(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0105103
(43) 공개일자 2023년07월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/0456 (2017.01) *H04B 7/0417* (2017.01)
H04B 7/0452 (2017.01) *H04B 7/06* (2017.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/0478 (2023.05)
H04B 7/0417 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0000250
(22) 출원일자 2022년01월03일
심사청구일자 2022년01월03일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이인규
서울특별시 강남구 영동대로 640, 웨스트동 3303호(삼성동, 아이파크삼성)
부지림
서울특별시 성북구 안암로 87, 402호(안암동5가)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
최윤서, 손제관

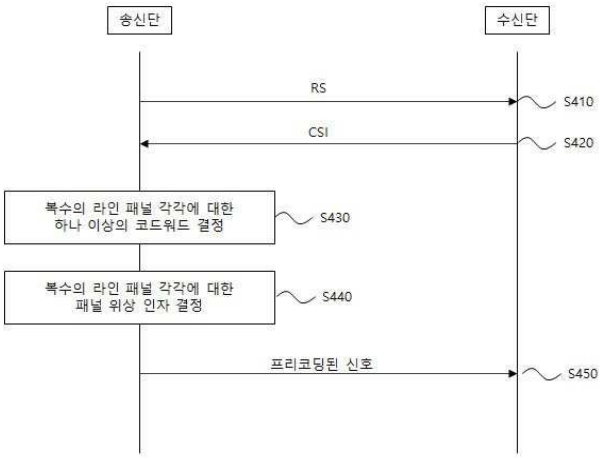
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **무선 통신 시스템에서 라인 패널 코드북 기반 송수신 방법 및 장치**

(57) 요 약

본 개시는 무선 통신 시스템에서 라인 패널 코드북의 설계 및 이에 기초한 송수신 방법 및 장치에 대한 것이다. 본 개시의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 송신단이 프리코딩된 신호를 수신단으로 전송하는 방법은, 상기 송신단에 구비된 복수의 라인 패널 각각에 대한, 하나 이상의 코드워드 및 패널 위상 인자를 결정하는 단계; 상기 결정된 하나 이상의 코드워드 및 패널 위상 인자에 기초하여, 상기 수신단으로 전송될 데이터를 프리코딩하는 단계; 및 상기 프리코딩된 신호를 상기 수신단으로 전송하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
H04B 7/0452 (2013.01)
H04B 7/0658 (2013.01)

(72) 발명자
문지환
서울특별시 성동구 왕십리로 322, 한성아펠타워 604호(도선동)

황상원
부산광역시 강서구 명지국제5로 109, 203동 2801호(명지동, 명지2차 금강펜테리움 센트럴파크)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711134433
과제번호	2021-0-00467
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	6G 핵심 기술개발
연구과제명	지능형 6G 무선 액세스 시스템
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교 산학협력단
연구기간	2021.04.01 ~ 2025.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711152962
과제번호	2021-0-01651
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	ICT R&D 우수IP창출활용지원
연구과제명	5G 표준 특허 기술 분석
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교 산학협력단
연구기간	2021.04.01 ~ 2022.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

무선 통신 시스템에서 송신단이 프리코딩된 신호를 수신단으로 전송하는 방법에 있어서, 상기 방법은,

상기 송신단에 구비된 복수의 라인 패널 각각에 대한, 하나 이상의 코드워드 및 패널 위상 인자를 결정하는 단계;

상기 결정된 하나 이상의 코드워드 및 패널 위상 인자에 기초하여, 상기 수신단으로 전송될 데이터를 프리코딩하는 단계; 및

상기 프리코딩된 신호를 상기 수신단으로 전송하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 결정된 하나 이상의 코드워드 및 패널 위상 인자는, 상기 복수의 라인 패널의 각각에 적용되는, 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 프리코딩된 신호는, 상기 복수의 라인 패널을 포함하는 다중 안테나 어레이를 통하여 상기 수신단으로 전송되는, 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

하나의 라인 패널은 상기 다중 안테나 어레이의 수직 방향의 복수의 안테나 패널을 포함하는, 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 패널 위상 인자는 패널-간 공동-위상 인자인, 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 하나 이상의 코드워드는 각각의 라인 패널에 대한 코드북 내에서 결정되는, 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 패널 위상 인자는 패널 위상 교정 코드북 내에서 결정되는, 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 각각의 라인 패널에 대한 코드북 c_{SLP}는 수학식

$$\overline{\mathbf{h}}_{m_{\mathrm{LP}},k} = \mathbf{c}_{\mathrm{SLP}}^{\left(i^*_{m_{\mathrm{LP}},k}\right)}$$

$$i^*_{m_{\mathrm{LP}},k} = \underset{1 \le i \le S}{\arg\max} \left| \mathbf{h}^H_{m_{\mathrm{LP}},k} \mathbf{c}_{\mathrm{SLP}}^{(i)} \right|$$

에 의해서 결정되고,

$\overline{\mathbf{h}}_{m_{\mathrm{LP}},k}$ 는 상기 송신단에서 계산되는 k 번째 수신단에 대한 m_{LP} 번째 라인 패널에 해당하는 채널 벡터에 해당하는, 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 패널 위상 교정 코드북은 S_{PA} 개의 코드워드를 포함하고,

$$S_{\mathrm{PA}} = 2^{B_{\mathrm{LP}}(M_{\mathrm{LP}}-1)}$$

이고,

B_{LP}는 상기 패널 위상 인자를 나타내기 위한 비트수이고,

M_{LP}는 상기 복수의 라인 패널의 개수인, 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 S_{PA} 개의 코드워드는,

$$\left[e^{j\theta_1}, \ldots, e^{j\theta_{m_{\mathrm{LP}}}}, \ldots, e^{j\theta_{M_{\mathrm{LP}}}} \right]^T$$

으로 정의되고,

$$\theta_{m_{\mathrm{LP}}} \in \left\{ 0, \frac{2\pi}{2^{B_{\mathrm{LP}}}}, \ldots, \frac{2\pi\left(2^{B_{\mathrm{LP}}}-1\right)}{2^{B_{\mathrm{LP}}}} \right\}$$

으로 정의되는, 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 각각의 라인 패널에 대한 코드북 c_{SLP} 및 상기 패널 위상 교정 코드북에 기초하여 라인 패널 코드북 C_{LP}가 결정되는, 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

$$\mathbf{C}_{\mathrm{LP}} = \left\{ \mathbf{c}_{\mathrm{LP}}^{(1)}, \mathbf{c}_{\mathrm{LP}}^{(2)}, \ldots, \mathbf{c}_{\mathrm{LP}}^{(S_{\mathrm{PA}})} \right\}$$

이고,

$$\mathbf{c}_{\mathrm{LP}}^{(i)} = \left[e^{j\theta_1} \overline{\mathbf{h}}_{1,k}, \ldots, e^{j\theta_{m_{\mathrm{LP}}}} \overline{\mathbf{h}}_{m_{\mathrm{LP}},k}, \ldots, e^{j\theta_{M_{\mathrm{LP}}}} \overline{\mathbf{h}}_{M_{\mathrm{LP}},k} \right]^T, i = 1, 2, \ldots, S_{\mathrm{PA}}$$

인, 방법.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 수신단으로부터 상기 복수의 라인 패널 각각에 대한 하나 이상의 코드워드 및 패널 위상 인자에 관련된 정보를 포함하는 채널 상태 정보가 수신되는, 방법.

