

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2017년 6월 1일 (01.06.2017)



(10) 국제공개번호
WO 2017/090987 A1

- (51) 국제특허분류:
H04B 7/06 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2016/013567
- (22) 국제출원일: 2016년 11월 23일 (23.11.2016)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
62/259,027 2015년 11월 23일 (23.11.2015) US
62/316,545 2016년 3월 31일 (31.03.2016) US
62/415,501 2016년 10월 31일 (31.10.2016) US
- (71) 출원인: 엘지전자(주) (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).
박해욱 (PARK, Haewook); 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.

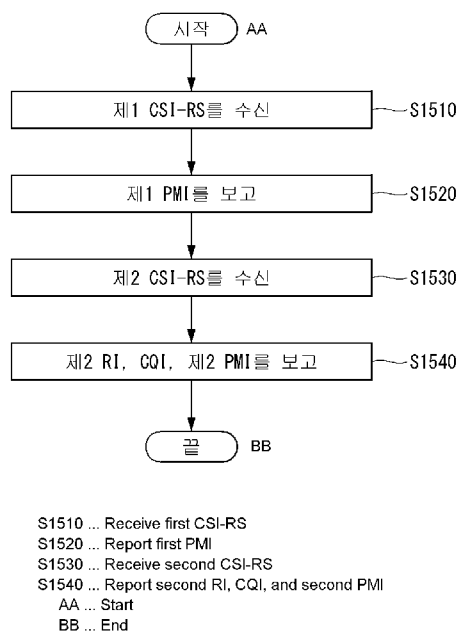
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, 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



(57) Abstract: A method, by which a terminal transmits channel state information in a wireless communication system, comprises a step for performing one integrated CSI process, the step for performing one integrated CSI process comprising the steps of: receiving, from a base station, a first channel state information-reference signal related to a CSI-RS resource which is not pre-coded; reporting, to the base station, a first pre-coding matrix indicator derived on the basis of the first CSI-RS; receiving, from the base station, a second CSI-RS related to one CSI-RS resource of a beam-formed CSI-RS type; and reporting, to the base station, a second rank indicator/channel quality indicator/second PMI derived on the basis of the second CSI-RS, wherein the reporting period of the first PMI is set to be longer than the reporting period of an RI and can be set as an integer multiple of the reporting period of the RI when a periodic CSI report is triggered.

(57) 요약서: 무선 통신 시스템에서 단말이 채널 상태 정보를 전송하는 방법에 있어서, 하나의 통합된 CSI 프로세스를 수행하는 단계; 를 포함 하되, 상기 하나의 통합된 CSI 프로세스를 수행하는 단계는, 기지국으로부터 프리코딩 되지 않은 CSI-RS 자원과 연관된 제 1 채널 상태 정보-참조 신호를 수신하는 단계; 상기 제 1 CSI-RS를 기반으로 도출된 제 1 프리코딩 행렬 지시자를 상기 기지국으로 보고하는 단계; 상기 기지국으로부터 빔포밍된 CSI-RS 타입의 1 개의 CSI-RS 자원과 연관된 제 2 CSI-RS를 수신하는 단계; 및 상기 제 2 CSI-RS를 기반으로 도출된 제 2 랭크 지시자/채널 품질 지시자/제 2 PMI를 상기 기지국으로 보고하는 단계; 를 포함하되, 주기적 CSI 보고가 트리거되는 경우, 상기 제 1 PMI의 보고 주기는, 상기 RI의 보고 주기보다 길게 설정되며, 상기 RI

의 보고 주기의 정수배로 설정될 수 있다.

WO 2017/090987 A1

명세서

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

기술분야

- [1] 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

- [2] 이동 통신 시스템은 사용자의 활동성을 보장하면서 음성 서비스를 제공하기 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.
- [3] 차세대 이동 통신 시스템의 요구 조건은 크게 폭발적인 데이터 트래픽의 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 Multiple Access), 초광대역(Super wideband) 지원, 단말 네트워킹(Device Networking) 등 다양한 기술들이 연구되고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [4] 본 발명의 목적은 채널 상태 정보(Channel State Information)를 송수신하기 위한 방법을 제안한다.
- [5] 또한, 본 발명의 목적은 다중 안테나 MIMO(Multi Input Multi Output) 시스템을 지원하기 위하여, 하이브리드(hybrid) 채널 상태 정보를 송수신하는 방법 제안한다.
- [6] 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.

과제 해결 수단

- [7] 본 발명의 일 양상은, 무선 통신 시스템에서 단말이 채널 상태 정보(CSI: Channel State Information)를 전송하는 방법에 있어서, 하나의 통합된 CSI 프로세스를 수행하는 단계; 를 포함하되, 상기 하나의 통합된 CSI 프로세스를

수행하는 단계는, 기지국으로부터 프리코딩 되지 않은(non-precoded) CSI-RS 자원과 연관된 제1 채널 상태 정보-참조 신호(CSI-RS: CSI-Reference Signal)를 수신하는 단계; 상기 제1 CSI-RS를 기반으로 도출된 제1 프리코딩 행렬 지시자(PMI: Precoding Matrix Indicator)를 상기 기지국으로 보고하는 단계; 상기 기지국으로부터 빔포밍된(beamformed) CSI-RS 타입의 1개의 CSI-RS 자원과 연관된 제2 CSI-RS를 수신하는 단계; 및 상기 제2 CSI-RS를 기반으로 도출된 제2 랭크 지시자(RI: Rank Indicator)/채널 품질 지시자(CQI: Channel Quality Indicator)/제2 PMI를 상기 기지국으로 보고하는 단계; 를 포함하되, 주기적 CSI 보고가 트리거되는 경우, 상기 제1 PMI의 보고 주기는, 상기 RI의 보고 주기보다 길게 설정되되, 상기 RI의 보고 주기의 정수배로 설정될 수 있다.

- [8] 또한, 상기 단말에 의한 상기 제1 CSI-RS를 기반으로 한 상기 제1 PMI의 도출 및 상기 제2 CSI-RS를 기반으로 한 상기 제2 RI/CQI/제2 PMI의 도출은 각각 서로 독립적으로 수행될 수 있다.
- [9] 또한, 상기 제1 PMI를 보고하는 단계는, 상기 단말이 지원하는 레이어(layer) 수에 기초하여 상기 제1 PMI와 함께 상기 제1 PMI와 연계된 제1 RI를 추가로 보고하는 단계일 수 있다.
- [10] 또한, 상기 제1 PMI를 보고하는 단계는, 상기 단말이 2 레이어까지 지원하는 경우, 상기 제1 PMI와 함께 상기 제1 RI를 추가로 보고하지 않으며, 상기 단말이 8 레이어까지 지원하는 경우, 상기 제1 PMI와 함께 상기 제1 RI를 추가로 보고하는 단계일 수 있다.
- [11] 또한, 상기 제1 PMI와 함께 보고되는 상기 제1 RI는 랭크 1 또는 랭크 3을 지시할 수 있다.
- [12] 또한, 상기 제1 PMI는 PUCCH(Physical Uplink Control Channel) 포맷 2 또는 3으로 전송될 수 있다.
- [13] 또한, 비주기적 CSI 보고가 트리거되는 경우, 상기 제1 CSI-RS 기반의 상기 PMI 및 상기 제2 CSI-RS 기반의 상기 제2 RI/CQI/제2 PMI 중 적어도 일부에 대한 보고가 선택적으로 트리거될 수 있다.
- [14] 본 발명의 다른 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, 하나의 통합된 CSI 프로세스를 수행하되, 기지국으로부터 프리코딩 되지 않은(non-precoded) CSI-RS 자원과 연관된 제1 채널 상태 정보-참조 신호(CSI-RS: CSI-Reference Signal)를 수신하고, 상기 제1 CSI-RS를 기반으로 도출된 제1 프리코딩 행렬 지시자(PMI: Precoding Matrix Indicator)를 상기 기지국으로 보고하고, 상기 기지국으로부터 빔포밍된(beamformed) CSI-RS 타입의 1개의 CSI-RS 자원과 연관된 제2 CSI-RS를 수신하고, 및 상기 제2 CSI-RS를 기반으로 도출된 제2 랭크 지시자(RI: Rank Indicator)/채널 품질 지시자(CQI: Channel Quality Indicator)/제2 PMI를 상기 기지국으로 보고함으로써

상기 하나의 통합된 CSI 프로세스를 수행하되, 주기적 CSI 보고가 트리거되는 경우, 상기 제1 PMI의 보고 주기는, 상기 RI의 보고 주기보다 길게 설정되되, 상기 RI의 보고 주기의 정수배로 설정될 수 있다.

- [15] 또한, 상기 단말에 의한 상기 제1 CSI-RS를 기반으로 한 상기 제1 PMI의 도출 및 상기 제2 CSI-RS를 기반으로 한 상기 제2 RI/CQI/제2 PMI의 도출은 각각 서로 독립적으로 수행될 수 있다.
- [16] 또한, 상기 제1 PMI를 보고하는 경우, 상기 프로세서는, 상기 단말이 지원하는 레이어(layer) 수에 기초하여 상기 제1 PMI와 함께 상기 제1 PMI와 연계된 제1 RI를 추가로 보고할 수 있다.
- [17] 또한, 상기 제1 PMI를 보고하는 경우, 상기 프로세서는, 상기 단말이 2 레이어까지 지원하는 경우, 상기 제1 PMI와 함께 상기 제1 RI를 추가로 보고하지 않으며, 상기 단말이 8 레이어까지 지원하는 경우, 상기 제1 PMI와 함께 상기 제1 RI를 추가로 보고할 수 있다.
- [18] 또한, 상기 제1 PMI와 함께 보고되는 상기 제1 RI는 랭크 1 또는 랭크 3을 지시할 수 있다.
- [19] 또한, 상기 제1 PMI는 PUCCH(Physical Uplink Control Channel) 포맷 2 또는 3으로 전송될 수 있다.
- [20] 또한, 비주기적 CSI 보고가 트리거 되는 경우, 상기 제1 CSI-RS 기반의 상기 PMI 및 상기 제2 CSI-RS 기반의 상기 제2 RI/CQI/제2 PMI 중 적어도 일부에 대한 보고가 선택적으로 트리거될 수 있다.

발명의 효과

- [21] 본 발명의 실시예에 따르면, 하이브리드 채널 상태 정보를 정의함으로써 채널 상태 정보를 보고하기 위한 시그널링 오버헤드를 감소시킬 수 있다.
- [22] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 하이브리드 채널 상태 정보를 정의함으로써 단말에게 보다 많은 채널 상태 정보 프로세스를 설정할 수 있다.
- [23] 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.

도면의 간단한 설명

- [24] 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.
- [25] 도 1은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 무선 프레임의 구조를 나타낸다.
- [26] 도 2는 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 하나의 하향링크 슬롯에 대한 자원 그리드(resource grid)를 예시한 도면이다.
- [27] 도 3은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 하향링크 서브

프레임의 구조를 나타낸다.

- [28] 도 4는 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 상향링크 서브 프레임의 구조를 나타낸다.
- [29] 도 5는 일반적인 다중 입출력 안테나(MIMO) 통신 시스템의 구성도이다.
- [30] 도 6은 다수의 송신 안테나에서 하나의 수신 안테나로의 채널을 나타낸 도이다.
- [31] 도 7은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 하향링크 자원 블록 쌍에 매핑된 참조 신호 패턴을 예시한다.
- [32] 도 8은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 참조 신호가 매핑되는 자원을 예시하는 도면이다.
- [33] 도 9는 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서, 64개의 안테나 요소(antenna elements)를 가지는 2차원 능동 안테나 시스템을 예시한다.
- [34] 도 10은 앞서 설명한 예를 도식화한 것으로서, 2차원 안테나 배열(즉, 2D-AAS)를 이용한 3D MIMO 시스템을 예시한다.
- [35] 도 11의 예시와 같은 안테나 배열 모델을 (M, N, P)로 나타낼 수 있으며, 이는 안테나 배열 구조를 특징 짓는 파라미터에 해당된다.
- [36] 도 12는 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 트랜스미터 유닛 모델을 예시한다.
- [37] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 P-CSI 피드백 모드들을 예시한 도면이다.
- [38] 도 14는 레가시 시스템의 P-CSI mode 2-1에 따른 CSI process를 예시한 도면이다.
- [39] 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 단말의 CSI 전송 방법에 관한 순서도이다.
- [40] 도 16는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 장치의 블록 구성도를 예시한다.

발명의 실시를 위한 형태

- [41] 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.
- [42] 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.
- [43] 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.

- [44] 이하에서, 하향링크(DL: downlink)는 기지국에서 단말로의 통신을 의미하며, 상향링크(UL: uplink)는 단말에서 기지국으로의 통신을 의미한다. 하향링크에서 송신기는 기지국의 일부이고, 수신기는 단말의 일부일 수 있다. 상향링크에서 송신기는 단말의 일부이고, 수신기는 기지국의 일부일 수 있다.
- [45] 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.
- [46] 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 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 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.
- [47] 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.
- [48] 설명을 명확하게 하기 위해, 3GPP LTE/LTE-A를 위주로 기술하지만 본 발명의 기술적 특징이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [49]

- [50] 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템 일반
- [51] 도 1은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 무선 프레임의 구조를 나타낸다.
- [52] 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.
- [53] 도 1에서 무선 프레임의 시간 영역에서의 크기는 $T_s=1/(15000*2048)$ 의 시간 단위의 배수로 표현된다. 하향링크 및 상향링크 전송은 $T_f=307200*T_s=10\text{ms}$ 의 구간을 가지는 무선 프레임으로 구성된다.
- [54] 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.
- [55] 무선 프레임(radio frame)은 10개의 서브프레임(subframe)으로 구성된다. 하나의 무선 프레임은 $T_{\text{slot}}=15360*T_s=0.5\text{ms}$ 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 1ms 이고, 하나의 슬롯의 길이는 0.5ms 일 수 있다.
- [56] 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.
- [57] 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 부반송파(subcarrier)를 포함한다.
- [58] 도 1의 (b)는 타입 2 프레임 구조(frame structure type 2)를 나타낸다.
- [59] 타입 2 무선 프레임은 각 $153600*T_s=5\text{ms}$ 의 길이의 2개의 하프 프레임(half frame)으로 구성된다. 각 하프 프레임은 $30720*T_s=1\text{ms}$ 길이의 5개의 서브프레임으로 구성된다.
- [60] TDD 시스템의 타입 2 프레임 구조에서 상향링크-하향링크 구성(uplink-downlink configuration)은 모든 서브프레임에 대하여 상향링크와 하향링크가 할당(또는 예약)되는지 나타내는 규칙이다.
- [61] 표 1은 상향링크-하향링크 구성을 나타낸다.

[62] [표1]

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

[63] 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.

[64] 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.

[65] 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.

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

[67] 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 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.

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

[69] 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

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.

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

[71] [표2]

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		Normal cyclic prefix in uplink	Extended cyclic prefix in uplink
0	$6592 \cdot T_s$	$2192 \cdot T_s$	$2560 \cdot T_s$	$7680 \cdot T_s$	$2192 \cdot T_s$	$2560 \cdot T_s$
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	$26336 \cdot T_s$			$7680 \cdot T_s$		
5	$6592 \cdot T_s$	$4384 \cdot T_s$	$5120 \cdot T_s$	$20480 \cdot T_s$	$4384 \cdot T_s$	$5120 \cdot T_s$
6	$19760 \cdot T_s$			$23040 \cdot T_s$		
7	$21952 \cdot T_s$			—		
8	$24144 \cdot T_s$			—		

[72] 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.

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

[74] 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.

[75] 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.

[76] 상향링크 슬롯의 구조는 하향링크 슬롯의 구조와 동일할 수 있다.

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

[78] 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 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.

- [79] PCFICH는 서브 프레임의 첫번째 OFDM 심볼에서 전송되고, 서브 프레임 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 정보, 하향링크 자원 할당 정보 또는 임의의 단말 그룹에 대한 상향링크 전송(Tx) 파워 제어 명령을 포함한다.

- [80] 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 나를 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.

- [81] 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)을 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.

- [82] 도 4는 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 상향링크 서브

프레임의 구조를 나타낸다.

- [83] 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 PUSCH을 동시에 전송하지 않는다.
- [84] 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.
- [85]
- [86] MIMO(Multi-Input Multi-Output)
- [87] 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.
- [88] 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.
- [89] 차세대 이동통신은 기존 이동통신에 비해 훨씬 높은 데이터 전송율을 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.
- [90] 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.
- [91] 도 5는 일반적인 다중 입출력 안테나(MIMO) 통신 시스템의 구성도이다.
- [92] 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 증가율(R_i)이 곱해진 만큼으로 이론적으로 증가할 수 있다.

[93] [수식1]

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

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

[95] 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 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.

[96] 각각의 방식에 대해 좀더 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

[97] 첫째로, 공간 다이버시티 방식의 경우에는 시공간 블록 부호 계열과, 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.

[98] 둘째로, 공간 멀티플렉싱 기법은 각 송신 안테나에서 서로 다른 데이터 열을 송신하는 방법인데, 이때 수신기에서는 송신기로부터 동시에 전송된 데이터 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 Laboratories Layered Space-Time) 등이 있으며, 특히 송신단에서 채널 정보를 알 수 있는 경우에는 SVD(singular value decomposition) 방식 등을 사용할 수 있다.

[99] 셋째로, 공간 다이버시티와 공간 멀티플렉싱의 결합된 기법을 들 수 있다. 공간 다이버시티 이득만을 얻을 경우 다이버시티 차수의 증가에 따른 성능개선 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.

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

[101] 먼저, 도 5에 도시된 바와 같이 N_T 개의 송신 안테나와 N_R 개의 수신 안테나가 존재하는 것을 가정한다.

[102] 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.

[103] [수식2]

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

[104] 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.

[105] [수식3]

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

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

[107] [수식4]

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

[108] 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 $x_1, x_2, \dots, x_{N_T}$ 를 벡터 $\mathbf{x}$ 를 이용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[109] [수식5]

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

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

[111] 한편, 상술한 바와 같은 전송 신호(x)는 공간 다이버시티를 사용하는 경우와 공간 멀티플렉싱을 사용하는 경우로 나누어 생각해 볼 수 있다.

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

[113] 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.

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

[115] [수식6]

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

[116] 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 나중에 의미한다.

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

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

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

[120] [수식7]

$$h_i^T = [h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{iN_T}]$$

[121] 또한, 상기 수식 7과 같은 행렬 표현을 통해 N_T 개의 송신 안테나로부터 N_R 개의 수신 안테나를 거치는 채널을 모두 나타내는 경우 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[122] [수식8]

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

[123] 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.

[124] [수식9]

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

[125] 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.

[126] [수식10]

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

[127] 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 같아 지게 된다. 즉, 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 는 $N_R \times N_T$ 행렬이 된다.

[128] 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.

[129] [수식11]

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

[130] 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.

- [131] 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.

[132]

[133] 참조 신호(RS: Reference Signal)

- [134] 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.

- [135] 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, 신호를 정확하게 수신하기 위하여 송신 안테나와 수신 안테나 간의 채널 상태가 검출되어야 한다. 따라서 각 송신 안테나는 개별적인 참조 신호를 가져야 한다.

- [136] 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 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 추정을 할 수 있고, 따라서 데이터를 복조할 수 있게 된다. 이 RS는 데이터가 전송되는 영역에 전송되어야 한다.

- [137] 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 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.

- [138] 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 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.
- [139] DRS는 PDSCH 상의 데이터 복조가 필요한 경우 자원 요소들을 통해 전송될 수 있다. 단말은 상위 계층을 통하여 DRS의 존재 여부를 수신할 수 있으며, 상응하는 PDSCH가 매핑되었을 때만 유효하다. DRS를 단말 특정 참조 신호(UE-specific RS) 또는 복조 참조 신호(DMRS: Demodulation RS)라고 할 수 있다.
- [140] 도 7은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 하향링크 자원 블록 쌍에 매핑된 참조 신호 패턴을 예시한다.
- [141] 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 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.
- [142] 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 시그널로, 광대역에 대해서 매 서브 프레임마다 전송된다. 또한, CRS는 채널 품질 정보(CSI) 및 데이터 복조를 위해 이용될 수 있다.
- [143] 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.
- [144] 기지국이 단일의 송신 안테나를 사용하는 경우, 단일 안테나 포트를 위한 참조

신호가 배열된다.

- [145] 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.
- [146] 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.
- [147] 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.
- [148] 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.
- [149] 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.
- [150] 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 데이터 복조를 위한 RS 두 가지가 모두 디자인되어야 한다.
- [151] 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 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.
- [152] 따라서 LTE-A 시스템에서 새로이 디자인되는 RS는 크게 두 가지 분류로 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.
- [153] 채널 측정 목적의 CSI-RS는 기존의 CRS가 채널 측정, 핸드 오버 등의 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.
- [154] 데이터 복조를 위해서 해당 시간-주파수 영역에서 스케줄링 된 UE에게 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.
- [155] LTE-A 시스템에서 기지국의 하향 링크로 최대 8개의 송신 안테나를 지원한다. LTE-A 시스템에서 기존 LTE의 CRS와 같은 방식으로 최대 8개의 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 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.
- [156] 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.
- [157] 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.
- [158] 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 맵핑함으로써 FDM/TDM방식으로 이들 자원을 orthogonal하게 할당할 수 있다. 또는 서로 다른 안테나 포트에 대한 CSI-RS를 서로 orthogonal한 코드에 맵핑시키는 CDM방식으로 전송할 수 있다.

- [159] 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 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.
- [160] 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.
- [161] CSI-RS 전송을 위해 설정된 서브프레임 내에서, CSI-RS 시퀀스는 아래 수학적 식 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.
- [162] [수식 12]

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

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

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

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

$$l'' = 0,1$$

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

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

[163] 상기 수학적 식 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.

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

[165] [표3]

	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				

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

[167] [표4]

	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				

[168] 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.

[169] 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.

[170] 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.

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

- [172] 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.
- [173] 이와 같이, 각 CSI-RS 구성에 따라 CSI-RS가 전송되는 무선 자원(즉, RE 쌍)이 결정된다.
- [174] 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.
- [175] 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.
- [176] 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.
- [177] 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.
- [178] 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.
- [179] 하나의 셀에서 복수의 CSI-RS 구성이 사용될 수 있다. 널-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.
- [180] 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.

- [181] 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.
- [182] 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.
- [183] 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.
- [184] 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.
- [185] 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.
- [186] 표 5은 CSI-RS 서브프레임 구성을 예시한다.
- [187] [표5]

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	$I_{\text{CSI-RS}} - 75$

- [188] 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.
- [189] 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.
- [190] CSI-RS를 포함하는 서브프레임은 아래 수학적 식 13을 만족한다.

[191] [수식 13]

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

[192] 수식 13에서 $T_{\text{CSI-RS}}$ 는 CSI-RS 전송 주기, $\Delta_{\text{CSI-RS}}$ 는 서브프레임 오프셋 값, n_f 는 시스템 프레임 번호, n_s 는 슬롯 번호를 의미한다.

[193] 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.

[194] 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.

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

[196] - 전송 모드 10이 설정된 경우, CSI-RS 자원 구성 식별자

[197] - 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)

[198] - CSI-RS 구성(resourceConfig) (표 3 및 표 4 참조): CSI-RS 할당 자원 위치에 관한 파라미터

[199] - CSI-RS 서브프레임 구성(subframeConfig, 즉 $I_{\text{CSI-RS}}$) (표 5 참조): CSI-RS가 전송될 서브프레임 주기 및/또는 오프셋에 관한 파라미터

[200] - 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.

[201] - 전송 모드 10이 설정된 경우, 각 CSI 프로세스에 대하여 CSI 피드백을 위한 전송 파워(P_C). CSI 프로세스에 대하여 CSI 서브프레임 세트들 $C_{\text{CSI},0}$ 및 $C_{\text{CSI},1}$ 가 상위 계층에 의해 설정되면, P_C 는 CSI 프로세스의 각 CSI 서브프레임 세트 별로 설정된다.

[202] - 임의의 랜덤(pseudo-random) 시퀀스 발생기 파라미터(n_{ID})

[203] - 전송 모드 10이 설정된 경우, QCL(QuasiCo-Located) 타입 B UE 가정을 위한 QCL 스크램블링 식별자(qcl-ScramblingIdentity-r11), CRS 포트 카운트(crs-PortsCount-r11), MBSFN 서브프레임 설정 리스트(mbsfn-SubframeConfigList-r11) 파라미터를 포함하는 상위 계층

파라미터('qcl-CRS-Info-r11')

- [204] 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.
- [205] 서빙 셀의 동일한 서브프레임에서 CSI-RS와 PMCH이 함께 설정되지 않는다.
- [206] 프레임 구조 타입 2에서 4개의 CRS 안테나 포트가 설정된 경우, UE는 일반 CP의 경우 [20-31] 세트(표 3 참조) 또는 확장 CP의 경우 [16-27] 세트(표 4 참조)에 속하는 CSI-RS 구성 인덱스가 설정되지 않는다.
- [207] UE는 CSI-RS 자원 구성의 CSI-RS 안테나 포트가 지연 확산(delay 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.
- [208] 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 15-22가 도플러 확산(Doppler spread), 도플러 쉬프트(Doppler shift)에 대하여 QCL 관계라고 가정할 수 있다.
- [209] 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.
- [210] 상위 계층 시그널링을 통해 ZP CSI-RS 자원 구성을 위한 아래와 같은 파라미터가 설정될 수 있다.
- [211] - ZP CSI-RS 구성 리스트(zeroTxPowerResourceConfigList) (표 3 및 표 4 참조): 제로-파워 CSI-RS 구성에 관한 파라미터
- [212] - ZP CSI-RS 서브프레임 구성(zeroTxPowerSubframeConfig, 즉 I_CSI-RS) (표 5 참조): 제로-파워 CSI-RS가 전송되는 서브프레임 주기 및/또는 오프셋에 관한 파라미터
- [213] 서빙 셀의 동일한 서브프레임에서 ZP CSI-RS와 PMCH가 동시에 설정되지 않는다.
- [214] 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.
- [215] 상위 계층 시그널링을 통해 각 CSI-IM 자원 구성을 위한 아래와 같은 파라미터가 설정될 수 있다.
- [216] - ZP CSI-RS 구성 (표 3 및 표 4 참조)
- [217] - ZP CSI-RS 서브프레임 구성(I_CSI-RS) (표 5 참조)
- [218] CSI-IM 자원 구성은 설정된 ZP CSI-RS 자원 구성 중 어느 하나와 동일하다.
- [219] 서빙 셀의 동일한 서브프레임 내 CSI-IM 자원과 PMCH가 동시에 설정되지 않는다.

[220]

[221] 매시브 MIMO(Massive MIMO)

[222] 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.

[223] 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.

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

[225] 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.

[226] 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.

[227] AAS 등의 진보된 안테나 시스템의 도입으로 다수의 입출력 안테나와 다차원 안테나 구조를 갖는 대규모 MIMO 구조 또한 고려되고 있다. 일례로, 기존의 일차 형 안테나 배열과 달리 2차원(2D: 2-Dimension) 안테나 배열을 형성할 경우, AAS의 능동 안테나에 의해 3차원 빔 패턴을 형성할 수 있다.

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

[229] 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.

[230] 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.

[231] 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.

- [232] 도 10은 앞서 설명한 예를 도식화한 것으로서, 2차원 안테나 배열(즉, 2D-AAS)를 이용한 3D MIMO 시스템을 예시한다.
- [233] 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.
- [234] 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.
- [235] 도 11은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 교차 편파(cross polarization)를 가지는 2차원 안테나 시스템을 예시한다.
- [236] 편파(Polarization)를 고려한 2D 평면 배열 안테나(planar antenna array) 모델의 경우, 도 11과 같이 도식화할 수 있다.
- [237] 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.
- [238] 도 11의 예시와 같은 안테나 배열 모델을 (M, N, P)로 나타낼 수 있으며, 이는 안테나 배열 구조를 특징 짓는 파라미터에 해당된다.
- [239] M은 각 열(즉, 수직 방향에서)에서 같은 편파(polarization)를 가지고 있는 안테나 요소(antenna element)의 개수(즉, 각 열에서 +45°경사(slant)를 가지고 있는 안테나 요소의 개수 또는 각 열에서 -45°경사(slant)를 가지고 있는 안테나 요소의 개수)를 나타낸다.
- [240] N은 수평 방향의 열의 개수(즉, 수평 방향에서 안테나 요소의 개수)를 나타낸다.
- [241] P는 편파(polarization)의 차원(dimension)의 개수를 나타낸다. 도 11의 경우와 같이 교차 편파(cross polarization)의 경우 P=2이나, 동일 편파(co-polarization)의 경우 P=1이다.
- [242] 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.
- [243] 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.

