

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2017년 4월 13일 (13.04.2017)



(10) 국제공개번호
WO 2017/061744 A1

- (51) 국제특허분류:
H04B 7/06 (2006.01) *H04B 7/04* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2016/011053
- (22) 국제출원일: 2016년 10월 4일 (04.10.2016)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
62/236,973 2015년 10월 4일 (04.10.2015) US
- (71) 출원인: 엘지전자 주식회사 (LG ELECTRONICS INC.) [KR/KR]; 07336 서울시 영등포구 여의대로 128, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 박종현 (PARK, Jonghyun); 06772 서울시 서초구 양재대로 11길 19 LG 전자 특허센터, Seoul (KR).
김기준 (KIM, Kijun); 06772 서울시 서초구 양재대로 11길 19 LG 전자 특허센터, Seoul (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 로얄 (ROYAL PATENT & LAW OFFICE); 08806 서울시 관악구 남부순환로 2072, 도원회관 빌딩 1층, Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO,

AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

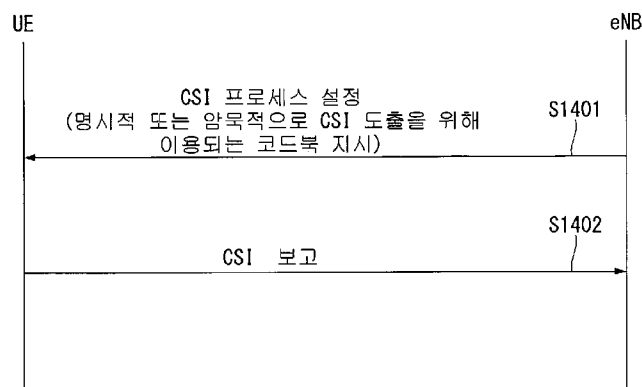
공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) Title: METHOD FOR TRANSMITTING AND RECEIVING CHANNEL STATE INFORMATION IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM, AND APPARATUS THEREFOR

(54) 발명의 명칭: 무선 통신 시스템에서 채널 상태 정보 송수신 방법 및 이를 위한 장치

[도 14]



S1401 ... Set CSI process (explicitly or implicitly indicate codebook used for deriving CSI)

S1402 ... Report CSI

(57) Abstract: Disclosed are a method for transmitting and receiving channel state information in a wireless communication system and an apparatus therefor. Specifically, a method for transmitting, by a terminal, channel state information (CSI) in a wireless communication system comprises the steps of: receiving a CSI process setting from a base station; and reporting, to the base station, CSI corresponding to a CSI process set by the CSI process setting, wherein when the CSI process is set to a beamformed CSI-reference signal (CSI-RS) type, and the CSI process is associated with a single CSI-RS resource, a codebook used for deriving the CSI may be indicated by the CSI process setting.

(57) 요약서: 무선 통신 시스템에서 채널 상태 정보 송수신 방법 및 이를 위한 장치가 개시된다. 구체적으로, 무선 통신 시스템에서 단말이 채널 상태 정보 (CSI: Channel State Information)를 전송하는 방법에 있어서, 기지국으로부터 상기 CSI 프로세스 설정을 수신하는 단계 및 상기 CSI 프로세스 설정에 의해 설정된 CSI 프로세스에 대응되는 CSI를 상기 기지국에게 보고하는 단계를 포함하고, 상기 CSI 프로세스가 빔포밍된 (beamformed) CSI - 참조 신호 (CSI-RS: CSI-Reference Signal) 타입으로 설정되고, 상기

CSI 프로세스가 단일의 CSI-RS 자원과 연관된 경우, 상기 CSI 프로세스 설정에 의해 상기 CSI 도출을 위하여 이용되는 코드북이 지시될 수 있다.

WO 2017/061744 A1

【명세서】**【발명의 명칭】**

무선 통신 시스템에서 채널 상태 정보 송수신 방법 및 이를 위한 장치

【기술분야】

5 본 발명은 무선 통신 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게 채널 상태 정보(Channel State Information)를 송수신하기 위한 방법을 방법 및 이를 지원하는 장치에 관한 것이다.

【배경기술】

이동 통신 시스템은 사용자의 활동성을 보장하면서 음성 서비스를 제공하기
10 위해 개발되었다. 그러나 이동통신 시스템은 음성뿐 아니라 데이터 서비스까지 영역을 확장하였으며, 현재에는 폭발적인 트래픽의 증가로 인하여 자원의 부족 현상이 야기되고 사용자들이 보다 고속의 서비스에 대한 요구하므로, 보다 발전된 이동 통신 시스템이 요구되고 있다.

차세대 이동 통신 시스템의 요구 조건은 크게 폭발적인 데이터 트래픽의
15 수용, 사용자 당 전송률의 획기적인 증가, 대폭 증가된 연결 디바이스 개수의 수용, 매우 낮은 단대단 지연(End-to-End Latency), 고에너지 효율을 지원할 수 있어야 한다. 이를 위하여 이중 연결성(Dual Connectivity), 대규모 다중
입출력(Massive MIMO: Massive Multiple Input Multiple Output),
전이중(In-band Full Duplex), 비직교 다중접속(NOMA: Non-Orthogonal
20 Multiple Access), 초광대역(Super wideband) 지원, 단말
네트워킹(Device Networking) 등 다양한 기술들이 연구되고 있다.

【발명의 상세한 설명】

【기술적 과제】

본 발명의 목적은 채널 상태 정보(Channel State Information)를 송수신하기 위한 방법을 제안한다.

또한, 본 발명의 목적은 다중 안테나 MIMO(Multi Input Multi Output) 시스템을 지원하기 위하여, 하이브리드(hybrid) 채널 상태 정보를 송수신하는 방법 제안한다.

또한, 본 발명의 목적은 빔포밍된(beamformed) 채널 상태 정보 참조 신호가 전송되는 채널 상태 정보 프로세스에 대한 채널 상태 정보를 송수신하는 방법을 제안한다.

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

【기술적 해결방법】

본 발명의 일 양상은, 무선 통신 시스템에서 단말이 채널 상태 정보(CSI: Channel State Information)를 전송하는 방법에 있어서, 기지국으로부터 CSI 프로세스 설정을 수신하는 단계 및 상기 CSI 프로세스 설정에 의해 설정된 CSI 프로세스에 대응되는 CSI를 상기 기지국에게 보고하는 단계를 포함하고, 상기 CSI 프로세스가 빔포밍된(beamformed) CSI-참조 신호(CSI-RS: CSI-Reference Signal) 타입으로 설정되고, 상기 CSI 프로세스가 단일의 CSI-RS 자원과 연관된 경우, 상기 CSI 프로세스 설정에 의해 상기 CSI 도출을 위하여 이용되는 코드북이 지시될 수 있다.

본 발명의 다른 일 양상은, 무선 통신 시스템에서 채널 상태 정보(CSI: Channel State Information)를 전송하는 단말에 있어서, 무선 신호를 송수신하기 위한 RF(Radio Frequency) 유닛 및 상기 RF 유닛을 제어하는 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는 기지국으로부터 CSI 프로세스 설정을 수신하고, 상기 CSI 프로세스 설정에 의해 설정된 CSI 프로세스에 대응되는 CSI를 상기 기지국에게 보고하도록 구성되고, 상기 CSI 프로세스가 빔포밍된(beamformed) CSI-참조 신호(CSI-RS: CSI-Reference Signal) 타입으로 설정되고, 상기 CSI 프로세스가 단일의 CSI-RS 자원과 연관된 경우, 상기 CSI 프로세스 설정에 의해 상기 CSI 도출을 위하여 이용되는 코드북이 지시될 수 있다.

바람직하게, 상기 CSI 프로세스 설정은 상기 CSI 도출을 위하여 제1 코드북이 이용되는지 여부를 지시하는 지시 정보를 포함하고, 상기 제1 코드북은 빔 선택(beam selection) 와 서로 다른 편파(polarization) 안테나 간의 위상-일치(co-phasing)를 위한 코드북일 수 있다.

바람직하게, 상기 지시 정보에 의해 상기 제1 코드북이 이용됨이 지시되면, 상기 제1 코드북 내 프리코딩 행렬을 특정하기 위한 하나의 인덱스가 프리코딩 행렬 지시자(PMI: Precoding Matix Indicator)로서 상기 기지국에게 보고될 수 있다.

바람직하게, 상기 지시 정보에 의해 상기 제1 코드북이 이용됨이 지시되지 않으면, 제2 코드북으로부터 프리코딩 행렬의 세트를 선택하기 위한 제1 인덱스와 상기 제1 인덱스에 의해 특정된 프리코딩 행렬의 세트 내에서 프리코딩 행렬을 특정하기 위한 제2 인덱스의 쌍이 프리코딩 행렬 지시자(PMI:

Precoding Matix Indicator)로서 상기 기지국에게 보고될 수 있다.

바람직하게, 상기 CSI 프로세스 설정 내 CSI 측정 제한(MR: Measurement Restriction)이 설정되면, 상기 제1 코드북이 이용되지 않을 수 있다.

5 바람직하게, 상기 CSI 프로세스 설정 내 CSI 측정 제한(MR: Measurement Restriction)이 설정되지 않으면, 상기 제1 코드북이 이용될 수 있다.

바람직하게, 상기 CSI 프로세스 설정은 CSI 측정 제한(MR: Measurement Restriction)이 설정되는지 여부를 지시하는 MR 지시 정보를
10 포함할 수 있다.

바람직하게, 상기 CSI 프로세스가 빔포밍된 (beamformed) CSI-RS 타입의 1보다 큰 K개의 CSI-RS 자원과 연관된 제1 CSI-RS 구성과 빔포밍된 (beamformed) CSI-RS 타입의 1개의 CSI-RS 자원과 연관된 제2 CSI-RS 구성을 포함하는 경우, 상기 제1 CSI-RS 구성 내 설정된 특정 CSI-RS
15 자원에 대해서 상기 제1 코드북이 이용되지 않으며, 상기 제2 CSI-RS 구성 내 단일의 특정 CSI-RS 자원에 대해서 상기 제1 코드북이 이용될 수 있다.

【유리한 효과】

본 발명의 실시예에 따르면, 하이브리드 채널 상태 정보를 정의함으로써 채널 상태 정보를 보고하기 위한 시그널링 오버헤드를 감소시킬 수 있다.

20 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 하이브리드 채널 상태 정보를 정의함으로써 단말에게 보다 많은 채널 상태 정보 프로세스를 설정할 수 있다.

또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 하이브리드 채널 상태 정보를

정의함으로써 단말을 서비스하는 전송 포인트(Transmission Point)의 개수를
최대화할 수 있다.

또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 단일의 채널 상태 정보 자원이 설정된
채널 상태 정보 프로세스에 대한 다양한 타입을 정의함으로써 단말의 다양한
5 동작을 지원할 수 있으며, 이에 따라 보다 정확한 채널 상태 정보를 획득할 수
있다.

본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과로 제한되지 않으며,
언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는
기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

10 【도면의 간단한 설명】

본 발명에 관한 이해를 돕기 위해 상세한 설명의 일부로 포함되는, 첨부
도면은 본 발명에 대한 실시예를 제공하고, 상세한 설명과 함께 본 발명의
기술적 특징을 설명한다.

도 1은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 무선 프레임의
15 구조를 나타낸다.

도 2는 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 하나의 하향링크
슬롯에 대한 자원 그리드(resource grid)를 예시한 도면이다.

도 3은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 하향링크 서브
프레임의 구조를 나타낸다.

20 도 4는 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 상향링크 서브
프레임의 구조를 나타낸다.

도 5는 일반적인 다중 입출력 안테나(MIMO) 통신 시스템의 구성도이다.

도 6은 다수의 송신 안테나에서 하나의 수신 안테나로의 채널을 나타낸 도이다.

도 7은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 하향링크 자원 블록 쌍에 매핑된 참조 신호 패턴을 예시한다.

5 도 8은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 참조 신호가 매핑되는 자원을 예시하는 도면이다.

도 9는 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서, 64개의 안테나 요소(antenna elements)를 가지는 2차원 능동 안테나 시스템을 예시한다.

10 도 10은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 기지국 또는 단말이 AAS 기반의 3D(3-Dimension) 빔 형성이 가능한 다수의 송/수신 안테나를 갖고 있는 시스템을 예시한다.

도 11은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 교차 편파(cross polarization)를 가지는 2차원 안테나 시스템을 예시한다.

15 도 12는 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 트랜스미터 유닛 모델을 예시한다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 채널 상태 정보를 송수신하는 방법을 예시하는 도면이다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 채널 상태 정보를 송수신하는 방법을 예시하는 도면이다.

20 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 장치의 블록 구성도를 예시한다.

【발명의 실시를 위한 형태】

이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시 형태를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부된 도면과 함께 이하에 개시될 상세한 설명은 본 발명의 예시적인 실시형태를 설명하고자 하는 것이며, 본 발명이 실시될 수 있는 유일한 실시형태를 나타내고자 하는 것이 아니다. 이하의 상세한 설명은 본 발명의 완전한 이해를 제공하기 위해서 구체적 세부사항을 포함한다. 그러나, 당업자는 본 발명이 이러한 구체적 세부사항 없이도 실시될 수 있음을 안다.

몇몇 경우, 본 발명의 개념이 모호해지는 것을 피하기 위하여 공지의 구조 및 장치는 생략되거나, 각 구조 및 장치의 핵심기능을 중심으로 한 블록도 형식으로 도시될 수 있다.

본 명세서에서 기지국은 단말과 직접적으로 통신을 수행하는 네트워크의 종단 노드(`terminal node`)로서의 의미를 갖는다. 본 문서에서 기지국에 의해 수행되는 것으로 설명된 특정 동작은 경우에 따라서는 기지국의 상위 노드(`upper node`)에 의해 수행될 수도 있다. 즉, 기지국을 포함하는 다수의 네트워크 노드들(`network nodes`)로 이루어지는 네트워크에서 단말과의 통신을 위해 수행되는 다양한 동작들은 기지국 또는 기지국 이외의 다른 네트워크 노드들에 의해 수행될 수 있음은 자명하다. '기지국(`BS: Base Station`)'은 고정국(`fixed station`), Node B, `eNB(evolved-NodeB)`, `BTS(base transceiver system)`, 액세스 포인트(`AP: Access Point`) 등의 용어에 의해 대체될 수 있다. 또한, '단말(`Terminal`)'은 고정되거나 이동성을 가질 수 있으며, `UE(User Equipment)`, `MS(Mobile Station)`, `UT(user terminal)`, `MSS(Mobile Subscriber Station)`, `SS(Subscriber Station)`, `AMS(Advanced Mobile Station)`, `WT(Wireless terminal)`,

MTC(Machine-Type Communication) 장치, M2M(Machine-to-Machine) 장치, D2D(Device-to-Device) 장치 등의 용어로 대체될 수 있다.

이하에서, 하향링크(DL: downlink)는 기지국에서 단말로의 통신을 의미하며, 상향링크(UL: uplink)는 단말에서 기지국으로의 통신을 의미한다.

5 하향링크에서 송신기는 기지국의 일부이고, 수신기는 단말의 일부일 수 있다. 상향링크에서 송신기는 단말의 일부이고, 수신기는 기지국의 일부일 수 있다.

이하의 설명에서 사용되는 특정 용어들은 본 발명의 이해를 돕기 위해서 제공된 것이며, 이러한 특정 용어의 사용은 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위에서 다른 형태로 변경될 수 있다.

10 이하의 기술은 CDMA(code division multiple access), FDMA(frequency division multiple access), TDMA(time division multiple access), OFDMA(orthogonal frequency division multiple access), SC-FDMA(single carrier frequency division multiple access), NOMA(non-orthogonal multiple access) 등과 같은 다양한
15 무선 접속 시스템에 이용될 수 있다. CDMA는 UTRA(universal terrestrial radio access)나 CDMA2000과 같은 무선 기술(radio technology)로 구현될 수 있다. TDMA는 GSM(global system for mobile communications)/GPRS(general packet radio service)/EDGE(enhanced data rates for GSM evolution)와 같은 무선
20 기술로 구현될 수 있다. OFDMA는 IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802-20, E-UTRA(evolved UTRA) 등과 같은 무선 기술로 구현될 수 있다. UTRA는 UMTS(universal mobile telecommunications

system)의 일부이다. 3GPP(3rd generation partnership project) LTE(long term evolution)은 E-UTRA를 사용하는 E-UMTS(evolved UMTS)의 일부로써, 하향링크에서 OFDMA를 채용하고 상향링크에서 SC-FDMA를 채용한다. LTE-A(advanced)는 3GPP LTE의 진화이다.

5 본 발명의 실시예들은 무선 접속 시스템들인 IEEE 802, 3GPP 및 3GPP2 중 적어도 하나에 개시된 표준 문서들에 의해 뒷받침될 수 있다. 즉, 본 발명의 실시예들 중 본 발명의 기술적 사상을 명확히 드러내기 위해 설명하지 않은 단계들 또는 부분들은 상기 문서들에 의해 뒷받침될 수 있다. 또한, 본 문서에서 개시하고 있는 모든 용어들은 상기 표준 문서에 의해 설명될 수 있다.

10 설명을 명확하게 하기 위해, 3GPP LTE/LTE-A를 위주로 기술하지만 본 발명의 기술적 특징이 이에 제한되는 것은 아니다.

본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템 일반

15 도 1은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 무선 프레임의 구조를 나타낸다.

3GPP LTE/LTE-A에서는 FDD(Frequency Division Duplex)에 적용 가능한 타입 1 무선 프레임(radio frame) 구조와 TDD(Time Division Duplex)에 적용 가능한 타입 2의 무선 프레임 구조를 지원한다.

20 도 1에서 무선 프레임의 시간 영역에서의 크기는 $T_s = 1/(15000 \times 2048)$ 의 시간 단위의 배수로 표현된다. 하향링크 및 상향링크 전송은 $T_f = 307200 \times T_s = 10\text{ms}$ 의 구간을 가지는 무선 프레임으로 구성된다.

도 1의 (a)는 타입 1 무선 프레임의 구조를 예시한다. 타입 1 무선

프레임은 전이중(full duplex) 및 반이중(half duplex) FDD에 모두 적용될 수 있다.

무선 프레임(radio frame)은 10개의 서브프레임(subframe)으로 구성된다. 하나의 무선 프레임은 $T_{\text{slot}}=15360 \cdot T_s=0.5\text{ms}$ 길이의 20개의 슬롯으로 구성되고, 각 슬롯은 0부터 19까지의 인덱스가 부여된다. 하나의 서브프레임은 시간 영역(time domain)에서 연속적인 2개의 슬롯(slot)으로 구성되고, 서브프레임 i 는 슬롯 $2i$ 및 슬롯 $2i+1$ 로 구성된다. 하나의 서브프레임을 전송하는데 걸리는 시간을 TTI(transmission time interval)이라 한다. 예를 들어, 하나의 서브 프레임은 길이는 1ms이고, 하나의 슬롯의 길이는 0.5ms일 수 있다.

FDD에서 상향링크 전송 및 하향링크 전송은 주파수 도메인에서 구분된다. 전이중 FDD에 제한이 없는 반면, 반이중 FDD 동작에서 단말은 동시에 전송 및 수신을 할 수 없다.

하나의 슬롯은 시간 영역에서 복수의 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing) 심볼을 포함하고, 주파수 영역에서 다수의 자원블록(RB: Resource Block)을 포함한다. 3GPP LTE는 하향링크에서 OFDMA를 사용하므로 OFDM 심볼은 하나의 심볼 구간(symbol period)을 표현하기 위한 것이다. OFDM 심볼은 하나의 SC-FDMA 심볼 또는 심볼 구간이라고 할 수 있다. 자원 블록(resource block)은 자원 할당 단위이고, 하나의 슬롯에서 복수의 연속적인 부 반송파(subcarrier)를 포함한다.

도 1의 (b)는 타입 2 프레임 구조(frame structure type 2)를 나타낸다.

타입 2 무선 프레임은 각 $153600 \cdot T_s = 5\text{ms}$ 의 길이의 2개의 하프 프레임(half frame)으로 구성된다. 각 하프 프레임은 $30720 \cdot T_s = 1\text{ms}$ 길이의 5개의 서브프레임으로 구성된다.

TDD 시스템의 타입 2 프레임 구조에서 상향링크-하향링크 구성(uplink-downlink configuration)은 모든 서브프레임에 대하여 상향링크와 하향링크가 할당(또는 예약)되는지 나타내는 규칙이다.

표 1은 상향링크-하향링크 구성을 나타낸다.

【표 1】

Uplink-Downlink configuration	Downlink-to-Uplink Switch-point periodicity	Subframe number									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	5ms	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	5ms	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	10ms	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	10ms	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	10ms	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	5ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D

표 1을 참조하면, 무선 프레임의 각 서브프레임 별로, 'D'는 하향링크 전송을 위한 서브프레임을 나타내고, 'U'는 상향링크 전송을 위한 서브프레임을 나타내며, 'S'는 DwPTS(Downlink Pilot Time Slot), 보호구간(GP: Guard Period), UpPTS(Uplink Pilot Time Slot) 3가지의 필드로 구성되는 스페셜 서브프레임(special subframe)을 나타낸다.

DwPTS는 단말에서의 초기 셀 탐색, 동기화 또는 채널 추정에 사용된다. UpPTS는 기지국에서의 채널 추정과 단말의 상향링크 전송 동기를 맞추는 데 사용된다. GP는 상향링크와 하향링크 사이에 하향링크 신호의 다중경로

지연으로 인해 상향링크에서 생기는 간섭을 제거하기 위한 구간이다.

각 서브프레임 i 는 각 $T_{\text{slot}}=15360 \cdot T_s=0.5\text{ms}$ 길이의 슬롯 $2i$ 및 슬롯 $2i+1$ 로 구성된다.

상향링크-하향링크 구성은 7가지로 구분될 수 있으며, 각 구성 별로
5 하향링크 서브프레임, 스페셜 서브프레임, 상향링크 서브프레임의 위치 및/또는 개수가 다르다.

하향링크에서 상향링크로 변경되는 시점 또는 상향링크에서 하향링크로 전환되는 시점을 전환 시점 (switching point)이라 한다. 전환 시점의 주기성 (Switch-point periodicity)은 상향링크 서브프레임과 하향링크
10 서브프레임이 전환되는 양상이 동일하게 반복되는 주기를 의미하며, 5ms 또는 10ms가 모두 지원된다. 5ms 하향링크-상향링크 전환 시점의 주기를 가지는 경우에는 스페셜 서브프레임 (S)은 하프-프레임 마다 존재하고, 5ms 하향링크-상향링크 전환 시점의 주기를 가지는 경우에는 첫번째 하프-프레임에만 존재한다.

모든 구성에 있어서, 0번, 5번 서브프레임 및 DwPTS는 하향링크 전송만을
15 위한 구간이다. UpPTS 및 서브프레임 서브프레임에 바로 이어지는 서브프레임은 항상 상향링크 전송을 위한 구간이다.

이러한, 상향링크-하향링크 구성은 시스템 정보로써 기지국과 단말이 모두 알고 있을 수 있다. 기지국은 상향링크-하향링크 구성 정보가 바뀔 때마다 구성 정보의 인덱스만을 전송함으로써 무선 프레임의 상향링크-하향링크 할당상태의
20 변경을 단말에 알려줄 수 있다. 또한, 구성 정보는 일종의 하향링크 제어정보로서 다른 스케줄링 정보와 마찬가지로 PDCCH (Physical Downlink Control Channel)를 통해 전송될 수 있으며, 방송 정보로서 브로드캐스트

채널 (broadcast channel) 을 통해 셀 내의 모든 단말에 공통으로 전송될 수도 있다.

표 2는 스페셜 서브프레임의 구성 (DwPTS/GP/UpPTS의 길이) 을 나타낸다.

【표 2】

Special subframe configuration	Normal cyclic prefix in downlink		Extended cyclic prefix in downlink	
	DwPTS	UpPTS	DwPTS	UpPTS
		Normal cyclic prefix in uplink	Extended cyclic prefix in uplink	
0	$6592 \cdot T_s$	$2192 \cdot T_s$	$2560 \cdot T_s$	$7680 \cdot T_s$
1	$19760 \cdot T_s$			$20480 \cdot T_s$
2	$21952 \cdot T_s$			$23040 \cdot T_s$
3	$24144 \cdot T_s$			$25600 \cdot T_s$
4	$26336 \cdot T_s$	$4384 \cdot T_s$	$5120 \cdot T_s$	$7680 \cdot T_s$
5	$6592 \cdot T_s$			$20480 \cdot T_s$
6	$19760 \cdot T_s$			$23040 \cdot T_s$
7	$21952 \cdot T_s$			-
8	$24144 \cdot T_s$			-

도 1의 예시에 따른 무선 프레임의 구조는 하나의 예시에 불과하며, 무선 프레임에 포함되는 부 반송파의 수 또는 서브 프레임에 포함되는 슬롯의 수, 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 다양하게 변경될 수 있다.

도 2는 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 하나의 하향링크 슬롯에 대한 자원 그리드(resource grid)를 예시한 도면이다.

도 2를 참조하면, 하나의 하향링크 슬롯은 시간 영역에서 복수의 OFDM 심볼을 포함한다. 여기서, 하나의 하향링크 슬롯은 7개의 OFDM 심볼을 포함하고, 하나의 자원 블록은 주파수 영역에서 12개의 부 반송파를 포함하는 것을 예시적으로 기술하나, 이에 한정되는 것은 아니다.

자원 그리드 상에서 각 요소(element)를 자원 요소(resource

element)하고, 하나의 자원 블록(RB: resource block)은 12×7 개의 자원 요소를 포함한다. 하향링크 슬롯에 포함되는 자원 블록들의 수 N^{DL} 은 하향링크 전송 대역폭(bandwidth)에 종속한다.

상향링크 슬롯의 구조는 하향링크 슬롯의 구조와 동일할 수 있다.

5 도 3은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 하향링크 서브 프레임의 구조를 나타낸다.

도 3을 참조하면, 서브 프레임내의 첫번째 슬롯에서 앞의 최대 3개의 OFDM 심볼들이 제어 채널들이 할당되는 제어 영역(control region)이고, 나머지 OFDM 심볼들은 PDSCH(Physical Downlink Shared Channel)이 할당되는
10 데이터 영역(data region)이다. 3GPP LTE에서 사용되는 하향링크 제어 채널의 일례로 PCFICH(Physical Control Format Indicator Channel), PDCCH(Physical Downlink Control Channel), PHICH(Physical Hybrid-ARQ Indicator Channel) 등이 있다.

PCFICH는 서브 프레임의 첫번째 OFDM 심볼에서 전송되고, 서브 프레임
15 내에 제어 채널들의 전송을 위하여 사용되는 OFDM 심볼들의 수(즉, 제어 영역의 크기)에 관한 정보를 나른다. PHICH는 상향 링크에 대한 응답 채널이고, HARQ(Hybrid Automatic Repeat Request)에 대한 ACK(Acknowledgement)/NACK(Not-Acknowledgement) 신호를 나른다. PDCCH를 통해 전송되는 제어 정보를 하향링크 제어정보(DCI: downlink control information)라고 한다. 하향링크 제어정보는 상향링크 자원 할당
20 정보, 하향링크 자원 할당 정보 또는 임의의 단말 그룹에 대한 상향링크 전송(Tx) 파워 제어 명령을 포함한다.

PDCCH는 DL-SCH(Downlink Shared Channel)의 자원 할당 및 전송 포맷(이를 하향링크 그랜트라고도 한다.), UL-SCH(Uplink Shared Channel)의 자원 할당 정보(이를 상향링크 그랜트라고도 한다.), PCH(Paging Channel)에서의 페이징(paging) 정보, DL-SCH에서의 시스템 정보, PDSCH에서 전송되는 랜덤 액세스 응답(random access response)과 같은 상위 레이어(upper-layer) 제어 메시지에 대한 자원 할당, 임의의 단말 그룹 내 개별 단말들에 대한 전송 파워 제어 명령들의 집합, VoIP(Voice over IP)의 활성화 등을 나눌 수 있다. 복수의 PDCCH들은 제어 영역 내에서 전송될 수 있으며, 단말은 복수의 PDCCH들을 모니터링할 수 있다. PDCCH는 하나 또는 복수의 연속적인 CCE(control channel elements)의 집합으로 구성된다. CCE는 무선 채널의 상태에 따른 부호화율(coding rate)을 PDCCH에 제공하기 위하여 사용되는 논리적 할당 단위이다. CCE는 복수의 자원 요소 그룹(resource element group)들에 대응된다. PDCCH의 포맷 및 사용 가능한 PDCCH의 비트 수는 CCE들의 수와 CCE들에 의해 제공되는 부호화율 간의 연관 관계에 따라 결정된다.

기지국은 단말에게 전송하려는 DCI에 따라 PDCCH 포맷을 결정하고, 제어 정보에 CRC(Cyclic Redundancy Check)를 붙인다. CRC에는 PDCCH의 소유자(owner)나 용도에 따라 고유한 식별자(이를 RNTI(Radio Network Temporary Identifier)라고 한다.)가 마스킹된다. 특정의 단말을 위한 PDCCH라면 단말의 고유한 식별자, 예를 들어 C-RNTI(Cell-RNTI)가 CRC에 마스킹될 수 있다. 또는 페이징 메시지를 위한 PDCCH라면 페이징 지시 식별자, 예를 들어 P-RNTI(Paging-RNTI)가 CRC에 마스킹될 수 있다. 시스템 정보,

더욱 구체적으로 시스템 정보 블록(SIB: system information block)를 위한 PDCCH라면 시스템 정보 식별자, SI-RNTI(system information RNTI)가 CRC에 마스킹될 수 있다. 단말의 랜덤 액세스 프리앰블의 전송에 대한 응답인 랜덤 액세스 응답을 지시하기 위하여, RA-RNTI(random access-RNTI)가 CRC에 마스킹될 수 있다.

도 4는 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 상향링크 서브 프레임의 구조를 나타낸다.

도 4를 참조하면, 상향링크 서브 프레임은 주파수 영역에서 제어 영역과 데이터 영역으로 나눌 수 있다. 제어 영역에는 상향링크 제어 정보를 나르는 PUCCH(Physical Uplink Control Channel)이 할당된다. 데이터 영역은 사용자 데이터를 나르는 PUSCH(Physical Uplink Shared Channel)이 할당된다. 단일 반송파 특성을 유지하기 위해 하나의 단말은 PUCCH와 PUSCH를 동시에 전송하지 않는다.

하나의 단말에 대한 PUCCH에는 서브 프레임 내에 자원 블록(RB: Resource Block) 쌍이 할당된다. RB 쌍에 속하는 RB들은 2개의 슬롯들의 각각에서 서로 다른 부 반송파를 차지한다. 이를 PUCCH에 할당된 RB 쌍은 슬롯 경계(slot boundary)에서 주파수 도약(frequency hopping)된다고 한다.

MIMO(Multi-Input Multi-Output)

MIMO 기술은 지금까지 일반적으로 한 개의 송신안테나와 한 개의 수신안테나를 사용했던 것에서 탈피하여, 다중 송신(Tx) 안테나와 다중 수신(Rx) 안테나를 사용한다. 다시 말해서, MIMO 기술은 무선 통신 시스템의

송신단 또는 수신단에서 다중 입출력 안테나를 사용하여 용량 증대 또는 성능 개성을 꾀하기 위한 기술이다. 이하에서는 'MIMO'를 '다중 입출력 안테나'라 칭하기로 한다.

더 구체적으로, 다중 입출력 안테나 기술은 하나의 완전한 메시지(total message)를 수신하기 위하여 한 개의 안테나 경로에 의존하지 않으며, 여러 개의 안테나를 통해 수신한 복수의 데이터 조각을 수집하여 완전한 데이터를 완성시킨다. 결과적으로, 다중 입출력 안테나 기술은 특정 시스템 범위 내에서 데이터 전송율을 증가시킬 수 있으며, 또한 특정 데이터 전송율을 통해 시스템 범위를 증가시킬 수 있다.

차세대 이동통신은 기존 이동통신에 비해 훨씬 높은 데이터 전송률을 요구하므로 효율적인 다중 입출력 안테나 기술이 반드시 필요할 것으로 예상된다. 이와 같은 상황에서 MIMO 통신 기술은 이동통신 단말과 중계기 등에 폭넓게 사용할 수 있는 차세대 이동통신 기술이며, 데이터 통신 확대 등으로 인해 한계 상황에 따라 다른 이동통신의 전송량 한계를 극복할 수 있는 기술로서 관심을 모으고 있다.

한편, 현재 연구되고 있는 다양한 전송효율 향상 기술 중 다중 입출력 안테나(MIMO) 기술은 추가적인 주파수 할당이나 전력증가 없이도 통신 용량 및 송수신 성능을 획기적으로 향상시킬 수 있는 방법으로서 현재 가장 큰 주목을 받고 있다.

도 5는 일반적인 다중 입출력 안테나(MIMO) 통신 시스템의 구성도이다.

도 5를 참조하면, 송신 안테나의 수를 N_T 개로, 수신 안테나의 수를 N_R 개로 동시에 늘리게 되면, 송신기나 수신기에서만 다수의 안테나를 사용하게

되는 경우와 달리 안테나 수에 비례하여 이론적인 채널 전송 용량이 증가하므로, 전송 레이트(transfer rate)를 향상시키고, 주파수 효율을 획기적으로 향상시킬 수 있다. 이 경우, 채널 전송 용량의 증가에 따른 전송 레이트는 하나의 안테나를 이용하는 경우의 최대 전송 레이트(R_o)에 다음과 같은 레이트
 5 증가율(R_i)이 곱해진 만큼으로 이론적으로 증가할 수 있다.