청구항 14

무선 통신 시스템에서 프리코딩된 신호를 전송하는 장치에 있어서, 상기 장치는:

복수의 라인 패널을 구비하는 다중 안테나 어레이;

트랜시버;

메모리; 및

프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는,

상기 복수의 라인 패널 각각에 대한, 하나 이상의 코드워드 및 패널 위상 인자를 결정하고;

상기 결정된 하나 이상의 코드워드 및 패널 위상 인자에 기초하여, 수신단으로 전송될 데이터를 프리코딩하고; 및

상기 프리코딩된 신호를 상기 트랜시버를 통하여 상기 수신단으로 전송하도록 설정되는, 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 무선 통신 시스템에서의 코드북 기반 송수신에 대한 것이며, 구체적으로는 무선 통신 시스템에서 라인 패널 코드북의 설계 및 이에 기초한 송수신 방법 및 장치에 대한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 다중 안테나 또는 MIMO(Multiple Input Multiple Output) 통신 시스템은, 수신단으로부터 송신단으로의 피드백

여부에 따라 개루프(open loop) 또는 폐루프(closed loop) 시스템으로 구분될 수 있다. 개루프 시스템은 송신단이 송신단으로부터 수신단으로의 채널에 대한 정보 또는 채널 상태 정보(Channel Status Information, CSI) 없이 동작하는 것을 포함하고, 폐루프 시스템은 송신단이 수신단으로부터 획득한 CSI를 고려하여 동작하는 것을 포함한다.

[0003] 폐루프 시스템에서 수신단에 의해서 피드백되는 CSI에는 프리코딩 관련 정보(예를 들어, 프리코딩 행렬 인덱스(Precoding Matrix Index, PMI))가 포함될 수 있다. 프리코딩(또는 빔포밍)은 송신단이 전송하고자 하는 전송 스트림/레이어를 다중 안테나(또는 안테나 포트)에 매핑시키는 것을 의미하며, 그 매핑 관계는 프리코딩 행렬(또는 벡터)에 의해서 표현될 수 있다. 송신단은 수신단으로부터 피드백되는 프리코딩 정보를 참고하여 프리코딩을 수행할 수 있다.

[0004] 피드백되는 프리코딩 정보는, 송신단과 수신단에서 공유하는 프리코딩 행렬(들)의 집합의 범위로 제한될 수도 있다. 프리코딩 행렬(들)을 구성요소로 하는 미리 정의된 집합을 코드북(codebook)이라 할 수 있고, 하나의 코드북은 하나 이상의 코드워드(codeword)를 포함할 수 있으며, 각각의 코드워드는 하나의 프리코딩 행렬에 대응할 수 있다.

[0005] 전차원 다중 안테나(FD-MIMO) 시스템은 안테나를 이차원 평면적인 방식으로 송신단(예를 들어, 기지국)에 배열하는 시스템이다. 안테나 개수가 많아지는 경우의 설치 등의 어려움을 해소하고자 다수의 패널의 안테나를 적용하는, 다중 패널 기반 FD-MIMO 시스템이 제안되었다. 이를 다중 패널 어레이(MPA) 시스템이라고도 하며, 비용 및 전력을 절감할 수 있는 장점을 가진다. 그러나, MPA 시스템에서는 패널 간 상이한 위상 오프셋 또는 위상 불명확성을 가지는 문제와, 다중 패널에 적합하면서 피드백 오버헤드를 줄이는 코드북을 설계하기 어렵다는 문제가 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 개시의 기술적 과제는 다중 패널 어레이 시스템에서 피드백 정보의 정확도를 높이는 코드북 설계 및 해당 코드북 기반 송수신 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

[0007] 본 개시의 추가적인 기술적 과제는 다중 패널 어레이 시스템에서 계산 복잡도 및 피드백 오버헤드를 줄이는 코드북 설계 및 해당 코드북 기반 송수신 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

[0008] 본 개시에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 개시의 일 양상에 따른 무선 통신 시스템에서 송신단이 프리코딩된 신호를 수신단으로 전송하는 방법은, 상기 송신단에 구비된 복수의 라인 패널 각각에 대한, 하나 이상의 코드워드 및 패널 위상 인자를 결정하는 단계; 상기 결정된 하나 이상의 코드워드 및 패널 위상 인자에 기초하여, 상기 수신단으로 전송될 데이터를 프리코딩하는 단계; 및 상기 프리코딩된 신호를 상기 수신단으로 전송하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 본 개시의 추가적인 양상에 따른 무선 통신 시스템에서 프리코딩된 신호를 전송하는 장치는, 복수의 라인 패널을 구비하는 다중 안테나 어레이; 트랜시버; 메모리; 및 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는, 상기 복수의 라인 패널 각각에 대한, 하나 이상의 코드워드 및 패널 위상 인자를 결정하고; 상기 결정된 하나 이상의 코드워드 및 패널 위상 인자에 기초하여, 수신단으로 전송될 데이터를 프리코딩하고; 및 상기 프리코딩된 신호를 상기 트랜시버를 통하여 상기 수신단으로 전송하도록 설정될 수 있다.

[0011] 본 개시에 대하여 위에서 간략하게 요약된 특징들은 후술하는 본 개시의 상세한 설명의 예시적인 양상일 뿐이며, 본 개시의 범위를 제한하는 것은 아니다.

발명의 효과

[0012] 본 개시에 따르면, 다중 패널 어레이 시스템에서 피드백 정보의 정확도를 높이면서도 계산 복잡도 및 피드백 오버헤드를 줄이는 코드북 설계 및 해당 코드북 기반 송수신 방법 및 장치가 제공될 수 있다.

[0013] 본 개시에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 개시가 적용될 수 있는 MPA 시스템의 예시를 나타내는 도면이다.

도 2는 본 개시에 따른 라인 패널 코드북 설계를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 개시와 관련된 시뮬레이션 결과를 나타내는 도면이다.

도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 라인 패널 코드북 기반 송수신 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 개시에 따른 송신 장치 및 수신 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이하에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 개시의 실시예에 대하여 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나, 본 개시는 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

[0016] 본 개시의 실시예를 설명함에 있어서 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 개시의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그에 대한 상세한 설명은 생략한다. 그리고, 도면에서 본 개시에 대한 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙인다.

[0017] 본 개시에 있어서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소와 "연결", "결합" 또는 "접속"되어 있다고 할 때, 이는 직접적인 연결관계 뿐만 아니라, 그 중간에 또 다른 구성요소가 존재하는 간접적인 연결관계도 포함할 수 있다. 또한 어떤 구성요소가 다른 구성요소를 "포함한다" 또는 "가진다"고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 배제하는 것이 아니라 또 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0018] 본 개시에 있어서, 제1, 제2 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용되며, 특별히 언급되지 않는 한 구성요소들 간의 순서 또는 중요도 등을 한정하지 않는다. 따라서, 본 개시의 범위 내에서 일 실시예에서의 제1 구성요소는 다른 실시예에서 제2 구성요소라고 칭할 수도 있고, 마찬가지로 일 실시예에서의 제2 구성요소를 다른 실시예에서 제1 구성요소라고 칭할 수도 있다.

[0019] 본 개시에 있어서, 서로 구별되는 구성요소들은 각각의 특징을 명확하게 설명하기 위한 것이며, 구성요소들이 반드시 분리되는 것을 의미하지는 않는다. 즉, 복수의 구성요소가 통합되어 하나의 하드웨어 또는 소프트웨어 단위로 이루어질 수도 있고, 하나의 구성요소가 분산되어 복수의 하드웨어 또는 소프트웨어 단위로 이루어질 수도 있다. 따라서, 별도로 언급하지 않더라도 이와 같이 통합된 또는 분산된 실시예도 본 개시의 범위에 포함된다.

[0020] 본 개시에 있어서, 다양한 실시예에서 설명하는 구성요소들이 반드시 필수적인 구성요소들은 의미하는 것은 아니며, 일부는 선택적인 구성요소일 수 있다. 따라서, 일 실시예에서 설명하는 구성요소들의 부분집합으로 구성되는 실시예도 본 개시의 범위에 포함된다. 또한, 다양한 실시예에서 설명하는 구성요소들에 추가적으로 다른 구성요소를 포함하는 실시예도 본 개시의 범위에 포함된다.

[0021] 본 개시는 무선 통신 시스템에서 네트워크 노드들 간의 통신에 대한 것이다. 네트워크 노드는, 기지국, 단말 또는 릴레이(relay) 중의 하나 이상을 포함할 수 있다. 기지국(Base Station, BS)이라는 용어는, 고정국(fixed station), Node B, eNodeB(eNB), ng-eNB, gNodeB(gNB), 액세스 포인트(Access Point, AP) 등의 용어로 대체될 수 있다. 단말(terminal)은 UE(User Equipment), MS(Mobile Station), MSS(Mobile Subscriber Station), SS(Subscriber Station), 비-AP 스테이션(non-AP STA) 등의 용어로 대체될 수 있다.