- [244] 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 위한 CRS와 관련된다.
- [245] 즉, 안테나 포트는 기지국에서 물리적 안테나 요소로부터 전송된 실제 하향링크 전송이 아닌 단말 입장에서의 하향링크 전송을 나타낸다.
- [246] 다른 일례로, 다수의 안테나 포트가 하향링크 전송을 위해 사용되나, 각 안테나 포트는 다중의 물리적 안테나 요소에 매핑될 수 있다. 이 경우는 안테나 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.
- [247] FD-MIMO에서는, 데이터 스트림의 MIMO 프리코딩은 안테나 포트 가상화, 트랜스미버 유닛(또는 송수신 유닛)(TXRU: transceiver unit) 가상화, 안테나 요소 패턴을 거칠 수 있다.
- [248] 안테나 포트 가상화는 안테나 포트 상의 스트림이 TXRU 상에서 프리코딩된다. TXRU 가상화는 TXRU 신호가 안테나 요소 상에서 프리코딩된다. 안테나 요소 패턴은 안테나 요소로부터 방사되는 신호는 방향성의 이득 패턴(directional gain pattern)을 가질 수 있다.
- [249] 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.
- [250] 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.

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

[252] 도 12는 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 트랜스미버 유닛 모델을 예시한다.

[253] 1D TXRU 가상화에 있어서, M_{TXRU} 개의 TXRU은 동일한 편파(polarization)을 가지는 단일의 열(column) 안테나 배열로 구성되는 M 개의 안테나 요소와 관련된다.

[254] 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 $M_{\text{TXRU}} \times N \times P$ 와 같다.

[255] 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 옵션-2: 전역 연결(full-connection) 모델로 구분될 수 있다.

[256] 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.

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

[258] 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, W 는 광대역 TXRU 가상화 가중치 행렬(wideband TXRU virtualization weight matrix)이다. x 는 M_{TXRU} 개의 TXRU들의 신호 벡터이다.

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

[260] 도 12에서 TXRU와 안테나 요소 간의 매핑(TXRU-to-element 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.

[261]

[262] 채널상태정보(CSI: Channel State Information) 피드백

- [263] MIMO 방식은 개-루프(open-loop) 방식과 폐-루프(closed-loop) 방식으로 구분될 수 있다. 개-루프 MIMO 방식은 MIMO 수신단으로부터의 채널상태정보의 피드백이 없이 송신단에서 MIMO 전송을 수행하는 것을 의미한다. 폐-루프 MIMO 방식은 MIMO 수신단으로부터의 채널상태정보를 피드백 받아 송신단에서 MIMO 전송을 수행하는 것을 의미한다. 폐-루프 MIMO 방식에서는 MIMO 송신 안테나의 다중화 이득(multiplexing gain)을 얻기 위해서 송신단과 수신단의 각각이 채널 상태정보를 바탕으로 빔포밍을 수행할 수 있다. 수신단(예를 들어, 단말)이 채널상태정보를 피드백할 수 있도록 송신단(예를 들어, 기지국)은 수신단(예를 들어, 단말)에게 상향링크 제어 채널 또는 상향링크 공유 채널을 할당할 수 있다.
- [264] 피드백되는 채널상태정보(CSI)는 랭크 지시자(RI), 프리코딩 행렬 인덱스(PMI), 프리코딩 타입 지시자(PTI) 및/또는 채널품질지시자(CQI)를 포함할 수 있다.
- [265] RI는 채널 랭크에 대한 정보이다. 채널의 랭크는 동일한 시간-주파수 자원을 통해서 서로 다른 정보를 보낼 수 있는 레이어(또는 스트림)의 최대 개수를 의미한다. 랭크 값은 채널의 장기간(long term) 페이딩에 의해서 주로 결정되므로, PMI 및 CQI에 비하여 일반적으로 더 긴 주기에 따라(즉, 덜 빈번하게) 피드백될 수 있다. 전송 다이버시티(transmit diversity)의 경우 RI는 1과 같다.
- [266] PMI는 송신단으로부터의 전송에 이용되는 프리코딩 행렬에 대한 정보이며, 채널의 공간 특성을 반영하는 값이다. 프리코딩이란 전송 레이어를 송신 안테나에 매핑시키는 것을 의미하며, 프리코딩 행렬에 의해 레이어-안테나 매핑 관계가 결정될 수 있다. PMI는 신호대잡음및간섭비(SINR: Signal-to-Interference plus Noise Ratio) 등의 측정값(metric)을 기준으로 단말이 선호하는(preferred) 기지국의 프리코딩 행렬 인덱스에 해당한다. 프리코딩 정보의 피드백 오버헤드를 줄이기 위해서, 송신단과 수신단이 여러 가지 프리코딩 행렬을 포함하는 코드북을 미리 공유하고 있고, 해당 코드북에서 특정 프리코딩 행렬을 지시하는 인덱스만을 피드백하는 방식이 사용될 수 있다.
- [267] CQI는 채널 품질 또는 채널 세기를 나타내는 정보이다. CQI는 미리 결정된 MCS 조합으로서 표현될 수 있다. 즉, 피드백되는 CQI 인덱스는 해당하는 변조기법(modulation scheme) 및 코드 레이트(code rate)를 나타낸다. 일반적으로, CQI는 기지국이 PMI를 이용하여 공간 채널을 구성하는 경우에 얻을 수 있는 수신 SINR을 반영하는 값이 된다.
- [268] 표 6은 QPSK(Quadrature phase shift keying), 16QAM(Quadrature Amplitude Modulation), 64QAM and 256QAM에 기반한 CQI 보고를 위한 CQI 인덱스에 대한 설명(interpretation)을 예시한다.

[269] [표6]

CQI 인덱스	변조	코드 레이트 x 1024
0	out of range	
1	QPSK	78
2	QPSK	193
3	QPSK	449
4	16QAM	378
5	16QAM	490
6	16QAM	616
7	64QAM	466
8	64QAM	567
9	64QAM	666
10	64QAM	772
11	64QAM	873
12	256QAM	711
13	256QAM	797
14	256QAM	885
15	256QAM	948

- [270] 확장된 안테나 구성을 지원하는 시스템(예를 들어, LTE-A 시스템)에서는 MU-MIMO(multi-user MIMO) 방식을 이용하여 추가적인 다중사용자 다이버시티를 획득하는 것을 고려하고 있다. MU-MIMO 방식에서는 안테나 영역(domain)에서 다중화되는 단말들 간의 간섭 채널이 존재하므로, 다중사용자 중 하나의 단말이 피드백하는 채널 상태정보를 기지국에서 이용하여 하향링크 전송을 수행하는 경우에 다른 단말에 대해서 간섭이 발생하지 않도록 하는 것이 필요하다. 따라서, MU-MIMO 동작이 올바르게 수행되기 위해서는 SU-MIMO(single-user MIMO) 방식에 비하여 보다 높은 정확도의 채널상태정보가 피드백되어야 한다.
- [271] 이와 같이 보다 정확한 CSI를 측정 및 보고할 수 있도록, 기존의 RI, PMI 및 CQI로 구성되는 CSI를 개선한 새로운 CSI 피드백 방안이 적용될 수 있다. 예를 들어, 수신단이 피드백하는 프리코딩 정보가 2 개의 PMI의 조합에 의해서 지시될 수 있다. 2 개의 PMI 중 하나(제1 PMI)는, 장기간 및/또는 광대역(long term and/or wideband)의 속성을 가지고, W1으로 지칭될 수 있다. 2 개의 PMI 중 다른 하나(제2 PMI)는, 단기간 및/또는 서브대역(short term and/or subband)의 속성을 가지고, W2으로 지칭될 수 있다. W1 및 W2의 조합(또는 함수)에 의해서 최종적인 PMI가 결정될 수 있다. 예를 들어, 최종 PMI를 W 라 하면, $W=W1*W2$ 또는 $W=W2*W1$ 과 같이 정의될 수 있다.
- [272] 여기서, W1은 채널의 주파수 및/또는 시간상 평균적인 특성을 반영한다. 다시 말하자면, W1은 시간 상에서 장기간(long term) 채널의 특성을 반영하거나, 주파수 상에서 광대역(wideband) 채널의 특성을 반영하거나, 또는 시간상에서 장기간인 동시에 주파수 상에서 광대역 채널의 특성을 반영하는 채널 상태

정보로서 정의될 수 있다. W1의 이러한 특성을 간략하게 표현하기 위해서, W1를 장기간-광대역 속성의 채널 상태 정보(또는, 장기간-광대역 PMI)라고 한다.

- [273] 한편, W2는 W1에 비하여 상대적으로 순간적인(instantaneous) 채널 특성을 반영한다. 다시 말하자면, W2는 시간 상에서 단기간(short term) 채널의 특성을 반영하거나, 주파수 상에서 서브대역(subband) 채널의 특성을 반영하거나, 또는 시간상에서 단기간인 동시에 주파수 상에서 서브대역 채널의 특성을 반영하는 채널 상태 정보로서 정의될 수 있다. W2의 이러한 특성을 간략하게 표현하기 위해서, W2를 단기간-서브대역 속성의 채널 상태 정보(또는, 단기간-서브대역 PMI)라고 한다.
- [274] 채널 상태를 나타내는 2 개의 서로 다른 속성의 정보(예를 들어, W1 및 W2)로부터 하나의 최종 프리코딩 행렬(W)을 결정할 수 있도록 하기 위해서, 각각의 속성의 채널 정보를 나타내는 프리코딩 행렬들로 구성되는 별도의 코드북 (즉, W1에 대한 제 1 코드북 및 W2에 대한 제 2 코드북)을 구성할 필요가 있다. 이와 같이 구성되는 코드북의 형태를 계층적 코드북(hierarchical codebook)이라 할 수 있다. 또한, 계층적 코드북을 이용하여 최종 사용될 코드북을 결정하는 것을, 계층적 코드북 변환(hierarchical codebook transformation)이라 할 수 있다.
- [275] 이러한 코드북을 이용하는 경우에 단일 코드북을 이용하는 경우에 비하여 높은 정확도의 채널 피드백이 가능해진다. 이와 같이 높은 정확도의 채널 피드백을 이용하여 단일-셀 MU-MIMO 및/또는 다중-셀 협력 통신 등을 지원할 수도 있다.
- [276] 이러한 CSI 보고 방식은 주기적으로 전송되는 주기적 보고(periodic reporting)와 기지국의 요청에 의해서 전송되는 비주기적 보고(aperiodic reporting)로 나뉜다.
- [277] 비주기적 보고의 경우, 기지국이 단말에게 내려주는 상향링크 스케줄링 그랜트(예를 들어, DCI 포맷 0 또는 4)에 포함된 1 또는 2 비트의 CSI 요청(CSI request) 필드에 의해 각각의 단말에게 설정되며, 각각의 단말은 이 정보를 받으면 자신의 전송 모드를 고려하여 CSI를 PUSCH를 통해서 기지국에 전달할 수 있다.
- [278] 주기적 보고의 경우, 상위 계층 시그널링(예를 들어, RRC 시그널링)을 통해 CSI 보고 주기와 해당 주기에서의 오프셋(offset) 등이 서브프레임 단위로 각각의 단말에게 시그널링되며, 정해진 주기에 따라 각각의 단말은 전송 모드를 고려한 CSI를 PUCCH를 통해서 기지국에 전달할 수 있다.
- [279] 단말이 하나 이상의 서빙 셀이 설정된 경우, 단말은 활성화된 서빙 셀에 대해서만 CSI를 전송한다. 단말이 PUSCH 및 PUCCH를 동시에 전송하도록 설정되지 않으면, 단말은 주기적인 CSI 보고를 PUCCH 상에서 전송한다. 비주기적 CQI/PMI 보고에 있어서, RI 보고는 CSI 피드백 타입이 RI 보고를 지원하도록 설정될 때만 전송된다. 주기적 보고와 비주기적 보고가 동일한 서브프레임 내에서 충돌하는 경우에는 단말은 비주기적 보고만이 수행될 수

있다.

[280] 먼저, PUSCH를 사용하는 비주기적 CSI 보고(Aperiodic CSI Reporting)에 대하여 살펴본다.

[281] 표 7은 PUSCH CSI 보고 모드를 위한 CQI 및 PMI 피드백 타입을 예시한다.

[282] [표 7]

		PMI 피드백 타입		
		PMI 없음	단일 PMI	다중 PMI
PUSCH CQI 피드백 타입	광대역 (Wideband) (wideband CQI)			모드 1-2
	UE 선택 (UE Selected) (subband CQI)	모드 2-0		모드 2-2
	상위 계층 설정 (Higher Layer-configured) (subband CQI)	모드 3-0	모드 3-1	모드 3-2

[283] 각 전송 모드(Transmission mode)에서, PUSCH 상에서 아래와 같은 보고 모드가 지원된다.

[284] 전송 모드 1: 모드 2-0, 3-0

[285] 전송 모드 2: 모드 2-0, 3-0

[286] 전송 모드 3: 모드 2-0, 3-0

[287] 전송 모드 4: 모드 1-2, 2-2, 3-1, 3-2

[288] 전송 모드 5: 모드 3-1

[289] 전송 모드 6: 모드 1-2, 2-2, 3-1, 3-2

[290] 전송 모드 7: 모드 2-0, 3-0

[291] 전송 모드 8: 단말이 PMI/RI를 보고하도록 설정되면, 모드 1-2, 2-2, 3-1; 단말이 PMI/RI를 보고하지 않도록 설정되면, 모드 2-0, 3-0

[292] 전송 모드 9: 단말이 PMI/RI를 보고하도록 설정되고 CSI-RS 포트의 수가 1을 초과하면, 모드 1-2, 2-2, 3-1, 3-2; 단말이 PMI/RI를 보고하지 않도록 설정되고 CSI-RS 포트의 수가 1이면, 모드 2-0, 3-0

[293] 전송 모드 10: 단말이 PMI/RI를 보고하도록 설정되고, CSI-RS 포트의 수가 1을 초과하면 모드 1-2, 2-2, 3-1, 3-2; 단말이 PMI/RI를 보고하지 않도록 설정되고 CSI-RS 포트의 수가 1이면, 모드 2-0, 3-0

[294] 비주기적 CSI 보고 모드는 상위 계층 시그널링(예를 들어, RRC 시그널링)에 의해 설정된다.

[295] RI는 전송 모드 3 및 4, PMI/RI 보고가 설정된 전송 모드 8, 9 및 10에서만 보고된다.

[296] 1) 광대역 피드백(Wideband feedback)

[297] - 모드 1-2

[298] 각 서브밴드에서 해당 서브밴드에서의 전송만을 가정하고 코드북

서브세트(codebook subset)으로부터 선호하는 프리코딩 행렬(precoding matrix)이 선택된다.

- [299] 단말은 하나의 광대역 CQI 값을 코드워드(codeword) 별로 보고한다. 여기서 광대역 CQI 값은 서브밴드 세트(S)에서의 전송과 해당하는 각 서브밴드에서 선택된 프리코딩 행렬을 사용한다고 가정하여 계산된다.
- [300] 단말은 각 서브밴드 세트(S)에서 선택된 PMI를 보고하거나, 단말은 서브밴드 세트(S)에 대한 W1(즉, 제1 PMI)와 각 서브밴드 세트(S)에 대한 W2(즉, 제2 PMI)를 보고할 수 있다.
- [301] 보고되는 PMI 및 CQI 값은 보고된 RI 또는 랭크 1을 조건으로 계산된다.
- [302] 2) 상위 계층 설정(Higher Layer-configured) 서브밴드(subband) 피드백
- [303] - 모드 3-0
- [304] 단말은 서브밴드 세트(S)에서의 전송을 가정하여 계산된 광대역 CQI 값을 보고한다.
- [305] 단말은 또한 각 서브밴드 세트(S)에 대한 단일의 서브밴드 CQI 값을 보고한다. 서브밴드 CQI 값은 해당 서브밴드에서의 전송만을 가정하고 계산된다.
- [306] RI가 1을 초과하더라도 광대역 및 서브밴드 CQI는 모두 첫 번째 코드워드(codeword)에 대한 채널 품질을 나타낸다.
- [307] 보고되는 CQI 값은 보고된 RI 또는 랭크 1을 조건으로 계산된다.
- [308] - 모드 3-1
- [309] 서브밴드 세트(S)에서 전송을 가정하여 단일의 프리코딩 행렬이 코드북 서브셋에서 선택된다.
- [310] 단말은 각 서브밴드 세트(S)에서 코드워드(codeword) 별로 단일의 서브밴드 CQI 값을 보고한다. 여기서, 서브밴드 CQI 값은 해당 서브밴드에서의 전송과 모든 서브밴드에서 단일의 프리코딩 행렬을 이용한다고 가정하여 계산된다.
- [311] 단말은 코드워드(codeword) 별로 광대역 CQI 값을 보고 한다. 여기서, 광대역 CQI 값은 해당 서브밴드에서의 전송과 모든 서브밴드에서 단일의 프리코딩 행렬을 이용한다고 가정하여 계산된다.
- [312] 단말은 선택된 단일의 PMI를 보고하거나, 선택된 PMI에 해당하는 W1 및 W2를 보고할 수 있다.
- [313] 보고되는 PMI 및 CQI 값은 보고된 RI 또는 랭크 1을 조건으로 계산된다.
- [314] - 모드 3-2
- [315] 각 서브밴드에 대하여 해당 서브밴드에서의 전송만을 가정하고 선호되는 프리코딩 행렬이 코드북 서브셋으로부터 선택된다.
- [316] 단말은 단일의 광대역 CQI 값을 코드워드(codeword) 별로 보고한다. 여기서, 광대역 CQI 값은 서브밴드 세트(S)에서의 전송과 각 서브밴드에서 선택된 프리코딩 행렬이 이용된다고 가정하여 계산된다.
- [317] 단말은 각 서브밴드 세트(S)에 대하여 선택된 단일의 PMI를 보고하거나 모든 서브밴드 세트(S)에 대한 W1과 각 서브밴드 세트(S)에 대한 W2를 보고할 수

있다.

[318] 단말은 각 서브밴드 세트(S)에서 코드워드(codeword) 별로 단일의 서브밴드 CQI 값을 보고한다. 여기서, 서브밴드 CQI 값은 단일의 서브밴드에서의 전송과 해당 서브밴드에서 선택된 프리코딩 행렬이 사용되는 것이 반영된다.

[319] 보고되는 PMI 및 CQI 값은 보고된 RI 또는 랭크 1을 조건으로 계산된다.

[320] 각 코드워드(codeword)에 대한 서브밴드 CQI 값은 2 비트를 사용하여 각각 광대역 CQI와 대비하여 차분적으로 인코딩된다.

[321] 즉, 서브밴드 차분 CQI 오프셋 레벨(Subband differential CQI offset level)은 서브밴드 CQI 인덱스와 광대역 CQI 인덱스의 차로 계산된다(Subband differential CQI offset level = subband CQI index - wideband CQI index).

[322] 표 8은 서브밴드 차분 CQI 값(subband differential CQI value)과 오프셋 레벨(offset level)의 매핑 관계를 예시한다.

[323] [표8]

서브밴드 차분 CQI 값	오프셋 레벨
0	0
1	1
2	≥ 2
3	≤ -1

[324] 표 9는 광대역 피드백(Wideband feedback) 및 상위 계층 설정(Higher Layer-configured) 서브밴드(subband) 피드백에 있어서, 서브밴드 크기(k)와 시스템 대역폭과의 관계를 예시한다.

[325] [표9]

시스템 대역폭 N_{RB}^{DL}	서브밴드 크기 (k)
6 - 7	NA
8 - 10	4
11 - 26	4
27 - 63	6
64 - 110	8

[326] 3) 단말 선택(UE-selected) 서브밴드 피드백

[327] - 모드 2-0

[328] 단말은 서브밴드 세트(S) 내에서 선호하는 M개의 크기 k의 서브밴드들로 구성되는 세트를 선택한다. 여기서, k 및 M 값은 시스템 대역폭에 따라 아래 표 8에서 주어진다.

[329] 단말은 M개의 선택된 서브밴드에서 전송이 반영된 단일의 CQI 값을 또한 보고한다. RI가 1을 초과하더라도 CQI는 첫 번째 코드워드(codeword)에 대한 채널 품질을 나타낸다.

[330] 또한, 단말은 단일의 광대역 CQI 값을 보고한다. 광대역 CQI 값은 서브밴드

세트(S)에서 전송을 가정하여 계산된다. RI가 1을 초과하더라도 광대역 CQI는 첫 번째 코드워드(codeword)에 대한 채널 품질을 나타낸다.

[331] 보고되는 CQI 값은 보고된 RI 또는 랭크 1을 조건으로 계산된다.

[332] - 모드 2-2

[333] 단말은 서브밴드 세트(S) 내에서 선호하는 M개의 크기 k의 서브밴드들로 구성되는 세트를 선택하고, 코드북 서브셋에서 M개의 선택된 서브밴드에서 전송을 위해 사용되는 것이 선호되는 단일 프리코딩 행렬을 선택한다. 여기서, k 및 M 값은 시스템 대역폭에 따라 아래 표 8에서 주어진다.

[334] 단말은 코드워드(codeword) 별로 단일의 CQI 값을 보고한다. CQI 값은 선택된 M개의 선호하는 서브밴드에서만 전송과 각 M개의 서브밴드에서 선택된 단일의 프리코딩 행렬을 사용을 반영한다.

[335] 단말은 또한 M개의 선택된 서브밴드에서 선호되는 선택된 단일의 PMI를 또한 보고할 수 있다. 단말은 또한 모든 서브밴드 세트(S)에 대해 선택된 단일의 PMI를 보고하거나 모든 서브밴드 세트(S)에 대한 W1를 보고하고, 모든 서브밴드 세트(S)에 대한 W2와 M개의 선택된 서브밴드에 대한 W2를 보고할 수 있다.

[336] 단일의 프리코딩 행렬은 서브밴드 세트(S)에서 전송을 가정하여 코드북 서브셋에서 선택된다.

[337] 단말은 코드워드(codeword) 별로 광대역 CQI 값을 보고한다. 광대역 CQI는 서브밴드 세트(S)에서의 전송과 모든 서브밴드에서 단일의 프리코딩 행렬을 사용한다고 가정하여 계산된다.

[338] 보고되는 PMI 및 CQI 값은 보고된 RI 또는 랭크 1을 조건으로 계산된다.

[339] 모든 단말 선택(UE-selected) 서브밴드 피드백 모드에서 단말은 아래 수학적식 15에서 정의된 결합 인덱스(combinatorial index) r을 사용하여 M개의 선택된 서브밴드의 위치를 보고한다.

[340] [수식 14]

$$r = \sum_{i=0}^{M-1} \binom{N-s_i}{M-i}$$

[341] 수학적식 14에서 서브밴드 세트

$$\{s_i\}_{i=0}^{M-1}$$

는 M개의 서브밴드 인덱스를 포함한다. 서브밴드 인덱스는 $1 \leq s_i \leq N$, $s_i \leq s_{i+1}$ 와 같다.

[342] 수학적식 14에서

$$\binom{x}{y} = \begin{cases} \binom{x}{y} & x \geq y \\ 0 & x < y \end{cases}$$

는 확장된 이항 계수(binomial coefficient)이고, 이에 따라 고유한 값이

$$r \in \left\{ 0, \dots, \binom{N}{M} - 1 \right\}$$

와 같이 도출된다.

[343] 각 코드워드(codeword)에 대하여 M개의 선택된 서브밴드에 대한 CQI 값은 2 비트를 사용하여 각각 광대역 CQI와 대비하여 차분적으로 인코딩된다.

[344] 즉, 차분 CQI 오프셋 레벨(Differential CQI offset level)은 M개의 선택된 서브밴드 CQI 인덱스와 광대역 CQI 인덱스의 차로 계산된다. (Differential CQI offset level = M selected subbands CQI index - wideband CQI index)

[345] 표 10은 차분 CQI 값(Differential CQI value)과 오프셋 레벨(offset level)의 매핑 관계를 예시한다.

[346] [표10]

차분 CQI 값	오프셋 레벨
0	≤1
1	2
2	3
3	≥4

[347] 표 11은 단말 선택(UE-selected) 서브밴드 피드백에 있어서, 서브밴드 크기(k) 및 서브밴드 세트(S) 내에서 서브밴드의 수(M)와 시스템 대역폭과의 관계를 예시한다.

[348] [표11]

시스템 대역폭 N_{RB}^{DL}	서브밴드 크기 k (RBs)	M
6 - 7	NA	NA
8 - 10	2	1
11 - 26	2	3
27 - 63	3	5
64 - 110	4	6

[349] 다음으로, PUCCH를 사용하는 주기적 CSI 보고(Periodic CSI Reporting)에 대하여 살펴본다.

[350] 단말은 상위 계층에 의해 반정적(semi-statically)으로 주기적으로 서로 다른 CSI 컴포넌트(CQI, PMI, PTI 및/또는 RI)를 아래 표 9에서 정해진 보고 모드를 이용하여 PUCCH 상에서 피드백하도록 설정된다. 전송 모드 10인 단말은 상위 계층에 의해 서빙 셀 별로 하나 이상의 CSI 프로세스에 대응되는 PUCCH 상의 다중의 주기적 CSI 보고가 설정될 수 있다.

[351] 표 12는 PUCCH CSI 보고 모드를 위한 CQI 및 PMI 피드백 타입을 예시한다.

[352] [표12]

		PMI 피드백 타입	
		PMI 없음	단일 PMI
PUCCH CQI 피드백 타입	광대역 (Wideband) (wideband CQI)	Mode 1-0	Mode 1-1
	UE 선택 (UE Selected) (subband CQI)	Mode 2-0	Mode 2-1

[353] 각 전송 모드(Transmission mode)에서, PUCCH 상에서 아래와 같은 보고 모드가 지원된다.

[354] 전송 모드 1: 모드 1-0, 2-0

[355] 전송 모드 2: 모드 1-0, 2-0

[356] 전송 모드 3: 모드 1-0, 2-0

[357] 전송 모드 4: 모드 1-1, 2-1

[358] 전송 모드 5: 모드 1-1, 2-1

[359] 전송 모드 6: 모드 1-1, 2-1

[360] 전송 모드 7: 모드 1-0, 2-0

[361] 전송 모드 8: 단말이 PMI/RI를 전송하도록 설정되면, 모드 1-1, 2-1; 단말이 PMI/RI를 보고 하지 않도록 설정되면, 모드 1-0, 2-0

[362] 전송 모드 9: 단말이 PMI/RI를 보고하도록 설정되고 CSI-RS 포트의 수가 1을 초과하면, 모드 1-1, 2-1; 단말이 PMI/RI를 보고하지 않도록 설정되고 CSI-RS 포트의 수가 1이면, 모드 1-0, 2-0

[363] 전송 모드 10: 단말이 PMI PMI/RI를 보고하도록 설정되고 CSI-RS 포트의 수가 1을 초과하면, 모드 1-1, 2-1; 단말이 PMI/RI를 보고하지 않도록 설정되고 CSI-RS 포트의 수가 1이면, 모드 1-0, 2-0

[364] 전송 모드 1-9가 설정된 단말의 경우, 각 서빙 셀에서 하나의 주기적 CSI 보고 모드가 상위 계층 시그널링(예를 들어, RRC 시그널링)에 의해 설정된다. 전송 모드 10이 설정된 단말의 경우, 각 서빙 셀에서 하나 이상의 주기적 CSI 보고 모드가 상위 계층 시그널링(예를 들어, RRC 시그널링)에 의해 설정된다.

[365] 단말 선택(UE-selected) 서브밴드 CQI에 있어서, 특정 서빙 셀의 특정 서브프레임에서 CQI 보고는 대역폭 부분(BP: Bandwidth Part)으로 정의되는 서빙 셀의 대역폭의 일부분(들)에 대한 채널 품질을 나타낸다. BP는 가장 낮은 주파수에서 시작하여 주파수가 증가하는 순서로 대역폭 크기의 증가 없이 인덱스가 부여된다.

[366] 각 서빙 셀에 대하여, 시스템 대역폭은 N 개의 서브밴드로 나눌 수 있다. 하나의 서브밴드는 아래 표 10에서 정의하는 k 개의 RB를 포함할 수 있다. 전체 대역폭의 RB 개수가 k의 정수배가 아닌 경우, 마지막 N 번째 서브밴드는 k개의 RB로 구성되지 않을 수 있다. BP(j)는 주파수 연속적이고, N_j 서브밴드로 구성된다. BP들(J)은 서브밴드 세트(S) 또는 시스템 대역폭에 걸쳐서 정해질 수

있다. 각 $BP(j)(0 \leq j \leq J-1)$ 는 증가되는 주파수에 따라 연속적인 순서로 스캔된다. 단말 선택(UE selected) 서브밴드 피드백에 있어서, BP의 N_j 개 서브밴드로부터 단일의 서브밴드가 선택된다.

