



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0003094
(43) 공개일자 2022년01월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/06 (2017.01) H04B 7/0417 (2017.01)
H04B 7/0456 (2017.01) H04L 25/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/0626 (2013.01)
H04B 7/0417 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-7039713
(22) 출원일자(국제) 2020년04월14일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2021년12월02일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2020/060409
(87) 국제공개번호 WO 2020/221582
국제공개일자 2020년11월05일
(30) 우선권주장
19172422.8 2019년05월02일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
프라운호퍼 게젤샤프트 쭈르 뢰르데룽 데어 안겐
반텐 포르슝 에. 베.
독일 80686 뮌헨 한자슈트라쎄 27 체
(72) 발명자
라미레디, 펜카데쉬
독일 91058 에를랑겐 암 볼프스만텔 33 프라운호
퍼-인스티튜트 뤼어 인테그리어테 살통엔 이이에
스 내
그로스만, 마커스
독일 91058 에를랑겐 암 볼프스만텔 33 프라운호
퍼-인스티튜트 뤼어 인테그리어테 살통엔 이이에
스 내
란드만, 마커스
독일 91058 에를랑겐 암 볼프스만텔 33 프라운호
퍼-인스티튜트 뤼어 인테그리어테 살통엔 이이에
스 내
(74) 대리인
특허법인필앤온지

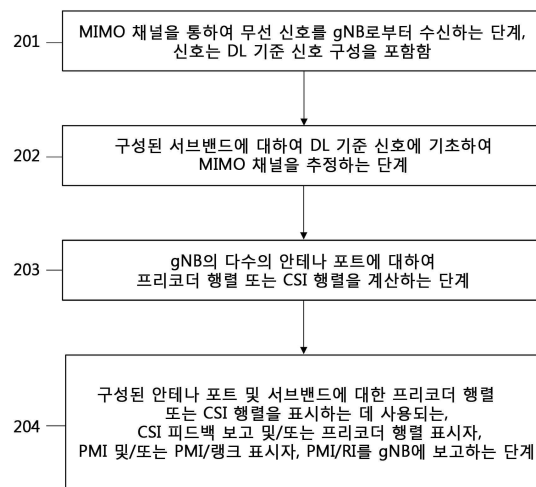
전체 청구항 수 : 총 38 항

(54) 발명의 명칭 무선 통신 시스템에서 CSI 보고를 위한 방법 및 장치

(57) 요약

본 개시는 CSI 보고를 위한 방법 및 장치(UE, 네트워크 노드 또는 gNB)에 관한 것이다. UE에 의해 수행되는 방법은 MIMO 채널을 통해 gNB로부터 무선 신호를 수신하는 단계(201)- 상기 무선 신호는 DL-RS 구성에 따른 적어도 하나의 DL-RS를 포함함-; 구성된 서브밴드에 대한 상기 수신된 적어도 하나의 DL 기준 신호에 기초하여 상기 MIMO 채널을 추정하는 단계(202); gNB의 안테나 포트 및 구성된 서브밴드의 수에 대한 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬을 계산하는 단계(203)-상기 프리코더 행렬은 제 1 코드북 및 제 2 코드북, 및 제 1 코드북과 제 2 코드북으로부터 선택된 하나 이상의 벡터들을 복소 스케일링/결합하기 위한 결합 계수들의 집합에 기초함; 및 구성된 안테나 포트 및 서브밴드에 대한 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬을 표시하는 데 사용되는 CSI 피드백 보고 및/또는 PMI/RI를 gNB에 보고하는 단계(204)를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H04B 7/0478 (2013.01)

H04B 7/063 (2013.01)

H04B 7/0663 (2013.01)

H04L 25/0202 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

사용자 장비(UE)에 의해 수행되는 방법에 있어서, 상기 방법은,

다중 입력 다중 출력(MIMO) 채널을 통해 네트워크 노드인 gNB로부터 무선 신호를 수신하는 단계(201) -상기 무선 신호는 다운링크(DL) 기준 신호 구성에 따른 적어도 하나의 DL 기준 신호를 포함함-;

구성된 서브밴드에 대한 상기 수신된 적어도 하나의 DL 기준 신호에 기초하여 상기 MIMO 채널을 추정하는 단계(202);

gNB의 안테나 포트 및 구성된 서브밴드의 수에 대한 프리코더 행렬 또는 채널 상태 정보(CSI) 행렬을 계산하는 단계(203) -상기 프리코더 행렬은 제1 코드북 및 제2 코드북 및 제1 코드북과 제2 코드북으로부터 선택된 하나 이상의 벡터를 복소 스케일링/결합하기 위한 결합 계수의 집합에 기초함, 여기서 상기 제1 코드북은 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 하나 이상의 송신측 공간 빔 성분을 포함하고, 상기 제2 코드북은 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 하나 이상의 지연 성분을 포함함-;

프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 모든 계층에 걸친 지연 성분과 연관된 선택된 벡터의 공통 지연 도메인(CDD) 기반 서브셋을 결정하는 단계 - 상기 CDD 기반 서브셋은 CDD 기반 서브셋의 요소의 수를 나타내는 파라미터 $\bar{D}$,

및 제2 코드북으로부터의 $\bar{D}$ 개의 지연 벡터의 첫번째 인덱스를 나타내는 파라미터 $\bar{D}_{in}$ 에 의해 정의됨; 및

구성된 안테나 포트 및 서브밴드에 대한 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬을 표시하는데 사용되는, CSI 피드백 보고 및/또는 프리코더 행렬 표시기(PMI) 및/또는 PMI/랭크 표시기(PMI/RI)를 gNB에 보고하는 단계(204) - CDD 기반 서브셋으로부터 선택된 벡터는, 각 계층에 대해, 계층 특정 지연 도메인(LDD) 기반 서브셋 표시기에 의해, 보고에서 표시됨;를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 gNB로부터 구성을 수신하는 단계를 포함하고,

상기 구성은 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 구성에 사용되는, 계층 당 지연의 수를 나타내는, 적어도 하나의 상위 계층 파라미터 $D^{(l)}$ 를 포함하는 CSI 보고 구성을 포함하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

지연의 수 $D^{(l)}$ 는 $D^{(l)} = D$ 가 되도록 계층 독립적이고 모든 계층에 대해 동일하며, 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 구성을 위해 단일 파라미터 D 만으로 UE를 구성하는 방법.

청구항 4

임의의 이전 청구항에 있어서,

지연의 구성은 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 랭크 표시기(RI)에 의존하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

RI ≤ 2의 경우 계층당 지연의 수는 동일한 방법.

청구항 6

제4항 또는 제5항에 있어서,

RI > 2의 경우 1번째 계층 및 r번째 랭크에 대한 지연의 수는 $D^{(l,r)} = \alpha_0 D^{(0,1)}$ 로 주어지며, $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$ 는 양의 실수 값인 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

gNB로부터 구성을 수신하는 단계를 포함하고,

상기 구성은

프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 구성에 사용되는, 1번째 계층에 대한 공간 빔의 수를 나타내는 적어도 하나의 상위 계층 파라미터 $U^{(l)}$ 를 포함하는 CSI 보고 구성을 포함하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

$U^{(l)} = U$ 가 되도록, 공간 빔의 수 $U^{(l)}$ 는 모든 계층에 대해 동일하고 랭크 독립적이며, 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 구성을 위해 단일 파라미터 U 만으로 UE를 구성하는 방법.

청구항 9

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 상위 계층 파라미터 $U^{(l)}$ 는 UE 능력이고, 파라미터 $U^{(l)}$ 에 대한 지원되는 값 범위를 gNB에 표시하는 방법.

청구항 10

제8항 또는 제9항에 있어서,

상기 UE는 랭크 RI ≤ 2에 대해서만 $U=6$ 으로 구성되는 방법.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

랭크 RI=1에 대해, 단일 파라미터 K 를 표시하는 구성을 상기 gNB로부터 수신하는 단계; 및

UE에 의해 0이 아닌 결합 계수의 수 $K^{(0)}$ 를 할당하고 -여기서 $K^{(0)} \leq K$, 할당된 0이 아닌 결합 계수의 총 수를 gNB에 보고하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 12

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

랭크 RI>1에 대해, 각 계층에 대한 0이 아닌 결합 계수의 최대 수를 나타내는 단일 파라미터 K_1 을 표시하는 구성을 gNB로부터 수신하는 단계; 및

모든 RI 계층에 대해 $\sum_{l=0}^{RI-1} K^{(l)} \leq 2K_1$ 이 되도록 계층 당 0이 아닌 결합 계수의 수($K^{(l)}$)를 UE에 의해 할당하고, 모든 계층에 걸쳐 할당된 0이 아닌 결합 계수의 총 수를 gNB에 보고하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 계층의 가장 강한 결합 계수 표시기와 연관된 지연 인덱스에 관하여 계층의 선택된 LDD 기반 서브셋의 벡터의 모든 지연 인덱스에 대해 $\bar{D}$ -모듈로 시프트 연산을 수행하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

계층에 대한 LDD 기반 서브셋 표시기는 $\left\lceil \log_2 \left(\frac{\bar{D}-1}{D^{(l)}-1} \right) \right\rceil$ 비트 표시기로 주어지는 방법.

청구항 15

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 코드북은 이산 푸리에 변환(DFT) 행렬 또는 프리코더 행렬의 공간 빔 성분을 포함하는 크기 $N_1 N_2 \times O_{1,1} N_1 O_{1,2} N_2$ 의 오버샘플링된 DFT 행렬을 포함하고,

여기서, N_1 및 N_2 는 각각 gNB의 1차원 및 2차원의 안테나 어레이에서의 동일한 편파의 안테나 포트의 수를 나타내고,

여기서, $O_{1,1} \in \{1,2,3,\dots\}$ 및 $O_{1,2} \in \{1,2,3,\dots\}$ 는 각각 1차원 및 2차원에 대한 코드북 행렬의 오버샘플링 인자를 나타내는 방법.

청구항 16

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 코드북은 $P_{CSI-RS}/2 \times 1$ 개의 열 벡터의 집합을 포함하고,

상기 파라미터 P_{CSI-RS} 는 채널 추정 및 프리코더 계수 계산을 위해 UE에 의해 사용되는 CSI-RS 포트의 총 수를 나타내고,

상기 P_{CSI-RS} 는 상위 계층을 통해 구성되는 방법.

청구항 17

제1항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제2 코드북은 DFT, 또는 프리코더 행렬의 지연 성분을 포함하는 크기 $N_3 \times N_3 O_2$ 의 오버샘플링된 DFT 행렬을 포함하고,

여기서 N_3 는 구성된 서브밴드의 수를 나타내고, O_2 는 제2 코드북 행렬의 오버샘플링 인자 $O_2 = 1, 2, \dots$ 를 나타내는 방법.

청구항 18

제 1 항 내지 제 17 항 중 어느 한 항에 있어서,

프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 각 계층에 대해, 모든 계층에 대한 빔 벡터의 선택된 서브셋을 표시하는 공간 도메인(SD) 기반 표시기 및 1번째 계층의 $D^{(l)}$ 개의 지연 벡터의 선택된 서브셋을 표시하는 LDD 기반 표시기를 gNB에 보고하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 19

제15항 내지 제17항에 있어서,

구성된 $2N_1N_2$ 또는 P_{CSI-RS} 개의 안테나 포트 및 구성된 N_3 개의 서브밴드에 대한 CSI 보고에 사용되는 CSI 행렬은 안테나 포트의 첫 번째 편파 및 1번째 전송 계층에 대하여

$$\mathbf{G}_1^{(l)} = \alpha^{(l)} \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} \mathbf{b}_u^{(l)} \sum_{d=0}^{D^{(l)}-1} \gamma_{1,u,d}^{(l)} \mathbf{d}_d^{(l)H}$$

와 같이 표현되고,

안테나 포트의 두번째 편파 및 1번째 전송 계층에 대하여

$$\mathbf{G}_2^{(l)} = \alpha^{(l)} \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} \mathbf{b}_u^{(l)} \sum_{d=0}^{D^{(l)}-1} \gamma_{2,u,d}^{(l)} \mathbf{d}_d^{(l)H}$$

와 같이 표현되고,

여기서 $\mathbf{b}_u^{(l)}$ ($u = 0, \dots, U^{(l)} - 1$) 는 제1 코드북으로부터 선택된 1번째 계층에 대한 u번째 공간 빔

벡터를 나타내고, $\mathbf{d}_d^{(l)}$ ($d = 0, \dots, D^{(l)} - 1$) 는 제2 코드북으로부터 선택된 1번째 계층과 연관된 d번째

지연 벡터이고, $\gamma_{p,u,d}^{(l)}$ 은 u번째 빔, d번째 지연 및 p번째 편파와 연관된 복소 지연 도메인 결합 계수이고,

$U^{(l)}$ 는 공간 빔 벡터의 수를 나타내고, $D^{(l)}$ 는 지연 벡터의 수를 나타내고, $\alpha^{(l)}$ 는 정규화한 스칼라인 방법.

청구항 20

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 상위 계층 파라미터 $D^{(l)}$ 는 구성된 서브밴드의 수 N_3 에 의존하고, 여기서 $D^{(l)} = \lceil p^{(l)} N_3 \rceil$,

$$0 < p^{(l)} < 1$$

이고,

구성된 지연의 수는 N_3 의 값이 증가하거나 감소함에 따라 증가하거나 감소하는 방법.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 상위 계층 파라미터 $p^{(l)}$ 는 상기 CSI 행렬의 구성을 위해 상기 UE에 시그널링되는 방법.

청구항 22

제20항에 있어서,

구성된 서브밴드의 수 N_3 는 채널 품질 정보(CQI) 서브밴드의 수 N_{CQI} 에 의존하고,

구성된 서브밴드의 수 N_3 는 CQI 서브밴드의 수에 따라 선형적으로 증가하거나 선형적으로 감소하고,

여기서 $N_3 = N_{CQI} \times R, R \geq 1$ 이고, R 은 UE 계산 복잡도를 제어하기 위한 파라미터인 방법.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 R 은 상위 계층 파라미터이고 및 UE 능력인 방법.

청구항 24

임의의 이전 청구항에 있어서,

1번째 계층에 대한 0이 아닌 결합 계수를 선택하고, 선택된 0이 아닌 결합 계수를 $2U^{(l)} \times D^{(l)}$ 크기 비트맵으로 표시하는 단계를 포함하고,

여기서 비트맵의 각 비트는 편파 인덱스($p \in \{1,2\}$), 빔 인덱스($0 \leq u \leq U^{(l)} - 1$) 및 지연 인덱스($0 \leq d \leq D^{(l)} - 1$)와 연관되는 방법.

청구항 25

제24항에 있어서,

비트맵의 “1”은 편파 인덱스 p , 빔 인덱스 u 및 지연 인덱스 d 와 연관된 결합 계수가 0이 아니고, UE에 의해 gNB에 보고됨을 표시하는 방법.

청구항 26

제24항에 있어서,

비트맵의 “0”은 편파 인덱스 p , 빔 인덱스 u 및 지연 인덱스 d 와 연관된 결합 계수가 0이고, UE에 의해 gNB에 보고되지 않음을 표시하는 방법.

청구항 27

이전 청구항들 중 어느 한 항에 있어서,

상기 CSI 보고는 두개의 파트를 포함하고, 제1 CSI 파트는 고정된 크기를 가지며 제2 CSI 파트의 페이로드의 크기를 표시하기 위해 사용되고, 여기서 두개의 파트는 독립적으로 인코딩되는 방법.

청구항 28

제27항에 있어서,

상기 제2 CSI 파트는 변화하는 페이로드 크기를 가지고, 모든 계층에 대한 양자화된 결합 계수 및 0이 아닌 계수 표시를 위한 하나 또는 다중의 비트맵을 포함하고, 상기 제1 CSI 파트는 모든 계층에 걸친 양자화된 결합 계수의 총 수 및 CSI 행렬의 랭크에 대한 정보를 포함하는 방법.

청구항 29

제27항 또는 제28항에 있어서,

CSI의 제1 파트는 단일 NNZCC 비트 표시기에 의해 표시되는 모든 계층에 걸쳐 선택된 0이 아닌 결합 계수(NNZCC)의 합을 포함하는 방법.

청구항 30

제29항에 있어서,

상기 NNZCC 비트 표시기는 $\lceil \log_2 2K_0 \rceil$ 표시기에 의해 나타내지고,

여기서 $2K_0$ 는 모든 계층에 걸쳐 보고된 결합 계수의 최대 수를 나타내는 방법.

청구항 31

제27항에 있어서,

CSI 보고의 제2 파트에서 파라미터 $\bar{D}_{in}$ 을 보고하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 32

제 1 항에 있어서,

상기 파라미터 $\bar{D}$ 는 UE에 선택적으로 알려지거나 gNB로부터 구성에서 수신되는 방법.

청구항 33

제27항에 있어서,

상기 제2 CSI 파트는 계층당 가장 강한 계수 표시기를 포함하고, 양자화된 가장 강한 결합 계수의 진폭 및 위상에 대한 비트 값은 제2 CSI 파트에 포함되지 않는 방법.

청구항 34

제33항에 있어서,

가장 강한 계수 표시기는 가장 강한 결합 계수와 연관된 비트맵의 행을 표시하기 위해 $\lceil \log_2(2U^{(l)}) \rceil$ 비트 표시기로 주어지는 방법.

청구항 35

제33항에 있어서,

상기 1번째 계층과 연관된 가장 강한 계수 표시기는 $\lceil \log_2(NZ_l) \rceil$ 비트 표시기로 주어지고,

여기서 NZ_l 는 CSI 파트 1에서 1번째 계층에 대해 표시되는 0이 아닌 결합 계수의 최대 수를 나타내는 방법.

청구항 36

프로세서(310) 및 메모리(320)를 포함하는 사용자 장비(UE)(300)에 있어서, 상기 메모리(320)는 상기 프로세서(310)에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하고, 이에 의해 상기 UE(300)는 방법 청구항 1 내지 35의 주제 중 어느 하나를 수행하도록 구성되는 UE.