[0022] 무선 통신 시스템은 기지국과 단말 간의 통신을 지원할 수도 있고, 단말간 통신을 지원할 수도 있다. 기지국과 단말 간의 통신에 있어서, 하향링크(Downlink, DL)는 기지국으로부터 단말로의 통신을 의미한다. 상향링크(Uplink, UL)은 단말로부터 기지국으로의 통신을 의미한다. 단말간 통신은 D2D(Device-to-Device), V2X(Vehicle-to-everything), ProSe(Proximity Service), 사이드링크(sidelink) 통신 등의 다양한 통신 방식 또는 서비스를 포함할 수 있다. 단말간 통신에 있어서 단말은 센서 노드, 차량, 재난 경보기 등의 형태로 구현

될 수도 있다.

[0023] 또한, 무선 통신 시스템은 릴레이(relay) 또는 릴레이 노드(RN)를 포함할 수 있다. 기지국과 단말 간의 통신에 릴레이가 적용되는 경우, 릴레이는 단말에 대해서 기지국으로서 기능할 수 있고, 릴레이는 기지국에 대해서 단말로서 기능할 수 있다. 한편, 단말간 통신에 릴레이가 적용되는 경우, 릴레이는 각각의 단말에 대해서 기지국으로서 기능할 수 있다.

[0024] 본 개시는 무선 통신 시스템의 다양한 다중 액세스 방식에 적용될 수 있다. 예를 들어, 다중 액세스 방식은 CDMA(Code Division Multiple Access), TDMA(Time Division Multiple Access), FDMA(Frequency Division Multiple Access), OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access), SC-FDMA(Single Carrier-FDMA), OFDM-FDMA, OFDM-TDMA, OFDM-CDMA, NOMA(Non-Orthogonal Multiple Access) 등을 포함할 수 있다. 또한, 본 개시가 적용될 수 있는 무선 통신 시스템은, 상향링크 및 하향링크 통신이 서로 구별되는 시간 자원을 이용하는 TDD(Time Division Duplex) 방식을 지원할 수도 있고, 서로 구별되는 주파수 자원을 이용하는 FDD(Frequency Division Duplex) 방식을 지원할 수도 있다.

[0025] 본 개시에서, 채널을 전송 또는 수신한다는 것은 해당 채널을 통해서 정보 또는 신호를 전송 또는 수신한다는 의미를 포함한다. 예를 들어, 제어 채널을 전송한다는 것은, 제어 채널을 통해서 제어 정보 또는 신호를 전송한다는 것을 의미한다. 유사하게, 데이터 채널을 전송한다는 것은, 데이터 채널을 통해서 데이터 정보 또는 신호를 전송한다는 것을 의미한다.

[0026] 이하에서는 다중 패널 어레이(MPA) 시스템에 적용가능한 코드북 설계 및 해당 코드북에 기초한 송수신에 관련된 본 개시의 예시들에 대해서 설명한다.

[0027] FD-MIMO 시스템은 안테나를 이차원 평면적인 방식으로 송신단(예를 들어, 기지국)에 배열하는 시스템이다. FD-MIMO 시스템은 일반적인 다중 안테나 시스템보다 빔 방향의 자유도가 더 높고 정보처리 속도가 더 빠르며 배열 공간도 절약할 수 있는 장점을 가진다. 한편, 많은 개수의 안테나를 배치하기 위해서 장치의 크기가 커지고 넓은 설치 장소가 필요하게 된다. 이러한 어려움을 극복하기 위해서, 다수의 패널의 안테나를 조립하여 비용 및 전력을 절감하는 다중 패널 기반 FD-MIMO가 제안되었다.

[0028] 다중 안테나 시스템의 성능을 높이기 위해서는, 송신단과 수신단 간의 통신 환경 또는 채널 정보를 정확하게 파악 또는 공유하는 것이 필요하다. 예를 들어, 코드북 기반의 채널 상태 정보(CSI) 피드백이 이용될 수 있다. 예를 들어, 기지국과 단말(또는 사용자)가 동일한 코드북 정보를 미리 공유하고, 단말이 기지국으로부터 수신한 신호(예를 들어, 레퍼런스 신호(RS) 또는 파일럿 신호 등)를 이용하여 채널 정보를 추정하고, 코드북 중에서 실제 채널 정보와 가장 유사한 또는 근접한 코드워드(예를 들어, 프리코딩 행렬)를 결정하고, 결정된 코드워드의 인덱스(예를 들어, 프리코딩 행렬 인덱스(PMI))를 기지국으로 피드백할 수 있다. 이에 따라, 기지국은 수신한 코드워드 인덱스가 지시하는 코드워드를 코드북에서 확인하고, 단말이 추정한 채널 정보를 결정할 수 있다.

[0029] MPA 시스템에서 각각의 패널에 대해서 RF(Radio Frequency) 회로를 겹치지 않게 설치한다. 즉, MPA 시스템에서 각각의 패널이 물리적으로 분리되어 있기 때문에, 안테나 엘리먼트들 간의 거리는 균일하지 않을 수 있다. 또한, 서로 다른 패널의 RF 체인들은 샘플링 클럭 타이밍 또는 캐리어 주파수 측면에서 완벽하게 조정(calibrate)될 수 없으므로, 각각의 패널 서로 다른 위상 오프셋을 가지는 위상 불명확성(phase ambiguity, PA) 문제가 발생할 수 있다. 이러한 PA 문제로 인하여, 전체 안테나 어레이를 하나의 패널(single panel)로 보고 코드북을 설계하는 방식을 적용할 수 없고, 각각의 패널 별로 코드북을 설계하는 방식을 고려할 수 있다.

[0030] 3GPP 통신 표준에서는 두 가지 타입, 즉, Type-I 및 Type-II의 코드북 설계 방안이 제시되었다. Type-I 코드북의 경우, 복수의 빔(또는 프리코딩 행렬) 그룹 중에서 하나 또는 전체의 빔을 선택하는 것을 지원하는 반면, Type-II 코드북은 복수의 빔(또는 빔 그룹)을 선택하고 해당 그 중에서 임의의 개수의 빔의 선형적인 조합에 해당하는 빔 방향을 지원할 수 있다. 구체적으로, Type-I 코드북의 경우, 4 개의 빔을 포함하는 빔 그룹 중에서 1개 또는 4개의 빔을 선택(또는 오버샘플링)할 수 있으나 Type-II 코드북에 비하여 자유도가 더 낮은 반면, Type-II 코드북의 경우는 Type-I 코드북의 경우보다 더 자유롭게 4 개의 빔을 포함하는 빔 그룹 중에서 1개, 2개, 3개, 또는 4개의 빔을 선택(또는 오버샘플링)할 수 있다. Type-I 코드북의 경우 주로 단일 사용자(SU)-MIMO 전송에 최적화되며 상대적으로 작은 피드백 오버헤드를 가지는 반면, Type-II 코드북의 경우 주로 다중 사용자(MU)-MIMO 전송에 최적화되며 보다 정교한 채널 정보를 가지므로 상대적으로 큰 피드백 오버헤드를 가진다. 즉, Type-I 코드북 기반 송수신 동작은 Type-II 코드북 기반 송수신 동작에 비하여 계산 복잡도가 낮지만 채널 정보의 정확도가 상대적으로 낮을 수 있다.

[0031] MPA 시스템에 적용가능한 코드북은 Type-I MP(다중 패널) 코드북이지만, 전술한 바와 같은 채널 정보의 정확도가 낮은 문제를 가진다. 한편, Type-II SP(단일 패널) 코드북을 MPA 시스템에 직접 적용하는 경우, 계산 복잡도가 매우 높아지고, 패널 간 PA 문제로 인한 성능 열화가 발생할 수 있으며, 많은 안테나 엘리먼트 개수로 인하여 코드북 크기가 커지고 이로 인해 피드백 오버헤드가 크게 증가할 수 있다.