[367] 표 13은 주기적 CSI 보고(Periodic CSI Reporting)에 있어서, 서브밴드 크기(k) 및 BP들(J)과 하향링크 시스템 대역폭의 관계를 나타낸다.

[368] [표13]

시스템 대역폭 N_{RB}^{DL}	서브밴드 크기 k (RBs)	대역폭 부분들 (J)
6 - 7	NA	NA
8 - 10	4	1
11 - 26	4	2
27 - 63	6	3
64 - 110	8	4

[369] 아래 CQI/PMI 및 RI 보고 타입은 각각 구분되는 주기 및 오프셋들을 가지고, PUCCH CSI 보고 모드를 지원한다.

[370] - 타입 1 보고는 단말 선택(UE-selected) 서브밴드를 위한 CQI 피드백을 지원한다.

[371] - 타입 1a 보고는 서브밴드 CQI 및 W2 피드백을 지원한다.

[372] - 타입 2, 타입 2b, 및 타입 2c 보고는 광대역 CQI 및 PMI 피드백을 지원한다.

[373] - 타입 2a 보고는 광대역 PMI 피드백을 지원한다.

[374] - 타입 3 보고는 RI 피드백을 지원한다.

[375] - 타입 4 보고는 광대역 CQI를 지원한다.

[376] - 타입 5 보고는 RI 및 광대역 PMI 피드백을 지원한다.

[377] - 타입 6 보고는 RI 및 PTI 피드백을 지원한다.

[378] 광대역 CQI/PMI만을 보고하는 타입과 광대역 CQI/PMI 및 서브밴드 CQI를 함께 보고하는 타입이 정의된다.

[379] 먼저, 광대역 CQI/PMI 보고만이 설정된 경우, 전송되는 서브프레임은 아래 수식 16과 같이 정해진다.

[380] [수식15]

$$(10 \times n_f + \lfloor n_s / 2 \rfloor - N_{OFFSET, CQI}) \bmod(N_{pd}) = 0$$

[381] 수식 15에서 n_f 는 시스템 프레임 번호, n_s 는 무선 프레임 내 슬롯 번호를 나타낸다.

[382] 전송 모드 1-9가 설정된 단말 그리고 각 서빙 셀에 있어서, 또는 전송 모드 10이 설정된 단말 그리고 각 서빙 셀에서 각 CSI 프로세스에 있어서, CQI/PMI 보고를 위한 주기 N_{pd} (서브프레임 단위) 및 오프셋 $N_{OFFSET, CQI}$ (서브프레임 단위)는 상위 계층 파라미터에 의해 결정된다.

[383] RI 보고가 설정되는 경우, RI 보고의 보고 주기는 N_{pd} 의 M_{RI} 정수 배수이고, RI 보고가 전송되는 서브프레임은 아래 수학적식 16과 같이 정해진다.

[384] [수식16]

$$(10 \times n_f + \lfloor n_s / 2 \rfloor - N_{OFFSET,CQI} - N_{OFFSET,RI}) \bmod (N_{pd} \cdot M_{RI}) = 0$$

[385] 수학적식 16에서 RI 보고를 위한 상대적인 오프셋 $N_{OFFSET,RI}$ 및 주기 M_{RI} 는 상위 계층 파라미터에 의해 결정된다.

[386] 광대역 CQI/PMI 및 서브밴드 CQI 보고(또는 전송 모드 9 및 10을 위한 서브밴드 CQI/W2 보고)가 설정된 경우, 전송되는 서브프레임은 아래 수학적식 18과 같이 정해진다.

[387] [수식17]

$$(10 \times n_f + \lfloor n_s / 2 \rfloor - N_{OFFSET,CQI}) \bmod N_{pd} = 0$$

[388] PTI가 전송되지 않는 경우 또는 가장 최근에 전송된 PTI가 1일 때, 광대역 CQI/광대역 PMI 보고(또는 전송 모드 8, 9 및 10을 위한 광대역 CQI/광대역 W2 보고)의 주기는 $H \cdot N_{pd}$ 와 같으며, 전송되는 서브프레임은 아래 수학적식 18과 같이 정해진다.

[389] [수식18]

$$(10 \times n_f + \lfloor n_s / 2 \rfloor - N_{OFFSET,CQI}) \bmod (H \cdot N_{pd}) = 0$$

[390] 여기서, H는 $H=J \cdot K+1$ 를 만족하며, J는 BP의 수를 나타낸다.

[391] 두 연속적인 광대역 CQI/ 광대역 PMI(또는 전송모드 8, 9 및 10을 위한 광대역 CQI/광대역 W2) 보고 간에 존재하는 J*K 보고 시점은 서브밴드 CQI(또는 전송모드 9 및 10을 위한 서브밴드 CQI/W2) 보고를 위해 이용될 수 있다. BP의 사이클은 BP 0부터 시작하여 BP J-1까지 증가된다. 파라미터 K는 상위 계층 시그널링(예를 들어, RRC 시그널링)에 의해 설정된다.

[392] 반면, 가장 최근에 전송된 PTI가 0일 때, 광대역 W1의 보고 주기는 $H' \cdot N_{pd}$ 와 같으며, 전송되는 서브프레임은 아래 수학적식 19와 같이 정해진다.

[393] [수식19]

$$(10 \times n_f + \lfloor n_s / 2 \rfloor - N_{OFFSET,CQI}) \bmod (H' \cdot N_{pd}) = 0$$

[394] 여기서, H'는 상위계층에 의하여 시그널링된다.

[395] 두 연속적인 광대역 W1 보고 사이에서 남은 보고 시점은 광대역 CQI와 함께 광대역 W2를 위해 사용된다.

[396] RI 보고가 설정되는 경우, RI 보고의 보고 주기는 광대역 CQI/PMI 주기 $H \cdot N_{pd}$ 의 M_{RI} 배와 같다. RI는 광대역 CQI/PMI 및 서브밴드 CQI 보고와 동일한 PUCCH 순환 시프트(cyclic shift) 자원을 통해 보고되며, RI 보고를 위한 서브프레임은 아래 수학적식 20과 같이 정해진다.

[397] [수식20]

$$((10 \times n_f + \lfloor n_s / 2 \rfloor) - N_{OFFSET,CQI} - N_{OFFSET,RI}) \bmod (H \cdot N_{pd} \cdot M_{RI}) = 0$$

[398] 1) 광대역 피드백(Wideband feedback)

[399] - 모드 1-0

[400] RI가 보고되는 서브프레임에서(전송 모드 3의 경우), 단말은 서브밴드 세트(S)에서 전송을 가정하여 RI를 결정하고, 하나의 RI를 포함하는 타입 3 보고를 보고한다.

[401] CQI가 보고되는 서브프레임에서, 단말은 서브밴드 세트(S)에서 전송을 가정하여 계산된 하나의 광대역 CQI 값을 포함하는 타입 4 보고를 보고한다. RI가 1을 초과하더라도 광대역 CQI는 첫 번째 코드워드(codeword)를 위한 채널 품질을 나타낸다. CQI는 가장 최근에 보고된 주기적 RI 또는 랭크 1을 조건으로 계산된다.

[402] - 모드 1-1

[403] RI가 보고되는 서브프레임에서, 단말은 서브밴드 세트(S)의 전송을 가정하여 RI를 결정할 수 있다. 이 경우, 단말은 하나의 RI를 포함하는 타입 3 보고를 보고한다.

[404] RI 및 W1가 보고되는 서브프레임에서, 단말은 서브밴드 세트(S)의 전송을 가정하여 RI를 결정할 수 있다. 이 경우, 단말은 조인트 코딩된(joint coded) RI 및 W1(서브밴드 세트(S)의 전송을 가정하여 코드북 서브세트에서 선택된 프리코딩 행렬의 세트)를 포함하는 타입 5 보고를 보고한다.

[405] CQI/PMI가 보고되는 서브프레임에서, 서브밴드 세트(S)의 전송을 가정하여 단일의 프리코딩 행렬이 코드북 서브세트에서 선택된다. 단말은 단일의 광대역 CQI 및 선택된 단일의 PMI(광대역 PMI)를 포함하는 타입 2 보고를 보고한다. 여기서, 단일의 광대역 CQI 값은 서브밴드 세트(S)에서의 전송 및 모든 서브밴드에서 단일의 프리코딩 행렬의 사용을 가정하여 계산된다. RI가 1을 초과하면, 아래 표 11의 예시와 같이 추가적인 3 비트의 광대역 공간적 차분 CQI가 타입 2 보고에 포함될 수 있다.

[406] 광대역 CQI/W2가 보고되는 서브프레임에서, 서브밴드 세트(S)에서 전송을 가정하여 단일의 프리코딩 행렬이 코드북 서브세트에서 선택된다. 단말은 단일의 광대역 CQI 값 및 광대역 W2를 포함하는 타입 2b 보고를 보고한다. 단일의 광대역 CQI 값은 서브밴드 세트(S)에서의 전송과 모든 서브밴드에서 단일의 프리코딩 행렬의 사용을 가정하여 계산된다. RI가 1을 초과하면, 아래 표 11의 예시와 같이 추가적인 3 비트의 광대역 공간적 차분 CQI가 타입 2b 보고에 포함될 수 있다.

[407] 광대역 CQI/W1/W2가 보고되는 서브프레임에서, 서브밴드 세트(S)에서의 전송을 가정하여 단일의 프리코딩 행렬이 코드북 서브세트에서 선택된다. 단말은 단일의 광대역 CQI 값, 광대역 W1 및 광대역 W2를 포함하는 타입 2c

보고를 보고한다. 단일의 광대역 CQI 값은 서브밴드 세트(S)에서의 전송과 모든 서브밴드에서 단일의 프리코딩 행렬의 사용을 가정하여 계산된다. RI가 1을 초과하면, 아래 표 11의 예시와 같이 추가적인 3 비트의 광대역 공간적 차분 CQI가 타입 2c 보고에 포함될 수 있다.

[408] 2) 단말 선택(UE-selected) 서브밴드 피드백

[409] - 모드 2-0

[410] RI가 보고되는 서브프레임에서, 단말은 서브밴드 세트(S)의 전송을 가정하여 RI를 결정한다. 단말은 하나의 RI를 포함하는 타입 3 보고를 보고한다.

[411] 광대역 CQI를 보고하는 서브프레임에서, 단말은 서브밴드 세트(S)에서 전송을 가정하여 계산된 단일의 광대역 CQI 값을 포함하는 타입 4 보고를 각각의 연속적인 보고 기회(reporting opportunity)에서 보고할 수 있다. RI가 1을 초과하더라도 광대역 CQI는 첫 번째 코드워드(codeword)에 대한 채널 품질을 나타낸다. CQI는 가장 최근에 보고된 주기적인 RI 또는 랭크 1을 조건으로 계산될 수 있다.

[412] 선택된 서브밴드에 대한 CQI가 보고되는 서브프레임에서, 단말은 각 J BP 내 N_j 서브밴드의 세트 내 선호하는 서브밴드를 선택한다. 단말은 단일의 CQI 값을 포함하는 타입 1 보고를 보고한다. 단일의 CQI 값은 해당하는 선호된 서브밴드의 L 비트 라벨과 함께 위에서 결정된 BP에서 선택된 서브밴드에서의 전송을 반영한다. 각 BP에 대한 타입 1 보고는 각각 연속적인 보고 기회(reporting opportunity)에서 교대로 보고될 수 있다. RI가 1을 초과하더라도 CQI는 첫 번째 코드워드(codeword)에 대한 채널 품질을 반영한다. 선호하는 서브밴드 선택 및 CQI 값은 가장 최근에 보고된 주기적 RI 또는 랭크 1을 조건으로 계산될 수 있다.

[413] - 모드 2-1

[414] RI가 보고되는 서브프레임에서, 단말은 단일의 RI를 포함하는 타입 3 보고를 보고할 수 있다. 또한, CSI 프로세스를 위한 PTI와 단일의 RI를 포함하는 타입 6 보고를 보고할 수도 있다.

[415] 광대역 CQI/PMI가 보고되는 서브프레임에서, 단일의 프리코딩 행렬이 서브밴드 세트(S)에서의 전송을 가정하여 코드북 서브세트에서 선택된다. 단말은 광대역 CQI 값과 선택된 단일의 PMI를 포함하는 타입 2 보고를 보고할 수 있다. 광대역 CQI 값은 서브밴드 세트(S)의 전송과 모든 서브밴드에서 단일의 프리코딩 행렬의 사용을 가정하여 계산될 수 있다. RI가 1을 초과하면, 아래 표 11의 예시와 같이 추가적인 3 비트의 광대역 공간적 차분 CQI가 타입 2 보고에 포함될 수 있다.

[416] 광대역 W1이 보고되는 서브프레임에서, 광대역 W1에 대응되는 프리코딩 행렬의 세트가 서브밴드 세트(S)에서의 전송을 가정하여 코드북 서브세트에서 선택된다. 단말은 선택된 프리코딩 행렬의 세트에 해당하는 광대역 W1를 포함하는 타입 2a 보고를 각각의 연속적인 보고 기회(reporting opportunity)에서 보고한다.

- [417] 광대역 CQI/W2가 보고되는 서브프레임에서, 단일의 프리코딩 행렬이 서브밴드 세트(S)에서의 전송을 가정하여 코드북 서브세트에서 선택된다. 단말은 광대역 CQI와 선택된 단일의 프리코딩 행렬에 해당하는 광대역 W2를 포함하는 타입 2b 보고를 각각의 연속적인 보고 기회(reporting opportunity)에서 보고한다. RI가 1을 초과하면, 아래 표 11의 예시와 같이 추가적인 3 비트의 광대역 공간적 차분 CQI가 타입 2b 보고에 포함될 수 있다.
- [418] 선택된 서브밴드에 대한 CQI가 보고되는 서브프레임에서, 단말은 각 J BP 내 N_j 서브밴드의 세트 내에서 선호하는 서브밴드를 선택한다. 단말은 BP 별로 CQI 값을 포함하는 타입 1 보고를 각각의 연속적인 보고 기회(reporting opportunity)에서 보고한다. 코드워드(codeword) 0에 대한 CQI 값은 해당하는 선호된 서브밴드 L 비트 라벨과 함께 위에서 결정된 BP의 선택된 서브밴드에서만 전송을 반영한다. RI가 1을 초과하면 추가적인 3 비트의 코드워드(codeword) 1의 오프셋 레벨을 위한 서브밴드 공간적 차분 CQI가 타입 1 보고에 포함될 수 있다. 코드워드(codeword) 1의 오프셋 레벨은 코드워드(codeword) 0에 대한 서브밴드 CQI 인덱스와 코드워드(codeword) 1에 대한 서브밴드 CQI 인덱스의 차분 값으로 결정된다(Codeword 1 offset level = subband CQI index for codeword 0 - subband CQI index for codeword 1). 서브밴드 공간적 차분 CQI는 적용 가능한 BP 내에서 선택된 서브밴드에서의 전송과 모든 서브밴드에서 가장 최근에 보고된 단일의 프리코딩 행렬의 사용을 가정하여 계산된다. 3 비트의 서브밴드 공간적 차분 CQI와 오프셋 레벨의 매핑 관계는 아래 표 11과 같다.
- [419] 광대역 CQI/W2가 보고되는 서브프레임에서, 단일의 프리코딩 행렬이 서브밴드 세트(S)에서의 전송을 가정하여 코드북 서브세트에서 선택된다. 단말은 광대역 CQI 값과 광대역 W2를 포함하는 타입 2b 보고를 각각의 연속적인 보고 기회(reporting opportunity)에서 보고한다. 광대역 CQI 값은 서브밴드 세트(S)에서의 전송과 모든 서브밴드에서 선택된 단일의 프리코딩 행렬의 사용을 가정하여 계산된다. RI가 1을 초과하면, 아래 표 11의 예시와 같이 추가적인 3 비트의 광대역 공간적 차분 CQI가 타입 2b 보고에 포함될 수 있다.
- [420] 선택된 서브밴드에 대한 서브밴드 CQI/W2가 보고되는 서브프레임에서, 단말은 각 J BP 내 N_j 서브밴드의 세트 내에서 선호하는 서브밴드를 선택한다. 단말은 BP 별로 CQI 값과 W2를 포함하는 타입 1a 보고를 각각의 연속적인 보고 기회(reporting opportunity)에서 보고한다. 코드워드(codeword) 0에 대한 CQI 값은 해당하는 선호된 서브밴드 L 비트 라벨과 함께 위에서 결정된 BP의 선택된 서브밴드에서만 전송을 반영한다. 프리코딩 행렬의 W2는 위에서 선택된 적용 가능한 BP 내에서 선택된 서브밴드에서만 전송을 가정하여 코드북 서브세트에서 선호하는 프리코딩 행렬로 선택된다. RI가 1을 초과하면 추가적인 3 비트의 코드워드(codeword) 1의 오프셋 레벨을 위한 서브밴드 공간적 차분 CQI가 타입 1a 보고에 포함될 수 있다. 코드워드(codeword) 1의 오프셋 레벨은

코드워드(codeword) 0에 대한 서브밴드 CQI 인덱스와 코드워드(codeword) 1에 대한 서브밴드 CQI 인덱스의 차분 값으로 결정된다(Codeword 1 offset level = subband CQI index for codeword 0 - subband CQI index for codeword 1). 서브밴드 공간적 차분 CQI는 적용 가능한 BP 내에서 선택된 서브밴드에서의 전송과 선택된 W2 및 가장 최근에 보고된 W1에 해당하는 프리코딩 행렬의 사용을 가정하여 계산된다. 3 비트의 서브밴드 공간적 차분 CQI와 오프셋 레벨의 매핑 관계는 아래 표 11과 같다.

[421] 표 11은 공간적 차분 CQI 값(spatial differential CQI value)과 오프셋 레벨(offset level)과의 매핑 관계를 나타낸다.

[422] [표14]

공간적 차분 CQI 값 (Spatial differential CQI value)	오프셋 레벨 (Offset level)
0	0
1	1
2	2
3	≥ 3
4	≤ -4
5	-3
6	-2
7	-1

[423]

[424] 하이브리드 채널 상태 정보(Hybrid CSI) 송수신 방법

[425] PMI(Pre-coding Matrix Indicator)-기반 보고를 위한 CSI process는 다음과 같이 구성될 수 있다. CSI process는 2개의 CSI 보고 class A 또는 class B 중 어느 하나(또는 둘 모두)로 설정될 수 있다. 이때, class A는 프리코딩되지 않은(non-precoded) CSI-RS를 기반으로 하며, class B는 빔포밍된(beamformed) CSI-RS를 기반으로 한 CSI process에 해당한다.

[426] Class A의 경우, 단말은 {[8],12,16} CSI-RS 포트들에 기초한 $W=W1W2$ 코드북에 따라 CSI를 보고할 수 있다.

[427] Class B의 경우, 단말은 아래와 같은 4개의 대안(alternative)들 중 어느 하나를 가정하여 L 포트 CSI를 보고할 수 있다.

[428] Alt. 1: 빔 선택에 대한 지시자 및 선택된 빔에 대한 L-포트 CQI/PMI/RI. CSI process에서 모든 CSI-RS 자원들에 대해 설정된 전체 포트 개수는 L보다 큼.

[429] Alt. 2: 빔 선택(들) 및 2개의 polarization에 대한 co-phasing을 조합하여 반영한 코드북으로부터의 L-포트 프리코더. 이때, CSI process에서 전체 설정된 포트들의 개수는 L임.

[430] Alt. 3: 선택된 빔에 대한 L-포트 CSI 및 빔 선택을 반영한 코드북. CSI process에서 전체 CSI-RS 자원들에 대한 전체 설정된 포트들의 개수는 L보다 큼.

[431] Alt. 4: L-포트 CQI/PMI/RI. CSI process에서 전체 설정된 포트 개수는 L(만일

CSI 측정 제한이 지원되는 경우, 이는 항상 설정됨).

- [432] 빔 선택(적용 가능하면 언제든지)은 하나의 CSI-RS 자원 내에서 안테나 포트들의 서브셋의 선택 또는 자원들의 세트로부터 CSI-RS 자원의 선택으로 여겨질 수 있다. 또한, 보고된 CSI는 Rel. 12의 L-포트 CSI의 확장일 수 있다.
- [433] CSI process는 K개($K \geq 1$)의 CSI-RS 자원/구성과 관련된다. 이때, 전체 K개의 CSI-RS 자원/구성 중 k번째 CSI-RS 자원(resource)에 대한 CSI-RS 포트(port) 수는 N_k 이다.
- [434] 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.
- [435] class A CSI 보고의 경우, 다음과 같은 대안(alternative) 중 하나가 이용될 수 있다.
- [436] 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.
- [437] Alt. 2: 12/16 port CSI-RS는 2/4/8 port의 CSI-RS resource/configuration K개($K > 1$)가 병합될 수 있다.
- [438] class B를 보고하는 CSI process에 있어서 아래와 같은 대안들이 제안될 수 있다. 이때, CSI를 위한 안테나 포트(L)의 개수는 예를 들어, 2, 4 또는 8로 설정될 수 있다.
- [439] Class B의 Alt-1:
- [440] - 빔 선택 지시자(Beam selection indicator; BI) 정의, 예를 들어, RSRP 또는 CSI 기반, wideband vs subband, short-term vs long-term.
- [441] - BI bitwidth(K와 관련)
- [442] - rank가 2보다 큰 경우의 UE 특정 빔포밍의 지원
- [443] - PUCCH/PUSCH 상의 UCI 피드백 메커니즘
- [444] Class B의 Alt-2:
- [445] - 빔 선택 및 co-phasing에 대한 코드북(레가시 코드북 또는 코드북 구성들로부터 도출되거나 새롭게 디자인될 수 있음), 연관된 PMI와 함께(새롭게 디자인되거나 레가시 코드북의 경우 $W=W_2$ 가 가정됨)
- [446] - PUCCH/PUSCH 상의 UCI 피드백 메커니즘
- [447] Class B의 Alt-3:
- [448] - 빔 선택 및 CSI에 대한 코드북, PMI는 선택된 빔에 대한 정보 및 선택된 빔 내에서의 L-포트를 위한 precoding 매트릭스를 포함함.
- [449] - PUCCH/PUSCH 상의 UCI 피드백 메커니즘
- [450] Class B의 Alt-4:
- [451] - 측정 제한 메커니즘; Alt-1 내지 3에 적용 가능함.
- [452] 상술한 Class B를 보고하는 CSI의 대안 1 내지 4에 대하여 아래와 같은 기술 내용들이 제안될 수 있음.
- [453] - $N_k \in \{1, 2, 4, 8\}$

- [454] - Alt. 1의 경우, 단말은 다음과 조건들(i), ii)) 중 하나를 가정하여 L 포트 CSI를 보고할 수 있음.
- [455] i) $L=N_k$, ii) $L(\leq N_k)$ (여기서, L은 설정되거나 고정될 수 있음)
- [456] - Alt. 2의 경우, 아래와 같은 두 가지 스킴(scheme)들이 적용될 수 있음.
- [457] i) 단말은 모든 k에 대하여 $L=\text{sum}(N_k)$ 를 가정하여 L-포트 CSI를 보고함;
- [458] ii) 단말은 K가 항상 1인 경우에 L-포트 CSI를 보고함($L=N_1$)
- [459] - Alt. 3의 경우, 단말은 아래의 조건들 중 하나를 가정하여 L-포트 CSI를 보고함.
- [460] i) $L=N_k$, ii) $L(\leq N_k)$ (여기서, L은 설정되거나 고정될 수 있음)
- [461] - Alt. 4의 경우, 단말은 $L=N_k$ 로 가정하여 L-포트 CSI를 보고함.
- [462] 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-IM와 CSI resource/configuration에 대하여 다음과 같은 대안(alternative) 중 하나가 선택될 수 있다.
- [463] Alt. 1: 하나의 CSI process는 하나의 CSI-IM(하나의 CSI process 내 모든 CSI resource/configuration에 대하여 공통적인 간섭 측정 자원)와 관련된다.
- [464] Alt. 2: 하나의 CSI process는 다중의 CSI-IM과 연관될 수 있다.
- [465] RRC 시그널링은 서로 다른 CSI-IM resource configuration과 연관된 서로 다른 CSI resource/configuration을 지원한다.
- [466] CSI-IM 자원 구성은 Rel. 12 레가시에 의해 적어도 일부가 지원될 수 있다. 또한, Class B에 대한 CSI process당 복수의 CSI-IM 자원들 및 class A 및 B에 대한 CSI-IM 들의 전체 동일한 개수를 지원할 수 있다.
- [467]
- [468] CSI process에서 만일 채널 측정에 대한 측정 제한(MR(Measurement Restriction))이 활성화(ON)되어 있는 경우, CSI 계산을 위해 사용되는 채널은 X개의 NZP CSI-RS 서브 프레임들(CSI 참조 자원을 포함하는)로부터 추정될 수 있다.
- [469] - 채널 측정은 NZP CSI-RS로부터 도출될 수 있음
- [470] - 선택된 스킴에 의존하여, X는 명시적으로 설정되거나 또는 1 및 Z_x 중에 하나로 단말에 의해 선택될 수 있음
- [471] CSI-IM(들)에 대한 CSI process에서, 만일 간섭 측정에 대한 MR이 ON인 경우, CSI 계산에 사용되는 interference는 Y개의 CSI-IM 서브 프레임(들)(CSI 참조 자원을 포함하는)로부터 추정될 수 있다.
- [472] - CSI-IM으로부터 interference measurement가 도출될 수 있음
- [473] - 선택된 스킴에 의존하여, Y는 명시적으로 설정되거나 또는 1 및 Z_x 중에 하나로 단말에 의해 선택될 수 있음
- [474] 만일, CSI process가 CSI-IM 없이 구성되는 경우, CSI-IM 없는 CSI process에 있어서, 만일 interference measurement에 대한 MR이 ON인 경우, CSI 계산에

사용되는 interference는 V개의 서브 프레임(들)(CSI 참조 자원을 포함하는)로부터 추정될 수 있다.

- [475] CSI process에 있어서, MR은 채널과 간섭 모두에 대해 상위-계층 설정될 수 있다. 이때, 채널 및 간섭에 대한 MR은 독립적으로 설정될 수 있다. 즉, 다시 말하면, 채널에 대한 MR 및 간섭에 대한 MR 모두 독립적으로 고려될 수 있다. 또한, CSI process에 대한 interference measurement 제한의 경우에도 CSI-IM이 설정된 CSI process 또는 CSI-IM이 설정되지 않은 CSI process가 각각 독립적으로 고려될 수 있다.
- [476] 또한 앞서 상술한 파라미터 X, Y는 아래와 같은 대안들 중 하나에 따라 결정될 수 있다.
- [477] Alt. 1: 상위 계층 설정에 따른 고정된 MR이 ON 되거나 OFF됨, 이 경우 X/Y는 각각 하나의 값으로 고정됨.
- [478] Alt. 2: 상위 계층 설정에 따른 설정 가능한 MR이 활성화(ON)되거나 비활성화(OFF)됨, 이 경우 $X=\{\text{OFF}, 1, \dots, N_X\}$ 가 상위 계층 설정 가능하며, $Y=\{\text{OFF}, 1, \dots, N_Y\}$ 가 상위 계층 설정 가능함.
- [479] Alt. 3: CSI 측정이 주기적으로 리셋됨. 리셋 주기 및 서브 프레임 오프셋은 상위 계층 설정됨. 이 경우, X는 1 및 Z_x 중에 하나로 단말에 의해 선택될 수 있음. 여기서, Z_x 는 가장 최근의 측정 리셋 및 CSI 참조 자원 사이의 CSI-RS 서브 프레임들의 개수에 해당함. 또한, Y는 1 및 Z_y 중에 하나로 단말에 의해 선택될 수 있음. 여기서, Z_y 는 가장 최근의 측정 리셋 및 CSI 참조 자원 사이의 CSI-RS 서브 프레임들의 개수에 해당함.
- [480] Class A 및 B와 모든 K 값들에 대하여,
- [481] - 두 개의 서브 프레임 세트들에 대한 레가시 측정 제한이 CSI process에서 또한 설정되어 있는 경우, MR은 독립적으로 각 서브 프레임 세트마다 설정 가능하며,
- [482] - 채널 측정(오로지 class B에 대한)을 위한 하나의 RRC 파라미터 및 interference measurement(class A 및 B에 대한)을 위한 하나의 RRC 파라미터가 MR을 활성화/비활성화하기 위해 제공됨.
- [483] Class A 및 B와 K 값이 1인 경우에 대하여,
- [484] Alt. 1($X=Y=1$): 상위 계층 설정을 통한 고정된 MR이 ON 또는 OFF됨. 이때, X/Y는 각각 하나의 값으로 고정됨.
- [485] Rel-13에서 12- 및 16-포트 NZP CSI-RS 자원들을 위한 설계 원리는 아래와 같을 수 있다:
- [486] - 1개의 RE/RB/포트의 CSI-RS density는 유지됨
- [487] - PRB 페어당 존재하는 40 CSI-RS RE들만이 12- 및 16-포트 NZP CSI-RS 자원들을 위해 재사용됨
- [488] - 12- 또는 16-포트 NZP CSI-RS RE들은 동일한 서브 프레임의 복수의 레가시 CSI-RS 구성들의 NZP CSI-RS RE들을 결합함으로써 획득됨
- [489] 12- 또는 16-포트의 경우, Class A CSI 보고에 대한 CSI-RS 자원은 K개의

CSI-RS 구성들의 결합으로써 구성될 수 있음.