【수학식 1】

$$R_i = \min(N_T, N_R)$$

즉, 예를 들어, 4개의 송신 안테나와 4개의 수신 안테나를 이용하는 MIMO 통신 시스템에서는 단일 안테나 시스템에 비해 이론상 4배의 전송 레이트를
 10 획득할 수 있다.

이와 같은 다중 입출력 안테나의 기술은 다양한 채널 경로를 통과한 심볼들을 이용하여 전송 신뢰도를 높이는 공간 다이버시티(spatial diversity) 방식과, 다수의 송신 안테나를 이용하여 다수의 데이터 심볼을 동시에 송신하여 전송률을 향상시키는 공간 멀티플렉싱(spatial
 15 multiplexing) 방식으로 나눌 수 있다. 또한 이러한 두 가지 방식을 적절히 결합하여 각각의 장점을 적절히 얻고자 하는 방식에 대한 연구도 최근 많이 연구되고 있는 분야이다.

각각의 방식에 대해 좀더 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

첫째로, 공간 다이버시티 방식의 경우에는 시공간 블록 부호 계열과,
 20 다이버시티 이득과 부호화 이득을 동시에 이용하는 시공간 트렐리스(Trellis) 부호 계열 방식이 있다. 일반적으로 비트 오류율 개선 성능과 부호 생성 자유도는 트렐리스 부호 방식이 우수하지만, 연산 복잡도는 시공간 블록 부호가

간단하다. 이와 같은 공간 다이버시티 이득은 송신 안테나 수(N_T)와 수신 안테나 수(N_R)의 곱($N_T \times N_R$)에 해당되는 양을 얻을 수 있다.

둘째로, 공간 멀티플렉싱 기법은 각 송신 안테나에서 서로 다른 데이터 열을 송신하는 방법인데, 이때 수신기에서는 송신기로부터 동시에 전송된 데이터
5 사이에 상호 간섭이 발생하게 된다. 수신기에서는 이 간섭을 적절한 신호처리 기법을 이용하여 제거한 후 수신한다. 여기에 사용되는 잡음 제거 방식은 MLD(maximum likelihood detection) 수신기, ZF(zero-forcing) 수신기, MMSE(minimum mean square error) 수신기, D-BLAST (Diagonal-Bell Laboratories Layered Space-Time), V-BLAST(Vertical-Bell
10 Laboratories Layered Space-Time) 등이 있으며, 특히 송신단에서 채널 정보를 알 수 있는 경우에는 SVD(singular value decomposition) 방식 등을 사용할 수 있다.

셋째로, 공간 다이버시티와 공간 멀티플렉싱의 결합된 기법을 들 수 있다. 공간 다이버시티 이득만을 얻을 경우 다이버시티 차수의 증가에 따른 성능개선
15 이득이 점차 포화되며, 공간 멀티플렉싱 이득만을 취하면 무선 채널에서 전송 신뢰도가 떨어진다. 이를 해결하면서 두 가지 이득을 모두 얻는 방식들이 연구되어 왔으며, 이 중 시공간 블록 부호 (Double-STTD), 시공간 BICM(STBICM) 등의 방식이 있다.

상술한 바와 같은 다중 입출력 안테나 시스템에 있어서의 통신 방법을 보다
20 구체적인 방법으로 설명하기 위해 이를 수학적으로 모델링하는 경우 다음과 같이 나타낼 수 있다.

먼저, 도 5에 도시된 바와 같이 N_T 개의 송신 안테나와 N_R 개의 수신

안테나가 존재하는 것을 가정한다.

먼저, 송신 신호에 대해 살펴보면, 이와 같이 N_T 개의 송신 안테나가 있는 경우 최대 전송 가능한 정보는 N_T 개 이므로, 이를 다음과 같은 벡터로 나타낼 수 있다.

5 【수학식 2】

$$\mathbf{s} = [s_1, s_2, \dots, s_{N_T}]^T$$

한편, 각각의 전송 정보 $s_1, s_2, \dots, s_{N_T}$ 에 있어 전송 전력을 달리 할 수 있으며, 이때 각각의 전송 전력을 $P_1, P_2, \dots, P_{N_T}$ 라 하면, 전송 전력이 조정된 전송 정보는 다음과 같은 벡터로 나타낼 수 있다.

10 【수학식 3】

$$\hat{\mathbf{s}} = [\hat{s}_1, \hat{s}_2, \dots, \hat{s}_{N_T}]^T = [P_1 s_1, P_2 s_2, \dots, P_{N_T} s_{N_T}]^T$$

또한, 수학식 3의 전송 전력이 조정된 전송 정보를 전송 전력의 대각 행렬 $\mathbf{P}$ 로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

 【수학식 4】

$$\hat{\mathbf{s}} = \begin{bmatrix} P_1 & & 0 \\ & P_2 & \\ & & \ddots \\ 0 & & & P_{N_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_{N_T} \end{bmatrix} = \mathbf{P}\mathbf{s}$$

15

한편, 수학식 4의 전송 전력이 조정된 정보 벡터는 그 후 가중치 행렬 $\mathbf{W}$ 가 곱해져 실제 전송되는 N_T 개의 전송 신호 $x_1, x_2, \dots, x_{N_T}$ 를 구성한다. 여기서, 가중치 행렬은 전송 채널 상황 등에 따라 전송 정보를 각 안테나에 적절히 분배해 주는 역할을 수행한다. 이와 같은 전송 신호 $x_1, x_2, \dots,$

20 x_{N_T} 를 벡터 $\mathbf{x}$ 를 이용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

【수학식 5】

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_i \\ \vdots \\ x_{N_T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1N_T} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{i1} & w_{i2} & \cdots & w_{iN_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N_T1} & w_{N_T2} & \cdots & w_{N_TN_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{s}_1 \\ \hat{s}_2 \\ \vdots \\ \hat{s}_j \\ \vdots \\ \hat{s}_{N_T} \end{bmatrix} = \mathbf{W}\hat{\mathbf{s}} = \mathbf{W}\mathbf{P}\mathbf{s}$$

여기서, w_{ij} 는 i 번째 송신 안테나와 j 번째 전송 정보간의 가중치를 나타내며, $\mathbf{w}$ 는 이를 행렬로 나타낸 것이다. 이와 같은 행렬 $\mathbf{w}$ 를 가중치 행렬 (Weight Matrix) 또는 프리코딩 행렬 (Precoding Matrix)라 부른다.

한편, 상술한 바와 같은 전송 신호($\mathbf{x}$)는 공간 다이버시티를 사용하는 경우와 공간 멀티플렉싱을 사용하는 경우로 나누어 생각해 볼 수 있다.

공간 멀티플렉싱을 사용하는 경우는 서로 다른 신호를 다중화하여 보내게 되므로, 정보 벡터 $\mathbf{s}$ 의 원소들이 모두 다른 값을 가지게 되는 반면, 공간 다이버시티를 사용하게 되면 같은 신호를 여러 채널 경로를 통하여 보내게 되므로 정보 벡터 $\mathbf{s}$ 의 원소들이 모두 같은 값을 갖게 된다.

물론, 공간 멀티플렉싱과 공간 다이버시티를 혼합하는 방법도 고려 가능하다. 즉, 예를 들어 3 개의 송신 안테나를 통하여 같은 신호를 공간 다이버시티를 이용하여 전송하고, 나머지는 각각 다른 신호를 공간 멀티플렉싱하여 보내는 경우도 고려할 수 있다.

다음으로, 수신신호는 N_R 개의 수신 안테나가 있는 경우, 각 안테나의 수신신호 $y_1, y_2, \dots, y_{N_R}$ 를 벡터 $\mathbf{y}$ 로 다음과 같이 나타내기로 한다.

【수학식 6】

$$\mathbf{y} = [y_1, y_2, \dots, y_{N_R}]^T$$

한편, 다중 입출력 안테나 통신 시스템에 있어서의 채널을 모델링하는 경우, 각각의 채널은 송수신 안테나 인덱스에 따라 구분할 수 있으며, 송신 안테나 j 로부터 수신 안테나 i 를 거치는 채널을 h_{ij} 로 표시하기로 한다. 여기서, h_{ij} 의 인덱스의 순서가 수신 안테나 인덱스가 먼저, 송신안테나의 인덱스가

5 나중임에 유의한다.

이러한 채널은 여러 개를 한데 묶어서 벡터 및 행렬 형태로도 표시 가능하다. 벡터 표시의 예를 들어 설명하면 다음과 같다.

도 6은 다수의 송신 안테나에서 하나의 수신 안테나로의 채널을 나타낸 도이다.

10 도 6에 도시된 바와 같이 총 N_T 개의 송신 안테나로부터 수신안테나 i 로 도착하는 채널은 다음과 같이 표현 가능하다.

【수학식 7】

$$\mathbf{h}_i^T = [h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{iN_T}]$$

또한, 상기 수학식 7과 같은 행렬 표현을 통해 N_T 개의 송신 안테나로부터

15 N_R 개의 수신 안테나를 거치는 채널을 모두 나타내는 경우 다음과 같이 나타낼 수 있다.

【수학식 8】

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \mathbf{h}_1^T \\ \mathbf{h}_2^T \\ \vdots \\ \mathbf{h}_i^T \\ \vdots \\ \mathbf{h}_{N_R}^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1N_T} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{i1} & h_{i2} & \cdots & h_{iN_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N_R1} & h_{N_R2} & \cdots & h_{N_RN_T} \end{bmatrix}$$

한편, 실제 채널은 위와 같은 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 를 거친 후에 백색 잡음 (AWGN:

Additive White Gaussian Noise)가 더해지게 되므로, N_R 개의 수신 안테나 각각에 더해지는 백색 잡음 $n_1, n_2, \dots, n_{N_R}$ 을 벡터로 표현하면 다음과 같다.

【수학식 9】

$$\mathbf{n} = [n_1, n_2, \dots, n_{N_R}]^T$$

상술한 바와 같은 전송 신호, 수신 신호, 채널, 및 백색 잡음의 모델링을 통해 다중 입출력 안테나 통신 시스템에서의 각각은 다음과 같은 관계를 통해 나타낼 수 있다.

【수학식 10】

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ y_{N_R} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1N_T} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{i1} & h_{i2} & \cdots & h_{iN_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N_R1} & h_{N_R2} & \cdots & h_{N_RN_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_j \\ \vdots \\ x_{N_T} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_i \\ \vdots \\ n_{N_R} \end{bmatrix} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{n}$$

한편, 채널의 상태를 나타내는 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 의 행과 열의 수는 송수신 안테나 수에 의해서 결정된다. 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 는 앞서 살펴본 바와 같이 행의 수는 수신 안테나의 수 N_R 과 같아지고, 열의 수는 송신 안테나의 수 N_T 와 같아지게 된다. 즉, 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 는 $N_R \times N_T$ 행렬이 된다.

일반적으로, 행렬의 랭크(rank)는 서로 독립인(independent) 행 또는 열의 개수 중에서 최소 개수로 정의된다. 따라서, 행렬의 랭크는 행 또는 열의 개수보다 클 수 없게 된다. 수식적으로 예를 들면, 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 의 랭크(rank($\mathbf{H}$))는 다음과 같이 제한된다.

【수학식 11】

$$\text{rank}(\mathbf{H}) \leq \min(N_T, N_R)$$

또한, 행렬을 고유치 분해(Eigen value decomposition)를 하였을 때, 랭크는 고유치(eigen value)들 중에서 0이 아닌 고유치들의 개수로 정의할 수 있다. 비슷한 방법으로, 랭크를 SVD(singular value decomposition) 했을 때 0이 아닌 특이값(singular value)들의 개수로 정의할 수 있다. 따라서, 채널 행렬에서 랭크의 물리적인 의미는 주어진 채널에서 서로 다른 정보를 보낼 수 있는 최대 수라고 할 수 있다.

본 명세서에 있어, MIMO 전송에 대한 '랭크(Rank)'는 특정 시점 및 특정 주파수 자원에서 독립적으로 신호를 전송할 수 있는 경로의 수를 나타내며, '레이어(layer)의 개수'는 각 경로를 통해 전송되는 신호 스트림의 개수를 나타낸다. 일반적으로 송신단은 신호 전송에 이용되는 랭크 수에 대응하는 개수의 레이어를 전송하기 때문에 특별한 언급이 없는 한 랭크는 레이어 개수와 동일한 의미를 가진다.

15 참조 신호(RS: Reference Signal)

무선 통신 시스템에서 데이터는 무선 채널을 통해 전송되기 때문에, 신호는 전송 중에 왜곡될 수 있다. 수신단에서 왜곡된 신호를 정확하게 수신하기 위하여, 수신된 신호의 왜곡은 채널 정보를 이용하여 보정되어야 한다. 채널 정보를 검출하기 위하여 송신측과 수신측 모두 알고 있는 신호 전송 방법과 신호가 채널을 통해 전송될 때 왜곡된 정도를 이용하여 채널 정보를 검출하는 방법을 주로 이용한다. 상술한 신호를 파일럿 신호 또는 참조 신호(RS: reference signal)라고 한다.

또한 최근 대부분의 이동통신 시스템에서 패킷을 전송할 때, 지금까지 한 개의 송신안테나와 한 개의 수신안테나를 사용했던 것에서 탈피, 다중송신안테나와 다중수신안테나를 채택해 송수신 데이터 효율을 향상시킬 수 있는 방법을 사용한다. 다중 입출력 안테나를 이용하여 데이터를 송수신할 때, 5 신호를 정확하게 수신하기 위하여 송신 안테나와 수신 안테나 간의 채널 상태가 검출되어야 한다. 따라서 각 송신 안테나는 개별적인 참조 신호를 가져야 한다.

이동 통신 시스템에서 RS는 그 목적에 따라 크게 두 가지로 구분될 수 있다. 채널 상태 정보 획득을 위한 목적의 RS와 데이터 복조를 위해 사용되는 RS가 있다. 전자는 UE가 하향 링크로의 채널 상태 정보를 획득하는데 그 목적이 10 있으므로, 광대역으로 전송되어야 하고, 특정 서브 프레임에서 하향 링크 데이터를 수신하지 않는 UE라도 그 RS를 수신하고 측정할 수 있어야 한다. 또한 이는 핸드 오버 등의 무선 자원 무선 자원 관리(RRM: Radio Resource Management) 측정 등을 위해서도 사용된다. 후자는 기지국이 하향링크를 보낼 때 해당 리소스에 함께 보내는 RS로서, UE는 해당 RS를 수신함으로써 채널 15 추정을 할 수 있고, 따라서 데이터를 복조할 수 있게 된다. 이 RS는 데이터가 전송되는 영역에 전송되어야 한다.

하향 참조 신호는 셀 내 모든 단말이 공유하는 채널 상태에 대한 정보 획득 및 핸드오버 등의 측정 등을 위한 하나의 공통 참조 신호(CRS: common RS)와 특정 단말만을 위하여 데이터 복조를 위해 사용되는 전용 참조 신호(dedicated 20 RS)가 있다. 이와 같은 참조 신호들을 이용하여 복조(demodulation)와 채널 측정(channel measurement)을 위한 정보를 제공할 수 있다. 즉, DRS는 데이터 복조용으로만 사용되며 CRS는 채널 정보 획득 및 데이터 복조의 두 가지

목적으로 다 사용된다.

수신 측(즉, 단말)은 CRS로부터 채널 상태를 측정하고, CQI(Channel Quality Indicator), PMI(Precoding Matrix Index) 및/또는 RI(Rank Indicator)와 같은 채널 품질과 관련된 지시자를 송신 측(즉, 기지국)으로
5 피드백한다. CRS는 셀 특정 기준신호(cell-specific RS)라고도 한다. 반면, 채널 상태 정보(CSI: Channel State Information)의 피드백과 관련된 참조 신호를 CSI-RS라고 정의할 수 있다.

DRS는 PDSCH 상의 데이터 복조가 필요한 경우 자원 요소들을 통해 전송될 수 있다. 단말은 상위 계층을 통하여 DRS의 존재 여부를 수신할 수 있으며,
10 상응하는 PDSCH가 매핑되었을 때만 유효하다. DRS를 단말 특정 참조 신호(UE-specific RS) 또는 복조 참조 신호(DMRS: Demodulation RS)라고 할 수 있다.

도 7은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 하향링크 자원 블록 쌍에 매핑된 참조 신호 패턴을 예시한다.

15 도 7을 참조하면, 참조 신호가 매핑되는 단위로 하향링크 자원 블록 쌍은 시간 영역에서 하나의 서브 프레임 $\times$ 주파수 영역에서 12개의 부 반송파로 나타낼 수 있다. 즉, 시간 축(x축) 상에서 하나의 자원 블록 쌍은 일반 순환 전치(normal CP: normal Cyclic Prefix) 인 경우 14개의 OFDM 심볼의 길이를 가지고(도 7(a)의 경우), 확장 순환 전치(extended CP: extended
20 Cyclic Prefix)인 경우 12개의 OFDM 심볼의 길이를 가진다(도 7(b)의 경우). 자원 블록 격자에서 '0', '1', '2' 및 '3'으로 기재된 자원 요소들(RES)은 각각 안테나 포트 인덱스 '0', '1', '2' 및 '3'의 CRS의 위치를 의미하며,

'D'로 기재된 자원 요소들은 DRS의 위치를 의미한다.

이하 CRS에 대하여 좀 더 상세하게 기술하면, CRS는 물리적 안테나의 채널을 추정하기 위해 사용되고, 셀 내에 위치한 모든 단말에 공통적으로 수신될 수 있는 참조 신호로써 전체 주파수 대역에 분포된다. 즉, 이 CRS는 cell-specific한 신호로, 광대역에 대해서 매 서브 프레임마다 전송된다. 또한, CRS는 채널 품질 정보(CSI) 및 데이터 복조를 위해 이용될 수 있다.

CRS는 전송 측(기지국)에서의 안테나 배열에 따라 다양한 포맷으로 정의된다. 3GPP LTE 시스템(예를 들어, 릴리즈-8)에서는 기지국의 전송 안테나 개수에 따라서 최대 4개의 안테나 포트에 대한 RS가 전송된다. 하향링크 신호 송신 측은 단일의 송신 안테나, 2개의 송신 안테나 및 4개의 송신 안테나와 같이 3 종류의 안테나 배열을 가진다. 예를 들어 기지국의 송신 안테나의 개수가 두 개일 경우, 0번과 1번 안테나 포트에 대한 CRS가 전송되고, 네 개인 경우 0~3 번 안테나 포트에 대한 CRS가 각각 전송된다. 기지국의 송신 안테나가 4개일 경우 한 RB에서의 CRS 패턴은 도 7과 같다.

기지국이 단일의 송신 안테나를 사용하는 경우, 단일 안테나 포트를 위한 참조 신호가 배열된다.

기지국이 2개의 송신 안테나를 사용하는 경우, 2개의 송신 안테나 포트를 위한 참조 신호는 시분할 다중화(TDM: Time Division Multiplexing) 및/또는 주파수 분할 다중화(FDM Frequency Division Multiplexing) 방식을 이용하여 배열된다. 즉, 2개의 안테나 포트를 위한 참조 신호는 각각이 구별되기 위해 서로 다른 시간 자원 및/또는 서로 다른 주파수 자원이 할당된다.

게다가, 기지국이 4개의 송신 안테나를 사용하는 경우, 4개의 송신 안테나

포트를 위한 참조 신호는 TDM 및/또는 FDM 방식을 이용하여 배열된다. 하향링크 신호의 수신 측(단말)에 의하여 측정된 채널 정보는 단일의 송신 안테나 전송, 송신 다이버시티, 폐쇄 루프 공간 다중화(closed-loop spatial multiplexing), 개방 루프 공간 다중화(open-loop spatial multiplexing) 또는 다중 사용자-다중 입출력 안테나(Multi-User MIMO)와 같은 전송 방식을 이용하여 전송된 데이터를 복조하기 위하여 사용될 수 있다.

다중 입출력 안테나가 지원되는 경우 참조 신호가 특정의 안테나 포트로부터 전송될 때, 상기 참조 신호는 참조 신호의 패턴에 따라 특정한 자원 요소들의 위치에 전송되며, 다른 안테나 포트를 위해 특정한 자원 요소들의 위치에 전송되지 않는다. 즉, 서로 다른 안테나 사이의 참조 신호는 서로 겹치지 않는다.

이하 DRS에 대하여 좀 더 상세하게 기술하면, DRS는 데이터를 복조하기 위하여 사용된다. 다중 입출력 안테나 전송에서 특정의 단말을 위해 사용되는 선행 부호화(precoding) 가중치는 단말이 참조 신호를 수신하였을 때 각 송신 안테나에서 전송된 전송 채널과 결합되어 상응하는 채널을 추정하기 위하여 변경 없이 사용된다.

3GPP LTE 시스템(예를 들어, 릴리즈-8)은 최대 4개의 전송 안테나를 지원하고, 랭크 1 빔포밍(beamforming)을 위한 DRS가 정의된다. 랭크 1 빔포밍을 위한 DRS는 또한 안테나 포트 인덱스 5를 위한 참조 신호를 나타낸다.

LTE 시스템의 진화 발전된 형태의 LTE-A 시스템에서 기지국의 하향 링크로 최대 8개의 송신 안테나를 지원할 수 있도록 디자인되어야 한다. 따라서 최대 8개 송신 안테나에 대한 RS 역시 지원되어야 한다. LTE 시스템에서 하향

링크 RS는 최대 4개의 안테나 포트에 대한 RS만 정의되어 있으므로, LTE-A 시스템에서 기지국이 4개 이상 최대 8개의 하향 링크 송신 안테나를 가질 경우 이들 안테나 포트에 대한 RS가 추가적으로 정의되고 디자인되어야 한다. 최대 8개의 송신 안테나 포트에 대한 RS는 위에서 설명한 채널 측정을 위한 RS와
5 데이터 복조를 위한 RS 두 가지가 모두 디자인되어야 한다.

LTE-A 시스템을 디자인 함에 있어서 중요한 고려 사항 중 하나는 하위 호환성(backward compatibility), 즉 LTE 단말이 LTE-A 시스템에서도 아무 무리 없이 잘 동작해야 하고, 시스템 또한 이를 지원해야 한다는 것이다. RS 전송 관점에서 보았을 때, LTE에서 정의되어 있는 CRS가 전 대역으로 매
10 서브 프레임마다 전송되는 시간-주파수 영역에서 추가적으로 최대 8개의 송신 안테나 포트에 대한 RS가 추가적으로 정의되어야 한다. LTE-A 시스템에서 기존 LTE의 CRS와 같은 방식으로 최대 8개의 송신 안테나에 대한 RS 패턴을 매 서브 프레임마다 전 대역에 추가하게 되면 RS 오버헤드가 지나치게 커지게 된다.

따라서 LTE-A 시스템에서 새로이 디자인되는 RS는 크게 두 가지 분류로
15 나누게 되는데, MCS, PMI 등의 선택을 위한 채널 측정 목적의 RS (CSI-RS: Channel State Information-RS, Channel State Indication-RS 등)와 8개의 전송 안테나로 전송되는 데이터 복조를 위한 RS (DM-RS: Data Demodulation-RS)이다.

채널 측정 목적의 CSI-RS는 기존의 CRS가 채널 측정, 핸드 오버 등의
20 측정 등의 목적과 동시에 데이터 복조를 위해 사용되는 것과 달리 채널 측정 위주의 목적을 위해서 디자인되는 특징이 있다. 물론 이 또한 핸드 오버 등의 측정 등의 목적으로도 사용될 수도 있다. CSI-RS가 채널 상태에 대한 정보를

얻는 목적으로만 전송되므로 CRS와 달리 매 서브 프레임마다 전송되지 않아도 된다. CSI-RS의 오버헤드를 줄이기 위하여 CSI-RS는 시간 축 상에서 간헐적으로 전송된다.

데이터 복조를 위해서 해당 시간-주파수 영역에서 스케줄링 된 UE에게
5 전용적(dedicated)으로 DM-RS가 전송된다. 즉, 특정 UE의 DM-RS는 해당 UE가 스케줄링 된 영역, 즉 데이터를 수신 받는 시간-주파수 영역에만 전송되는 것이다.

LTE-A 시스템에서 기지국의 하향 링크로 최대 8개의 송신 안테나를 지원한다. LTE-A 시스템에서 기존 LTE의 CRS와 같은 방식으로 최대 8개의
10 송신 안테나에 대한 RS를 매 서브 프레임마다 전 대역에 전송하게 되면 RS 오버헤드가 지나치게 커지게 된다. 따라서 LTE-A 시스템에서는 MCS, PMI 등의 선택을 위한 CSI 측정 목적의 CSI-RS와 데이터 복조를 위한 DM-RS로 분리되어 두 개의 RS가 추가되었다. CSI-RS는 RRM 측정 등의 목적으로도 사용될 수는 있지만 CSI 획득의 주목적을 위해서 디자인되었다. CSI-RS는 데이터 복조에
15 사용되지 않으므로 매 서브 프레임마다 전송될 필요는 없다. 그러므로 CSI-RS의 오버헤드를 줄이기 위하여 시간 축 상에서 간헐적으로 전송하도록 한다. 즉, CSI-RS는 한 서브 프레임의 정수 배의 주기를 가지고 주기적으로 전송되거나 특정 전송 패턴으로 전송될 수 있다. 이 때 CSI-RS가 전송되는 주기나 패턴은 eNB가 설정할 수 있다.

20 데이터 복조를 위해서는 해당 시간-주파수 영역에서 스케줄링 된 UE에게 dedicated하게 DM-RS가 전송된다. 즉, 특정 UE의 DM-RS는 해당 UE가 스케줄링 된 영역, 즉 데이터를 수신 받는 시간-주파수 영역에만 전송된다.

CSI-RS를 측정하기 위해서 UE는 반드시 자신이 속한 셀의 각각의 CSI-RS 안테나 포트에 대한 CSI-RS의 전송 서브 프레임 인덱스, 전송 서브 프레임 내에서 CSI-RS 자원 요소(RE) 시간-주파수 위치, 그리고 CSI-RS 시퀀스 등에 대한 정보를 알고 있어야 한다.

- 5 LTE-A 시스템에 eNB는 CSI-RS를 최대 8개의 안테나 포트에 대해서 각각 전송해야 한다. 서로 다른 안테나 포트의 CSI-RS 전송을 위해 사용되는 자원은 서로 직교(orthogonal)해야 한다. 한 eNB가 서로 다른 안테나 포트에 대한 CSI-RS를 전송할 때 각각의 안테나 포트에 대한 CSI-RS를 서로 다른 RE에 매핑함으로써 FDM/TDM방식으로 이들 자원을 orthogonal하게 할당할 수 있다.
- 10 또는 서로 다른 안테나 포트에 대한 CSI-RS를 서로 orthogonal한 코드에 매핑시키는 CDM방식으로 전송할 수 있다.

- CSI-RS에 관한 정보를 eNB가 자기 셀 UE에게 알려줄 때, 먼저 각 안테나 포트에 대한 CSI-RS가 매핑되는 시간-주파수에 대한 정보를 알려줘야 한다. 구체적으로, CSI-RS가 전송되는 서브 프레임 번호들, 또는 CSI-RS가 전송되는
- 15 주기, CSI-RS가 전송되는 서브 프레임 오프셋이며, 특정 안테나의 CSI-RS RE가 전송되는 OFDM 심볼 번호, 주파수 간격(spacing), 주파수 축에서의 RE의 오프셋 또는 쉬프트 값 등이 있다.

- CSI-RS는 1개, 2개, 4개 또는 8개의 안테나 포트를 통해 전송된다. 이때, 사용되는 안테나 포트는 각각 $p=15$, $p=15, 16$, $p=15, \dots, 18$, $p=15, \dots, 22$ 이다. CSI-RS는 서브캐리어 간격 $\Delta f=15\text{kHz}$ 에 대해서만 정의될 수 있다.
- 20

CSI-RS 전송을 위해 설정된 서브프레임 내에서, CSI-RS 시퀀스는 아래

수학식 12와 같이 각 안테나 포트(p) 상의 참조 심볼(reference symbol)로서 이용되는 복소 변조 심볼(complex-valued modulation symbol) $a_{k,l}^{(p)}$ 에 매핑된다.

【수학식 12】

$$a_{k,l}^{(p)} = w_{l''} \cdot r_{l,n_s}(m')$$

5

$$k = k' + 12m + \begin{cases} -0 & \text{for } p \in \{15,16\}, \text{ normal cyclic prefix} \\ -6 & \text{for } p \in \{17,18\}, \text{ normal cyclic prefix} \\ -1 & \text{for } p \in \{19,20\}, \text{ normal cyclic prefix} \\ -7 & \text{for } p \in \{21,22\}, \text{ normal cyclic prefix} \\ -0 & \text{for } p \in \{15,16\}, \text{ extended cyclic prefix} \\ -3 & \text{for } p \in \{17,18\}, \text{ extended cyclic prefix} \\ -6 & \text{for } p \in \{19,20\}, \text{ extended cyclic prefix} \\ -9 & \text{for } p \in \{21,22\}, \text{ extended cyclic prefix} \end{cases}$$

$$l = l' + \begin{cases} l'' & \text{CSI reference signal configurations 0 - 19, normal cyclic prefix} \\ 2l'' & \text{CSI reference signal configurations 20 - 31, normal cyclic prefix} \\ l'' & \text{CSI reference signal configurations 0 - 27, extended cyclic prefix} \end{cases}$$

$$w_{l''} = \begin{cases} 1 & p \in \{15,17,19,21\} \\ (-1)^{l''} & p \in \{16,18,20,22\} \end{cases}$$

$$l'' = 0,1$$

$$m = 0,1,\dots,N_{RB}^{DL} - 1$$

$$m' = m + \left\lfloor \frac{N_{RB}^{\max,DL} - N_{RB}^{DL}}{2} \right\rfloor$$

상기 수학식 12에서, (k', l') (여기서, k' 는 자원 블록 내 부반송파 인덱스이고, l' 는 슬롯 내 OFDM 심볼 인덱스를 나타낸다.) 및 n_s 의 조건은 아래 표 3 또는 표 4와 같은 CSI-RS 설정(configuration)에 따라 결정된다.

10

표 3는 일반 CP에서 CSI-RS 구성으로부터 (k', l') 의 매핑을 예시한다.

【표 3】

CSI reference signal configuration	Number of CSI reference signals configured					
	1 or 2		4		8	
	(k', l')	$n_s \bmod 2$	(k', l')	$n_s \bmod 2$	(k', l')	$n_s \bmod 2$

Frame structure type 1 and 2	0	(9, 5)	0	(9, 5)	0	(9, 5)	0
	1	(11, 2)	1	(11, 2)	1	(11, 2)	1
	2	(9, 2)	1	(9, 2)	1	(9, 2)	1
	3	(7, 2)	1	(7, 2)	1	(7, 2)	1
	4	(9, 5)	1	(9, 5)	1	(9, 5)	1
	5	(8, 5)	0	(8, 5)	0		
	6	(10, 2)	1	(10, 2)	1		
	7	(8, 2)	1	(8, 2)	1		
	8	(6, 2)	1	(6, 2)	1		
	9	(8, 5)	1	(8, 5)	1		
	10	(3, 5)	0				
	11	(2, 5)	0				
	12	(5, 2)	1				
	13	(4, 2)	1				
	14	(3, 2)	1				
	15	(2, 2)	1				
	16	(1, 2)	1				
	17	(0, 2)	1				
	18	(3, 5)	1				
	19	(2, 5)	1				
Frame structure type 2 only	20	(11, 1)	1	(11, 1)	1	(11, 1)	1
	21	(9, 1)	1	(9, 1)	1	(9, 1)	1
	22	(7, 1)	1	(7, 1)	1	(7, 1)	1
	23	(10, 1)	1	(10, 1)	1		
	24	(8, 1)	1	(8, 1)	1		
	25	(6, 1)	1	(6, 1)	1		
	26	(5, 1)	1				
	27	(4, 1)	1				
	28	(3, 1)	1				
	29	(2, 1)	1				
	30	(1, 1)	1				
	31	(0, 1)	1				

표 4는 확장 CP에서 CSI-RS 구성으로부터 (k', l') 의 매핑을 예시한다.

【표 4】

	CSI reference signal configuration	Number of CSI reference signals configured					
		1 or 2		4		8	
		(k', l')	$n_s \bmod 2$	(k', l')	$n_s \bmod 2$	(k', l')	$n_s \bmod 2$
Frame structure type 1 and 2	0	(11, 4)	0	(11, 4)	0	(11, 4)	0
	1	(9, 4)	0	(9, 4)	0	(9, 4)	0
	2	(10, 4)	1	(10, 4)	1	(10, 4)	1
	3	(9, 4)	1	(9, 4)	1	(9, 4)	1
	4	(5, 4)	0	(5, 4)	0		
	5	(3, 4)	0	(3, 4)	0		
	6	(4, 4)	1	(4, 4)	1		
	7	(3, 4)	1	(3, 4)	1		
	8	(8, 4)	0				

	9	(6, 4)	0				
	10	(2, 4)	0				
	11	(0, 4)	0				
	12	(7, 4)	1				
	13	(6, 4)	1				
	14	(1, 4)	1				
	15	(0, 4)	1				
Frame structure type 2 only	16	(11, 1)	1	(11, 1)	1	(11, 1)	1
	17	(10, 1)	1	(10, 1)	1	(10, 1)	1
	18	(9, 1)	1	(9, 1)	1	(9, 1)	1
	19	(5, 1)	1	(5, 1)	1		
	20	(4, 1)	1	(4, 1)	1		
	21	(3, 1)	1	(3, 1)	1		
	22	(8, 1)	1				
	23	(7, 1)	1				
	24	(6, 1)	1				
	25	(2, 1)	1				
	26	(1, 1)	1				
	27	(0, 1)	1				

표 3 및 표 4를 참조하면, CSI-RS의 전송에 있어서, 이종 네트워크(HetNet: heterogeneous network) 환경을 포함하여 멀티 셀 환경에서 셀간 간섭(ICI: inter-cell interference)을 줄이기 위하여 최대 32개(일반 CP 경우) 또는 최대 28개(확장 CP 경우)의 서로 다른 구성(configuration)이 정의된다.