[0032] 따라서, 기존의 코드북 설계 방식에서 탈피하여, MPA 시스템을 위하여 피드백 정보(예를 들어, CSI)의 정확도를 높이면서도 계산 복잡도 및 피드백 오버헤드를 줄이는 새로운 방안에 대한 본 개시의 예시들에 대해서 이하에서 설명한다.

[0033] 도 1은 본 개시가 적용될 수 있는 MPA 시스템의 예시를 나타내는 도면이다.

[0034] 코드북 설계의 원리를 명료하게 설명하기 위하여, 본 개시에서는 MPA를 구비하는 하나의 기지국과, 단일 안테나를 구비하는 단말(또는 사용자)가 K개 존재하는 무선 통신 시스템을 가정한다. 또한, 기지국과 단말(들)은 FDD 방식으로 송수신을 수행하는 것으로 가정한다.

[0035] 또한, MPA 시스템은 기지국이 수직(vertical) 방향으로 M_v 개 및 수평(horizontal) 방향으로 M_h 개의 패널들을 구비하는 것을 가정한다. 각각의 패널은 균일한 간격을 가지는 직사각형 안테나 어레이(uniformly-spaced rectangular antenna array, URA)를 가지고, 수직 방향으로 N_v 개 및 수평 방향으로 N_h 개의 안테나들을 구비하는 것을 가정한다. K 개의 단말들은 동일한 시간/주파수 자원 상에서 서빙되는 것으로 가정한다.

[0036] 이러한 MPA 시스템의 물리적 특성에 기초하여, 채널 모델이 다중 안테나 간의 3차원 상관관계를 나타내는 공간 채널 모델(spatial channel model, SCM)을 가정한다.

[0037] 이 경우, 기지국과 k 번째 단말 간의 병합된(aggregated) 채널 행렬 H_k 는

$$\mathbf{H}_k^p \in \mathbb{C}^{M_v N_v \times M_h N_h}$$

로 표시될 수 있으며, 다음과 같이 정의될 수 있다.

수학식 1

[0038]
$$\mathbf{H}_k = \frac{1}{\sqrt{P}} \sum_{p=1}^{P} \mathbf{H}_k^p$$

[0039] 수학식 1에서 P는 경로의 개수에 해당하고, H_k^p 는 p 번째 경로에서의 채널 행렬을 나타낸다.

[0040] 이 경우, p 번째 경로에서의 채널 행렬의 (n_v, n_h) 번째 요소는 다음과 같이 나타낼 수 있다. 여기서, $n_v=1,2,...,M_vN_v$ 이고, $n_h=1,2,...,M_hN_h$ 이다.

수학식 2

[0041]
$$\left[\mathbf{H}_k^p\right]_{n_v,n_h} = \rho_k^p \exp\left(-j\frac{2\pi}{\lambda}\left(\Delta_{v,n_v}\sin\phi_k^p + \Delta_{h,n_h}\cos\theta_k^p\cos\phi_k^p\right)\right)$$

[0042] 수학식 2에서 ρ_k^p는 대규모 페이딩 계수이고, λ는 파장이다. 또한, 도 1을 참조하면, 수학식 2에서 Θ_k 및 ϕ_k는 기지국으로부터 k 번째 단말까지의 출발 방위각(azimuth angle of departure, AOD) 및 출발 천정각(zenith angle of departure, ZOD)에 해당한다.

[0043] 수학식 2에서 Δ_{v,n_v} 및 Δ_{h,n_h}는 각각 수직 방향 및 수평 방향에서의 안테나 엘리먼트들 간의 간격(spacing)을 특정한다. 즉, Δ_{v,n_v} 및 Δ_{h,n_h}는 2차원 안테나 배열의 공간 특성을 나타내는 수직 및 수평 도메인에서의 공간 인자(factor)를 나타낸다. Δ_{v,n_v} 및 Δ_{h,n_h}는 다음과 같이 정의된다.

수학식 3

[0044]
$$\Delta_{v,n_v} = D_{M,v}\left(\left\lceil \frac{n_v}{N_v} \right\rceil - 1\right) + D_{N,v}\left(n_v - \left\lceil \frac{n_v}{N_v} \right\rceil\right)$$
$$\Delta_{h,n_h} = D_{M,h}\left(\left\lceil \frac{n_h}{N_h} \right\rceil - 1\right) + D_{N,h}\left(n_h - \left\lceil \frac{n_h}{N_h} \right\rceil\right)$$

[0045] 도 1을 참조하면, 수학식 3에서 $D_{M,v}$ 및 $D_{M,h}$는 각각 수직 및 수평 방향에서의 안테나 패널 간 거리에 해당한다. $D_{N,v}$ 및 $D_{N,h}$는 각각 수직 및 수평 방향에서의 안테나 엘리먼트 간 거리에 해당한다.

[0046] 이하의 설명에서, CSI를 계산하기 위해서 전술한 가정과 같은 MPA 시스템에서의 k 번째 단말에 대한 채널 행렬 H_k는 벡터 형식인 h_k로 표현될 수 있다.

[0047] 도 2는 본 개시에 따른 라인 패널 코드북 설계를 설명하기 위한 도면이다.

[0048] 먼저 도 2(a)를 참조하여 Type-II 단일 패널(SP) 코드북 설계에 대해서 설명한다. 기존의 Type-II SP 코드북 설계는 CSI 피드백의 높은 분해능(resolution)을 가지고, 오버샘플링된 다수의 DFT(discrete Fourier transform) 빔이 정의되며, 복수의(예를 들어, 2, 3 또는 4개의) DFT 빔들의 선형 조합(예를 들어, WS(weighted sum)-DFT 방식)으로 정밀한 빔 방향을 지원할 수 있다.

[0049] 예를 들어, 기존의 Type-II SP 코드북 설계는 CSI를 정량화하고 DFT 코드북을 생성할 때 여러 오버샘플링된 DFT 빔의 파워와 위상을 조정할 수 있다. 전체 CSI 피드백 프레임워크는 와이드 밴드(wide-band, WB) 정보와 서브 밴드 (sub-band, SB) 정보로 구성된다. 우선 L 개의 오버샘플링된 이차원 DFT 빔은 WB 정보로 피드백하며 이는 파워(또는 진폭(amplitude))에 연관될 수 있다. 또한, L 개의 빔을 조합하는 상관 파워 및 공동-위상(co-phasing) 조정 정보는 SB 정보를 통해 피드백될 수 있다. 조합된 빔은 다음과 같이 표현할 수 있다.

수학식 4

[0050]

$$\hat{w}_{r,l} = \sum_{i=0}^{L-1} b_{n_v^{(i)} n_h^{(i)}} p_{r,l,i}^{(WB)} p_{r,l,i}^{(SB)} c_{r,l,i}$$

[0051] 수학식 4에서 $b_{n_v^{(i)} n_h^{(i)}}$ 는 i 번째 오버샘플링된 이차원 DFT 빔에 해당하고, $n_v^{(i)}$ 및 $n_h^{(i)}$는 각각 수직 및 수평 도메인의 빔 인덱스에 해당한다. 또한, r은 극성(polarization)에 해당하고, 0 또는 1의 값을 가질 수 있다. 그리고, l은 레이어에 해당하고, 0 또는 1의 값을 가질 수 있다. 다음으로, $p_{r,l,i}^{(WB)}$ 및 $p_{r,l,i}^{(SB)}$ 는 각각 WB 및 SB에 대한 빔 진폭 스케일링 계수에 해당한다. 그리고, $c_{r,l,i}$ 은 빔 위상에 해당한다. 낮은 CSI 피드백 오버헤드를 달성하기 위해 $p_{r,l,i}^{(SB)}$ 를 0 비트로 정의하여, WB 정보만 피드백받아서 이용하는 Type-II WB 전용 모델이 많이 활용된다.