청구항 37

네트워크 노드인 gNB에 의해 수행되는 방법에 있어서, 상기 방법은,

사용자 장비(UE)의 다음 동작을 가능하게 하기 위해, 다중 입력 다중 출력(MIMO) 채널을 통해 UE에 무선 신호를 전송하는 단계 -상기 무선 신호는 다운링크(DL) 기준 신호 구성에 따라 적어도 하나의 DL 기준 신호를 포함함 -;를 포함하고,

상기 UE는,

구성된 서브밴드에 대한 상기 수신된 적어도 하나의 DL 기준 신호에 기초하여 상기 MIMO 채널을 추정하고,

네트워크 노드의 안테나 포트 및 구성된 서브밴드의 수에 대한 프리코더 행렬 또는 채널 상태 정보(CSI) 행렬을 계산하고 -상기 프리코더 행렬은 제1 코드북 및 제2 코드북 및 제1 코드북과 제2 코드북으로부터 선택된 하나 이상의 벡터를 복소 스케일링/결합하기 위한 결합 계수의 집합에 기초하며, 여기서 상기 제1 코드북은 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 하나 이상의 송신측 공간 빔 성분을 포함하고, 상기 제2 코드북은 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 하나 이상의 지연 성분을 포함함-,

프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 모든 계층에 걸친 지연 성분과 연관된 선택된 벡터의 공통 지연 도메인(CDD) 기

반 서브셋을 결정하고 -상기 CDD 기반 서브셋은 CDD 기반 서브셋의 요소의 수를 나타내는 파라미터 $\bar{D}$, 및 제

2 코드북으로부터의 $\bar{D}$ 개의 지연 벡터의 첫번째 인덱스를 나타내는 파라미터 $\bar{D}_{in}$ 에 의해 정의됨-,

상기 방법은,

구성된 안테나 포트 및 서브밴드에 대한 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬을 표시하는데 사용되는, CSI 피드백 보고 및/또는 프리코더 행렬 표시기(PMI) 및/또는 PMI/랭크 표시기(PMI/RI)를 UE로부터 수신하는 단계 -CDD 기반 서브셋으로부터 선택된 벡터는, 각 계층에 대해, 계층 특정 지연 도메인(LDD) 기반 서브셋 표시기에 의해, 보고에서 표시됨;를 포함하는 방법.

청구항 38

프로세서 및 메모리를 포함하는 네트워크 노드에 있어서, 상기 메모리는 상기 프로세서에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하고, 이에 의해 상기 네트워크 노드는 방법 청구항 37의 주제를 수행하도록 구성되는 네트워크 노드.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 무선통신 분야에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 피드백이 채널 상태 정보(CSI, Channel State Information)를 포함하는 적어도 뉴 라디오(NR, New Radio) 기반 무선통신 네트워크 시스템에 대한 효율적인 피드백 보고를 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 뉴 라디오(New Radio), 또는 3GPP 5세대 무선통신시스템, 또는 간단하게는 5G라고 불리는 무선통신시스템에서 다운링크(DL, downlink) 및 업링크(UL, Uplink) 신호는, 데이터 신호, 다운링크 제어 정보(DCI, DL Control Information) 및/또는 업링크 제어 정보(UCI, UL Control Information)를 포함하는 제어 신호, 그리고 다양한 목적으로 사용되는 여러 참조 신호(RS, reference signal)를 전달한다. 무선 네트워크 노드 또는 무선 기지국 또는 gNodeB(또는 gNB 또는 gNB/TRP(Transmit Reception Point))는, 각각 소위 물리 다운링크 공유 채널(PDSCH, physical downlink shared channel) 및 물리 다운링크 제어 채널(PDCCH, physical downlink control channel)을 통해 데이터와 DCI를 전송한다.

[0003] UE는 소위 물리 업링크 공유 채널(PUSCH, Physical Uplink Shared Channel) 및 물리 업링크 제어 채널(PUCCH, Physical Uplink Control Channel) 각각을 통해 데이터와 UCI를 전송한다. 더욱이, gNB 및 사용자 장비(UE 또는 무선 장치) 각각의 DL 또는 UL 신호(들)은, 채널 상태 정보 RS(CSI-RS), 복조 RS(DM-RS) 및 사운딩 RS(SR

S)를 포함하는 하나 또는 여러 종류의 RS를 포함할 수 있다. CSI-RS(SRS)는 DL(UL) 시스템 대역폭 부분을 통해 전송되며 UE(gNB)에서 CSI 획득을 위해 사용된다. DM-RS는 각 PDSCH/PUSCH의 대역폭 부분에서만 전송되며 UE/gNB에서 데이터 복조를 위해 사용된다.

[0004] 5G의 많은 주요 기능들 중 하나는 MIMO(Multi-input Multi-Output) 전송 방식을 사용하여 이전 세대의 모바일 시스템에 비해 높은 시스템 처리량을 달성하는 것이다. MIMO 전송은 일반적으로 데이터 및 제어 정보의 프리코딩 매트릭스를 사용하는 신호 프리코딩을 위해 gNB에서 사용되는 정확한 CSI의 가용성을 요구한다. 따라서 현재의 3세대 Partnership Project Release 15 specification(3GPP Rel. 15)은 CSI 보고를 위한 포괄적인 프레임워크를 제공한다. CSI는 gNB에 의해 전송되어 수신된 CSI-RS 신호를 기반으로 UE에서 첫 번째 단계에서 획득된다. UE는 추정된 채널 매트릭스에 기초하여 '코드북'이라고 불리는 미리 정의된 매트릭스들의 세트로부터 프리코딩 매트릭스를 두 번째 단계에서 결정한다. 선택된 프리코딩 매트릭스는 프리코딩 매트릭스 식별자(PMI, precoding matrix identifier) 및 랭크 식별자(RI, rank identifier)의 형태로 세 번째 단계에서 gNB에 보고된다.

[0005] 현재 Rel.-15 NR 사양에는 CSI 보고를 위한 두 가지 유형(Type-I 및 Type-II)이 있으며, 두 유형 모두 이중-스테이지(즉, 두 개의 성분) $W_1 W_2$ 코드북에 의존한다. 제1 코드북, 또는 소위 제1 스테이지 프리코더 W_1 은, 공간 코드북이라고도 하는 이산 푸리에 변환 기반(DFT(Discrete Fourier Transform) 기반) 매트릭스에서 다수의 빔 벡터들을 선택하는데 사용된다. 제2 코드북, 또는 소위 제2 스테이지 프리코더 W_2 는, 선택된 빔들을 결합하는데 사용된다. Type-I 및 Type-II CSI 보고의 경우, 각각 W_2 는 위상 전용 결합 계수들과 복소 결합 계수들을 포함한다. 또한, Type-II CSI 보고의 경우, W_2 의 열들의 수는, 구성된 서브밴드의 수에 따라 달라지도록, 서브밴드 기반으로 계산된다. 여기서 서브밴드는 인접한 물리 자원 블록(PRB, physical resource block)들의 그룹을 의미한다. Type-II는 Type-I CSI 피드백보다 훨씬 더 높은 해상도를 제공하지만, 한 가지 주요 단점은 서브밴드 기반으로 결합 계수를 보고할 때 피드백 오버헤드가 증가한다는 것이다. 피드백 오버헤드는 서브밴드의 수에 따라 거의 선형적으로 증가하고, 많은 수의 서브밴드에 대해 상당히 커진다. Rel.-15 Type-II CSI 보고 방식의 높은 피드백 오버헤드를 극복하기 위해, 최근 3GPP RAN#81 [2] (3GPP radio access network (RAN) 3GPP RAN#81)에서 제2 스테이지 프리코더 W_2 에 대한 피드백 압축 방식을 연구하기로 결정했다.

[0006] 본 실시예의 해결책(들)에 대한 상세한 설명으로 들어가기 전에, 종래 기술의 문제를 더 잘 이해하기 위해 유의한 설명이 제공되고, 이어서 본 개시의 실시예에 따라 상기 문제가 어떻게 해결되는지에 대한 설명이 제공된다.

[0007] 3GPP Rel.-15 이중-스테이지(dual-stage) 프리코딩 및 CSI 보고

[0008] 구성 ($N_1, N_2, 2$)을 사용하는 gNB에서 랭크-r(r 은 최대 2개일 수 있음) 전송 및 이중 편파 안테나 어레이를 가정하면, s 번째 서브밴드에 대한 CSI 보고에 대한 Rel.-15 이중-스테이지 프리코더는 다음과 같이 주어진다.

$$W(s) = W_1 w_2(s),$$

$$= W_1 W_A \hat{w}_2(s)$$

[0010] 여기서 프리코더 매트릭스 W 는 안테나 포트들의 수에 해당하는 $2N_1 N_2$ 개의 행들과 보고하는 서브밴드/PRB들을 위

한 S 개의 열들을 갖는다. 매트릭스 $W_1^{(l)} \in \mathbb{C}^{PN_1 N_2 \times 2U}$ 는, 모든 S 개의 서브밴드들에 대해 동일한, 두 편파에 대해 $2U$ 개의 공간 빔들을 포함하는 광대역 제1 스테이지 프리코더이고, W_A 는 $2U$ 개의 공간 빔들과 관련된 $2U$ 개의 광대역 진폭들을 포함하는 대각 매트릭스이며, $\hat{w}_2(s)$ 는 s 번째 서브밴드에 대한 $2U$ 개의 공간 빔들과 관련된 $2U$ 개의 서브밴드(서브밴드 진폭 및 위상) 복소 주파수 도메인 결합 계수들을 포함하는 제2 스테이지 프리코더이다.

[0011] 선행기술 [1]에 따르면, 광대역 진폭 매트릭스 W_A 의 보고 및 양자화와 $\hat{w}_2(s)$ 의 서브밴드 결합 계수들은 다음과 같이 양자화되고 보고된다.

[0012] - 진폭값이 1인 가장 강한 빔에 해당하는 광대역 진폭은 보고되지 않는다. 나머지 $2U-1$ 개의 빔들과 관련된 광

대역 진폭값들은 각 진폭값을 3 비트로 양자화하여 보고된다.

- [0013] - 제1 선두 빔(leading beam)과 관련된 계수들의 서브밴드 진폭값들 및 위상값들은 보고되지 않는다(1 및 0과 동일한 것으로 가정).
- [0014] - 각 서브밴드에 대해, (제1 선두 빔 이외) 제1 B-1 개의 선두 빔들과 관련된 B 개의 계수들의 진폭값들은 1 비트로 양자화된다(양자화 레벨 $[\sqrt{0.5}, 1]$). 나머지 2U-B 개의 빔들의 진폭값들은 보고되지 않는다(1과 동일한 것으로 가정).
- [0015] - 각 서브밴드에 대해, (제1 선두 빔 이외) 제1 B-1 개의 선두 빔들과 관련된 B-1 개의 계수들의 위상값들은 3 비트로 양자화된다. 나머지 2U-B 개의 빔들의 위상값은 2 비트로 양자화된다.
- [0016] - 서브밴드 진폭이 보고되는 선두 빔들의 수는, 구성된 공간 빔들의 총 수가 U=2, 3 또는 4 인 경우, 각각 B=4, 4 또는 6으로 주어진다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0017] 상술한 문제점을 감안하여, 적어도 사용자 장비(UE, User Equipment) 및 gNB 또는 무선 네트워크 노드를 포함하는 무선통신시스템에서 채널 상태 정보(CSI, channel state information) 피드백을 제공하기 위한 통신 장치 또는 무선 장치 또는 사용자 장비(UE) 및 방법이 제공된다.

과제의 해결 수단

- [0018] 사용자 장비는 프로세서 및 메모리를 포함하고, 상기 메모리는 상기 프로세서에 의해 실행 가능한 명령어들을 포함하고, 이에 의해 상기 사용자 장비는 청구항 1 내지 35 중 어느 한 항에 따른 방법 단계들을 수행하도록 동작한다.
- [0019] 또한, 프로세서 및 메모리를 포함하는 네트워크 노드 또는 gNB가 제공되며, 상기 메모리는 상기 프로세서에 의해 실행 가능한 명령어들을 포함하고, 이에 의해 상기 gNB는 설명될 방법 단계를 수행하도록 동작한다.
- [0020] 본 명세서의 예시적인 실시예의 일 측면에 따르면, UE에 의해 수행되는 방법은 네트워크 노드인 gNB로부터 다중 입력 다중 출력(Multiple Input Multiple Output, MIMO) 채널을 통해 무선 신호를 수신하는 단계 -여기서 무선 신호는 다운링크(DL) 기준 신호 구성에 따른 적어도 하나의 다운링크(DL) 기준 신호를 포함함; 구성된 서브밴드에 대한 상기 수신된 적어도 하나의 DL 기준 신호에 기초하여 상기 MIMO 채널을 추정하는 단계; gNB의 안테나 포트 및 구성된 서브밴드의 수에 대한 프리코더 행렬 또는 채널 상태 정보(Channel State Information, CSI) 행렬을 계산하는 단계 -상기 프리코더 행렬은 제1 코드북 및 제2 코드북 및 제1 코드북과 제2 코드북으로부터 선택된 하나 이상의 벡터를 복소 스케일링/결합하기 위한 결합 계수의 세트에 기초하고, 여기서, 제1 코드북은 프리코더 행렬의 하나 이상의 송신측 공간 빔 성분을 포함하고, 제2 코드북은 프리코더 행렬의 하나 이상의 지연 성분을 포함함; 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 모든 계층에 걸쳐 지연 성분과 연관된 선택된 벡터의 공통 지연 도메인(common delay domain, CDD) 기반 서브셋을 결정하는 단계 -여기서 CDD 기반 서브셋은 CDD 기반 서브셋의 요소의 수를 나타내는 파라미터 $\bar{D}$ 와, 제2 코드북으로부터의 $\bar{D}$ 개의 지연 벡터의 첫번째 인덱스를 나타내는 파라미터 $\bar{D}_{in}$ 에 의해 정의됨; 및 구성된 안테나 포트 및 서브밴드에 대한 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬을 표시하는 데 사용되는 CSI 피드백 보고 및/또는 프리코더 행렬 표시기(PMI) 및/또는 PMI/Rank 표시기(PMI/RI)를 gNB에 보고하는 단계;를 포함하고, 여기서 CDD 기반 서브셋으로부터 선택된 벡터는, 각 계층에 대해, 계층 특정 지연 도메인(LDD) 기반 서브셋 표시기에 의해, 보고에서 표시된다.
- [0021] 다른 양태에 따르면, 네트워크 노드 또는 gNB에 의해 수행되는 방법이 제공되고, 상기 방법은 UE가 구성된 서브밴드에 대한 상기 수신된 적어도 하나의 DL 기준 신호에 기초하여 상기 MIMO 채널을 추정하고, gNB의 안테나 포트 및 구성된 서브밴드의 수에 대한 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬을 계산하고 -상기 프리코더 행렬은 제1 코드북 및 제2 코드북 및 제1 코드북과 제2 코드북으로부터 선택된 하나 이상의 벡터를 복소 스케일링/결합하기 위한 결합 계수의 세트에 기초하며, 여기서 상기 제1 코드북은 프리코더 행렬의 하나 이상의 송신측 공간 빔 성분을 포함하고, 상기 제2 코드북은 프리코더 행렬의 하나 이상의 지연 성분을 포함함-, 프리코더 행렬 또는 CSI

행렬의 모든 계층에 걸친 지연 성분과 연관된 선택된 벡터의 공통 지연 도메인(CDD) 기반 서브셋을 결정 -상기 CDD 기반 서브셋은 CDD 기반 서브셋의 요소의 수를 나타내는 파라미터 $\bar{D}$, 및 제2 코드북으로부터의 $\bar{D}$ 개의 지연 벡터의 첫번째 인덱스를 나타내는 파라미터 $\bar{D}_{in}$ 에 의해 정의됨- 하는 것을 가능하게 하기 위해, MIMO 채널을 통해 UE에 무선 신호를 전송하는 단계 -상기 무선 신호는 DL 기준 신호 구성에 따라 적어도 하나의 다운 링크(DL) 기준 신호를 포함함-;를 포함한다. 방법은 구성된 안테나 포트 및 서브밴드에 대한 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬을 표시하는데 사용되는, CSI 피드백 보고 및/또는 PMI 및/또는 PMI/랭크 표시기(PMI/RI)를 UE로부터 수신하는 단계 -CDD 기반 서브셋으로부터 선택된 벡터는, 각 계층에 대해, 계층 특정 지연 도메인(LDD) 기반 서브셋 표시기에 의해, 보고에서 표시됨-;를 더 포함한다.