CSI-RS 구성은 셀 내의 안테나 포트의 개수 및 CP에 따라 서로 다르며, 인접한 셀은 최대한 서로 다른 구성을 가질 수 있다. 또한, CSI-RS 구성은 프레임 구조에 따라 FDD 프레임과 TDD 프레임에 모두 적용하는 경우와 TDD 프레임에만 적용하는 경우로 나뉘질 수 있다.

표 3 및 표 4를 기반으로 CSI-RS 구성에 따라 (k', l') 및 n_s 가 정해지고, 각 CSI-RS 안테나 포트에 따라 CSI-RS 전송에 이용하는 시간-주파수 자원이 결정된다.

도 8은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 참조 신호가

매핑되는 자원을 예시하는 도면이다.

도 8(a)는 1개 또는 2개의 CSI-RS 안테나 포트들에 의한 CSI-RS 전송에 사용 가능한 20가지 CSI-RS 구성들을 나타낸 것이고, 도 8(b)는 4개의 CSI-RS 안테나 포트들에 의해 사용 가능한 10가지 CSI-RS 구성들을 나타낸 것이며, 도 8(c)는 8개의 CSI-RS 안테나 포트들에 의해 CSI-RS 전송에 사용 가능한 5가지 CSI-RS 구성들을 나타낸 것이다.

이와 같이, 각 CSI-RS 구성에 따라 CSI-RS가 전송되는 무선 자원(즉, RE 쌍)이 결정된다.

특정 셀에 대하여 CSI-RS 전송을 위해 1개 혹은 2개의 안테나 포트가 설정되면, 도 8(a)에 도시된 20가지 CSI-RS 구성들 중 설정된 CSI-RS 구성에 따른 무선 자원 상에서 CSI-RS가 전송된다.

마찬가지로, 특정 셀에 대하여 CSI-RS 전송을 위해 4개의 안테나 포트가 설정되면, 도 8(b)에 도시된 10가지 CSI-RS 구성들 중 설정된 CSI-RS 구성에 따른 무선 자원 상에서 CSI-RS가 전송된다. 또한, 특정 셀에 대하여 CSI-RS 전송을 위해 8개의 안테나 포트가 설정되면, 도 8(c)에 도시된 5가지 CSI-RS 구성들 중 설정된 CSI-RS 구성에 따른 무선 자원 상에서 CSI-RS가 전송된다.

2개의 안테나 포트 별(즉, {15,16}, {17,18}, {19,20}, {21,22})로 각각의 안테나 포트에 대한 CSI-RS는 동일한 무선 자원에 CDM되어 전송된다.

안테나 포트 15 및 16를 예를 들면, 안테나 포트 15 및 16에 대한 각각의 CSI-RS 복소 심볼은 동일하나, 서로 다른 직교 코드(예를 들어, 왈시 코드(walsh code)가 곱해져서 동일한 무선 자원에 매핑된다. 안테나 포트 15에 대한 CSI-RS의 복소 심볼에는 [1, 1]이 곱해지고, 안테나 포트 16에

대한 CSI-RS의 복소 심볼에는 $[1 \ -1]$ 이 곱해져서 동일한 무선 자원에 매핑된다. 이는 안테나 포트 $\{17,18\}$, $\{19,20\}$, $\{21,22\}$ 도 마찬가지이다.

UE는 전송된 심볼에 곱해진 코드를 곱하여 특정 안테나 포트에 대한 CSI-RS를 검출할 수 있다. 즉, 안테나 포트 15에 대한 CSI-RS를 검출하기 위해서 곱해진 코드 $[1 \ 1]$ 을 곱하고, 안테나 포트 16에 대한 CSI-RS를 검출하기 위해서 곱해진 코드 $[1 \ -1]$ 을 곱한다.

도 8(a) 내지 (c)를 참조하면, 동일한 CSI-RS 구성 인덱스에 해당하게 되면, 안테나 포트 수가 많은 CSI-RS 구성에 따른 무선 자원은 CSI-RS 안테나 포트 수가 적은 CSI-RS 구성에 따른 무선 자원을 포함한다. 예를 들어, CSI-RS 구성 0의 경우, 8개 안테나 포트 수에 대한 무선 자원은 4개 안테나 포트 수에 대한 무선 자원과 1 또는 2개의 안테나 포트 수에 대한 무선 자원을 모두 포함한다.

하나의 셀에서 복수의 CSI-RS 구성이 사용될 수 있다. non-제로 전력(NZP: non-zero power) CSI-RS는 0개 또는 1개 CSI-RS 구성만이 이용되고, 제로 전력(ZP: zero power) CSI-RS는 0개 또는 여러 개의 CSI-RS 구성이 이용될 수 있다.

상위 계층에 의해 설정되는 16 비트의 비트맵인 ZP CSI-RS(ZeroPowerCSI-RS)에서 1로 설정된 각 비트 별로, UE는 위의 표 3 및 표 4의 4개의 CSI-RS 열(column)에 해당하는 RE들에서(상위 계층에 의해 설정된 NZP CSI-RS를 가정하는 RE와 중복되는 경우를 제외) 제로 전송 전력을 가정한다. 최상위 비트(MSB: Most Significant Bit)는 가장 낮은 CSI-RS 구성 인덱스에 해당하고, 비트맵 내에서 그 다음의 비트는 순서대로 다음의

CSI-RS 구성 인덱스에 해당한다.

CSI-RS는 위의 표 3 및 표 4에서 ($n_s \bmod 2$)의 조건을 만족하는 하향링크 슬롯 및 CSI-RS 서브프레임 구성을 만족하는 서브프레임에서만 전송된다.

- 5 프레임 구조 타입 2(TDD)의 경우, 스페셜 서브프레임, 동기 신호(SS), PBCH 또는 SIB 1(SystemInformationBlockType1) 메시지 전송과 충돌되는 서브프레임 또는 페이징 메시지 전송을 위해 설정된 서브프레임에서 CSI-RS는 전송되지 않는다.

- 10 또한, 안테나 포트 세트 $S(S=\{15\}, S=\{15,16\}, S=\{17,18\}, S=\{19,20\}$ 또는 $S=\{21,22\})$ 내 속하는 어떠한 안테나 포트에 대한 CSI-RS가 전송되는 RE는 PDSCH 또는 다른 안테나 포트의 CSI-RS 전송에 사용되지 않는다.

- 15 CSI-RS 전송에 사용되는 시간-주파수 자원들은 데이터 전송에 사용될 수 없으므로, CSI-RS 오버헤드가 증가할수록 데이터 처리량(throughput)이 감소하게 된다. 이를 고려하여 CSI-RS는 매 서브프레임마다 전송되도록 구성되지 않고, 다수의 서브프레임에 해당하는 소정의 전송 주기마다 전송되도록 구성된다. 이 경우, 매 서브프레임마다 CSI-RS가 전송되는 경우에 비하여 CSI-RS 전송 오버헤드가 많이 낮아질 수 있다.

- 20 CSI-RS 전송을 위한 서브프레임 주기(이하, 'CSI 전송 주기'로 지칭함) ($T_{\text{CSI-RS}}$) 및 서브프레임 오프셋($\Delta_{\text{CSI-RS}}$)은 아래 표 5과 같다.

표 5은 CSI-RS 서브프레임 구성을 예시한다.

【표 5】

CSI-RS-SubframeConfig $I_{\text{CSI-RS}}$	CSI-RS periodicity $T_{\text{CSI-RS}}$ (subframes)	CSI-RS subframe offset $\Delta_{\text{CSI-RS}}$ (subframes)
0 - 4	5	$I_{\text{CSI-RS}}$
5 - 14	10	$I_{\text{CSI-RS}} - 5$
15 - 34	20	$I_{\text{CSI-RS}} - 15$
35 - 74	40	$I_{\text{CSI-RS}} - 35$
75 - 154	80	$I_{\text{CSI-RS}} - 75$

표 5을 참조하면, CSI-RS 서브프레임 구성($I_{\text{CSI-RS}}$)에 따라 CSI-RS 전송 주기($T_{\text{CSI-RS}}$) 및 서브프레임 오프셋($\Delta_{\text{CSI-RS}}$)이 결정된다.

표 5의 CSI-RS 서브프레임 구성은 앞서 'SubframeConfig' 필드 및 'zeroTxPowerSubframeConfig' 필드 중 어느 하나로 설정될 수 있다. CSI-RS 서브프레임 구성은 NZP CSI-RS 및 ZP CSI-RS에 대하여 개별적으로(separately) 설정될 수 있다.

CSI-RS를 포함하는 서브프레임은 아래 수학적 식 13을 만족한다.

【수학적 식 13】

$$(10n_f + \lfloor n_s/2 \rfloor - \Delta_{\text{CSI-RS}}) \bmod T_{\text{CSI-RS}} = 0$$

수학적 식 13에서 $T_{\text{CSI-RS}}$ 는 CSI-RS 전송 주기, $\Delta_{\text{CSI-RS}}$ 는 서브프레임 오프셋 값, n_f 는 시스템 프레임 넘버, n_s 는 슬롯 넘버를 의미한다.

서빙 셀에 대해 전송 모드 9(transmission mode 9)가 설정된 UE의 경우, UE는 하나의 CSI-RS 자원 구성이 설정될 수 있다. 서빙 셀에 대해 전송 모드 10(transmission mode 10)이 설정된 UE의 경우, UE는 하나 또는 그 이상의 CSI-RS 자원 구성(들)이 설정될 수 있다.

현재 LTE 표준에서 CSI-RS 구성은 안테나 포트 개수(antennaPortsCount), 서브프레임 구성(subframeConfig), 자원 구성(resourceConfig) 등으로 구성되어 있어, CSI-RS가 몇 개의 안테나

포트에서 전송되는지, CSI-RS가 전송될 서브프레임의 주기 및 오프셋이 어떻게 되는지, 그리고 해당 서브프레임에서 어떤 RE 위치(즉, 주파수와 OFDM 심볼 인덱스)에서 전송되는지 알려준다.

구체적으로 각 CSI-RS (자원) 구성을 위한 아래와 같이 파라미터가 상위 계층 시그널링을 통해 설정된다.

- 전송 모드 10이 설정된 경우, CSI-RS 자원 구성 식별자
- CSI-RS 포트 개수(antennaPortsCount): CSI-RS 전송을 위해 사용되는 안테나 포트의 개수를 나타내는 파라미터(예를 들어, 1 CSI-RS 포트, 2 CSI-RS 포트, 4 CSI-RS 포트, 8 CSI-RS 포트)
- CSI-RS 구성(resourceConfig) (표 3 및 표 4 참조): CSI-RS 할당 자원 위치에 관한 파라미터
- CSI-RS 서브프레임 구성(subframeConfig, 즉 I_CSI-RS) (표 5 참조): CSI-RS가 전송될 서브프레임 주기 및/또는 오프셋에 관한 파라미터
- 전송 모드 9가 설정된 경우, CSI 피드백을 위한 전송 파워(P_C): 피드백을 위한 참조 PDSCH 전송 파워에 대한 UE의 가정과 관련하여, UE가 CSI 피드백을 도출하고 1 dB 단계 크기로 $[-8, 15]$ dB 범위 내에서 값을 취할 때, P_C 는 PDSCH RE 당 에너지(EPRE: Energy Per Resource Element)와 CSI-RS EPRE의 비율로 가정된다.
- 전송 모드 10이 설정된 경우, 각 CSI 프로세스에 대하여 CSI 피드백을 위한 전송 파워(P_C). CSI 프로세스에 대하여 CSI 서브프레임 세트들 $C_{CSI,0}$ 및 $C_{CSI,1}$ 가 상위 계층에 의해 설정되면, P_C 는 CSI 프로세스의 각 CSI 서브프레임 세트 별로 설정된다.

- 임의 랜덤 (pseudo-random) 시퀀스 발생기 파라미터 (n_{ID})

- 전송 모드 10이 설정된 경우, QCL(QuasiCo-Located) 타입 B UE
가정을 위한 QCL 스크램블링 식별자($qcl\text{-}ScramblingIdentity\text{-}r11$), CRS
포트 카운트($crs\text{-}PortsCount\text{-}r11$), MBSFN 서브프레임 설정 리스트($mbsfn\text{-}$
5 $SubframeConfigList\text{-}r11$) 파라미터를 포함하는 상위 계층 파라미터 (' $qcl\text{-}$
 $CRS\text{-}Info\text{-}r11$ ')

UE가 도출한 CSI 피드백 값이 $[-8, 15]$ dB 범위 내의 값을 가질 때,
 P_C 는 CSI-RS EPRE에 대한 PDSCH EPRE의 비율로 가정된다. 여기서, PDSCH
EPRE는 CRS EPRE에 대한 PDSCH EPRE의 비율이 ρ_A 인 심볼에 해당한다.

10 서빙 셀의 동일한 서브프레임에서 CSI-RS와 PMCH이 함께 설정되지 않는다.

프레임 구조 타입 2에서 4개의 CRS 안테나 포트가 설정된 경우, UE는
일반 CP의 경우 $[20\text{-}31]$ 세트(표 3 참조) 또는 확장 CP의 경우 $[16\text{-}27]$
세트(표 4 참조)에 속하는 CSI-RS 구성 인덱스가 설정되지 않는다.

UE는 CSI-RS 자원 구성의 CSI-RS 안테나 포트가 지연 확산(delay
15 spread), 도플러 확산(Doppler spread), 도플러 쉬프트(Doppler shift),
평균 이득(average gain) 및 평균 지연(average delay)에 대하여 QCL
관계를 가진다고 가정할 수 있다.

전송 모드 10 그리고 QCL 타입 B가 설정된 UE는 CSI-RS 자원 구성에
해당하는 안테나 포트 0-3과 CSI-RS 자원 구성에 해당하는 안테나 포트 15-
20 22가 도플러 확산(Doppler spread), 도플러 쉬프트(Doppler shift)에
대하여 QCL 관계라고 가정할 수 있다.

전송 모드 1-9가 설정된 UE의 경우, 서빙 셀에 대하여 UE는 하나의 ZP

CSI-RS 자원 구성이 설정될 수 있다. 전송 모드 10이 설정된 UE의 경우, 서빙 셀에 대하여 UE는 하나 또는 그 이상의 ZP CSI-RS 자원 구성이 설정될 수 있다.

상위 계층 시그널링을 통해 ZP CSI-RS 자원 구성을 위한 아래와 같은 파라미터가 설정될 수 있다.

5 - ZP CSI-RS 구성 리스트(zeroTxPowerResourceConfigList) (표 3 및 표 4 참조): 제로-파워 CSI-RS 구성에 관한 파라미터

 - ZP CSI-RS 서브프레임 구성(eroTxPowerSubframeConfig, 즉 I_CSI-RS) (표 5 참조): 제로-파워 CSI-RS가 전송되는 서브프레임 주기 및/또는 오프셋에 관한 파라미터

10 서빙 셀의 동일한 서브프레임에서 ZP CSI-RS와 PMCH가 동시에 설정되지 않는다.

 전송 모드 10이 설정된 UE의 경우, 서빙 셀에 대하여 하나 또는 그 이상의 CSI-IM(Channel-State Information - Interference Measurement) 자원 구성이 설정될 수 있다.

15 상위 계층 시그널링을 통해 각 CSI-IM 자원 구성을 위한 아래와 같은 파라미터가 설정될 수 있다.

 - ZP CSI-RS 구성 (표 3 및 표 4 참조)

 - ZP CSI RS 서브프레임 구성(I_CSI-RS) (표 5 참조)

 CSI-IM 자원 구성은 설정된 ZP CSI-RS 자원 구성 중 어느 하나와
20 동일하다.

 서빙 셀의 동일한 서브프레임 내 CSI-IM 자원과 PMCH가 동시에 설정되지 않는다.

매시브 MIMO (Massive MIMO)

다수의 안테나를 가지는 MIMO 시스템을 매시브 MIMO (Massive MIMO) 시스템으로 지칭할 수 있으며, 스펙트럼 효율 (spectral efficiency), 에너지 효율 (energy efficiency), 프로세싱 복잡도 (processing complexity)를 향상 시키기 위한 수단으로써 주목 받고 있다.

최근 3GPP에서는 미래의 이동 통신 시스템의 스펙트럼 효율성에 대한 요구사항을 만족시키기 위하여 매시브 MIMO 시스템에 대한 논의가 시작되었다. 매시브 MIMO는 전-차원 MIMO (FD-MIMO: Full-Dimension MIMO)로도 지칭된다.

LTE 릴리즈 (Rel: release) -12 이후의 무선 통신 시스템에서는 능동 안테나 시스템 (AAS: Active Antenna System)의 도입이 고려되고 있다.

신호의 위상 및 크기를 조정할 수 있는 증폭기와 안테나가 분리되어 있는 기존의 수동 안테나 시스템과 달리, AAS는 각각의 안테나가 증폭기와 같은 능동 소자를 포함하도록 구성된 시스템을 의미한다.

AAS는 능동 안테나 사용에 따라 증폭기와 안테나를 연결하기 위한 별도의 케이블, 커넥터, 기타 하드웨어 등이 필요하지 않고, 따라서 에너지 및 운용 비용 측면에서 효율성이 높은 특징을 갖는다. 특히, AAS는 각 안테나 별 전자식 빔 제어 (electronic beam control) 방식을 지원하기 때문에 빔 방향 및 빔 폭을 고려한 정교한 빔 패턴 형성 또는 3차원 빔 패턴을 형성하는 등의 진보된 MIMO 기술을 가능하게 한다.

AAS 등의 진보된 안테나 시스템의 도입으로 다수의 입출력 안테나와

다차원 안테나 구조를 갖는 대규모 MIMO 구조 또한 고려되고 있다. 일례로, 기존의 일자 형 안테나 배열과 달리 2차원(2D: 2-Dimension) 안테나 배열을 형성할 경우, AAS의 능동 안테나에 의해 3차원 빔 패턴을 형성할 수 있다.

도 9는 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서, 64개의 안테나 요소(antenna elements)를 가지는 2차원 능동 안테나 시스템을 예시한다.

도 9에서는 일반적인 2차원(2D: 2 Dimension) 안테나 배열을 예시하고 있으며, 도 9와 같이 $N_t = N_v \cdot N_h$ 개의 안테나가 정방형의 모양을 갖는 경우를 고려할 수 있다. 여기서, N_h 는 수평 방향으로 안테나 열의 개수를 N_v 는 수직 방향으로 안테나 행의 개수를 나타낸다.

이러한 2D 구조의 안테나 배열을 이용하면, 3차원 공간에서 전송 빔을 제어할 수 있도록 무선 파장(radio wave)이 수직 방향(고도(elevation)) 및 수평 방향(방위각(azimuth))으로 모두 제어될 수 있다. 이러한 타입의 파장 제어 메커니즘을 3차원 빔포밍으로 지칭할 수 있다.

도 10은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 기지국 또는 단말이 AAS 기반의 3D(3-Dimension) 빔 형성이 가능한 다수의 송/수신 안테나를 갖고 있는 시스템을 예시한다.

도 10은 앞서 설명한 예를 도식화한 것으로서, 2차원 안테나 배열(즉, 2D-AAS)를 이용한 3D MIMO 시스템을 예시한다.

송신 안테나 관점에서 상기 3차원 빔 패턴을 활용할 경우, 빔의 수평 방향뿐만 아니라 수직 방향으로의 준-정적 또는 동적인 빔 형성을 수행할 수 있으며 일례로 수직 방향의 섹터 형성 등의 응용을 고려할 수 있다.

또한, 수신 안테나 관점에서는 대규모 수신 안테나를 활용하여 수신 빔을

형성할 때, 안테나 배열 이득(antenna array gain)에 따른 신호 전력 상승 효과를 기대할 수 있다. 따라서, 상향링크의 경우, 기지국이 다수의 안테나를 통해 단말로부터 전송되는 신호를 수신할 수 있으며, 이때 단말은 간섭 영향을 줄이기 위해 대규모 수신 안테나의 이득을 고려하여 자신의 송신 전력을 매우 낮게 설정할 수 있는 장점이 있다.

도 11은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 교차 편파(cross polarization)를 가지는 2차원 안테나 시스템을 예시한다.

편파(Polarization)를 고려한 2D 평면 배열 안테나(planar antenna array) 모델의 경우, 도 11과 같이 도식화할 수 있다.

수동적 안테나(passive antenna)에 따른 기존의 MIMO 시스템과 달리, 능동 안테나에 기반한 시스템은 각 안테나 요소에 부착된(또는 포함된) 능동 소자(예를 들어, 증폭기)에 가중치를 적용함으로써 안테나 요소의 이득(gain)을 동적으로 조절할 수 있다. 방사 패턴(radiation pattern)은 안테나 요소의 개수, 안테나 간격(spacing) 등과 같은 안테나 배치(arrangement)에 의존하므로, 안테나 시스템은 안테나 요소 레벨에서 모델링될 수 있다.

도 11의 예시와 같은 안테나 배열 모델을 (M, N, P) 로 나타낼 수 있으며, 이는 안테나 배열 구조를 특징 짓는 파라미터에 해당된다.

M 은 각 열(즉, 수직 방향에서)에서 같은 편파(polarization)를 가지고 있는 안테나 요소(antenna element)의 개수(즉, 각 열에서 $+45^\circ$ 경사(slant)를 가지고 있는 안테나 요소의 개수 또는 각 열에서 -45° 경사(slant)를 가지고 있는 안테나 요소의 개수)를 나타낸다.

N은 수평 방향의 열의 개수(즉, 수평 방향에서 안테나 요소의 개수)를 나타낸다.

P는 편파(polarization)의 차원(dimension)의 개수를 나타낸다. 도 11의 경우와 같이 교차 편파(cross polarization)의 경우 $P=2$ 이나, 동일 편파(co-polarization)의 경우 $P=1$ 이다.

안테나 포트(antenna port)는 물리적 안테나 요소(physical antenna element)로 매핑될 수 있다. 안테나 포트(antenna port)는 해당 안테나 포트와 관련된 참조 신호에 의해 정의될 수 있다. 예를 들어, LTE 시스템에서 안테나 포트 0는 CRS(Cell-specific Reference Signal)와 관련되고, 안테나 포트 6는 PRS(Positioning Reference Signal)와 관련될 수 있다.

일례로, 안테나 포트와 물리적 안테나 요소 간은 일대일 매핑될 수 있다. 단일의 교차 편파(cross polarization) 안테나 요소가 하향링크 MIMO 또는 하향링크 전송 다이버시티를 위해 사용되는 경우 등이 이에 해당될 수 있다. 예를 들어, 안테나 포트 0는 하나의 물리적 안테나 요소에 매핑되는 반면, 안테나 포트 1은 다른 물리적 안테나 요소에 매핑될 수 있다. 이 경우, 단말 입장에서는, 2개의 하향링크 전송이 존재한다. 하나는 안테나 포트 0을 위한 참조 신호와 관련되고, 또 다른 하나는 안테나 포트 1을 위한 참조 신호와 관련된다.

다른 일례로, 단일의 안테나 포트는 다중의 물리적 안테나 요소에 매핑될 수 있다. 빔포밍(beamforming)을 위해 사용되는 경우 등이 이에 해당될 수 있다. 빔포밍은 다중의 물리적 안테나 요소를 이용함으로써, 하향링크 전송이 특정 단말에게 향하도록 할 수 있다. 일반적으로 다중의 교차 편파(cross

polarization) 안테나 요소의 다중의 열(column)로 구성되는 안테나 배열(antenna array)를 사용하여 이를 달성할 수 있다. 이 경우, 단말 입장에서는, 단일의 안테나 포트로부터 발생된 단일의 하향링크 전송이 존재한다. 하나는 안테나 포트 0을 위한 CRS와 관련되고, 또 다른 하나는 안테나 포트 1을
5 위한 CRS와 관련된다.

즉, 안테나 포트는 기지국에서 물리적 안테나 요소로부터 전송된 실제 하향링크 전송이 아닌 단말 입장에서의 하향링크 전송을 나타낸다.

다른 일례로, 다수의 안테나 포트가 하향링크 전송을 위해 사용되나, 각 안테나 포트는 다중의 물리적 안테나 요소에 매핑될 수 있다. 이 경우는 안테나
10 배열이 하향링크 MIMO 또는 하향링크 다이버시티를 위해 사용되는 경우 등이 이에 해당될 수 있다. 예를 들어, 안테나 포트 0 및 1은 각각 다중의 물리적 안테나 요소에 매핑될 수 있다. 이 경우, 단말 입장에서는, 2개의 하향링크 전송이 존재한다. 하나는 안테나 포트 0을 위한 참조 신호와 관련되고, 또 다른 하나는 안테나 포트 1을 위한 참조 신호와 관련된다.

15 FD-MIMO에서는, 데이터 스트림의 MIMO 프리코딩은 안테나 포트 가상화, 트랜스시버 유닛(또는 송수신 유닛)(TXRU: transceiver unit) 가상화, 안테나 요소 패턴을 거칠 수 있다.

안테나 포트 가상화는 안테나 포트 상의 스트림이 TXRU 상에서 프리코딩된다. TXRU 가상화는 TXRU 신호가 안테나 요소 상에서 프리코딩된다.
20 안테나 요소 패턴은 안테나 요소로부터 방사되는 신호는 방향성의 이득 패턴(directional gain pattern)을 가질 수 있다.

기존의 송수신기(transceiver) 모델링에서는, 안테나 포트와 TXRU 간의

정적인 일대일 매핑이 가정되고, TXRU 가상화 효과는 TXRU 가상화 및 안테나 요소 패턴의 효과 모두를 포함하는 정적인 (TXRU) 안테나 패턴으로 합쳐진다.

안테나 포트 가상화는 주파수-선택적인 방법으로 수행될 수 있다. LTE에서 안테나 포트는 참조 신호(또는 파일럿)와 함께 정의된다. 예를 들어, 안테나 포트 상에서 프리코딩된 데이터 전송을 위해, DMRS가 데이터 신호와 동일한 대역폭에서 전송되고, DMRS와 데이터 모두 동일한 프리코더(또는 동일한 TXRU 가상화 프리코딩)로 프리코딩된다. CSI 측정을 위해 CSI-RS는 다중의 안테나 포트를 통해 전송된다. CSI-RS 전송에 있어서, 단말에서 데이터 프리코딩 벡터를 위한 TXRU 가상화 프리코딩 행렬을 추정할 수 있도록 CSI-RS 포트와 TXRU 간의 매핑을 특징짓는 프리코더는 고유한 행렬로 설계될 수 있다.

TXRU 가상화 방법은 1차원 TXRU 가상화(1D TXRU virtualization)와 2차원 TXRU 가상화(2D TXRU virtualization)이 논의되며, 이에 대하여 아래 도면을 참조하여 설명한다.

도 12는 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 트랜스미터 유닛 모델을 예시한다.

1D TXRU 가상화에 있어서, M_{TXRU} 개의 TXRU은 동일한 편파(polarization)을 가지는 단일의 열(column) 안테나 배열로 구성되는 M 개의 안테나 요소와 관련된다.

2D TXRU 가상화에 있어서, 앞서 도 11의 안테나 배열 모델 구성 (M , N , P)에 상응하는 TXRU 모델 구성은 (M_{TXRU} , N , P)로 나타낼 수 있다. 여기서, M_{TXRU} 는 2D 같은 열, 같은 편파(polarization)에 존재하는 TXRU의 개수를 의미하며, $M_{\text{TXRU}} \leq M$ 을 항상 만족한다. 즉, TXRU의 총 개수는

$M_TXRU \times N \times P$ 와 같다.

TXRU 가상화 모델은 안테나 요소와 TXRU와의 상관 관계에 따라 도 12(a)와 같이 TXRU 가상화(virtualization) 모델 옵션-1: 서브-배열 분할 모델(sub-array partition model)과 도 12(b)와 같이 TXRU 가상화 모델
5 옵션-2: 전역 연결(full-connection) 모델로 구분될 수 있다.

도 12(a)를 참조하면, 서브-배열 분할 모델(sub-array partition model)의 경우, 안테나 요소는 다중의 안테나 요소 그룹으로 분할되고, 각 TXRU는 그룹 중 하나와 연결된다.

도 12(b)를 참조하면, 전역 연결(full-connection) 모델의 경우,
10 다중의 TXRU의 신호가 결합되어 단일의 안테나 요소(또는 안테나 요소의 배열)에 전달된다.

도 12에서 q 는 하나의 열(column) 내 M 개의 같은 편파(co-polarized)를 가지는 안테나 요소들의 송신 신호 벡터이다. w 는 광대역 TXRU 가상화 가중치 벡터(wideband TXRU virtualization weight vector)이며,
15 W 는 광대역 TXRU 가상화 가중치 행렬(wideband TXRU virtualization weight matrix)이다. x 는 M_TXRU 개의 TXRU들의 신호 벡터이다.

여기서, 안테나 포트와 TXRU들과의 매핑은 일대일(1-to-1) 또는 일대다(1-to-many)일 수 있다.

도 12에서 TXRU와 안테나 요소 간의 매핑(TXRU-to-element
20 mapping)은 하나의 예시를 보여주는 것일 뿐이고, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며 하드웨어 관점에서 이 밖에 다양한 형태로 구현될 수 있는 TXRU와 안테나 요소 간의 매핑에도 본 발명이 동일하게 적용될 수 있다.

하이브리드 채널 상태 정보(Hybrid CSI) 송수신 방법

- Rel-13 CSI 프로세스 구성(CSI process configuration)

1. 도입

5 프리코딩되지 않은(non-precoded) CSI-RS 및 빔포밍된(beamformed) CSI-RS 기반 기법을 모두 지원하기 위한 CSI process는 다음과 같다.

CSI process는 K 개($K \geq 1$)의 CSI-RS 자원/구성과 관련된다. 이때, 전체 K 개의 CSI-RS 자원/구성 중 k 번째 CSI-RS 자원(resource)에 대한 CSI-RS 포트(port) 수는 N_k 이다.

10 클래스(class) A CSI 보고(즉, 프리코딩되지 않은(non-precoded) CSI-RS 기반 CSI 보고)의 경우, 하나의 CSI process 내 최대의 총 CSI-RS port의 수는 16이다.

class A CSI 보고의 경우, 다음과 같은 대안(alternative) 중 하나가 이용될 수 있다.

15 Alt. 1: $N_k = 12/16$ 인 CSI-RS resource/configuration이 미리 정의될 수 있다. 즉, CSI-RS configuration의 인덱스가 $K=1$ 인 CSI process를 위해 설정될 수 있다.

Alt. 2: 12/16 port CSI-RS는 2/4/8 port의 CSI-RS resource/configuration K 개($K > 1$)가 병합될 수 있다.

20 class A CSI 보고 및 class B CSI 보고(즉, 빔포밍된(beamformed) CSI-RS 기반 CSI 보고)에 있어서(CSI-IM이 지원되고 사용되는 경우), CSI process와 연관된 CSI-IM과 CSI resource/configuration에 대하여

다음과 같은 대안(alternative) 중 하나가 선택될 수 있다.

Alt. 1: 하나의 CSI process는 하나의 CSI-IM(하나의 CSI process 내 모든 CSI resource/configuration에 대하여 공통적인 간섭 측정 자원)와 관련된다.

5 Alt. 2: 하나의 CSI process는 다중의 CSI-IM과 연관될 수 있다.

RRC 시그널링은 서로 다른 CSI-IM resource configuration과 연관된 서로 다른 CSI resource/configuration을 지원한다.

2. Class A 관련 설정들

Class A CSI 보고는 UE가 {8, 12, 16} CSI-RS 포트에 기반한 코드북
10 $W=W_1W_2$ 에 따라 CSI를 보고하는 것을 암시(implicitly) 한다.

CSI resource/configuration의 RRC 설정을 위하여, 다음과 같은 대안 중 하나가 선택될 수 있다.

Alt. 1: $N_k = 12/16$ 인 CSI-RS resource/configuration이 미리 정의될 수 있다. 즉, CSI-RS configuration의 인덱스가 $K=1$ 인 CSI
15 process를 위해 설정될 수 있다.

Alt. 2: 12/16 port CSI-RS는 2/4/8 port의 CSI-RS resource/configuration K 개($K>1$)가 병합될 수 있다.

상기 Alt. 1은 적어도 하나의 새로운 CSI 참조 신호 구성(예를 들어, 16 포트 경우)이 추가되고, 미리 정의(즉, 규격에 고정)되는 것을 의미한다. 이
20 경우, Class A가 설정에서 지시될 때, 해당 CSI process configuration을 위해 $K=1$ 이 항상 적용된다. Alt.1은 UE 구현 케이스를 최소화하고, 향상(enhancement)이 기존의 규격에서 정의하는 테이블에 쉽게

통합(indorporate)될 수 있는 점에서 장점이 있다.

Alt.2는 $K(>1)$ CSI-RS 자원을 수반한 RRC 설정에서 Alt. 1에 비하여 보다 유연성을 허용한다. 여기서, 해당 class A CSI 보고를 수행하기 위하여 UE에 의해 측정될 이들 다중의 CSI-RS 자원은 병합(aggregation)된다.

5 Alt.2가 K CSI-RS 자원을 병합하는 네트워크 유연성에 장점이 있더라도, 특히 서브프레임 구성을 위한 설정 내에서 적절한 제한을 가지도록 고려되어야 한다.

제안 1: 위상 드리프트(phase drift)로 인한 현저한 성능 악화를 고려하여, CSI-RS 자원 내 어떠한 설정된 포트 간 최대 시간 차이는 0.28ms 보다 크지 않아야 한다.

10 제안 2: 상기 제안 1에서 주어진 제안을 만족시킨다는 가정 하에, Alt. 1 설정이 선택되는지 또는 Alt. 2 설정이 선택되는지 판단하도록 다양한 가능한 CSI-RS 패턴이 리스트 업(list up) 될 수 있다.