[0052] 도 2(b)를 참조하여 Type-II WB 전용 모델 기반 라인 패널(line panel, LP) 코드북 설계에 대해서 설명한다.

[0053] 라인 패널(LP)은 2차원 안테나 패널들 중에서 수직 방향의 안테나 패널들의 집합에 해당한다. 도 2(b)에서 패널 1 및 2가 LP 1에 해당하고, 패널 3 및 4가 LP 2에 해당할 수 있다. 예를 들어, 안테나 어레이가 M_{LP} 개의 LP들을 포함하고, 각각의 LP는 N_P 개의 안테나 포트를 가지는 것으로 가정할 수 있다.

[0054] LP 기반 코드북 설계는, Type-II WB 전용 모델에서 수직 방향으로 배치된 다수의 안테나 패널(즉, 하나의 라인 패널)이 수직 방향으로 더 얇고 수평 방향으로 더 넓은 빔을 형성할 수 있는 특성을 이용한다. 즉, 수직 방향으로 중첩된 안테나의 개수가 많을수록, 원하는 특정 수직 방향으로 집중된 빔이 형성될 수 있고, 커버리지 영역이 더 넓어지고, 수평 방향의 게인이 높아질 수 있다.

[0055] 또한, LP 기반 코드북 설계는, 일부 패널을 조합하여 기존의 Type-II 코드북으로 CSI 계산에 있어서의 PA 문제를 패널 공동-위상(co-phasing) 계수를 통해 보상할 수 있다. 패널 공동-위상 계수는, 패널 별로 오실레이터 또는 샘플링 시간의 차이로 인하여 발생하는 PA 문제를 해결하기 위하여, 샘플링 시간을 동일하게 해주는 인자에 해당할 수 있다. 패널 공동-위상 계수는 패널 별로 적용될 수도 있으나, 본 개시에서는 라인 패널 별로 적용되는 것으로 가정한다. 즉, 하나의 라인 패널에 속한 복수의 패널들간의 위상 차이 또는 샘플링 시간 차이는 무시할 수 있다고 가정한다.

[0056] WS-DFT 방식으로 하나 이상의 DFT 빔의 선형 조합에 의한 정밀한 빔포밍을 지원함에 있어서, 이와 같이 수직 방향의 패널들을 그룹화하여 라인 패널을 구성하는 경우 수평 방향의 패널들을 그룹화하는 것에 비하여 빔 형태 측면에서 유리한 효과를 가진다. 또한, 안테나 엘리먼트를 그룹화하는 것은 하나의 안테나 RF 체인 내에서의 그룹화에 해당하므로 동일한 하나의 패널 내에 여러 RF 체인이 존재하더라도 PA 문제가 발생하지 않지만, 안테나 패널 마다 상이한 RF 체인이 존재하는 경우에는 상이한 RF 체인을 그룹핑하는 경우 발생하는 PA 문제를 해결하는 것이 요구된다. 따라서, 본 개시에서는 수직 방향의 안테나 패널들을 그룹핑하는 라인 패널이라는 새로운 방식을 적용함으로써 빔 방향의 정밀도를 높이면서도, 패널 간 PA 문제를 해결할 수 있는 방안을 제시한다.

[0057] 먼저 단일 라인 패널(SLP)에 대해서 Type-II WB 전용 모델을 통해 코드북 후보 행렬 $C_{SLP} = \{c_{SLP}^{(1)}, c_{SLP}^{(2)}, ..., c_{SLP}^{(S)}\}$ 를 생성한다.

[0058] 또한, k 번째 단말에 대한 m_{LP} 번째 라인 패널에 해당하는 채널 벡터는 $\mathbf{h}_{m_{LP},k}$ 으로 나타내고, 기지국에

서 계산하는 개별적인 채널 벡터 $\overline{\mathbf{h}}_{m_{\mathrm{LP}},k}$ 는 다음과 같이 정의될 수 있다.

수학식 5

$$\overline{\mathbf{h}}_{m_{\mathrm{LP}},k} = \mathbf{c}_{\mathrm{SLP}}^{\left(i^*_{m_{\mathrm{LP}},k}\right)}$$
$$i^*_{m_{\mathrm{LP}},k} = \underset{1 \le i \le S}{\arg\max} \left| \mathbf{h}^H_{m_{\mathrm{LP}},k} \mathbf{c}_{\mathrm{SLP}}^{(i)} \right|$$

[0059]

$$\underset{1 \le i \le S}{\arg\max} \left| \mathbf{a}\mathbf{x}^{(\mathrm{i})} \right|$$

[0060] 수학식 5에서 $\underset{1 \le i \le S}{\arg\max} \left| \mathbf{a}\mathbf{x}^{(\mathrm{i})} \right|$ 는 S 개의 벡터를 포함하는 행렬 X 중에서, 벡터 a와 곱하면 절대값이 최대가 되는 벡터 $x^{(i)}$를 얻는 연산에 해당한다.

[0061] 각각의 단일 라인 패널 코드북의 코드워드가 결정되면, 라인 패널 별로 채널 특성을 나타내는 패널 공동-위상 계수를 적용할 수 있다. CSI 피드백 비트 중에서, 라인 패널 별로 위상을 보상하는 계수에 대한 비트수를 B_{LP} 비트라고 가정한다. 이 경우, 패널 위상 교정 코드북 Θ_{PA} 에 S_{PA} 개의 코드워드가 포함되며, $S_{\mathrm{PA}} = 2^{B_{\mathrm{LP}}(M_{\mathrm{LP}}-1)}$ 이다. 또한, S_{PA} 개의 코드워드들은 $\left[e^{j\theta_1}, \ldots, e^{j\theta_{m_{\mathrm{LP}}}}, \ldots, e^{j\theta_{M_{\mathrm{LP}}}} \right]^T$ 의 형식으로 정의될 수 있다. 여기서, 위상 인자는 $\theta_{m_{\mathrm{LP}}} \in \left\{ 0, \frac{2\pi}{2^{B_{\mathrm{LP}}}}, \ldots, \frac{2\pi\left(2^{B_{\mathrm{LP}}}-1\right)}{2^{B_{\mathrm{LP}}}} \right\}$ 로 정의될 수 있다.

[0062] 전술한 단일 라인 패널 코드북(C_{SLP}) 및 패널 위상 교정 코드북(Θ_{PA})에 기초하여(예를 들어, C_{SLP}와 Θ_{PA}의 내적을 구하여) 최종 라인 패널 코드북 $\mathbf{C}_{\mathrm{LP}} = \left\{ \mathbf{c}_{\mathrm{LP}}^{(1)}, \mathbf{c}_{\mathrm{LP}}^{(2)}, \ldots, \mathbf{c}_{\mathrm{LP}}^{(S_{\mathrm{PA}})} \right\}$ 이 결정될 수 있다. 구체적인 후보 코드워드는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

[0063]

$$\mathbf{c}_{\mathrm{LP}}^{(i)} = \left[e^{j\theta_1}\overline{\mathbf{h}}_{1,k}, \ldots, e^{j\theta_{m_{\mathrm{LP}}}}\overline{\mathbf{h}}_{m_{\mathrm{LP}},k}, \ldots, e^{j\theta_{M_{\mathrm{LP}}}}\overline{\mathbf{h}}_{M_{\mathrm{LP}},k} \right]^T, i = 1, 2, \ldots, S_{\mathrm{PA}}$$

[0064] 단말 별로 채널 벡터 h_k를 사용하여, 해당하는 라인 패널 코드워드는 다음 수학식을 통해 결정될 수 있다.

수학식 7

[0065]

$$\hat{\mathbf{h}}_k = \mathbf{c}_{\mathrm{LP}}^{(i_k^*)}$$

$$i_k^* = \underset{1 \le i \le S_{\mathrm{PA}}}{\arg\max} \left| \mathbf{h}_k^H \mathbf{c}_{\mathrm{LP}}^{(i)} \right|$$

[0066] 도 2(a)를 참조하여 설명한, 단일 패널에서 DFT 코드북에 기반하여, L 개(예를 들어, L=2, 3, 또는 4)의 DFT 빔을 선택하고, L 개의 빔-간 공동-위상(inter-beam co-phasing) 및 진폭을 선택하여, 수학식 4와 같이 표현되는 조합된 빔을 형성하는 동작은, 도 2(b)의 SLP 각각에 대해서 적용될 수 있다.

