{2}{N_u}$$

$$P_{2k} = \frac{2}{N_u} - P_{2k-1}$$

[0072]

[0073] 여기서,  $P_{2k-1}$  은 중계 단말에 해당하는 2k-1 번째 단말에 분배되는 전력 성분의 제공값이고,  $P_{2k}$ 는 목적 단말에 해당하는 2k 번째 단말에 분배되는 전력 성분의 제공값이며,  $k$ 는  $\frac{N_u}{2}$  이고,  $H_{2k-1}$  는 2k-1 번째 단말에 대응하는 채널의 크기이고,  $H_{2k}$  는 2k 번째 단말에 대응하는 채널의 크기이다.

[0074] 다음으로, 신호 생성부(114)는 각각 전력 성분이 분배된 송신 신호 벡터를 합산하여 선형 결합 신호를 생성한다(S340).

[0075] 이때, 신호 생성부(114)는 아래의 수학식 3을 이용하여 선형 결합 신호를 생성한다.

수학식 3

$$X_k = \sqrt{P_{2k-1}} x_{2k-1} + \sqrt{P_{2k}} x_{2k}$$

[0076]

[0077] 여기서,  $X_k$  는 k번째 그룹 중 선택된 중계 단말(121)에 송신되는 선형 결합 신호이고,  $x_{2k-1}$  및  $x_{2k}$ 는 각각 2k-1 번째 단말 및 2k 번째 단말에 송신하고자 하는 송신신호에 대한 벡터 값을 의미한다.

[0078] 다음으로, RBD 프리코딩부(115)는 수학식 3과 같은 선형 결합 신호에 RBD 프리코딩 기법을 적용하여 2개의 단말 사이의 간섭을 제거한다(S350).

[0079] 여기서, RBD(Regularized Block Diagonalization) 프리코딩 기법은 MU-MIMO(Multi User - Multiple Input Multiple Output)채널을 SU-MIMO(Single User - Multiple Input Multiple Output) 채널로 분해하는 기법을 나타낸다.

[0080] 따라서, RBD 프리코딩부(115)는 RBD 프리코딩 기법을 이용하여 중계 단말(121)과 목적 단말(122) 사이에 발생하는 간섭을 제거하도록 한다.

[0081] 그리고, RBD 프리코딩부(115)는 간섭이 제거된 선형 결합 신호를 통신부(111)를 통하여 각 그룹의 중계 단말(121)로 전송한다(S360).

[0082] 이때, 중계 단말(120)은 다음의 수학식 4와 같이 간섭이 제거된 선형 결합 신호를 수신한다.

수학식 4

$$y_k = H_k^{sr} F_k X_k + n_k$$

[0083]

[0084] 여기서,  $y_k$  는 k번째 그룹에 포함된 중계 단말이 수신한 선형 결합 신호이고,  $H_k^{sr}$  는 기지국(110)과 중계 단말

(121) 사이의 채널이고,  $F_k$ 는 RBD프리코딩 행렬이고,  $X_k$ 는 k번째 그룹에 송신되는 선형 결합 신호이며,  $n_k$ 는 복소 가우시안 잡음이다.

[0085] 여기서,  $F_k$ 는 아래의 수학적 식 5를 통해 연산된다.

**수학적 식 5**

[0086] 
$$F_k = \tilde{\beta} \tilde{F}_k \overline{F}_k$$

[0087] 여기서,  $\tilde{\beta}$ 는 양의 실수 값을 가지는 스케일링 인자이고,  $\tilde{F}_k$ 는  $F_k$ 의 전치행렬이고,  $\overline{F}_k$ 는  $F_k$ 의 복소행렬이다.

[0088] 이때,  $\tilde{F}_k$ 는 아래의 수학적 식 6을 통해 연산된다.

**수학적 식 6**

$$\tilde{F}_k = \tilde{V}_k (\tilde{\Lambda}_k^H \tilde{\Lambda}_k + \alpha I)^{-1/2}$$

$$\alpha = \frac{N_r}{2} \frac{\sigma^2}{P_{total}}$$

[0089]

[0090] 여기서,  $\tilde{V}_k$ 는 유니터리 행렬이고,  $\tilde{\Lambda}_k$ 는  $\tilde{H}_k^H$ 의 특이 값을 대각성분으로 가지는 대각 행렬이고,  $\sigma^2$ 는 잡음 전력,  $P_{total}$ 은 총 송신 신호의 전력이다.

[0091] 또한,  $\overline{F}_k$ 는 아래의 수학적 식 7을 통해 연산된다.