발명의 효과

- [0022] 본 명세서의 실시예의 이점은 프리코더 계수를 보고하기 위한 피드백 오버헤드를 감소시키는 제2 스테이지 프리코더에 대한 피드백 압축 방식을 제공하는 것이다.
- [0023] 본 실시예의 또 다른 이점은 공간 도메인 및 지연 도메인 기반 표시기 및 지연 도메인 결합 계수에 대한 저 피드백 오버헤드 보고를 위한 여러 방식을 제공하는 것이다.
- [0024] 추가적인 이점은 본 개시의 설명 부분에서 상세히 묘사되고 설명될 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1A는 CDD 기반 서브셋 구성의 예를 도시한다.
- 도 1B는 CDD 기반 서브셋 구성의 다른 예를 도시한다.
- 도 2는 본 명세서의 실시예에 따른 UE에 의해 수행되는 방법의 흐름도이다.
- 도 3은 본 명세서의 예시적인 실시예에 따른 UE를 도시하는 예시적인 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이전에 설명된 바와 같이, 본 명세서의 실시예는 UE에 의해 프리코더 계수를 보고하기 위한 피드백 오버헤드를 대폭 감소시키는 제2 스테이지 프리코더(W_2)에 대한 피드백 압축 방식을 제공한다.
- [0027] UE는 송신기로부터 MIMO 채널을 통해 무선 신호를 수신하도록 구성된 송수신기를 포함하며, 여기서 무선 신호는 DL 기준 신호 구성에 따른 DL 기준 신호(예를 들어, CSI-RS)를 포함하고, UE는 프로세서를 통해 다음과 같이 작동한다: UE는 구성된 서브밴드에 대해 수신된 DL 기준 신호에 기초하여 gNB와 UE 사이의 MIMO 채널을 추정하고, 성능 행렬(performance metric)에 기초하여, 제1 및 제2 코드북으로부터 선택된 벡터들 중 하나 이상을 복소 스케일링/결합하기 위한 결합 계수의 집합 및 2개의 코드북에 기초하는, gNB' 안테나/DL RS 포트 및 구성된 서브밴드의 수에 대해 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬을 계산하고, 여기서 제1 코드북은 CSI 행렬의 하나 이상의 전송 축 공간 빔 구성요소를 포함하고, 제2 코드북은 CSI 행렬의 하나 이상의 지연 구성요소를 포함하고, 구성된 안테나/DL-RS 포트 및 서브밴드에 대한 계층당 프리코더 행렬 CSI 행렬을 표시하기 위해 CSI 피드백/PMI 및 RI를 보고한다.
- [0028] 본 명세서 전체에서 프리코더 행렬과 CSI 행렬은 동일한 의미로 혼용되어 사용된다.
- [0029] 실시예에 따르면, 제1 코드북은 프리코더 행렬의 공간 빔 성분($N_1 N_2 \times 1$ 벡터)을 포함하는 크기 $N_1 N_2 \times O_{1,1} N_1 O_{1,2} N_2$ 의 DFT 행렬 또는 오버샘플링된 DFT 행렬을 포함한다. 여기서, N_1 및 N_2 는 각각 1차원 및 2차원의 안테나 어레이에서의 동일한 편파(polarization)의 안테나 포트의 수를 의미한다. 일반적으로 2차원(2D) 안테나 어레이의 경우 N_1 및 N_2 가 모두 1보다 큰 반면 선형(1D(1차원))의 경우 N_1 또는 N_2 는 1이다. 이중-편파(dual-polarized) 안테나 배열에 대한 안테나 포트의 총 수는 $2N_1 N_2$ 이다. 또한 $O_{1,1} \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 및 $O_{1,2} \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 는 각각 1차원 및 2차원에 대하여 코드북 행렬의 오버샘플링 인자를 의미한다.

- [0030] 제1 코드북은 $P_{CSI-RS}/2 \times 1$ 개의 열 벡터의 집합을 포함하며, 여기서 m번째 열 벡터는 벡터의 m번째 위치에서 단일의 1을 포함하고 다른 곳에서는 0을 포함한다. 여기서, 파라미터 P_{CSI-RS} 는 채널 추정 및 프리코더 계수 계산을 위해 사용자 장비(UE)에서 사용되는 CSI-RS 포트의 총 개수를 나타낸다. 이 코드북은 포트 선택 코드북이라고 불릴 수 있으며, 빔포밍 동작이 gNB에 의해 수행될 때 각 안테나 포트가 빔포밍된 포트에 대응하도록 사용된다. 파라미터 P_{CSI-RS} 는 예를 들어 RRC(Radio Resource Control) 시그널링을 사용하는 gNB에 의해 구성되는 상위 계층일 수 있다.
- [0031] 제2 코드북은 제2 DFT, 또는 프리코더 행렬의 지연 성분($N_3 \times 1$ DFT-벡터로 표현됨)을 포함하는 크기 $N_3 \times N_3 O_2$ 의 오버샘플링된 DFT-코드북 행렬을 포함하며, 여기서 N_3 은 서브밴드의 구성된 수를 나타내고, O_2 는 제2 코드북 행렬의 오버샘플링 인자 $O_2=1,2,\dots$ 를 나타낸다. 각 DFT 벡터는 N_3 개의 서브밴드에 걸쳐 선형 위상 증가를 모델링하고, 그러므로 각 벡터는 변환된 (지연) 도메인의 지연과 연관된다. 따라서 이하에서, 제2 코드북의 DFT 벡터는 지연 벡터 또는 단순히 지연이라 언급되며, 제1 및 제2 코드북으로부터 선택된 하나 이상의 벡터의 복소 스케일링/결합에 사용되는 결합 계수는 지연 도메인 결합 계수로써 사용된다.
- [0032] 실시예에 따르면, UE는 MIMO 채널 추정으로부터 랭크 표시기(rank indicator, RI)를 결정하고 RI 계층으로 CSI 행렬(또는 프리코더 행렬)을 구성하도록 구성된다. CSI 행렬의 1번째 계층에 대해, UE는 제1 코드북으로부터 $U^{(l)}$ 개의 빔 벡터의 서브셋, 제2 코드북으로부터 $D^{(l)}$ 개의 지연 벡터의 서브셋 및 $2U^{(l)}D^{(l)}$ 개의 결합 계수를 선택하고, CSI 보고에서 선택된 RI 및 선택된 빔 및 지연 벡터 및 CSI 행렬의 결합 계수를 표시하도록 구성될 수 있다.
- [0033] 실시예에 따르면, UE는 CSI 행렬의 각 계층에 대해 1번째 계층의 $U^{(l)}$ 개의 빔 벡터의 선택된 서브셋을 표시하는 공간 도메인(spatial domain, SD) 기반 표시기 및 1번째 계층의 $D^{(l)}$ 개의 지연 벡터의 선택된 서브셋을 표시하는 지연 도메인(delay domain, DD) 기반 표시기를 보고하도록 구성된다.
- [0034] 일 실시예에 따르면, 구성된 $2N_1N_2$ (또는 P_{CSI-RS})개의 안테나/DL-RS 포트 및 구성된 N_3 개의 서브밴드에 대한 CSI(PMI) 보고에 사용되는 CSI 행렬은 안테나 포트의 첫 번째 편파와 1번째 전송 계층에 대해 $G_1^{(l)} = \alpha^{(l)} \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} b_u^{(l)} \sum_{d=0}^{D^{(l)}-1} \gamma_{1,u,d}^{(l)} d_d^{(l)H}$ 와 같이, 그리고 안테나 포트의 두 번째 편파와 1번째 전송 계층에 대해 $G_2^{(l)} = \alpha^{(l)} \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} b_u^{(l)} \sum_{d=0}^{D^{(l)}-1} \gamma_{2,u,d}^{(l)} d_d^{(l)H}$ 와 같이 표현되고,
- [0035] 여기서 $b_u^{(l)}$ ($u = 0, \dots, U^{(l)} - 1$)은 제1 코드북에서 선택된 1번째 계층에 대한 u번째 공간 빔 벡터를 나타내고, $d_d^{(l)}$ ($d = 0, \dots, D^{(l)} - 1$)는 제2 코드북에서 선택된 1번째 계층과 연관된 d번째 지연 벡터이고, $\gamma_{p,u,d}^{(l)}$ 는, u 번째 빔, d 번째 지연 및 p 번째 편파와 관련된 복소 지연 도메인 결합 계수이고, $U^{(l)}$ 는 공간 빔 벡터의 개수를 나타내고, $D^{(l)}$ 은 지연 벡터의 개수를 나타내고, $\alpha^{(l)}$ 는 정규화 스칼라이다.
- [0036] 3GPP Release 15 Type-II 단일 코드북 CSI 보고와 달리, 여기에서 제안하는 두개의 코드북 CSI 보고 방식(행렬 $G_1^{(l)}$ 및 $G_2^{(l)}$ 에 기반)은 주파수 도메인 대신 지연 도메인에서의 프리코딩 연산에 기반한다. 이러한 방식으로, UE는 지연 도메인 결합 계수 $\gamma_{p,u,d}^{(l)}$ 에 대한 최적화를 할 때 $2U^{(l)}$ 개의 빔 형성 채널 임펄스 응답(선택된 빔 벡터 $b_u^{(l)}$ 과 MIMO 채널 임펄스 응답을 결합하여 획득되는)의 성감(sparsity)을 활용할 수 있다.

[0037] 프리코딩 연산(벡터 $b_u^{(l)}$ 및 $d_d^{(l)}$ 에 의한)은 공간 및 지연 도메인 차원 모두에서 MIMO 채널 임펄스의 에너지 집중을 유도하여, 해당 $2U^{(l)}$ 개의 빔 형성 채널 임펄스 응답의 각각이 오직 몇 가지 중요한 채널 지연/탭으로 특징지어 지는 것에 주목한다. 이 채널 지연은 지연 도메인 결합 계수 $\gamma_{p,u,d}^{(l)}$ 를 결정하기 위해 UE에 의해 사용된다. 이러한 방식으로 보고될 계층 당 결합 계수의 수는 Rel. 15 Type-II CSI 단일 코드북 보고 방식에 대한 $2U^{(l)}N_3$ 로부터, 제안된 두개의 코드북 CSI 보고 방식에 대한 $2U^{(l)}D^{(l)}$ (여기서 $D^{(l)} \ll N_3$)로 감소한다.

[0038] 다음 섹션에서, SD 및 DD 기반 표시기 및 지연 도메인 결합 계수에 대한 저 피드백 오버헤드 보고를 위한 여러 방식이 일부 실시예에 따라 제안된다.

[0039] CSI 보고 구성

[0040] 일부 실시예들에 따르면, UE는 CSI 보고 구성으로 gNB로부터 구성되고, CSI 보고 구성은 CSI 행렬의 1번째 계층에 대한 빔 벡터 및 지연 벡터의 수를 각각 나타내는 상위 계층(예를 들어, RRC) 파라미터(들) $U^{(l)}$ 및 $D^{(l)}$ 를 포함한다.

[0041] 일 실시예에 따르면, UE는 CSI 보고 구성으로 gNB로부터 구성되고, CSI 보고 구성은 CSI 행렬(또는 프리코더 행렬)의 구성에 사용되는, 1번째 계층에 대한 빔당 지연의 수를 나타내는 상위 계층(예를 들어, RRC) 파라미터(들) $D^{(l)}$ 를 포함한다. 계층당 구성된 지연의 수 $D^{(l)}$ 는 계층에 대한 선택된 $2 \sum_l U^{(l)} D^{(l)}$ 개의 결합 계수를 보고하기 위한 피드백 오버헤드에 큰 영향을 미친다. 모든 계층에 대한 결합 계수를 보고하기 위한 피드백 오버헤드와 CSI 행렬을 계산하기 위한 UE 복잡성을 줄이기 위해, UE는 계층당 또는 계층 그룹당(즉, 계층의 서브셋) 다른 지연의 수 $D^{(l)}$ 으로 구성될 수 있다. 다음은 지연 구성에 대한 몇 가지 예를 제시한다.

[0042] 일 예에서, 지연의 수 $D^{(l)}$ 는 $D^{(l)} = D$ 가 되도록 계층 독립적이고 모든 계층에 대해 동일하며, gNB는 CSI 행렬의 구성에 대하여 단일 파라미터 D 만을 구성/신호할 수 있다. 예를 들어, 2의 랭크(RI)에 대하여 $D = D^{(0)} = D^{(1)}$, RI=3에 대하여 $D = D^{(0)} = D^{(1)} = D^{(2)}$, RI=4에 대하여 $D = D^{(0)} = D^{(1)} = D^{(2)} = D^{(3)}$ 이다.

[0043] 다른 예에서, 지연의 수 $D^{(l)}$ 는 계층의 서브셋에 대해, 예를 들어 계층의 제1 서브셋(예를 들어, 첫번째 및 두번째 계층)에 대해, $D^{(1)} = [\alpha_1 D^{(0)}]$ 로 구성되고, 그리고 계층의 제2 서브셋(세번째 계층 또는 세번째 계층 및 네번째 계층)에 대해, $D^{(3)} = [\alpha_2 D^{(2)}]$ 로 구성되고, gNB는 CSI 행렬의 구성을 위해 두 개의 파라미터 $D^{(0)}$ 및 $D^{(2)}$ 를 신호한다. 파라미터 α_1 및 α_2 는 사양에 의해 구성 또는 고정되거나 UE에 의해 보고되는 상위 계층이다. $\alpha_t \in \left\{\frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{3}{8}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, 1\right\}, t \in \{1, 2\}$ 이다.

[0044] 다른 예에서, $D^{(0)}$ 및 $D^{(2)}$ 모두를 구성하는 대신, $D^{(0)}$ 만 구성되고 $D^{(2)}$ 는 UE에서/UE에 의해 $D^{(0)}$ 으로부터 $D^{(2)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 로 유도되며, 여기서 $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$ 이다. α_0 의 가능한 값은 $\alpha_0 = \left\{\frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{3}{8}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, 1\right\}$ 로 주어진다.

[0045] 다른 예에서, gNB는 첫번째 계층에 대한 단일 파라미터 $D^{(0)}$ 를 구성하고 UE는 나머지 계층에 대하여 예를 들어

필수적이지는 않은, 규칙에 의해 파라미터 $D^{(l)}$ ($l > 0$)를 유도한다.

[0046] 규칙의 예는 다음과 같다.

[0047] 한 예에서 $D^{(l)} = D^{(0)}$ ($l > 0$)은 모든 계층에 대해 동일할 수 있다.

[0048] 다른 예에서, $D^{(l)}$ 은 처음 두 계층에 대해 $D^{(0)} = D^{(1)}$ 로 동일하고, 세 번째 및 네 번째 계층에 대해 $D^{(3)} \geq D^{(2)} \geq D^{(0)}$ 또는 $D^{(3)} \leq D^{(2)} \leq D^{(0)}$ 로 다를 수 있다.

[0049] 다른 예에서, $D^{(l)}$ 은 처음 세 개의 계층에 대해 동일하고 네 번째 계층에 대해 $D^{(3)} \leq D^{(0)}$ 또는 $D^{(3)} \geq D^{(0)}$ 로 다를 수 있다.

[0050] 다른 예에서, $D^{(l)}$ 은 모든 계층에 대해, $D^{(l+1)} \neq D^{(l)}, l \in [0, 2]$ 로 다를 수 있다. 다른 예에서, RI = 2에 대해, 두 번째 계층의 지연은 $D^{(1)} = \alpha_0 D^{(0)}$ 로부터 유도될 수 있으며, 여기서 $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$ 이다. RI = 3에 대해, 두 번째 계층과 세 번째의 지연은 $D^{(1)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 및 $D^{(2)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 로부터 유도될 수 있으며, 여기서 $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$ 이다.

[0051] RI = 4에 대해, 두 번째 계층, 세 번째 및 네 번째 계층의 지연은 $D^{(1)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$, $D^{(2)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 및 $D^{(3)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 로부터 유도될 수 있으며, 여기서 $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$ 이다.

[0052] 다른 예에서, RI = 3에 대해, UE는 단일 값 $D^{(0)}$ 및 $D^{(0)} = D^{(1)} \neq D^{(2)}$ 에 의해 구성되고 세 번째 계층의 지연은 $D^{(2)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 로부터 유도될 수 있으며, 여기서 $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$ 이다.

[0053] 다른 예에서, RI = 3에 대해, UE는 단일 값 $D^{(0)}$ 및 $D^{(0)} = D^{(2)} \neq D^{(1)}$ 에 의해 구성되고 두 번째 계층의 지연은 $D^{(1)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 로부터 유도될 수 있으며, 여기서 $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$ 이다.

[0054] 다른 예에서, RI = 4에 대해, UE는 단일 값 $D^{(0)}$ 및 $D^{(0)} \neq D^{(1)} = D^{(2)} = D^{(3)}$ 에 의해 구성되고 두 번째, 세 번째 및 네 번째 계층의 지연은 $D^{(1)} = D^{(2)} = D^{(3)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 로부터 유도될 수 있으며, 여기서 $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$ 이다.

[0055] 다른 예에서, RI = 4에 대해, UE는 단일 값 $D^{(0)}$ 및 $D^{(0)} = D^{(1)} \neq D^{(2)} = D^{(3)}$ 에 의해 구성되고 세 번째 및 네 번째 계층의 지연은 $D^{(2)} = D^{(3)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 로부터 유도될 수 있으며, 여기서 $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$ 이다.

[0056] 다른 예에서, RI = 4에 대해, UE는 단일 값 $D^{(0)}$ 및 $D^{(0)} = D^{(1)} = D^{(2)} \neq D^{(3)}$ 에 의해 구성되고 네

번째 계층의 지연은 $D^{(3)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 로부터 유도될 수 있으며, 여기서 $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$ 이다.

[0057] 다른 예에서, RI = 4에 대해, UE는 단일 값 $D^{(0)}$ 및 $D^{(0)} = D^{(1)} \neq D^{(2)} = D^{(3)}$ 에 의해 구성되고 세 번째 및 네 번째 계층의 지연은 $D^{(2)} = D^{(3)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 로부터 유도될 수 있으며, 여기서 $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$ 이다.

[0058] 다른 예에서, RI = 4에 대해, UE는 단일 값 $D^{(0)}$ 및 $D^{(0)} \neq D^{(1)} \neq D^{(2)} = D^{(3)}$ 에 의해 구성되고 두 번째 계층의 지연은 $D^{(1)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 로부터 유도되고 세 번째 및 네 번째 계층의 지연은 $D^{(2)} = D^{(3)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 로부터 유도될 수 있으며, 여기서 $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$ 이다.

[0059] 다른 예에서, RI = 4에 대해, UE는 단일 값 $D^{(0)}$ 및 $D^{(0)} \neq D^{(1)} = D^{(2)} \neq D^{(3)}$ 에 의해 구성되고 네 번째 계층의 지연은 $D^{(3)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 로부터 유도되고, 두 번째 및 세 번째 계층의 지연은 $D^{(1)} = D^{(2)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 로부터 유도될 수 있으며, 여기서 $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$ 이다.

[0060] 다른 예에서, RI = 4에 대해, UE는 단일 값 $D^{(0)}$ 및 $D^{(0)} = D^{(1)} \neq D^{(2)} \neq D^{(3)}$ 에 의해 구성되고 세 번째 계층의 지연은 $D^{(2)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 로부터 유도되고, 네 번째 계층의 지연은 $D^{(3)} = [\alpha_0 D^{(0)}]$ 로부터 유도될 수 있으며, 여기서 $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$ 이다.

[0061] 일 실시예에 따르면, UE는 모든 계층에 걸친 총 지연의 수를 나타내는 단일 파라미터 D 로 구성될 수 있다. 그리고 나서 UE는 $\sum_{l=0}^{RI-1} D^{(l)} \leq D$ 와 같은 임의의 성능 향상/피드백 감소 기준에 기초하여 계층당 요구되는 지연의 수 ($D^{(l)}$)를 계산하도록 구성된다. 그리고 나서, UE는 gNB에 할당된 지연의 수를 gNB에 보고할 수 있다.

