

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2016년 10월 13일 (13.10.2016)



(10) 국제공개번호
WO 2016/163843 A1

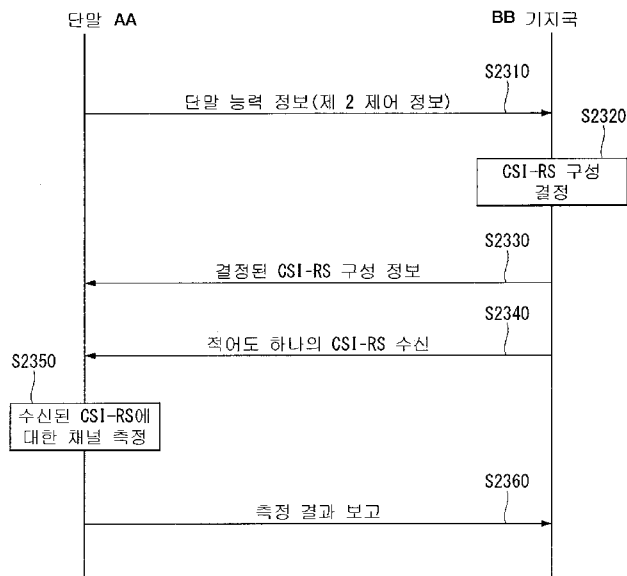
- (51) 국제특허분류:
H04B 7/06 (2006.01) H04L 5/00 (2006.01)
H04B 7/04 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2016/003780
- (22) 국제출원일: 2016년 4월 11일 (11.04.2016)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
62/145,654 2015년 4월 10일 (10.04.2015) US
62/204,967 2015년 8월 13일 (13.08.2015) US
62/205,657 2015년 8월 14일 (14.08.2015) US
62/208,808 2015년 8월 23일 (23.08.2015) US
62/211,007 2015년 8월 28일 (28.08.2015) US
62/238,707 2015년 10월 8일 (08.10.2015) US
62/251,650 2015년 11월 5일 (05.11.2015) US
62/297,083 2016년 2월 18일 (18.02.2016) US
62/297,157 2016년 2월 19일 (19.02.2016) 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). 김병훈 (KIM, Byounghoon); 06772 서울시 서초구 양재대로 11길 19, LG 전자 특허센터, Seoul (KR). 윤영우 (YUN, Youngwoo); 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, DK, DM, DO,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: METHOD FOR REPORTING CHANNEL STATE INFORMATION IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM AND DEVICE THEREFOR

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

[도 23]



S2310 ... UE capability information (second control information)
S2320 ... Determine CSI-RS configuration
S2330 ... Information on determined CSI-RS configuration
S2340 ... Receive at least one CSI-RS
S2350 ... Measure channel for received CSI-RS
S2360 ... Report result of measurement
AA ... UE
BB ... Base station

(57) Abstract: The present specification discloses a method for reporting channel state information (CSI) in a wireless communication system, the method being performed by a user equipment (UE) and comprising a step for transmitting, to a base station, UE capability information including second control information which indicates the total number of CSI-RS resources maximally supported in one CSI process. Therefore, the method can reduce the implementation complexity of the UE.

(57) 요약서: 본 명세서는 무선 통신 시스템에서 CSI (Channel State Information)를 보고(reporting)하기 위한 방법에 있어서, 단말에 의해 수행되는 방법은, 하나의 CSI process에서 최대 지원되는 CSI-RS 자원(resource)의 총 개수를 나타내는 제 2 제어 정보를 포함하는 단말 능력 정보(UE capability information)를 기지국으로 전송하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다. 이를 통해 단말의 구현 복잡도를 줄일 수 있는 효과가 있다.

WO 2016/163843 A1



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, 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))

【명세서】**【발명의 명칭】**

무선 통신 시스템에서 채널 상태 정보를 보고하기 위한 방법 및 이를 위한 장치

5 【기술분야】

본 발명은 무선 통신 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게 단말에서 참조 신호(reference signal)을 기반으로 CSI(Channel State Information)를 보고하기 위한 방법 및 이를 지원하는 장치에 관한 것이다.