- [490] - $\sum_k N_k \in \{12, 16\}$
- [491] - CSI-RS 자원당 CDM-2 또는 CDM-4가 단말에 설정될 수 있음. 이 경우, CSI-RS 전송에 있어서 6dB 전력 부스팅 가정을 변경하기 위해 LS를 RAN 4에 전송할 필요가 없음.
- [492] - RRC 설정 파라미터들은 아래와 같은 구성들을 포함할 수 있음:
- [493] 1) K개의 CSI-RS 자원들의 구성 리스트: CDM-2의 경우, CSI-RS 자원 구성들은 36.211의 레가시 자원 구성들에 따른 CSI-RS RE 위치들을 지시할 수 있음. 이때, $N_k \in \{2, 4, 8\}$ 이고, 동일한 $N_k=N$ 은 모든 k에 대하여 사용될 수 있음. $\{2, 4, 8\}$ 로부터 하나 이상의 값이 선택될 수 있음.
- [494] 2) Rel-13의 CSI-RS 자원 내에서 모든 자원들에 공통적으로 적용될 종속된 파라미터들의 하나의 세트는 안테나 포트의 개수(N), 서브 프레임 구성, 스캐램블링 Id 및 QCL 정보를 포함할 수 있음.
- [495] CDM-2를 위한 12- 및 16 포트 CSI-RS의 구조는 아래와 같다.
- [496] - 16 포트의 구조: (N, K)=(8,2), (2,8)
- [497] - 12 포트의 구조: (N, K) = (4,3), (2,6)
- [498] CDM-2에 대한 CSI-RS RE의 매핑은 아래와 같이 수행될 수 있다.
- [499] 결합된(aggreated) 자원의 포트들은 아래와 같이 구성 자원들의 포트들과 대응할 수 있다.
- [500] - 16 CSI-RS 포트들에 대하여, 결합된 포트 넘버들은 15, 16, ... 30일 수 있음.
- [501] - 12 CSI-RS 포트들에 대하여, 결합된 포트 넘버들은 15, 16, ... 26일 수 있음.
- [502] CDM-4에 대한 CSI-RS RE의 매핑은 아래와 같이 수행될 수 있다.
- [503] Full-포트 CSI-RS는 CSI-RS 매핑을 위해 사용되는 각 OFDM심볼들에 매핑될 수 있다. 또한, CDM RE 세트 구조는 아래와 같은 대안들 중 어느 하나로 결정될 수 있다.
- [504] - Alt. 1: 오로지 시간 도메인(4개의 OFDM 심볼들)
- [505] - Alt. 2: 시간 및 주파수 도메인(2개의 서브 캐리어들 X 2개의 OFDM 심볼들)
- [506] 한편, DwPTS에서 2/4/8/12/16개의 포트의 ZP 및 NZP CSI-RS를 지원할 수 있다.
- [507] Rel. 13의 EB/FD-MIMO의 경우, CSI 보고 모드는 오로지 CQI 및 PMI의 frequency granularity와 연계될 수 있다. 또한, Re. 13의 EB/FD-MIMO는 FD-MIMO를 위한 A(Aperiodic)-CSI 보고 모드들 기반의 Rel. 12의 PUSCH의 확장을 아래와 같이 명시할 수 있다.
- [508] - PMI와 함께 지원되는 A-CSI 모드들은 Rel. 12에 존재하는 다음과 같은 모드들일 수 있다: 1-2, 2-2, 3-1 및 3-2
- [509] A-CSI 보고의 콘텐츠는 코드북 관련 파라미터들 및 CSI 보고 클래스에 의존할 수 있다. 이때, CSI 보고 모드 정의에 따라 보고되는 CQI, RI 및 PMI는 아래와 같이 설정될 수 있다.
- [510] - base CQI 및 RI의 사이즈는 Rel. 12에서와 동일할 수 있다(CW당 base CQI

사이즈는 4bits임).

- [511] 또한, Re. 13의 EB/FD-MIMO는 FD-MIMO를 위한 P(Periodic)-CSI 보고 모드들 기반의 Rel. 12의 PUCCH의 확장을 아래와 같이 명시할 수 있다.
- [512] - PMI와 함께 지원되는 A-CSI 모드들은 Rel. 12에 존재하는 다음과 같은 모드들일 수 있다: 1-1 및 2-1
- [513] - P-CSI 보고 콘텐츠는 서브 모드(if any), 코드북-관련 파라미터들 및 CSI 보고 클래스에 의존할 수 있다. 이때, CSI 보고 모드 정의에 따라 보고되는 CQI, RI 및 PMI는 아래와 같이 설정될 수 있다.
- [514] - base CQI 및 RI의 사이즈는 Rel. 12에서와 동일할 수 있다(CW당 base CQI 사이즈는 4bits임).
- [515] Rel. 12에서의 PMI 없는 CSI 보고 모드들은 디폴트로 지원될 수 있다.
- [516] Class A 코드 북에서 각 (N1, N2)에 대한 유효한 (O1, O2) 조합들은 아래의 표 15와 같이 제안될 수 있다.
- [517] [표15]

(N1,N2)	(O1,O2) combinations
(8,1)	(4,-), (8,-)
(2,2)	(4,4), (8,8)
(2,3)	{(8,4), (8,8)}
(3,2)	{(8,4), (4,4)}
(2,4)	{(8,4), (8,8)}
(4,2)	{(8,4), (4,4)}

- [518] 이하에서는 $K > 1$ 인 경우의 Class B에 대한 CSI 보고에 관하여 보다 상세히 살펴본다.
- [519] PUCCH에서의 BI는 아래와 같이 설정될 수 있다.
- [520] - BI는 PUCCH 2/2a/2b 포맷에서 보고될 수 있음.
- [521] - BI가 포함된 CSI 타입은 BI가 없는 CSI 타입보다 높은 우선권을 가짐(예를 들어, RI, RI/W1, W2/CQI, W1/W2/CQI, PMI/CQI).
- [522] - BI가 포함된 CSI 타입들은 동일한 우선권을 가짐.
- [523] - 충돌 핸들링(collision handling)은 Rel. 12의 규칙을 따름(CSI 우선권 기반, CSI-process 인덱스 및 CC-인덱스).
- [524] PUCHD에서의 BI는 아래와 같이 설정될 수 있다.
- [525] - BI는 항상 CSI와 함께 트리거 됨.
- [526] - PUSCH에 대한 BI 매핑에는 아래와 같은 대안들이 제안될 수 있음.
- [527] Alt. 1: RI와 함께 jointly 인코딩되는 BI(BI jointly encoded with RI)
- [528] Alt. 2: BI는 RI보다는 DMRS에 가깝게 독립적으로 인코딩됨(BI independently encoded, closer to DMRS than RI)
- [529] Alt. 3: BI는 RI보다 DMRS와 멀게 독립적으로 인코딩됨(BI independently

encoded, farther to DMRS than RI)

- [530] Alt. 4: CQI/PMI와 함께(jointly) 인코딩됨.
- [531] $K > 1$ 일 때, Class B에 대한 CSI 보고의 경우 보고되는 BI의 bitwidth는 설정되는 K 값에 기초하여 결정될 수 있으며, 최대 3bits로 설정될 수 있다.
- [532] 이하에서는 $K=1$ 인 경우의 Class B에 대한 CSI 보고에 관하여 보다 상세히 살펴본다.
- [533] CSI(CQI/PMI/RI)는 PUCCH 포맷 2/2a/2b에서 보고될 수 있다.
- [534] $K=1$ 일 때의 class B에 대한 주기적인 CSI 보고는 아래와 같이 설정될 수 있다.
- [535] - Rel. 12의 주기적인 CSI 보고 메커니즘들이 재사용될 수 있음
- [536] 1) 1-포트 CSI-RS: 모드 1-0 및 2-0은 Rel. 12의 설명을 따름.
- [537] 2) 2-, 4-, 8-포트 CSI-RS: 모드 1-1 및 2-1
- [538] W2-only 피드백이 설정된 경우: 2-, 4- 및 8-포트 CSI-RS에 대하여, $L \leq 4$ 인 경우 L -bit의 PMI와 함께 서브 모드 없이 하나의 모드 1-1이 설정될 수 있음. 모드 2-1은 Rel. 8의 설명을 따름.
- [539] 레가시 피드백이 설정된 경우: 모드 1-1 및 2-1은 Rel. 12의 설명을 따름.
- [540] $K=1$ 인 경우의 class B fmf 위한 비주기적 CSI 보고의 경우, Rel. 12의 비주기적 CSI(CQI/PMI/RI) 보고 메커니즘이 재사용될 수 있으며, 아래와 같이 설정될 수 있다.
- [541] - 보고 모드 설명: 1-포트 CSI-RS는 모드 1-0, 2-0 및 3-0 / 2-, 4- 및 8-포트 CSI-RS는 모드 1-2, 2-2, 3-1 및 3-2
- [542] - PUSCH에 대한 UCI 매핑
- [543] - Rel. 12의 비주기적 CSI 트리거링 메커니즘이 재사용됨
- [544] 이하에서는 Class A에 대한 코드북 서브셋 제한에 관하여 살펴본다.
- [545] Class A의 i_2 에 대한 CSR(cell specific reference) RRC 파라미터가 도입될 수 있다. 이 경우, rank당 가능한 모든 코드 워드(codeword)들이 비트맵으로 표현될 수 있다.
- [546] W1 CSR의 경우, $(N1 * O1 * N2 * O2)$ 비트들의 비트맵은 2D-빔들의 서브셋 제한을 지시할 수 있다. 또한, 8개의 추가적인 비트들로 구성된 비트맵은 rank 제한을 지시할 수 있다.
- [547] 이하에서는 Class B에 대한 코드북 서브셋 제한에 관하여 살펴본다.
- [548] $K=1$ 인 Class B의 경우,
- [549] - W2-only 피드백: rank당 가능한 모든 코드워드들의 비트맵
- [550] - 레가시 피드백: Rel. 12의 CSR 스킴들을 따름.
- [551] $K > 1$ 인 Class B의 경우,
- [552] - K CSI-RS 자원들 각각은 Rel. 12의 레가시 CSR 스킴들 중 하나로 설정될 수 있음.
- [553] - 상기 스킴은 CSI-RS 포트 개수 및 선택된 코드북(4-포트를 위한)에 기반함.
- [554] 이하의 표 16은 CSI procedure와 관련된 파라미터들과 이에 대한 설명들을

정리한 표이다.

[555] [표16]

파라미터 (Parameter)	설명 (Description)	값 범위 (Value range)
CSI-Reporting-Type	각 CSI process는 class A 또는 B로 설정될 수 있음	Class A 또는 class B를 지시하는 1bit
Codebook-Config-N1	Rel. 13의 코드북의 1 st dim에서 polarisation당 안테나 포트 수	ENUMERATED {an1, an2, an3, an4, an8}
Codebook-Config-N2	Rel. 13 코드북의 2 nd dim에서 polarisation당 안테나 포트 수	ENUMERATED {an1, an2, an3, an4, an8}
PMI-Config	각 UE는 W-only PMI 피드백 또는 레가시 PMI 피드백 중 어느 하나를 설정받을 수 있음	PMI 피드백의 선택을 지시하기 위한 {1, 2}의 열거 (enumeration)
Codebook-Over-Sampling-RateConfig-01	Rel. 13 코드북의 1 st dimension의 코드북 공간 오버-샘플링 레이트	{N/A, 4, 8}
Codebook-Over-Sampling-RateConfig-02	Rel. 13 코드북의 2 nd dimension의 코드북 공간 오버-샘플링 레이트	{N/A, 4, 8}
Codebook-Subset-SelectionConfig	각 UE는 마스터 코드북 엔트리의 서브 셋이 설정됨	{1, 2, 3, 4}의 열거는 코드북 구성들을 지시함
R13-Codebook-Subset-Restriction-1	2D 빔들은 보고할 것이 허용되지 않음을 지시함	W1 CSR에 대하여, (N1*O1*N2*O2) 비트들의 비트맵은 2D 빔 서브셋 제한을 지시함 또한 랭크 제한에 대한 추가적인 8비트 비트맵
R13-Codebook-Subset-Restriction-2	i2는 보고할 것이 허용되지 않음을 지시함	TS 36.213에서 명시됨
NZP-CSI-RS-R13	NZP-CSI-RS 파라미터의 그룹은 Class A CSI 보고를 위해 사용됨을 지시함 (레가시 CSI-RS 자원을 기초로)	CC당 R13 NZP CSI-RS의 최대 개수는 3
NZP-CSI-RS-ID-List	이 CSI Process와 연계된 레가시 CSI-RS-ConfigNZPId-r11의 세트를 지시함	리스트의 최대 사이즈는 8 각 ID는 정수 {1, ..., 24}

[556]

파라미터 (Parameter)	설명 (Description)	값 범위 (Value range)
CSI-IM-ID-List	이 CSI process와 연계된 csi-IM-ConfigId-r11을 지시함. 각 CSI-IM-ConfigId는 하나의 CSI-RS-ConfigNZPId와 연계됨	세트의 사이즈는 NZP-CSI-RS-ID-List 및 CSI-IM-List 사이에 일대일 연결을 갖는 NZP-CSI-RS-ID-List와 동일함 각 ID는 정수 {1, ..., 24}
legacyCSRList	레가시 코드북 서브셋 제한 비트맵의 리스트, 각 CSI-IM-ConfigId는 하나의 CSI-RS-ConfigNZPId와 연계됨	리스트의 사이즈는 NZP-CSI-RS-ID-List 및 레가시 CSR 리스트 사이에 일대일 연결을 갖는 NZP-CSI-RS-ID-List와 동일함
Channel-Measurement-Restriction	채널 측정을 위한 측정 제한이 활성화되는지 비활성화되는지 여부를 지시함	채널 측정에 대한 측정 제한이 활성화되는지 비활성화되는지 여부를 지시하기 위한 1bit
Interference-Measurement-Restriction	간섭 측정을 위한 측정 제한이 활성화되는지 비활성화되는지 여부를 지시함	간섭 측정에 대한 측정 제한이 활성화되는지 비활성화되는지 여부를 지시하기 위한 1bit
CRI-Config-Index	주기 (RI 주기의 정수배로서) 및 NZP-CSI-RS 자원을 선택하기 위한 CSI-RS 자원 지시자의 서브 프레임 오프셋을 지시함	정수 (0..1023),
CDM-type	R13 NZP-CSI-RS의 CDM2 또는 CDM4 타입 여부를 지시함	CDM2 또는 CDM 4를 지시하기 위한 1bit
NZP-CSI-RS-Configuration-List	R13 NZP-CSI-RS를 만들기 위한 CSI-RS-configuration의 세트를 지시함	리스트의 사이즈는 각 설정 = [1..32]로부터 [2, 3, 6, 8] 값이 될 수 있음 값 범위는 만일 비트맵이 리스트를 지시하기 위해 사용된다면 달라짐.

[557]

파라미터 (Parameter)	설명 (Description)	값 범위 (Value range)
Number-of-antenna-ports-per-CSI-RS-Configuration	Configuration-List의 모든 NZP-CSI-RS 구성을 위한 안테나 포트 개수	ENUMERATED {an2, an4, an8}
Subframe-config	Configuration-List의 모든 NZP-CSI-RS 구성을 위한 서브 프레임 구성	정수 (0..154),
Scrambling ID	Configuration-List의 모든 NZP-CSI-RS 구성을 위한 Scrambling ID	정수 (0..503),
QCL info	Configuration-List의 모든 NZP-CSI-RS 구성을 위한 QCL 정보	레가시와 동일
Number-of-additional-Uppts	추가적인 UpPTS 심볼 개수를 지시	ENUMERATED {2 심볼, 4 심볼}
PcList	PDSCH RE에 대한 NZP CSI-RS RE의 파워 오프셋을 지시함. 리스트에 있는 각 Pc는 NZP CSI-RS-ID-List에 설정되어 있는 NZP CSI-RS와 연계됨	이전과 동일
Rel-13-DMRS-table	UE에게 DCI에서 새로운 DMRS 표를 사용할 것을 지시함.	Rel-13의 새로운 또는 레가시 표를 사용할 것을 지시하는 1bit
SoundingRS-UL-ConfigDedicated-extendedUpPTS	트리거 타입 0에서의 확장된 UpPTS를 위한 SRS 설정 파라미터	동일한 파라미터 세트 및 값 범위들이 SoundingRS-UL-ConfigDedicated에서와 같이 사용됨. 다만, 새로운 파라미터 (Number-of-combs) 및 파라미터들 (transmissionComb, cyclicShift)의 값 범위의 수정을 예외로 함.

[558]

파라미터 (Parameter)	설명 (Description)	값 범위 (Value range)
SoundingRS-UL-ConfigDedicatedAperiodic-extendedUpPTS	트리거 타입 1에 대한 확장된 UpPTS를 위한 SRS 설정 (configuration) 파라미터	동일한 파라미터 세트 및 값 범위들이 SoundingRS-UL-ConfigDedicatedAperiodic-r10에서와 같이 사용됨. 다만, 새로운 파라미터 (Number-of-combs) 및 파라미터들 (transmissionCombAp, cyclicShiftAp)의 값 범위의 수정을 예외로 함.
Number-of-combs	Combs의 개수를 지시함	ENUMERATED {2 combs, 4 combs}
transmissionComb	주기적인 사운딩 참조 신호 전송을 위한 파라미터 $k_{TC} \in \{0, 1, 2, 3\}$ 를 지시함	정수 (0..3)
transmissionCombAp	비주기적인 사운딩 참조 신호 전송을 위한 파라미터 $k_{TC} \in \{0, 1, 2, 3\}$ 를 지시함	정수 (0..3)
cyclicShift	파라미터를 지시함: 각 주기적인 사운딩 참조 신호 전송을 위한 $n_{SRS.TS}$ 36.211 [21, 5.5.3.1], 여기서 cs0은 0 등에 대응함.	ENUMERATED {cs0, cs1, cs2, cs3, cs4, ...}
cyclicShiftAp	파라미터를 지시함: 각 비주기적인 사운딩 참조 신호 전송을 위한 n_{SRS} .	ENUMERATED {cs0, cs1, cs2, cs3, cs4, ...}

[559] 이하에서는 본 명세서에서 제안하는 하이브리드 CSI 송수신 방법을 설명하기 전, 우선 P-CSI 피드백 모드들에 대해 살펴보기로 한다.

[560] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 P-CSI 피드백 모드들을 예시한 도면이다.

[561] 보다 상세하게는, 도 13(a)는 CSI 보고 모드 1-1에서의 서브 모드 1을, 도 13(b)는 CSI 보고 모드 2-1을, 도 13(c)는 CSI 보고 모드 1-1에서의 서브 모드 2를 각각 예시한 도면이다. 이하에서는 CSI 보고 모드는 'P-CSI 모드'라 지칭될 수도 있다.

[562] 도 13(a)를 참조하면, 1개의 CSI full 보고는, 아래와 같이 PUCCH 포맷 2/2a/2b에서의 3개의 reporting instance로 구성될 수 있다.

[563] - 1st (reporting) instance: RI

[564] - 2nd (reporting) instance: $W1((i'11 \text{ or } i'11) \& i'12))$

[565] - 3rd (reporting) instance: CQI 및 $W2(i'2)$

[566] Rel. 13에서 RRC에 의해 주어진 설정과 함께 class A 코드북 P-CSI 모드 1-1의 서브 모드 1에 대하여, 코드북 서브 샘플링이 필요하지 않은 것으로 가정될 수 있다.

- [567] 각 (reporting) instance는, 아래와 같은 수학적식에 기초하여 결정될 수 있다. 예를 들어, RI가 보고/전송되는 1st (reporting) instance는 앞서 상술한 수학적식 16을 만족하는 instance로 결정될 수 있다. 또한, W1(또는 PMI 1)이 보고/전송되는 2nd (reporting) instance는 상술한 수학적식 19를 만족하는 instance로 결정될 수 있다. 또한, CQI 및 W2(또는 PMI 2)이 보고/전송되는 3rd (reporting) instance는 상술한 수학적식 17을 만족하는 instance로 결정될 수 있다.
- [568] P-CSI 모드 2-1은 아래와 같은 차이점들을 제외하곤, 레가시 8-Tx P-CSI 모드 2-1과 동일할 수 있다.
- [569] - RRC에 의해 주어지는 구성(Config.)을 갖는 Rel. 13의 class A 코드북은 구성 2, 3 및 4에 대한 i2(코드북 인덱스)를 위해서 레가시 서브 샘플링이 재사용될 수 있으며, 구성 1에 대한 i2를 위해서 서브 샘플링은 사용되지 않음.
- [570] - PTI=0인 경우, 2nd (reporting) instance는 W1 ((i11 or i'11) & i12))에 해당할 수 있음.
- [571] Class A에 대한 P-CSI 보고의 경우, Rel. 13의 FD-MIMO는 PUCCH 모드 1-1의 submode 1 및 PUCCH 모드 2-1을 지원하는 것으로 디자인될 수 있다.
- [572] 이상으로 P-CSI 모드에 대하여 살펴보았으며, 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 CSI 송수신 방법에 대하여 보다 상세히 살펴보기로 한다.
- [573] (Rel-13) CSI process는 (non-precoded CSI-RS 기반인) Class A(up to 16 포트)로 설정될 수도 있고, (beamformed CSI-RS 기반인) Class B로 설정될 수도 있다. 어떤 Class(즉, class A or class B)로 설정되는지에 따라, CSI process 동작 상에 차이가 발생할 수 있다.
- [574] 보다 진보된 FD-MIMO(Full Dimension) 시스템 등에 있어서는, 64 포트 또는 그 이상의 포트 수까지도 지원하는 massive MIMO 환경이 고려될 수 있으며, 이를 위해서는 Class A에 관한 방식을 (CSI-RS 포트의 개수를 16 이상으로 설정하고, 이에 대한 코드북 기반 형태로) 확장하는 방안 및/또는 Class B에 관한 방식을 확장하는 방안 등이 고려될 수 있다.
- [575] 예를 들어, Class A가 설정된 CSI 보고를 64 포트 또는 그 이상의 포트 수에 대해 가능하도록 확장하고 이것을 하나의 'CSI process 1'으로 설정하여 단말로 하여금 이에 대한 CSI feedback을 (상대적으로 낮은 주기(low duty cycle)로) 수행하도록 할 수 있다. 이를 통해, 단말은 적합한 CDI(channel direction information)를 획득할 수 있고 이를 기지국에 보고할 수 있다. 또한, 이와 동시에, 예를 들어 measurement restriction(MR)-ON 및 Class B가 설정된 CSI 보고를 'CSI process 2'로 설정하고, 앞서 'CSI process 1'을 통해 단말이 획득하여 기지국에 보고한 CDI를 기지국이 'CSI process 2'에 해당하는 CSI-RS 전송 시에 빔 계수(또는 빔포밍 계수/beamforming coefficient/beam coefficient/beamformed coefficient라 지칭 가능)로 적용하여 전송함으로써, 기지국은 이러한 beamformed CSI-RS 전송에 대하여 단말로부터의 CSI feedback을 수신할 수 있다. 이와 같은 형태로 massive MIMO 환경에서의 CSI-RS 오버헤드를 고려한 효과적인 CSI

feedback 동작이 도출/적용될 수 있다.

- [576] 이러한 Class A + Class B 형태(또는 Class B + Class B 형태) 등 ‘많은 포트 수(large number of ports)(예를 들어, 낮은 듀티 사이클에서 16 포트 이상인 경우)’를 고려하는 CSI feedback과 ‘적은 포트 수(small number of ports)(예를 들어, 높은 듀티 사이클에서 16포트 미만인 경우)’를 고려하는 CSI feedback간의 결합/연동 형태의 동작은 “hybrid CSI-RS based schemes”이라 지칭될 수 있다. 이하에서는, 이러한 hybrid CSI-RS based schemes가 적용된 경우에 있어서, 단말의 효율적인 CSI feedback 방안을 제안하도록 한다.
- [577] 특히, 이하에서는 하나의 CSI process 내에서의 hybrid CSI-RS based schemes을 지원하는 방안을 제안한다. 예를 들어, 하나의 CSI process 내에서 Class A 타입의 CSI 보고(즉, Class A CSI 보고) 및 Class B 타입의 CSI 보고(즉, Class B CSI 보고)가 결합된 hybrid 동작/형태가 제안될 수 있다. 이때, Class A는 A-포트 코드북(이때, A는 16 이상의 자연수로 설정 가능)이, Class B는 N_k-포트 코드북이 적용될 수 있다. 만일 A가 16 및 N₁가 4(또한, K=1, MR-ON 및 PMI-config=1)로 설정된다면, class A에 대한 16-포트 CSI-RS 자원 및 class B에 대한 4-포트 CSI-RS 자원이 모두 하나의 CSI process에 포함될 수 있다.
- [578] 이러한 형태의 새로운 CSI process의 설정은 “Class C”와 같은 새로운 class로서 분류하여 정의/설정할 수 있다. 여기서, “Class C”는 새로운 class의 명칭으로 부여한 예시에 불과하며, 별도의 CSI process로 새롭게 정의되는 경우에는 해당 process에 대해 새로운 식별/설정 방법이 적용될 수 있음은 물론이다.
- [579] Class A + class B 형태의 hybrid CSI-RS based schemes은 ‘메커니즘 1’로서 정의될 수 있으며, 아래와 같은 기술적 특징을 가질 수 있다.
- [580] (1) 보고 콘텐츠(reporting content)
- [581] - 1st eMIMO-type(즉, class A)의 경우, i1 및 x-bit RI가 보고될 수 있으며, CQI 및 i2는 보고되지 않음.
- [582] - 만일, 단말이 2 layers까지 지원하는 경우, x=0
- [583] - 만일, 단말이 8 layers까지 지원하는 경우, x=1(이때, RI={1, 3})
- [584] - 2nd eMIMO-type(즉, class B, K=1)의 경우, CQI, PMI 및 RI가 보고됨.
- [585] (2) 상술한 2개의 eMIMO-type별 CSI 계산들 사이에는 상호 의존성이 존재하지 않음(No inter-dependence between CSI calculations across two eMIMO-Types).
- [586] (3) 아래와 같은 개선된 특징을 갖는 레가시 CSI 보고 메커니즘을 재사용함.
- [587] (4) P-CSI 기반의 PUCCH의 경우,
- [588] - 하나의 서브 프레임에서 i1 및 RI를 보고함. 이때, PUCCH 포맷 2 또는 3이 사용될 수 있음.
- [589] - 1st eMIMO-type의 CSI 주기는 2nd eMIMO-type의 RI 주기의 정수배로 설정될 수 있음.
- [590] - 1st eMIMO-type의 서브 프레임 오프셋은 2nd eMIMO-type의 RI 서브 프레임 오프셋에 비례하여 정의될 수 있음.