[0062] 실시예에 따르면, 지연의 구성은 CSI 행렬의 랭크(RI)에 의존할 수 있다. 예를 들어, $D^{(lr)}$ 는 1 번째 계층과 r 번째 랭크에 대한 지연의 수를 나타낸다고 한다. 예를 들어, RI ≤ 2인 경우 계층당 지연의 수는 동일할 수 있다. 예를 들어, $D^{(0,1)} = D^{(1,1)} = D^{(0,2)}$ 이다.

[0063] 다른 예에서, RI ≤ 4에 대한 1번째 계층의 지연의 수는 RI ≥ 1에 대한 1번째 계층의 지연의 수와 동일할 수 있다.

[0064] 한 예에서, $D^{(0,1)} = D^{(0,2)} = D^{(0,3)} = D^{(0,4)} = D^{(1,2)} = D^{(1,3)} = D^{(1,4)}$ 이고, $D^{(2,3)} = D^{(2,4)} = D^{(3,4)}$ 이며, 여기서 $D^{(lr)}$ 는 각 RI와 관련된 계층당 지연의 수를 나타내고, $r \in \{1, 2, 3, 4\}$ 이다.

[0065] 다른 예에서, $D^{(0,1)} = D^{(0,2)} = D^{(0,3)} = D^{(0,4)} = D^{(1,2)} = D^{(1,3)} = D^{(1,4)}$ 이고 지연 $D^{(2,3)}$, $D^{(2,4)}$, $D^{(3,4)}$ 는 RI ≤ 2의 지연으로부터 $D^{(2,3)} = D^{(2,4)} = D^{(3,4)} = \alpha_0 D^{(0,1)}$ 로 유도된다.

[0066] 다른 예에서, RI > 2에 대한 계층당 지연의 수는 RI ≤ 2에 대한 계층당 지연의 수와 동일하지 않을 수 있다. 예를 들어, $D^{(0,1)} = D^{(0,2)} \neq D^{(0,3)} = D^{(0,4)}$ 또는 $D^{(1,2)} \neq D^{(1,3)} = D^{(1,4)}$ 이고,

$$D^{(2,3)} = D^{(2,4)} = D^{(3,4)} \text{ 이다.}$$

[0067] 다른 예에서, $RI > 2$ 에 대한 계층당 지연의 수 $D^{(l,r)}, \forall l$ 은 $RI \leq 2$ 의 지연 수로부터 유도될 수 있다. 예를 들어, $D^{(0,1)} = D^{(0,2)} = D^{(1,2)}$ 이고 지연 $D^{(l,r)}, \forall l_{(r>2)}$ 는 $D^{(0,3)} = D^{(0,4)} = D^{(1,3)} = D^{(1,4)} = D^{(2,3)} = D^{(2,4)} = D^{(3,4)} = \alpha_0 D^{(0,1)}$ 로 주어지고, 여기서 $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$ 이다.

[0068] 다른 예에서, $RI \geq 2$ 인 경우, 각 계층과 RI 에 대한 지연의 수는 서로 다르며, $D^{(l,r)} \neq D^{(l',r')}, l \neq l', r \neq r'$ 이다.

[0069] 실시예에 따르면, UE는 값 $D^{(l,r)}$ 또는 $D^{(l)}$ 또는 $\alpha_i (i \in \{0,1,2\})$ 를 선택하고 $D^{(l,r)}$ 또는 $D^{(l)}$ 또는 $\alpha_i (i \in \{0,1,2\})$ 중 선택된 값을 보고하도록 구성된다.

[0070] 실시예에 따르면, 구성된 지연의 수가 N_3 의 값이 증가/감소함에 따라 증가/감소하도록 상위 계층(예를 들어, RRC) 파라미터(들) $D^{(l)}$ (또는 $D^{(l,r)}$)는 예를 들어 알려진 규칙인 예 $D^{(l)} = [p^{(l)} N_3]$ ($0 < p^{(l)} < 1$)에 의해 구성된 서브밴드의 수 N_3 에 의존할 수 있다. $p^{(l)}$ 에 대한 예는 $p^{(l)} \in \{\frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{3}{8}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}\}$ 이다. 파라미터(들) $D^{(l)}$ 을 시그널링하는 대신에, gNB는 CSI 행렬의 구성에 대한 단일 파라미터(들) $p^{(l)}$ 을 시그널링할 수 있다.

[0071] 실시예에 따르면, UE는 제2 코드북 행렬에 대해 구성된 서브밴드의 수를 나타내는 상위 계층 파라미터 N_3 을 gNB로부터 수신하도록 구성된다. 서브밴드의 개수는 알려진 규칙에 의해 CQI 서브밴드의 개수 N_{CQI} (CQI의 계산에 사용되는)에 의존할 수 있다. 예를 들어, 파라미터 N_3 은 구성된 CQI 서브밴드의 수에 대해 선형적으로 증가/감소할 수 있으며, $N_3 = N_{CQI} \times R, R \geq 1$ 이고, 여기서 R 은 UE 계산 복잡도를 제어하기 위한 파라미터이다.

[0072] 실시예에 따르면, 상위 계층 파라미터 R 은 UE 능력일 수 있다. UE는 CSI 행렬의 계산을 위한 제한된 처리 능력만을 가질 수 있고, N_3 의 큰 값을 적용하지 못할 수 있다. N_3 에 대하여 제한된 값 범위만이 지원됨을 표시하기 위해, UE는 파라미터 R 에 대한 지원되는 값 범위를 gNB에 표시할 수 있다. 예를 들어, $R \in \{1,2\}$ 일 때, UE는 $R=1$ (제한된 처리 능력), 또는 $R=2$ (더 큰 처리 능력)를 표시할 수 있다.

[0073] 실시예에 따르면, UE는 CSI 보고 구성을 가지는 gNB로부터 구성되고, CSI 보고 구성은 CSI 행렬의 구성을 위해 사용되는, 1번째 계층에 대한 공간 빔의 수를 나타내는 상위 계층(예를 들어, RRC) 파라미터(들) $U^{(l)}$ 를 포함한다. 일 예에서, $U^{(l)} = U$ 가 되도록, 빔의 수 $U^{(l)}$ 는 모든 계층에 대해 동일하고 랭크 독립적일 수 있고, gNB는 CSI 행렬의 구성을 위한 단일 파라미터 U 를 신호할 수 있다. 일 예에서, U 는 제한된 값 범위, 예를 들어 $U \in \{2,4,6\}$ 로 주어질 수 있다.

[0074] 다른 예에서, gNB는 CSI 행렬의 첫 번째 계층의 공간 빔에 대한 단일 파라미터 U 를 구성할 수 있고, 나머지 $U^{(l)}$ ($l>0$)은 알려진 규칙에 의해 UE에 의해 유도된다. 예를 들어, $RI = 2$ 이고 gNB가 $U^{(0)} = 6$ 을 구성

할 때, 첫 번째 계층에 대한 공간 빔의 수는 $U^{(0)} = 6$ 로 주어질 수 있고 두 번째 계층에 대한 공간 빔의 수는 $U^{(1)} = 4$ 또는 $U^{(1)} = 2$ 로 주어진다.

[0075] 다른 예에서, RI = 3이고 gNB가 $U^{(0)} = 6$ 을 구성할 때, 첫 번째 계층에 대한 공간 빔의 수는 $U^{(0)} = 6$ 로 주어지고, 두 번째 계층에 대한 공간 빔의 수는 $U^{(1)} = 4$ 또는 $U^{(1)} = 2$ 로 주어지고, 세 번째 계층에 대한 공간 빔의 수는 $U^{(2)} = 4$ 또는 $U^{(2)} = 2$ 로 주어진다.

[0076] 다른 예에서, RI = 4이고 gNB가 $U = 6$ 을 구성할 때, 첫 번째 계층에 대한 공간 빔의 수는 $U^{(0)} = 6$ 로 주어지고, 두 번째 계층에 대한 공간 빔의 수는 $U^{(1)} = 4$ 또는 $U^{(1)} = 2$ 로 주어지고, 세 번째 계층에 대한 공간 빔의 수는 $U^{(2)} = 4$ 또는 $U^{(2)} = 2$ 로 주어지고, 세 번째 계층에 대한 공간 빔의 수는 $U^{(3)} = 4$ 또는 $U^{(3)} = 2$ 로 주어진다.

[0077] 다른 예에서, 공간 빔의 수 $U^{(l)}$ 는 계층의 서브셋에 대해, 예를 들어 계층(예를 들어, 첫 번째 및 두 번째 계층)의 제1 서브셋에 대해 $U^{(1)} = [\alpha_1 U^{(0)}]$ 로, 그리고 계층(세 번째 또는 세 번째 및 네 번째 계층)의 제2 서브셋에 대해 $U^{(3)} = [\alpha_2 U^{(2)}]$ 로 구성되고 gNB는 CSI 행렬의 구성을 위해 2개의 파라미터 $U^{(0)}$ 및 $U^{(2)}$ 를 시그널링하도록 구성될 수 있다. 파라미터 α_1 및 α_2 는 사양에 의해 구성 또는 고정되거나 UE에 의해 보고되는 상위 계층이다.

[0078] 다른 예에서, 공간 빔의 수 $U^{(l)}$ 는 계층의 서브셋에 대해, 예를 들어 계층(예를 들어, 첫 번째 및 두 번째 계층)의 제1 서브셋에 대해, $U^{(1)} = [\alpha_1 U^{(0)}]$ 로 구성되고, 그리고 계층(세 번째 또는 세 번째 및 네 번째 계층)의 제2 서브셋에 대해, $U^{(2)} = [\alpha_2 U^{(1)}]$ 및 $U^{(3)} = [\alpha_3 U^{(2)}]$ 로 구성되고, gNB는 CSI 행렬의 구성을 위해 오직 한 개의 파라미터 $U^{(0)}$ 를 신호한다. α_1 , α_2 및 α_3 의 예는 $\alpha_t \in \left\{\frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{3}{8}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, 1\right\}, t \in \{1, 2, 3\}$ 이다.

[0079] 한 예에서, RI = 3에 대해, 계층의 첫 번째 그룹에 대한 공간 빔의 수는 $U^{(0)} = U^{(1)} = 2$ 로 동일하고 제2 서브셋에 대한 계층의 서브셋은 $U^{(2)} = 4$ 또는 $U^{(2)} = 6$ 으로 주어질 수 있다.

[0080] 다른 예에서, RI = 3에 대해, 계층의 첫 번째 그룹에 대한 공간 빔의 수는 $U^{(0)} = U^{(1)} = 4$ 로 동일하고 제2 서브셋에 대한 계층의 서브셋은 $U^{(2)} = 6$ 또는 $U^{(2)} = 2$ 로 주어질 수 있다.

[0081] 다른 예에서, $RI = 3$ 에 대해, 계층의 첫 번째 그룹에 대한 공간 빔의 수는 $U^{(0)} = U^{(1)} = 6$ 으로 동일하고 제2 서브셋에 대한 계층의 서브셋은 $U^{(2)} = 4$ 또는 $U^{(2)} = 2$ 로 주어질 수 있다.

[0082] 다른 예에서, $RI = 4$ 에 대해, 계층의 첫 번째 그룹에 대한 공간 빔의 수는 $U^{(0)} = U^{(1)} = 2$ 로 동일하고 제2 서브셋에 대한 계층의 서브셋은 $U^{(2)} = U^{(3)} = 6$ 또는 $U^{(2)} = U^{(3)} = 2$ 로 주어질 수 있다.

[0083] 다른 예에서, $RI = 4$ 에 대해, 계층의 첫 번째 그룹에 대한 공간 빔의 수는 $U^{(0)} = U^{(1)} = 4$ 로 동일하고 제2 서브셋에 대한 계층의 서브셋은 $U^{(2)} = U^{(3)} = 2$ 또는 $U^{(2)} = U^{(3)} = 6$ 으로 주어질 수 있다.

[0084] 다른 예에서, $RI = 4$ 에 대해, 계층의 첫 번째 그룹에 대한 공간 빔의 수는 $U^{(0)} = U^{(1)} = 6$ 으로 동일하고 제2 서브셋에 대한 계층의 서브셋은 $U^{(2)} = U^{(3)} = 2$ 또는 $U^{(2)} = U^{(3)} = 4$ 로 주어질 수 있다.

[0085] 실시예에 따르면, UE는 $RI \leq 2$ 에 대해서만 $U = 6$ 으로 구성될 수 있다. U 의 큰 값으로 UE를 구성하는 것은 성능을 향상시키지만 증가된 피드백 오버헤드를 희생한다. 따라서 gNB는 특정 RI의 것에 대해서만 U 의 큰 값을 제한하여 피드백 오버헤드를 제어할 수 있다. 즉, 공간 빔의 구성은 랭크-중속적일 수 있다.

[0086] 실시예에 따르면, 상위 계층 파라미터 U 는 UE 능력일 수 있다. UE는 CSI 행렬의 계산을 위한 제한된 처리 능력만을 가질 수 있고, U 의 큰 값을 적용하지 못할 수 있다. U 에 대하여 제한된 값 범위만이 지원됨을 표시하기 위해, UE는 파라미터 U 에 대한 지원되는 값 범위를 gNB에 표시할 수 있다. 예를 들어, $U \in \{2, 4, 6\}$ 인 경우, UE는 $U = \{2, 4\}$ (제한된 처리 능력), 또는 $U \in \{2, 4, 6\}$ (더 큰 처리 능력)를 표시할 수 있다.

[0087] 실시예에 따르면, UE는 모든 계층에 걸쳐 공간 빔의 총 수를 나타내는 단일 파라미터 U 로 구성될 수 있다. 그리고 나서 UE는 $\sum_{l=0}^{RI-1} U^{(l)} \leq U$ 가 되도록 임의의 성능 향상/피드백 감소 기준에 기초하여 계층당 요구되는 공간 빔의 수 ($U^{(l)}$)를 계산하도록 구성된다. 그리고 나서, UE는 계층 당 할당된 공간 빔의 수를 gNB에 보고하도록 구성될 수 있다.

[0088] 실시예에 따르면, e 개($e \geq 1$)의 계층에 대한 공간 빔의 수는 UE에게 선형적으로 알려질 수 있고, UE는 $RI - e$ 개의 계층에 걸친 공간 빔의 총 수를 나타내는 단일 파라미터 U 로 구성될 수 있다. 그리고 나서 UE는 $\sum_{l=0}^{RI-e} U^{(l)} \leq U$ 가 되도록 임의의 성능 향상/피드백 감소 기준에 기초하여 계층당 요구되는 공간 빔 수($U^{(l)}$)를 계산하도록 구성된다. UE는 $RI - e$ 개의 계층에 대하여 할당된 공간 빔의 수를 gNB에 보고하도록 구성될 수 있다.

[0089] 실시예에 따르면, UE는 하나 이상의 서브셋에서 모든 계층에 걸친 공간 빔의 총 수를 나타내는 하나 이상의 파라미터로 구성될 수 있다. 각 서브셋은 하나 이상의 수의 계층을 포함할 수 있다. 그리고 나서 UE는 임의의 성능 향상/피드백 감소 기준에 기초하여 계층당 요구되는 공간 빔의 수($U^{(l)}$)를 계산한다. 그리고 나서 계층당 할당된 공간 빔의 수는 gNB에 보고될 수 있다.

[0090] **결합 계수의 보고**

[0091] 위에서 설명한 바와 같이, CSI 행렬의 $2U^{(l)}$ 개의 빔 각각은 적은 수의 채널 지연에만 연관된다. 더욱이, 각각의 빔이 채널에서 상이한 방향을 가리킬 수 있기 때문에, 각각의 빔은 선택된 $D^{(l)}$ 크기의 기반 지연 벡터 서브셋으로부터 적은 수의 지연/지연 벡터에만 연관될 수 있다. 이것은 빔의 결합 계수의 전력이 약간의 지연에 집중되어 결합 계수의 일부가 0에 가까운 진폭 값을 가질 수 있음을 의미한다. 값이 0에 가까운 결합 계수는 성능에 큰 영향을 미치지 않기 때문에, UE는 CSI 보고에서 이러한 계수를 표시하도록 구성될 수 있고 그들을 보고하지 않을 수 있다. 다음 실시예는 CSI 보고에서 결합 계수 선택, 표시 및 보고에 대한 제안을 제공한다.

[0092] 일 실시예에 따르면, UE는 CSI 행렬의 1번째 계층에 대한 $K^{(l)}$ 또는 $K^{(l)}$ 미만의 0이 아닌 결합 계수를 선택하고 선택된 0이 아닌 결합 계수를 CSI 행렬의 모든 계층에 대하여 보고하고, CSI 보고에서 선택된 계수를 표시하도록 구성된다. 1번째 계층에 대해 선택된 0이 아닌 결합 계수는 $2U^{(l)} \times D^{(l)}$ 크기의 비트맵으로 표시될 수 있으며, 여기서 비트맵의 각 비트는 편파(polarization) 인덱스($p \in \{1,2\}$), 빔 인덱스($0 \leq u \leq U^{(l)} - 1$) 및 지연 인덱스($0 \leq d \leq D^{(l)} - 1$)와 연관된다. 비트맵에서 "1"은 편파 인덱스 p , 빔 인덱스 u 및 지연 인덱스 d 와 관련된 결합 계수가 UE에 의해 선택되고 보고되는, 비제로(non-zero)임을 표시할 수 있습니다. 비트맵에서 "0"은 편파 인덱스 p , 빔 인덱스 u 및 지연 인덱스 d 와 관련된 결합 계수가 0이고 UE에 의해 보고되지 않음을 표시할 수 있다.

[0093] 일 실시예에 따르면, UE는 UE가 CSI 행렬의 1번째 계층에 대해 보고하는 0이 아닌 결합 계수의 최대 수를 나타내는, 상위 계층 파라미터(들) $K^{(l)}$ 로 gNB에 의해 구성될 수 있다. UE는 계층당, 또는 계층-그룹(즉, 계층의 서브셋) 당, 동일하거나 상이한 $K^{(l)}$ 로 구성될 수 있다.