【배경기술】

10 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.

15 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),
20 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】**

본 명세서는 특정 CSI reporting 타입 또는 클래스에서 단말이 지원하는 최대 CSI-RS port 개수를 포함하는 단말 능력 정보를 송수신하기 위한 방법을
5 제공함에 목적이 있다.

또한, 본 명세서는 특정 CSI reporting 타입 또는 클래스에서 단말이 지원하는 최대 CSI-RS resource 개수를 포함하는 단말 능력 정보를 송수신하기 위한 방법을 제공함에 목적이 있다.

또한, 본 명세서는 특정 CSI reporting 타입 또는 클래스에서 CSI-RS
10 resource 별 지원되는 CSI-RS port 개수를 포함하는 단말 능력 정보를 송수신하기 위한 방법을 제공함에 목적이 있다.

또한, 본 명세서는 상기 최대 CSI-RS resource 개수 정보와 상기 CSI-RS resource 별 지원되는 CSI-RS port 개수 정보를 개별적 독립적으로 전송하는 방법을 제공함에 목적이 있다.

15 또한, 본 명세서는 특정 CSI reporting 타입 또는 클래스에서 단말이 지원하는 코드북 구성 정보를 포함하는 단말 능력 정보를 송수신하기 위한 방법을 제공함에 목적이 있다.

또한, 본 명세서는 특정 CSI reporting 타입 또는 클래스에서 단말이 지원하는 SRS 전송 타입 및/또는 측정 제한 타입을 포함하는 단말 능력 정보를
20 송수신하기 위한 방법을 제공함에 목적이 있다.

또한, 본 명세서는 단말이 지원하는 특정 CSI reporting 타입 정보를 포함하는 단말 능력 정보를 송수신하기 위한 방법을 제공함에 목적이 있다.

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.

5 【기술적 해결방법】

본 명세서는 무선 통신 시스템에서 CSI(Channel State Information)를 보고(reporting)하기 위한 방법에 있어서, 단말에 의해 수행되는 방법은, 하나의 CSI process에서 최대 지원되는 CSI-RS 자원(resource)의 총 개수를 나타내는 제 2 제어 정보를 포함하는 단말 능력 정보(UE capability information)를 기지국으로 전송하는 단계; CSI-RS 구성(configuration) 정보를 포함하는 CSI 프로세스(process) 관련 정보를 상위 계층 시그널링(high layer signaling)을 통해 상기 기지국으로부터 수신하는 단계; 상기 수신된 CSI process 관련 정보에 기초하여 적어도 하나의 CSI-RS를 상기 기지국으로부터 수신하는 단계, 상기 적어도 하나의 CSI-RS는 상기 기지국의 적어도 하나의 CSI-RS 포트(port)를 통해 전송되며; 상기 수신된 적어도 하나의 CSI-RS에 기초하여 상기 적어도 하나의 CSI-RS 포트에 대한 채널을 측정하는 단계; 및 상기 채널 측정 결과를 상기 기지국으로 보고(reporting)하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 명세서는 상기 CSI-RS resource 별 최대 지원되는 CSI-RS port의 총 개수를 나타내는 제 3 제어 정보를 상기 기지국으로 전송하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 명세서에서 상기 제 3 제어 정보는 상기 단말 능력 정보에

포함되는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 명세서에서 상기 단말 능력 정보는 상기 하나의 CSI process에서 최대 지원되는 CSI-RS 포트(port)의 총 개수를 나타내는 제 1 제어 정보를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

5 또한, 본 명세서에서 상기 단말 능력 정보는 상기 단말이 지원하는 CSI 보고(reporting) 타입을 나타내는 CSI 보고 타입(reporting type) 정보를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 명세서에서 상기 CSI 보고 타입 정보는, non-precoded CSI-RS 기반의 CSI reporting 동작을 나타내는 제 1 타입 또는 beamformed
10 CSI-RS 기반의 CSI reporting 동작을 나타내는 제 2 타입 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 명세서에서 상기 제 1 타입은 클래스 A(Class A)이며, 상기 제 2 타입은 클래스 B(Class B)인 것을 특징으로 한다.