3. Class B 관련 설정들

class B CSI 보고는 아래와 같은 4가지의 대안(alternative) 중
15 하나를 가정하고, 각각 N_k 포트를 가지는 K 개의 빔포밍된 CSI-RS 자원들의 측정을 기반으로, UE가 L 포트 CSI를 보고한다는 것을 암시(imply)한다.

Alt. 1: 빔 선택을 위한 지시자와 선택된 빔에 대한 L 포트 CQI/PMI/RI. CSI 프로세스 내 모든 CSI-RS 자원에 걸쳐 전체 설정된 포트의 수는 L 보다 크다.

20 Alt. 2: 2개의 극성(polarization)에 공통적으로, 빔 선택(들)과 위상 일치(co-phasing)를 모두 반영하는 코드북으로부터의 L 포트 프리코더. CSI 프로세스 내 모든 설정된 포트의 수는 L 이다.

Alt. 3: 빔 선택 및 선택된 빔에 대한 L 포트 CSI를 반영한 코드북. CSI 프로세스 내 모든 CSI-RS 자원에 걸쳐 전체 설정된 포트의 수는 L 보다 크다.

Alt. 4: L 포트 CQI/PMI/RI. CSI 프로세스 내 전체 설정된 포트의 수는 L이다. (CSI 측정 제한(MR: measurement restriction)이 지원되면,
5 항상 설정됨)

특히 Alt. 1 및 Alt. 3에 있어서, UE가 Class B의 CSI 프로세스내 설정된 전체 K CSI-RS 자원에서 적어도 하나의 선호하는 빔포밍된 CSI-RS 자원을 선택하기 위하여 $K > 1$ 은 일반적으로 고려된다. 그러한 선택 피드백을 위해, Alt. 1은 빔 지시자(BI: beam indicator) 보고에 기반하고, 반면
10 Alt. 3는 선택 코드북 기반 보고에 기반한다. 릴리즈(Rel)-13은 제한된 시간 프레임으로 인하여 단일의 beamformed CSI-RS 자원 선택에 초점을 맞추기 때문에, 선택 피드백의 단순한 형태로서 Alt. 1이 선택될 수 있다. 반면, 다음 릴리즈에서는, 1 보다 큰 수직 랭크를 획득하기 위하여 하나 이상의 CSI-RS 자원을 선택하는 확장된 케이스를 연구하는 것이 바람직하며, 이러한 케이스에서,
15 Alt. 3 기반 선택 코드북 구조가 보다 적합할 수 있다.

새롭게 정의되는 CSI 프로세스의 RRC 설정 내 K의 최대 값에 대하여, 어떤 기법이 가장 좋은 성능을 보여주며, 또한 그러한 성능을 위한 K의 값이 무엇인지 연구하기 위하여 Class B 보고 기법을 고려하는 것이 바람직하다.

제안 3: 가장 좋은 성능을 보이는 Class B 기법(Alt. 1 (BI 피드백) 및
20 Alt. 4 (항상 MR 온)을 조합)에 기반하여, Rel-13에서 K의 최대 값은 16일 수 있다.

하나의 CSI 프로세스 내 최대 전체 CSI-RS 포트의 수에 대하여, Rel-13

내에서 고려된 TXRU의 전체 수와 동일한 64로 정의될 수 있다. 이 경우,

제안 1에 기반하여 하나의 CSI 프로세스 내 $K = 16$ 이 최대라면, 각 k CSI-RS 자원에 대한 N_k 는 4일 수 있다. 또 다른 예는 하나의 CSI 프로세스 내 $K = 8$ 이고, 각 k CSI-RS 자원에 대한 N_k 가 8일 수 있다. 어떠한 경우에
5 있어서, 단일의 CSI 프로세스 내 최대의 전체 CSI-RS 포트의 수는 64까지로 제한될 수 있다.

제안 4: 단일의 CSI 프로세스 내 최대 전체 CSI-RS 포트의 수는 Rel-13에서 고려되는 전체 TXRU의 수와 동일하게 64일 수 있다.

4. CSI-IM 관련 설정들

10 Alt. 1: 하나의 CSI 프로세스는 하나의 CSI-IM과 연관된다. (하나의 CSI 프로세스 내 전체 CSI 자원/구성에 걸친 공통된 간섭 측정 자원)

Alt. 4: 하나의 CSI 프로세스는 다중의 CSI-IM과 연관된다.

- RRC 시그널링은 서로 다른 CSI-IM 자원 구성과 연관되는 서로 다른 CSI 자원/구성을 지원한다.

15 이러한 이슈는 Class B에 대한 CSI 프로세스 구성이, 섹터 별로 개별적인 CSI-IM 자원이 UE에게 설정되기 위하여 각 가상의 섹터가 독립적으로 동작되는 것을 가정하는, 어떠한 가상의 섹터화 시나리오(virtual sectorization scenario)를 지원하기 위하여 이용될 수 있는지 여부와 관련된다. 더욱 구체적으로, k 번째(여기서, $k = 1, 2, \dots, K$) CSI-RS 자원과 연관된
20 독립된 CSI-IM 자원이 하나의 CSI 프로세스 구성 내 지원된다면, UE의 선호되는 CSI-RS 자원 선택 피드백은 동적인 가상의 섹터 선택 동작을 위해 효율적으로 이용될 수 있다. 더욱이, 각 CSI-RS가 서로 다른 전송 포인트(TP:

transmission point)로부터 전송되는 경우, 그러한 CSI 프로세스 구성은 또한 분산된 안테나 시나리오로서 CoMP 동작을 위해 이용될 수 있다. 정리하면, Class B 기반 CSI 프로세스 구성의 케이스를 제한하는 것은 바람직하지 않다.

제안 5: k 번째 (여기서, $k = 1, 2, \dots, K$) CSI-RS 자원과 연관된 독립적인 CSI-IM 자원 구성을 허용함으로써, 네트워크 구현에 의존하여 Class B에 대한 Rel-13 CSI 프로세스의 유연한 활용을 지원하는 것이 이득일 수 있다.

- 빔포밍된 (beamformed) CSI-RS 구성 (configuration)

1. 도입

CSI 보고는 PMI를 수반한다.

CSI process는 2개의 CSI 보고 class, A 또는 B로 설정될 수 있다.

Class A의 경우, UE는 {8, 12, 16} CSI-RS 포트에 기반하여 $W=W_1W_2$ 코드북에 따라 CSI를 보고한다.

Class B의 경우, UE는 아래와 같은 4가지의 대안 (alternative) 중 하나를 가정하여 L 포트 CSI를 보고한다.

Alt. 1: 빔 선택을 위한 지시자와 선택된 빔에 대한 L 포트 CQI/PMI/RI. CSI 프로세스 내 모든 CSI-RS 자원에 걸쳐 전체 설정된 포트의 수는 L 보다 크다.

Alt. 2: 2개의 극성 (polarization)에 공통적으로, 빔 선택 (들)과 위상 일치 (co-phasing)를 모두 반영하는 코드북으로부터의 L 포트 precoder. CSI 프로세스 내 모든 설정된 포트의 수는 L이다.

Alt. 3: 빔 선택 및 선택된 빔에 대한 L 포트 CSI를 반영한 코드북. CSI

프로세스 내 모든 CSI-RS 자원에 걸쳐 전체 설정된 포트의 수는 L 보다 크다.

Alt. 4: L 포트 CQI/PMI/RI. CSI 프로세스 내 전체 설정된 포트의 수는 L 이다. (CSI 측정 제한(MR: measurement restriction)이 지원되면, 항상 설정됨)

5 여기서, 빔 선택 (beam selection)은 단일의 CSI-RS 자원 내에서 안테나 포트의 서브셋의 선택 또는 자원의 세트로부터 CSI-RS 자원의 선택일 수 있다.

또한, 보고된 CSI는 Rel-12 L 포트 CSI의 확장에 해당할 수 있다.

10 상기 CSI 보고 class B의 대안 1, 2, 3 및 4에 있어서, $N_k \in \{1, 2, 4, 8\}$ 이다.

Alt. 1의 경우, UE는 $L = N_k$ 또는 $L (<= N_k)$ (설정되거나 고정될 수 있음) 중 하나를 가정하여 L 포트 CSI를 보고한다.

Alt. 2의 경우, UE는 L 포트 CSI를 보고한다. 이때, L 은 모든 k 에 대한
15 합(즉, $L = \sum(N_k)$)이거나 또는 K 는 항상 1(즉, $L = N_1$)일 수 있다.

Alt. 3의 경우, UE는 $L = N_k$ 또는 $L (<= N_k)$ (설정되거나 고정될 수 있음) 중 하나를 가정하여 L 포트 CSI를 보고한다.

Alt. 4의 경우, UE는 $L = N_k$ 를 가정하여 L 포트 CSI를 보고한다.

20 2. Class B CSI 보고를 위하여 제안된 머지 동작(merged operation)

상기 4가지 대안 중, Alt. 1 및 Alt. 3 모두 유사한 동작 목적을 가지고 있으며, 여기서 UE가 Class B에 대한 CSI process 내 설정된 전체 K CSI-

RS 자원 중에서 적어도 하나의 선회된 beamformed CSI-RS 자원을 선택하기
위하여 $K > 1$ 은 일반적으로 고려된다. 그러한 선택 피드백을 위해, Alt. 1은 빔
지시자(BI: beam indicator) 보고에 기반하고, 반면 Alt. 3는 선택 코드북
기반 보고에 기반한다. 릴리즈(Rel)-13은 제한된 시간 프레임으로 인하여
5 단일의 beamformed CSI-RS 자원 선택에 초점을 맞추기 때문에, 선택
피드백의 단순한 형태로서 Alt. 1이 선택될 수 있다. 반면, 다음 릴리즈에서는,
1 보다 큰 수직 랭크를 획득하기 위하여 하나 이상의 CSI-RS 자원을 선택하는
확장된 케이스를 연구하는 것이 바람직하며, 이러한 케이스에서, Alt. 3 기반
선택 코드북 구조가 보다 적합할 수 있다.

10 관찰(Observation) 1: Alt. 1과 Alt. 3 중에서, Rel-13은 단일의
beamformed CSI-RS 자원 선택에 초점을 맞추는 점을 고려하면, 선택
피드백의 단순한 형태로서 Alt. 1을 선택하는 것이 충분할 수 있다.

Alt. 2는 UE로부터 단기(short-term) W2 피드백만에 의존할 수
15 있으므로, Alt. 2는 Alt. 1 또는 Alt. 3과 상이한 동기(motivation)을
가진다. 여기서, W1 빔포밍 계수는 CSI process를 위해 항상 $K=1$ 인
beamformed CSI-RS 자원에 미리 적용된다고 해석될 수 있다.

그러한 beamforming 계수에 대하여, 서로 다른 빔 방향이 서로 다른
극성(polarization)을 가지는 2 포트 쌍 별로 미리 적용될 수 있다. 이에
20 따라, UE의 W2 피드백은 서로 다른 (polarization)에 위한 위상 일치(co-
phasing) 뿐만 아니라 빔 선택 정보로서 eNB 단에서 활용될 수 있다. 그러나,
성능 측면에서, Alt. 2의 이 기법은 Alt. 1 기반 기법에 대비하여 빔 계수

적응 주파수 (beam coefficients adaptation frequency) 내에서 더욱 민감할 수 있다. 이는 주로 W1 및 W2가 선택된 CSI-RS 자원 상에서 UE에 의해 보고될 수 있도록 Alt. 1이 CSI-RS 자원 선택에 기반한다는 사실에 기인한다. 반면, Alt. 2의 기법은 기존의 W1 컴포넌트가 UE의 CSI 피드백에 의해 수용될 수 없으므로 단지 UE에 의한 W2 피드백에 기반한다.

관찰 (Observation) 2: W1 피드백이 UE의 CSI 피드백에 제외되고, eNB 구현으로 대체되기 때문에, W2 피드백만을 수반한 Alt.2는 빔 계수 적응 주파수 (beam coefficients adaptation frequency) 내에서 Alt. 1 기반 기법과 대비하여 더욱 민감한 결과를 보여준다.

Alt. 4는 측정 제한 (MR: measurement restriction)이 항상-온 (always-on)인 것을 가정하여 L 포트 CSI 보고를 위한다. 여기서, CSI process 내 전체 설정된 포트의 수도 L이고, $K = 1$ 인 CSI-RS 자원이 CSI process 내 설정된 것을 의미한다. Alt. 4의 이 기법은 다중의 UE들 간의 CSI-RS 풀링 (pooling)에 의해 네트워크 CSI-RS 오버헤드를 현저하게 절약한다는 측면에서 beamformed CSI-RS 기반 동작을 위해 매우 효율적으로 활용될 수 있다. 더욱 구체적으로, Alt. 4 기반 CSI process는 UE에게 설정될 수 있고, UE의 CSI-RS 측정 시점 (measurement instance)은 eNB에 의해 예를 들어, L1 시그널링에 의해 제어될 수 있다. 이에 따라, UE의 CSI 피드백은 지시된 measurement instance에 기반하여 수행되고, 다른 CSI-RS 전송 instance들은 다른 UE의 CSI 피드백을 위해 재사용될 수 있다. 결과적으로, 현저하게 네트워크 오버헤드를 감소시킬 수 있다.

서로 다른 UE 특정한 beamforming 계수가 자유롭게 Alt. 4 기반 CSI-RS 자원에 적용될 수 있기 때문에, Alt. 4의 이 기법은 효율적인 beamformed CSI-RS 기반 동작을 지원하기 위하여 바람직할 수 있다.

관찰(Observation) 3: always-on MR을 수반한 Alt.4는 다중의 UE들 간의 CSI-RS 자원 pooling에 의해 네트워크 CSI-RS 오버헤드를 현저하게 절약하기 위하여 지원되는 것이 바람직하다.

상술한 관찰(observation)과 beamformed CSI-RS 기반 기법을 위한 분석에 기반하여, UE에 설정된 2개의 CSI 프로세스에 기반한 다음과 같은 동작이 고려될 수 있다.

10 i) Alt. 1에 기반한 Class B의 CSI process #1: $K(>1)$ CSI-RS 자원이 설정된다.

eNB는 주기적으로 K CSI-RS들을 전송한다. 전송 주기는 예를 들어, 50ms, 100ms 등과 같이 길 수 있다.

15 UE는 BI 뿐만 아니라 선택된 CSI-RS 자원 상에서 RI/PMI/CQI를 보고한다.

BI의 보고 주기는 CSI 보다 길 수 있다.

보고된 BI는 CSI process #2와 연관된 CSI-RS를 전송하기 위하여 활용될 수 있다.

20 ii) Alt.4에 기반한 Class B의 CSI process #2: $K=1$ CSI-RS 자원이 설정된다.

eNB는 UE에게 트리거된 단일의 측정 서브프레임에서 상기 보고된 BI를 이용함으로써, UE-specific beamforming 계수를 전송하는 CSI-RS에

적용한다.

UE는 지시된 단일의 측정 서브프레임에 기반한 RI/PMI/CQI를 보고한다.

이 동작에 따르면, 설정된 CSI-RS 자원은 다중의 UE들 간에 재사용될 수 있다. 여기서, 적용된 beamforming 계수는 각 CSI-RS 전송
5 시점(transmission instance)에서 eNB에 의해 자유롭게 선택될 수 있다.

제안 1: BI 피드백을 수반한 Alt. 1과 단일 서브프레임 측정 제한을 수반한 Alt. 4 간의 머지 동작(merged operation)이 Rel-13에서 지원된다.

- BI 피드백을 수반한 Class B의 CSI 보고

10 1. 도입

CSI 보고는 PMI를 수반한다.

CSI process는 2개의 CSI 보고 class, A 또는 B로 설정될 수 있다.

Class A의 경우, UE는 {8,12,16} CSI-RS 포트에 기반하여 $W=W_1W_2$
코드북에 따라 CSI를 보고한다.

15 Class B의 경우, UE는 아래와 같은 4가지의 대안(alternative) 중 하나를 가정하여 L 포트 CSI를 보고한다.

Alt. 1: 빔 선택을 위한 지시자와 선택된 빔에 대한 L 포트 CQI/PMI/RI.
CSI 프로세스 내 모든 CSI-RS 자원에 걸쳐 전체 설정된 포트의 수는 L 보다
크다.

20 Alt. 2: 2개의 극성(polarization)에 공통적으로, 빔 선택(들)과 위상 일치(co-phasing)를 모두 반영하는 코드북으로부터의 L 포트 precoder. CSI 프로세스 내 모든 설정된 포트의 수는 L이다.

Alt. 3: 빔 선택 및 선택된 빔에 대한 L 포트 CSI를 반영한 코드북. CSI 프로세스 내 모든 CSI-RS 자원에 걸쳐 전체 설정된 포트의 수는 L 보다 크다.

Alt. 4: L 포트 CQI/PMI/RI. CSI 프로세스 내 전체 설정된 포트의 수는 L이다. (CSI 측정 제한(MR: measurement restriction)이 지원되면,
5 항상 설정됨)

여기서, 빔 선택 (beam selection)은 단일의 CSI-RS 자원 내에서 안테나 포트의 서브셋의 선택 또는 자원의 세트로부터 CSI-RS 자원의 선택일 수 있다.

또한, 보고된 CSI는 Rel-12 L 포트 CSI의 확장에 해당할 수 있다.

10

상기 CSI 보고 class B의 대안 1, 2, 3 및 4에 있어서, $N_k \in \{1, 2, 4, 8\}$ 이다.

Alt. 1의 경우, UE는 $L = N_k$ 또는 $L (<= N_k)$ (설정되거나 고정될 수 있음) 중 하나를 가정하여 L 포트 CSI를 보고한다.

15

Alt. 2의 경우, UE는 L 포트 CSI를 보고한다. 이때, L은 모든 k에 대한 합(즉, $L = \sum(N_k)$)이거나 또는 K는 항상 1(즉, $L = N_1$)일 수 있다.

Alt. 3의 경우, UE는 $L = N_k$ 또는 $L (<= N_k)$ (설정되거나 고정될 수 있음) 중 하나를 가정하여 L 포트 CSI를 보고한다.

Alt. 4의 경우, UE는 $L = N_k$ 를 가정하여 L 포트 CSI를 보고한다.

20

2. 논의(Discussion)

i) Alt. 1에 기반한 Class B의 CSI process #1: $K(>1)$ CSI-RS

자원이 설정된다.

eNB는 주기적으로 K CSI-RS들을 전송한다. 전송 주기는 예를 들어, 50ms, 100ms 등과 같이 길 수 있다.

5 UE는 BI 뿐만 아니라 선택된 CSI-RS 자원 상에서 RI/PMI/CQI를 보고한다.

BI의 보고 주기는 CSI 보다 길 수 있다.

보고된 BI는 CSI process #2와 연관된 CSI-RS를 전송하기 위하여 활용될 수 있다.

10 ii) Alt.4에 기반한 Class B의 CSI process #2: $K=1$ CSI-RS 자원이 설정된다.

eNB는 UE에게 트리거된 단일의 측정 서브프레임에서 상기 보고된 BI를 이용함으로써, UE-specific beamforming 계수를 전송하는 CSI-RS에 적용한다.

UE는 지시된 단일의 측정 서브프레임에 기반한 RI/PMI/CQI를 보고한다.

15 이 동작에 따르면, 설정된 CSI-RS 자원은 다중의 UE들 간에 재사용될 수 있다. 여기서, 적용된 beamforming 계수는 각 CSI-RS 전송 시점(transmission instance)에서 eNB에 의해 자유롭게 선택될 수 있다.

20 상술한 효율적인 동작이 활용될 것을 감안하면, CSI process #1을 위해 설정될 수 있는 CSI-RS 자원의 수가 최대로 요구될 수 있다. K 의 최대 값을 결정하기 위한 평가에 있어서, 안테나 구성 (8, 2, 2, 32)가 고려된다. 수직 도메인을 위한 1x, 2x 및 4x 오버샘플링(oversampling)이 적용되고, 이에

따라 $K = 8, 16$ 및 32 가 각각 평가에 고려된다. 단순히, $N_k = 4$ 가 모든 $k (=1, 2, \dots, K)$ 에 각각 동일하고, 따라서 CSI process #1 내 전체 CSI-RS 포트의 수는 $N_k \cdot K$ 이다. ZP-CSI-RS 오버헤드 또한 고려하면, CSI process #1을 위한 전체 CSI-RS 오버헤드는 $3 \cdot N_k \cdot K$ (3 셀 재사용 인자를 고려할 때)이다. CSI process #1을 위한 CSI-RS는 BI 피드백 주기와 동일한 주기로 전송된다고 가정되며, 아래 표 7에서는 50ms , 100ms 또는 200ms 주기로 평가되었다.

CSI process #2에 있어서, CSI-RS 오버헤드가 사이트(site) (3 셀로 구성) 내 모든 활성 UE로부터 보고되는 별도의 BI(Y로 표기됨)의 수에 따라 적용되고, 이에 따라 사이트 별 ZP-CSI-RS(들)을 포함하는 전체 CSI-RS 오버헤드는 $N_k \cdot Y$ 이다. 예를 들어, 4개의 활성 UE가 존재하고, 이 중에 하나의 UE는 $BI = 1$ 을 보고하고, 나머지 3개의 UE는 동일하게 $BI = 3$ 을 보고한 경우, 보고된 별도의 BI의 수는 $Y = 2$ 이고, 이에 따라 CSI process #2를 위한 전체 CSI-RS 오버헤드는 $N_k \cdot 2$ 이다.

아래 표 6은 사이트 별 NZP 및 ZP CSI-RS(들)을 위한 RE(들)의 수와 CSI process #1 및 #2를 위한 시뮬레이션에서 사용된 평균 CSI-RS 오버헤드(RE(들)/RB/서브프레임 단위로)를 요약한다. 광대역 BI 보고가 고려되고, 또 다른 시뮬레이션 가정은 아래 표 9에서 설명된다.

표 6은 $N_k = 4$ 인 시뮬레이션을 위한 CSI-RS 오버헤드 가정들을 예시한다.

【표 6】

	CSI 프로세스 #1	CSI 프로세스 #2
--	-------------	-------------

NZP 및 ZP CSI-RS들을 위한 RE들의 수	$3 \cdot N_k \cdot K$	$N_k \cdot Y$
평균 CSI-RS 오버헤드 (REs/RB/서브프레임)	$0.24 \cdot K$ (50ms 주기 경우) $0.12 \cdot K$ (100ms 주기 경우) $0.06 \cdot K$ (200ms 주기 경우)	$0.8 \cdot Y$

표 7은 3D-UMi (Urban Micro) 시나리오에서 $K = 8, 16$ 또는 32 CSI-RS 자원에 대한 넌-풀(non-full) 버퍼(buffer) 시뮬레이션 결과를 예시한다.

【표 7】

	평균 UE 수율 (bps/Hz)	평균 UE 수율 이득	5% UE 수율 (bps/Hz)	5% UE 수율 이득	50% UE 수율 (bps/Hz)	자원 활용	FTP 로드, λ (UEs/s/sector)
8 빔들	3.880	-	1.476	-	4.211	0.16	1.5
16 빔들	3.871	100%	1.504	102%	4.167	0.15	
32 빔들	3.780	97%	1.418	96%	4.000	0.16	
8 빔들	2.955	-	0.762	-	2.685	0.34	2.5
16 빔들	2.964	100%	0.786	103%	2.731	0.34	
32 빔들	2.829	96%	0.731	96%	2.564	0.35	
8 빔들	2.173	-	0.324	-	1.717	0.59	3.5
16 빔들	2.204	101%	0.351	108%	1.770	0.57	
32 빔들	2.053	95%	0.308	95%	1.606	0.60	

표 6에서 볼 수 있듯이, 16 수직 빔의 경우는 8 및 32 수직 빔의 경우에 비하여 특히, 5% UE의 경우에서 약간 더 양호한 성능을 보여준다. 8 빔에 비하여 16 빔의 경우, 수직 빔의 증가로 인한 수율 증가(throughput increment)가 해당 CSI-RS 오버헤드 증가 보다 더 우세하게 평가된다. 32 빔에 비하여 16 빔의 경우, 수직 빔의 증가로 인한 수율 증가(throughput increment)가 상당히 미미(marginal)하므로, 이러한 경향(tendency)는 역으로 보여진다. 그러므로, 16 빔은 beamformed CSI-RS 기반 동작을 위한 수율 이득(throughput gain)을 달성하기에 충분하다고 고려될 수 있다.

제안 1: beamformed CSI-RS 기반 동작을 위한 최대 수율

이득(throughput gain)의 관찰을 기반으로 K의 최대 값은 16일 수 있다.

UE의 수직 빔 선택 결과는 Alt. 1에서와 같이 BI 피드백을 통해 보고될 수 있다. 서로 다른 BI 피드백 주기에 따른 평가 결과는 아래와 같이 주어진다.

- 5 CSI 프로세스 구성과 CSI-RS 오버헤드는 상술한 평가와 동일한 방법으로 가정된다. BI 주기는 50/ 100/ 200ms가 사용되고, 앞서 표 6으로부터 8 및 32 빔 케이스 이상으로 가장 높은 성능을 고려하여 16 수직 빔이 다음과 같은 평가를 위해 사용된다.

- 표 8은 3D-UMi(Urban Micro) 시나리오에서 50 / 100 / 200ms BI
10 주기에 대한 넌-풀(non-full) 버퍼(buffer) 시뮬레이션 결과를 예시한다.

【표 8】

	평균 UE 수율 (bps/H z)	평균 UE 수율 이득	5% UE 수율 (bps/H z)	5% UE 수율 이득	50% UE 수율 (bps/H z)	자원 활용	FTP 로드, λ (UEs/s /secto r)
50ms BI 주기	3.871	-	1.504	-	4.167	0.15	1.5
100ms BI 주기	3.868	100%	1.509	99%	4.124	0.16	
200ms BI 주기	4.050	100%	1.509	104%	4.348	0.15	
50ms BI 주기	2.964	-	0.786	-	2.731	0.34	2.5
100ms BI 주기	2.982	102%	0.803	100%	2.740	0.34	
200ms BI 주기	3.035	102%	0.802	100%	2.740	0.34	
50ms BI 주기	2.204	-	0.351	-	1.770	0.57	3.5
100ms BI 주기	2.223	103%	0.359	103%	1.818	0.57	
200ms BI 주기	2.251	106%	0.371	100%	1.778	0.56	

BI 피드백 주기가 증가함에 따라, 전체적인 수율(throughput)은 현저하게 변화되지 않는다. 이는 낮은 CSI-RS 오버헤드로 얻어진 수율 이득(throughput gains)이 증가되는 BI 주기에 의해 야기되는 수율 악화(throughput degradation)를 보상할 수 있기 때문이다. 다시 말해, 더

5 긴 BI 피드백은 수율(throughput)에 많은 영향을 주지 않으며, 네트워크와 UE의 복잡도를 고려하면, 이처럼 긴 (예를 들어, 100ms) BI 피드백의 주기가 바람직할 수 있다.

제안 2: 긴 BI 피드백 주기(예를 들어, 100, 200ms)가 고려되는 시스템 내에서 전체적으로 CSI-RS 오버헤드의 미미한(marginal) 증가를 수반하며,

10 beamformed CSI-RS 기반 동작을 위해 충분하다고 관찰된다.

표 9는 시뮬레이션 파라미터와 가정을 나타낸다.

【표 9】

시나리오	2GHz 내 ISD = 200m 인 3D-UMi
BS 안테나 구성	안테나 요소 구성: $8 \times 2 \times 2$ (+/-45), 0.5λ 수평 / 0.8λ 수직 안테나 간격(spacing)
MS 안테나 구성	2 Rx X-pol (0/+90)
시스템 대역폭	10MHz (50RBs)
UE 접속(attachment)	CRS 0 포트로부터 RSRP 기반 (수식)
듀플렉스(Duplex)	FDD
네트워크 동기화	동기화된
UE 분포	TR36.873 따름
UE 속도	3km/h
극성 안테나 모델링	TR36.873의 모델-2
UE 배열 방향(array orientation)	$\Omega_{UT,\alpha}$ [0,360] 각도에서 균일하게 분포, $\Omega_{UT,\beta} = 90$ 도, $\Omega_{UT,\gamma} = 0$ 도
UE 안테나 패턴	등방성 안테나 이득 패턴 $A'(\theta', \phi') = 1$
트래픽 모델	패킷 크기가 0.5 Mbytes인 FTP 모델 1 (낮음 ~20% RU, 중간 ~50% RU, 높음 ~70%RU) [3]
스케줄러	주파수 선택적 스케줄링 (TTI 별 다중 UE들 허용)
수신기	비-이상적인 채널 추정 및 간섭 모델링, 구체적인

	가이드라인은 Rel-12 [71-12] 가정을 따름
	LMMSE-IRC 수신기, 구체적인 가이드라인은 Rel-12 [71-12] 가정을 따름
CSI-RS, CRS	CSI-RS 포트는 동일 편파(co-polarized) 안테나 요소의 하나의 열에 해당하는 모든 TXRU들에 매핑되고, CRS 포트 0은 +45도 편파의 첫 번째 열에 연관되고, CRS 포트 0은 첫 번째 TXRU에 매핑된다.
하이브리드 ARQ	최대 4회 전송
피드백	PUSCH 3-2
	5ms 별로 트리거되는 CQI, PMI 및 RI 보고
	피드백 지연은 5 ms
	수평 PMI 피드백을 위한 Rel-8 4Tx 코드북
오버헤드	DL CCHs를 위한 3 심볼, 2 CRS 포트 및 PRB 당 12 RE들에 매핑되는 DM-RS. CSI-RS 오버헤드는 상술함
전송 기법	TM10, 2 CSI 프로세스, 랭크 적응을 수반한 동적인 SU/MU-MIMO (no CoMP)
래핑(Wrapping) 방법	지리적 거리(Geographical distance) 기반
핸드오버 마진(margin)	3 dB
매트릭스(Metrics)	평균 UE 수율, 5% UE 수율, 50% UE 수율

이하, 본 발명에서는 예를 들어, 진보된 빔포밍(EBF: enhanced beamforming), 전-차원 MIMO(FD-MIMO: Full-Dimension MIMO), 매시브 MIMO(massive MIMO) 등으로 지칭될 수 있는 다중 안테나 MIMO 시스템을

5 지원하기 위하여, 단일의 CSI 프로세스에 대하여 하이브리드(hybrid) CSI를 송수신하는 방법 및 이러한 CSI 보고를 설정하는 방법을 제안한다.

Class B 타입의 CSI 프로세스 보고에 대하여 다음과 같이 논의되고 있다.

- CSI를 위한 안테나 포트의 수 L 은 예를 들어, 2, 4 또는 8일 수 있다.

10 즉, 상술한 바와 같이, Class B 타입은 복수의 CSI-RS 자원(즉, 복수의 빔(beam))이 설정될 수 있으며, 이때, 각 CSI-RS 자원에 대한 CSI-RS 안테나 포트의 수는 2, 4 또는 8일 수 있다.

그리고, 다음과 같은 4가지의 대안(alternative) (또는 그 일부)이 정의되고, 정의된 대안 중 하나가 이용될 수 있다.

- Class B Alt. 1:

i) 빔 선택 지시자(BI: Beam selection indicator) (또는 CSI-RS
5 자원 지시자(CRI: CSI-RS resource indicator))가 정의될 수 있다. 이 때,
BI(또는 CRI)는 RSRP(Reference Signal Received Power) 또는 CSI
기반으로 정해질 수 있다. 또한, BI(또는 CRI)는 광대역에 걸쳐 정해지거나
서브밴드 단위로 정해질 수 있다. 또한, BI(또는 CRI)는 단기(short-term)로
정해지거나, 장기(long-term)로 정해질 수 있다.

10 ii) BI 비트너비(bitwidth)는 K(전체 빔(또는 CSI-RS 자원)의 개수)와
관련될 수 있다.

iii) 2보다 큰 랭크(rank>2)를 위한 UE 특정 빔포밍(UE specific
beamforming)을 지원할 수 있다.

iv) PUCCH/PUSCH 상에서 상향링크 제어 정보(UCI: uplink control
15 information) 피드백 메커니즘에 따라 CSI가 보고될 수 있다.

- Class B Alt. 2:

i) 빔 선택(beam selection) 및 위상-일치(co-phasing)를 위한
코드북(예를 들어, 레가시 코드북(들) 또는 코드북
요소(들)(components)로부터 도출되거나 또는 새롭게 설계된)이 이용될 수
20 있다. 이때, 연관된 PMI도 함께 보고될 수 있다(예를 들어, 새롭게 설계된 또는
레가시 코드북 내 $w = w_2$ 임을 가정할 수 있음).

ii) PUCCH/PUSCH 상에서 UCI 피드백 메커니즘에 따라 CSI가 보고될 수

있다.

- Class B Alt. 3:

i) 빔 선택 (beam selection) 및 CSI를 위한 코드북이 이용될 수 있다.

이때, PMI는 선택된 빔 그리고 선택된 빔 내 L 포트를 위한 프리코딩 행렬에

5 대한 정보를 포함할 수 있다.

ii) PUCCH/PUSCH 상에서 UCI 피드백 메커니즘에 따라 CSI가 보고될 수

있다.

- Class B Alt. 4:

i) 측정 제한(MR: measurement restriction) 메커니즘이 이용될 수

10 있다.

한편, 측정 제한(MR)은 또한 상기 Alt. 1 내지 Alt. 3에도 적용될 수

있다.

비주기적인 (aperiodic) CSI-RS 전송 활용예 (use cases)를 포함하는

15 beamformed CSI-RS 기반 동작에 대하여 앞서 설명한 바와 같이, 빔

지시자 (BI) (또는 CRI) 타입의 새로운 CSI 보고가 필요하다.