[0094] 다음에는 파라미터 구성 $K^{(l)}$ 에 대한 몇 가지 예가 제시된다.

[0095] 일례에서, 파라미터 $K^{(0)}$ 은 첫번째 계층에 대하여 구성되고, 상위 계층에 대한 파라미터 $K^{(l)}$ ($l > 0$)은 예를 들어 알려진 규칙에 의해 UE에 의해 유도된다. 예를 들어, RI=1에 대해, UE는 $K^{(0)}$ 로 gNB에 의해 구성되고 RI=2에 대해 $K^{(1)} = K^{(0)}$ 로 구성된다. 다른 예에서, UE는 모든 계층에 걸친 0이 아닌 결합 계수의 총 수를 나타내는 단일 파라미터 K 에 의해 구성된다. 그리고 나서, UE는 $\sum_{l=0}^{RI-1} K^{(l)} \leq K$ 가 되도록 계층당 0이 아닌 결합 계수의 수를 할당하도록 구성되고, 계층 당 0이 아닌 결합 계수의 수 또는 모든 계층에 걸친 0이 아닌 결합 계수의 총 수를 gNB에 보고하도록 더 구성된다. 예를 들어, RI = 1에 대해, UE는 단일 파라미터 K 로 구성될 수 있고 UE는 $K^{(0)} \leq K$ 개의 계수를 계층 1에 할당하고 이를 gNB에 보고한다.

[0096] 다른 예에서, RI > 1에 대해, UE는 각 계층에 대한 0이 아닌 결합 계수의 최대 수를 나타내는 단일 파라미터 K_1 에 의해 구성된다. 그리고 나서 UE는 $\sum_{l=0}^{RI-1} K^{(l)} \leq 2K_1$ 가 되도록 계층당 0이 아닌 결합 계수의 수를 할당하도록 구성되고, 계층 당 0이 아닌 결합 계수의 수 또는 모든 계층에 걸친 0이 아닌 결합 계수의 총 수를 gNB에 보고하도록 더 구성된다.

[0097] 예를 들어, RI = 2에 대해, UE는 각 계층에 대한 0이 아닌 결합 계수의 최대 수를 나타내는 단일 값 $K_1 = 28$ 에 의해 구성될 수 있고, 첫번째 및 두번째 계층에 대해 UE에 의해 계산된 보고된 0이 아닌 결합

계수의 수는 각각 $K^{(0)}_{=28}$ 및 $K^{(1)}_{=28}$ 로 주어진다.

[0098] 예를 들어, $RI = 3$ 에 대해, UE는 각 계층에 대한 0이 아닌 결합 계수의 최대 수를 나타내는 단일 값 $K^{(1)}_{=42}$ 에 의해 구성될 수 있고, 첫번째, 두번째 및 세번째 계층에 대해 UE에 의해 계산된 보고된 0이 아닌 결합 계수의 수는 각각 $K^{(0)}_{=42}$, $K^{(1)}_{=28}$ 및 $K^{(2)}_{=12}$ 로 주어진다.

[0099] 예를 들어, $RI = 4$ 에 대해, UE는 각 계층에 대한 0이 아닌 계수의 최대 수를 나타내는 단일 값 $K^{(1)}_{=42}$ 에 의해 구성될 수 있고, 첫번째, 두번째, 세번째 및 네번째 계층에 대해 UE에 의해 계산된 보고된 0이 아닌 결합 계수의 수는 각각 $K^{(0)}_{=32}$, $K^{(1)}_{=28}$, $K^{(2)}_{=14}$ 및 $K^{(3)}_{=10}$ 으로 주어진다.

[0100] 다른 예에서, $RI > 1$ 에 대해, UE는 UE가 $\sum_{l=0}^{RI-1} K^{(l)} \leq 2K_2$ 가 되도록 계층 당 0이 아닌 결합 계수의 수를 할당하도록 구성되는 것에 기초한, 단일 파라미터 K_2 에 의해 구성되고, 계층 당 0이 아닌 결합 계수의 수 또는 모든 계층에 걸친 0이 아닌 결합 계수의 총 수를 gNB에 보고하도록 더 구성된다.

[0101] 다른 예에서, $RI > 1$ 에 대해, UE는 단일 파라미터 K_2 에 의해 구성되며, 여기서 계층당 0이 아닌 결합 계수의 수는 K_2 보다 클 수 있고, UE가 $\sum_{l=0}^{RI-1} K^{(l)} \leq 2K_2$ 가 되도록 계층 당 0이 아닌 결합 계수의 수를 할당하도록 구성되는 것에 기초하고, 계층 당 0이 아닌 결합 계수의 수 또는 모든 계층에 걸친 0이 아닌 결합 계수의 총 수를 gNB에 보고하도록 더 구성된다.

[0102] 예를 들어, $RI = 2$ 에 대해, UE는 단일 값 $K_2_{=28}$ 에 의해 구성될 수 있고, 첫번째 및 두번째 계층에 대하여 UE에 의해 계산된 보고된 0이 아닌 결합 계수의 수는 각각 $K^{(0)}_{=32}$ 및 $K^{(1)}_{=24}$ 로 주어진다.

[0103] 예를 들어, $RI = 3$ 에 대해, UE는 단일 값 $K_2_{=28}$ 에 의해 구성되고, 첫번째, 두번째 및 세번째 계층에 대하여 UE에 의해 계산된 보고된 0이 아닌 결합 계수의 수는 각각 $K^{(0)}_{=30}$, $K^{(1)}_{=16}$ 및 $K^{(2)}_{=8}$ 로 주어진다.

[0104] 예를 들어, $RI = 4$ 에 대해, UE는 단일 값 $K_1_{=28}$ 에 의해 구성되고, 첫번째, 두번째, 세번째 및 네번째 계층에 대하여 UE에서 계산된 0이 아닌 결합 계수의 수는 각각 $K^{(0)}_{=30}$, $K^{(1)}_{=10}$ 및 $K^{(2)}_{=9}$ 및 $K^{(3)}_{=6}$ 으로 주어진다.

[0105] 비트맵(들)의 보고

[0106] 실시예에 따르면, UE는 모든 계층의 비트맵을 보고하기 위한 전체 오버헤드를 줄이기 위해 2단계 접근법을 사용하도록 구성될 수 있다. 첫 번째 단계에서, UE는 계층들에 걸친 개별 비트맵의 합집합에 의해 크기 $U_g \times D_g$ 의 조인트 비트맵(joint bitmap)을 결정하도록 구성될 수 있으며, 여기서 $U_g = \max(2U^{(l)}), \forall l$ 및 $D_g = \max(D^{(l)}), \forall l$ 이다.

[0107] 조인트 비트맵은 Q_g 개의 '1'들로 구성될 수 있으며, 여기서 조인트 비트맵의 "1"은 계층의 개별 비트맵 중 적어도 하나 이상에서 보고된 0이 아닌 계수의 인덱스를 나타낸다. 두번째 단계에서, UE는 조인트 비트맵과 연관

된 선택된 0이 아닌 결합 계수의 인덱스의 표시를 보고할 수 있다. 두 번째 단계 보고에 대한 다른 대안은 다음과 같다.

[0108] 일 예에서, UE는 계층당 Q_g 크기의 비트맵을 보고한다. Q_g 크기의 비트맵의 각 비트는 CSI 파트 2에서 계층에 대해 보고된 0이 아닌 결합 계수의 인덱스를 표시한다.

[0109] 다른 예에서, UE는 계층당 $Q_g^{(l)}$ 크기의 비트맵을 보고하며, 여기서 $Q_g^{(l)}$ 은 조인트 비트맵의 처음 $D^{(l)}$ 개의 열 및 처음 $U^{(l)}$ 개의 행에서의 1의 개수를 나타낸다. $Q_g^{(l)}$ 크기의 비트맵의 각 비트는 CSI 파트 2에서 계층에 대해 보고된 0이 아닌 결합 계수의 인덱스를 표시한다.

[0110] 다른 예에서, UE는 계층에 대해 보고된 0이 아닌 결합 계수의 인덱스를 표시하는 계층당 $\left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g^{(l)}}{NZ_l} \right) \right\rceil$ -비트 표시기를 보고한다.

[0111] 다른 예에서, UE는 계층에 대해 보고된 0이 아닌 결합 계수의 인덱스를 표시하는 계층당 $\left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g}{NZ_l} \right) \right\rceil$ -비트 표시기를 보고한다.

[0112] 다른 예에서, UE는 계층에 대해 보고된 0이 아닌 결합 계수의 인덱스를 표시하는 계층당 $\max_l \left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g^{(l)}}{NZ_l} \right) \right\rceil$ -비트 표시기를 보고한다.

[0113] 다른 예에서, UE는 계층에 대해 보고된 0이 아닌 결합 계수의 인덱스를 표시하는 계층당 $\max_l \left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g}{NZ_l} \right) \right\rceil$ -비트 표시기를 보고한다.

[0114] 일 실시예에 따르면, UE는 UCI 파트 1에서 조인트 비트맵의 '1'의 수, 즉 계층 또는 계층 그룹당 $Q_g^{(l)}$ 의 값을 보고하도록 구성될 수 있다. 일 예에서, $D^{(l)} = D, \forall l$, 그 다음 $Q_g^{(l)} = Q_g$ 및 단일 값만이 UCI 파트 1에서 보고된다. 다른 예에서, $D^{(1)} = D^{(0)} = D_1$ 및 $D^{(3)} = D^{(2)} = D_2$, 그 다음 $Q_g^{(1)} = Q_g^{(0)}$ 및 $Q_g^{(3)} = Q_g^{(2)}$ 및 두개의 값이 UCI 파트 1에서 보고된다.

[0115] 실시예에 따르면, UE는 UCI 파트 1에서 두번째 단계 비트맵(들) 또는 두번째 단계 결합의 비트 표시기(들)의 크기를 표시하도록 구성된다.

[0116] UCI 파트 2에서 Q_g 크기의 비트맵(들)을 보고하는 경우, Q_g 의 값은 UCI 파트 1에서 표시될 수 있다(예를 들어, $\left\lceil \log_2(Q_g \times D_g) \right\rceil$ 비트 표시기에 의해).

[0117] UCI 파트 2에서 $\left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g}{NZ_l} \right) \right\rceil$ 비트 표시기(들)을 보고하는 경우, $\left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g}{NZ_l} \right) \right\rceil$ 비트 표시기(들)의 크기

(들)(예를 들어, Q_g 의 값)은 UCI 파트 1에 표시될 수 있다.

[0118] UCI 파트 2에서 $\max_l \left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g^{(l)}}{NZ_l} \right) \right\rceil$ 또는 $\max_l \left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g}{NZ_l} \right) \right\rceil$ 비트 표시기(들)을 보고하는 경우, $\max_l \left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g^{(l)}}{NZ_l} \right) \right\rceil$ 또는 $\max_l \left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g}{NZ_l} \right) \right\rceil$ 의 크기는 UCI 파트 1에 표시될 수 있다.

[0119] UCI 파트 2에서 $Q_g^{(l)}$ 크기의 비트맵(들)을 보고하는 경우, 계층 또는 계층 그룹당 비트맵(들)의 크기(들)가 UCI 파트 1에서 표시된다. 예를 들어, $D^{(l)} = D, \forall l$, 그 다음 $Q_g^{(l)} = Q_g$, 및 UCI 파트 1에서 두 번째 단계 비트맵(들)의 크기를 표시하는 단일 값만 보고된다. 다른 예를 들어, $D^{(1)} = D^{(0)} = D_1$ 및 $D^{(3)} = D^{(2)} = D_2$, 그 다음 $Q_g^{(1)} = Q_g^{(0)}$ 및 $Q_g^{(3)} = Q_g^{(2)}$, 그리고 값 $Q_g^{(0)}$ 및 $Q_g^{(2)}$ 는 UCI 파트 1에서 표시된다(예를 들어, $\lceil \log_2(2U^{(0)} \times (D^{(0)} + D^{(2)})) \rceil$ 비트 표시기에 의해).

[0120] 마찬가지로 $\left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g^{(l)}}{NZ_l} \right) \right\rceil$ 비트 표시기를 보고하는 경우, 계층 또는 계층 그룹 당 비트 표시기의 크기(들)는 UCI 파트 1에 표시된다.

[0121] 일 실시예에 따르면, UE는 계층의 비트맵의 보고를 위한 전체 오버헤드를 줄이기 위해 2단계 접근법을 사용하도록 구성될 수 있다. 첫 번째 단계에서, UE는 계층들에 걸친 개별 비트맵의 합집합에 의해 크기 $U_m \times D_m$ 의 조인트 비트맵을 결정할 수 있으며, 여기서 $U_m \leq 2U^{(l)}, \forall l$ 이고 $D_m \leq D^{(l)}, \forall l$ 이다. 조인트 비트맵에서의 "1"은 개별 계층의 비트맵들 중 적어도 하나 이상에서 0이 아닌 계수를 나타낸다. 두 번째 단계에서, UE는 조인트 비트맵과 연관된 선택된 0이 아닌 결합 계수의 인덱스의 표시를 보고할 수 있다. 두 번째 단계 보고에 대한 다른 대안은 다음과 같다.

[0122] 일례로, UE는 1번째 계층에 대한 $\max_l \left\lceil \log_2 \left(\frac{U_m D_m}{NZ_l} \right) \right\rceil$ 비트 표시기를 보고하며, 여기서 NZ_l 는 1번째 계층의 0이 아닌 결합 계수의 수를 나타낸다. 다른 예에서, UE는 계층당 $U_m D_m$ 크기의 비트맵을 보고하며, 여기서 $U_m D_m$ 크기의 비트맵의 각 비트는 CSI 파트 2에서 계층에 대해 보고된 0이 아닌 결합 계수의 인덱스를 나타낸다.

[0123] 일 실시예에 따르면, UE는 UCI 파트 1에서 조인트 비트맵의 크기를 보고하도록 구성될 수 있다.

[0124] 일 실시예에 따르면 $\max_l \left\lceil \log_2 \left(\frac{U_m D_m}{NZ_l} \right) \right\rceil$ 비트 표시기의 크기는 UCI 파트 1에서 표시될 수 있다.

[0125] 일 실시예에 따르면, UE는 조인트 비트맵과 연관된 선택된 SD 및(또는) FD 기반 벡터의 표시를 UCI 파트 2에서

보고하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 조인트 비트맵과 연관된 SD 기반(basis) 벡터는 $\max_l 2U^{(l)}$ 크기의 비트맵으로 표시되며, 여기서 비트맵의 각 비트는 보고된 SD 기반 벡터의 인덱스와 연관된다. 따라서

$\max_l 2U^{(l)}$ 크기의 비트맵은 U_m 개의 '1'을 포함한다. 유사하게, 조인트 비트맵과 연관된 주파수 도메인

(Frequency Domain, FD) 기반 벡터는 $\max_l D^{(l)}$ 비트맵으로 표시되며, 여기서 비트맵의 각 비트는 보고된

FD 기반 벡터의 인덱스와 연관된다. 따라서 $\max_l D^{(l)}$ 비트맵은 D_m 개의 '1'을 포함한다.

[0126] 일 실시예에 따르면, UE는 계층들의 비트맵들의 보고를 위한 전체 오버헤드를 감소시키도록 구성될 수 있다. UE

는 크기 $U_e^{(l)} \times D_e^{(l)}$ 의 유효 비트맵을 계층당 결정하도록 구성될 수 있으며, 여기서 $U_e^{(l)} \leq 2U^{(l)}$ 이고 $D_e^{(l)} \leq D^{(l)}$ 이다. 유효 비트맵은 CSI 파트 2에서 보고된다. 각 유효 비트맵은 0이 아닌 행 및/또는 0이 아닌 열만 포함된다.

[0127] 더욱이, UE는 CSI 파트 2에서, 계층 당 유효 비트맵과 연관된 선택된 SD 기반 벡터의 표시 및/또는 계층 당 유효 비트맵과 연관된 선택된 FD 기반 벡터의 표시를 표시하도록 구성된다. 예를 들어, 계층에 대한 유효 비트맵

과 관련된 공간 도메인(Spatial Domain, SD) 기반 벡터의 표시는 $2U^{(l)}$ 크기의 비트맵으로 표시되며, $U_e^{(l)}$ 개의 '1'로 구성될 수 있다. 마찬가지로 계층 당 유효 비트맵과 관련된 FD 기반은 $D^{(l)}$ 크기의 비트맵으로 보고되며 $D_e^{(l)}$ 개의 '1'로 구성될 수 있다.

[0128] 일 실시예에 따르면, UE는 UCI 파트 1에서 모든 계층에 대한 유효 비트맵의 크기를 표시하도록 구성된다. 예를

들어, 유효 비트맵의 크기는 $\lceil \log_2 \sum_{l=0}^{R_l-1} U_e^{(l)} \times D_e^{(l)} \rceil$ 비트 표시기로 표현될 수 있다. 일 실시예에 따르면, UE는 UCI 파트 1에서, 선택된 SD 기반 벡터를 표시하는, 모든 계층에 걸친 $2U^{(l)}$ 크기 비트맵에서의 1의 수를 표시하도록 구성된다(예를 들어, $\lceil \log_2(2 \sum_l U^{(l)}) \rceil$ 비트 표시기로).

[0129] 일 실시예에 따르면, UE는 UCI 파트 1에서, 선택되지 않은 SD 기반 벡터를 표시하는, 모든 계층에 걸친 $2U^{(l)}$ 크기 비트맵에서의 0의 수를 표시하도록 구성된다.

[0130] 일 실시예에 따르면, UE는 UCI 파트 1에서, 선택된 FD 기반 벡터를 표시하는, 모든 계층에 걸친 $D^{(l)}$ 크기 비트맵에서의 1의 수를 표시하도록 구성된다(예를 들어, $\lceil \log_2(\sum_l D^{(l)}) \rceil$ 비트 표시기로).

[0131] 일 실시예에 따르면, UE는 UCI 파트 1에서, 선택되지 않은 FD 기반 벡터를 표시하는, 모든 계층에 걸친 $D^{(l)}$ 크기 비트맵에서의 0의 수를 표시하도록 구성된다(예를 들어, $\lceil \log_2(\sum_l D^{(l)}) \rceil$ 비트 표시기로).