**수학적 식 7**

$$\overline{F}_k = \overline{V}_k^{(1)}$$

[0092]

[0093] 여기서,  $\overline{V}_k^{(1)}$ 는 0이 아닌 특이 값을 가지는 우측 특이 행렬이다.

[0094] 그러면,  $F_k$ 는 수학적 식 5 내지 수학적 식 7을 이용하여 아래의 수학적 식 8을 통해 연산된다.

**수학적 식 8**

$$F_k = \tilde{V}_k (\tilde{\Lambda}_k^H \tilde{\Lambda}_k + \alpha I)^{-1/2} \overline{V}_k^{(1)}$$

[0095]

[0096] 다음으로, 중계 단말(121)은 연속 간섭제거(Successive Interference cancellation, SIC) 알고리즘을 이용하여 수신된 선형 결합 신호로부터 중계 단말에 대응되는 송신 신호 벡터 성분을 제거한다(S370).

[0097] 여기서, 연속 간섭제거(SIC) 알고리즘은 복수의 신호를 디코딩하는 방법으로 본 발명의 실시예에 따르면, 수신된 선형 결합 신호로부터 중계 단말(121)에 대응되는 송신 신호 벡터 성분을 제거하기 위해 사용된다.

[0098] 예를 들어, 첫번째 수신 신호가  $y_1 = \sqrt{P_1}x_1 + \sqrt{P_2}x_2 + n$  이고,  $\sqrt{P_1} < \sqrt{P_2}$  이라고 가정하면, 중계 단말(121)은 연속 간섭제거(SIC) 알고리즘을 이용하여  $y_1$ 을  $\sqrt{P_2}$ 로 나누어  $y_1/\sqrt{P_2} = \sqrt{P_1}/\sqrt{P_2}x_1 + x_2 + n/\sqrt{P_2}$  으로 연산하고,  $\sqrt{P_1}/\sqrt{P_2}x_1 + n/\sqrt{P_2}$  를 잡음으로 판단하여 디코딩을 실행한다.

[0099] 그러면, 중계 단말(121)은 디코딩을 통해 생성된 추정 값  $\hat{x}_2$  를 이용하여  $y_1$  에서  $x_1$ 의 신호 성분을 남기기 위해  $\sqrt{P_2}\hat{x}_2$  을 차감시킨다.

[0100] 다음으로,  $y_1 - \sqrt{P_2}\hat{x}_2 = \sqrt{P_1}x_1 + \sqrt{P_2}(x_2 - \hat{x}_2) + n$  에서  $\sqrt{P_1}$ 으로 나눈 후 디코딩을 하여 추정 값  $\hat{x}_1$  을 생성한다.

[0101] 이때,  $\hat{x}_1$  값은 목적 단말(122)로 전송되는 신호이다.

[0102] 다음으로, 중계 단말(121)은 송신 신호 벡터 성분이 제거된 신호를 목적 단말(122)로 전송한다(S380).

[0103] 즉, 중계 단말(121)은 S370 단계로부터 생성된  $\hat{x}_1$  을 목적 단말(122)로 전송한다.

[0104] 그러면, 목적 단말(122)은 송신 신호 벡터 성분이 제거된 신호에 따른 피드백 신호를 통신부(111)에 제공한다.

[0105] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 MIMO 하향 링크 시스템의 비트 에러율과 기존 통신 방법에 따른 비트 에러율을 비교한 결과를 나타내는 도면이다.

[0106] 이때, 도 4와 같이 각각의 방법을 이용한 BER을 시뮬레이션하기 위해 이진 위상천이변조(Binary Phase Shift Krying, BPSK)를 사용하였으며, 전송하고자 하는 데이터 스트림의 수가 4개, 송신 안테나의 수가 2개, 사용자의 수가 4명인 상태인 것으로 가정하였다.

[0107] 도 4에서 나타낸 것처럼, 송신 전력이 낮을 경우에는, RBD 기법을 이용하는 본 발명의 실시예에 따른 MIMO 하향 링크 시스템(도 4에서는 "NOMA RBD"로 표시함)의 경우, NOMA 기반의 중계기를 사용한 BD 기법(도 4에서는 "NOMA BD"로 표시함)과 비교할 때 중계 단말(Relay)과 목적 단말(Destination) 모두 BER 성능 향상을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0108] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 MIMO 하향 링크 시스템은 NOMA를 사용하지 않는 기존의 BD 기법 또는 RBD 기법(도 4에서는 "BD", "RBD"로 표시함)과 비교했을 때 BER 성능이 크게 향상된다.