또한, 본 명세서에서 상기 CSI 보고 타입 정보가 상기 제 2 타입으로
15 설정된 경우, 상기 제 2 제어 정보는 상기 단말 능력 정보에 포함되는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 명세서에서 상기 제 2 제어 정보의 최대값은 8인 것을 특징으로 한다.

또한, 본 명세서에서 상기 제 2 제어 정보는 CSI process 별로 서로
20 동일하게 또는 서로 다르게 설정되는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 명세서에서 상기 CSI process 관련 정보는 상기 단말이 수행할 CSI reporting type을 지시하는 타입 지시 정보를 더 포함하는 것을 특징으로

한다.

또한, 본 명세서에서 무선 통신 시스템에서 CSI(Channel State Information)를 보고(reporting)하기 위한 단말에 있어서, 무선 신호를 송수신하기 위한 RF(Radio Frequency) 유닛; 및 상기 RF 유닛을 제어하는 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는, 하나의 CSI process에서 최대 지원되는 CSI-RS 자원(resource)의 총 개수를 나타내는 제 2 제어 정보를 포함하는 단말 능력 정보(UE capability information)를 기지국으로 전송하며; CSI-RS 구성(configuration) 정보를 포함하는 CSI 프로세스(process) 관련 정보를 상위 계층 시그널링(high layer signaling)을 통해 상기 기지국으로부터 수신하며; 상기 수신된 CSI process 관련 정보에 기초하여 적어도 하나의 CSI-RS를 상기 기지국으로부터 수신하며, 상기 적어도 하나의 CSI-RS는 상기 기지국의 적어도 하나의 CSI-RS 포트(port)를 통해 전송되며; 상기 수신된 적어도 하나의 CSI-RS에 기초하여 상기 적어도 하나의 CSI-RS 포트에 대한 채널을 측정하며; 및 상기 채널 측정 결과를 상기 기지국으로 보고(reporting)하도록 제어하는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 명세서에서 상기 프로세서는, 상기 CSI-RS resource 별 최대 지원되는 CSI-RS port의 총 개수를 나타내는 제 3 제어 정보를 상기 기지국으로 전송하도록 제어하는 것을 특징으로 한다.

【유리한 효과】

본 명세서는 단말 능력 정보에 단말이 지원 가능한 CSI 동작 관련 파라미터 등을 포함시켜 전송하고, 이에 따라 기지국이 단말에게 CSI 동작 관련 파라미터 등을 설정해 줌으로써, 단말 구현의 복잡도를 줄일 수 있는 효과가

있다.

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

5 **【도면의 간단한 설명】**

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

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

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

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

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

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

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

20 도 7은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 컴포넌트 캐리어 및 캐리어 병합의 일례를 나타낸다.

도 8은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 경쟁 기반 랜덤

액세스 절차를 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 하향링크 자원 블록 쌍에 매핑된 참조 신호 패턴을 예시한다.

도 10은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 CSI-RS 구성을 예시하는 도면이다.

도 11은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 기지국 또는 단말이 AAS 기반의 3D(3-Dimension) 빔 형성이 가능한 다수의 송/수신 안테나를 갖고 있는 시스템을 예시한다.

도 12는 RRM-RS의 안테나 포트 별 RSRP를 예시한다.

도 13은 RRM-RS 안테나 포트 그룹핑 레벨을 예시한다.

도 14는 이차원 인덱스로 배열된 RRM-RS의 안테나 포트와 안테나 포트 그룹을 예시하는 도면이다.

도 15는 편광(Polarization) 기반의 2D 평면 안테나 어레이 모델의 일례를 나타낸 도이다.

도 16은 송수신단 유닛(transceiver units:TXRUs) 모델의 일례를 나타낸 도이다.

도 17은 코드북 기반 프리코딩의 기본 개념을 설명하기 위한 도면이다.