[0132] 일 실시예에 따르면, $K^{(l)}$ 또는 K 의 구성된 값이 작을 때, 계층에 대해 보고될 0이 아닌 결합 계수는 단일

편파(polarization)에만 연관될 수 있다. 이러한 경우 특정 편파 및 계층과 관련된 크기 $U^{(l)} \times D^{(l)}$ 의 비트맵의 한 부분은 0만 포함할 수 있다.

[0133] 그러한 경우에 계층에 대한 비트맵(들)을 보고하기 위한 피드백 오버헤드를 감소시키기 위해, UE는 특정 편파 및 계층과 관련된 크기 $U^{(l)} \times D^{(l)}$ 의 비트맵의 한 부분이 0만 포함하는 UCI 파트 1에서의 계층 표시기를 보고하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 계층 표시기는 4비트(최대 RI가 4인 경우)로 구성될 수 있으며, 여기서 각 비트는 특정 계층과 연관된다.

[0134] 계층 표시기의 비트가 '0'으로 설정되면 특정 계층과 관련된 해당 비트맵이 보고됨을 표시할 수 있다.

[0135] 계층 표시기의 비트가 '1'로 설정되면 해당 계층과 연관된 비트맵의 절반만이 보고됨을 표시할 수 있다.

[0136] 보고된 비트맵과 관련된 편파 지수(polarization index)를 표시하기 위해, UCI 파트 2는 보고된 0이 아닌 계수의 수가 특정 편파에 대해 0인 각 계층에 대해 보고된 0이 아닌 결합 계수의 편파를 표시하는 편파 표시기를 포함할 수 있다. 편파 표시기는 N 비트로 구성될 수 있으며, 여기서 N은 계층 표시기에 의해 표시되는 '1'의 수를 표시한다.

[0137] 예를 들어, 계층 표시기가 '1010'로 주어지는 경우, 특정 편파에 대한 0이 아닌 계수의 수가 0이고 첫 번째 및 세 번째 계층에 대해 비트맵의 절반만 보고될 수 있음을 표시한다. 편파 표시기는 첫 번째 계층에 대해 보고된 0이 아닌 결합 계수 및 비트맵의 부분이 첫 번째 편파와 연관되고 세 번째 계층에 대해 보고된 0이 아닌 결합 계수 및 비트맵의 부분이 두 번째 편파와 연관되는 것을 표시하는 '01'로 주어질 수 있다.

[0138] 일 실시예에 따르면, UE는 특정 편파 및 계층과 관련된 크기 $U^{(l)} \times D^{(l)}$ 의 비트맵의 하나의 부분이 0만을 포함하는 계층의 서브셋에 대해서만 UCI 파트 1에서의 계층 표시기를 보고하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 계층 표시기는 2비트로만 구성될 수 있으며, 여기서 첫 번째 및 두 번째 비트는 각각 세 번째 계층 및 네 번째 계층과 연관된다. 보고된 비트맵과 연관된 편파 지수를 표시하기 위해, UCI 파트 2는 보고된 0이 아닌 계수의 수가 특정 편파에 대해 0인, 계층의 서브셋으로부터의 각 계층에 대해, 보고된 0이 아닌 결합 계수의 편파를 표시하는 편파 표시기를 포함할 수 있다.

[0139] 일 실시예에 따르면, UE는 CSI 보고에서 계층당 선택된 0이 아닌 결합 계수의 수 또는 모든 계층에 대한 선택된 0이 아닌 결합 계수의 수를 표시하도록 구성된다.

[0140] CSI 보고 - 파트 1 및 파트 2

[0141] 일 실시예에 따르면, CSI 보고는 2개의 파트를 포함할 수 있고, 여기서 제1 파트는 고정된 크기를 가지고 제2 파트의 페이로드의 크기를 표시하기 위해 사용된다. 두 CSI 파트는 독립적으로 인코딩된다. 제2 CSI 파트는 변환하는 페이로드 크기를 가지며 적어도 SD 기반 서브셋 표시기(들), DD 기반 서브셋 표시기(들), 0이 아닌 계수 표시에 대한 하나 또는 다수의 비트맵 및 모든 계층에 대한 양자화된 결합 계수를 포함할 수 있다.

[0142] CSI 파트 2의 페이로드 크기를 표시하기 위해, CSI 파트 1은 CSI 파트 1에서의 모든 계층에 걸친 양자화된 결합 계수의 수 및 CSI 행렬의 랭크에 대한 정보를 포함할 수 있다.

[0143] 0이 아닌 결합 계수의 수 보고

[0144] 예에서, CSI 파트 1은 RI 계층들 각각에 대해 선택된 0이 아닌 결합 계수의 수(number of non-zero combining coefficients, NNZCC)를 포함할 수 있다. 최대 RI = 4의 경우, CSI 파트 1은 4개의 다른 계층에 대한 4개의 NNZCC 비트 표시기를 포함할 수 있다.

[0145] 예를 들어 각 NNZCC 비트 표시기는 $\max_l [\log_2(g^{(l)} + 1)]$ 또는 $\max_l [\log_2(g^{(l)})]$ 또는 $\lceil \log_2 g^{(l)} \rceil$ 또는 $\lceil \log_2(g^{(l)} + 1) \rceil$ 비트 표시기로 표시되고, 여기서 $g^{(l)}$ 은 1 번째 계층에 대해 보고된 계수의 최대 수를 나타낸다. 한 예에서 모든 계층에 대해 $g^{(l)} = K_0$ 이다. 다른 예에서, 모든 계층에 대해

$g^{(l)} = 2K_0$ 이다. 여기서, K_0 은 구성된 상위 계층인 0이 아닌 결합 계수의 수를 의미한다. 다른 예에서,

각 NNZCC 비트 표시기는 $\lceil \log_2(2U^{(l)}D^{(l)}) \rceil$ 비트 표시기로 표시된다. NNZCC가 계층 별로 표시됨에 따라, NNZCC 비트 표시기의 0이 아닌 값의 수는 CSI 행렬의 RI(즉, 총 계층 수)를 암시적으로 표시한다. 따라서 랭크(파라미터 RI)는 CSI 보고에서 제거될 수 있다(즉, 보고되지 않음).

[0146] 다른 예에서, CSI 파트 1은 모든 계층에 걸쳐 선택된 NNZCC의 합을 포함할 수 있고 따라서 그것은 상이한 계층에 대한 단일 NNZCC 비트 표시기를 포함한다. 예를 들어, NNZCC 비트 표시기는 $\lceil \log_2 g \rceil$ 표시기로 표시되며, 여기서 g 는 모든 계층에 걸쳐 보고된 계수의 최대 수를 나타낸다.

[0147] 한 예에서 $g = K_0$ 이다. 다른 예에서, $g = 2K_0$ 이다. 다른 예에서, 1번째 계층에 대해 $g = \sum_{l=0}^{RI-1} 2U^{(l)}D^{(l)}$ 이다. NNZCC 비트 표시기의 값은 CSI 행렬의 RI를 표시하지 않으므로, CSI 보고에 랭크(파라미터 RI)가 포함될 수 있다.

[0148] 가장 강한 계수 표시기(Strongest Coefficient Indicator)의 보고

[0149] 일 실시예에 따르면, UE는 정규화된 가장 강한 계수가 값 1로 주어지도록, 가장 강한 계수에 대해 계층 당 보고될 결합 계수를 정규화하도록 구성된다. 정규화된 가장 강한 계수는 항상 동일한 값으로 주어지기 때문에, UE는 가장 강한 계수(양자화된 계수의 진폭 및 위상에 대한 비트 값)를 보고하지 않고 CSI 보고(파트 2)에서 가장 강한 계수 표시기에 의해 계층 별로 가장 강한 계수를 표시하도록 구성된다. 가장 강한 계수 표시기의 구조는 CSI 파트 1에서의 NNZCC 비트 표시기 구조에 의존한다. 다음에서 다른 대안이 논의된다.

[0150] 예를 들어, 1번째 계층과 관련된 가장 강한 계수 표시기는 $\lceil \log_2(NZ_l) \rceil$ 또는 $\max_l \lceil \log_2(NZ_l) \rceil$ 비트 표시기로 주어지고, CSI 파트 1은 RI 계층들 각각에 대하여 선택된 0이 아닌 결합 계수의 수(NNZCC)를 포함한다. 여기서 NZ_l 은 CSI 파트 1에서 1번째 계층에 대해 표시되는 NNZCC를 나타낸다.

[0151] 예를 들어, 1번째 계층과 관련된 가장 강한 계수 표시기는 $\lceil \log_2(K^{(l)}) \rceil$ 또는 $\max_l \lceil \log_2(K^{(l)}) \rceil$ 비트 표시기로 주어진다. 여기서 $K^{(l)}$ 는 계층 별로 구성되는 최대 NNZCC를 나타낸다.

[0152] 다른 예에서, 1번째 계층과 관련된 가장 강한 계수 표시기는 $\lceil \log_2(\sum_{l=0}^{RI-1} NZ_l) \rceil$ 비트 표시기로 주어지며, CSI 파트 1은 모든 계층에 걸쳐 선택된 0이 아닌 결합 계수의 수(NNZCC)를 포함한다.

[0153] 다른 예에서, 1번째 계층과 관련된 가장 강한 계수 표시기는 $\lceil \log_2(2K_2) \rceil$ 비트 표시기로 주어지고, 여기서 K_2 는 UE에 구성된 NNZCC이다. 다른 예에서, 1번째 계층과 관련된 가장 강한 계수 표시기는 $\lceil \log_2(K_1) \rceil$ 비트 표시기로 주어지고, 여기서 보고될 최대 NNZCC는 계층 당 K_1 로 제한된다.

[0154] 다른 예에서, 모든 RI 계층에 대한 가장 강한 계수 표시기는 UE에 의해 공동으로 보고되고, $\lceil \log_2 \left(\sum_{l=0}^{RI-1} NZ_l \right) \rceil$ 비트 표시기로 표시된다. UCI 파트 2에서의 비트맵과 마찬가지로 이 비트 표시기는 계층 당 가장 강한 계수를 식별하는데 사용된다.

[0155] DD 기반 서브셋 표시기(들)의 보고

[0156] 일 실시예에 따르면, UE는 CSI 보고의 파트 2에서 CSI 행렬의 각 계층에 대한 제2 코드북으로부터 선택된 지연 벡터를 표시하는 DD 기반 서브셋 표시기(들)를 보고하도록 구성된다. 예에서, 각 계층에 대한 DD 기반 서브셋 표시기는 N_3 크기의 비트맵으로 주어지며, 여기서 비트맵의 각 비트는 제2 코드북으로부터의 지연 벡터와 연관된다.

[0157] "1"은 연관된 지연 벡터가 선택되었음을 표시할 수 있고, "0"은 연관된 지연 벡터가 선택되지 않았음을 표시할 수 있다. 다른 예에서, 1번째 계층에 대한 DD 기반 서브셋 표시기는 $\left\lceil \log_2 \left(\frac{N_3}{D^{(l)}} \right) \right\rceil$ 비트 표시기로 주어진다.

[0158] 다음의 예시적인 실시예에서, CSI 보고의 피드백 오버헤드를 감소시키는 DD 기반 서브셋 표시기에 대한 상이한 보고 방식이 제시된다.

[0159] 실시예에 따르면, UE는 모든 계층에 걸쳐 선택된 지연 벡터의 공통 지연 도메인(common delay domain, CDD) 기반 서브셋을 결정하고, CSI 보고에서 CDD 기반 서브셋 표시기에 의해 CDD 기반 서브셋의 지연 벡터를 표시하도록 구성된다. 또한, UE는 CSI 보고에서 계층-특정 지연 도메인(layer-specific delay domain basis, LDD) 기반 서브셋 표시기에 의해 각 계층에 대한 CDD 기반 서브셋으로부터 선택된 지연 벡터를 표시하도록 구성될 수 있다.

[0160] 예에서, CDD 기반 서브셋 표시기는 N_3 크기의 비트맵으로 주어지며, 여기서 비트맵은 $\bar{D}$ 개의 1을 포함하고 비트맵의 각 비트는 제2 코드북으로부터의 지연 벡터와 연관된다.

[0161] "1"은 연관된 지연 벡터가 선택되었음을 나타낼 수 있고, "0"은 연관된 지연 벡터가 선택되지 않았음을 나타낼 수 있다.

[0162] 다른 예에서, CDD 기반 서브셋 표시기는 $\left\lceil \log_2 \left(\frac{N_3}{\bar{D}} \right) \right\rceil$ 비트 표시기로 주어지며, 여기서 $\bar{D} < N_3$ 은 모든 계층에 걸쳐 UE에 의해 선택된 지연 벡터의 총 수를 표시한다.

[0163] 다른 예에서, CDD 기반 서브셋은 두 개의 값 $\bar{D}$ 및 $\bar{D}_{in}$ 로 표현되고, 여기서 $\bar{D}$ 는 CDD 기반 서브셋의 요소의 수를 정의하고, $\bar{D}_{in}$ 는 제2 코드북으로부터 선택된 $\bar{D}$ 개의 지연 벡터 $[d_{mod(\bar{D}_{in}, N_3)}, d_{mod(\bar{D}_{in}+1, N_3)}, \dots, d_{mod(\bar{D}_{in}+\bar{D}-1, N_3)}]$ 의 첫번째 인덱스를 나타낸다.

[0164] $\bar{D}$ 및 $\bar{D}_{in}$ 에 의해 구성된 CDD 기반 서브셋의 예는 도 1A 및 1B에 도시된다.

[0165] 도 1A는 아래의 값에 대한 CDD 기반 서브셋의 예를 보여준다:

[0166] $N_3 = 13$, $\bar{D} = 7$ 및 $\bar{D}_{in} = 12$.

[0167] CDD 기반 서브셋은 $N_3 = 13$ 크기의 제2 코드북으로부터 선택된, $\bar{D} = 7$ 인 FD 기반 벡터 $[d_{mod(\bar{D}_{in}, N_3)}, d_{mod(\bar{D}_{in}+1, N_3)}, \dots, d_{mod(\bar{D}_{in}+\bar{D}-1, N_3)}] = [d_{12}, d_{13}, d_1, d_2, d_3, d_4, d_5]$ 를 포함한다.

CDD 서브셋의 첫 번째 FD 벡터의 인덱스는 $\bar{D}_{in} = 12$ 로 주어진다.

[0168] 도 1B는 아래의 값에 대한 CDD 기반 서브셋의 다른 예를 보여준다:

[0169] $N_3 = 13$, $\bar{D} = 8$ 및 $\bar{D}_{in} = 9$.

[0170] CDD 기반 서브셋은 $N_3 = 13$ 크기의 제2 코드북으로부터 선택된, $\bar{D} = 8$ 인 FD 기반 벡터 $[d_{\text{mod}(\bar{D}_{in}, N_3)}, d_{\text{mod}(\bar{D}_{in}+1, N_3)}, \dots, d_{\text{mod}(\bar{D}_{in}+\bar{D}-1, N_3)}] = [d_9, d_{10}, d_{11}, d_{12}, d_{13}, d_1, d_2, d_3]$ 를 포함한다. CDD 서브셋의 첫 번째 FD 벡터의 인덱스는 $\bar{D}_{in} = 9$ 로 주어진다.

[0171] 예에서, LDD 서브셋 표시기는 $\bar{D}$ 크기의 비트맵으로 주어지고 비트맵에서의 각 비트는 CDD 기반 서브셋으로부터의 지연 벡터와 연관된다. "1"은 연관된 지연 벡터가 CDD 기반 서브셋으로부터 선택되었음을 표시할 수 있고, "0"은 연관된 지연 벡터가 CDD 기반 서브셋으로부터 선택되지 않음을 표시할 수 있다. 다른 예에서, LDD 서브셋 표시기는 $\left\lceil \log_2 \left(\frac{\bar{D}}{D^{(l)}} \right) \right\rceil$ 비트 표시기로 주어진다.

[0172] 일 실시예에 따르면, CSI 보고 파트 2에서 CDD 기반 서브셋 표시기의 페이로드 크기의 표시에 대해, UE는 CSI 보고 파트 1에서 파라미터 $\bar{D}$ 를 보고하도록 구성된다. 또한, UE는 CSI 파트 2에서 파라미터 $\bar{D}_{in}$ 을 보고하도록(가능한 경우) 구성된다.

[0173] 일 실시예에 따르면, CSI 보고 파트 1의 피드백 오버헤드를 줄이기 위해, UE는 gNB에 의해 파라미터 $\bar{D}$ 로 구성되거나(그리고 이런 이유로 CSI 파트 1에서 보고되지 않음), 파라미터 $\bar{D}$ 는 UE에 선형적으로 알려질 수 있다(그리고 이런 이유로 CSI 파트 1에서 보고되지 않음).

[0174] 일 실시예에 따르면, CSI 보고 파트 1의 피드백 오버헤드를 줄이기 위해, UE는 CSI 행렬의 각각의 가능한 랭크 RI에 대해 gNB에 의해 파라미터(들) $\bar{D}_r$ 로 구성되거나(그리고 이런 이유로 CSI 파트 1에서 파라미터 $\bar{D}_r$ 를 보고하지 않음), 파라미터(들) $\bar{D}_r$ 은 예를 들어 UE에서 선형적으로 알려질 수 있다(그리고 이런 이유로 보고되지 않음).

[0175] 일 실시예에 따르면, CSI 보고 파트 1의 피드백 오버헤드를 줄이기 위해, UE는 CSI 행렬의 각각의 가능한 랭크 RI에 대해 gNB에 의해 파라미터(들) $\bar{D}_{in,r}$ 로 구성되거나(그리고 이런 이유로 CSI 파트 2에서 파라미터 $\bar{D}_{in,r}$ 를 보고하지 않음), 파라미터(들) $\bar{D}_{in,r}$ 는 UE에 선형적으로 알려질 수 있다(그리고 이런 이유로 보고되지 않음). 예에서 $\bar{D}_{in,r} = N_3 - \left\lceil \frac{N'_3}{2} \right\rceil$ 이고, 여기서 $q \in \{1, 2, \dots\}$ 는 정수이다.