[0109] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면, 기존의 기법과 비교할 때 특이값 분해(SVD) 연산의 횟수를 감소시키는 반면 추가적으로 필요한 연속 간섭제거(SIC)의 연산 횟수는 증가한다.

[0110] 그러나, 연속 간섭제거(SIC) 연산은 특이값 분해(SVD) 연산보다 복잡도가 낮기 때문에 본 발명의 실시예에 따른 전체적인 연산 복잡도는 기존의 RBD 또는 BD 기법보다 크게 감소된다.

[0111] 이와 같이, 본 발명의 실시예와 같이 NOMA를 기반으로 하는 MIMO 하향 링크 시스템을 사용할 경우, 기존의 RBD 기법을 사용하였을 때와 비교하면 송신기의 구조적 복잡도와 연산 복잡도 모두 낮아진다.

[0112] 즉, 본 발명의 실시예에 따르면, RBD 프리코딩 기법과 NOMA 기법을 활용하여 데이터 스트림의 수를 줄임으로써 송신기 하드웨어의 복잡도를 줄일 수 있다.

[0113] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, RBD 기법에 NOMA 기반 중계기 시스템을 적용함으로써 송신기 RF chain과 송신 안테나의 수를 반으로 줄여 송신기의 구조적 복잡도를 낮출 수 있으며, 하나의 신호에 복수의 심볼을 중첩시킴으로써 특이값 분해(SVD)의 연산 횟수를 줄일 수 있다.

[0114] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것이 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

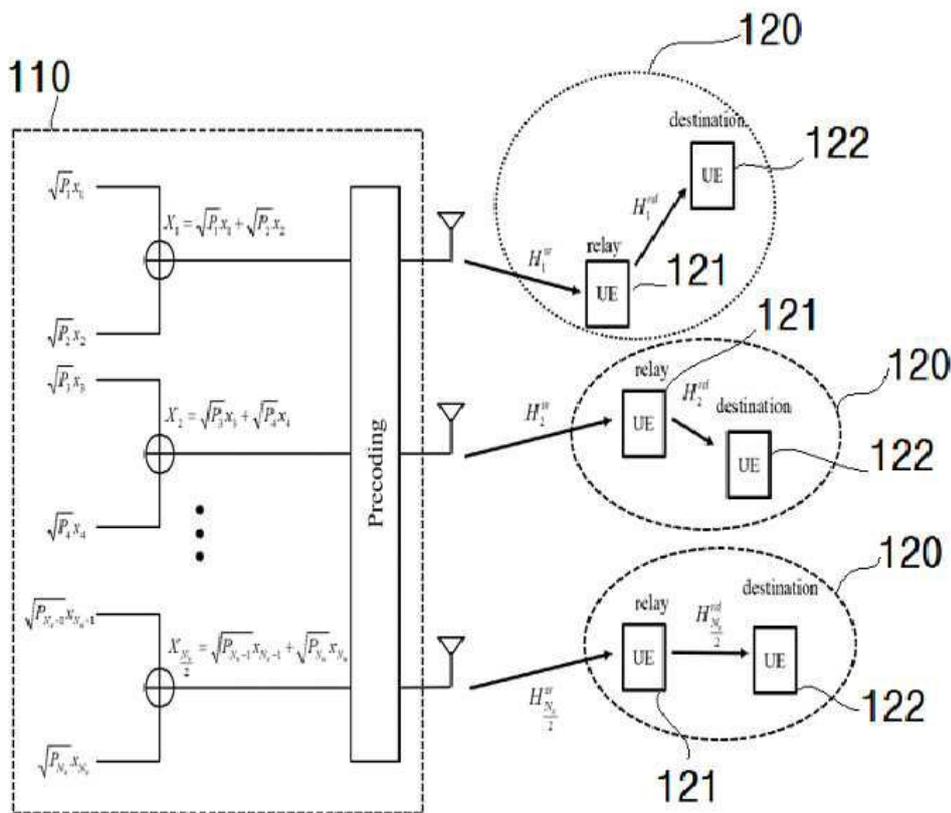
**부호의 설명**

- [0115] 100: MIMO 하향 링크 시스템,      110: 기지국,
- 111: 통신부,                              112: 그룹핑부,
- 113: 전력 분배부,                        114: 신호 생성부,
- 115: RBD 프리코딩부,                120: 단말,
- 121: 중계 단말,                         122: 목적 단말