도 18은 CSI 측정 및 보고 방법의 일례를 나타낸 도이다.

도 19는 CSI 측정 및 보고 방법의 또 다른 일례를 나타낸 도이다.

도 20은 CSI 측정 및 보고 방법의 또 다른 일례를 나타낸 도이다.

도 21은 주파수 분할 다중화(FDM)된 RS에 대한 6dB RS 파워 부스팅(power boosting)의 일례를 나타낸 도이다.

도 22는 본 명세서에서 제안하는 단말 능력 정보 시그널링 방법의 일례를 나타낸 순서도이다.

도 23은 본 명세서에서 제안하는 단말 능력 정보 시그널링 방법의 또 다른 일례를 나타낸 순서도이다.

5 도 24는 본 명세서에서 제안하는 단말 능력 정보 시그널링 방법의 또 다른 일례를 나타낸 순서도이다.

도 25는 존재하는(또는 기존의) PRB pair에서 8-port CSI-RS pattern의 일례를 나타낸다.

도 26은 2D-AAS 안테나 설정의 일례를 나타낸 도이다.

10 도 27은 잠재적 CSI-RS 구성에 대한 2D-AAS 안테나 설정의 일례를 나타낸 도이다.

도 28은 16 크로스-폴(cross-pole) 안테나 요소(antenna elements)에 대한 부분적인 CSI-RS 패턴의 일례를 나타낸다.

도 29는 셀에서 수직 방향을 찾기 위한 일례를 나타낸 도이다.

15 도 30은 다수의 가상 행렬들을 가지는 동시 발생하는 CSI-RS 전송의 일례를 나타낸 도이다.

도 31a는 12 port non-precoded CSI-RS 패턴에 대한 설계 방법의 일례를 나타낸다.

20 도 31b는 16 port non-precoded CSI-RS 패턴에 대한 설계 방법의 일례를 나타낸다.

도 32는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 장치의 블록 구성도를 예시한다.

【발명의 실시를 위한 형태】

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

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

본 명세서에서 기지국은 단말과 직접적으로 통신을 수행하는 네트워크의 종단 노드(terminal node)로서의 의미를 갖는다. 본 문서에서 기지국에 의해 수행되는 것으로 설명된 특정 동작은 경우에 따라서는 기지국의 상위 노드(upper node)에 의해 수행될 수도 있다. 즉, 기지국을 포함하는 다수의 네트워크 노드들(network nodes)로 이루어지는 네트워크에서 단말과의 통신을 위해 수행되는 다양한 동작들은 기지국 또는 기지국 이외의 다른 네트워크 노드들에 의해 수행될 수 있음은 자명하다. '기지국(BS: Base Station)'은 고정국(fixed station), Node B, eNB(evolved-NodeB), BTS(base transceiver system), 액세스 포인트(AP: Access Point), remote radio head(RRH), transmission point (TP), reception point (RP), 중계기(relay) 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
5 용어로 대체될 수 있다.

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.

10 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.

이하의 기술은 CDMA(code division multiple access),
FDMA(frequency division multiple access), TDMA(time division
15 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
20 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) 5 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.

본 발명의 실시예들은 무선 접속 시스템들인 IEEE 802, 3GPP 및 3GPP2 중 적어도 하나에 개시된 표준 문서들에 의해 뒷받침될 수 있다. 즉, 본 발명의 10 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.

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

15

본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템 일반

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

3GPP LTE/LTE-A에서는 FDD(Frequency Division Duplex)에 적용 20 가능한 타입 1 무선 프레임(radio frame) 구조와 TDD(Time Division Duplex)에 적용 가능한 타입 2의 무선 프레임 구조를 지원한다.

도 1에서 무선 프레임의 시간 영역에서의 크기는 $T_s=1/(15000 \times 2048)$ 의

시간 단위의 배수로 표현된다. 하향링크 및 상향링크 전송은 $T_f=307200 \cdot T_s=10\text{ms}$ 의 구간을 가지는 무선 프레임으로 구성된다.