Class B 동작의 기법은 다음과 같이 UE에게 2개의 CSI
프로세스 (process)가 설정될 때, 현저한 성능을 보여줄 수 있다.

i) Class B의 CSI process #1: 예를 들어, Alt. 1 기반 Class B의

20 CSI process가 설정되는 경우, $K(>1)$ CSI-RS 자원들이 설정될 수 있다.

- eNB는 주기적으로 K CSI-RS들을 전송할 수 있다. 이때, 전송 주기는

예를 들어, 50ms, 100ms 등과 같이 길 수 있다.

- UE는 BI(또는 CRI)를 보고할 수 있다. 또한, UE는 BI(또는 CRI) 뿐만 아니라 선택된 CSI-RS 상에서 측정된 RI/PMI/CQI를 보고할 수 있다.

- BI(또는 CRI) 보고 주기는 CSI 보다 길 수 있다.

- 보고된 BI(또는 CRI)는 CSI process #2와 연관된 CSI-RS를
5 전송하기 위하여 활용될 수 있다.

ii) Class B의 CSI process #2: 예를 들어, Alt. 4 기반 Class B의 CSI process가 설정되는 경우, K=1 CSI-RS 자원이 설정될 수 있다.

- eNB는 상술한 보고된 BI(또는 CRI)를 이용함으로써 CSI-RS를 전송할 때 UE-specific 빔포밍 계수(beamforming coefficients)를 적용할 수
10 있다. 이때, UE에게 트리거링되는(triggered) 단일 측정 서브프레임에서 CSI-RS가 전송될 수도 있다.

- UE는 수신된 CSI-RS를 기반으로 RI/PMI/CQI를 보고할 수 있다. 이때, UE는 단일 측정 서브프레임에 기반하여 RI/PMI/CQI를 보고할 수 있다.

- 위와 같이 단일 측정 서브프레임에 기반하여 RI/PMI/CQI를 보고하는
15 동작에 따르면, 설정된 CSI-RS 자원은 다중의 UE들 간에 재사용될 수 있다. 여기서, 적용되는 beamforming coefficients는 각 CSI-RS 전송 시점(transmission instance)에서 eNB에 의해 선택될 수 있다.

상술한 바와 같이 2개의 CSI process configuration이 각각 UE에
20 설정될 수도 있으나, 단일의 CSI process configuration 내 2개의 프로세스가 결합되는 것이 바람직할 수도 있다.

이처럼, 단일의 CSI process configuration 내 2개(혹은 그 이상)의

CSI 보고를 위한 프로세스가 결합되는 것을 'hybrid CSI'라고 지칭할 수 있다. 즉, hybrid CSI는 단일의 CSI process 내 2개(혹은 그 이상)의 CSI-RS configuration을 포함하는 CSI 보고 타입을 의미한다.

이때 각각의 CSI-RS configuration의 타입은 Class A 및 Class B 중 어느 하나로 설정될 수 있다. 예를 들어, 해당 CSI-RS configuration에 대하여 RRC 파라미터 'eMIMO-Type'이 'non-precoded'로 셋팅되면 Class A의 CSI-RS configuration에 해당하고, 'eMIMO-Type'이 'beamformed'로 셋팅되면 Class B의 CSI-RS configuration에 해당할 수 있다.

이하, 본 발명의 설명에 있어서, 설명의 편의를 위해 단일의 CSI process 내 2개의 CSI-RS configuration(제1 CSI-RS configuration 및 제2 CSI-RS configuration)을 포함하고, 각각 CSI-RS configuration의 타입은 Class B로 셋팅된 경우를 위주로 설명하나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

보다 구체적으로 살펴보면, 결합된 CSI process(즉, hybrid CSI)는 $K+1$ 개의 CSI-RS 자원들을 가질 수 있으며, 여기서, UE의 CSI 피드백은 하나의 '특정 CSI-RS 자원(a particular CSI-RS resource)'에 기반하고, BI(또는 CRI) 피드백은 나머지 K 개의 CSI-RS 자원들에 기반할 수 있다. 다시 말해, 제1 CSI-RS configuration(즉, 제1 eMIMO-type)은 $K (> 1)$ 개의 CSI-RS 자원을 가지는 Class B CSI-RS configuration에 해당하고, 제2 CSI-RS configuration(즉, 제2 eMIMO-type)은 1 개의 CSI-RS 자원을 가지는 Class B CSI-RS configuration에 해당할 수 있다.

이때, 특정 CSI-RS 자원(a particular CSI-RS resource)은 상기 K+1 개의 CSI-RS 자원 중에서 최하위 또는 최상위 인덱스가 부여된 CSI-RS 자원으로 고정적으로 정의되거나, 혹은 UE에게 설정될 수 있다.

또는, 상기 K+1개의 CSI-RS 자원 중에 상위 계층 시그널링(예를 들어, RRC 시그널링)을 통해 지시되는 특정 CSI-RS 자원(들)은 상술한 목적(예를 들어, UE들 간의 CSI-RS 자원 풀링(pooling), 비주기적인(aperiodic) CSI-RS 전송 활용예(use case) 등)으로 설정될 수 있다.

보다 구체적인 일례로서, 총 $K+1 = 5$ 개의 CSI-RS들이 상기 하나의 CSI process 안에 설정되는 경우(즉, hybrid beamformed CSI-RS 전송 목적 등), 이 중 CSI-RS 1은 5ms 주기로 설정되고 (aperiodic pooling으로 사용자들 간에 공유되어 운용되는 형태로서 항상 측정 제한이 활성화(MR-on)이 설정될 수 있음, 예를 들어, '1회 측정(one-shot) MR'(1개의 서브프레임 또는 사전에 설정된 짧은 윈도우(window) 구간에서만 NZP CSI-RS 자원을 기반으로 채널 측정을 도출하거나 또는 CSI-IM 자원을 기반으로 간접 측정을 도출)), 그리고 나머지 CSI-RS 2~5는 모두 50ms 주기로 설정되고 각각 다른 셀 특정 빔포밍된 CSI-RS(cell-specific BFed CSI-RS)로서 주기적으로 전송되는 경우를 고려할 수 있다.

이러한 설정 상황(즉, hybrid CSI가 설정된 상황)에서, eNB으로부터 UL DCI 포맷에 의해 비주기적 CSI(A-CSI: aperiodic CSI) 보고가 트리거(trigger)되면, UE는 다음 옵션들 중에 적어도 하나의 방식을 따라 A-CSI 보고를 수행할 수 있다.

- 옵션 1: UE는 BI(또는 CRI) 및 CSI를 모두 한 번에(예를 들어,

하나의 서브프레임 내 함께) eNB에게 보고할 수 있다. 다시 말해, 제1 CSI-RS configuration(즉, 제1 eMIMO-type)에 대한 CSI 및 제2 CSI-RS configuration(즉, 제2 eMIMO-type)에 대한 CSI를 모두 한 번에 eNB에 보고할 수 있다.

5 이때, 위의 예시를 가정하면, BI(또는 CRI) 계산 시 상기 4개의 CSI-RS 자원들 간에 대해서만 비교함으로써 선호되는(preferred) BI(또는 CRI)를 계산해서 보고할 수 있으며, CSI 계산 시 예를 들어, 최하위 인덱스(lowest index)가 부여된 CSI-RS 1에 대해서만 계산해서 CSI를 보고할 수 있다.

10 이는 특징적으로, 이 경우의 BI(또는 CRI) 피드백의 의미는 추후의 A-CSI 보고를 위해 현재 시점에서 선호되는 BI(또는 CRI)를 미리 미래를 위해 보고하는 것이고, CSI report는 현재 적용되고 있는 해당 BFed(beamformed) CSI-RS1에 대해서 보고하는 것이라는 분리된 개념의 두 가지 보고를 현재 시점에서 함께 합쳐서 보고한다는 특징이 있다.

15 즉, UE에 설정된 hybrid CSI에 포함된 제1 CSI-RS configuration(즉, 제1 eMIMO-type) 및 제2 CSI-RS configuration(즉, 제2 eMIMO-type) 간에 CSI(예를 들어, CQI, PMI, RI) 계산을 위해 상호 종속(interdependence)이 존재하지 않게 된다.

20 다시 말해, 제2 CSI-RS configuration(즉, 제2 eMIMO-type)에 대한 CSI(예를 들어, CQI, PMI, RI)는 제1 CSI-RS configuration(즉, 제1 eMIMO-type) (또는 BI(또는 CRI)에 의해 지시된 CSI-RS 자원)과 독립적으로 도출된다.

- 옵션 2: 또 다른 방법으로는, 상기 A-CSI 트리거링에 대한 A-CSI 보고

시에는 UE는 오직 CSI(예를 들어, RI, PMI, CQI 등)만 보고하도록 정의되거나, UE에게 설정될 수 있다.

즉, BI 피드백은 주기적 보고에 의해서 수행되는 등 다른 보고 형태로 preferred BI(또는 CRI)가 보고될 수 있으며, 이와 같은 A-CSI 보고에
5 있어서는 현재 적용되고 있던 해당 BFed(beamformed) CSI-RS에 대해서만 CSI 보고를 비주기적으로 트리거링하는 것으로 UE에게 인식되고, UE 동작이 수행될 수 있다.

- 옵션 3: 또는 반대로, 상기 A-CSI 트리거링에 대한 A-CSI 보고 시에는 UE는 오직 상기 BI(또는 CRI)만 보고하도록 정의되거나 UE에게 설정될 수도
10 있다.

앞서 설명한 방식들 간의 혼합 형태로서, 상기 A-CSI 트리거링 시에 UE가 위 옵션들 중에 어떤 옵션에 따라 A-CSI 보고를 수행하도록 할 것인지 A-CSI 트리거링 시에 동적 지시(dynamic indication)(예를 들어, 제1 계층(PHY) 제어 시그널링(즉, PDCCH)를 이용) 해주는 방식도 적용될 수 있다.

15 예를 들어, 앞서 설명한 옵션 2 및 3과 같이, A-CSI 보고가 트리거링되면, UE는 제1 CSI-RS configuration(즉, 제1 eMIMO-type) 및 제2 CSI-RS configuration(즉, 제2 eMIMO-type) 중 어느 하나에 대한 CSI(즉, 해당 CSI-RS configuration에 사전에 연동된 BI/CRI, RI, PMI, CQI 등의 특정 CSI 콘텐츠(contents) 중에서 적어도 하나)만을 eNB에 보고할 수 있다. 이때,
20 eNB는 A-CSI 보고를 트리거링 하기 위한 DCI에 1 비트 지시자를 포함시켜, UE가 1 CSI-RS configuration(즉, 제1 eMIMO-type) 및 제2 CSI-RS configuration(즉, 제2 eMIMO-type) 중 어느 것에 대한 CSI(즉, 해당

CSI-RS configuration에 사전에 연동된 BI/CRI, RI, PMI, CQI 등의 특정 CSI 컨텐츠(contents) 중에서 적어도 하나)를 eNB에 보고를 해야 하는지 지시할 수 있다.

또는, 상위 계층 신호(예를 들어, RRC 시그널링)로 UE가 위 옵션들 중에
5 어떤 옵션에 따라 A-CSI 보고를 수행하도록 할 것인지 설정될 수 있다.

또한, 이러한 설정 상황(즉, hybrid CSI가 설정된 상황)에서 주기적 CSI(P-CSI: periodic CSI) 보고의 경우, BI(또는 CRI) 보고 시점(report instance)에 대해서는 UE는 상기 CSI-RS2~5에 대해서 preferred BI(또는
10 CRI)를 산출하여 보고하고, 그 밖의 CSI report instance에 대해서는 항상 상기 특정 MR을 적용한 형태로 상기 CSI-RS1에 대해서 CSI 측정을 수행하여 보고할 수 있다.

이때, MR이 단일 서브프레임 MR이 아닌 특정 구간을 가지는 측정 윈도우(measurement window)가 설정된 경우라면, 특별히 상기 preferred
15 BI가 다른 값으로 보고(즉, 이전에 보고된 BI(또는 CRI)와 상이한 값이 보고)된 시점부터(또는 그 이후 $m(=0$ 또는 4 등) 서브프레임 이후부터) UE가 measurement window를 초기화하도록 하는 등의 동작이 함께 적용될 수 있다.

즉, BI가 변경되었으므로, 측정 평균(measurement averaging)을 초기화하여
기지국이 새롭게 적용할 빔포밍 계수(beamforming
20 coefficients)가 CSI-RS1에 반영되어 전송된 시점부터 새로운 measurement window를 적용하도록 하기 위함이다.

이하, hybrid CSI를 UE에게 설정하는 방법에 대하여 살펴보면, eNB는 상위 계층 시그널링(예를 들어, RRC 시그널링)을 통해 UE에게 hybrid CSI를 설정할 수 있다.

CSI process는 RRC 정보 요소(IE: information element)인 'CSI-
5 Process'로 UE에게 설정될 수 있으며, CSI-Process는 네트워크가 서빙 주파수 상에서 설정할 수 있는 CSI process 설정이다. 'CSI-Process' IE는 RRC 파라미터인 'csi-RS-ConfigNZPId'를 포함하며, 'csi-RS-ConfigNZPId'는 CSI process와 동일한 주파수에 설정된 NZP CSI-RS configuration을 나타낸다. 즉, 1개의 NZP CSI-RS configuration이
10 UE에게 디폴트(default)로 설정된다.

그리고, Rel-13 UE의 경우, RRC 파라미터인 eMIMO-type이 추가로 설정되고, 상술한 바와 같이, eMIMO-type은 각각 'CLASS A' and 'CLASS B'에 해당하는 'nonPrecoded' 및 'beamformed' 값을 지시한다. 그리고, eMIMO-type 값에 따라 'CLASS A'에 해당하는 CSI-RS configuration(즉,
15 'CSI-RS-ConfigNonPrecoded' 필드) 또는 'CLASS B'에 해당하는 CSI-RS configuration(즉, 'CSI-RS-ConfigBeamformed' 필드)이 UE에게 설정된다.

예를 들어, hybrid CSI는 'CSI-Process' 내 포함된 eMIMO-type에 의해 지시될 수 있다. 이 경우, hybrid CSI 설정 내 다음과 같이 2개의 CSI-
20 RS configuration이 포함될 수 있다.

i) 앞서 설명한 바와 같이, K (> 1) 개의 CSI-RS 자원을 가지는 Class B CSI-RS configuration(즉, 제1 CSI-RS configuration 또는 제1

eMIMO-type)과 1 개의 CSI-RS 자원을 가지는 Class B CSI-RS configuration(즉, 제2 CSI-RS configuration 또는 제2 eMIMO-type)이 hybrid CSI로서 UE에게 설정되는 경우, 각각의 CSI-RS configuration을 특정하기 위한 'CSI-RS-ConfigBeamformed' 필드가 2개 UE에게 설정될 수
5 있다.

이 경우, 제1 CSI-RS configuration(즉, 제1 eMIMO-type)을 특정하기 위한 'CSI-RS-ConfigBeamformed'는 NZP CSI-RS configuration을 (1 ~ 7)개 (즉, K-1 개) 포함하고(이미 1개의 NZP CSI-RS configuration이 UE에게 디폴트(default)로 설정되므로), 제2 CSI-RS
10 configuration(즉, 제2 eMIMO-type)을 특정하기 위한 'CSI-RS-ConfigBeamformed'는 NZP CSI-RS configuration을 1개 포함할 수 있다.

또는, 제1 CSI-RS configuration(즉, 제1 eMIMO-type)을 특정하기 위한 'CSI-RS-ConfigBeamformed'는 NZP CSI-RS configuration을 (1 ~ 8)개 (즉, K 개) 포함하여 이와 같이 설정된 K개의 NZP CSI-RS들에 대해서
15 BI 또는 CRI를 계산하도록 정의되고, 제2 CSI-RS configuration(즉, 제2 eMIMO-type)을 특정하기 위한 'CSI-RS-ConfigBeamformed'는 NZP CSI-RS configuration을 포함하지 않을 수 있다(이미 1개의 NZP CSI-RS configuration이 UE에게 디폴트(default)로 설정되므로 이를 적용하도록 정의될 수 있음). 이 외에도 상기 목적을 가진 변형된 형태의 설정 방법들이
20 존재할 수 있다.

이때, 각 CSI-RS configuration을 특정하기 위한 각각의 'CSI-RS-ConfigBeamformed'에 채널 측정 제한(MR)의 활성화/비활성(ON/OFF)을

지시하는 RRC 파라미터('channelMeasRestriction')가 제1 CSI-RS configuration(즉, 제1 eMIMO-type)과 제2 CSI-RS configuration(즉, 제2 eMIMO-type)에 각각 독립적으로 설정될 수 있다. 이는 제1 CSI-RS configuration에 상대적으로 장기(long-term) 및/또는 광대역(wideband) PMI(즉, 채널 방향성(channel direction)) 정보를 보고하도록 하기
5 위함이고, 제2 CSI-RS configuration는 상대적으로 단기(short-term) 및/또는 협대역(narrowband) CSI를 보고하도록 하기 위함이므로, 그 측정/보고의 대상 및 목적이 상이하다. 따라서, 채널 MR ON/OFF 기능을 각기 독립적으로 설정할 수 있도록 하는 것이 다양한 환경에 맞춘 유연한
10 동작(flexible operation)이 가능하게 한다는 장점이 있다. 예를 들어, 제1 CSI-RS configuration은 장기(long-term)이므로 단말에서 측정 평균(measurement averaging)을 하는 것이 성능을 저해할 수 있다고 판단되거나 혹은 beamformed CSI-RS resource 공유(sharing) 목적 등으로 MR-ON을 설정하고, 반면, 제2 CSI-RS configuration은 레거시 동작과
15 유사하게 MR-OFF를 설정하는 등으로 설정에 차이를 가질 수 있다. 또한, 제1 CSI-RS configuration에 대해서도 MR-OFF를 설정함으로써 상대적으로 장기(long-term)라고 하더라도 측정 평균(measurement averaging)을 통한 잡음 억제 이득(noise suppression gain)을 기대할 수 있으며, 제2 CSI-RS configuration에 MR-ON을 설정함으로써 단기(short-term) 레벨에서
20 beamformed CSI-RS resource 공유 효과를 얻도록 할 수 있다.

또는, 채널 측정 제한(MR)의 활성화/비활성(ON/OFF)을 지시하는 RRC 파라미터('channelMeasRestriction')가 제1 CSI-RS configuration(즉,

제1 eMIMO-type)과 제2 CSI-RS configuration(즉, 제2 eMIMO-type)가 함께 설정되는 특정 CSI process 내 공통적으로 설정될 수도 있다. 이에 따라, 서로 연관된 목적이 있는 제1 CSI-RS configuration과 제2 CSI-RS configuration에 대한 채널 측정 시에 공통적인 MR ON/OFF를 적용하여 CSI
5 도출(derivation)을 수행하도록 제한이 부여될 수 있다. 이로 인하여, 상기 하나의 통합 CSI process 내에서의 CSI 계산 과정 과정에 있어서 단말 동작 및 복잡도를 단순화 해준다는 장점이 있다. 즉, MR ON으로 설정되면 해당 CSI process에 대해서 모든 채널 측정 시 항상 단일 서브프레임에 대한 측정 샘플에 대하여만 측정하는 동작이 적용되도록 하고, MR OFF가 설정되면 특정 무빙
10 평균(moving averaging) 및 가중 평균(weighted averaging) 등의 단일 동작 프로세스가 일관되게 적용되도록, 단말 구현을 보다 간단하도록 지원할 수 있다. 예를 들어, beamformed CSI-RS resource들을 전송하는 해당 기지국의 구현이 해당 셀 내의 다른 단말들과 함께 beamformed CSI-RS resource 공유를 운용하고 있느냐의 여부에 따라, 상기 hybrid용 CSI
15 process내에 전체적으로 MR-ON 또는 MR-OFF를 선택적으로 설정할 수 있도록 함으로써 불필요한 시그널링의 복잡도를 제거하고 구현의 용이성을 지원하는 장점이 있다.

ii) 또는, 제1 CSI-RS configuration를 특정하기 위한 'CSI-RS-ConfigBeamformed'는 NZP CSI-RS configuration을 (1 ~ 8)개 (즉, K개)
20 포함할 수 있으며(이 중 특정 1개는 제2 CSI-RS configuration으로 적용될 것임이 하기 설명 방법 중 하나를 따라 사전에 정의되거나 설정됨), 앞서 설명한 바와 같이 이 중 어느 하나(예를 들어, 최하위 인덱스 1 또는 최상위 인덱스

8이 부여된 NZP CSI-RS configuration, 또는 상기 디폴트(default) 설정된 NZP CSI-RS configuration)가 제2 CSI-RS configuration에 해당한다고 미리 정의되거나 UE에게 설정될 수 있다.

이 경우, 채널 측정 제한(MR)의 활성화/비활성(ON/OFF)을 지시하는 RRC
5 파라미터('channelMeasRestriction')가 제1 CSI-RS configuration(즉, 제1 eMIMO-type)과 제2 CSI-RS configuration(즉, 제2 eMIMO-type)가 항상 공통적으로 설정될 수 있다.

iii) 또는, 제2 CSI-RS configuration은 항상 상기 디폴트로 UE에게 설정되는 NZP CSI-RS configuration가 동일하다고 정의될 수 있다. 그리고,
10 제1 CSI-RS configuration를 특정하기 위한 'CSI-RS-ConfigBeamformed'는 NZP CSI-RS configuration을 (1 ~ 8)개 (즉, K 개) 포함할 수도 있다.

이상에서 언급된 파라미터 K의 범위는 예시일 뿐, 더 큰 범위를 갖는 K 값이 지원될 수도 있음은 자명하다.

15

이와 같이, 'hybrid CSI'가 설정됨으로써, UE가 CoMP 동작을 함께 서비스 받을 때, UE를 서비스하는 최대 TP의 개수를 제한하지 않도록 하나의 CSI process가 하나의 전송 포인트(TP: transmission point)를 위해 사용되도록 하기 위해 hybrid CSI가 더욱 효과적일 수 있다.

20

또한, hybrid CSI가 UE에게 설정됨으로써, UE에게 2개의 CSI process가 개별적으로 설정되는 것에 대비하여 상향링크 시그널링 오버헤드를 줄일 수 있는 효과가 있다.

예를 들어, UE에게 2개의 CSI process가 개별적으로 설정되고, 모두 Class B 타입의 CSI 보고로 설정되는 경우를 가정한다. 일례로, 제1 CSI process의 CSI-RS 자원은 상대적으로 장기(long-term)으로 설정되고, 제2 CSI process의 CSI-RS 자원은 상대적으로 단기(short-term)으로 설정될 수 있다. 이 경우, 기존의 CSI 보고 방식을 따르면 UE는 제1 CSI process에 대하여 BI(또는 CRI) 뿐만 아니라 BI(또는 CRI)에서 지시되는 CSI-RS 자원에 대한 RI/PMI/CQI를 eNB에게 보고하고, 또한 마찬가지로 제2 CSI process에 대하여 설정된 K=1개의 CSI-RS 자원에 대한 RI/PMI/CQI를 eNB에게 보고하게 된다. 즉, 이 경우 UE는 설정된 각 CSI process 별로 BI(또는 CRI), 그리고/또는 RI/PMI/CQI를 모두 eNB에게 보고하게 된다.

반면, hybrid CSI가 UE에게 설정된 경우, 앞서 설명한 예에 따르면, 제1 CSI 보고 타입(즉, 제1 eMIMO-type)은 $K > 1$ 개의 CSI-RS 자원에 기반하는 Class B CSI 보고이므로, BI(또는 CRI)만이 보고되고(즉, CQI/PMI/RI 없이), 제2 CSI 보고 타입(즉, 제2 eMIMO-type)은 $K = 1$ 개의 CSI-RS 자원에 기반하는 Class B CSI 보고이므로, CQI/PMI/RI만이 보고될 수 있다(즉, BI(또는 CRI) 없이). 따라서, 기존의 CSI 보고 방식을 따라 UE에게 2개의 CSI process가 설정된 것과 비교하여 상향링크 시그널링 오버헤드를 줄일 수 있는 효과가 있다.

또한, hybrid CSI가 UE에게 설정됨으로써, UE에게 더 많은 수의 CSI process가 설정될 수 있는 효과가 있다.

예를 들어, 캐리어 병합(CA: Carrier Aggregation)이 적용되는 경우, 하나의 컴포넌트 캐리어(CC: Component Carrier)에 대하여 UE에게 설정

가능한 CSI process의 최대 개수(예를 들어, 1, 3, 4)가 제한되어 있으며,
또한 전체 CC에 대하여 UE에게 설정 가능한 CSI process의 최대 개수(예를
들어, 20)가 제한되어 있다. 따라서, hybrid CSI를 UE에게 설정하는 경우,
기존의 CSI 보고 방식을 따라 UE에게 2개의 CSI process가 설정하는 경우에
5 비하여 해당 UE에게 그 외 추가로 더 많은 수의 CSI process가 설정될 수
있다.

한편, 앞서 설명하였던, 상기 2개의 CSI process를 활용하는 방법이란,
위 BI 및 CSI report 동작이 두 개 CSI process로 개별적으로 분리될 수
10 있다는 것을 의미한다.

이 경우, 단말은 CSI process #1에 대해서도 BI(또는 CRI) 뿐만 아니라
CSI를 함께 eNB에게 보고할 수 있다. 이때, reported CSI는 상기
장기(long-term) 4개의 CSI-RS 2~5 중 보고된 BI(또는 CRI)에 해당하는
CSI-RS 자원에 대해서 계산된 CSI가 보고되도록 한다.

15 즉, 이와 같이 보고된 CSI 중 CQI 값을 통해, 현재 단기(short-term)
BFed(beamformed) CSI-RS1에 대한 보고된 CQI와 비교함으로써, 상기
새로이 보고되는 BI(또는 CRI)를 적용하여 빔 변경(beam change)를 가했을
때 어느 정도 CQI 향상이 기대되는지를 eNB에서 미리 파악하는 용도로 활용될
수 있다.

20 또는, eNB 구현에 따라, 이와 같이 BI(또는 CRI)와 함께 함께 올라오는
CSI는 eNB에서 무시하고, 오직 BI 정보만을 활용할 수도 있다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 채널 상태 정보 송수신 방법을 예시하는 도면이다.

도 13을 참조하면, UE는 eNB으로부터 제1 CSI-RS 구성 및 제2 CSI-RS 구성을 포함하는 단일의 CSI 프로세스에 대한 설정 정보를 수신한다(S1301).

5 즉, 제1 CSI-RS 구성 및 제2 CSI-RS 구성을 포함하는 단일의 CSI 프로세스는 상술한 hybrid CSI 보고 타입이 설정된 CSI 프로세스에 해당할 수 있다.

예를 들어, 제1 CSI-RS 구성은 빔포밍된 (beamformed) CSI-RS 타입(즉, Class B)의 1보다 큰 K개의 CSI-RS 자원과 연관된 CSI-RS 구성이고, 제2
10 CSI-RS 구성은 빔포밍된 (beamformed) CSI-RS 타입(즉, Class B)의 1개의 CSI-RS 자원과 연관된 CSI-RS 구성일 수 있다.

제1 CSI-RS 구성과 연관된 K개의 CSI-RS 자원과 제2 CSI-RS 구성과 연관된 1개의 CSI-RS 자원은 상호 독립적으로 설정될 수 있다.

또는, 제1 CSI-RS 구성과 연관된 K개의 CSI-RS 자원 중에서 제2 CSI-RS 구성과 연관된 1개의 CSI-RS 자원이 설정될 수도 있다. 상술한 바와 같이,
15 예를 들어, 제1 CSI-RS 구성과 연관된 K개의 CSI-RS 자원 중에서 최하위 또는 최상위 인덱스가 부여된 CSI-RS 자원으로 제2 CSI-RS 구성과 연관된 1개의 CSI-RS 자원이 정해질 수 있다.

또한, 상기 제1 CSI-RS 구성과 상기 제2 CSI-RS 구성에 별개로 측정
20 제한(measurement restriction)이 적용되거나, 또는 상기 제1 CSI-RS 구성과 상기 제2 CSI-RS 구성에 공통적으로(통합적으로) 측정 제한(measurement restriction)이 적용될 수도 있다.

UE는 제1 CSI-RS 구성에 기반하여 도출된 지시자(즉, BI 또는 CRI)를 eNB에게 보고한다(S1302).

UE는 제2 CSI-RS 구성에 기반하여 도출된 CQI/PMI/RI를 eNB에게 보고한다(S1303).

5 여기서, UE는 제2 CSI-RS 구성에 기반하여 CQI, PMI, RI 중 하나 이상을 도출하고, 도출된 CQI, PMI, RI 중 하나 이상을 eNB에게 보고할 수 있다.

또한, 상기 CQI/PMI/RI는 상기 제1 CSI-RS 구성과 독립적으로 계산될 수 있다. 즉, 상기 CQI/PMI/RI를 계산함에 있어서, 상기 제1 CSI-RS 구성과
10 상기 제2 CSI-RS 구성 간에 상호종속(interdependence)가 존재하지 않을 수 있다.

상술한 바와 같이, 만약 비주기적 CSI 보고가 트리거(trigger)되면, 제1 CSI-RS 구성에 기반하여 도출된 지시자(즉, BI 또는 CRI)와 제2 CSI-RS 구성에 기반하여 도출된 CQI/PMI/RI가 함께 기지국에게 보고될 수 있다. 즉,
15 이 경우 S1302 단계와 S1303 단계 함께 수행될 수 있다.

또는, 만약 비주기적 CSI 보고가 트리거(trigger)되면, 제1 CSI-RS 구성에 기반하여 도출된 지시자(즉, BI 또는 CRI)와 제2 CSI-RS 구성에 기반하여 도출된 CQI/PMI/RI 중 어느 하나만이 기지국에게 보고될 수 있다. 이 경우, eNB는 1 비트 지시자 등을 이용함으로써 제1 CSI-RS 구성에 기반하여
20 도출된 지시자(즉, BI 또는 CRI)와 제2 CSI-RS 구성에 기반하여 도출된 CQI/PMI/RI 중 어느 것이 보고되어야 하는지 UE에게 지시할 수 있다.

상술한 바와 같이, 만약 주기적 CSI 보고의 경우, 제1 CSI-RS 구성에

기반하여 도출된 지시자(즉, BI 또는 CRI)는 지시자 보고 시점에서 보고되고, 상기 지시자 보고 시점 이외의 CSI 보고 시점에서 제2 CSI-RS 구성에 기반하여 도출된 CQI/PMI/RI가 보고될 수 있다.

프리코딩 행렬 지시자(PMI: Precoding Matrix Indicator) 정의

전송 모드(Transmission Mode) 4, 5 및 6의 경우, 프리코딩 피드백은 채널 종속적인 코드북 기반 프리코딩을 위해 사용되고, PMI를 보고하는 UE(들)에 의존한다. 전송 모드 8의 경우, UE는 PMI를 보고한다. 전송 모드 9 및 10의 경우, PMI/RI 보고가 설정되고 CSI-RS 포트가 1 보다 크면 UE는 PMI를 보고한다. UE는 피드백 모드에 기반하여 PMI를 보고한다. 다른 전송 모드의 경우, PMI 보고는 지원되지 않는다.

2개의 안테나 포트의 경우, 다음과 같이, 각 PMI 값은 아래 표 10에서 주어진 코드북 인덱스에 해당한다.

- 2개의 안테나 포트가 $\{0, 1\}$ 또는 $\{15, 16\}$ 이고, 연관된 RI 값이 1인 경우, PMI 값($n \in \{0, 1, 2, 3\}$)은 $v=1$ 에 대하여 아래 표 10에서 주어지는 코드북 인덱스 n 에 해당한다.

- 2개의 안테나 포트가 $\{0, 1\}$ 또는 $\{15, 16\}$ 이고, 연관된 RI 값이 2인 경우, PMI 값($n \in \{0, 1\}$)은 $v=2$ 에 대하여 아래 표 10에서 주어지는 코드북 인덱스 $n+1$ 에 해당한다.

표 10은 안테나 포트 $\{0, 1\}$ 상에서 전송을 위한, 또한 안테나 포트 $\{0, 1\}$ 또는 $\{15, 16\}$ 기반 CSI 보고를 위한 코드북을 예시한다.

【표 10】

코드북 인덱스	레이어의 개수 (ν)	
	1	2
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$	-

4개의 안테나 포트가 $\{0, 1, 2, 3\}$ 또는 $\{15, 16, 17, 18\}$ 인 경우, 다음과 같이, 각 PMI 값은 아래 표 11에서 주어진 코드북 인덱스에 해당하거나, 아래 표 12 내지 표 15에서 주어진 코드북 인덱스들의 쌍(pair)에 해당한다.

5 - 상위 계층 파라미터 'alternativeCodeBookEnabledFor4TX-r12'가 'TRUE'로 설정되는 경우를 제외하고, PMI 값($n \in \{0, 1, \dots, 15\}$)은 연관된 RI 값과 동일한 ν 에 대하여 아래 표 11에서 주어진 코드북 인덱스 n 에 해당한다.

10 - 만약, 상위 계층 파라미터 'alternativeCodeBookEnabledFor4TX-r12'가 'TRUE'로 설정되면, 각 PMI 값은 아래 표 12 내지 표 15에서 주어진 코드북 인덱스들의 쌍에 해당한다. 표 12 및 표 13에서 φ_n , φ'_n 및 v'_m 는 아래 수학적 식 14와 같다.