[0067] 나아가, 도 2(b)를 참조하여 설명한 바와 같이, 패널-간 공동-위상(inter-panel co-phasing) 인자 $\theta_{m_{\mathrm{LP}}}$를 선택할 수 있다. 예를 들어, LP 0에 적용되는 위상 인자 Θ_0 는 1일 수 있고, LP 1에 적용되는 위상 인자 Θ_1 은 {1, j, -1, -j} 중의 하나일 수 있다 (이 경우, B_{LP} = 2).

[0068] 프리코더를 고려하여 k 번째 단말에서 수신되는 신호 y_k 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

수학식 8

[0069]

$$y_k = \mathbf{h}_k \mathbf{p}_k s_k + n_k$$

[0070] 수학식 8에서 p_k는 k 번째 단말에 대한 프리코딩 벡터(즉, 프리코더)에 해당하고, s_k는 전송 데이터에 해당하고, n_k는 잡음에 해당한다.

[0071] 프리코더 p_k는 제로-포싱(zero-forcing) 및 섬-레이트(sum-rate) 계산에 기초하여 다음의 수학식에 의해서 획득될 수 있다.

수학식 9

[0072]

$$\mathbf{p}_k = \alpha\,\mathrm{pinv}\left(\hat{\mathbf{h}}_k\right), \quad \alpha = \sqrt{\frac{P_B}{\mathrm{tr}\left(\hat{\mathbf{h}}_k\left(\hat{\mathbf{h}}_k\right)^H\right)}}$$

[0073] 수학식 9에서 pinv()는 의사역행렬(pseudoinverse)에 해당하고, tr()은 대각합에 해당한다. P_B는 신호 전송 파워(transmit power)에 해당하며, 그 값은 송신단의 상황에 따라서 설정될 수 있다.

[0074] 도 3은 본 개시와 관련된 시뮬레이션 결과를 나타내는 도면이다.

[0075] 도 3의 예시에서는 MPA 시스템에서 패널 거리 d_M의 변화에 따른 기존 Type-II SP 코드북 및 본 개시에 따른 Type-II LP 코드북(LPC로 표시) 설계 기법의 평균 섬-레이트 (average sum-rate) 성능을 나타낸다. B는 CSI 피드백 비트수를 나타낸다.

[0076] 통신 환경에 있는 노이즈는 평균값이 0이고 분산은 σ^2 인 AWGN(average white Gaussian noise)를 가정하였으며, SINR(signal to interference-plus-noise ratio)은 다음 식에 의해서 산출되었다.

수학식 10

[0077]

$$\mathrm{SINR_k} = \frac{\left|\mathbf{h}_k\left(\hat{\mathbf{h}}_k^T\right)^{-1}\right|^2}{\sum_{\bar{\mathrm{k}}=1,\bar{\mathrm{k}}\neq \mathrm{k}}^{\mathrm{K}}\left|\mathbf{h}_k\left(\hat{\mathbf{h}}_{\bar{k}}^T\right)^{-1}\right|^2 + \sigma^2}$$

[0078] 평균 섬-레이트는 다음의 수학식과 같이 정의된다.

수학식 11

[0079]

$$R = \sum_{k=1}^{K}\log_2\left(1+\mathrm{SINR_k}\right)$$

[0080] 도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 라인 패널 코드북 기반 송수신 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0081] 단계 S410에서 송신단(예를 들어, 기지국)은 수신단(예를 들어, k 번째 단말)에게 참조신호(RS)를 전송할 수 있다. RS는 CSI-RS 등을 포함할 수 있다

[0082] 단계 S420에서 수신단은 송신단으로부터 수신된 RS에 기초하여 채널(예를 들어, H_k)를 추정하고, 채널 상태 정보(CSI)를 결정 또는 산출하여 송신단으로 피드백할 수 있다. CSI는 PMI 및 패널 위상 인자를 포함할 수 있다. PMI는 적어도 WB PMI 정보를 포함할 수 있다. 패널 위상 인자는 전술한 패널 공동-위상 계수를 포함할 수 있다. 추가적으로, CSI는 CQI(channel quality indicator), RI(rank indicator) 등을 더 포함할 수 있다.

[0083] 단계 S430에서 송신단은 수신단으로부터의 CSI를 참고하여(단, 수신단의 CSI에 반드시 기초하도록 제한되지는 않음) 복수의 라인 패널 각각에 대한 하나 이상의 코드워드를 결정할 수 있다. 여기서, 라인 패널 별 코드북이 송신단과 수신단 사이에 미리 공유 또는 미리 정의된 것으로 가정하며, 상기 하나 이상의 코드워드는 라인 패널 별 코드북 중에서 선택/결정될 수 있다.

[0084] 단계 S440에서 송신단은 수신단으로부터의 CSI를 참고하여(단, 수신단의 CSI에 반드시 기초하도록 제한되지는 않음) 복수의 라인 패널 각각에 대한 위상 인자를 결정할 수 있다. 패널 위상 인자는 패널 공동-위상 계수 또는 패널-간 공동-위상 인자에 해당할 수 있다.

[0085] 단계 S450에서 송신단은 복수의 라인 패널을 포함하는 MPA를 통하여, 수신단으로 전송될 신호/데이터에 대해서 프리코딩을 적용하고, 프리코딩된 신호를 수신단으로 전송할 수 있다. 프리코딩은 단계 S430 및 S440에서 결정된 패널 별 하나 이상의 코드워드 및 패널 위상 인자에 기초하여 적용될 수 있다.

[0086] 도 5는 본 개시에 따른 송신 장치 및 수신 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

[0087] 송신 장치(500)는 프로세서(510), 안테나부(520), 트랜시버(530), 메모리(540)를 포함할 수 있다.

[0088] 프로세서(510)는 베이스밴드 관련 신호 처리를 수행하며, 상위계층 처리부(511) 및 물리계층 처리부(515)를 포함할 수 있다. 상위계층 처리부(511)는 MAC 계층, RRC 계층, 또는 그 이상의 상위계층의 동작을 처리할 수 있다. 물리계층 처리부(515)는 PHY 계층의 동작(예를 들어, 상향링크/하향링크/사이드링크 상의 송신/수신 신호 처리 등)을 처리할 수 있다. 프로세서(510)는 베이스밴드 관련 신호 처리를 수행하는 것 외에도, 송신 장치(500) 전반의 동작을 제어할 수도 있다.

[0089] 안테나부(520)는 하나 이상의 물리적 안테나를 포함할 수 있고, 복수개의 안테나를 포함하는 경우 MIMO 송수신을 지원할 수 있다. 트랜시버(530)는 RF 송신기와 RF 수신기를 포함할 수 있다. 메모리(540)는 프로세서(510)의 연산 처리된 정보, 송신 장치(500)의 동작에 관련된 소프트웨어, 운영체제, 애플리케이션 등을 저장할 수 있으며, 버퍼 등의 구성요소를 포함할 수도 있다.

[0090] 송신 장치(500)의 프로세서(510)는 본 개시에서 설명하는 실시예들에서의 송신단의 동작을 구현하도록 설정될 수 있다.

[0091] 예를 들어, 송신 장치(500)의 프로세서(510)의 물리계층 처리부(515)는 안테나부(520)에 구비된 복수의 라인 패널 각각에 대한, 하나 이상의 코드워드 및 패널 위상 인자를 결정하고, 상기 결정된 하나 이상의 코드워드 및 패널 위상 인자에 기초하여, 수신 장치(550)로 전송될 데이터를 프리코딩하고, 프리코딩된 신호를 트랜시버(530)를 통하여 수신 장치(550)로 전송하도록 동작할 수 있다.

[0092] 수신 장치(550)는 프로세서(560), 안테나부(570), 트랜시버(580), 메모리(590)를 포함할 수 있다.