도 1의 (a)는 타입 1 무선 프레임의 구조를 예시한다. 타입 1 무선 프레임은 전이중(full duplex) 및 반이중(half duplex) FDD에 모두 적용될 수 있다.

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

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

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

하나의 슬롯에서 복수의 연속적인 부 반송파(subcarrier)를 포함한다.

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

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

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

표 1은 상향링크-하향링크 구성을 나타낸다.

【표 1】

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

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

DwPTS는 단말에서의 초기 셀 탐색, 동기화 또는 채널 추정에 사용된다. UpPTS는 기지국에서의 채널 추정과 단말의 상향링크 전송 동기를 맞추는 데 사용된다. GP는 상향링크와 하향링크 사이에 하향링크 신호의 다중경로 지연으로 인해 상향링크에서 생기는 간섭을 제거하기 위한 구간이다.

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

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

10 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
15 경우에는 스페셜 서브프레임(S)은 하프-프레임 마다 존재하고, 5ms 하향링크-상향링크 전환 시점의 주기를 가지는 경우에는 첫번째 하프-프레임에만 존재한다.

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

20 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.

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

【표 2】

Special subframe configuration	Normal cyclic prefix in downlink			Extended cyclic prefix in downlink		
	DwPTS	UpPTS		DwPTS	UpPTS	
		Normal cyclic prefix in uplink	Extended cyclic prefix in uplink		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	$26336 \cdot T_s$	$4384 \cdot T_s$	$5120 \cdot T_s$	$7680 \cdot T_s$	$4384 \cdot T_s$	$5120 \cdot T_s$
5	$6592 \cdot T_s$			$20480 \cdot T_s$		
6	$19760 \cdot T_s$			$23040 \cdot T_s$		
7	$21952 \cdot T_s$			-	-	-
8	$24144 \cdot T_s$			-	-	-

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

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

도 2를 참조하면, 하나의 하향링크 슬롯은 시간 영역에서 복수의 OFDM 심볼을 포함한다. 여기서, 하나의 하향링크 슬롯은 7개의 OFDM 심볼을 포함하고,

하나의 자원 블록은 주파수 영역에서 12개의 부 반송파를 포함하는 것을 예시적으로 기술하나, 이에 한정되는 것은 아니다.

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

상향링크 슬롯의 구조는 하향링크 슬롯의 구조와 동일할 수 있다.

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

10 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),
 15 PDCCH(Physical Downlink Control Channel), PHICH(Physical Hybrid-ARQ Indicator Channel) 등이 있다.

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,
 20 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.

PDCCH는 DL-SCH(Downlink Shared Channel)의 자원 할당 및 전송
5 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
10 그룹 내 개별 단말들에 대한 전송 파워 제어 명령들의 집합, VoIP(Voice over IP)의 활성화 등을 나눌 수 있다. 복수의 PDCCH들은 제어 영역 내에서 전송될 수 있으며, 단말은 복수의 PDCCH들을 모니터링할 수 있다. PDCCH는 하나 또는 복수의 연속적인 CCE(control channel elements)의 집합으로 구성된다. CCE는 무선 채널의 상태에 따른 부호화율(coding rate)을 PDCCH에 제공하기
15 위하여 사용되는 논리적 할당 단위이다. CCE는 복수의 자원 요소 그룹(resource element group)들에 대응된다. PDCCH의 포맷 및 사용 가능한 PDCCH의 비트 수는 CCE들의 수와 CCE들에 의해 제공되는 부호화율 간의 연관 관계에 따라 결정된다.

기지국은 단말에게 전송하려는 DCI에 따라 PDCCH 포맷을 결정하고, 제어
20 정보에 CRC(Cyclic Redundancy Check)를 붙인다. CRC에는 PDCCH의 소유자(owner)나 용도에 따라 고유한 식별자(이를 RNTI(Radio Network Temporary Identifier)라고 한다.)가 마스킹된다. 특정의 단말을 위한

PDCCH라면 단말의 고유한 식별자, 예를 들어 C-RNTI(Cell-RNTI)가 CRC에
 마스킹될 수 있다. 또는 페이징 메시지를 위한 PDCCH라면 페이징 지시 식별자,
 예를 들어 P-RNTI(Paging-RNTI)가 CRC에 마스킹될 수 있다. 시스템 정보,
 더욱 구체적으로 시스템 정보 블록(SIB: system information block)를
 5 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.