【수학적 식 14】

$$\varphi_n = e^{j\pi n/2}$$

$$\varphi'_n = e^{j2\pi n/32}$$

$$v'_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/32} \end{bmatrix}^T$$

15 제1 PMI 값 ($i_1 \in \{0, 1, \dots, f(\nu)-1\}$) 및 제2 PMI 값 ($i_2 \in \{0, 1, \dots, g(\nu)-1\}$)은 각각 연관된 RI 값과 동일한 ν 에 대하여 표 j에서 주어진 코드북 인덱스 i_1 및 i_2 에 해당한다. 여기서, $\nu = \{1, 2, 3, 4\}$, $f(\nu) = \{16, 16, 1, 1\}$ 및 $g(\nu) = \{16, 16, 16, 16\}$ 일

때 각각 j 는 12, 13, 14, 15에 해당한다.

표 14 및 표 15에서 $W_n^{(s)}$ 는 수식 $W_n = I - 2u_n u_n^H / u_n^H u_n$ 으로부터 세트 $\{s\}$ 에 의해 주어진 열들(columns)에 의해 정의되는 행렬을 나타낸다. 여기서, I 는 4×4 단위 행렬이고, 벡터 u_n 는 표 11에서 정해진다. 그리고, $n = i_2$ 이다.

5 표 11은 안테나 포트 $\{0, 1, 2, 3\}$ 상에서 전송을 위한, 또한 안테나 포트 $\{0, 1, 2, 3\}$ 또는 $\{15, 16, 17, 18\}$ 기반 CSI 보고를 위한 코드북을 예시한다.

【표 11】

코드북 인덱스	u_n	레이어의 개수(v)			
		1	2	3	4
0	$u_0 = [1 \ -1 \ -1 \ -1]^T$	$W_0^{(1)}$	$W_0^{(14)} / \sqrt{2}$	$W_0^{(124)} / \sqrt{3}$	$W_0^{(1234)} / 2$
1	$u_1 = [1 \ -j \ 1 \ j]^T$	$W_1^{(1)}$	$W_1^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_1^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_1^{(1234)} / 2$
2	$u_2 = [1 \ 1 \ -1 \ 1]^T$	$W_2^{(1)}$	$W_2^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_2^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_2^{(3214)} / 2$
3	$u_3 = [1 \ j \ 1 \ -j]^T$	$W_3^{(1)}$	$W_3^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_3^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_3^{(3214)} / 2$
4	$u_4 = [1 \ (-1-j)/\sqrt{2} \ -j \ (1-j)/\sqrt{2}]^T$	$W_4^{(1)}$	$W_4^{(14)} / \sqrt{2}$	$W_4^{(124)} / \sqrt{3}$	$W_4^{(1234)} / 2$
5	$u_5 = [1 \ (1-j)/\sqrt{2} \ j \ (-1-j)/\sqrt{2}]^T$	$W_5^{(1)}$	$W_5^{(14)} / \sqrt{2}$	$W_5^{(124)} / \sqrt{3}$	$W_5^{(1234)} / 2$
6	$u_6 = [1 \ (1+j)/\sqrt{2} \ -j \ (-1+j)/\sqrt{2}]^T$	$W_6^{(1)}$	$W_6^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_6^{(134)} / \sqrt{3}$	$W_6^{(1324)} / 2$
7	$u_7 = [1 \ (-1+j)/\sqrt{2} \ j \ (1+j)/\sqrt{2}]^T$	$W_7^{(1)}$	$W_7^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_7^{(134)} / \sqrt{3}$	$W_7^{(1324)} / 2$
8	$u_8 = [1 \ -1 \ 1 \ 1]^T$	$W_8^{(1)}$	$W_8^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_8^{(124)} / \sqrt{3}$	$W_8^{(1234)} / 2$
9	$u_9 = [1 \ -j \ -1 \ -j]^T$	$W_9^{(1)}$	$W_9^{(14)} / \sqrt{2}$	$W_9^{(134)} / \sqrt{3}$	$W_9^{(1234)} / 2$
10	$u_{10} = [1 \ 1 \ 1 \ -1]^T$	$W_{10}^{(1)}$	$W_{10}^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_{10}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{10}^{(1324)} / 2$
11	$u_{11} = [1 \ j \ -1 \ j]^T$	$W_{11}^{(1)}$	$W_{11}^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_{11}^{(134)} / \sqrt{3}$	$W_{11}^{(1324)} / 2$
12	$u_{12} = [1 \ -1 \ -1 \ 1]^T$	$W_{12}^{(1)}$	$W_{12}^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_{12}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{12}^{(1234)} / 2$
13	$u_{13} = [1 \ -1 \ 1 \ -1]^T$	$W_{13}^{(1)}$	$W_{13}^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_{13}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{13}^{(1324)} / 2$
14	$u_{14} = [1 \ 1 \ -1 \ -1]^T$	$W_{14}^{(1)}$	$W_{14}^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_{14}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{14}^{(3214)} / 2$
15	$u_{15} = [1 \ 1 \ 1 \ 1]^T$	$W_{15}^{(1)}$	$W_{15}^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_{15}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{15}^{(1234)} / 2$

표 12는 안테나 포트 0 ~ 3 또는 15 ~ 18을 이용한 1-레이어 CSI 보고를 위한 코드북을 예시한다

【표 12】

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7

0 - 15	$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,8}^{(1)}$	$W_{i_1,16}^{(1)}$	$W_{i_1,24}^{(1)}$	$W_{i_1+8,2}^{(1)}$	$W_{i_1+8,10}^{(1)}$	$W_{i_1+8,18}^{(1)}$	$W_{i_1+8,26}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0 - 15	$W_{i_1+16,4}^{(1)}$	$W_{i_1+16,12}^{(1)}$	$W_{i_1+16,20}^{(1)}$	$W_{i_1+16,28}^{(1)}$	$W_{i_1+24,6}^{(1)}$	$W_{i_1+24,14}^{(1)}$	$W_{i_1+24,22}^{(1)}$	$W_{i_1+24,30}^{(1)}$
$W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} v'_m \\ \varphi'_n v'_m \end{bmatrix}$								

표 13은 안테나 포트 0 ~ 3 또는 15 ~ 18을 이용한 2-레이어 CSI 보고를 위한 코드북을 예시한다

【표 13】

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 15	$W_{i_1,i_1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,1}^{(2)}$	$W_{i_1+8,i_1+8,0}^{(2)}$	$W_{i_1+8,i_1+8,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 15	$W_{i_1+16,i_1+16,0}^{(2)}$	$W_{i_1+16,i_1+16,1}^{(2)}$	$W_{i_1+24,i_1+24,0}^{(2)}$	$W_{i_1+24,i_1+24,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0 - 15	$W_{i_1,i_1+8,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+8,1}^{(2)}$	$W_{i_1+8,i_1+16,0}^{(2)}$	$W_{i_1+8,i_1+16,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0 - 15	$W_{i_1,i_1+24,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+24,1}^{(2)}$	$W_{i_1+8,i_1+24,0}^{(2)}$	$W_{i_1+8,i_1+24,1}^{(2)}$
$W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{bmatrix} v'_m & v'_{m'} \\ \varphi_n v'_m & -\varphi_n v'_{m'} \end{bmatrix}$				

표 14는 안테나 포트 15 ~ 18을 이용한 3-레이어 CSI 보고를 위한

5 코드북을 예시한다.

【표 14】

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	$W_0^{(124)}/\sqrt{3}$	$W_1^{(123)}/\sqrt{3}$	$W_2^{(123)}/\sqrt{3}$	$W_3^{(123)}/\sqrt{3}$	$W_4^{(124)}/\sqrt{3}$	$W_5^{(124)}/\sqrt{3}$	$W_6^{(134)}/\sqrt{3}$	$W_7^{(134)}/\sqrt{3}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0	$W_8^{(124)}/\sqrt{3}$	$W_9^{(134)}/\sqrt{3}$	$W_{10}^{(123)}/\sqrt{3}$	$W_{11}^{(134)}/\sqrt{3}$	$W_{12}^{(123)}/\sqrt{3}$	$W_{13}^{(123)}/\sqrt{3}$	$W_{14}^{(123)}/\sqrt{3}$	$W_{15}^{(123)}/\sqrt{3}$

표 15는 안테나 포트 15 ~ 18을 이용한 4-레이어 CSI 보고를 위한 코드북을 예시한다.

【표 15】

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	$W_0^{\{1234\}}/2$	$W_1^{\{1234\}}/2$	$W_2^{\{3214\}}/2$	$W_3^{\{3214\}}/2$	$W_4^{\{1234\}}/2$	$W_5^{\{1234\}}/2$	$W_6^{\{1324\}}/2$	$W_7^{\{1324\}}/2$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0	$W_8^{\{1234\}}/2$	$W_9^{\{1234\}}/2$	$W_{10}^{\{1324\}}/2$	$W_{11}^{\{1324\}}/2$	$W_{12}^{\{1234\}}/2$	$W_{13}^{\{1324\}}/2$	$W_{14}^{\{3214\}}/2$	$W_{15}^{\{1234\}}/2$

8 안테나 포트의 경우, 각 PMI 값은 아래 표 16 내지 표 23에서 주어진 코드북 인덱스들의 쌍에 해당한다. 여기서, φ_n 및 v_m 는 아래 수학적 식 15와 같다.

【수학적 식 15】

$$\varphi_n = e^{j\pi n/2}$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/32} & e^{j4\pi m/32} & e^{j6\pi m/32} \end{bmatrix}^T$$

8 안테나 포트 {15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22}의 경우, 제1 PMI 값($i_1 \in \{0, 1, \dots, f(v)-1\}$) 및 제2 PMI 값($i_2 \in \{0, 1, \dots, g(v)-1\}$)은 각각 연관된 RI 값과 동일한 v 에 대하여 표 j에서 주어진 코드북 인덱스 i_1 및 i_2 에 해당한다. 여기서, $j=v$ 이고, $f(v)=\{16, 16, 4, 4, 4, 4, 1\}$ 이며, $g(v)=\{16, 16, 16, 8, 1, 1, 1\}$ 이다.

표 16은 안테나 포트 15 ~ 22를 이용한 1-레이어 CSI 보고를 위한 코드북을 예시한다.

【표 16】

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0 - 15	$W_{2i_1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+1,3}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0 - 15	$W_{2i_1+2,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+2,3}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,0}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,1}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,2}^{(1)}$	$W_{2i_1+3,3}^{(1)}$

$$W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n v_m \end{bmatrix}$$

표 17은 안테나 포트 15 ~ 22를 이용한 2-레이어 CSI 보고를 위한 코드북을 예시한다.

【표 17】

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 15	$W_{2i_1, 2i_1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 15	$W_{2i_1+2, 2i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+2, 2i_1+2, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+3, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+3, 2i_1+3, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0 - 15	$W_{2i_1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+2, 1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0 - 15	$W_{2i_1, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1+3, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+3, 1}^{(2)}$
$W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n v_m & -\varphi_n v_{m'} \end{bmatrix}$				

표 18은 안테나 포트 15 ~ 22를 이용한 3-레이어 CSI 보고를 위한

5 코드북을 예시한다.

【표 18】

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 3	$W_{8i_1, 8i_1, 8i_1+8}^{(3)}$	$W_{8i_1+8, 8i_1, 8i_1+8}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1, 8i_1+8, 8i_1+8}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+8, 8i_1, 8i_1}^{(3)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 3	$W_{8i_1+2, 8i_1+2, 8i_1+10}^{(3)}$	$W_{8i_1+10, 8i_1+2, 8i_1+10}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+2, 8i_1+10, 8i_1+10}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+10, 8i_1+2, 8i_1+2}^{(3)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0 - 3	$W_{8i_1+4, 8i_1+4, 8i_1+12}^{(3)}$	$W_{8i_1+12, 8i_1+4, 8i_1+12}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+4, 8i_1+12, 8i_1+12}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+12, 8i_1+4, 8i_1+4}^{(3)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0 - 3	$W_{8i_1+6, 8i_1+6, 8i_1+14}^{(3)}$	$W_{8i_1+14, 8i_1+6, 8i_1+14}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+6, 8i_1+14, 8i_1+14}^{(3)}$	$\tilde{W}_{8i_1+14, 8i_1+6, 8i_1+6}^{(3)}$

$$W_{m,m',m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{24}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ v_m & -v_{m'} & -v_{m''} \end{bmatrix}, \quad \tilde{W}_{m,m',m''}^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{24}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ v_m & v_{m'} & -v_{m''} \end{bmatrix}$$

표 19는 안테나 포트 15 ~ 22를 이용한 4-레이어 CSI 보고를 위한 코드북을 예시한다.

【표 19】

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 3	$W_{8i_1+8,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+8,1}^{(4)}$	$W_{8i_1+2,8i_1+10,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+2,8i_1+10,1}^{(4)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 3	$W_{8i_1+4,8i_1+12,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+4,8i_1+12,1}^{(4)}$	$W_{8i_1+6,8i_1+14,0}^{(4)}$	$W_{8i_1+6,8i_1+14,1}^{(4)}$
$W_{m,m',n}^{(4)} = \frac{1}{\sqrt{32}} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_m & v_{m'} \\ \varphi_n v_m & \varphi_n v_{m'} & -\varphi_n v_m & -\varphi_n v_{m'} \end{bmatrix}$				

표 20은 안테나 포트 15 ~ 22를 이용한 5-레이어 CSI 보고를 위한

5 코드북을 예시한다.

【표 20】

i_1	i_2				
	0				
0 - 3	$W_{i_1}^{(5)} = \frac{1}{\sqrt{40}} \begin{bmatrix} v_{2i_1} & v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} \\ v_{2i_1} & -v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & -v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} \end{bmatrix}$				

표 21은 안테나 포트 15 ~ 22를 이용한 6-레이어 CSI 보고를 위한

코드북을 예시한다.

【표 21】

i_1	i_2					
	0					
0 - 3	$W_{i_1}^{(6)} = \frac{1}{\sqrt{48}} \begin{bmatrix} v_{2i_1} & v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+16} \\ v_{2i_1} & -v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & -v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & -v_{2i_1+16} \end{bmatrix}$					

표 22는 안테나 포트 15 ~ 22를 이용한 7-레이어 CSI 보고를 위한

코드북을 예시한다.

【표 22】

i_1	i_2
-------	-------

		0						
0	- 3	$W_{i_1}^{(7)} = \frac{1}{\sqrt{56}} \begin{bmatrix} v_{2i_1} & v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+24} \\ v_{2i_1} & -v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & -v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & -v_{2i_1+16} & v_{2i_1+24} \end{bmatrix}$						

표 23은 안테나 포트 15 내지 22를 이용한 8-레이어 CSI 보고를 위한 코드북을 예시한다.

【표 23】

i_1	i_2						
	0						
0	$W_{i_1}^{(8)} = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} v_{2i_1} & v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+24} & v_{2i_1+24} \\ v_{2i_1} & -v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & -v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & -v_{2i_1+16} & v_{2i_1+24} & -v_{2i_1+24} \end{bmatrix}$						

5 LTE-A에서는 피드백 채널의 정확도를 높이기 위하여 8 Tx(transmitter) 코드북의 프리코딩 행렬 지시자(PMI)를 장기(long term) 및/또는 광대역(wideband) 프리코더인 w_1 과 단기(short term) 및/또는 서브-밴드(sub-band) 프리코더인 w_2 둘로 나누어 설계한다.

두 채널 정보로부터 하나의 최종 PMI를 구성하는 수학적식은 아래 수학적
10 16과 같이, w_1 과 w_2 의 곱으로 표현된다.

【수학적식 16】

$$W = \text{norm}(W_1 W_2)$$

수학적식 16에서 W 은 w_1 과 w_2 로부터 생성된 프리코더이며, UE는 이 정보를 기지국으로 피드백 한다. 여기서, w_1 은 채널의 장기(long-term)
15 성격을 나타내고 광대역(wideband) 단위로 피드백된다. w_2 는 채널의 단기(short-term) 성격을 나타내고 서브밴드(subband) 단위로 피드백 되며, 주로 선택(selection)과 위상 일치(co-phasing)(교차 편파 안테나의 경우)의 역할을 수행하게 된다.

$norm(A)$ 은 행렬 A 의 각 열(column) 별 놈(norm)이 1로 정규화(normalization)된 행렬을 의미한다.

LTE에 정의된 8Tx 코드북에서 w_1 과 w_2 의 구체적인 구조는 아래 수학적식 17과 같다.

【수학적식 17】

$$W_1(i_1) = \begin{bmatrix} X_{i_1} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & X_{i_1} \end{bmatrix}, \text{ where } X_{i_1} \text{ is } N_t/2 \text{ by } M \text{ matrix.}$$

$$W_2(i_2) = \begin{bmatrix} \overbrace{\mathbf{e}_M^k \quad \mathbf{e}_M^l \quad \mathbf{e}_M^m}^{r \text{ columns}} \\ \alpha_{i_2} \mathbf{e}_M^k \quad \beta_{i_2} \mathbf{e}_M^l \quad \gamma_{i_2} \mathbf{e}_M^m \end{bmatrix} \text{ (if rank} = r \text{), where } 1 \leq k, l, m \leq M \text{ and } k, l, m \text{ are integer.}$$

여기서 i_1, i_2 는 0 이상의 정수로서, 각각 w_1 과 w_2 의 인덱스를 나타낸다. 그리고, N_t 는 송신 안테나의 개수를 나타내고, M 은 행렬 X_{i_1} 의 열의 개수로서, 행렬 X_{i_1} 에는 총 M 개의 후보 열벡터가 있음을 나타낸다.

$\mathbf{e}_M^k, \mathbf{e}_M^l, \mathbf{e}_M^m$ 은 M 개의 원소 중 각각 k 번째, 1번째, m 번째 원소의 값만이 1이고, 나머지 값들은 0인 길이가 M 인 선택 벡터(selection vector)를 나타낸다.

$\alpha_{i_2}, \beta_{i_2}, \gamma_{i_2}$ 는 모드 단위 놈(unit norm)을 가지는 복소 값으로서, 각각 행렬 X_{i_1} 의 k 번째, 1번째, m 번째의 열벡터를 선택할 때, 선택된 열벡터에 위상 회전(phase rotation)을 적용함을 나타낸다.

위와 같은 코드워드(codeword) 구조는 교차 편파 안테나(cross polarized antenna)를 사용하고 안테나 간 간격이 조밀한 경우(예를 들어, 인접 안테나 간 거리가 신호 파장의 반 이하인 경우), 발생하는 채널의 상관(correlation) 특성을 반영하여 설계한 구조이다.

교차 편파 안테나의 경우 안테나를 수평 안테나 그룹(horizontal

antenna group)과 수직(vertical antenna group)으로 구분 할 수 있는데, 각 안테나 그룹은 균등 선형 배열(ULA: uniform linear array) 안테나의 특성을 가지며, 두 안테나 그룹은 동일한 위치(co-located)에 위치될 수 있다. 따라서 각 그룹의 안테나 간 상관(correlation)은 동일한 선형 위상 증가(LPI: linear phase increment) 특성을 가지며, 안테나 그룹 간 상관(correlation)은 위상 회전(phase rotation)된 특성을 갖는다.

코드북은 채널을 양자화(quantization)한 값이기 때문에 소스(source)에 해당하는 채널의 특성을 그대로 반영하여 코드북을 설계하는 것이 필요하다.

설명의 편의를 위해 상기 구조로 만든 랭크(rank) 1 코드워드를 예로 들면 이러한 채널 특성이 수학적 식 18을 만족하는 코드워드에 반영되었음을 확인할 수 있다.

【수학적 식 18】

$$\mathbf{W}_1(i_1) * \mathbf{W}_2(i_2) = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_{i_1}(k) \\ \alpha_{i_2} \mathbf{X}_{i_1}(k) \end{bmatrix}$$

수학적 식 18에서 코드워드(codeword)는 N_t (Tx 안테나 수) x 1의 벡터로 표현되고, 상위 벡터 $\mathbf{X}_{i_1}(k)$ 와 하위 벡터 $\alpha_{i_2} \mathbf{X}_{i_1}(k)$ 둘로 구조화 되어있으며, 각각은 수평 안테나 그룹과 수직 안테나 그룹의 상관(correlation) 특성을 보여준다. $\mathbf{X}_{i_1}(k)$ 는 각 안테나 그룹의 안테나 간 상관(correlation) 특성을 반영하여 선형 위상 증가(LPI)를 가지는 벡터로 표현하는 것이 유리하며, 대표적인 예로 DFT 행렬이 이용될 수 있다.

Class B의 CSI-RS configuration

앞서 설명한 Class B Alt.2 형태로, $K=1$ 일 때의 Class B 기반 CSI process가 정의될 수 있다.

- Class B Alt-2:

5 i) 빔 선택 (beam selection) 및 서로 다른 편파 (polarization) 안테나를 위한 위상-일치 (co-phasing)를 나타내는 코드북이 이용될 수 있다. 예를 들어, 빔 선택 (beam selection) 및 위상-일치 (co-phasing)를 위한 코드북은 레가시 코드북 (들) (또는 레가시 코드북의 요소 (들)로부터 도출되거나, 새롭게 설계된 코드북일 수 있다.

10 또한, 연관된 PMI가 보고될 수 있다. 이때, 상기 새롭게 설계된 코드북 또는 레가시 코드북 내에서 $w=w_2$ 라고 가정될 수 있다. 즉, 단말에 의해 보고되는 PMI는 상기 새롭게 설계된 코드북 또는 레가시 코드북 내에서 코드북 인덱스에 해당하며, 이는 프리코더 w_2 를 지시할 수 있다. 다시 말해, 단말에 의해 w_1 은 보고되지 않으며, 단말에 의해 보고되는 PMI에 의해 프리코더
15 w_2 만이 정해질 수 있다.

ii) PUCCH/PUSCH 상에서 UCI 피드백 메커니즘에 따라 CSI가 보고될 수 있다.

Class B 기반 CSI process configuration의 정의를 $K>1$ 일 때와
20 $K=1$ 일 때로 그 의미가 달라지도록 정의/설정할 수도 있다.

여기서, $K>1$ 일 때의 Class B 기반 CSI process란, CSI process 내 설정된 CSI-RS configuration이 Class B 타입 (즉, 해당 CSI-RS

configuration의 RRC 파라미터 'eMIMO-Type'이 'beamformed'로 셋팅됨)이고, 1개 보다 많은 CSI-RS 자원($K>1$)이 설정된 CSI process를 의미한다.

이때, 상술한 바와 같이 'CSI-Process' IE는 디폴트(default)로 1개의
5 'csi-RS-ConfigNZPId'를 포함할 수 있으므로, 1개 보다 많은 CSI-RS
자원($K>1$)이 설정된 CSI process란, CSI process 내 'CLASS B'에
해당하는 CSI-RS configuration(즉, 'CSI-RS-ConfigBeamformed'
필드)에서 1 이상의 NZP CSI-RS 자원이 설정된다는 것을 의미할 수 있다(즉,
1 이상의 NZP CSI-RS 자원을 특정하는 필드인 'csi-RS-
10 ConfigNZPIdListExt'이 설정됨).

또한, $K=1$ 일 때의 Class B 기반 CSI process란, CSI process 내
설정된 CSI-RS configuration이 Class B 타입(즉, 해당 CSI-RS
configuration의 RRC 파라미터 'eMIMO-Type'이 'beamformed'로
셋팅됨)이고, 1개의 CSI-RS 자원($K=1$)이 설정된 CSI process를 의미한다.

15 이때, 상술한 바와 같이 'CSI-Process' IE는 디폴트(default)로 1개의
'csi-RS-ConfigNZPId'를 포함할 수 있으므로, 1개의 CSI-RS 자원($K=1$)이
설정된 CSI process란, CSI process 내 'CLASS B'에 해당하는 CSI-RS
configuration(즉, 'CSI-RS-ConfigBeamformed' 필드)에서는 NZP CSI-
RS 자원이 설정되지 않는다는 것을 의미할 수 있다(즉, 1 이상의 NZP CSI-RS
20 자원을 특정하는 필드인 'csi-RS-ConfigNZPIdListExt'이 설정되지 않음).

특히, 본 발명에서는 $K=1$ 일 때의 Class B 기반 CSI process

configuration(이하, 간단히 $K=1$ CSI process configuration)을 복수의 타입으로 정의되고, 이를 명시적인 시그널링(explicit signaling) 또는 암묵적인 지시(implicit indication)에 의해 식별되도록 하는 방법을 제안한다.

5 다시 말해, $K=1$ 일 때, 2가지(혹은 그 이상의) 타입의 CSI process configuration이 정의될 수 있다. 이때, 상위 계층(예를 들어, RRC 계층) 설정 상에서 또는 동적 지시(dynamic indication)(예를 들어, PDCCH)에 의해, $K=1$ 일 때 어느 타입의 CSI process configuration이 단말에 설정되는지 지시될 수 있다.

10 따라서, 단말은 $K=1$ 인 경우에 특정 식별자 등과 같은 명시적인 시그널링(즉, RRC 계층의 설정 정보 내 또는 PDCCH의 지시) 또는 암묵적인 지시(implicit indication)에 의해서 자신에게 설정된 CSI process configuration의 타입을 식별하고, 식별된 CSI 보고 동작을 수행할 수 있다.

일례로, 제1 타입의 $K=1$ CSI process configuration은 앞서 설명한
15 Alt.2 기반의 CSI process configuration에 해당할 수 있으며, 제2 타입의 $K=1$ CSI process configuration은 Alt.4 기반의 CSI process configuration에 해당할 수 있다.

이는, 상기 Alt.2 목적과 Alt.4 목적의 동작 자체가 서로 상이하기 때문에 사실상 $K=1$ 인 경우에 Alt.2와 Alt.4를 모두 지원하기 위함이다.

20 1) $K>1$ 인 경우 (예를 들어, Alt.1에 해당할 수 있다) (또는, Alt.3에 해당될 수도 있다. 이 경우, 하기 BI 피드백 동작이 특정 미리 정의된 선택

코드북(selection codebook) 동작으로 대체될 수 있다.)

- K개의 빔들(또는 CSI-RS 자원들) 각각에 대하여, 하나의 NZP CSI-RS 자원으로서 N_k 값($N_k=\{1, 2, 4, 8\}$)이 설정될 수 있다. 또는, 모든 k에 대하여 공통된 N_k 값($N_k=\{1, 2, 4$ 또는 $8\}$)이 설정될 수도 있다.

5 - CSI 보고에 K 빔들(또는 CSI-RS 자원들) 중에서 하나를 선택하기 위한 BI(또는 CRI) 피드백이 포함된다.

- 선택된 빔(또는 CSI-RS 자원) $k=k'$ 에 대하여, CSI 보고

- $N_{k'}$ 포트를 위한 레가시 코드북에 기반한 CSI 보고가 수행될 수 있다.

10 2) $K=1$ 인 경우, 타입 1($K=1$ with Type 1) (예를 들어, Alt.2에 해당할 수 있다.)

- 하나의 NZP CSI-RS 자원으로서 N_1 값($N_1=\{1, 2, 4, 8\}$)이 설정될 수 있다.

15 - N_1 포트에 대하여 w_2 만의 피드백 될 수 있다. 또한, w_2 피드백에 기반하여 CSI가 보고될 수 있다.

이때, 상술한 바와 같이, w_2 피드백을 위하여 빔 선택(beam selection) 및 서로 다른 편파(polarization) 안테나를 위한 위상-일치(co-phasing)를 나타내는 코드북(새롭게 설계된)이 이용될 수 있다.

20 또한, 상술한 바와 같이, 단말에 의해 보고되는 PMI는 상기 새롭게 설계된 코드북 내 코드북 인덱스에 해당하며, 이는 프리코더 w_2 를 지시할 수 있다. 다시 말해, 단말에 의해 w_1 은 보고되지 않으며, 단말에 의해 보고되는 PMI에 의해 프리코더 w_2 만이 정해질 수 있다.

3) K=1인 경우, 타입 2(K=1 with Type 2) (예를 들어, Alt.4에 해당할 수 있다.)

- 하나의 NZP CSI-RS 자원으로서 N₁ 값(N₁={1, 2, 4, 8})이 설정될 수 있다.

- 설정된 CSI-RS 자원에 대하여 측정 제한(MR)이 항상 활성화(always-on)될 수 있다.

- N₁ 포트에 대하여 W1 및 W2이 모두 피드백 될 수 있다. 즉, 레가시 코드북(즉, 앞서 표 10 내지 표 23와 같은 코드북)을 이용한 W1 및 W2 피드백에 기반하여 CSI가 보고될 수 있다.

이때, 설정된 N₁ 포트 CSI-RS 자원 및 해당 피드백 설정에 따라 레가시 코드북 및 CSI 피드백 메커니즘에 기반하여 CSI가 보고될 수 있다.

a) 이때, K=1일 때 타입 2 CSI process configuration의 식별 방법의 일례로서, 만일 상기 Class B의 CSI process configuration에 K=1로서 하나의 NZP CSI-RS resource가 포함된 경우, 그리고 이때 만일 MR-ON이 해당 CSI process configuration에 함께 지시된다면, 이를 타입 2 CSI process configuration에 따른 동작으로 UE가 인식하도록 정의되거나 UE에게 설정할 수 있다.

반면, 만일 이때 MR-OFF이거나 혹은 MR 관련 추가 설정이 CSI process configuration에서 제공되지 않은 경우, 이를 타입 1 CSI process configuration 동작으로 UE가 인식하도록 정의되거나 UE에게 설정할 수 있다.

b) 또는, MR-ON/OFF는 독립적으로 어디에든 단독으로(standalone) 지시되거나 설정될 수도 있다. 즉, 타입 1 CSI process configuration의 경우에도 MR-ON/OFF가 설정될 수 있다. 마찬가지로 타입 2 CSI process configuration에서도 MR이 항상 활성화(always-on)되지 않으며, MR-ON/OFF가 설정될 수 있다.

다시 말해, 타입 1 CSI process configuration과 타입 2 CSI process configuration 모두 MR 활성화 여부(On/Off)가 지시될 수 있다. 따라서, MR의 활성화 여부에 따라 어느 타입의 CSI process configuration이 설정되는지 UE 입장에서 구분할 수가 없다.

결국, 타입 1의 CSI process configuration과 타입 2의 CSI process configuration은 PMI로서 피드백되는 인덱스 값이 무엇인지, CSI(즉, PMI)를 도출하기 위해 이용되는 코드북이 어느 코드북인지로 구분될 수 있다.

구체적으로, 타입 1의 CSI process configuration에 따르면 단일의 CSI-RS 자원의 N₁ 포트에 대하여 W₂만을 피드백하는 동작을 설정되고, 이를 위해 W=W₂라고 가정되는 새롭게 설계된 코드북(즉, 후술하는 표 24 내지 표 29와 같은 코드북)이 이용될 수 있다.

반면, 타입 2의 CSI process configuration에 따르면 단일의 CSI-RS 자원의 N₁ 포트에 대하여 W₁ 및 W₂ 모두를 피드백하는 동작이 설정되고, 이를 위해 레가시 코드북(즉, 앞서 표 10 내지 표 23와 같은 코드북)이 이용될 수 있다.

이 경우, 위에 예시된 바와 같이 타입 1의 CSI process configuration 동작을 지시하기 위하여 해당 "타입 1 CSI process configuration"과 같은 별도의 식별자에 의하여 UE에게 명시적으로 지시(explicit indication)될 수 있다. 일례로, 상위 계층(예를 들어, RRC 계층) 설정 상에서 또는 동적 5 지시(dynamic indication)(예를 들어, PDCCH)에 의해, K=1일 때 어느 타입의 CSI process configuration이 단말에 설정되는지 지시될 수 있다.

이때, 식별자는 다양한 형태 및/또는 명칭이 부여될 수 있다. 일례로 RRC 계층의 필드로서 'alternativeCodebookEnabledBeamformed'. 필드가 정의되어 이용될 수 있다. 이 경우, 10 'alternativeCodebookEnabledBeamformed' 필드는 CSI 피드백을 도출하기 위하여 또한 CSI 프로세스를 위한 보고를 위해 새롭게 정의된 코드북(즉, 표 24 내지 표 29와 같은 코드북)이 사용되는지 여부를 지시할 수 있다('alternativeCodebookEnabledBeamformed'이 TRUE인 경우, 사용됨을 지시함).

15 c) 또 다른 일례로, 해당 UE가 설정 받은 또 다른 CSI process (예를 들어, Class A)가 존재할 때, 해당 CSI process 내 특정 정보와 연동되어 K=1일 때 어느 타입의 CSI process가 적용되는지 암묵적으로(implicit) 지시하는 시그널링 방식이 이용될 수도 있다.

20 예를 들어, 상기 Class A의 CSI process 내 CSI-RS 포트의 수 및/또는 포트 번호(port numbering)와 연동되어 암묵적으로(implicit) 지시될 수 있다.

d) 또 다른 상기 식별 방법으로는, 앞서 설명한 Hybrid CSI와 같이 만일 특정 CSI process가 $K+1$ CSI-RS resources 형태로 설정된다면, 이때의 특정 (하나의) CSI-RS resource(예를 들어, 최하위 인덱스를 가지는 CSI-RS resource 등)에 대해서는 타입 2가 적용되는 동작을 의미하고, 만일 특정 CSI process가 $K=1$ 로 설정된 경우에는 항상 상기 제안된 타입 1을 적용하도록 하는 식별 방식도 이용될 수 있다.

즉, 이 경우에, CSI process에 타입 2(예를 들어, Alt.4)가 적용되려면 항상 $K+1$ CSI-RS resource가 설정되는 형태를 따르도록 해야 한다는 특징을 가질 수 있다. 또한, 이와 동시에, Alt.2 동작도 $K=1$ CSI-RS resource가 설정되는 경우에 적용될 수 있으므로, 결과적으로 Alt.1(및/또는 3), 2, 4 간의 모두 설정/활용이 가능하도록 하는 효과가 있다.