[0093] 프로세서(560)는 베이스밴드 관련 신호 처리를 수행하며, 상위계층 처리부(561) 및 물리계층 처리부(565)를 포함할 수 있다. 상위계층 처리부(561)는 MAC 계층, RRC 계층, 또는 그 이상의 상위계층의 동작을 처리할 수 있다. 물리계층 처리부(565)는 PHY 계층의 동작(예를 들어, 상향링크/하향링크/사이드링크 상의 송신/수신 신호 처리 등)을 처리할 수 있다. 프로세서(560)는 베이스밴드 관련 신호 처리를 수행하는 것 외에도, 수신 장치(550) 전반의 동작을 제어할 수도 있다.

[0094] 안테나부(570)는 하나 이상의 물리적 안테나를 포함할 수 있고, 복수개의 안테나를 포함하는 경우 MIMO 송수신을 지원할 수 있다. 트랜시버(580)는 RF 송신기와 RF 수신기를 포함할 수 있다. 메모리(590)는 프로세서(560)의 연산 처리된 정보, 수신 장치(550)의 동작에 관련된 소프트웨어, 운영체제, 애플리케이션 등을 저장할 수 있으며, 버퍼 등의 구성요소를 포함할 수도 있다.

[0095] 수신 장치(550)의 프로세서(560)는 본 개시에서 설명하는 실시예들에서의 수신단의 동작을 구현하도록 설정될 수 있다.

[0096] 예를 들어, 수신 장치(550)의 프로세서(560)의 물리계층 처리부(565)는, 안테나부(570) 및 트랜시버(580)를 통하여 송신 장치(500)로부터 수신되는 참조신호에 기초하여 채널을 추정하고, 추정된 채널에 관련된 채널상태정보를 결정/산출할 수 있다. 채널상태정보는 송신 장치(500)의 안테나부(520)에 구비된 복수의 라인 패널 각각에 대한 하나 이상의 코드워드 및 패널 위상 인자에 관련된 정보를 포함할 수 있다. 채널상태정보는 트랜시버(580)를 통하여 송신 장치(500)에게 전송될 수 있다.

[0097] 송신 장치(500) 및 수신 장치(550)의 동작에 있어서 본 개시의 예시들에서 수신단 및 송신단에 대해서 설명한

사항이 동일하게 적용될 수 있으며, 중복되는 설명은 생략한다.

[0098] 본 개시의 예시적인 방법들은 설명의 명확성을 위해서 동작의 시리즈로 표현되어 있지만, 이는 단계가 수행되는 순서를 제한하기 위한 것은 아니며, 필요한 경우에는 각각의 단계가 동시에 또는 상이한 순서로 수행될 수도 있다. 본 개시에 따른 방법을 구현하기 위해서, 예시하는 단계에 추가적으로 다른 단계를 포함하거나, 일부의 단계를 제외하고 나머지 단계를 포함하거나, 또는 일부의 단계를 제외하고 추가적인 다른 단계를 포함할 수도 있다.

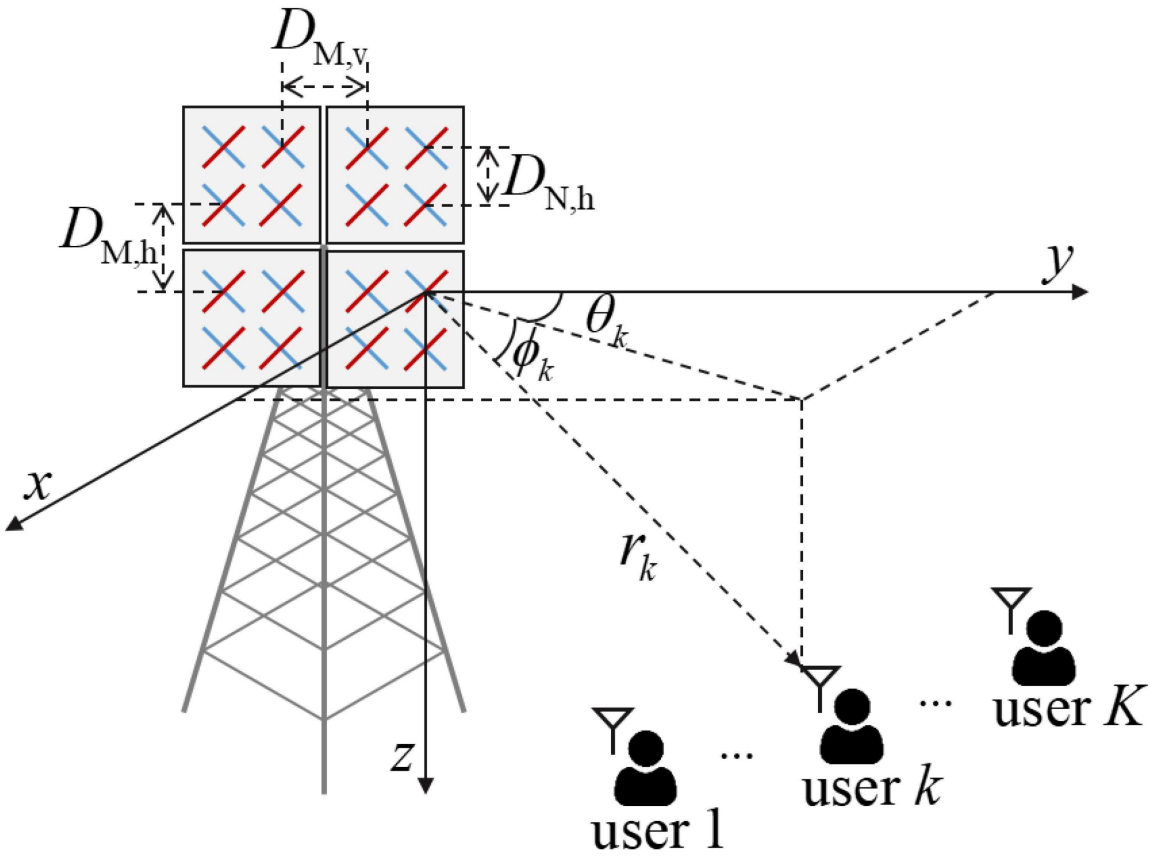
[0099] 본 개시의 다양한 실시예는 모든 가능한 조합을 나열한 것이 아니고 본 개시의 대표적인 양상을 설명하기 위한 것이며, 다양한 실시예에서 설명하는 사항들은 독립적으로 적용되거나 또는 둘 이상의 조합으로 적용될 수도 있다.

[0100] 또한, 본 개시의 다양한 실시예는 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어, 또는 그들의 결합 등에 의해 구현될 수 있다. 하드웨어에 의한 구현의 경우, 하나 또는 그 이상의 ASICs(Application Specific Integrated Circuits), DSPs(Digital Signal Processors), DSPDs(Digital Signal Processing Devices), PLDs(Programmable Logic Devices), FPGAs(Field Programmable Gate Arrays), 범용 프로세서(general processor), 컨트롤러, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서 등에 의해 구현될 수 있다.