EPDCCH(enhanced PDCCH)는 단말 특정(UE-specific) 시그널링을
 10 나른다. EPDCCH는 단말 특정하게 설정된 물리 자원 블록(PRB: physical
 resource block)에 위치한다. 다시 말해, 상술한 바와 같이 PDCCH는 서브
 프레임내의 첫번째 슬롯에서 앞의 최대 3개의 OFDM 심볼들에서 전송될 수
 있으나, EPDCCH는 PDCCH 이외의 자원 영역에서 전송될 수 있다. 서브프레임
 내 EPDCCH가 시작되는 시점(즉, 심볼)은 상위 계층 시그널링(예를 들어, RRC
 15 시그널링 등)을 통해 단말에 설정될 수 있다.

EPDCCH는 DL-SCH와 관련된 전송 포맷, 자원 할당 및 HARQ 정보, UL-
 SCH와 관련된 전송 포맷, 자원 할당 및 HARQ 정보, SL-SCH(Sidelink
 Shared Channel) 및 PSCCH(Physical Sidelink Control Channel)과
 관련된 자원 할당 정보 등을 나눌 수 있다. 다중의 EPDCCH가 지원될 수 있으며,
 20 단말은 EPDCCH의 세트를 모니터링할 수 있다.

EPDCCH는 하나 또는 그 이상의 연속된 진보된 CCE(ECCE: enhanced
 CCE)를 이용하여 전송될 수 있으며, 각 EPDCCH 포맷 별로 단일의 EPDCCH 당

ECCE의 개수가 정해질 수 있다.

각 ECCE는 복수의 자원 요소 그룹(EREG: enhanced resource element group)으로 구성될 수 있다. EREG는 ECCE의 RE에의 매핑을 정의하기 위하여 사용된다. PRB 쌍 별로 16개의 EREG가 존재한다. 각 PRB 쌍 내에서 DMRS를
5 나르는 RE를 제외하고, 모든 RE는 주파수가 증가하는 순서대로 그 다음 시간이 증가하는 순서대로 0 내지 15까지의 번호가 부여된다.

단말은 복수의 EPDCCH를 모니터링할 수 있다. 예를 들어, 단말이 EPDCCH 전송을 모니터링하는 하나의 PRB 쌍 내 하나 또는 두 개의 EPDCCH 세트가
설정될 수 있다.

10 서로 다른 개수의 ECCE가 병합됨으로써 EPCCH를 위한 서로 다른 부호화율(coding rate)이 실현될 수 있다. EPCCH는 지역적 전송(localized transmission) 또는 분산적 전송(distributed transmission)을 사용할 수 있으며, 이에 따라 PRB 내 RE에 ECCE의 매핑이 달라질 수 있다.

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

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

하나의 단말에 대한 PUCCH에는 서브 프레임 내에 자원 블록(RB:

Resource Block) 쌍이 할당된다. RB 쌍에 속하는 RB들은 2개의 슬롯들의 각각에서 서로 다른 부 반송파를 차지한다. 이를 PUCCH에 할당된 RB 쌍은 슬롯 경계(slot boundary)에서 주파수 도약(frequency hopping)된다고 한다.

MIMO (Multi-Input Multi-Output)

MIMO 기술은 지금까지 일반적으로 한 개의 송신안테나와 한 개의 수신안테나를 사용했던 것에서 탈피하여, 다중 송신(Tx) 안테나와 다중 수신(Rx) 안테나를 사용한다. 다시 말해서, MIMO 기술은 무선 통신 시스템의 송신단 또는 수신단에서 다중 입출력 안테나를 사용하여 용량 증대 또는 성능 개성을 꾀하기 위한 기술이다. 이하에서는 'MIMO'를 '다중 입출력 안테나'라 칭하기로 한다.