이하, CSI process configuration 타입에 따른 CSI 보고 방법에 대하여 보다 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

빔포밍된 (beamformed) CSI-RS 타입(즉, Class B)의 1개의 CSI-RS 자원과 연관된 CSI-RS process(또는 빔포밍된 (beamformed) CSI-RS 타입의 CSI-RS configuration이 설정되고, 1개의 1개의 CSI-RS 자원과 연관된 CSI-RS process)가 설정되고, 설정된 CSI process가 앞서 설명한 방법에 따라 타입 1의 CSI process인 경우, 단말은 CSI 도출 및 보고를 위해 새롭게 정의되는 코드북(아래 표 24 내지 표 29에 따른 코드북)을 이용할 수 있다.

일례로, 단말에 설정된 CSI process 내 'eMIMO-Type'이

'beamformed' (즉, Class B)로 셋팅되고, 단일의 NZP CSI-RS configuration (즉, resource)이 설정되며, 상위 계층 파라미터 'alternativeCodebookEnabledBeamformed'가 'true'이면, PMI 값은 다음과 같이 정해질 수 있다.

5 - 2 안테나 포트 {15,16}의 경우, PMI 값은 연관된 RI 값과 동일한 v 에 대하여 아래 표 24에서 주어지는 코드북 인덱스 n 에 해당한다.

 - 4 안테나 포트 {15,16,17,18}의 경우, PMI 값은 연관된 RI 값과 동일한 v 에 대하여 아래 표 25에서 주어지는 코드북 인덱스 n 에 해당한다.

 - 8 안테나 포트 {15,16,17,18,19,20,21,22}의 경우, PMI 값은
10 연관된 RI 값과 동일한 v 에 대하여 아래 표 26 내지 표 29에서 주어지는 코드북 인덱스 n 에 해당한다.

 아래 표 24 내지 표 29에서 $e_k^{(N)}$ 는 k 와 동일한 (즉, $k=1$)인 1 번째 요소가 1이고 ($k, 1 \in \{0, 1, \dots, N-1\}$)이고, 나머지 요소는 0인, 길이 N 의 열-
15 벡터(column-vector)를 나타낸다. 이를 선택 벡터(selection vector)라고 지칭할 수 있다.

 표 24는 안테나 포트 {15,16}을 이용한 v -레이어 CSI 보고를 위한 코드북을 예시한다.

【표 24】

코드북 인덱스 (n)	레이어의 개수 (v)	
	1	2
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$	-

3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$	-
---	--	---

표 25는 안테나 포트 {15, 16, 17, 18}을 이용한 v-레이어 CSI 보고를 위한 코드북을 예시한다.

【표 25】

코드북 인덱스 (n)	레이어의 개수 (v)			
	1	2	3	4
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} e_0^{(2)} \\ e_0^{(2)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} e_0^{(2)} & e_0^{(2)} \\ e_0^{(2)} & -e_0^{(2)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{6}} \begin{bmatrix} e_0^{(2)} & e_0^{(2)} & e_1^{(2)} \\ e_0^{(2)} & -e_0^{(2)} & -e_1^{(2)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} e_0^{(2)} & e_1^{(2)} & e_0^{(2)} & e_1^{(2)} \\ e_0^{(2)} & e_1^{(2)} & -e_0^{(2)} & -e_1^{(2)} \end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} e_0^{(2)} \\ -e_0^{(2)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} e_0^{(2)} & e_0^{(2)} \\ je_0^{(2)} & -je_0^{(2)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{6}} \begin{bmatrix} e_1^{(2)} & e_0^{(2)} & e_1^{(2)} \\ e_1^{(2)} & -e_0^{(2)} & -e_1^{(2)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} e_0^{(2)} & e_1^{(2)} & e_0^{(2)} & e_1^{(2)} \\ je_0^{(2)} & je_1^{(2)} & -je_0^{(2)} & -je_1^{(2)} \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} e_0^{(2)} \\ j \cdot e_0^{(2)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} e_1^{(2)} & e_1^{(2)} \\ e_1^{(2)} & -e_1^{(2)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{6}} \begin{bmatrix} e_0^{(2)} & e_1^{(2)} & e_1^{(2)} \\ e_0^{(2)} & e_1^{(2)} & -e_1^{(2)} \end{bmatrix}$	-
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} e_0^{(2)} \\ -j \cdot e_0^{(2)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} e_1^{(2)} & e_1^{(2)} \\ je_1^{(2)} & -je_1^{(2)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{6}} \begin{bmatrix} e_1^{(2)} & e_0^{(2)} & e_0^{(2)} \\ e_1^{(2)} & e_0^{(2)} & -e_0^{(2)} \end{bmatrix}$	-
4	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} e_1^{(2)} \\ e_1^{(2)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} e_0^{(2)} & e_1^{(2)} \\ e_0^{(2)} & -e_1^{(2)} \end{bmatrix}$	-	-
5	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} e_1^{(2)} \\ -e_1^{(2)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} e_0^{(2)} & e_1^{(2)} \\ je_0^{(2)} & -je_1^{(2)} \end{bmatrix}$	-	-
6	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} e_1^{(2)} \\ j \cdot e_1^{(2)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} e_1^{(2)} & e_0^{(2)} \\ e_1^{(2)} & -e_0^{(2)} \end{bmatrix}$	-	-
7	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} e_1^{(2)} \\ -j \cdot e_1^{(2)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} e_1^{(2)} & e_0^{(2)} \\ je_1^{(2)} & -je_0^{(2)} \end{bmatrix}$	-	-

표 26은 안테나 포트 {15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22}을 이용한 v-레이어 CSI 보고를 위한 코드북 (레이어의 개수 (v)가 1, 2, 3, 4인 경우)을 예시한다.

【표 26】

코드북 인덱스 (n)	레이어의 개수 (v)			
	1	2	3	4
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} e_0^{(4)} \\ e_0^{(4)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} e_0^{(4)} & e_0^{(4)} \\ e_0^{(4)} & -e_0^{(4)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{6}} \begin{bmatrix} e_0^{(4)} & e_0^{(4)} & e_1^{(4)} \\ e_0^{(4)} & -e_0^{(4)} & -e_1^{(4)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} e_0^{(4)} & e_1^{(4)} & e_0^{(4)} & e_1^{(4)} \\ e_0^{(4)} & e_1^{(4)} & -e_0^{(4)} & -e_1^{(4)} \end{bmatrix}$

[illegible]

15	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} e_3^{(4)} \\ -j \cdot e_3^{(4)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} e_1^{(4)} & e_3^{(4)} \\ j e_1^{(4)} & -j e_3^{(4)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{6}} \begin{bmatrix} e_0^{(4)} & e_3^{(4)} & e_3^{(4)} \\ e_0^{(4)} & e_3^{(4)} & -e_3^{(4)} \end{bmatrix}$	-
----	--	---	--	---

표 27은 안테나 포트 {15,16,17,18,19,20,21,22}을 이용한 ν -레이어 CSI 보고를 위한 코드북(레이어의 개수(ν)가 5, 6인 경우)을 예시한다.

【표 27】

코드북 인덱스(n)	레이어의 개수(ν)	
	5	6
0	$\frac{1}{\sqrt{10}} \begin{bmatrix} e_0^{(4)} & e_0^{(4)} & e_1^{(4)} & e_1^{(4)} & e_2^{(4)} \\ e_0^{(4)} & -e_0^{(4)} & e_1^{(4)} & -e_1^{(4)} & e_2^{(4)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} e_0^{(4)} & e_0^{(4)} & e_1^{(4)} & e_1^{(4)} & e_2^{(4)} & e_2^{(4)} \\ e_0^{(4)} & -e_0^{(4)} & e_1^{(4)} & -e_1^{(4)} & e_2^{(4)} & -e_2^{(4)} \end{bmatrix}$
1-15	-	-

표 28은 안테나 포트 {15,16,17,18,19,20,21,22}을 이용한 ν -레이어

5 CSI 보고를 위한 코드북(레이어의 개수(ν)가 7인 경우)을 예시한다.

【표 28】

코드북 인덱스(n)	레이어의 개수(ν)	
	7	
0	$\frac{1}{\sqrt{14}} \begin{bmatrix} e_0^{(4)} & e_0^{(4)} & e_1^{(4)} & e_1^{(4)} & e_2^{(4)} & e_2^{(4)} & e_3^{(4)} \\ e_0^{(4)} & -e_0^{(4)} & e_1^{(4)} & -e_1^{(4)} & e_2^{(4)} & -e_2^{(4)} & e_3^{(4)} \end{bmatrix}$	
1-15	-	

표 29는 안테나 포트 {15,16,17,18,19,20,21,22}을 이용한 ν -레이어

CSI 보고를 위한 코드북(레이어의 개수(ν)가 8인 경우)을 예시한다.

【표 29】

코드북 인덱스(n)	레이어의 개수(ν)	
	8	
0	$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} e_0^{(4)} & e_0^{(4)} & e_1^{(4)} & e_1^{(4)} & e_2^{(4)} & e_2^{(4)} & e_3^{(4)} & e_3^{(4)} \\ e_0^{(4)} & -e_0^{(4)} & e_1^{(4)} & -e_1^{(4)} & e_2^{(4)} & -e_2^{(4)} & e_3^{(4)} & -e_3^{(4)} \end{bmatrix}$	
1-15	-	

표 24 내지 표 29(특히, 표 25 내지 표 29)를 참조하면, 코드북 내 프리코딩 행렬은 빔 선택 벡터(beam selection vector)와 서로 다른 편파 안테나 간 위상-일치(co-phasing)을 위한 인자로만 구성될 수 있다.

다시 말해, 빔 선택 벡터는 $e_k^{(N)}$ 에 해당하며, 기지국에 의해 빔포밍이 적용된 CSI-RS를 기반으로 어떠한 빔을 선택하는지 지시할 수 있다. 그리고, 위상-일치(co-phasing)을 위한 인자는 1, -1, j (허수 단위), $-j$ 중 하나로 정해질 수 있다.

5 UE는 표 24 내지 표 29(특히, 표 25 내지 표 29)와 같은 코드북이 이용됨이 eNB에 의해 지시되면, 코드북 내에서 프리코딩 행렬을 특정하기 위한 하나의 인덱스가 PMI로서 eNB에게 보고될 수 있다. 다시 말해, 해당 프리코딩 행렬을 구성하는 빔 선택 벡터와 위상-일치(co-phasing)을 위한 인자를 특정하기 위한 하나의 인덱스가 PMI로서 eNB에게 보고될 수 있다.

10 한편, 빔포밍된(beamformed) CSI-RS 타입(즉, Class B)의 1개의 CSI-RS 자원과 연관된 CSI process(또는 빔포밍된(beamformed) CSI-RS 타입의 CSI-RS configuration이 설정되고, 1개의 CSI-RS 자원과 연관된 CSI process)가 설정되고, 설정된 CSI process가 앞서 설명한 방법에 따라 타입 2의 CSI process인 경우, 단말은 CSI 도출 및 보고를 위해 레가시
15 코드북(상기 표 10 내지 표 23에 따른 코드북)을 이용할 수 있다.

일례로, 단말에 설정된 CSI process 내 'eMIMO-Type'이 'beamformed'(즉, Class B)로 셋팅되고, 단일의 NZP CSI-RS configuration(즉, resource)이 설정되며, 상위 계층 파라미터 'alternativeCodebookEnabledBeamformed'가 'true'인 경우를 제외하고,
20 PMI 값은 상기 표 10 내지 표 23에서 주어지는 코드북 인덱스 n 또는 코드북 인덱스 쌍에 해당할 수 있다.

특히, 표 24 내지 표 29와 같은 코드북이 이용됨이 eNB에 의해 지시되지

않으면, 특히 표 12 내지 표 23이 이용되는 경우, 해당 코드북 내에서 프리코딩
행렬을 특정하기 위한 인덱스 쌍(즉, W1을 특정하기 위한 제1 인덱스, W2를
특정하기 위한 제2 인덱스)이 PMI로서 eNB에게 보고될 수 있다. 다시 말해,
코드북 내에서 프리코딩 행렬의 세트를 특정하기 위한 제1 인덱스와 제1
5 인덱스에 의해 특정된 프리코딩 행렬의 세트 내에서 프리코딩 행렬을 특정하기
위한 제2 인덱스 쌍이 PMI로서 eNB에게 보고될 수 있다. 즉, 제2 인덱스에
의해 프리코딩 행렬의 세트 내에서 프리코딩 행렬을 구성하는 빔 선택 벡터와
위상-일치(co-phasing)을 위한 인자가 특정될 수 있다.

10 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 채널 상태 정보를 송수신하는 방법을
예시하는 도면이다.

도 14를 참조하면, UE는 eNB으로부터 CSI process configuration(즉,
'CSI-process' RRC IE)을 수신한다(S1301).

이때, CSI process configuration에 의해 설정된 CSI process가
15 빔포밍된(beamformed) CSI-RS 타입(즉, Class B)으로 설정되고, 또한 상기
CSI process가 단일의 CSI-RS 자원과 연관된 경우, CSI process
configuration은 상술한 바와 같이 여러 타입으로 정의될 수 있다.

앞서 설명한 바와 같이, W2 피드백을 위하여 빔 선택(beam selection)
및 서로 다른 편파(polarization) 안테나를 위한 위상-일치(co-phasing)를
20 나타내는 코드북(표 24 내지 표 29)이 이용되는 타입 1의 CSI process
configuration과, 레가시 코드북(표 10 내지 표 23)이 으로부터 W1 및 W2이
모두 피드백되며 MR이 활성화되는 타입 2의 CSI process configuration이

정의될 수 있다.

이때, 상술한 바와 같이, MR의 활성화 여부(On/Off)는 CSI process 별로 독립적으로 별도로 설정될 수 있으므로, 결국 CSI process configuration의 타입은 해당 CSI process에 대응되는 CSI를 도출하기 위하여 어떠한 코드북이
5 이용되는지 여부를 의미할 수 있다.

이때, 앞서 설명한 방식과 같이 CSI process configuration의 타입이 명시적인 시그널링(explicit signaling)으로 지시되거나 암묵적으로 지시될 수도 있다.

다시 말해, CSI process configuration에 의해 설정된 CSI
10 process가 빔포밍된(beamformed) CSI-RS 타입(즉, Class B)으로 설정되고, 또한 상기 CSI process가 단일의 CSI-RS 자원과 연관된 경우, CSI process에 대응되는 CSI를 도출하기 위하여 어떠한 코드북이 이용되는지 CSI process configuration에 의해 지시될 수 있다.

예를 들어, CSI process configuration은 CSI 도출을 위하여 제1
15 코드북이 이용되는지 여부를 지시하는 지시 정보를 포함하고, 제1 코드북은 빔 선택 벡터(beam selection vector) 및 서로 다른 편파(polarization) 안테나 간의 위상-일치(co-phasing)를 위한 인자로 생성되는 프리코딩 행렬로 구성되는 새롭게 설계된 코드북에 해당될 수 있다.

UE는 CSI process configuration에 의해 설정된 CSI process에
20 대응되는 CSI를 eNB에게 보고한다(S1302).

UE는 NZP CSI-RS 자원 및/또는 ZP CSI-RS 자원에 기반하여 CSI(예를 들어, CQI, PMI, RI 중 적어도 하나)를 도출하고, 도출된 CSI를 eNB에게

보고할 수 있다.

이때, 지시 정보에 의해(또는 암묵적인 지시에 의해) 제1 코드북이 이용됨이 지시되면, 제1 코드북 내 프리코딩 행렬을 특정하기 위한 하나의 인덱스가 PMI로서 기지국에게 보고될 수 있다.

5 반면, 지시 정보에 의해(또는 암묵적인 지시에 의해) 제1 코드북이 이용됨이 지시되지 않으면, 제2 코드북(즉, 레가시 코드북)으로부터 프리코딩 행렬의 세트를 선택하기 위한 제1 인덱스와 제1 인덱스에 의해 특정된 프리코딩 행렬의 세트 내에서 프리코딩 행렬을 특정하기 위한 제2 인덱스의 쌍이 PMI로서 상기 기지국에게 보고될 수 있다.

10 정리하면, 'eMIMO type'이 Class B인 CSI process configuration에 있어서, 해당 CSI process configuration에 K=1로서 하나의 NZP CSI-RS resource가 설정에 포함된 경우, UE가 새롭게 설계된 빔 선택과 위상-일치(co-phasing)만으로 생성되는 프리코딩 행렬로 구성된 코드북(즉, 새롭게 설계된 제1 코드북)을 이용하여 제2 PMI(W2)만을
15 피드백하는지(즉, 타입 1 CSI process configuration) 또는 UE가 기존의 코드북(즉, 제2 코드북)을 이용하여 제1 PMI(W1)와 제2 PMI(W2)를 모두 피드백하는지(즉, 타입 2 CSI process configuration)) 설정될 수 있다.

상술한 바와 같이, 이때 'alternativeCodebookEnabledBeamformed' RRC 필드가 해당 CSI process configuration 내 설정되어 UE가 CSI를
20 보고를 위해 어떠한 코드북을 사용하는지(즉, 제1 코드북이 사용되는지 여부) 지시할 수 있다.

구체적으로, 만약, 'alternativeCodebookEnabledBeamformed' 필드

값이 'TRUE'인 경우, CSI 피드백(즉, PMI)을 도출하기 위하여, 새롭게 설계된 코드북(즉, 제1 코드북)이 이용될 수 있다. 이때, 제1 코드북은 빔 선택을 위한 선택 벡터와 편파 안테나 포트(polarization antenna port) 그룹 간의 위상-일치(co-phasing)를 위한 인자만으로 생성되는 프리코딩
5 행렬로 구성될 수 있다. 즉, UE는 이러한 새로운 코드북 내에서 W2만을 도출하고, 기지국에게 보고할 수 있다.

반면, 'alternativeCodebookEnabledBeamformed' 필드 값이 'FALSE'인 경우, CSI 피드백(즉, PMI)을 도출하기 위하여, 기존의 코드북(즉, 2 코드북)이 이용될 수 있다. 즉, UE는 이러한 기존의 코드북 내에서 W1 및
10 W2을 도출하고, 기지국에게 보고할 수 있다.

본 발명이 적용될 수 있는 장치 일반

도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 장치의 블록 구성도를 예시한다.

15 도 15를 참조하면, 무선 통신 시스템은 기지국(1510)과 기지국(1510) 영역 내에 위치한 다수의 단말(1520)을 포함한다.

기지국(1510)은 프로세서(processor, 1511), 메모리(memory, 1512) 및 RF부(radio frequency unit, 1513)을 포함한다. 프로세서(1511)는 앞서 도 1 내지 도 14에서 제안된 기능, 과정 및/또는 방법을 구현한다. 무선
20 인터페이스 프로토콜의 계층들은 프로세서(1511)에 의해 구현될 수 있다. 메모리(1512)는 프로세서(1511)와 연결되어, 프로세서(1511)를 구동하기 위한 다양한 정보를 저장한다. RF부(1513)는 프로세서(1511)와 연결되어,

무선 신호를 송신 및/또는 수신한다.

단말(1520)은 프로세서(1521), 메모리(1522) 및 RF부(1523)을 포함한다. 프로세서(1521)는 앞서 도 1 내지 도 14에서 제안된 기능, 과정 및/또는 방법을 구현한다. 무선 인터페이스 프로토콜의 계층들은 프로세서(1521)에 의해 구현될 수 있다. 메모리(1522)는 프로세서(1521)와 연결되어, 프로세서(1521)를 구동하기 위한 다양한 정보를 저장한다. RF부(1523)는 프로세서(1521)와 연결되어, 무선 신호를 송신 및/또는 수신한다.

메모리(1512, 1522)는 프로세서(1511, 1521) 내부 또는 외부에 있을 수 있고, 잘 알려진 다양한 수단으로 프로세서(1511, 1521)와 연결될 수 있다. 또한, 기지국(1510) 및/또는 단말(1520)은 한 개의 안테나(single antenna) 또는 다중 안테나(multiple antenna)를 가질 수 있다.

이상에서 설명된 실시예들은 본 발명의 구성요소들과 특징들이 소정 형태로 결합된 것들이다. 각 구성요소 또는 특징은 별도의 명시적 언급이 없는 한 선택적인 것으로 고려되어야 한다. 각 구성요소 또는 특징은 다른 구성요소나 특징과 결합되지 않은 형태로 실시될 수 있다. 또한, 일부 구성요소들 및/또는 특징들을 결합하여 본 발명의 실시예를 구성하는 것도 가능하다. 본 발명의 실시예들에서 설명되는 동작들의 순서는 변경될 수 있다. 어느 실시예의 일부 구성이나 특징은 다른 실시예에 포함될 수 있고, 또는 다른 실시예의 대응하는 구성 또는 특징과 교체될 수 있다. 특허청구범위에서 명시적인 인용 관계가 있지 않은 청구항들을 결합하여 실시예를 구성하거나 출원 후의 보정에 의해 새로운 청구항으로 포함시킬 수 있음은 자명하다.

본 발명에 따른 실시예는 다양한 수단, 예를 들어, 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어 또는 그것들의 결합 등에 의해 구현될 수 있다. 하드웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 일 실시예는 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), 프로세서, 컨트롤러, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서 등에 의해 구현될 수 있다.

펌웨어나 소프트웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 일 실시예는 이상에서 설명된 기능 또는 동작들을 수행하는 모듈, 절차, 함수 등의 형태로 구현될 수 있다. 소프트웨어 코드는 메모리에 저장되어 프로세서에 의해 구동될 수 있다. 상기 메모리는 상기 프로세서 내부 또는 외부에 위치하여, 이미 공지된 다양한 수단에 의해 상기 프로세서와 데이터를 주고 받을 수 있다.

본 발명은 본 발명의 필수적 특징을 벗어나지 않는 범위에서 다른 특정한 형태로 구체화될 수 있음은 당업자에게 자명하다. 따라서, 상술한 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니 되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

【산업상 이용가능성】

본 발명은 3GPP LTE/LTE-A 시스템에 적용되는 예를 중심으로 설명하였으나, 3GPP LTE/LTE-A 시스템 이외에도 다양한 무선 통신 시스템에 적용하는 것이 가능하다.

【청구의 범위】**【청구항 1】**

무선 통신 시스템에서 단말이 채널 상태 정보(CSI: Channel State Information)를 전송하는 방법에 있어서,

5 기지국으로부터 CSI 프로세스 설정을 수신하는 단계; 및

상기 CSI 프로세스 설정에 의해 설정된 CSI 프로세스에 대응되는 CSI를
상기 기지국에게 보고하는 단계를 포함하고,

상기 CSI 프로세스가 빔포밍된(beamformed) CSI-참조 신호(CSI-RS:
CSI-Reference Signal) 타입으로 설정되고, 상기 CSI 프로세스가 단일의
10 CSI-RS 자원과 연관된 경우, 상기 CSI 프로세스 설정에 의해 상기 CSI 도출을
위하여 이용되는 코드북이 지시되는 채널 상태 정보 전송 방법.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 CSI 프로세스 설정은 상기 CSI 도출을 위하여 제1 코드북이
15 이용되는지 여부를 지시하는 지시 정보를 포함하고,

상기 제1 코드북은 빔 선택(beam selection) 와 서로 다른
편파(polarization) 안테나 간의 위상-일치(co-phasing)를 위한 코드북인
채널 상태 정보 전송 방법.

【청구항 3】

20 제2항에 있어서, 상기 보고하는 단계는,

상기 지시 정보에 의해 상기 제1 코드북이 이용됨이 지시되면, 상기 제1
코드북 내 프리코딩 행렬을 특정하기 위한 하나의 인덱스가 프리코딩 행렬

지시자(PMI: Precoding Matix Indicator)로서 상기 기지국에게 보고되는 채널 상태 정보 전송 방법.

【청구항 4】

제2항에 있어서, 상기 보고하는 단계는,

5 상기 지시 정보에 의해 상기 제1 코드북이 이용됨이 지시되지 않으면, 제2 코드북으로부터 프리코딩 행렬의 세트를 선택하기 위한 제1 인덱스와 상기 제1 인덱스에 의해 특정된 프리코딩 행렬의 세트 내에서 프리코딩 행렬을 특정하기 위한 제2 인덱스의 쌍이 프리코딩 행렬 지시자(PMI: Precoding Matix Indicator)로서 상기 기지국에게 보고되는 채널 상태 정보 전송 방법.

10 【청구항 5】

제1항에 있어서,

상기 CSI 프로세스 설정 내 CSI 측정 제한(MR: Measurement Restriction)이 설정되면, 상기 제1 코드북이 이용되지 않는 채널 상태 정보 전송 방법.

15 【청구항 6】

제1항에 있어서,

상기 CSI 프로세스 설정 내 CSI 측정 제한(MR: Measurement Restriction)이 설정되지 않으면, 상기 제1 코드북이 이용되는 채널 상태 정보 전송 방법.

20 【청구항 7】

제1항에 있어서,

상기 CSI 프로세스 설정은 CSI 측정 제한(MR: Measurement

Restriction)이 설정되는지 여부를 지시하는 MR 지시 정보를 포함하는 채널 상태 정보 전송 방법.

【청구항 8】

제1항에 있어서,

5 상기 CSI 프로세스가 빔포밍된 (beamformed) CSI-RS 타입의 1보다 큰 K개의 CSI-RS 자원과 연관된 제1 CSI-RS 구성과 빔포밍된 (beamformed) CSI-RS 타입의 1개의 CSI-RS 자원과 연관된 제2 CSI-RS 구성을 포함하는 경우,

 상기 제1 CSI-RS 구성 내 설정된 특정 CSI-RS 자원에 대해서 상기 제1
10 코드북이 이용되지 않으며, 상기 제2 CSI-RS 구성 내 단일의 특정 CSI-RS 자원에 대해서 상기 제1 코드북이 이용되는 채널 상태 정보 전송 방법.

【청구항 9】

 무선 통신 시스템에서 채널 상태 정보 (CSI: Channel State Information)를 전송하는 단말에 있어서,

15 무선 신호를 송수신하기 위한 RF (Radio Frequency) 유닛; 및

 상기 RF 유닛을 제어하는 프로세서를 포함하고,

 상기 프로세서는 기지국으로부터 CSI 프로세스 설정을 수신하고,

 상기 CSI 프로세스 설정에 의해 설정된 CSI 프로세스에 대응되는 CSI를 상기 기지국에게 보고하도록 구성되고,

20 상기 CSI 프로세스가 빔포밍된 (beamformed) CSI-참조 신호 (CSI-RS: CSI-Reference Signal) 타입으로 설정되고, 상기 CSI 프로세스가 단일의 CSI-RS 자원과 연관된 경우, 상기 CSI 프로세스 설정에 의해 상기 CSI 도출을

위하여 이용되는 코드북이 지시되는 단말.

【청구항 10】

제9항에 있어서,

상기 CSI 프로세스 설정은 상기 CSI 도출을 위하여 제1 코드북이
5 이용되는지 여부를 지시하는 지시 정보를 포함하고,

상기 제1 코드북은 빔 선택 (beam selection) 와 서로 다른
편파 (polarization) 안테나 간의 위상-일치 (co-phasing)를 위한 코드북인
단말.

【청구항 11】

10 제10항에 있어서,

상기 지시 정보에 의해 상기 제1 코드북이 이용됨이 지시되면,

상기 제1 코드북 내 프리코딩 행렬을 특정하기 위한 하나의 인덱스가
프리코딩 행렬 지시자 (PMI: Precoding Matix Indicator)로서 상기
기지국에게 보고되는 단말.

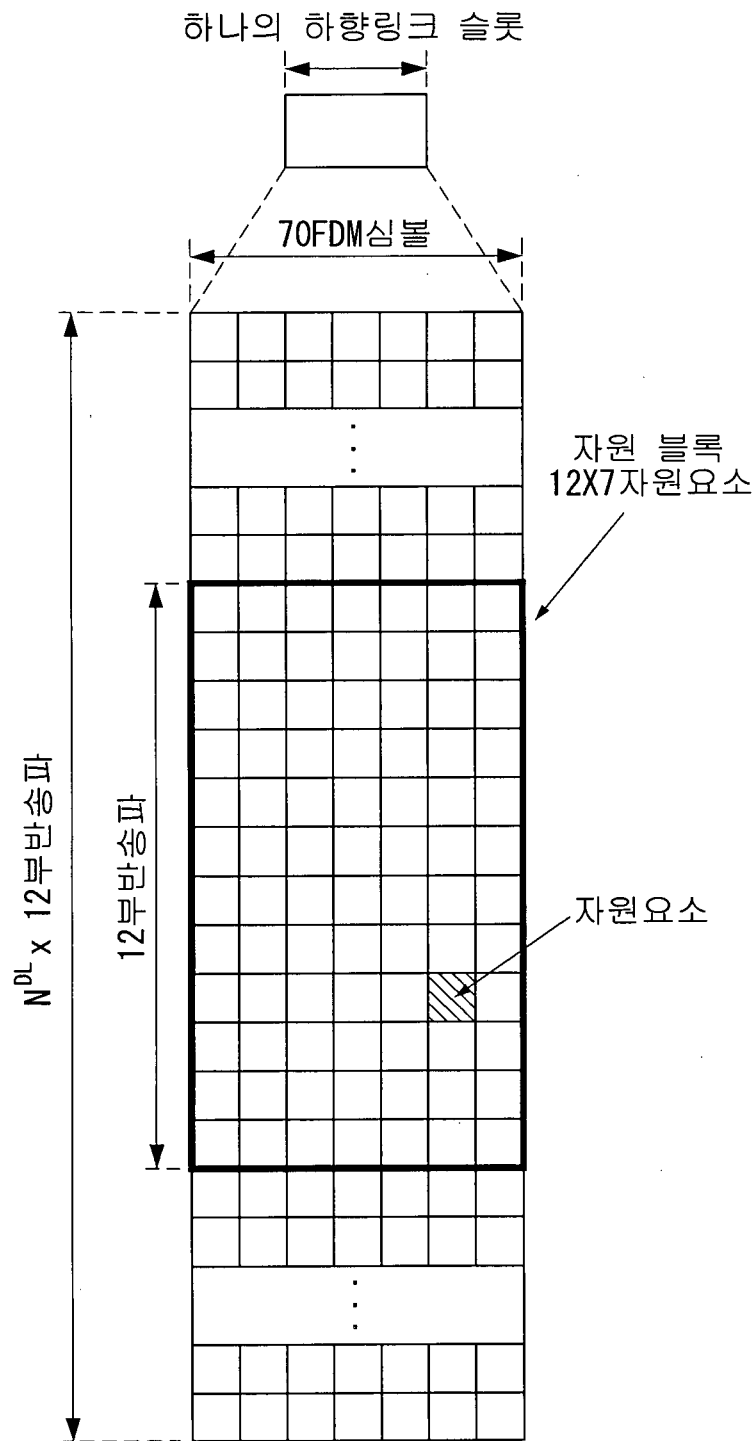
15 【청구항 12】

제10항에 있어서,

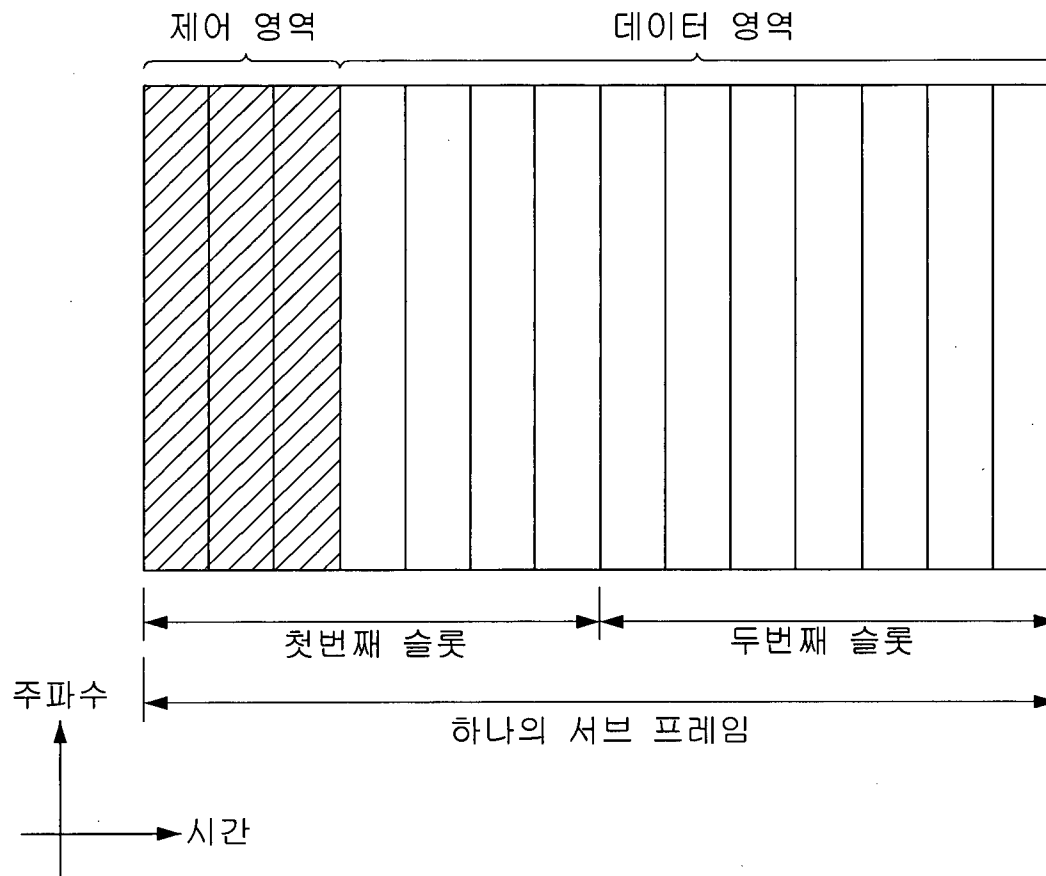
상기 지시 정보에 의해 상기 제1 코드북이 이용됨이 지시되지 않으면,

제2 코드북으로부터 프리코딩 행렬의 세트를 선택하기 위한 제1 인덱스와
상기 제1 인덱스에 의해 특정된 프리코딩 행렬의 세트 내에서 프리코딩 행렬을
20 특정하기 위한 제2 인덱스의 쌍이 프리코딩 행렬 지시자 (PMI: Precoding
Matix Indicator)로서 상기 기지국에게 보고되는 단말.