- [591] (5) A-CSI 기반의 PUSCH의 경우,
- [592] - 비주기 CSI 보고가 트리거링되는 경우, 단말로부터 어떤 CSI가 보고될지에 관하여 아래와 같은 2가지 Option이 존재함.
- [593] - Option 1: 단말은 1st 및 2nd eMIMO-type의 CSI를 모두 보고함.
- [594] - Option 2: 단말은 2개의 eMIMO-type들 중 하나를 보고함.
- [595] 이하에서는 새로운 차세대 시스템(예를 들어, Rel. 14)에서의 Class C가 적용된 CSI process에 사용되는 두 개의 서로 다른 CSI-RS 자원 구성(NZP CSI-RS 자원 #0 및 NZP CSI-RS 자원 #1)에 대하여 살펴보기로 한다.
- [596] 한편, 본 명세서에서 기지국은 remote radio head (RRH), transmission point(TP), reception point(RP), eNB, 중계기 (relay) 등을 포함하는 포괄적인 용어로 사용된다. 이하에서는 설명의 편의를 위해 3GPP LTE 시스템을 기반으로 실시예들을 설명하나, 이에 한정되지 않으며, 3GPP LTE 시스템 외에 다른 시스템으로도 확장 가능하다.
- [597]
- [598] 1. NZP CSI-RS 자원 #0(제n CSI-RS 자원/구성(예를 들어, n=2) 또는 2nd eMIMO-type이라 지칭될 수 있음)
- [599] NZP CSI-RS 자원 #0은 class B 타입의 CSI 보고를 위한 자원에 해당할 수 있다. 이때, NZP CSI-RS 자원 #0은 CSI-RS 자원 중 특정 위치의 자원(예를 들어, 가장 낮은/작은 인덱스를 갖는 CSI-RS 자원)으로서 고정/설정/할당될 수 있다.
- [600] NZP CSI-RS 자원 #0(예를 들어, 가장 낮은/작은 인덱스를 갖는 CSI-RS 자원)에 대해서는 아래의 설정들 중 적어도 하나가 default 설정으로서 정의될 수 있다. 이하에서 후술하는 파라미터들에 관한 설명은 표 16의 설명이 적용될 수 있으며, 중복되는 설명은 생략한다.
- [601] - Class B 타입의 CSI 보고를 위한 CSI-RS 자원으로 설정
- [602] - K는 1로 설정
- [603] - PMI-config는 1로 설정(즉, W2-only 코드북 적용), 또는 PMI-config는 2로 설정(즉, 레가시 코드북 적용)될 수 있음.
- [604] 다만, PMI-config이 2로 설정되는 경우, W1의 reporting instance 등에 관한 명확한 동작 정의가 필요함(예를 들어, W1은 RI, W2 및/또는 CQI과 함께 동일한 reporting instance에 보고될 수 있다는 등의 동작이 정의될 수 있음).
- [605] - MR을 활성화(ON) 또는 비활성화(OFF)로 설정
- [606] MR이 ON의 경우, 보다 세부적으로, 채널 측정 제한만이 ON으로 설정되거나, 또는 간섭 측정 제한만이 ON으로 설정할 수 있음. 또는 채널 측정 제한 및 간섭 측정 제한을 모두 ON으로 설정하되, 측정의 dynamics를 가장 잘 반영하는 측정 제한을 ON으로 설정할 수도 있음.
- [607] - 특정 N₁ 값을 설정. 예를 들어, N₁ = 2 또는 4와 같이, N₁ 값을 기설정된 포트 수로 설정/정의할 수 있음. 또는 N₁ 값은 필수적으로(mandatory) 시그널링되어야 하는 파라미터로 설정될 수 있음.

- [608] 또한, NZP CSI-RS 자원 #0(예를 들어, 가장 낮은/작은 인덱스를 갖는 CSI-RS 자원)에 대해서는 아래의 파라미터들 중 적어도 하나가 설정 가능한 파라미터(configurable parameter)로서 정의될 수 있다.
- [609] - K(만일 $K > 1$ 이면, CSI-RS 자원 #0은 K개의 CSI-RS 자원들이 결합된 형태의 composite CSI-RS 자원으로 인식될 수 있으며, 종래 시스템에서 $K > 1$ 인 경우의 Class B에 대해 정의/설정되는 동작의 일부(혹은 전부)를 따를 수 있음.
- [610] - 각 k에 대한 $N_k(k=1, \dots, K)$ (만일, $K > 1$ 인 경우). 그렇지 않은 경우, 하나의 N_1 값이 설정됨.
- [611] - PMI-config(만일, $K=1$ 인 경우)
- [612] - 서브 프레임 세트들이 설정되거나 설정되지 않음(서브 프레임 세트의 설정은 eICIC 및/또는 eIMTA 동작 지원을 위한 목적일 수 있음)
- [613] - 채널 측정 제한의 활성화/비활성(ON/OFF) 여부(이는 주기적 또는 비주기적 CSI 보고에 대하여 독립적으로 설정 가능(만약 설정된다면, 서브 프레임 세트 단위로 설정됨))
- [614] - 간섭 측정 제한의 활성화/비활성(ON/OFF) 여부(이는 주기적 또는 비주기적 CSI 보고에 대하여 독립적으로 설정 가능(만일 본 파라미터가 설정된다면, 서브 프레임 세트 단위로 설정됨))
- [615] - P_c (만일 본 파라미터가 설정된다면, 서브 프레임 세트 단위로 설정됨)
- [616] - 코드북 서브셋 제한 관련 파라미터/설정 정보(예를 들면, R13-CSR-1, 2, 3, 및/또는 legacy CSR이 개별 설정될 수도 있음. 다만, 본 실시예에서 NZP CSI-RS 자원 #0은 $K=1$ 인 경우의 class B 타입의 CSI 보고를 위해 할당/사용되므로, R13-CSR-3이 설정될 수 있음)
- [617]
- [618] 2. NZP CSI-RS 자원 #1(제n CSI-RS 자원/구성(예를 들어, $n=1$) 또는 1st eMIMO-type이라 지칭될 수 있음)
- [619] NZP CSI-RS 자원 #1은 실시예에 따라 크게 아래와 같이 두 가지 option으로서 구별될 수 있다.
- [620] (1) Option 1
- [621] 일 실시예로서, NZP CSI-RS 자원 #1은 class A 타입의 CSI 보고를 위한 자원에 해당할 수 있다. 이때, NZP CSI-RS 자원 #1은 CSI-RS 자원 중 특정 위치의 자원(예를 들어, 두 번째로 가장 낮은/작은(second-lowest) 인덱스 또는 가장 높은 인덱스를 갖는 CSI-RS 자원)으로서 고정/설정/할당될 수 있다.
- [622] NZP CSI-RS 자원 #1(예를 들어, 두 번째로 가장 낮은/작은 인덱스 또는 가장 높은 인덱스를 갖는 CSI-RS 자원)에 대해서는 아래의 설정들 중 적어도 하나가 default 설정으로서 정의될 수 있다. 이하에서 후술하는 파라미터들에 관한 설명은 표 16의 설명이 적용될 수 있으며, 중복되는 설명은 생략한다.
- [623] - Class B 타입의 CSI 보고를 위한 CSI-RS 자원으로 설정
- [624] - 포트 수(A)를 특정 값으로 설정(예를 들어, $A = 12$ 또는 16) 또는 포트 수(A)는

필수적으로 시그널링되어야 하는 파라미터로 설정될 수 있음

- [625] - 항상 rank 1이 적용된다는 제한이 설정(즉, RI=1)되는 것으로 정의/설정할 수 있음 (이를 통해 best CDI(channel direction information) 정보 하나만 단말이 피드백하고, 이를 CSI-RS 자원 #0의 빔 계수로 적용하기 위함이 목적인). 여기서, rank 1 제한이 설정된 단말이 W1(또는 i1, PMI 1)을 피드백하는 경우, RI는 별도로 피드백하지 않는 것으로 해석될 수 있음(항상 RI는 '1'로 설정되기 때문). 이때, rank 1 제한이 설정된 단말은 2-layers까지만 지원하는 단말일 수 있으며, 해당 단말은 1st eMIMO-type에 따라 W1을 피드백하는 경우, RI는 별도로 피드백하지 않음.
- [626] 또한, NZP CSI-RS 자원 #1(예를 들어, 두 번째로 가장 낮은/작은 인덱스 또는 가장 높은 인덱스를 갖는 CSI-RS 자원)에 대해서는 아래의 파라미터들 중 적어도 하나가 설정 가능한 파라미터(configurable parameter)로서 정의될 수 있다.
- [627] - 포트 수(A)(예를 들어, A는 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 32, 40, 또는 64로 설정될 수 있음. 물론, 이외의 다른 값들로도 설정 가능)
- [628] - 서브 프레임 세트들이 설정되거나 설정되지 않음(서브 프레임 세트의 설정은 eICIC 및/또는 eIMTA 동작 지원을 위한 목적인 수 있음)
- [629] - Pc(만일 본 파라미터가 설정된다면, 서브 프레임 세트 단위로 설정됨)
- [630] - 코드북 서브셋 제한 관련 파라미터/설정 정보(예를 들면, R13-CSR-1, 2, 3, 및/또는 legacy CSR이 개별 설정될 수도 있음. 다만, 본 실시예에서 NZP CSI-RS 자원 #1은 class A 타입의 CSI 보고를 위해 할당/사용되므로, R13-CSR-1 및/또는 2가 설정될 수 있음)
- [631] - N1, N2, O1, O2, Config 등 Class A 코드북 생성과 관련 파라미터들
- [632] - CDM-type, NZP-CSI-RS-configuration-list, subframeConfig, QCL-info, scramblingID 등 Class A 타입을 위한 CSI-RS의 설정 관련 파라미터들
- [633] (2) Option 2
- [634] 다른 실시예로서, NZP CSI-RS 자원 #1은 class B 타입의 CSI 보고를 위한 자원에 해당할 수 있다. 이때, NZP CSI-RS 자원 #1은 CSI-RS 자원 중 특정 위치의 자원(예를 들어, 두 번째로 가장 낮은/작은 인덱스 또는 가장 높은 인덱스를 갖는 CSI-RS 자원)으로서 고정/설정/할당될 수 있다.
- [635] NZP CSI-RS 자원 #1(예를 들어, 두 번째로 가장 낮은/작은 인덱스 또는 가장 높은 인덱스를 갖는 CSI-RS 자원)에 대해서는 아래의 설정들 중 적어도 하나가 default 설정으로서 정의될 수 있다. 이하에서 후술하는 파라미터들에 관한 설명은 표 16의 설명이 적용될 수 있으며, 중복되는 설명은 생략한다.
- [636] - Class B 타입의 CSI 보고를 위한 CSI-RS 자원으로 설정
- [637] - K는 1보다 큰 값으로 설정(예를 들어, K=4) 또는 1보다 큰 K는 필수적으로 시그널링되어야 하는 파라미터로 설정될 수 있음.
- [638] - MR을 활성화(ON) 또는 비활성화(OFF)로 설정
- [639] MR이 ON의 경우, 보다 세부적으로, 채널 측정 제한만이 ON으로 설정되거나,

또는 간섭 측정 제한만이 ON으로 설정될 수 있음. 또는 채널 측정 제한 및 간섭 측정 제한을 모두 ON으로 설정하되, 측정의 dynamics를 가장 잘 반영하는 측정 제한을 ON으로 설정할 수도 있음.

- [640] - 특정 N_k 값을 설정. 예를 들어, 모든 $k(k=1, \dots, K)$ 에 대하여 $N_k = 2$ 또는 4와 같이, N_k 는 기설정된 포트 수로 설정/정의할 수 있음. 또는 N_k 값은 필수적으로(mandatory) 시그널링되어야 하는 파라미터로 설정할 수 있음.
- [641] 또한, NZP CSI-RS 자원 #1(예를 들어, 두 번째로 가장 낮은/작은 인덱스 또는 가장 높은 인덱스를 갖는 CSI-RS 자원)에 대해서는 아래의 파라미터들 중 적어도 하나가 설정 가능한 파라미터(configurable parameter)로서 정의될 수 있다.
- [642] - $K(K>1)$, 따라서 CSI-RS 자원 #1은 K 개의 CSI-RS 자원들이 결합된 형태의 composite CSI-RS 자원으로 인식될 수 있으며, 종래 시스템에서 $K>1$ 인 경우의 Class B에 대해 정의/설정되는 동작의 일부(혹은 전부)를 따를 수 있음.
- [643] - 각 k 에 대한 $N_k(k=1, \dots, K)$ (만일, $K>1$ 인 경우)
- [644] - 서브 프레임 세트들이 설정되거나 설정되지 않음(서브 프레임 세트의 설정은 eICIC 및/또는 eIMTA 동작 지원을 위한 목적일 수 있음)
- [645] - 채널 측정 제한의 활성화/비활성(ON/OFF) 여부(이는 주기적 또는 비주기적 CSI 보고에 대하여 독립적으로 설정 가능(만약 설정된다면, 서브 프레임 세트 단위로 설정됨))
- [646] - 간섭 측정 제한의 활성화/비활성(ON/OFF) 여부(이는 주기적 또는 비주기적 CSI 보고에 대하여 독립적으로 설정 가능(만일 본 파라미터가 설정된다면, 서브 프레임 세트 단위로 설정됨))
- [647] - P_c (만일 본 파라미터가 설정된다면, 서브 프레임 세트 단위로 설정됨)
- [648] - 코드북 서브셋 제한 관련 파라미터/설정 정보(예를 들면, R13-CSR-1, 2, 3, 및/또는 legacy CSR이 개별 설정될 수도 있음. 다만, 본 실시예에서 NZP CSI-RS 자원 #1은 $K>1$ 인 경우의 class B 타입의 CSI 보고를 위해 할당/사용되므로, legacy CSR이 설정될 수 있음)
- [649] 만일, NZP CSI-RS 자원 #1에 대하여 Option 1 및 2가 공존하는 경우, NZP CSI-RS 자원 #1이 Option 1이 적용된 CSI-RS 자원인지, Option 2가 적용된 CSI-RS 자원인지를 구별/지시하기 위한 RRC 스위칭 파라미터(예를 들어, R14-Class-type-indicator)가 새롭게 정의될 수 있으며, 기지국은 해당 파라미터를 이용하여 NZP CSI-RS 자원 #1에 관한 구체적인 정보를 명시적으로 시그널링하여 단말에게 지시할 수 있다.
- [650] 이렇듯 하나의 CSI process 내에서 class C 타입의 CSI 보고 형태가 새롭게 정의/설정될 수 있으며, 이때 CSI-IM 자원은 해당 CSI process 내에 하나만 존재하는 것으로 정의할 수 있다. 이 경우, (composite) NZP CSI-RS 자원 #0 및 #1에 공통적으로 대응되는 하나의 CSI-IM 자원이 설정된다는 효과가 발생한다. 또는, (composite) NZP CSI-RS resource #0 또는 #1별로 각각 대응하는 개별 CSI-IM 자원이 설정될 수 있다. 또는, 더 세부적으로 특정 (composite) NZP

CSI-RS 자원 내에 존재하는 특정 CSI-RS 자원 단위별로 각각 대응하는 개별 CSI-IM 자원이 쌍(pair)으로 설정될 수도 있다.

- [651] 한편, Class C 타입의 CSI process에서 NZP CSI-RS 자원 #0 또는 #1(또는 1st eMIMO-type 또는 2nd eMIMO-type)에 따라 공통적으로 설정될 수도 있고, 또는 독립적으로 설정될 수도 있다.
- [652] 보다 상세하게는, 일 실시예로서, 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 NZP CSI-RS 자원 #1(즉, 제1 eMIMO-type)과 NZP CSI-RS 자원 #0(즉, 제2 eMIMO-type)에 각각 독립적으로 설정될 수 있다. 이는 NZP CSI-RS 자원 #1에 상대적으로 장기(long-term) 및/또는 광대역(wideband) PMI(즉, 채널 방향성(channel direction)) 정보를 보고하도록 하기 위함이고, NZP CSI-RS 자원 #0은 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 동작(flexible operation)이 가능하게 한다는 장점이 있다.
- [653] 예를 들어, NZP CSI-RS 자원 #1은 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, NZP CSI-RS 자원 #0은 레거시 동작과 유사하게 MR-OFF를 설정하는 등으로 설정에 차이를 가질 수 있다. 또한, NZP CSI-RS 자원 #1에 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, NZP CSI-RS 자원 #0에 MR-ON을 설정함으로써 단기(short-term) 레벨에서 beamformed CSI-RS resource 공유 효과를 얻도록 할 수 있다.
- [654] 또는, 다른 실시예로서, 채널 측정 제한(MR)의 활성화/비활성(ON/OFF)을 지시하는 RRC 파라미터('channelMeasRestriction')가 NZP CSI-RS 자원 #1(즉, 제1 eMIMO-type)과 NZP CSI-RS 자원 #0(즉, 제2 eMIMO-type)이 함께 설정되는 특정 CSI process 내 공통적으로 설정될 수도 있다. 이에 따라, 서로 연관된 목적이 있는 NZP CSI-RS 자원 #1과 NZP CSI-RS 자원 #0에 대한 채널 측정 시에 공통적인 MR ON/OFF를 적용하여 CSI 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.
- [655] 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 평균(moving averaging) 및 가중 평균(weighted averaging) 등의 단일 동작 프로세스가 일관되게 적용되도록, 단말

구현을 보다 간단하도록 지원할 수 있다.

- [656] 예를 들어, beamformed CSI-RS 자원들을 전송하는 해당 기지국의 구현이 해당 셀 내의 다른 단말들과 함께 beamformed CSI-RS 자원 공유를 운영하고 있는지의 여부에 따라, 상기 hybrid용 CSI process내에 전체적으로 MR-ON 또는 MR-OFF를 선택적으로 설정할 수 있도록 함으로써 불필요한 시그널링의 복잡도를 제거하고 구현의 용이성을 지원하는 장점이 있다.
- [657] 이와 유사하게, 코드북 서브셋 제한 관련 파라미터/설정 정보 역시 Class C 타입의 CSI process에서 NZP CSI-RS 자원 #0 또는 #1(또는 1st eMIMO-type 또는 2nd eMIMO-type)에 따라 공통적으로 설정될 수도 있고, 또는 독립적으로 설정될 수도 있다.
- [658]
- [659] 이하에서는, 위와 같은 class C 타입의 CSI process를 설정 받은 단말의 CSI feedback 동작에 대해 구체적으로 살펴보기로 한다. 이하에서는 설명의 편의를 위해, 각 NZP CSI-RS 자원에 대하여 파라미터가 다음과 같이 설정된 경우를 가정하여 설명한다. 다만, 본 발명의 실시예가 이에 한정되는 것은 아니다:
- [660] 1. NZP CSI-RS 자원 #0(또는 제1 CSI-RS 구성 또는 2nd eMIMO-type이라 지칭될 수 있음)
 - [661] - Class B 타입의 CSI 보고를 위한 CSI-RS 자원으로 설정됨
 - [662] - $K=1$
 - [663] - $N_1 = 4$
 - [664] - PMI-config = 1(W2-only feedback)
 - [665] - 서브 프레임 세트는 설정되지 않음
 - [666] - MR ON(채널 측정 제한 및 간섭 측정 제한 모두 활성화)
 - [667] - 특정 P_c 값
- [668] 2. NZP CSI-RS 자원 #1(또는 제2 CSI-RS 구성 또는 1st eMIMO-type이라 지칭될 수 있음)
 - [669] - Class A 타입의 CSI 보고를 위한 CSI-RS 자원으로 설정됨(즉, 상술한 Option 1이 적용되며, Option 1을 지시하는 파라미터가 시그널링될 수 있음)
 - [670] - 포트 수(A) = 16
 - [671] - 서브 프레임 세트는 설정되지 않음
 - [672] - 특정 P_c 값
 - [673] - 특정 $N_1, N_2, O_1, O_2, \text{Config}$ 등 Class A 코드북 생성 관련 파라미터들
 - [674] - 특정 CDM-type, NZP-CSI-RS-configuration-list, subframeConfig, QCL-info, scramblingID 등 Class A 타입을 위한 CSI-RS의 설정 관련 파라미터들
 - [675] - rank 1 한정을 적용한 CSR(Codebook subset restriction)
 - [676] 이 때, Class C 타입의 CSI process 설정 정보 내에는 특정 P-CSI feedback 모드(예를 들어, extended P-CSI mode 1-1 & submode 1, or extended P-CSI mode 2-1 등)이 설정될 수 있으며, 각 모드에서의 구체적인 CSI process에 대하여

이하에서 살펴본다. 이하에서 후술하는 각 모드에 관한 실시예들에는 앞서 도 13과 관련하여 상술한 설명이 동일/유사하게 적용될 수 있다.

[677] 1. Extended P-CSI mode 1-1 & submode 1

[678] 1개의 CSI full 보고는, 아래와 같이 적어도 PUCCH 포맷 2/2a/2b에서의 3개의 reporting instance로 구성될 수 있다. 여기서 적어도 PUCCH 포맷 2/2a/2b에서의 3개의 reporting instance라 함은, 3개의 reporting instance 중 적어도 일부에 PUCCH 포맷 2/2a/2b가 적용/설정되며, 나머지 reporting instance에는 PUCCH 포맷 3이 적용/설정되는 것으로 해석될 수 있다. 예를 들어, 1st instance에는 PUCCH 포맷 3이 적용될 수 있으며, 나머지 2nd 및 3rd instance에는 PUCCH format 2/2a/2b가 적용될 수 있다.

[679] - 1st (reporting) instance: $W1((i11 \text{ or } i'11) \& i12)$ (이때, rank 1으로 제한됨)

[680] - 2nd (reporting) instance: RI

[681] - 3rd (reporting) instance: CQI + $W2(i2)$

[682] 1st (reporting) instance에 보고되는 $W1$ 은 가장 선호되는(the most preferred CDI) CDI를 획득하기 위해 NZP CSI-RS resource #1을 측정함으로써 도출될 수 있다.

[683] 2nd (reporting) instance에 보고되는 RI는 NZP CSI-RS resource #0을 측정함으로써 도출될 수 있다.

[684] 3rd (reporting) instance에 보고되는 CQI 및 $W2$ 는 NZP CSI-RS resource #0을 측정함으로써 도출될 수 있다.

[685] 12- 또는 16-포트에 대한 extended P-CSI mode 1-1 & submode 1(또는 for Rel.13)의 경우, RRC에 의해 주어진 Config 파라미터를 갖는 Rel. 13의 class A 코드북은 코드북 서브 샘플링이 필요하지 않다고 가정될 수 있다.

[686] 앞서 상술한 1st, 2nd 및 3rd instance을 도출하기 위한 구체적인 수학적 제1 실시예는 아래의 수학적 21 내지 23을 따를 수 있다. 보다 상세하게는, 수학적 21은 $W1$ 이 전송/보고되는 1st instance, 수학적 22는 RI가 전송/보고되는 2nd instance, 수학적 23은 CQI 및 $W2$ 가 전송/보고되는 3rd instance를 도출하기 위한 수학적식이다.

[687] [수식21]

$$(10 \times n_f + \lfloor n_s / 2 \rfloor - N_{\text{OFFSET}, \text{CDI}} - N_{\text{OFFSET}, \text{CQI}}) \bmod (H'' \cdot N_{pd}) = 0$$

[688] 수학적 21의 $N_{\text{OFFSET}, \text{CDI}}$ 는 $W1$ 보고 오프셋에 해당하며, 종래에는 별도로 정의되지 않았으나, 본 수학적식과 같이 실시예에 따라 새롭게 별도로 정의되어 사용될 수 있으며, 상위 계층 파라미터에 의해 결정될 수 있다.

[689] [수식22]

$$(10 \times n_f + \lfloor n_s / 2 \rfloor - N_{\text{OFFSET}, \text{CQI}} - N_{\text{OFFSET}, \text{RI}}) \bmod (M_{RI} \cdot N_{pd}) = 0$$

[690] 수학적 22의 M_{RI} , $N_{\text{OFFSET}, \text{RI}}$, $N_{\text{OFFSET}, \text{CQI}}$ 및 N_{pd} 는 레가시 시스템의 RRC 파라미터가 재사용될 수 있다.

[691] [수식23]

$$(10 \times n_f + \lfloor n_s / 2 \rfloor - N_{\text{OFFSET}, \text{CQI}}) \bmod(N_{\text{pd}}) = 0$$

[692] 수학식 21 및 22를 참조하면, W1 피드백/보고 주기는 $H'' \cdot N_{\text{pd}}$, RI 피드백/보고 주기는 $M_{\text{RI}} \cdot N_{\text{pd}}$ 로 결정될 수 있다. 여기서, H'' 은 이미 존재하고 있는 H' 파라미터와 독립적으로 새롭게 정의되는 파라미터에 해당하며, M_{RI} 보다 큰 값으로 설정될 수 있다. 보다 상세하게는, H'' 은 M_{RI} 의 정수배(integer multiple)로 정의될 수 있으며, 그 결과 $\text{mod}(H'', M_{\text{RI}}) = 0$ 이 만족될 수 있다. 그 결과, 이는, 1st (reporting) instance에 보고되는 W1의 피드백 주기(또는 1st eMIMO-Type의 CSI 보고 주기)는 RI의 피드백 주기인 2nd (reporting) instance에 보고되는 RI의 피드백 주기(또는 2nd eMIMO-Type의 RI 보고 주기)의 정수배인 것으로 해석될 수 있다. 다시 말하면, W1 피드백 주기(예를 들어, 1st eMIMO-Type의 W1 피드백 주기)는 동일한 eMIMO-type의 RI(즉, 1st eMIMO-Type의 RI 피드백 주기)가 아닌, 다른 eMIMO-type의 RI(즉, 2nd eMIMO-Type의 RI 피드백 주기) 피드백 주기의 정수배로 정의/설정/결정될 수 있다. 물론, 앞서 설명한 바와 같이, 상기 W1 피드백/보고 주기가 $H'' \cdot N_{\text{pd}}$ 로 결정되는 경우는 단말이 2 layers까지 지원하는 경우에 해당될 수 있고, 만일, 단말이 8 layers까지 지원하는 경우는 상기 $H'' \cdot N_{\text{pd}}$ 의 주기로 1st eMIMO-type에 대한 W1과 RI(이때, $x=1$ 비트 $\text{RI}=\{1, 3\}$)를 함께 보고하도록 정의/설정될 수 있다.

[693] 또는 제2 실시예로서, 제1 실시예의 수학식 21이 아래의 수학식 24로 대체되어 1st 내지 3rd instance들이 도출될 수도 있다.

[694] [수식24]

$$(10 \times n_f + \lfloor n_s / 2 \rfloor - N_{\text{OFFSET}, \text{CQI}}) \bmod(H'' \cdot N_{\text{pd}}) = 0$$

[695] 제1 실시예(특히, 수학식 21)는 W1에 대한 오프셋($N_{\text{OFFSET}, \text{CDI}}$)이 정의/설정된 경우에 적용될 수 있으며, 제2 실시예(특히, 수학식 24)는 W1에 대한 상기 오프셋이 정의/설정되지 않은 경우에 적용될 수 있다.

[696]

[697] 이렇듯 class A 타입의 CSI 보고/피드백 주기를 class B 타입의 RI 보고/피드백 주기의 정수배로 설정하는 이유는, class A 타입의 CSI 보고/피드백 주기를 class B 타입의 RI 보고/피드백 주기보다 long-term하게 설정함으로써, class A 타입의 CSI 보고/피드백을 통해 획득한 CDI를 Class B 타입의 CSI process에 적용하기 위함임은 앞서 상술한 바와 같다.

[698] 2. Extended P-CSI mode 2-1

[699] 적어도 12- 또는 16포트들(또는 Rel. 13의 class A 코드북)에 대한 P-CSI 모드 2-1은 아래와 같은 예외들을 제외하곤 레가시 8-Tx P-CSI mode 2-1과 동일하다.

[700] (1) RRC에 의해 주어진 Config 파라미터를 갖는 Rel. 13의 class A 코드북은 아래와 같이 가정될 수 있다.

[701] - 레가시 서브 샘플링은 Config 2, 3, 4에 대한 i_2 를 위해 제사용됨.