[0176] 일 실시예에 따르면, CSI 보고(파트 1 및 파트 2)의 피드백 오버헤드를 줄이기 위해, UE는 gNB로부터 CDD 기반 서브셋 표시기를 수신하고 CSI 파트 2에서 CDD 기반 서브셋 표시기를 보고하지 않도록 구성된다. gNB에 의해 구성된 CDD 기반 서브셋 표시기는 랭크-특정적일 수 있고, gNB는 CSI 행렬의 각 랭크 $RI \in \{1, 2, 3, 4\}$ 에 대해 CDD 기반 서브셋 표시기를 구성한다.

[0177] 예에서, gNB에 의해 구성된 CDD 기반 서브셋 표시기는 N_3 크기의 비트맵으로 주어지며, 여기서 비트맵은 $\bar{D}$ 개의 1을 포함하고 비트맵의 각 비트는 제2 코드북으로부터의 지연 벡터와 연관된다.

[0178] "1"은 연관된 지연 벡터가 선택되었음을 표시할 수 있고, "0"은 연관된 지연 벡터가 선택되지 않았음을 표시할 수 있다. 다른 예에서, CDD 기반 서브셋 표시기는 $\left\lceil \log_2 \left(\frac{N_3}{\bar{D}} \right) \right\rceil$ 비트 표시기로 구성되고, 여기서 파라미

터 $\bar{D}$ 는 모든 계층에 걸쳐 UE에 의해 선택된 지연 벡터의 총 수를 표시하고 gNB에 의해 구성된다.

[0179] 일 실시예에 따르면, CSI 보고(파트 1 및 파트 2)의 피드백 오버헤드를 줄이기 위해, UE는 선형적으로 알려진 CDD 기반 서브셋 표시기(예를 들어, 3GPP 표준 사양에 의해 알려진)로부터 각 계층에 대한 지연 벡터를 선택하도록 구성되고, 표준 사양), CSI 파트 2에서 CDD 기반 서브셋 표시기를 보고하지 않는다.

[0180] 일 실시예에 따르면, CSI 보고(파트 2)의 피드백 오버헤드를 줄이기 위해, UE는 상이한 크기의 선형적으로 알려진 다중 CDD 기반 서브셋으로부터 CDD 기반 서브셋 표시기를 선택하고 CSI 파트 1에서 선택된 CDD 기반 서브셋의 크기를 표시하도록 구성된다. CDD 기반 서브셋 표시기 세트는 UE에 구성되거나 알려진(사양에 의해 정의됨) 상위 계층이다.

[0181] 일 실시예에 따르면, CSI 보고(파트 1 및 파트 2)의 피드백 오버헤드를 줄이기 위해, UE는 선형적으로 알려진 N 개의 동일한 크기의 CDD 기반 서브셋 표시기 세트(들)로부터 CDD 기반 서브셋 표시기를 선택하고, CSI 보고 파트 2에서 선택된 CDD 기반 서브셋과 CSI 파트 1에서 선택된 CDD 기반 서브셋의 크기를 표시하도록 구성된다. 예를 들어, CSI 파트 2에서 선택된 CDD 기반 서브셋 표시기는 $\lceil \log_2 N \rceil$ 비트 표시기로 나타낼 수 있다.

[0182] 일 실시예에 따르면, UE는 계층의 가장 강한 계수 표시기와 연관된 지연 인덱스에 대해 계층의 선택된 DD 기반 서브셋에서 벡터의 모든 지연 인덱스에 대해 N_3 모듈로(modulo) 시프트 연산을 수행하도록 구성된다. 이 시프트 연산은 CSI 행렬 및 시프트된 DD 기반 서브셋에 의해 정의된 프리코더의 성능에 영향을 미치지 않는다는 점에 주목해야 한다. 이 시프트 연산이 적용된 후, 가장 강한 계수와 연관된 지연 인덱스는 항상 알려진 지연 인덱스, 예를 들어 첫 번째 지연 인덱스와 연관된다(그리고 이런 이유로 두 번째 코드북으로부터의 첫 번째 지연 벡터).

[0183] 결과적으로 첫 번째 지연 인덱스는 보고될 필요가 없으며 1번째 계층에 대한 DD 기반 서브셋 표시기는 $(N_3 - 1) \lceil \log_2 \left(\binom{N_3}{D^{(l)} - 1} \right) \rceil$ 크기의 비트맵, $\lceil \log_2 \left(\binom{N_3 - 1}{D^{(l)} - 1} \right) \rceil$ 비트 표시기 또는 $\lceil \log_2 (2U^{(l)}) \rceil$ 비트 표시기로 표시되어 가장 강한 계수와 연관된 비트맵의 행을 표시할 수 있다.

[0184] 일 실시예에 따르면, UE는 계층의 가장 강한 계수와 연관된 지연 인덱스에 대해 선택된 LDD 기반 서브셋에서 벡터의 모든 지연 인덱스에 대해 $\bar{D}$ 모듈로 시프트 연산을 수행하도록 구성된다. 위와 유사하게, 이 시프트 연산은 CSI 행렬 및 시프트된 LDD 기반 서브셋(들)에 의해 정의된 프리코더의 성능에 영향을 미치지 않는다는 점에 주목한다. 이 시프트 동작이 적용된 후, 가장 강한 계수와 연관된 지연 인덱스는 항상 첫 번째 지연 인덱스와 연관된다.

[0185] 결과적으로, 첫 번째 지연 인덱스는 보고될 필요가 없으며 1번째 계층에 대한 LDD 기반 서브셋 표시기는 $(\bar{D} - 1) \lceil \log_2 \left(\binom{\bar{D}}{D^{(l)} - 1} \right) \rceil$ 크기의 비트맵, 또는 $\lceil \log_2 \left(\binom{\bar{D} - 1}{D^{(l)} - 1} \right) \rceil$ 비트 표시기, 또는 $\lceil \log_2 \left(\binom{N_3}{\bar{D} - 1} \right) \rceil$ 비트 표시기로 주어진다. 유사하게, CDD 기반 서브셋 표시기는 $\lceil \log_2 \left(\binom{N_3}{\bar{D} - 1} \right) \rceil$ 비트 표시기에 의해 표시될 수 있다.

[0186] **D'의 보고**

[0187] 일 실시예에 따르면, 피드백 오버헤드를 더 절약하기 위해, UE는 UCI 파트 1에서 1번째 계층의 연관된 비트맵이

$D^{(l)}$ 개의 열 대신, $D^{(l)'}$ 개의 열만을 포함하는 것을 표시하는 값 $D^{(l)'} (\leq D^{(l)})$ 을 보고할 수 있다.

[0188] 예를 들어 구성된 값 $D^{(l)}=7$ 이고, 1번째 계층과 연관된 비트맵의 마지막 2개 열이 0만을 포함하는 경우, 0만을 포함하는 비트맵의 부분은 UCI 파트 2로부터 드롭된다. 이 방법으로, 비트맵의 크기는 $2U^{(l)} \times D^{(l)}$ 로부터 $2U^{(l)} \times D^{(l)'}$ 로 줄어들고 피드백 오버헤드 절감이 달성된다. 값 $D^{(l)'}$ 은 UCI 파트 1에 표시될 수 있다.

[0189] 일 예에서, $D^{(l)'}$ 은 계층 당 1비트 표시기에 의해 UE에 의해 표시될 수 있다. 그리고 나서 $D^{(l)'}$ 은 $D^{(l)'} = \gamma D^{(l)}$ 로 제한될 수 있으며, 여기서 $\gamma \in (0,1)$ 이다. γ 의 예는 $\gamma = \{\frac{1}{2}, \frac{3}{4}\}$ 로 주어진다. 1비트 표시기가 설정되면, $D^{(l)'} = D^{(l)}$, 그렇지 않으면 $D^{(l)'} = \gamma D^{(l)}$ 이다.

[0190] 다른 예에서, $D^{(l)'}$ 은 모든 계층에 대한 1비트 표시기에 의해 UE에 의해 표시될 수 있다. 1비트 표시기가 설정되면 모든 계층에 대해 $D^{(l)'} = D^{(l)}$, 그렇지 않으면 모든 계층에 대해 $D^{(l)'} = \gamma D^{(l)}$ 이다.

[0191] 일 실시예에 따르면, 선택된 $D^{(l)'}$ 은 다른 UCI 1 파라미터의 미사용된 코드 포인트에 의해 UE에 의해 표시될 수 있다. 예를 들어, 0이 아닌 결합 계수의 수의 표시에 사용되는 코드 포인트는 모든 계층에 대한 1비트 표시기를 추가로 보고하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, $K_0=42$ 인 경우, 모든 4개의 계층에 걸친 0이 아닌 결합 계수의 총 수는 84로 주어지며, 7비트는 0이 아닌 결합 계수의 수를 표시하는 데 사용된다. 128개의 코드 포인트 중 46개의 코드 포인트는 사용되지 않으며 $D^{(l)'}$ 의 선택된 값의 표시를 위해 사용될 수 있다. 다음에서 다양한 예가 제공된다. 하나의 예에서, 코드 포인트 1 내지 84는 선택된 0이 아닌 결합 계수의 수를 표시하고 모든 계층에 대해 $D^{(l)'} = D^{(l)}$ 임을 표시하고, 나머지 코드 포인트 85 내지 128은 0이 아닌 결합 계수의 선택된 수들 1 내지 44를 표시하고, 모든 계층에 대해 $D^{(l)'} = \gamma D^{(l)}$ 임을 표시한다. 다른 예에서, 코드 포인트 1 내지 84는 선택된 0이 아닌 결합 계수의 수를 표시하고 모든 계층에 대해 $D^{(l)'} = D^{(l)}$ 임을 표시하고, 나머지 코드 포인트 85 내지 128은 0이 아닌 결합 계수의 선택된 수들 1,3,5 내지 83을 표시하고 모든 계층에 대해 $D^{(l)'} = \gamma D^{(l)}$ 임을 표시한다. 다른 예에서, 코드 포인트 1 내지 84는 선택된 0이 아닌 결합 계수의 수를 표시하고 모든 계층에 대해 $D^{(l)'} = D^{(l)}$ 임을 표시하고, 나머지 코드 포인트 85 내지 128은 0이 아닌 결합 계수의 선택된 수들 2,4,6 내지 84를 표시하고 모든 계층에 대해 $D^{(l)'} = \gamma D^{(l)}$ 임을 표시한다.

[0192] **기반 충분성 표시기(Basis Sufficiency Indication)**

[0193] 일 실시예에 따르면, UE는 CSI 보고에서 FD 기반 충분성 표시기를 보고하도록 구성될 수 있고, FD 기반 충분성 표시기는 값들 K (또는 K_1 또는 K_2 또는 $K^{(l)}$) 또는 $D^{(l)}$ 또는 ($D^{(l,r)}$) 또는 N_3 의 구성이 CSI 행렬을 계산하는데 충분한지 여부를 표시한다.

- [0194] 전파 채널의 지연 확산이 크고 N_3 의 구성된 값이 너무 작으면, CSI 행렬의 계산이 앨리어싱(aliasing)에 의해 영향을 받는다. 또한, K (또는 K_1 또는 K_2 또는 $K^{(l)}$) 또는 $D^{(l)}$ 또는 $(D^{(l,r)})$ 의 구성된 값들이 너무 작을 때, UE는 CSI 행렬을 계산할 수 없다.
- [0195] 다음은 FD 기반 충분성 표시기에 대한 예가 제시된다.
- [0196] 예에서, UE는 UCI 파트 1에서 기반 충분성 표시기를 명시적으로 보고하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, UE는 UCI 파트 1에서 1비트 표시기를 사용하여 기반 충분성 표시기(basis sufficiency indicator)를 명시적으로 표시하도록 구성될 수 있다.
- [0197] 비트 표시기의 '1'은 구성된 값 K (또는 K_1 또는 K_2 또는 $K^{(l)}$) 및/또는 $D^{(l)}$ 또는 $(D^{(l,r)})$ 이 충분하다는 것을 표시하고, '0'은 값 K (또는 K_1 또는 K_2 또는 $K^{(l)}$) 및/또는 $D^{(l)}$ 또는 $(D^{(l,r)})$ 이 충분하지 않다는 것을 표시한다.
- [0198] 다른 예에서, UE는 UCI 파트 1에서 NNZCC에 대한 0을 보고함으로써 기반 충분성 표시를 암시적으로 표시하도록 구성될 수 있다.
- [0199] 다른 예에서, UE는 UCI 파트 1에서 NNZCC에 대해 2의 값을 보고함으로써 기반 충분성 표시를 암시적으로 표시하도록 구성될 수 있다.
- [0200] 일 실시예에 따르면, UE가 만약 K (또는 K_1 또는 K_2 또는 $K^{(l)}$) 및/또는 $D^{(l)}$ 또는 $(D^{(l,r)})$ 의 값들 중 하나가 충분하지 않다면 UCI 파트 1에서의 기반 충분성 표시기를 통해 표시하도록 구성되는 경우, UE는 UCI 파트 2를 드롭하거나 부분적으로 드롭하도록 구성된다.
- [0201] 예에서, UE는 UCI 파트 2를 완전히 드롭하도록 구성될 수 있다.
- [0202] 다른 예에서, UE는 UCI 파트 2에서 선택된 SD 기반 서브셋 만을 보고하도록 구성될 수 있다.
- [0203] 다른 예에서, UE는 계층 당 선택된 2개의 0이 아닌 결합 계수와 함께 선택된 단일 SD 기반 벡터를 보고하도록 구성될 수 있다.
- [0204] 다른 예에서, UE는 첫번째 계층에 대해서만 선택된 2개의 0이 아닌 결합 계수와 함께 선택된 단일 SD 기반 벡터를 보고하도록 구성될 수 있다.
- [0205] UE가 UCI 보고에서 FD 기반 충분성 표시를 표시할 때, UE는 향후 CSI 보고를 위한 K (또는 K_1 또는 K_2 또는 $K^{(l)}$) 및/또는 $D^{(l)}$ 또는 $(D^{(l,r)})$ 또는 N_3 중 더 큰 값으로 gNB에 의해 구성될 수 있다.
- [0206] **SD 기반 서브셋 표시기(들)의 보고**
- [0207] 일 실시예에 따르면, UE는 선택된 빔 벡터의 계층 특정 공간 도메인(layer-specific space domain, LSD) 기반 서브셋을 결정하고 CSI 보고(파트 2)에서 빔 벡터를 표시하도록 구성된다. LSD 기반 서브셋 표시기는 1번째 계층에 대한 $\left\lceil \log_2 \left(\frac{N_1 N_2}{U^{(l)}} \right) \right\rceil$ 비트 표시기로 주어진다. UE가 계층당 빔의 수를 나타내는 단일 파라미터 U 로 구성되는 경우, LSD 기반 서브셋 표시기 $\left\lceil \log_2 \left(\frac{N_1 N_2}{U} \right) \right\rceil$ 는 모든 계층에 걸쳐 동일하며 한 번 보고된다.
- [0208] 설명된 바와 같이 본 명세서의 실시예에 의해 여러 이점이 달성된다.
- [0209] 아래는 설명된 실시예들에 따라 UE에 의해 수행되는 방법의 요약이고 UE에 의해 수행되는 방법의 흐름도를 도시

하는 도 2를 참조한다. 도시된 바와 같이, UE에 의해 수행되는 방법은 다음을 포함한다:

[0210] (S201) MIMO 채널을 통하여 무선 신호를 네트워크 노드인, gNB로부터 수신하는 단계, 여기서 무선 신호는 DL 기준 신호 구성에 따른 적어도 하나의 DL 기준 신호를 포함함;

[0211] (202) 구성된 서브밴드에 대하여 상기 수신된 적어도 하나의 DL 기준 신호에 기초하여 상기 MIMO 채널을 추정하는 단계;

[0212] (203) gNB의 안테나 포트 및 구성된 서브밴드의 수에 대하여 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬을 계산하는 단계; 프리코더 행렬은 제1 코드북 및 제2 코드북 및 제1 코드북과 제2 코드북으로부터 선택된 하나 이상의 벡터를 복소 스케일링/결합하기 위한 결합 계수의 집합에 기초함;

[0213] 여기서,

[0214] - 제1 코드북은 프리코더 행렬의 하나 이상의 송신측 공간 빔 성분을 포함하고,

[0215] - 제2 코드북은 프리코더 행렬의 하나 이상의 지연 성분을 포함하고,

[0216] (204) 구성된 안테나 포트 및 서브밴드에 대한 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬을 표시하는 데 사용되는, CSI 피드백 보고 및/또는 프리코더 행렬 표시기(Precoder matrix Indicator, PMI) 및/또는 PMI/랭크 표시기(PMI/Rank Indicator, PMI/RI)를 gNB에 보고하는 단계.

[0217] 실시예에 따르면, 그리고 이전에 설명된 바와 같이, 방법은 gNB로부터 구성을 수신하는 단계를 포함하고, 상기 구성은 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 구성에 사용되는, 빔 당 지연의 수를 나타내는 적어도 하나의 상위 계층 파라미터 $D^{(l)}$ 을 포함하는 CSI 보고 구성을 포함한다.

[0218] 일 실시예에 따르면, $D^{(l)} = D$ 가 되도록, 지연의 수 $D^{(l)}$ 는 계층-독립적이고 모든 계층에 대해 동일하고, 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 구성에 대해 단일 파라미터 D 만으로 UE를 구성한다.

[0219] 실시예에 따르면, 지연의 수 $D^{(l)}$ 는 계층의 서브셋에 대해, 예를 들어, 계층(예를 들어 첫번째 및 두번째 계층)의 제1 서브셋에 대해 $D^{(1)} = [\alpha_1 D^{(0)}]$, 계층(예를 들어 세번째 계층 또는 세번째 계층 및 네번째 계층)의 제2 서브셋에 대해 $D^{(3)} = [\alpha_2 D^{(2)}]$ 로 구성되고, 프리코더 행렬의 구성을 위해 2개의 파라미터 $D^{(0)}$ 및 $D^{(2)}$ 를 포함하는 신호를 gNB로부터 수신하도록 구성된다.

[0220] 방법은 제1 계층에 대한 단일 파라미터 $D^{(0)}$ 를 포함하는 구성을 gNB로부터 수신하는 단계, 및 나머지 계층에 대한 파라미터(들) $D^{(l)}, l > 0$ 을 유도하는 단계를 더 포함한다.