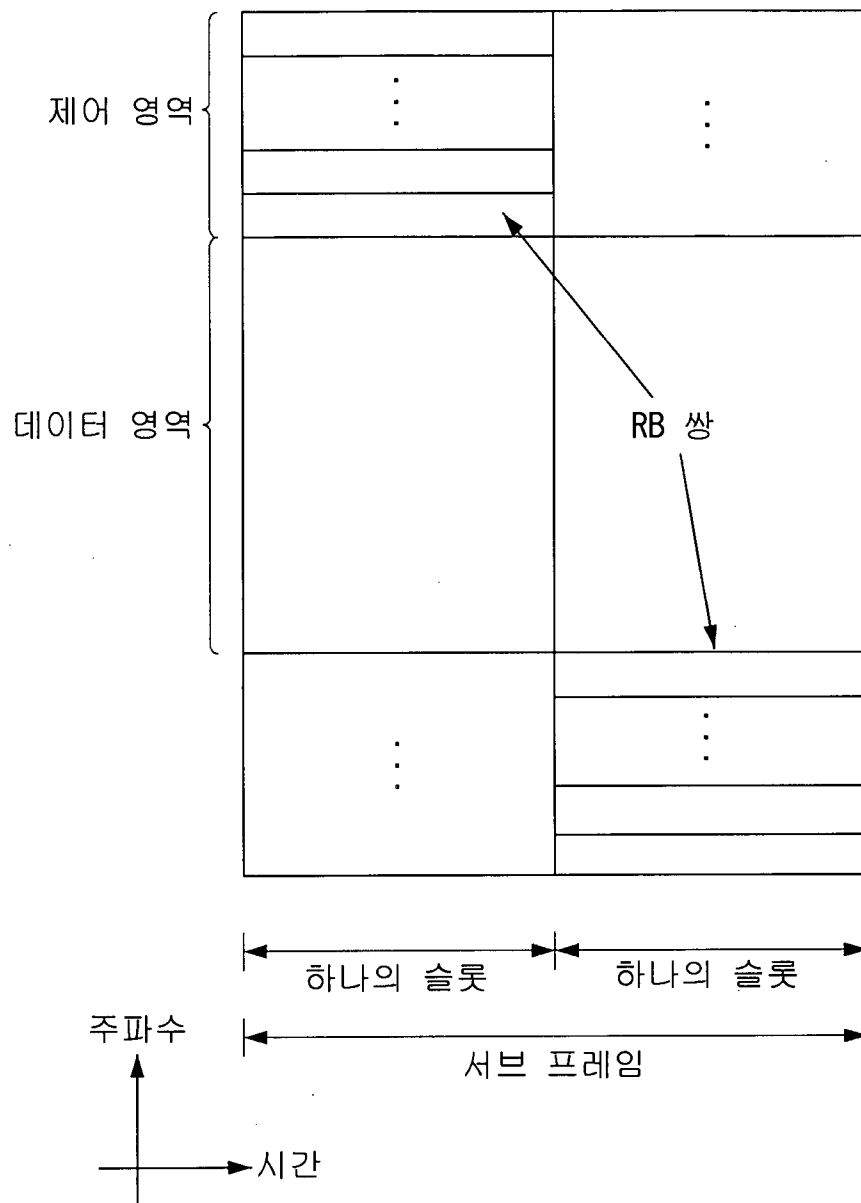
【도 2】



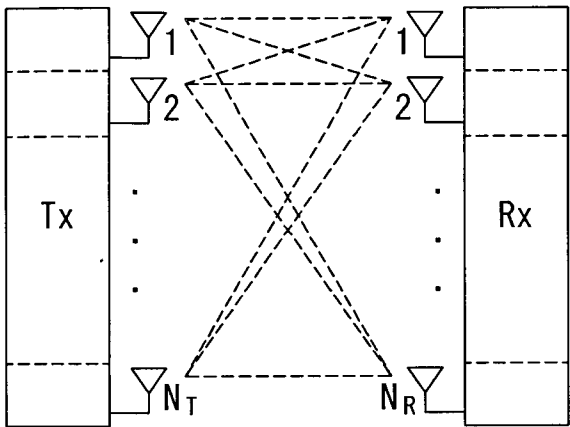
【도 3】



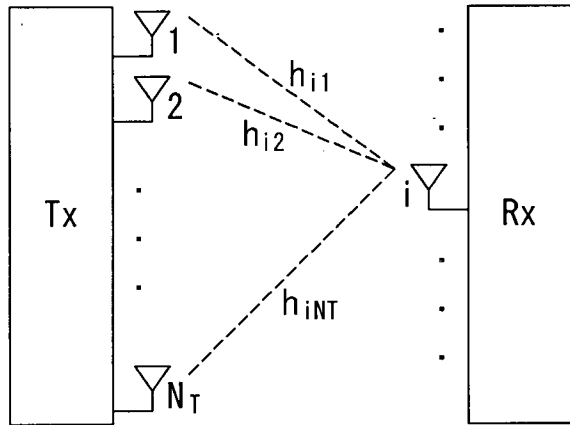
【도 4】



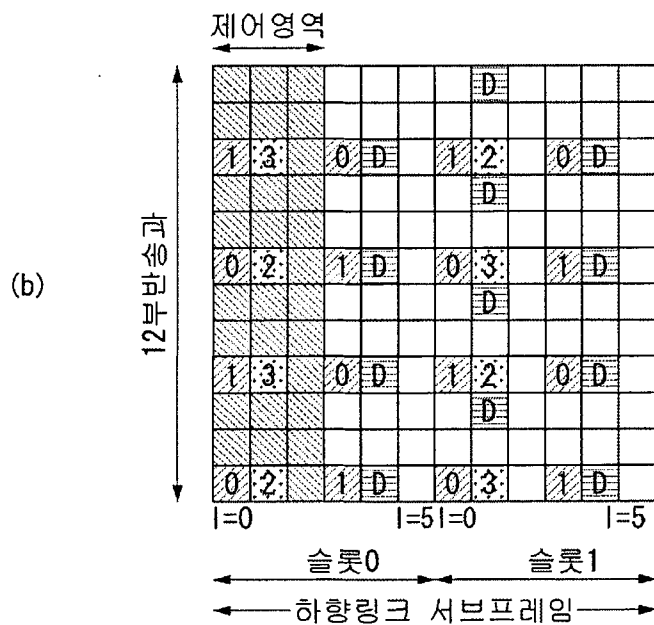
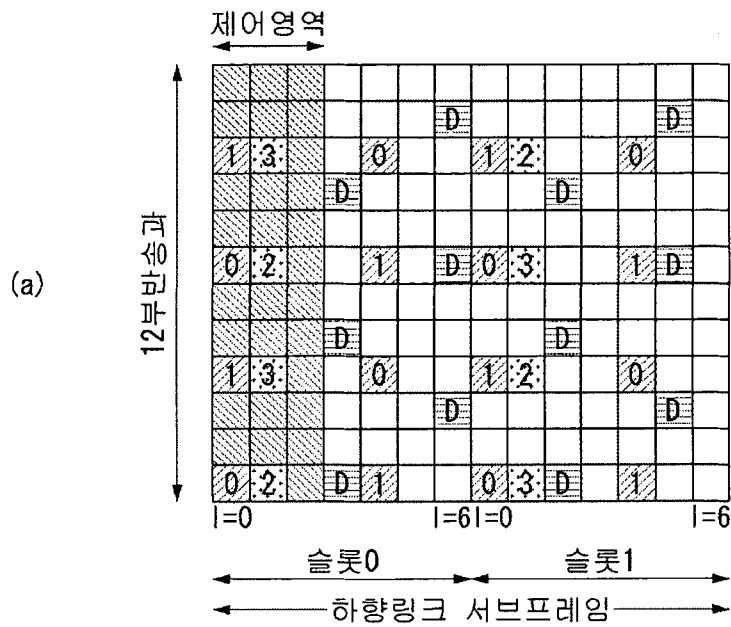
【도 5】



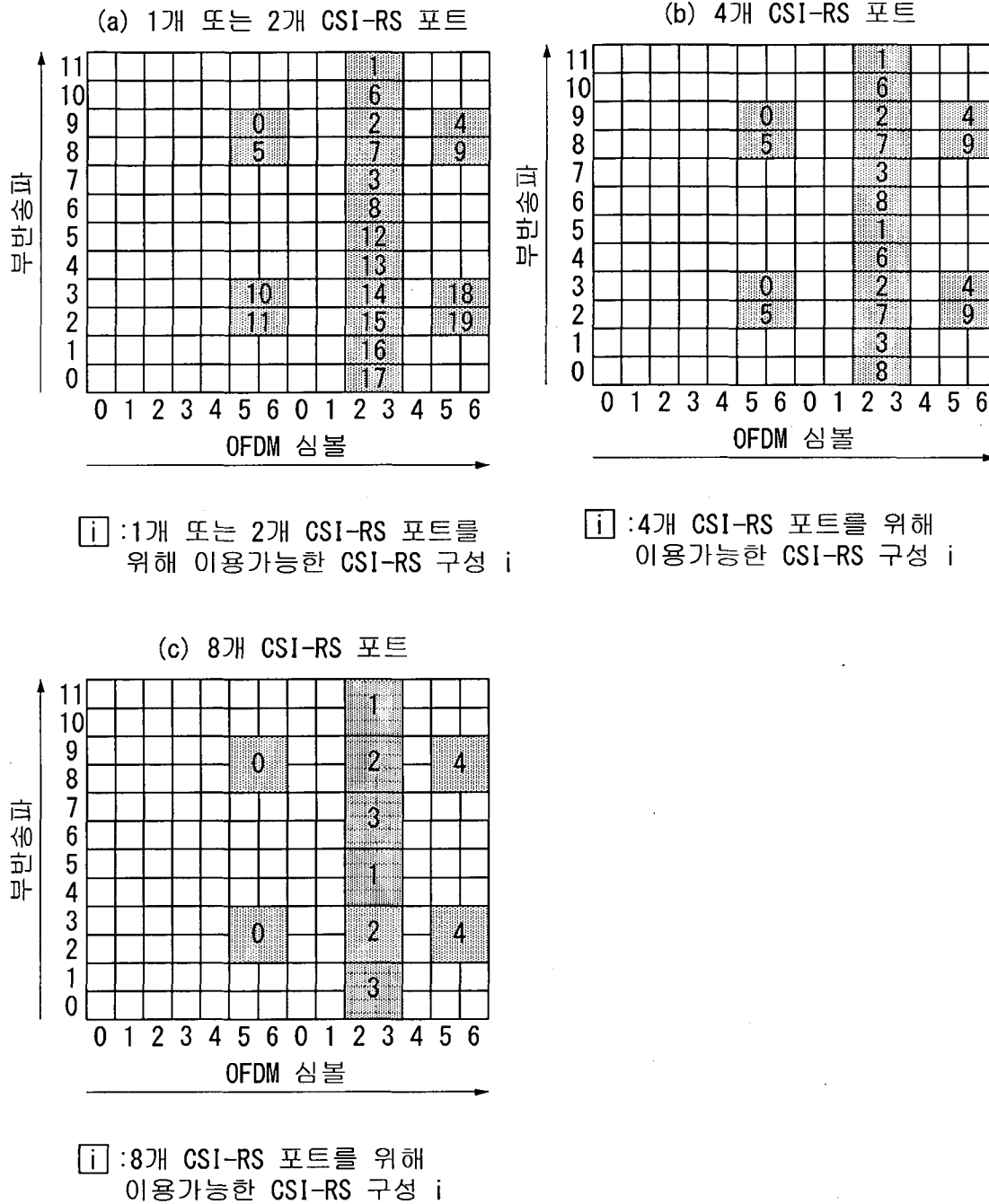
【도 6】



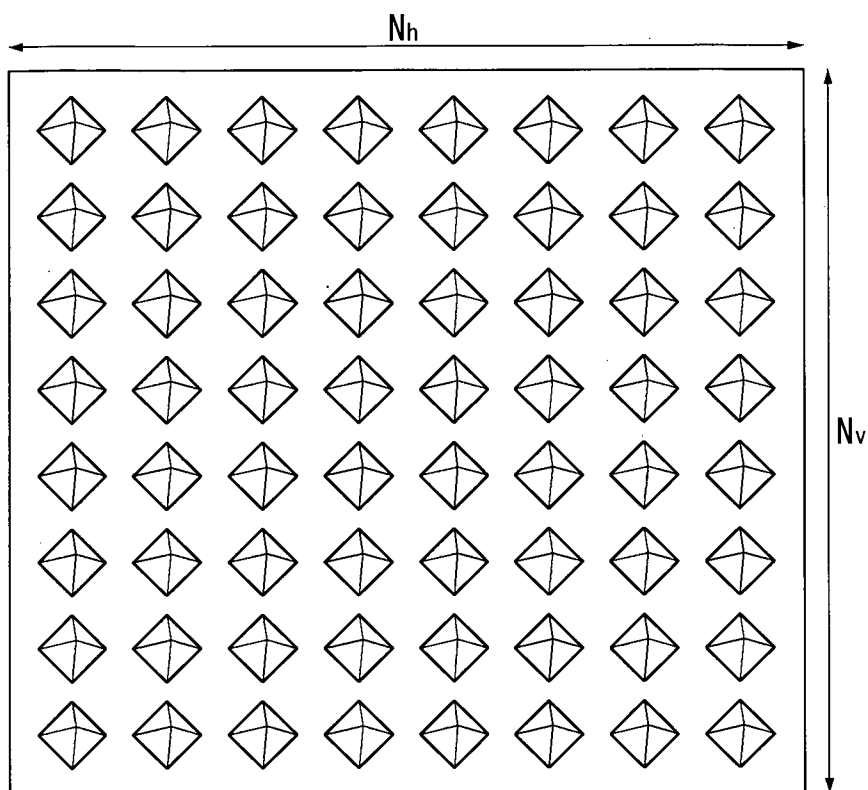
【도 7】



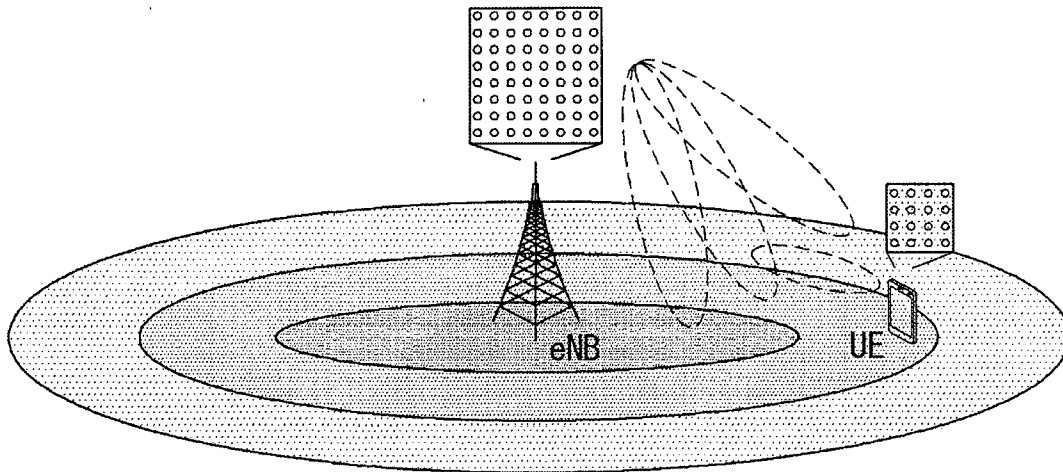
【도 8】



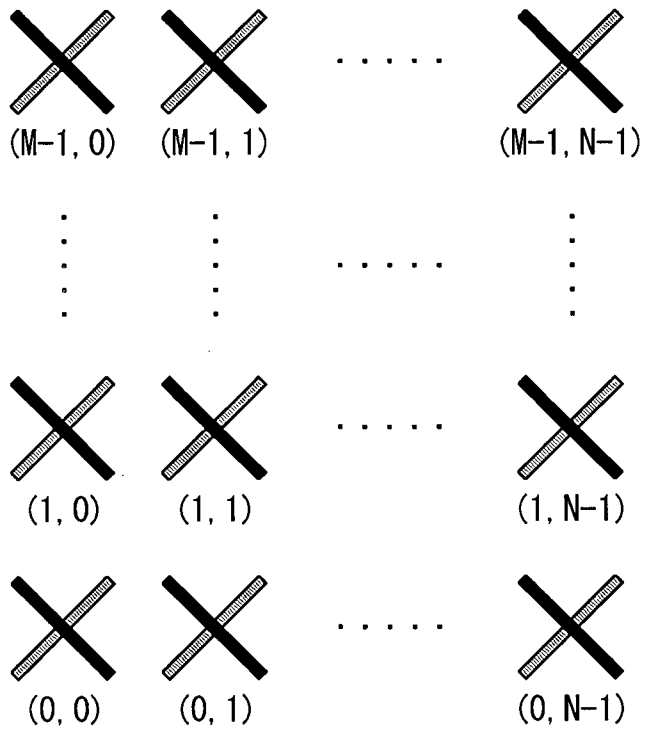
【도 9】



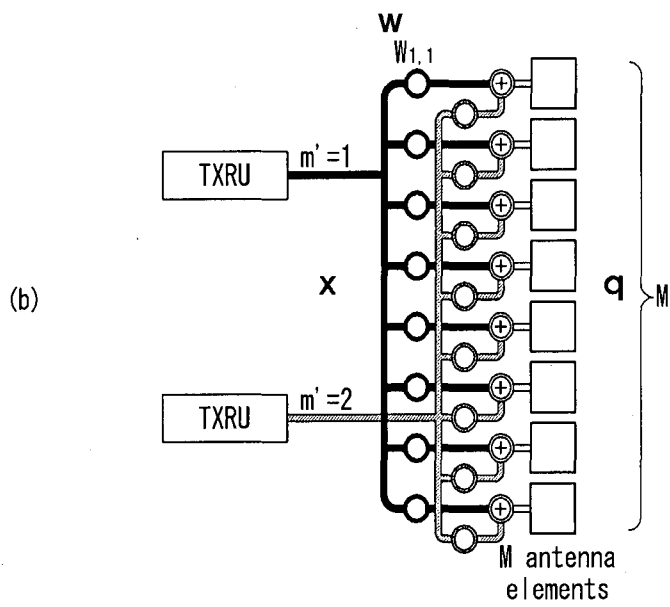
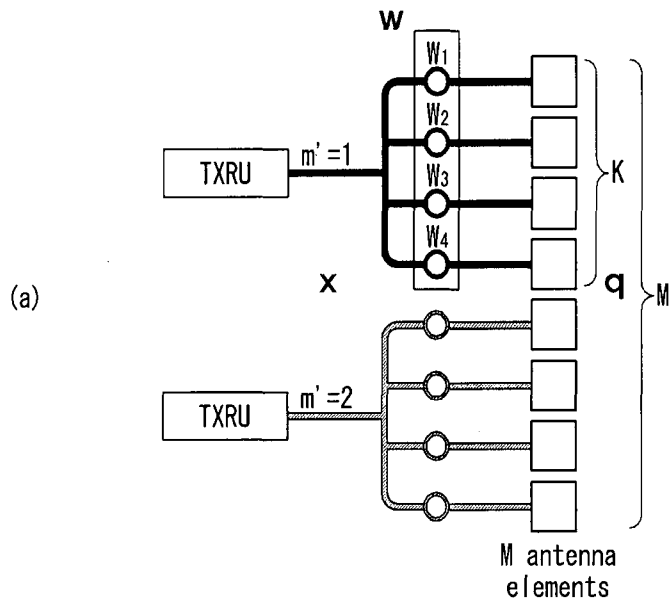
【도 10】



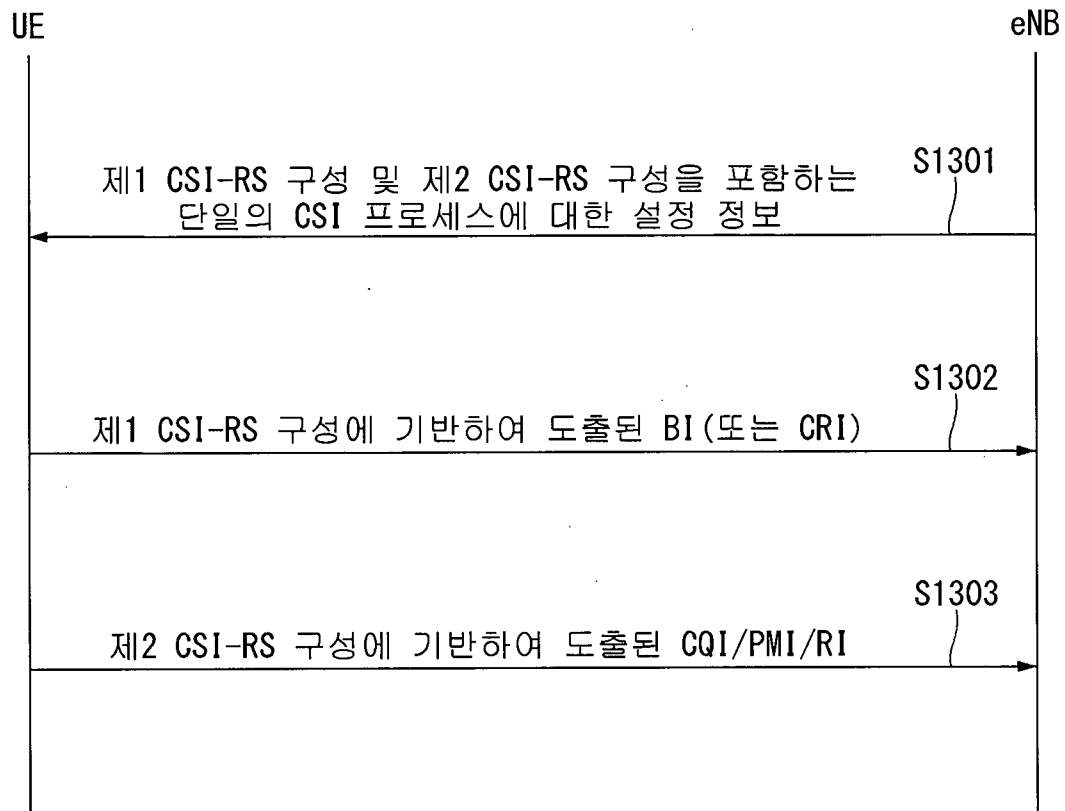
【도 11】



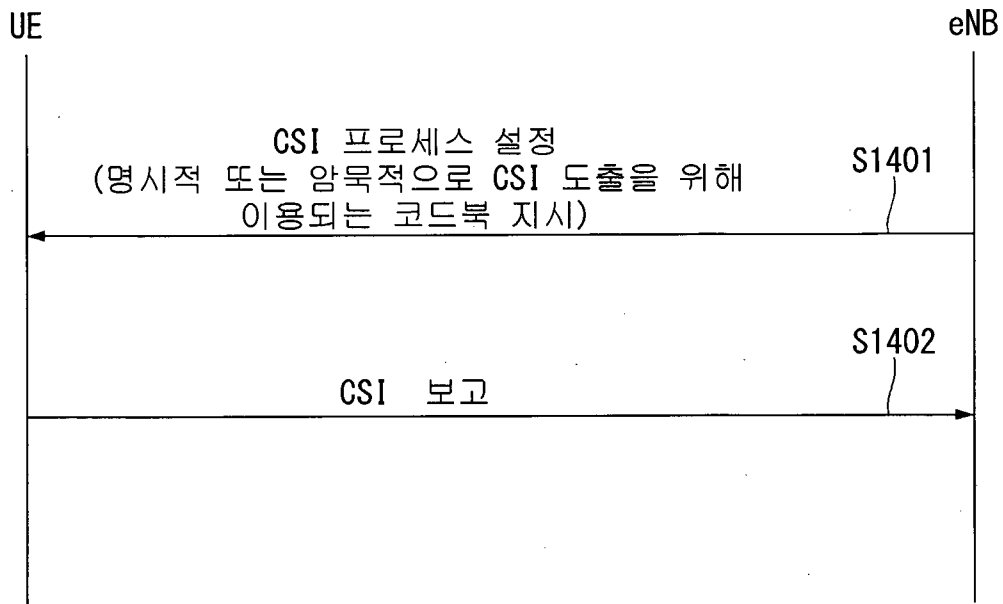
【도 12】



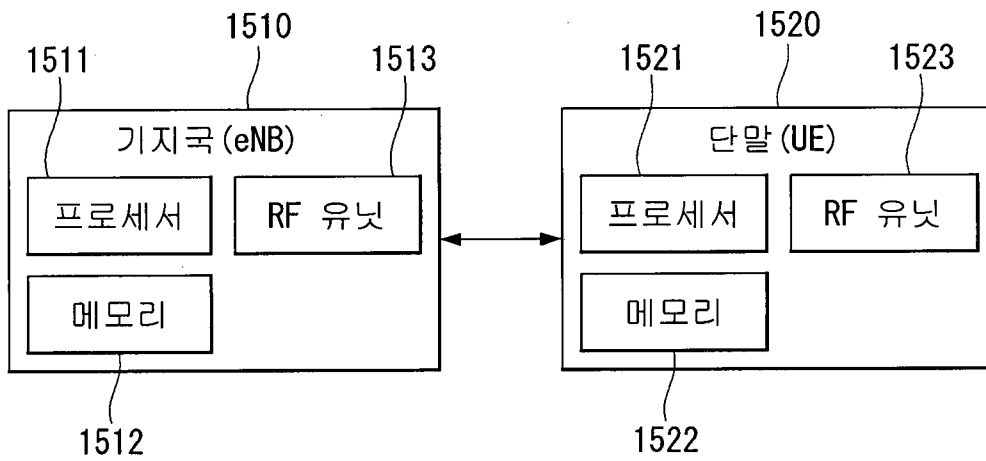
【도 13】



【도 14】



【도 15】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2016/011053**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H04B 7/06(2006.01)i, H04B 7/04(2006.01)i**

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B 7/06; H04L 5/00; H04B 7/02; H04B 7/04

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

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

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

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: CSI process setup, CSI process, beamformed CSI-RS, single CSI-RS resource, codebook indication

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2013-0336214 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 19 December 2013 See paragraphs [0083], [0152], [0216], [0268]-[0271], [0424]-[0448]; and figure 3.	1,7,9
A		2-6,8,10-12
Y	ERICSSON, "Codebook Subset Restriction for Class B FD-MIMO", R1-155681, 3GPP TSG-RAN WG1#82bis, Malmo, Sweden, 26 September 2015 See sections 1-2.	1,7,9
Y	ERICSSON, "CSI Measurement Restrictions", R1-155674, 3GPP TSG-RAN WG1#82bis, Malmo, Sweden, 26 September 2015 See page 1.	7
A	US 2015-0055723 A1 (LG ELECTRONICS INC.) 26 February 2015 See paragraphs [0151]-[0157]; claims 1, 4; and figure 17.	1-12
A	US 2014-0078919 A1 (HAMMARWALL, David) 20 March 2014 See paragraphs [0048]-[0052], [0100]-[0108]; and figures 9-10.	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 JANUARY 2017 (24.01.2017)

Date of mailing of the international search report

24 JANUARY 2017 (24.01.2017)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2016/011053

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 2013-0336214 A1	19/12/2013	CN 104508997 A	08/04/2015
		CN 104734753 A	24/06/2015
		EP 2677671 A1	25/12/2013
		JP 2015-524229 A	20/08/2015
		KR 10-2015-0030197 A	19/03/2015
		US 2015-0200754 A1	16/07/2015
		US 2015-0215090 A1	30/07/2015
		WO 2013-191441 A1	27/12/2013
US 2015-0055723 A1	26/02/2015	CN 104365137 A	18/02/2015
		EP 2918095 A1	16/09/2015
		EP 2918095 A4	03/08/2016
		JP 05993518 B2	14/09/2016
		JP 2015-534327 A	26/11/2015
		KR 10-1600494 B1	07/03/2016
		KR 10-1632223 B1	21/06/2016
		KR 10-2015-0038019 A	08/04/2015
		KR 10-2016-0022401 A	29/02/2016
US 2014-0078919 A1	20/03/2014	WO 2014-073805 A1	15/05/2014
		CN 104380649 A	25/02/2015
		EP 2847918 A1	18/03/2015
		JP 2015-521420 A	27/07/2015
		KR 10-1657041 B1	13/09/2016
		KR 10-2015-0008168 A	21/01/2015
		US 9385852 B2	05/07/2016
		WO 2013-169197 A1	14/11/2013

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H04B 7/06(2006.01)i, H04B 7/04(2006.01)i																							
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H04B 7/06; H04L 5/00; H04B 7/02; H04B 7/04 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: CSI 프로세스 설정, CSI 프로세스, 빔포밍된 CSI-RS, 단일 CSI-RS 자원, 코드북 지시																							
C. 관련 문헌 <table border="1"> <thead> <tr> <th>카테고리*</th> <th>인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재</th> <th>관련 청구항</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>US 2013-0336214 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2013.12.19 단락 [0083]-[0090], [0152], [0216], [0268]-[0271], [0424]-[0448]; 및 도면 3 참조.</td> <td>1, 7, 9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>2-6, 8, 10-12</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>ERICSSON, `Codebook subset restriction for Class B FD-MIMO`, R1-155681, 3GPP TSG-RAN WG1#82bis, Malmo, Sweden, 2015.09.26 섹션 1-2 참조.</td> <td>1, 7, 9</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>ERICSSON, `CSI measurement restrictions`, R1-155674, 3GPP TSG-RAN WG1#82bis, Malmo, Sweden, 2015.09.26 페이지 1 참조.</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2015-0055723 A1 (LG ELECTRONICS INC.) 2015.02.26 단락 [0151]-[0157]; 청구항 1, 4; 및 도면 17 참조.</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2014-0078919 A1 (DAVID HAMMARWALL) 2014.03.20 단락 [0048]-[0052], [0100]-[0108]; 및 도면 9-10 참조.</td> <td>1-12</td> </tr> </tbody> </table>			카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항	Y	US 2013-0336214 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2013.12.19 단락 [0083]-[0090], [0152], [0216], [0268]-[0271], [0424]-[0448]; 및 도면 3 참조.	1, 7, 9	A		2-6, 8, 10-12	Y	ERICSSON, `Codebook subset restriction for Class B FD-MIMO`, R1-155681, 3GPP TSG-RAN WG1#82bis, Malmo, Sweden, 2015.09.26 섹션 1-2 참조.	1, 7, 9	Y	ERICSSON, `CSI measurement restrictions`, R1-155674, 3GPP TSG-RAN WG1#82bis, Malmo, Sweden, 2015.09.26 페이지 1 참조.	7	A	US 2015-0055723 A1 (LG ELECTRONICS INC.) 2015.02.26 단락 [0151]-[0157]; 청구항 1, 4; 및 도면 17 참조.	1-12	A	US 2014-0078919 A1 (DAVID HAMMARWALL) 2014.03.20 단락 [0048]-[0052], [0100]-[0108]; 및 도면 9-10 참조.	1-12
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항																					
Y	US 2013-0336214 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2013.12.19 단락 [0083]-[0090], [0152], [0216], [0268]-[0271], [0424]-[0448]; 및 도면 3 참조.	1, 7, 9																					
A		2-6, 8, 10-12																					
Y	ERICSSON, `Codebook subset restriction for Class B FD-MIMO`, R1-155681, 3GPP TSG-RAN WG1#82bis, Malmo, Sweden, 2015.09.26 섹션 1-2 참조.	1, 7, 9																					
Y	ERICSSON, `CSI measurement restrictions`, R1-155674, 3GPP TSG-RAN WG1#82bis, Malmo, Sweden, 2015.09.26 페이지 1 참조.	7																					
A	US 2015-0055723 A1 (LG ELECTRONICS INC.) 2015.02.26 단락 [0151]-[0157]; 청구항 1, 4; 및 도면 17 참조.	1-12																					
A	US 2014-0078919 A1 (DAVID HAMMARWALL) 2014.03.20 단락 [0048]-[0052], [0100]-[0108]; 및 도면 9-10 참조.	1-12																					
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.																							
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌																							
국제조사의 실제 완료일 2017년 01월 24일 (24.01.2017)		국제조사보고서 발송일 2017년 01월 24일 (24.01.2017)																					
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 강희국 전화번호 +82-42-481-8264 																					

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 2013-0336214 A1	2013/12/19	CN 104508997 A CN 104734753 A EP 2677671 A1 JP 2015-524229 A KR 10-2015-0030197 A US 2015-0200754 A1 US 2015-0215090 A1 WO 2013-191441 A1	2015/04/08 2015/06/24 2013/12/25 2015/08/20 2015/03/19 2015/07/16 2015/07/30 2013/12/27
US 2015-0055723 A1	2015/02/26	CN 104365137 A EP 2918095 A1 EP 2918095 A4 JP 05993518 B2 JP 2015-534327 A KR 10-1600494 B1 KR 10-1632223 B1 KR 10-2015-0038019 A KR 10-2016-0022401 A WO 2014-073805 A1	2015/02/18 2015/09/16 2016/08/03 2016/09/14 2015/11/26 2016/03/07 2016/06/21 2015/04/08 2016/02/29 2014/05/15
US 2014-0078919 A1	2014/03/20	CN 104380649 A EP 2847918 A1 JP 2015-521420 A KR 10-1657041 B1 KR 10-2015-0008168 A US 9385852 B2 WO 2013-169197 A1	2015/02/25 2015/03/18 2015/07/27 2016/09/13 2015/01/21 2016/07/05 2013/11/14