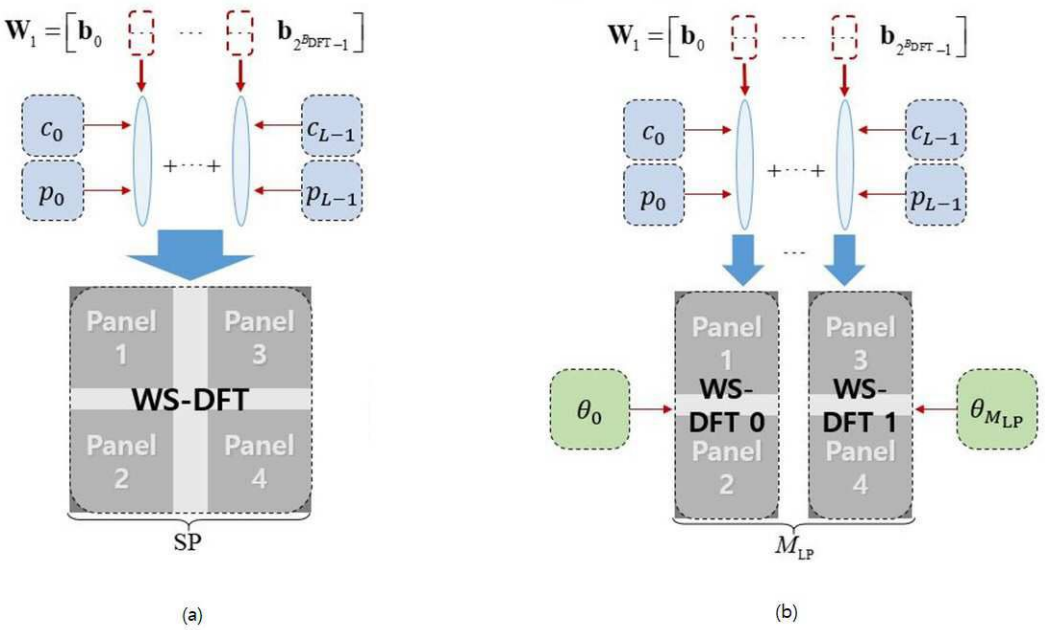
[0101] 본 개시의 범위는 다양한 실시예의 방법에 따른 동작이 장치 또는 컴퓨터 상에서 실행되도록 하는 소프트웨어 또는 머신-실행가능한 명령들(예를 들어, 운영체제, 애플리케이션, 펌웨어(firmware), 프로그램 등), 및 이러한 소프트웨어 또는 명령 등이 저장되어 장치 또는 컴퓨터 상에서 실행 가능한 비-일시적 컴퓨터-판독가능 매체(non-transitory computer-readable medium)를 포함한다.

도면

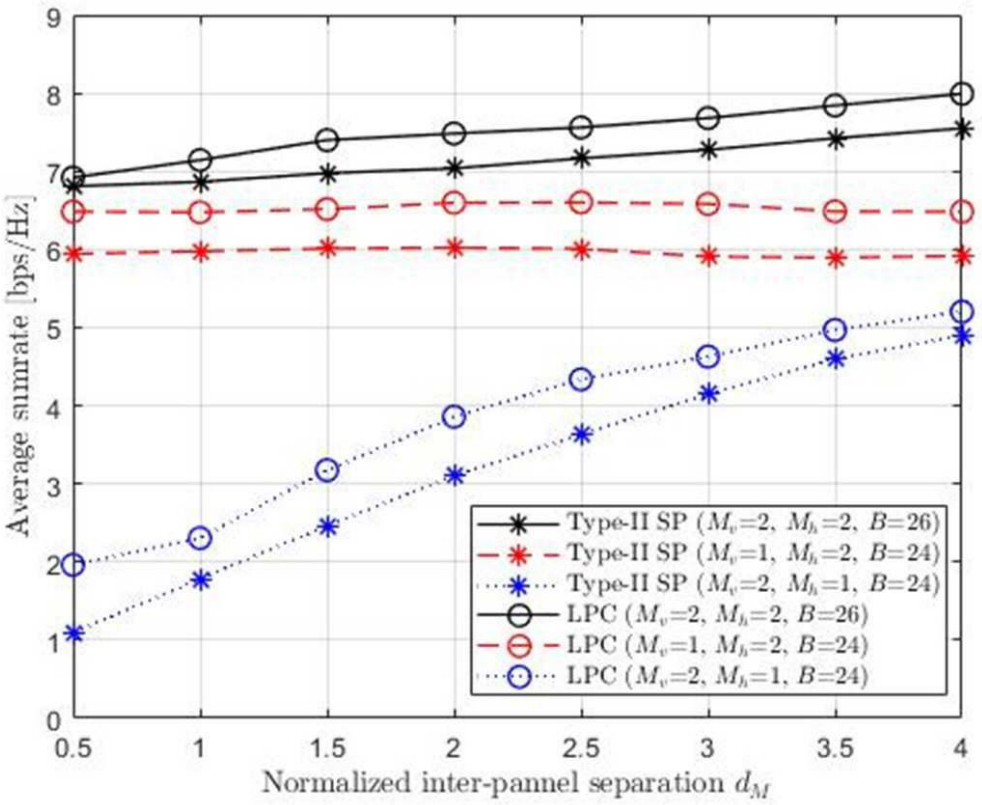
도면1



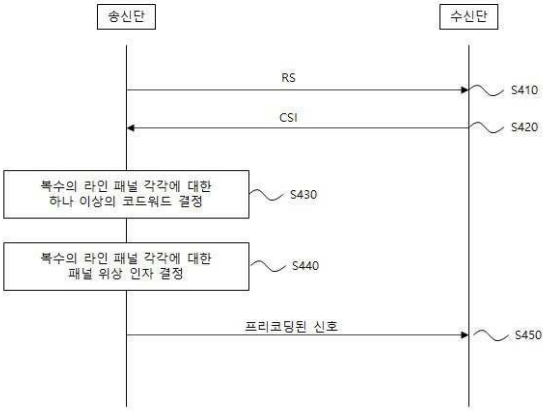
도면2


$\mathbf{W}_1 = [\mathbf{b}_0 \cdots \mathbf{b}_{2^{B_{DFT}}-1}]$
c_0
p_0
c_{L-1}
p_{L-1}
Panel 1
Panel 3
WS-DFT
Panel 2
Panel 4
SP
(a)
θ_0
WS-DFT 0
WS-DFT 1
$\theta_{M_{LP}}$
M_{LP}
(b)

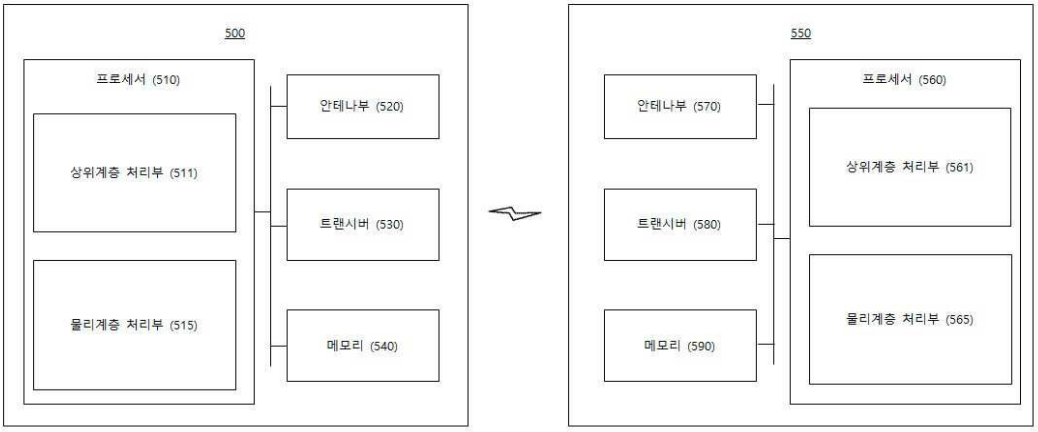
도면3


Average sumrate [bps/Hz]
Normalized inter-pannel separation d_M
Type-II SP (M_v=2, M_h=2, B=26)
Type-II SP (M_v=1, M_h=2, B=24)
Type-II SP (M_v=2, M_h=1, B=24)
LPC (M_v=2, M_h=2, B=26)
LPC (M_v=1, M_h=2, B=24)
LPC (M_v=2, M_h=1, B=24)

도면4


송신단
수신단
RS
S410
CSI
S420
복수의 라인 패널 각각에 대한
하나 이상의 코드워드 결정
S430
복수의 라인 패널 각각에 대한
패널 위상 인자 결정
S440
프리코딩된 신호
S450

도면5


500
프로세서 (510)
상위계층 처리부 (511)
물리계층 처리부 (515)
안테나부 (520)
트랜시버 (530)
메모리 (540)
550
안테나부 (570)
트랜시버 (580)
메모리 (590)
프로세서 (560)
상위계층 처리부 (561)
물리계층 처리부 (565)