[0221] 일 실시예에 따르면, 지연의 구성은 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 랭크 표시기(Rank Indicator, RI)에 의존한다.

[0222] 다른 실시예에 따르면, 방법은 gNB로부터 구성을 수신하는 단계를 포함하고, 상기 구성은 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 구성에 사용되는, 1번째 계층에 대한 공간 빔의 수를 나타내는 적어도 하나의 상위 계층 파라미터 $U^{(l)}$ 를 포함하는 CSI 보고 구성을 포함한다.

[0223] 이전에 설명된 바와 같이, 상위 계층 파라미터 U 는 UE 능력이고; 방법은 파라미터 U 에 대해 지원되는 값 범위를 gNB에 표시하는 단계를 포함한다.

[0224] 실시예에 따르면, $RI > 1$ 에 대해, 방법은 각 계층에 대한 0이 아닌 결합 계수의 최대 수를 나타내는 단일 파라미터 K_1 을 표시하는 구성을 gNB로부터 수신하는 단계; 및 $\sum_{l=0}^{RI-1} K^{(l)} \leq 2K_1$ 가 되도록 계층당 0이 아닌

결합 계수의 수를 UE에 의해 할당하고, 계층 당 0이 아닌 결합 계수의 수 또는 모든 계층에 걸친 0이 아닌 결합 계수의 총 수를 gNB에 보고하는 단계를 포함한다. RI > 1에 대해, 방법은 UE가

$$\sum_{l=0}^{RI-1} K^{(l)} \leq 2K_2$$

가 되도록 계층 당 0이 아닌 결합 계수의 수를 할당하는 것에 기초한, 단일 파라미터 K_2 를 표시하는 구성을 gNB로부터 수신하는 단계, 및 계층당 0이 아닌 결합 계수의 수 또는 모든 계층에 걸친 0이 아닌 결합 계수의 총 수를 gNB에 보고하는 단계를 포함한다.

[0225] 방법은 모든 계층의 비트맵을 보고하기 위한 전체 오버헤드를 줄이기 위해 2단계 접근법을 사용하는 단계를 더 포함할 수 있으며, 여기서 첫 번째 단계에서, UE는 계층들에 걸친 개별 비트맵의 합집합에 의해 크기 $U_g \times D_g$ 의 조인트 비트맵을 결정하고, 조인트 비트맵에서의 '1'의 수를 gNB에 보고하고, 두번째 단계에서, 조인트 비트맵과 연관된 선택된 0이 아닌 결합 계수의 인덱스의 표시를 gNB에 보고한다.

[0226] 방법은 UCI(Uplink Control Information) 파트 2에서, 조인트 비트맵에 연관된 선택된 공간 도메인(Spatial Domain, SD), 및/또는 주파수 도메인(Frequency Domain, FD) 기반 벡터의 표시를 보고하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0227] 방법은 크기 $U_e^{(l)} \times D_e^{(l)}$ 의 유효 비트맵을 계층당 결정하는 단계, 여기서 $U_e^{(l)} \leq 2U^{(l)}$ 및 $D_e^{(l)} \leq D^{(l)}$ 이고, 유효 비트맵은 CSI 파트 2에서 보고되고 각 유효 비트맵은 0이 아닌 행 및/또는 0이 아닌 열만 포함하고, CSI 파트 2에서, 계층 당 유효 비트맵과 연관된 선택된 SD 기반 벡터의 표시 및/또는 계층 당 유효 비트맵과 연관된 선택된 FD 기반 벡터의 표시를 표시하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0228] 방법은 UCI 파트 1의 모든 계층에 대한 유효 비트맵의 크기를 표시하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0229] 방법은 모든 계층에 걸쳐 선택된 지연 벡터의 공통 지연 도메인(Common Delay Domain, CDD) 기반 서브셋을 결정하는 단계, 및 CSI 보고에서 CDD 기반 서브셋 표시기에 의해 CDD 기반 서브셋의 지연 벡터를 표시하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0230] 방법은 CSI 보고에서 계층-특정 지연 도메인(layer-specific delay domain basis, LDD) 기반 서브셋 표시기에 의해 각 계층에 대한 CDD 기반 서브셋으로부터 선택된 지연 벡터를 표시하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0231] 방법은 계층의 가장 강한 계수 표시기와 연관된 지연 인덱스에 대해 계층의 선택된 지연 도메인(Delay Domain, DD) 기반 서브셋에서 벡터의 모든 지연 인덱스에 대해 N_3 모듈로 시프트 연산을 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0232] UE에 의해 수행되는 동작에 관한 추가 실시예는 이미 설명되었으며 반복될 필요가 없다.

[0233] 앞서 설명한 UE의 방법 단계 및 동작을 수행하기 위하여, 도 3에 도시된 바와 같이, UE(300)가 또한 제공되며, UE(300)는 프로세서(310) 또는 프로세싱 회로 또는 프로세싱 모듈 또는 프로세서 또는 수신기 회로 또는 수신기 모듈(340); 송신기 회로 또는 송신기 모듈(350); 메모리 모듈(320); 송신기 회로(350) 및 수신기 회로(340)를 포함할 수 있는 송수신기 회로 또는 송수신기 모듈(330)을 포함한다. UE(300)는 적어도 UE로/로부터 신호를 송수신하기 위한 안테나 회로를 포함하는 안테나 시스템(360)을 더 포함한다. 안테나 시스템은 앞서 설명한 빔 포밍을 사용한다.

[0234] UE(300)는 빔 포밍 기술을 지원하는 2G, 3G, 4G 또는 LTE, LTE-A, 5G, WLAN 및 WiMax 등을 포함하는 임의의 무선 액세스 기술에서 동작할 수 있다.

[0235] 프로세싱 모듈/회로(310)는, 프로세서, 마이크로 프로세서, ASIC(application specific integrated circuit), FPGA(field programmable gate array) 등을 포함하며, "프로세서(310)"로 지칭될 수 있다. 프로세서(310)는 UE(300) 및 그 구성요소들의 동작을 제어한다. 메모리(회로 또는 모듈)(320)는 프로세서(310)에 의해 사용될 수 있는 데이터 및 명령들을 저장하기 위한 RAM(random access memory), ROM(read only memory), 및/또는 다른 유형의 메모리를 포함한다. 하나 이상의 실시예에서 UE(300)는 여기에 개시된 임의의 실시예에서의 동작을 수행하도록 구성된 고정된 또는 프로그램된 회로를 포함한다는 것을 이해해야 한다.

- [0236] 적어도 하나의 이러한 예에서, UE(300)는, 마이크로 프로세서, 마이크로 컨트롤러, DSP, ASIC, FPGA, 또는 프로세싱 회로에 존재하거나, 또는 프로세싱 회로에 액세스할 수 있는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로부터 컴퓨터 프로그램 명령들을 실행하도록 구성된 다른 프로세싱 회로를 포함한다. 여기서 "비일시적"은 반드시 영구적이거나 변하지 않는 저장을 의미하는 것은 아니며, 작업 또는 휘발성 메모리에 저장하는 것을 포함할 수 있지만, 이 용어는 적어도 일부 지속성의 저장을 의미한다. 프로그램 명령들의 실행은 방법 청구항 1 내지 35 중 어느 하나를 포함하는 여기에 개시된 동작들을 수행하도록 프로세싱 회로를 특별히 조정하거나 구성한다. 또한, UE(300)는 도 3에 도시되지 않은 추가 구성요소들을 포함할 수 있다는 것을 이해할 것이다.
- [0237] 또한, 청구항 36에 따른 UE의 적어도 하나의 프로세서 상에서 실행될 때, 적어도 상기 하나의 프로세서로 하여금 청구항 1 내지 35 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하게 하는 명령을 포함하는 컴퓨터 프로그램이 제공된다.
- [0238] 또한 전술한 바와 같이 네트워크 노드 또는 gNB에 의해 수행되는 방법이 제공된다. 방법은, UE가 구성된 서브밴드에 대한 상기 수신된 적어도 하나의 DL 기준 신호에 기초하여 상기 MIMO 채널을 추정하고, gNB의 안테나 포트 및 구성된 서브밴드의 수에 대한 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬을 계산 - 상기 프리코더 행렬은 제1 코드북 및 제2 코드북 및 제1 코드북과 제2 코드북으로부터 선택된 하나 이상의 벡터를 복소 스케일링/결합하기 위한 결합 계수의 집합에 기초하며, 여기서, 상기 제1 코드북은 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 하나 이상의 송신측 공간 빔 성분을 포함하고, 상기 제2 코드북은 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬의 하나 이상의 지연 성분을 포함함 - 하는 것을 가능하게 하기 위해, MIMO 채널을 통해 UE에 무선 신호를 전송하는 단계 - 상기 무선 신호는 DL 기준 신호 구성에 따라 적어도 하나의 다운링크(DL) 기준 신호를 포함함 -, 및 구성된 안테나 포트에 대한 프리코더 행렬 또는 CSI 행렬을 표시하는데 사용되는, CSI 피드백 보고 및/또는 PMI 및/또는 PMI/RI를 UE로부터 수신하는 단계를 포함한다.
- [0239] 적어도 UE를 구성하는 측면에서 gNB 또는 네트워크 노드에 의해 수행되는 추가 작업은 이미 설명되었으며 반복될 필요가 없다.
- [0240] 또한 방법 단계 및 이전에 설명된 동작을 수행하기 위해 네트워크 노드 또는 gNB(미도시)가 제공된다. gNB는, 프로세서 또는 프로세싱 회로 또는 프로세싱 모듈 또는 프로세서 또는 수단; 수신기 회로 또는 수신기 모듈; 송신기 회로 또는 송신기 모듈; 메모리 모듈; 송신기 회로 및 수신기 회로를 포함할 수 있는 송수신기 회로 또는 송수신기 모듈을 포함한다. gNB는 적어도 UE로/로부터 신호를 송신 및 송수신하기 위한 안테나 회로를 포함하는 안테나 시스템을 더 포함한다. 안테나 시스템은 앞서 설명한 빔 포밍을 사용한다.
- [0241] gNB는 빔 포밍 기술을 지원하는 2G, 3G, 4G 또는 LTE, LTE-A, 5G, WLAN 및 WiMax 등을 포함하는 임의의 무선 액세스 기술에서 동작할 수 있다.
- [0242] 프로세싱 모듈/회로는, 프로세서, 마이크로 프로세서, ASIC(application specific integrated circuit), FPGA(field programmable gate array) 등을 포함하며, "프로세서"로 지칭될 수 있다. 프로세서는 gNB 및 그 구성요소들의 동작을 제어한다. 메모리(회로 또는 모듈)는 프로세서에 의해 사용될 수 있는 데이터 및 명령들을 저장하기 위한 RAM(random access memory), ROM(read only memory), 및/또는 다른 유형의 메모리를 포함한다. 하나 이상의 실시예에서 gNB는 여기에 개시된 임의의 실시예에서의 동작을 수행하도록 구성된 고정된 또는 프로그램된 회로를 포함한다는 것을 이해해야 한다.
- [0243] 적어도 하나의 이러한 예에서, gNB는, 마이크로 프로세서, 마이크로 컨트롤러, DSP, ASIC, FPGA, 또는 프로세싱 회로에 존재하거나, 또는 프로세싱 회로에 액세스할 수 있는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로부터 컴퓨터 프로그램 명령들을 실행하도록 구성된 다른 프로세싱 회로를 포함한다. 여기서 "비일시적"은 반드시 영구적이거나 변하지 않는 저장을 의미하는 것은 아니며, 작업 또는 휘발성 메모리에 저장하는 것을 포함할 수 있지만, 이 용어는 적어도 일부 지속성의 저장을 의미한다. 프로그램 명령들의 실행은 이 명세서에서 개시된 동작들을 수행하도록 프로세싱 회로를 특별히 조정하거나 구성한다. 또한, gNB는 추가 구성요소들을 포함할 수 있다는 것을 이해할 것이다.
- [0244] 또한, gNB의 적어도 하나의 프로세서 상에서 실행될 때, 적어도 상기 하나의 프로세서가 설명된 방법을 수행하게 하는 명령어를 포함하는 컴퓨터 프로그램이 제공된다.
- [0245] 본 명세서 전반에 걸쳐, "포함하다" 또는 "포함하는"이라는 단어는 비제한적인 의미, 즉 "적어도 구성된다"를 의미하는 것으로 사용되었다. 특정 용어가 여기에서 사용될 수 있지만, 그것들은 제한의 목적이 아니라 일반적

이고 설명적인 의미로만 사용된다. 본 명세서의 실시예는 빔 포밍 기술을 사용할 수 있는 GSM, 3G 또는 WCDMA, LTE 또는 4G, LTE-A(또는 LTE-Advanced), 5G, WiMAX, WiFi, 위성 통신, TV 방송 등을 포함하는 임의의 무선 시스템에 적용될 수 있다.

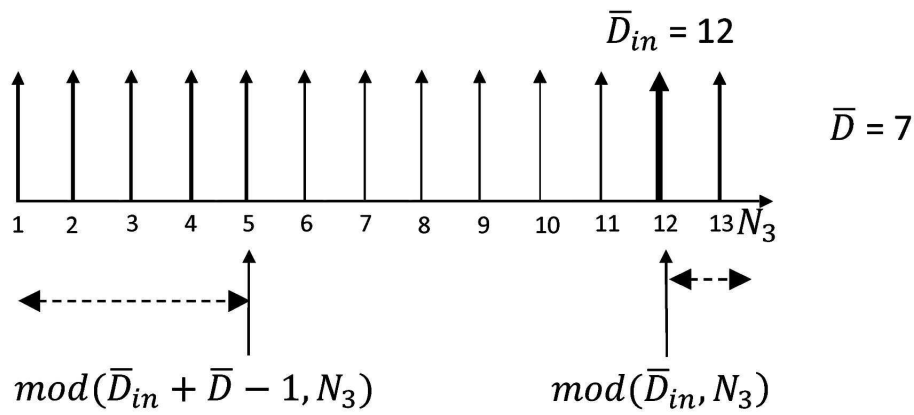
[0246] 참고문헌

[0247] [1] 3GPP TS 38.214 V15.3.0: “3GPP; TSG RAN; NR; Physical layer procedures for data (Rel. 15),” Sept. 2018

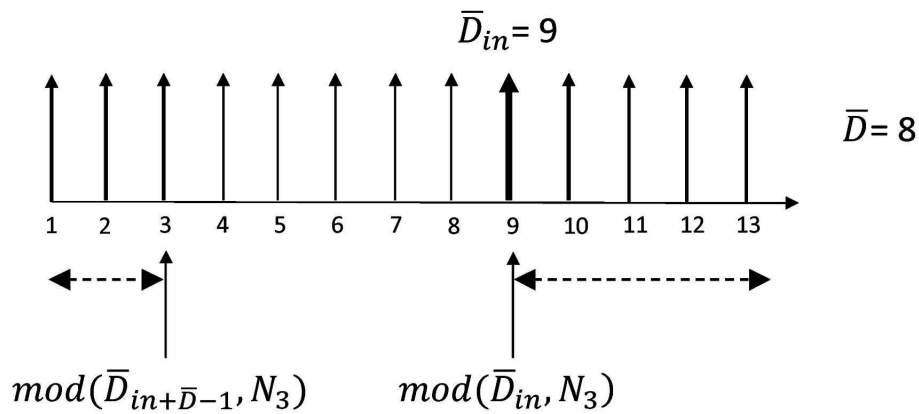
[0248] [2] Samsung “Revised WID: Enhancements on MIMO for NR”, RP-182067, 3GPP RAN#81, Gold Coast, Australia, Sept. 10-13, 2018.

도면

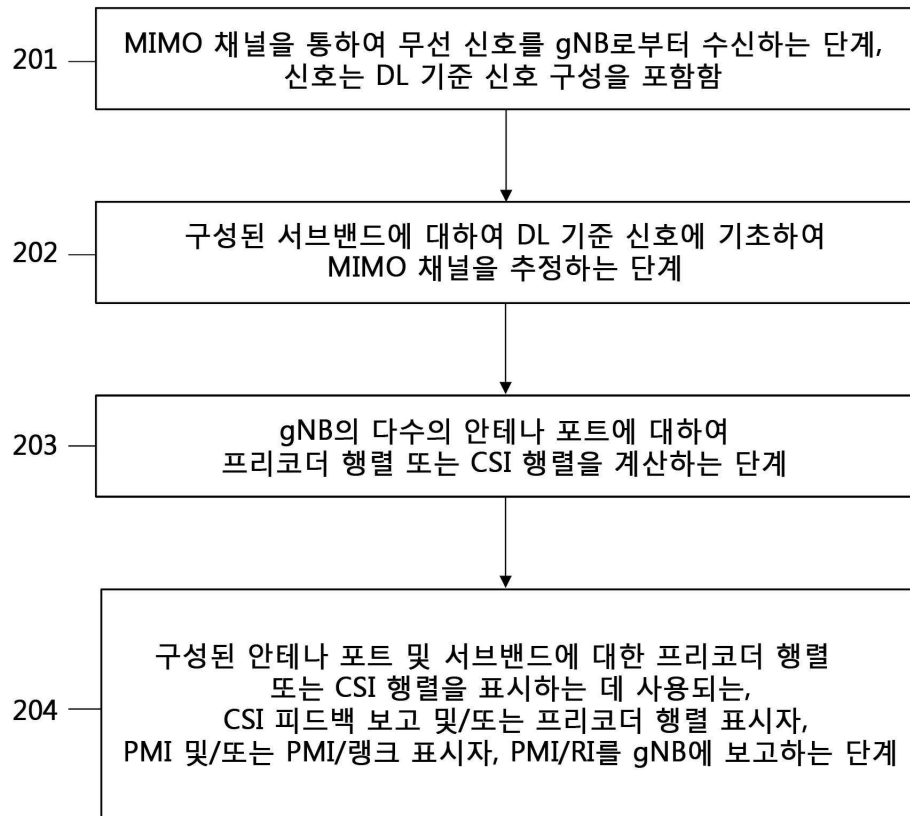
도면1a



도면1b



도면2



도면3

사용자 장비(UE)
(300)