- [702] - Config 1에 대한 i_2 를 위해서는 서브 샘플링이 사용되지 않음.
- [703] - 만일 Rel.13 class A 코드북이 아닌 새로운 코드북이 적용되는 경우에는 그에 따른 빔 선택 패턴 등 codebook details에 따른 i_2 bitwidth에 따라 (레가시) 서브 샘플링이 적용되는지의 여부가 결정될 수 있음. 예를 들어, $i_2 > 2\text{bits}$ 인 경우에 (레가시) 서브 샘플링이 적용될 수 있음.
- [704] (2) RI는 NZP CSI-RS resource #0를 측정함으로써 도출됨.
- [705] (3) CQI 및 $W_2(i_2)$ 는 NZP CSI-RS resource #0를 측정함으로써 도출됨.
- [706] (4) PTI가 0인 경우(즉, wideband reporting의 경우), 최적의(the most preferred) CDI를 획득하기 위해 NZP CSI-RS resource #1를 측정함으로써 $W_1((i_{11} \text{ or } i'_{11}) \& i_{12})$ (단, rank 1으로 제한됨)을 도출하고, 이를 2nd instance에 피드백/보고함.
- [707] 이러한 Extended P-CSI mode 2-1의 CSI process는 레가시 P-CSI mode 2-1의 CSI process를 재사용하여 정의될 수 있다.
- [708] 도 14는 레가시 시스템의 P-CSI mode 2-1에 따른 CSI process를 예시한 도면이다.
- [709] Extended P-CSI mode 2-1의 CSI process가 레가시 P-CSI mode 2-1의 CSI process를 재사용하여 정의되는 경우, 도 14를 참조하면, 1st (reporting) instance에는 (NZP CSI-RS resource #0를 측정함으로써 도출된) RI가 전송되고, 2nd (reporting) instance에는 (NZP CSI-RS resource #1을 측정함으로써 도출되며, rank 1으로 제한된 경우의) $W_1((i_{11} \text{ 또는 } i'_{11}) \text{ 및 } i_{12})$ (PTI가 0인 경우)이 전송되며, 3rd (reporting) instance에는 (NZP CSI-RS resource #0를 측정함으로써 도출된) CQI 및 $W_2(i_2)$ 가 전송되는 CSI process가 도출될 수 있다.
- [710] 이는, 앞서 Extended P-CSI mode 1-1 & submode 1에서 제안한 1st, 2nd 및 3rd reporting instance에 전송되는 정보와 상이하다. 보다 상세하게는, Extended P-CSI mode 1-1 & submode 1에서는 W_1 을 먼저 1st (reporting) instance에 보고/전송하고(낮은 듀티 사이클로), RI를 2nd reporting instance에 보고/전송한다(높은 듀티 사이클로). 그러나, P-CSI mode 2-1은 PTI가 1인 경우에 대한 서브밴드 보고를 지원하는 목적이 크므로, 위와 같이 Extended P-CSI mode 1-1 & submode 1와 달리 정의/설정하는 것은 문제가 되지 않는다.
- [711] 따라서, 앞서 Extended P-CSI mode 1-1 & submode 1에서 성립하는 “ W_1 의 주기(NZP CSI-RS resource #1로부터 도출되는)는 RI의 주기(NZP CSI-RS resource #0로부터 도출되는)의 정수배”라는 특징은 Extended P-CSI mode 2-1에서는 성립하지 않을 수 있다. 대신, 본 명세서에서 제안하는 Extended P-CSI mode 2-1를 따르면, PTI가 0인 경우, “ W_1 의 주기(NZP CSI-RS resource #1로부터 도출되는)는 RI의 주기(NZP CSI-RS resource #0로부터 도출되는)와 동일하거나 이보다 작음”라는 특징이 성립할 수 있다.
- [712] 그리고/또는, Extended P-CSI mode 2-1와 같이 서브 밴드 보고를 지원하는 모드에서는, PTI가 0일 때 wideband 및/또는 long-term 속성의 CSI type이 단말에 의해 보고되고, PTI가 1일 때 subband 및/또는 short-term 속성의 CSI type이

단말에 의해 보고될 수 있다.

- [713] 이하에서는, 설명의 편의를 위해, 1st eMIMO-type의 RI 및 W1는 각각 RI(1) 및 W1(1)으로 지칭하며, 2nd eMIMO-type의 RI, W1, W2 및 CQI는 각각 RI(2), W1(2), W2(2) 및 CQI(2)라 지칭하기로 한다.
- [714] 만일 PTI가 0(즉, wideband 및/또는 long-term 속성)일 때의 CSI type이 보고될 때에는 해당 PTI와 함께(jointly) 인코딩되는 RI(1st eMIMO-type의 RI에 해당)를 0 또는 1 bit으로 축약하여 1st eMIMO-Type의 CSI 보고 동작에 최적화되도록 정의/설정할 수 있다. 또는, 만일 PTI가 1(subband 및/또는 short-term 속성)일 때의 CSI type이 보고될 때에는 해당 PTI와 함께 인코딩되는 RI(2)를 레가시 시스템에서와 같은 bitwidth(예를 들어, 지원되는 계층에서의 UE capability에 따른 3bits(3 bits depending on UE capability on supported layers))로 하여 2nd eMIMO-Type의 CSI 보고 동작에 최적화되도록 정의/설정할 수 있다.
- [715] 이때, 도 14의 레가시 P-CSI mode 2-1을 참조하면, 0 값의 PTI(PTI=0)가 보고된 후 이어지는 W1 보고는 1st eMIMO-type의 W1(1) 보고로 한정/정의/설정될 수 있다. 또한, W2 및 CQI 보고는 가장 최근(the latest) 보고된 RI(2)에 기반하여 계산되는 2nd eMIMO-type의 W2(2) 및 CQI(2) 보고로 한정/정의/설정될 수 있다.
- [716] 보다 구체적으로, 0 값의 PTI(PTI=0)가 보고된 후 이어지는 W1 보고가 다수 번에 걸쳐 수행되는 경우, 이 중 N번째(예를 들어, N=2)부터의 W1 보고는 1st eMIMO-type이 아닌, 2nd eMIMO-type의 W1(즉, W1(2)) 보고인 것으로 정의/설정될 수 있다. 이때, 상기 N 값은 특정 값으로 고정되거나 별도로 시그널링/설정될 수 있다.
- [717] 또는, 0 값의 PTI(PTI=0)가 보고된 후 이어지는 W1 보고는 1st eMIMO-type의 W1(1) 보고와 2nd eMIMO-type의 W1(2) 보고가 특정 패턴을 가지고 (교차/반복되며) 수행될 수 있으며, W1(1) 및 W1(2) 보고의 교차/반복 패턴이 별도로 설정될 수 있다.
- [718] 또는, 0 값의 PTI(PTI=0) 및 1 값의 PTI(PTI=1)가 모두 보고된 후 이어지는 reporting instances는 모두 2nd eMIMO-type에 대한 것으로 한정/정의/설정될 수 있으며, 1st eMIMO-type에 대한 보고(예를 들어, 1st eMIMO-type의 RI(1) 및 W1(1))는 2nd eMIMO-type과는 별도로 독립적인(및/또는 추가적인) 주기 및/또는 오프셋 파라미터를 사용하여 보고될 수 있다.
- [719] 예를 들어, 1st eMIMO-type의 RI(1) 및 W1(1)는 함께(jointly) 인코딩되되, 이는 항상 PTI=0을 보고하는 instance로부터 특정 오프셋 파라미터만큼 떨어진 instance(예를 들어, 선행하는 지점 (이 경우 기지국은 항상 PTI보고 지점보다 선행하는 해당 지점의 신호를 수신해서 저장해두고 있다가 곧 수신되는 PTI지점의 값이 0인 경우에만 미리 저장된 신호를 복호하여 해석하고 아닌 경우에는 무시하는 형태로 수신 신호를 처리하는 구현을 따를 수 있음))에 보고하는 것으로 정의/설정될 수 있거나, 또는 PTI값에 무관하게 PTI보고 주기의 특정 정수배에 해당하는 지점마다 여기에 특정 오프셋 파라미터만큼 떨어진

instance에 보고하는 것으로 정의/설정될 수 있다. 이때 특정 오프셋 파라미터는 별도로 설정될 수 있다. 만일, 해당 instance에 다른 PUCCH reporting instance와 충돌(collision)이 발생한다면, 단말은 미리 정의/설정되는 충돌 핸들링 규칙(collision handling rule)에 따라 동작하도록 설정될 수 있다. 예를 들어, 항상 RI(1), W1(1) 등의 1st eMIMO-Type에 대한 CSI 콘텐츠를 2nd eMIMO-Type에 대한 CSI 콘텐츠보다 우선하여 보고하되, 나머지는 드롭(drop)하도록 설정할 수 있다.

[720] 상술한 실시예의 동작에 있어서, 단말이 PTI=0을 보고하는 최소 주기 등에 관한 특정 제한이 부여될 수 있다.

[721] 예를 들어, PTI=1을 최대 X(예를 들어, X=5)번 연속 보고하면 반드시 그 다음 PTI reporting instance에서는 PTI=0을 보고해야 하는 것으로 제한이 부여될 수 있다. 이를 통해 PTI=0이 적어도 특정 구간 내에서는 반드시 한 번은 보고되도록 제한될 수 있다. 이렇게 해야만 1st eMIMO-Type에 대한 보고도 간헐적으로 전송될 수 있어, 2nd eMIMO-Type의 빔포밍을 적용하는데 문제가 없도록 하는 효과가 있다.

[722] 그리고/또는, 만일 2nd eMIMO-Type에 대한 보고가 Class B(K=1, PMI-Config=1(예를 들어, W2-only codebook))(즉, Option)로 설정되는 경우에는, W1 보고가 수행되지 않기 때문에, 이 경우에는 항상 PTI=1을 단말이 보고해야 하는 것으로 제한될 수도 있다. 또는, 단말은 항상 PTI=1만을 보고하기 때문에 PTI bitwidth를 제거한 형태로 RI만 보고하도록 정의/설정될 수도 있다.

[723] 이상에서, 단말이 W1(1)(NZP CSI-RS 자원 #1으로부터 도출되는) 및 RI(2)/W2(2)/CQI(2)(NZP CSI-RS 자원 #0으로부터 도출되는)를 각각 Class C 타입의 CSI process 내의 서로 다른 CSI-RS 자원으로부터 도출하는 동작에 있어서, NZP CSI-RS resource #0 및 #1은 주기 및 오프셋이 상이할 수 있다. 다시 말하면, 서로 다른 NZP CSI-RS 자원으로부터 W1과 RI/W2/CQI이 각각 도출될 수 있으며, 보고되는 주기 및 오프셋 역시 NZP CSI-RS 자원별로 서로 상이하게 설정될 수 있다. 이 경우, hybrid CSI-RS based schemes의 CSI-RS 오버헤드 감소 효과를 위해, NZP CSI-RS resource #1의 주기가 NZP CSI-RS resource #0 주기보다 훨씬 길도록 설정하는 것이 바람직하다.

[724] 각 CSI-RS 자원별 주기/오프셋 설정은 eNB 동작에 따르므로, 단말은 W1(1)(NZP CSI-RS 자원 #1으로부터 도출되는) 및 RI(2)/W2(2)/CQI(2)(NZP CSI-RS 자원 #0으로부터 도출되는)를 도출할 때, 각 NZP CSI-RS 자원 #X(X=0 or 1)의 전송 타이밍에 따라 가장 최근의 유효한 서브 프레임(valid subframe)을 이용하여 측정된 측정 샘플/결과를 반영하여(그리고/또는 참조 자원 타이밍과 연계하여) 상기 파라미터 값들을 각각 도출할 수 있다.

[725] 예를 들어, P-CSI mode 2-1에서 단말이 보고하는 PTI=0와 함께 인코딩되는 RI(2)는 NZP CSI-RS resource #0으로부터 도출될 것이고, 이어지는 W1(1)은 NZP CSI-RS resource #1으로부터 도출될 것이므로, 여기서 보고되는 RI(2)는 이어서

보고되는 W1(1)에 의해 도출되는 최적의(preferred) CDI가 반영된 RI가 될 수 없다. 결국, 가장 최근 보고된 W1에 의한 최적의(preferred) CDI가 반영된 새로운 RI 보고는 다음 PTI 시그널링이 가능한 (reporting) instance가 되어야 단말의 측정 및 CSI 도출에 반영되어 유효하게 보고될 수 있다.

[726] 이러한 문제점을 효과적으로 개선하기 위해서, P-CSI mode 2-1에서의 피드백 체인을 개선할 수 있다.

[727] 예를 들어, 단말이 항상 wideband W1(1)(NZP CSI-RS 자원 #1으로부터 도출되는)이 먼저 보고되도록 설정되고, 기지국은 단말로부터 보고된 W1(1)을 빔 계수로 CSI-RS resource #0에 반영하고, 이를 단말에 전송할 수 있다. 이 경우, 단말은 빔 계수가 반영되어 새로운 빔포밍 방향(beamformed direction)을 갖는 CSI-RS resource #0를 측정하고, 해당 자원에 대한 측정 결과인 RI(2)/W2(2)/CQI(2)(NZP CSI-RS 자원 #0으로부터 도출되는)를 순차적으로 기지국으로 보고하는 방식의 개선된 P-CSI 피드백 체인이 새롭게 제안될 수 있다.

[728] 이러한 동작이 수행되기 위해서는, wideband W1(1)(NZP CSI-RS 자원 #1으로부터 도출되는) (reporting) instance와, 이어지는 RI(2)(NZP CSI-RS 자원 #0으로부터 도출되는) (reporting) instance 사이에는 Y ms의 최소한의 시간 간격이 존재할 수 있다. 여기서 Y 값은, 단말이 W1(또는 W1(1))을 전송했을 때 기지국이 이를 수신하여(propagation delay의 고려 가능) CDI를 획득하기까지의 시간, 획득한 CDI를 CSI-RS 자원 #0에 반영하여 전송하기까지의 시간 및/또는 전송된 CSI-RS 자원 #0을 단말이 측정하여 CSI를 도출하고 RI(2)(NZP CSI-RS 자원 #0으로부터 도출되는)를 보고하게 되기까지의 시간 등이 모두 고려되어 결정될 수 있다.

[729] 예를 들어, Y 값을 가장 작은 값으로 정의하고자 한다면, 기지국이 CDI를 기지국이 획득하고 이를 반영한 CSI-RS 자원 #0을 전송하기까지 1ms가 소요되고, 단말은 CSI-RS 자원 #0을 수신하고 4ms 후에 CSI-RS 자원 #0을 이용하여 도출한 RI를 보고한다고 가정한다면, Y 값은 '5'로 정의/설정될 수도 있다.

[730] 다만, 이는 예시일 뿐, 보다 low-latency system design에서는 $Y < 5$ 의 값도 고려될 수 있으며, $Y > 5$ 인 경우에는 Y 값으로 가능한 값들 중 최소값으로 설정할 수 있는 유연성(flexibility)을 제공하는 것이 바람직하다. 즉, Y는 네트워크 동작/구현에 따라, Y 값으로서 예를 들어 5, 10, 15, ... 등의 값이 반영될 수 있도록 W1(1)(NZP CSI-RS 자원 #1으로부터 도출되는) (reporting) instance와 RI(2)(NZP CSI-RS 자원 #0으로부터 도출되는) (reporting) instance의 차이를 유연(flexible)하게 설정하도록 할 수 있다.

[731] 이상의 실시예들에서는, 설명의 편의상, NZP CSI-RS 자원 #1에 Rel-13의 16-포트 코드북이 설정된 경우를 예로하여 설명하였으나, 이에 한정되지 않으며, NZP CSI-RS 자원 #1에는 A-port codebook(이때, $A > 16$)을 적용될 수도 있다.

이러한 새로운 코드북의 적용에 따라 새로운 CSI type이 정의될 수 있으며, 이 경우에도 새로운 CSI type이 W1에 포함/변경되거나 이를 대체하는 형태, 또는 상술한 실시예/동작에 추가되어 별도의 reporting instance에 전송되는 경우 등으로도 확장 적용될 수 있다.

[732] 이하에서는, Non-precoded(NP) CSI-RS(즉, Class A 타입에 대한 CSI-RS)과 beamformed(BF) CSI-RS(즉, Class B 타입에 대한 CSI-RS) 사이의 Joint utilization뿐만 아니라 서로 다른 타입의 beamformed CSI-RS 사이의 joint utilization으로 분류되는 hybrid CSI-RS에 대하여 살펴보기로 한다.

[733]

[734] 1. NP 및 BF CSI-RS 사이의 joint utilization

[735] 스킴에 기초한 hybrid CSI-RS의 한 타입은 NP CSI-RS(class A) 및 BF CSI-RS(class B) 사이의 joint utilization에 해당할 수 있다. 이는, 2개의 Rel. 13의 CSI 프로세스들을 설정함으로써 적용/사용 가능하다. 특히, class A 타입의 제1 CSI process에는 상대적으로 높은 주기를 갖는 NP CSI-RS 자원(예를 들어, CSI-RS 자원 #1)이 설정될 수 있다. 또한, class B 타입의 제2 CSI process에는 상대적으로 낮은 주기를 갖는 BF CSI-RS 자원(또는 CSI-RS 자원 #0)이 설정될 수 있다. 단말의 CSI 피드백은 CSI process당 독립적으로 수행될 수 있으나, 기지국은 제1 CSI process로부터 보고된 PMI를 제2 CSI process의 BF CSI-RS에 빔 계수로 적용/사용할 수 있다.

[736] Rel. 14의 eFD-MIMO의 경우, 보다 효율성 높은 CSI 보고를 위해, 이러한 두 개의 CSI process들을 이용하여 하나의 통일된/통합된 CSI process를 도출하는 hybrid 동작을 어떻게 최적화할 지에 대해 추가적으로 논의될 필요가 있다. 이때, 고려되어야 할 사항은 제1 CSI process로부터 실제로 필요한 CSI 피드백 요소는 PMI 정보이며, CQI가 아니라는 점이다. 그 이유는, 제2 CSI process를 통해 보고된 CQI는 실제로 link adaptation에 대한 CSI의 short-term 레벨에서의 관련된 CQI에 해당하기 때문이다.

[737] 통일된/통합된 CSI process에서 Hybrid CSI-RS에 대해 가능한 하나의 디자인은 Hybrid CSI-RS 자원이 적어도 2개의 CSI-RS 자원들(예를 들어, 측정 제한이 활성화된 NP CSI-RS 1(예를 들어, CSI-RS 자원 #1) 및 BF CSI-RS 2(예를 들어, CSI-RS 자원 #0))로 구성될 수 있다는 점이다. 이때, W1 보고는 NP CSI-RS 1에 기초하여 수행될 수 있으며, RI/W2/CQI 보고는 BF CSI-RS 2에 기초하여 수행될 수 있다.

[738] 이때의 W2는 보고된 W1과 결합되어 도출 및 보고되도록 정의/설정될 수도 있고, 또는 보고된 W1과 무관하게 독립적으로 도출 및 보고되도록 정의/설정될 수도 있다. 후자의 경우, 기지국으로 보고된 W1은 BF CSI-RS 2의 빔 계수로서 적용된 것으로 인식하고, 단말은 BF CSI-RS 2는 독립적으로 측정하여 CSI를 도출 및 보고할 수 있으므로, 이때의 CSI는 RI/W2/CQI라기보다 RI/PMI/CQI로서 독립적인 PMI가 계산/도출/보고될 수 있다. 물론 이 때의 PMI는 다시 W1 및 W2

보고로 다시 세분화될 수 있다.

- [739] 통일된/통합된 CSI process에서의 비주기적 CSI 보고는 CSI-RS 1 및 CSI-RS 2를 최근 측정된 결과를 기초로 수행될 수 있다. 이는, 가장 최근에 전송된 NP CSI-RS 1으로부터 도출된 W1은 아직 BF CSI-RS 2에 반영되지 않았으나, 해당 W1은 기지국의 동작에 의해 다음 BF CSI-RS 2에 적용될 빔포밍 계수를 결정하기 위해 사용될 것임을 의미할 수 있다.
- [740] 이러한 비주기적 CSI 보고를 트리거하는 비주기적 CSI 트리거링은, {W1, RI, W2, CQI} 중 적어도 일부만을 트리거링하는 일반적인 형태로 확장 적용될 수도 있다. 예를 들어, (단말이 2 layers까지 지원하는 경우) W1(1)과 RI(2)/W2(2)/CQI(2)(또는 RI(2)/PMI(2)/CQI(2)) 중 적어도 하나를 선택적으로 보고하도록 트리거링할 수도 있다. 또는, (단말이 8 layers까지 지원하는 경우) W1(1)/RI(1)과 RI(2)/W2(2)/CQI(2)(또는 RI(2)/PMI(2)/CQI(2)) 중 적어도 하나를 선택적으로 보고하도록 트리거링할 수도 있다.
- [741] 주기적인 CSI 보고의 경우, 하나의 CSI full 보고는 3개의 reporting instance로 구성될 수 있다. 이때, NP CSI-RS 1으로부터 도출된 W1은 1st instance에 보고될 필요가 있다.
- [742] NP CSI-RS 1으로부터의 CSI 도출은 항상 rank 1으로 제한된 경우로 해석될 수 있으며, 이는 여기서 필요한 정보가 선호하는(preferable) beam direction 정보이기 때문이다. 또는, rank 1으로의 제한 없이, 예를 들어 rank 2 이상도 단말이 측정/계산할 수 있도록 하되, 이 때의 rank의 의미는 “orthogonal beam 개수”(이하에서, ‘OBI’로 지칭함)로 재해석될 수 있다. 그리고, 단말이 이러한 OBI도 W1과 함께 W1 보고 시점에 기지국으로 보고하도록 향상될 수 있다. 따라서 “rank 1으로의 제한”은 다른 표현으로는 ‘OBI=1’을 가정하는 것과 동일한 의미로 해석될 수 있다.
- [743] 만일, 단말이 ‘OBI=2’를 보고하면서 이와 연계된 W1을 함께 보고한다면, 이는 단말이 기지국에 보고한 W1에 속한 (DFT) vectors (precoders) 중에서는 (최대) orthogonal beam이 존재한다는 의미로 해석될 수 있다.
- [744] 또는, OBI와 함께 보고되는 W1은 OBI 값만큼 보고될 수도 있다. 예를 들어, ‘OBI=2’이면 W1이 두 번 (함께) 보고되며, 첫 번째 W1은 하나의 orthogonal beam을 기준으로 span하는 (인접) beam들을 보고하는 것이고, 두 번째 W1은 또 다른 orthogonal beam을 기준으로 span하는 (인접) beam들을 보고하는 것이다. 이러한 CSI 피드백을 수신한 기지국은 이러한 빔 정보를 바탕으로 빔 계수로서 BF CSI-RS에 적용할 수 있다.
- [745] 예를 들어, BF CSI-RS가 8-port로 설정된다면, 이 중 두 개의 cross-pole 안테나 쌍인 2-포트 단위로 W1 등을 통해 long-term하게 제공된 특정 빔 방향이 (공통으로) 적용되어 beamformed 2-포트가 전송될 수 있으며, 또 달리 제공된 특정 빔 방향을 또 다른 2-포트 쌍에 적용하여 전송하는 형태로 BF CSI-RS의 전송이 수행될 수 있다.

- [746] 또는, 사전에 BF CSI-RS를 두 개 이상 설정하여 두고, 만일 단말이 'OBI=1'을 보고하였다면, 기지국은 특정(예를 들어, 첫 번째) BF CSI-RS에만 빔포밍 계수를 적용하여 전송할 수 있으며, 단말은 나머지(예를 들어, 두 번째) BF CSI-RS는 측정하지 않을 수 있다. 또는, 만일 단말이 'OBI=2'를 보고하였다면, 기지국은 첫 번째와 두 번째 BF CSI-RS들에만 각각 상이한 빔포밍 계수('OBI=2'에 따라 빔 방향(예를 들면, W1)에 의해 도출된)를 적용하여 전송하며, 단말이 이들을 측정할 수 있다. 이외에 미리 설정되어 있던 BF CSI-RS가 있더라도, 단말은 앞선 예에서와 마찬가지로 이를 측정하지 않을 수 있다.
- [747] 이때, 앞선 예에서와 같이 'OBI=2'인 경우에 있어서, 단말이 두 개의 상이한 BF CSI-RS들을 측정할 시, 이들에 대한 CSI 도출은 다음과 같이 수행할 수 있다:
- [748] - 단말은 측정된 BF CSI-RS들을 이용한 CRI(CSI-RS resource indicator) 보고(어떤 BF CSI-RS 자원을 선호/선택하는지를 알림) 및 선택된 BF CSI-RS에 대한 RI/PMI/CQI 피드백을 수행할 수 있다.
- [749] - 단말은 측정된 BF CSI-RS들을 모두(혹은 일부)를 이용하여 total rank, BF CSI-RS 각각에 대한 PMI(혹은 total composite PMI), 및/또는 통합 CQI를 계산/획득/도출하여 보고할 수 있다. 즉, 단말은 BF CSI-RS 자원들간의 선택이 아니라, 다수의 BF CSI-RS 자원들 내에 존재하는 모든 CSI-RS 포트를 함께(jointly) 고려하여 CSI 도출을 수행할 수 있다. 예를 들어, 단말은 각 BF CSI-RS 자원을 개별 transmission point(TP)로 인식하고 "Transmission point indicated by beam" 형태의 CSI 도출을 수행하도록 정의/설정될 수 있다. 이 경우, total rank는 각 측정된 BF CSI-RS별로 계산되는 rank들간의 합산 형태로 결정될 수 있다.
- [750]
- [751] 2nd 및 3rd reporting instance는 BF CSI-RS 2로부터 도출된 RI 보고 및 W2/CQI 보고와 각각 대응될 수 있다. 이때 W1 보고의 주기는 RI 보고 주기의 정수배로 설정될 수 있음은 앞서 상술한 바와 같다. 서브밴드 보고 모드에 있어서도, 필수적인(necessary) CSI 타입들의 보고 순서와 유사하게 정의될 수 있다. 만일 레가시 모드 2-1이 재사용된다면, NP CSI-RS 1으로부터는 오로지 W1 보고만이 도출되며, 나머지 CSI 보고 타입들은 BF CSI-RS 2로부터 도출될 수 있다. 이러한 주기적인 CSI 보고 체인에 있어서, W1 및 다른 CSI 사이의 보고 간격은, eNB가 가장 최근 보고된 W1을 BF CSI-RS 2 전송에 적용하는데 사용할 수 있도록 충분히 떨어져 있을 것이 보장되어야 한다.
- [752] NP 및 BF CSI-RS 사이의 joint utilization을 위한 하나의 통일된/통합된 CSI process는 줄어든 피드백 오버헤드를 갖는 효율적인 CSI 보고를 위해 설계될 수 있다.
- [753]
- [754] 2. 서로 다른 BF CSI-RS 타입 사이의 joint utilization
- [755] 스킴에 기초한 hybrid CSI-RS의 또 다른 타입은 서로 다른 BF CSI-RS(class B)

사이의 joint utilization에 해당할 수 있다. 이는 Rel. 13의 두 CSI process들을 설정함으로써 적용/사용 가능하다. 보다 상세하게는, 하나의 CSI process는, $K > 1$ 인 경우의 낮은 듀티 사이클을 갖는 class B 타입의 CSI process에 해당하며, 다른 하나의 CSI process는 $K=1$ 이고, 단말-특정 BF CSI-RS의 설정 및 측정 제한이 활성화된 class B 타입의 CSI process에 해당한다. 특히, $K > 1$ 인 class B 타입의 제1 CSI process에는 상대적으로 긴 주기를 갖는 K개의 BF CSI-RS 자원들이 설정될 수 있으며, $K=1$ 인 class B 타입의 제2 CSI process에는 짧은 주기를 갖는 하나의 BF CSI-RS 자원이 설정될 수 있다.

[756] 단말의 CSI 피드백은 CSI process당 독립적으로 수행될 수 있다. 그러나, 기지국은 제1 CSI process를 통해 보고된 PMI 및 이와 대응하는 CRI를 제2 CSI process의 BF CSI-RS에 빔포밍 계수로 적용하기 위해 사용할 수 있다.

[757] Rel. 14의 eFD-MIMO의 경우, 보다 효율성 높은 CSI 보고를 위해, 이러한 두 개의 CSI process들을 이용하여 하나의 통일된/통합된 CSI process를 도출하는 hybrid 동작을 어떻게 최적화할 지에 대해 추가적으로 논의될 필요가 있다. 이때, 고려되어야 할 사항은 제1 CSI process로부터 실제로 필요한 CSI 피드백 요소는 PMI 정보 및 이와 대응하는 CRI 정보이며, CQI가 아니라는 점이다. 그 이유는, 제2 CSI process를 통해 보고된 CQI는 실제로 link adaptation에 대한 CSI의 short-term 레벨에서의 관련된 CQI에 해당하기 때문이다.

[758] 통일된/통합된 CSI process에서 Hybrid CSI-RS에 대해 가능한 하나의 디자인은 Hybrid CSI-RS 자원이 $K+1$ 개의 BF CSI-RS 자원들로 구성될 수 있다는 점이다. 여기서, 단말의 CSI 피드백은 default CSI-RS 자원에 기초할 수 있으며, CSI 보고는 나머지/잔여 K개의 CSI-RS 자원들을 기초할 수 있다.

[759] 통일된/통합된 CSI process에서의 비주기적 CSI 보고는 $K+1$ 개의 BF CSI-RS 자원들에 대해 가장 최근의 측정한 결과를 기초로 수행될 수 있다. 이는, K개의 CSI-RS들로부터 보고된 CRI와 대응하는 적용된 빔 방향은 아직 default BF CSI-RS에 반영되지 않았으나, 보고된 CRI 정보는 기지국의 동작에 의해 default CSI-RS에 적용할 다음 빔 계수를 결정하기 위해 사용될 수 있음을 의미할 수 있다.

[760] 주기적인 CSI 보고의 경우, K개의 CSI-RS들로부터의 CRI 보고는 별도의 reporting instance에 부가/수행되거나, 또는 default BF CSI-RS를 위한 주기적인 CSI 피드백 체인에 기초하여 존재하는 RI 보고와 함께 수행될 수 있다. 즉, 기본적으로 통일된/통합된 CSI process에 대한 CSI 피드백 구성은 default CSI-RS(예를 들어, 가장 낮은 인덱스 또는 가장 높은 인덱스 값을 갖는 CSI-RS)에 대한 CSI 보고를 타겟하여 설정될 수 있다. 이때 통상적인 RI/PMI/CQI 보고를 수행하기 위한 reporting instance 등의 설정 정보가 시그널링될 수 있다.