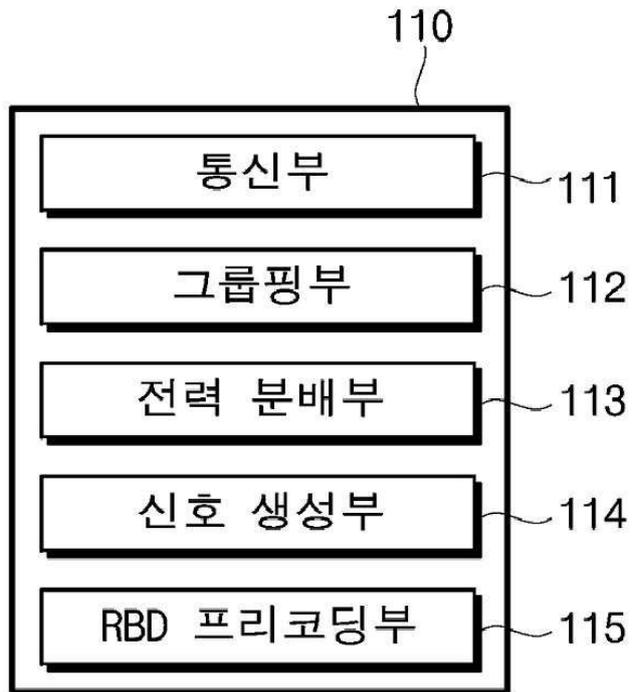
**도면**

**도면1**

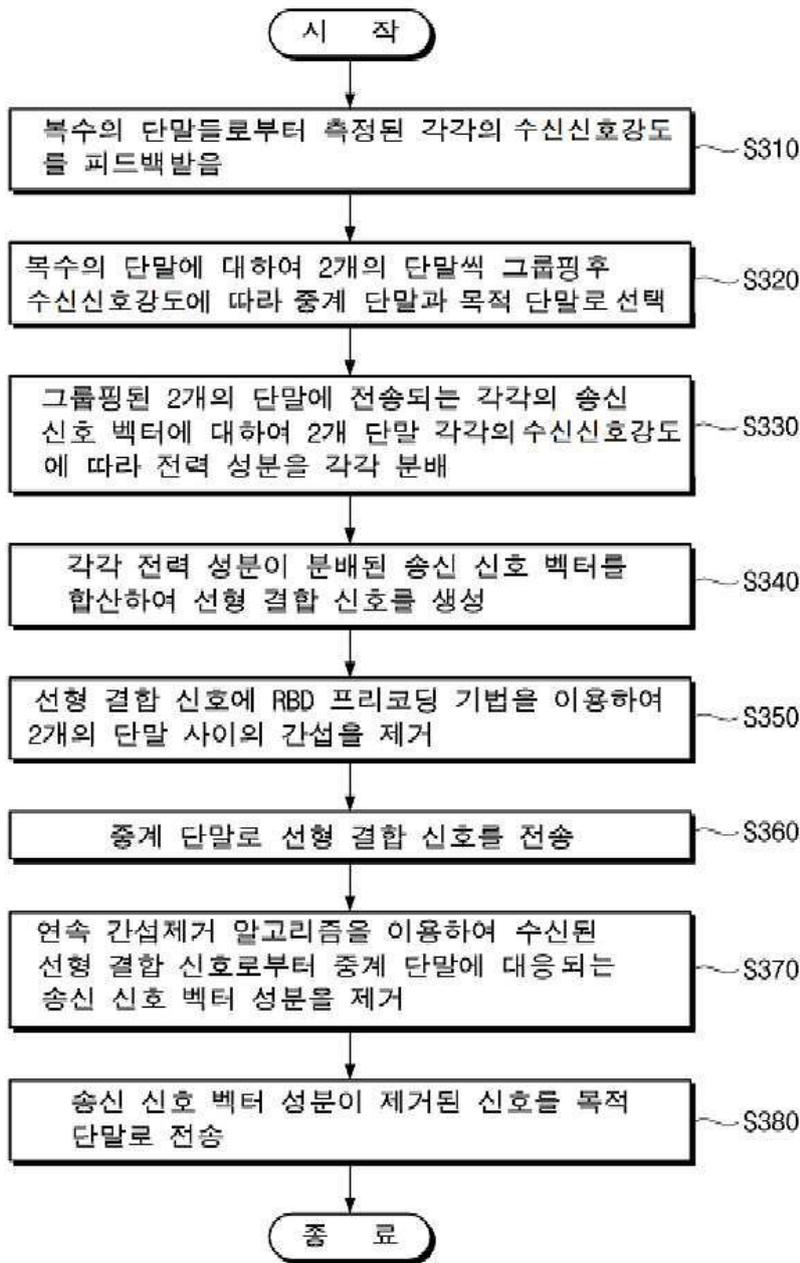
**100**



도면2



도면3



도면4