[761] 이때, 추가적인 K개의 CSI-RS들을 통해 단말이 CRI/BI를 계산하도록 하고 이를 보고하기 위한 CRI 보고 타입만이 CSI 피드백 구성상에서 별도의 reporting instance로 분리되어 보고되거나, 특정 instance(예를 들어, RI reporting instance)에

다른 CSI 정보/타입과 함께 인코딩/멀티플렉싱(encoding/multiplexing)되어 보고될 수 있다.

[762]

[763] 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 단말의 CSI 전송 방법에 관한 순서도이다. 본 순서도와 관련하여 앞서 상술한 실시예들이 동일/유사하게 적용될 수 있으며, 이하에서 중복되는 설명은 생략한다.

[764] 단말은 크게 통합된 하나의 CSI 프로세스를 수행할 수 있다. 이러한 통합된 하나의 CSI 프로세스는 아래와 같은 세부적인 동작들을 포함할 수 있다.

[765] 우선, 단말은 기지국으로부터 프리코딩 되지 않은(non-precoded) CSI-RS 자원과 연관된 제1 채널 상태 정보-참조 신호(CSI-RS: CSI-Reference Signal)를 수신할 수 있다(S1510). 다시 말하면, 단말은 class A 타입의 CSI 보고를 위해 설정된 제1 CSI-RS를 기지국으로부터 수신할 수 있다.

[766] 다음으로, 단말은 수신한 제1 CSI-RS를 기반으로 제1 프리코딩 행렬 지시자(PMI: Precoding Matrix Indicator)를 도출하고, 도출된 제1 PMI를 기지국으로 보고할 수 있다(S1520). 이때, 단말은 자신이 지원하는 레이어(layer) 수에 기초하여 제1 PMI와 함께 제1 PMI와 연계된 제1 RI를 추가로 보고할 수 있다. 예를 들어, 단말이 2 레이어까지 지원하는 경우, 제1 PMI와 함께 제1 RI를 추가로 보고하지 않으며, 단말이 8 레이어까지 지원하는 경우, 제1 PMI와 함께 제1 RI를 추가로 보고할 수 있다. 이때, 제1 PMI와 함께 보고되는 제1 RI는 랭크 1 또는 랭크 3을 지시할 수 있다. 또한, 단말은 제1 PMI를 전송하는 경우, 이를 PUCCH(Physical Uplink Control Channel) 포맷 2 또는 3으로 전송할 수 있다.

[767] 다음으로, 단말은 기지국으로부터 빔포밍된(beamformed) CSI-RS 타입의 1개의 CSI-RS 자원과 연관된 제2 CSI-RS를 수신할 수 있다(S1530). 다시 말하면, 단말은 class B 타입의 CSI 보고를 위해 설정된 제2 CSI-RS를 기지국으로부터 수신할 수 있다.

[768] 다음으로, 단말은 제2 CSI-RS를 기반으로 도출된 제2 랭크 지시자(RI: Rank Indicator)/채널 품질 지시자(CQI: Channel Quality Indicator)/제2 PMI를 상기 기지국으로 보고할 수 있다(S1540).

[769] 이때 만일 단말에 주기적 CSI 보고가 트리거되는 경우, 제1 PMI의 보고 주기는, RI의 보고 주기보다 길게 설정될 수 있다. 예를 들어, 제1 PMI의 보고 주기는 RI의 보고 주기의 정수배로 설정될 수 있다.

[770] 또한, 단말에 의한 제1 CSI-RS를 기반으로 한 제1 PMI의 도출 및 제2 CSI-RS를 기반으로 한 제2 RI/CQI/제2 PMI의 도출은 각각 서로 독립적으로 수행될 수 있다.

[771] 또한, 만일 단말에 비주기적 CSI 보고가 트리거되는 경우, 제1 CSI-RS 기반의 PMI 및 제2 CSI-RS 기반의 제2 RI/CQI/제2 PMI 중 적어도 일부에 대한 보고가 선택적으로 트리거될 수 있다.

[772]

[773] 본 발명이 적용될 수 있는 장치 일반

[774] 도 16는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 장치의 블록 구성도를 예시한다.

[775] 도 16를 참조하면, 무선 통신 시스템은 기지국(1610)과 기지국(1610) 영역 내에 위치한 다수의 단말(1620)을 포함한다.

[776] 기지국(1610)은 프로세서(processor, 1611), 메모리(memory, 1612) 및 RF부(radio frequency unit, 1613)을 포함한다. 프로세서(1611)는 앞선 도면들에서 제안된 기능, 과정 및/또는 방법을 구현한다. 무선 인터페이스 프로토콜의 계층들은 프로세서(1611)에 의해 구현될 수 있다. 메모리(1612)는 프로세서(1611)와 연결되어, 프로세서(1611)를 구동하기 위한 다양한 정보를 저장한다.

RF부(1613)는 프로세서(1611)와 연결되어, 무선 신호를 송신 및/또는 수신한다.

[777] 단말(1620)은 프로세서(1621), 메모리(1622) 및 RF부(1623)을 포함한다.

프로세서(1621)는 앞선 도면들에서 제안된 기능, 과정 및/또는 방법을 구현한다. 무선 인터페이스 프로토콜의 계층들은 프로세서(1621)에 의해 구현될 수 있다. 메모리(1622)는 프로세서(1621)와 연결되어, 프로세서(1621)를 구동하기 위한 다양한 정보를 저장한다. RF부(1623)는 프로세서(1621)와 연결되어, 무선 신호를 송신 및/또는 수신한다.

[778] 메모리(1612, 1622)는 프로세서(1611, 1621) 내부 또는 외부에 있을 수 있고, 잘 알려진 다양한 수단으로 프로세서(1611, 1621)와 연결될 수 있다. 또한, 기지국(1610) 및/또는 단말(1620)은 한 개의 안테나(single antenna) 또는 다중 안테나(multiple antenna)를 가질 수 있다.

[779] 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.

[780] 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.

[781] 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.

- [782] 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

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

청구범위

- [청구항 1] 무선 통신 시스템에서 단말이 채널 상태 정보(CSI: Channel State Information)를 전송하는 방법에 있어서,
 하나의 통합된 CSI 프로세스를 수행하는 단계; 를 포함하되, 상기 하나의 통합된 CSI 프로세스를 수행하는 단계는,
 기지국으로부터 프리코딩 되지 않은(non-precoded) CSI-RS 자원과 연관된 제1 채널 상태 정보-참조 신호(CSI-RS: CSI-Reference Signal)를 수신하는 단계;
 상기 제1 CSI-RS를 기반으로 도출된 제1 프리코딩 행렬 지시자(PMI: Precoding Matrix Indicator)를 상기 기지국으로 보고하는 단계;
 상기 기지국으로부터 빔포밍된(beamformed) CSI-RS 타입의 1개의 CSI-RS 자원과 연관된 제2 CSI-RS를 수신하는 단계; 및
 상기 제2 CSI-RS를 기반으로 도출된 제2 랭크 지시자(RI: Rank Indicator)/채널 품질 지시자(CQI: Channel Quality Indicator)/제2 PMI를 상기 기지국으로 보고하는 단계; 를 포함하되,
 주기적 CSI 보고가 트리거되는 경우, 상기 제1 PMI의 보고 주기는, 상기 RI의 보고 주기보다 길게 설정되되, 상기 RI의 보고 주기의 정수배로 설정되는, CSI 전송 방법.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
 상기 단말에 의한 상기 제1 CSI-RS를 기반으로 한 상기 제1 PMI의 도출 및 상기 제2 CSI-RS를 기반으로 한 상기 제2 RI/CQI/제2 PMI의 도출은 각각 서로 독립적으로 수행되는, CSI 전송 방법.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,
 상기 제1 PMI를 보고하는 단계는,
 상기 단말이 지원하는 레이어(layer) 수에 기초하여 상기 제1 PMI와 함께 상기 제1 PMI와 연계된 제1 RI를 추가로 보고하는 단계인, CSI 전송 방법.
- [청구항 4] 제 3 항에 있어서,
 상기 제1 PMI를 보고하는 단계는,
 상기 단말이 2 레이어까지 지원하는 경우, 상기 제1 PMI와 함께 상기 제1 RI를 추가로 보고하지 않으며,
 상기 단말이 8 레이어까지 지원하는 경우, 상기 제1 PMI와 함께 상기 제1 RI를 추가로 보고하는 단계인, CSI 전송 방법.
- [청구항 5] 제 4 항에 있어서,
 상기 제1 PMI와 함께 보고되는 상기 제1 RI는 랭크 1 또는 랭크 3을 지시하는, CSI 전송 방법.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서,
 상기 제1 PMI는 PUCCH(Physical Uplink Control Channel) 포맷 2 또는

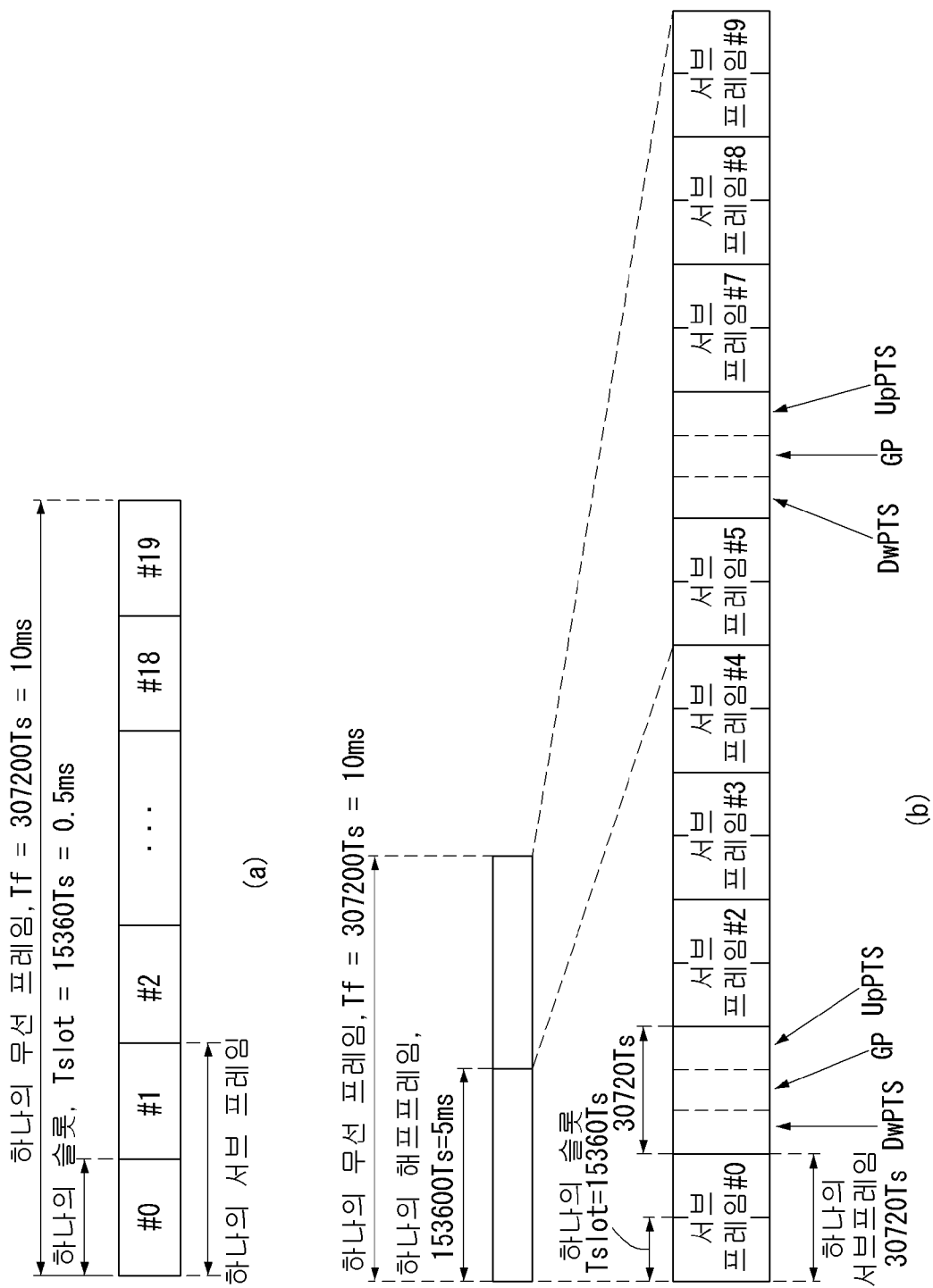
- 3으로 전송되는, CSI 전송 방법.
- [청구항 7] 제 1 항에 있어서,
비주기적 CSI 보고가 트리거되는 경우, 상기 제1 CSI-RS 기반의 상기 PMI 및 상기 제2 CSI-RS 기반의 상기 제2 RI/CQI/제2 PMI 중 적어도 일부에 대한 보고가 선택적으로 트리거 되는, CSI 전송 방법.
- [청구항 8] 무선 통신 시스템에서 채널 상태 정보(CSI: Channel State Information)를 전송하는 단말에 있어서,
무선 신호를 송수신하기 위한 RF(Radio Frequency) 유닛; 및
상기 RF 유닛을 제어하는 프로세서를 포함하고,
상기 프로세서는, 하나의 통합된 CSI 프로세스를 수행하되,
기지국으로부터 프리코딩 되지 않은(non-precoded) CSI-RS 자원과 연관된 제1 채널 상태 정보-참조 신호(CSI-RS: CSI-Reference Signal)를 수신하고,
상기 제1 CSI-RS를 기반으로 도출된 제1 프리코딩 행렬 지시자(PMI: Precoding Matrix Indicator)를 상기 기지국으로 보고하고,
상기 기지국으로부터 빔포밍된(beamformed) CSI-RS 타입의 1개의 CSI-RS 자원과 연관된 제2 CSI-RS를 수신하고, 및
상기 제2 CSI-RS를 기반으로 도출된 제2 랭크 지시자(RI: Rank Indicator)/채널 품질 지시자(CQI: Channel Quality Indicator)/제2 PMI를 상기 기지국으로 보고함으로써 상기 하나의 통합된 CSI 프로세스를 수행하되,
주기적 CSI 보고가 트리거되는 경우, 상기 제1 PMI의 보고 주기는, 상기 RI의 보고 주기보다 길게 설정되되, 상기 RI의 보고 주기의 정수배로 설정되는, 단말.
- [청구항 9] 제 8 항에 있어서,
상기 단말에 의한 상기 제1 CSI-RS를 기반으로 한 상기 제1 PMI의 도출 및 상기 제2 CSI-RS를 기반으로 한 상기 제2 RI/CQI/제2 PMI의 도출은 각각 서로 독립적으로 수행되는, 단말.
- [청구항 10] 제 8 항에 있어서,
상기 제1 PMI를 보고하는 경우, 상기 프로세서는,
상기 단말이 지원하는 레이어(layer) 수에 기초하여 상기 제1 PMI와 함께 상기 제1 PMI와 연계된 제1 RI를 추가로 보고하는, 단말.
- [청구항 11] 제 10 항에 있어서,
상기 제1 PMI를 보고하는 경우, 상기 프로세서는,
상기 단말이 2 레이어까지 지원하는 경우, 상기 제1 PMI와 함께 상기 제1 RI를 추가로 보고하지 않으며,
상기 단말이 8 레이어까지 지원하는 경우, 상기 제1 PMI와 함께 상기 제1 RI를 추가로 보고하는, 단말.
- [청구항 12] 제 11 항에 있어서,

상기 제1 PMI와 함께 보고되는 상기 제1 RI는 랭크 1 또는 랭크 3을 지시하는, 단말.

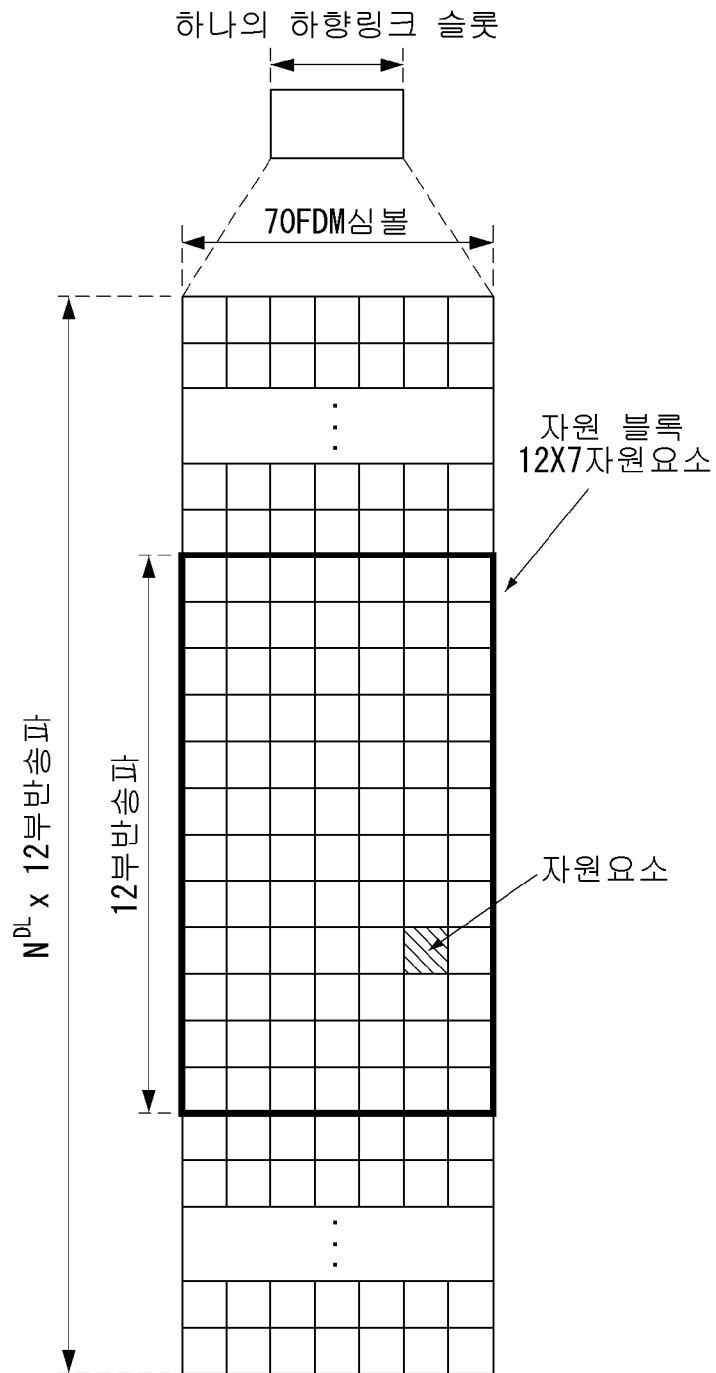
[청구항 13] 제 8 항에 있어서,
상기 제1 PMI는 PUCCH(Physical Uplink Control Channel) 포맷 2 또는 3으로 전송되는, 단말.

[청구항 14] 제 8 항에 있어서,
비주기적 CSI 보고가 트리거 되는 경우, 상기 제1 CSI-RS 기반의 상기 PMI 및 상기 제2 CSI-RS 기반의 상기 제2 RI/CQI/제2 PMI 중 적어도 일부에 대한 보고가 선택적으로 트리거 되는, 단말.

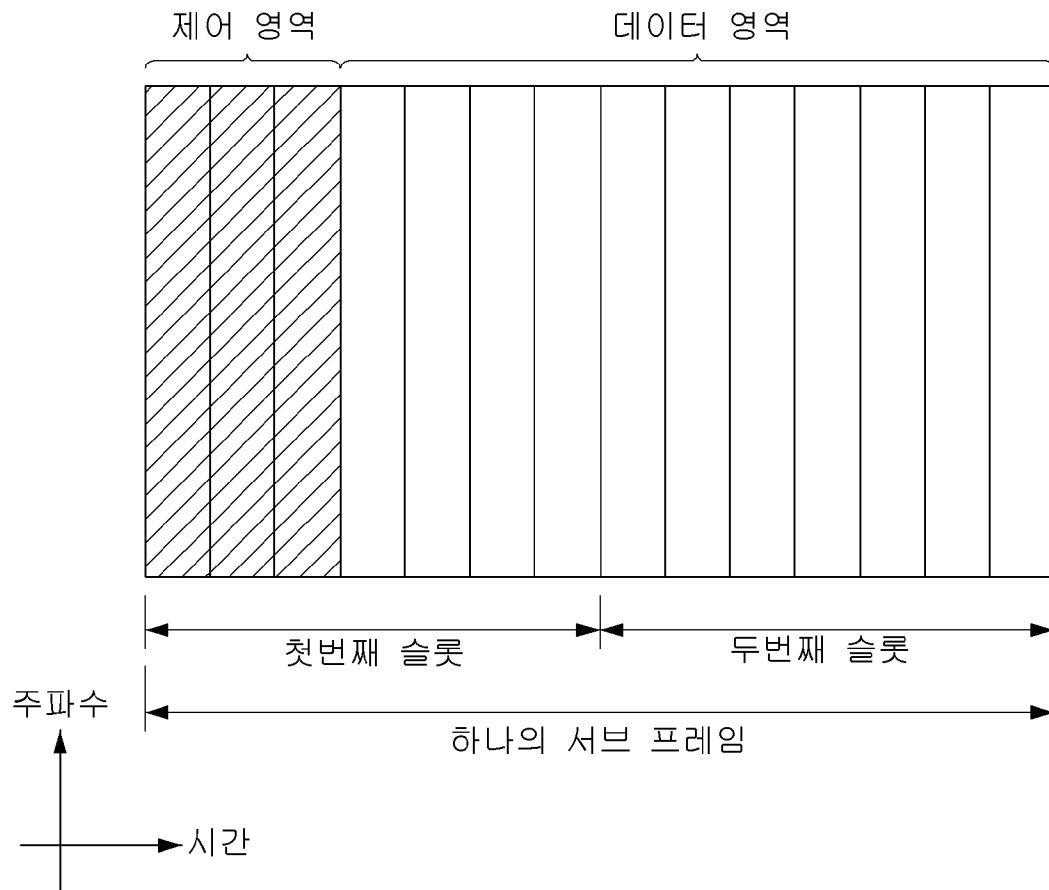
[도1]



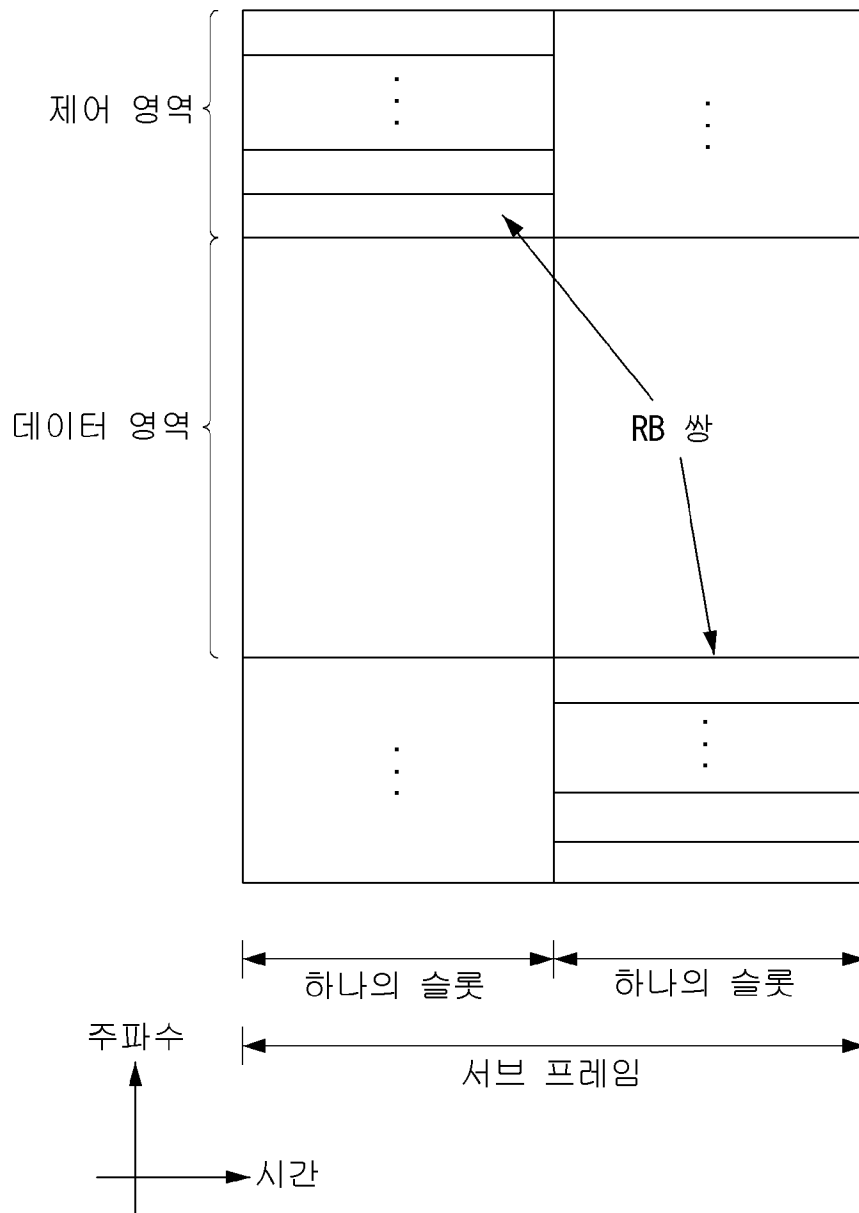
[도2]



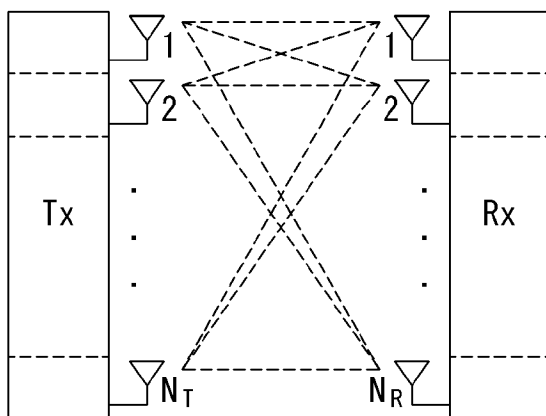
[도3]



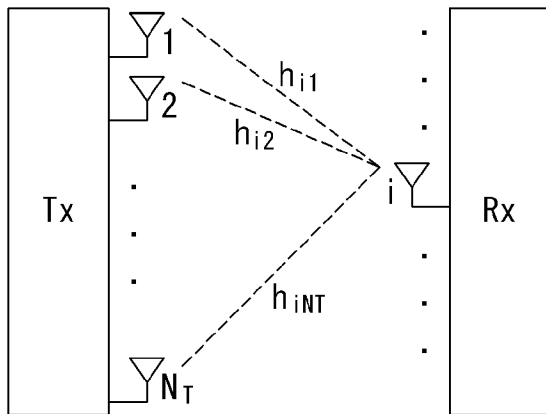
[도4]



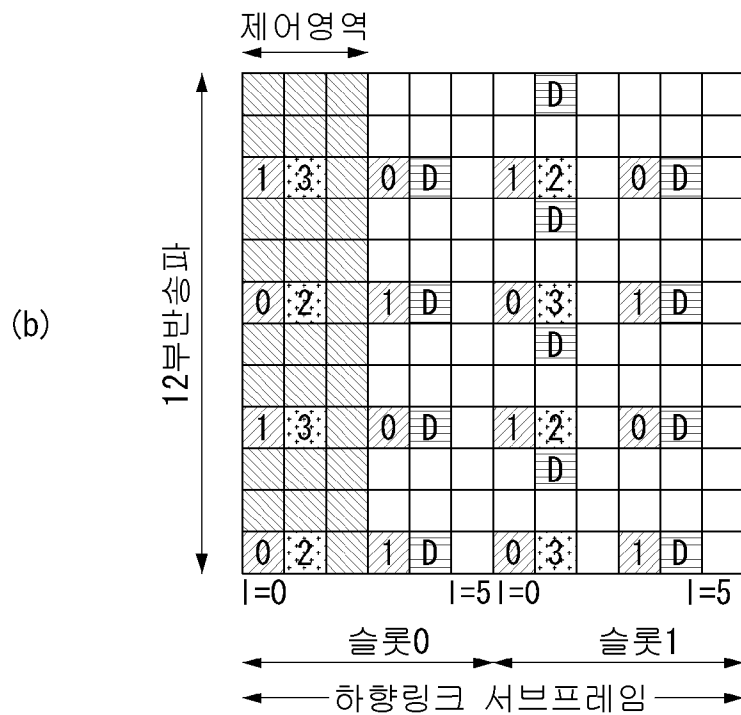
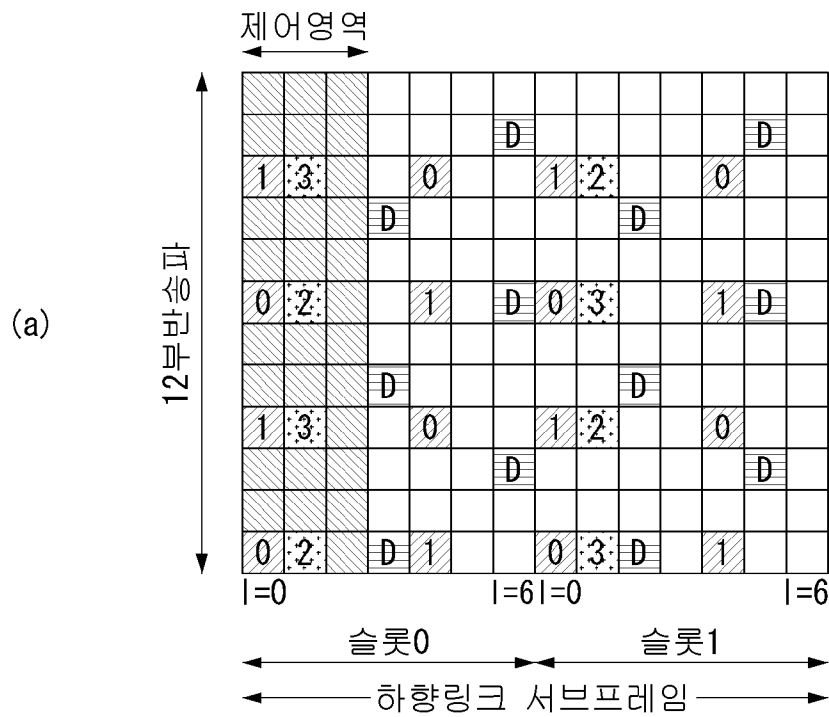
[도5]



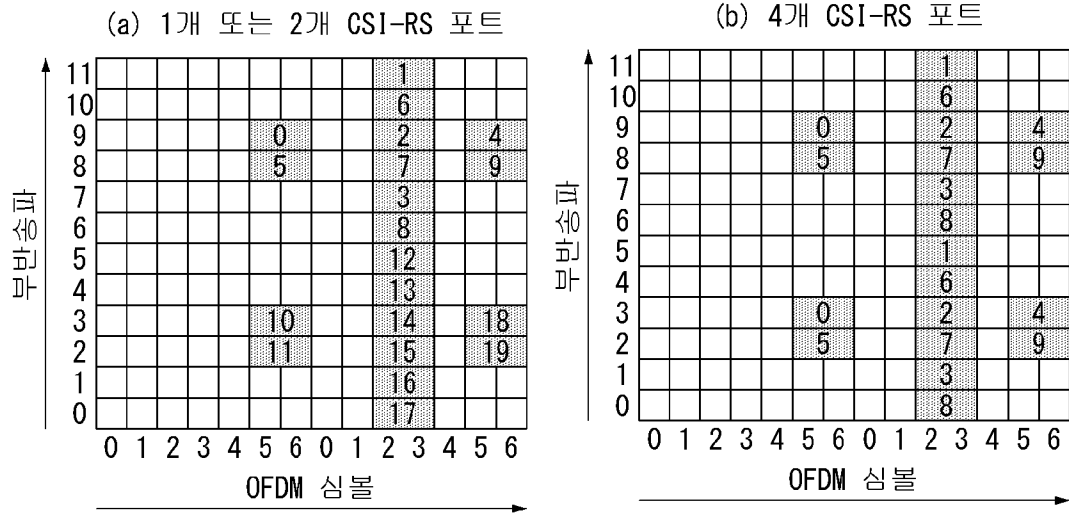
[도6]



[도7]

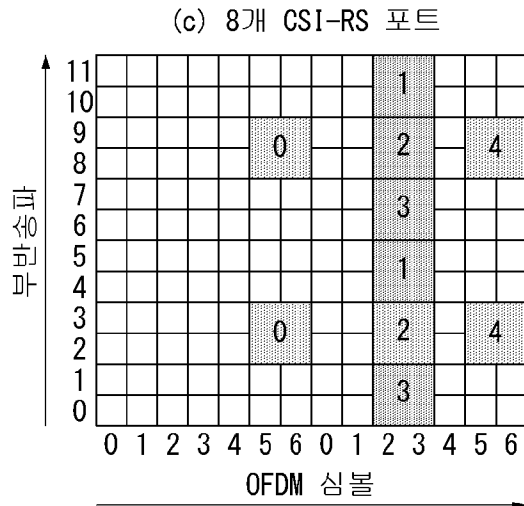


[도8]



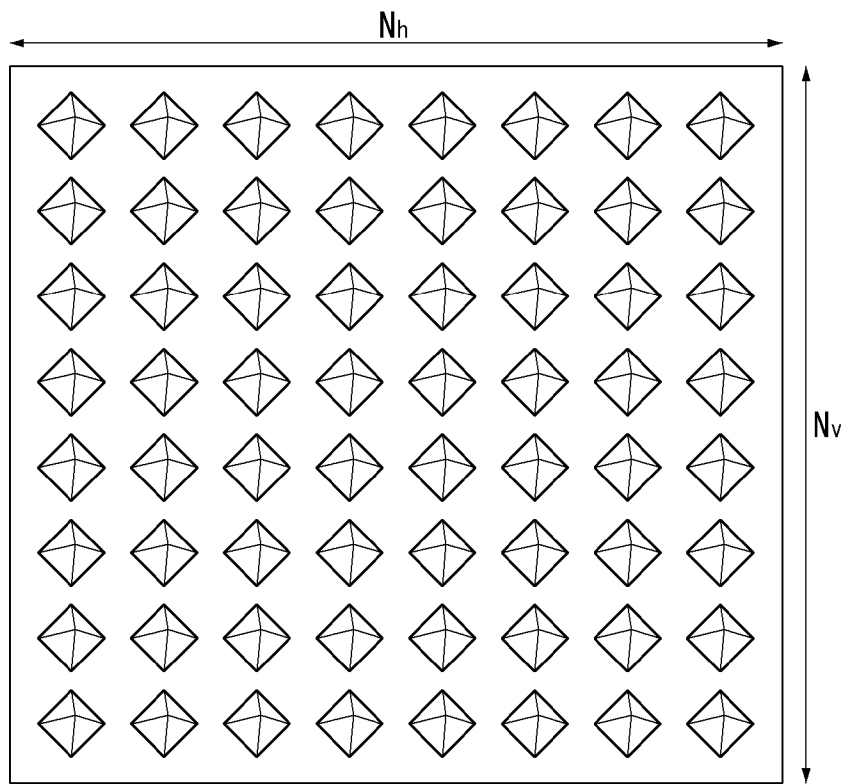
[i] : 1개 또는 2개 CSI-RS 포트를
위해 이용가능한 CSI-RS 구성 i

[i] : 4개 CSI-RS 포트를 위해
이용가능한 CSI-RS 구성 i

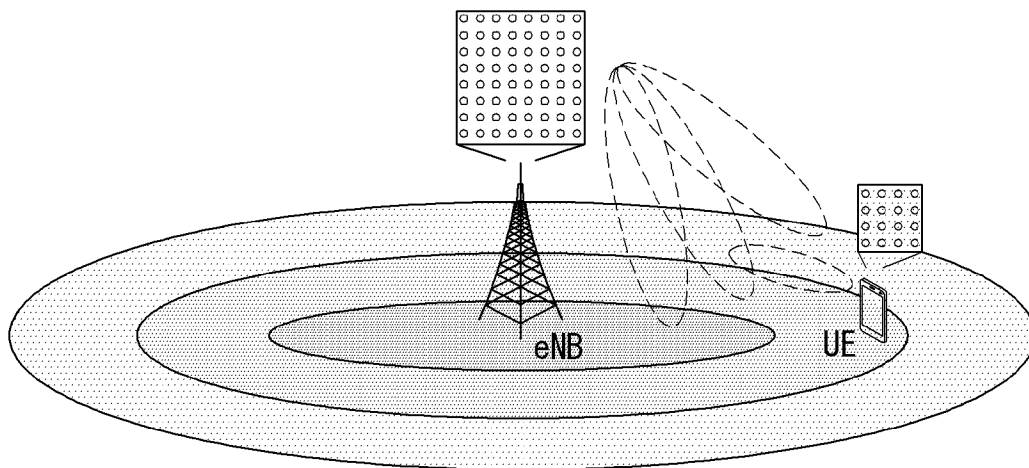


[i] : 8개 CSI-RS 포트를 위해
이용가능한 CSI-RS 구성 i

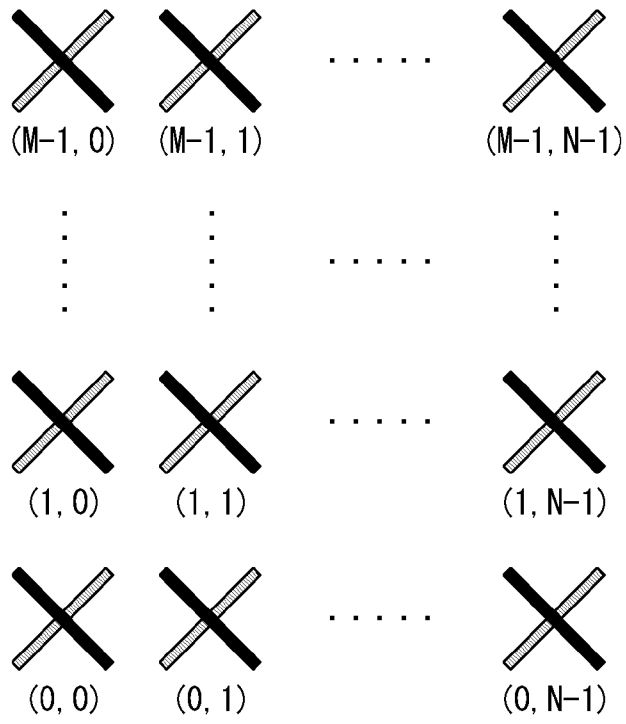
[도9]



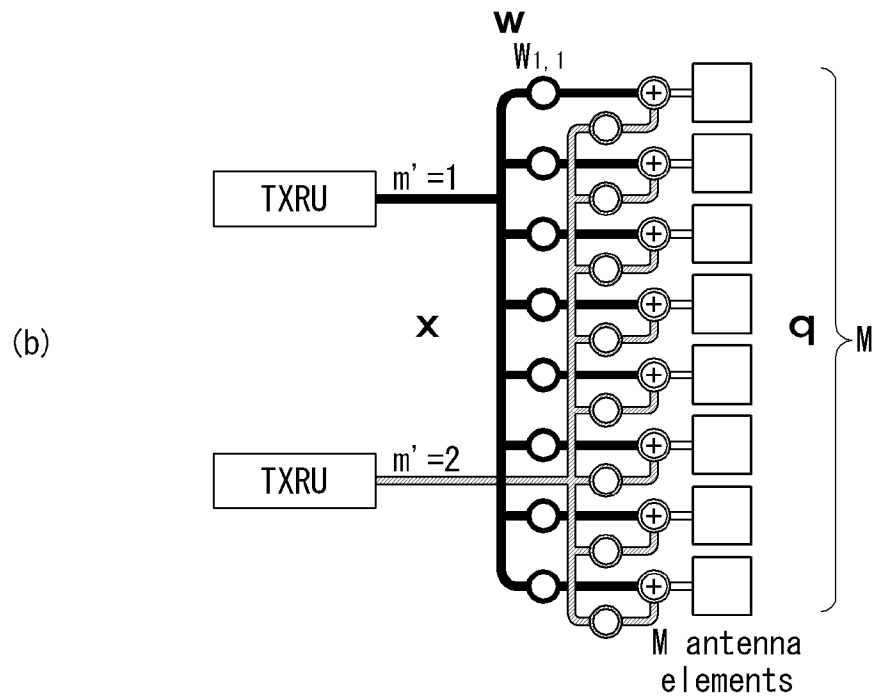
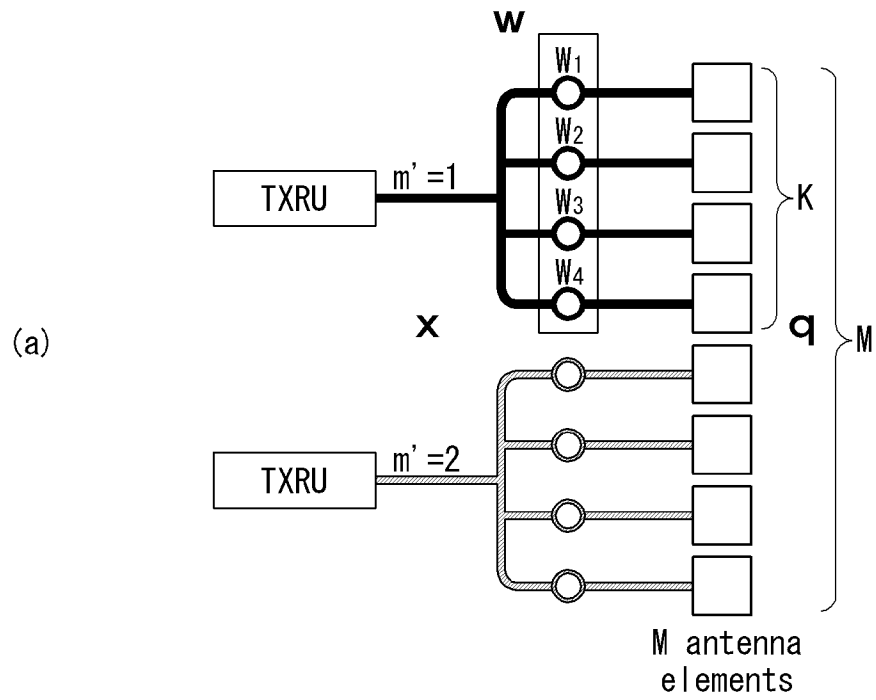
[도10]



[도11]



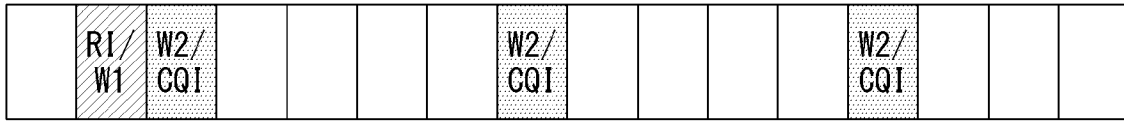
[도12]



[도13]

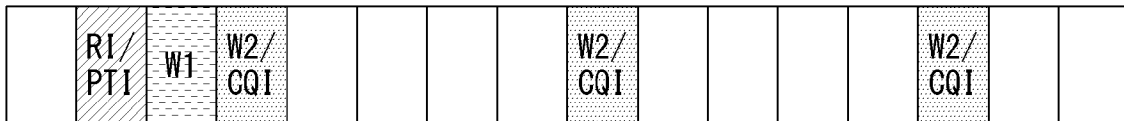
(a) Mode 1-1 with CSI mode 1

Mode 1:

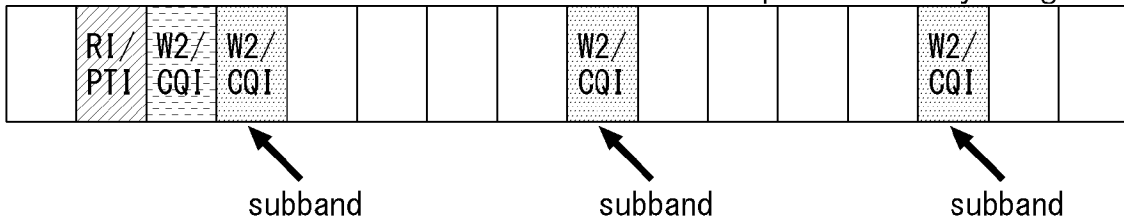


(b) Mode 2-1

Mode 2 (PTI = 0):

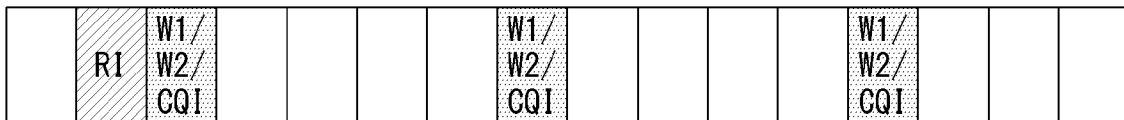


Mode 2 (PTI = 1):

FFS between selection indicator
and predefined cycling

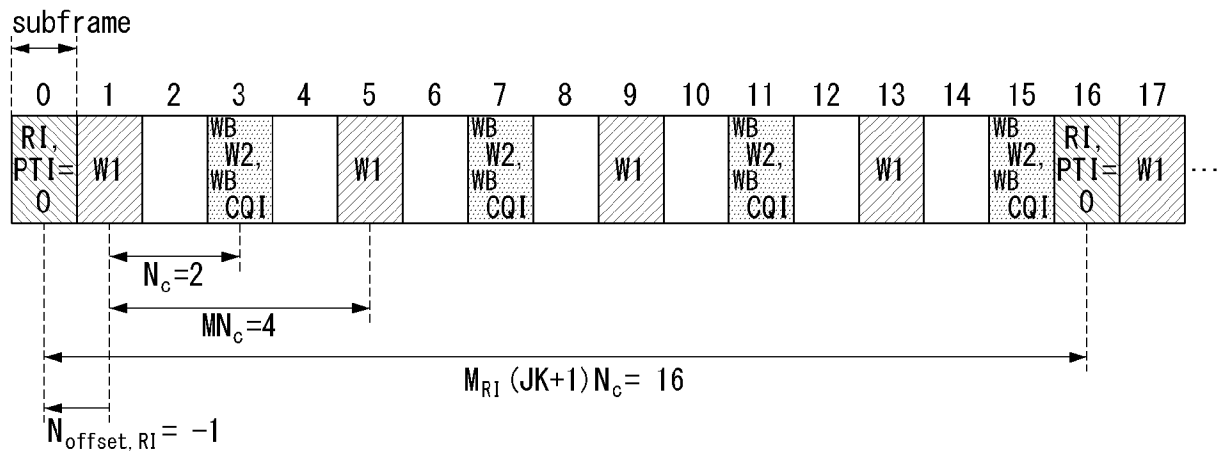
(c) Mode 1-1 with CSI mode 2

Mode 3:

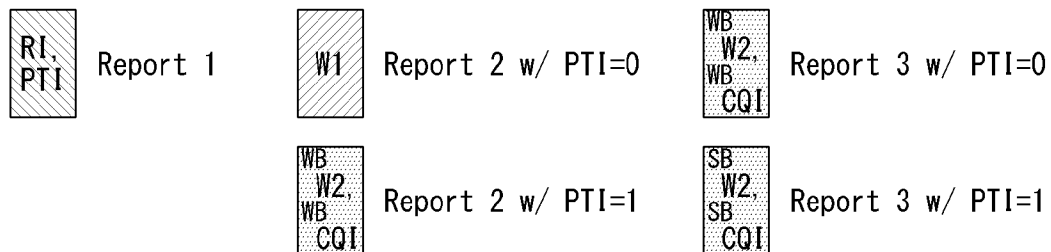
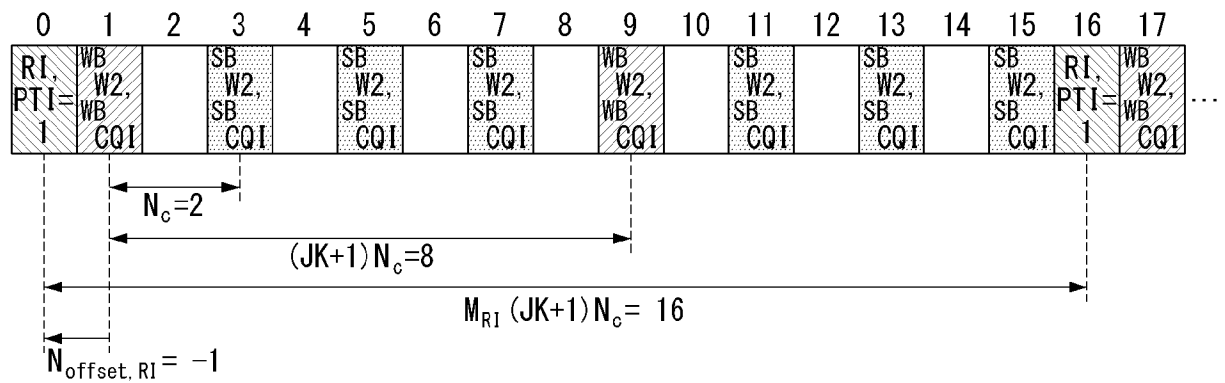


[도14]

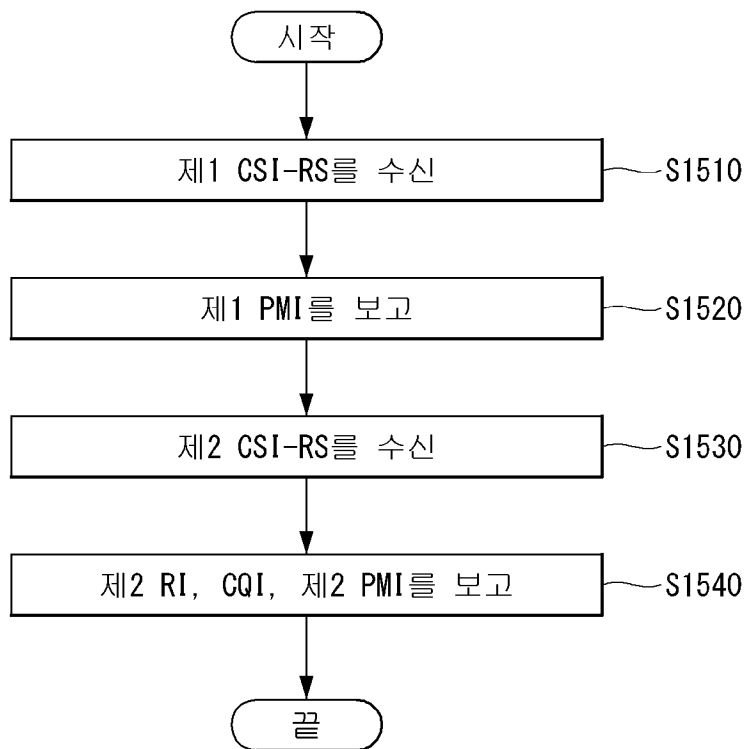
(a)

(where $M=2$, $M_{RI}=2$, $J=3$, $K=1$)

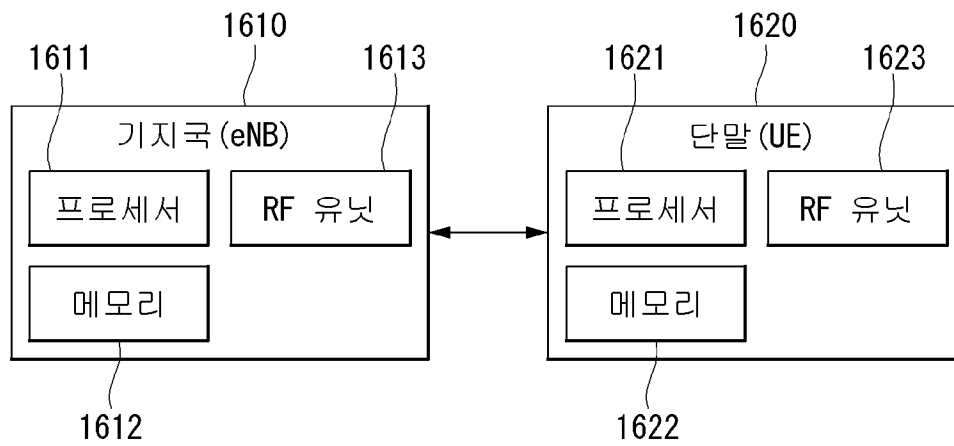
(b)



[도15]



[도16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2016/013567**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H04B 7/06(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 1/00; H04L 1/06; H04B 17/309; H04W 24/10; 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: integrated CSI process, non-precoded CSI-RS resource, first CSI-RS, beamformed CSI-RS type, second CSI-RS, first PMI, RI, integer multiple of report period

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	SAMSUNG, "Discussions on Hybrid CSI-RS Based Schemes", R1-154182, 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #82, Beijing, China, 14 August 2015 See sections 2-3.	1-2,6-9,13-14
A		3-5,10-12
Y	US 2015-0055724 A1 (TEXAS INSTRUMENTS INC.) 26 February 2015 See paragraphs [0015], [0048], [0067]-[0068], [0108]; and figure 7.	1-2,6-9,13-14
Y	US 2015-0249511 A1 (CHEN, Yijian et al.) 03 September 2015 See paragraphs [0026], [0137]-[0150]; and figure 2.	6,13
Y	US 2013-0195008 A1 (PELLETIER, Benoit et al.) 01 August 2013 See paragraphs [0091]-[0092], [0199], [0204]-[0205]; and figure 3.	7,14
A	WO 2015-060680 A2 (LG ELECTRONICS INC.) 30 April 2015 See paragraphs [309]-[316]; claim 1; and figure 39.	1-14



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

23 FEBRUARY 2017 (23.02.2017)

Date of mailing of the international search report

23 FEBRUARY 2017 (23.02.2017)

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/KR2016/013567

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 2015-0055724 A1	26/02/2015	US 2012-0219042 A1 US 2016-0065281 A1 US 8848817 B2 US 9191088 B2	30/08/2012 03/03/2016 30/09/2014 17/11/2015
US 2015-0249511 A1	03/09/2015	CN 102291213 A WO 2012-155511 A1	21/12/2011 22/11/2012
US 2013-0195008 A1	01/08/2013	TW 201322667 A WO 2013-025478 A1	01/06/2013 21/02/2013
WO 2015-060680 A2	30/04/2015	US 2016-0211902 A1 US 2016-0212643 A1 WO 2015-060680 A3 WO 2015-060681 A1	21/07/2016 21/07/2016 18/06/2015 30/04/2015

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))**H04B 7/06(2006.01)i****B. 조사된 분야**

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H04B 7/06; H04L 1/00; H04L 1/06; H04B 17/309; H04W 24/10; 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: 통합된 CSI 프로세스, 프리코딩 되지 않은 CSI-RS 자원, 제1 CSI-RS, 빔포밍된 CSI-RS 타입, 제2 CSI-RS, 제1 PMI, RI, 보고 주기의 정수배

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	SAMSUNG, `Discussions on Hybrid CSI-RS based schemes`, R1-154182, 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #82, Beijing, China, 2015.08.14	1-2, 6-9, 13-14
A	섹션 2-3 참조.	3-5, 10-12
Y	US 2015-0055724 A1 (TEXAS INSTRUMENTS INC.) 2015.02.26	1-2, 6-9, 13-14
	단락 [0015], [0048], [0067]-[0068], [0108]; 및 도면 7 참조.	
Y	US 2015-0249511 A1 (YIJIAN CHEN 등) 2015.09.03	6, 13
	단락 [0026], [0137]-[0150]; 및 도면 2 참조.	
Y	US 2013-0195008 A1 (BENOIT PELLETIER 등) 2013.08.01	7, 14
	단락 [0091]-[0092], [0199], [0204]-[0205]; 및 도면 3 참조.	
A	WO 2015-060680 A2 (엘지전자 주식회사) 2015.04.30	1-14
	단락 [309]-[316]; 청구항 1; 및 도면 39 참조.	

☐ 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

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2017년 02월 23일 (23.02.2017)

국제조사보고서 발송일

2017년 02월 23일 (23.02.2017)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

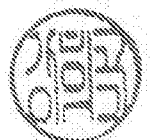
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

강희국

전화번호 +82-42-481-8264



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 2015-0055724 A1	2015/02/26	US 2012-0219042 A1 US 2016-0065281 A1 US 8848817 B2 US 9191088 B2	2012/08/30 2016/03/03 2014/09/30 2015/11/17
US 2015-0249511 A1	2015/09/03	CN 102291213 A WO 2012-155511 A1	2011/12/21 2012/11/22
US 2013-0195008 A1	2013/08/01	TW 201322667 A WO 2013-025478 A1	2013/06/01 2013/02/21
WO 2015-060680 A2	2015/04/30	US 2016-0211902 A1 US 2016-0212643 A1 WO 2015-060680 A3 WO 2015-060681 A1	2016/07/21 2016/07/21 2015/06/18 2015/04/30