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

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

모으고 있다.

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

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

도 5를 참조하면, 송신 안테나의 수를 N_T 개로, 수신 안테나의 수를 N_R 개로 동시에 늘리게 되면, 송신기나 수신기에서만 다수의 안테나를 사용하게 되는 경우와 달리 안테나 수에 비례하여 이론적인 채널 전송 용량이 증가하므로, 전송 레이트(transfer rate)를 향상시키고, 주파수 효율을 획기적으로 향상시킬 수 있다. 이 경우, 채널 전송 용량의 증가에 따른 전송 레이트는 하나의 안테나를 이용하는 경우의 최대 전송 레이트(R_o)에 다음과 같은 레이트 증가율(R_i)이 곱해진 만큼으로 이론적으로 증가할 수 있다.

【수학식 1】

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

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

이와 같은 다중 입출력 안테나의 기술은 다양한 채널 경로를 통과한 심볼들을 이용하여 전송 신뢰도를 높이는 공간 다이버시티(spatial diversity) 방식과, 다수의 송신 안테나를 이용하여 다수의 데이터 심볼을 동시에 송신하여 전송률을 향상시키는 공간 멀티플렉싱(spatial

multiplexing) 방식으로 나눌 수 있다. 또한 이러한 두 가지 방식을 적절히 결합하여 각각의 장점을 적절히 얻고자 하는 방식에 대한 연구도 최근 많이 연구되고 있는 분야이다.

각각의 방식에 대해 좀더 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

5 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
10 안테나 수(N_R)의 곱($N_T \times N_R$)에 해당되는 양을 얻을 수 있다.

둘째로, 공간 멀티플렉싱 기법은 각 송신 안테나에서 서로 다른 데이터 열을 송신하는 방법인데, 이때 수신기에서는 송신기로부터 동시에 전송된 데이터 사이에 상호 간섭이 발생하게 된다. 수신기에서는 이 간섭을 적절한 신호처리 기법을 이용하여 제거한 후 수신한다. 여기에 사용되는 잡음 제거 방식은
15 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
20 등을 사용할 수 있다.

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.

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

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

10 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.

【수학식 2】

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

15 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.

【수학식 3】

$$\hat{\mathbf{s}} = [\hat{s}_1, \hat{s}_2, \dots, \hat{s}_{N_T}]^T = [p_1 s_1, p_2 s_2, \dots, p_{N_T} s_{N_T}]^T$$

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

【수학식 4】

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

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.

【수학식 5】

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

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

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

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

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

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

【수학식 6】

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

한편, 다중 입출력 안테나 통신 시스템에 있어서의 채널을 모델링하는 경우,
10 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 유의한다.

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

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

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

20 【수학식 7】

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

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

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

【수학식 8】

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

한편, 실제 채널은 위와 같은 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 를 거친 후에 백색 잡음 (AWGN: Additive White Gaussian Noise)가 더해지게 되므로, N_R 개의 수신 안테나 각각에 더해지는 백색 잡음 $n_1, n_2, \dots, n_{N_R}$ 을 벡터로 표현하면 다음과 같다.

【수학식 9】

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

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

【수학식 10】

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

한편, 채널의 상태를 나타내는 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 의 행과 열의 수는 송수신

안테나 수에 의해서 결정된다. 채널 행렬 H 는 앞서 살펴본 바와 같이 행의 수는 수신 안테나의 수 N_R 과 같아지고, 열의 수는 송신 안테나의 수 N_T 와 같아지게 된다. 즉, 채널 행렬 H 는 $N_R \times N_T$ 행렬이 된다.

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

【수학식 11】

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

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

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

캐리어 병합(Carrier Aggregation)

본 발명의 실시예들에서 고려하는 통신 환경은 멀티 캐리어(Multi-carrier) 지원 환경을 모두 포함한다. 즉, 본 발명에서 사용되는 멀티 캐리어 시스템 또는 캐리어 병합(CA: Carrier Aggregation) 시스템이라 함은
5 광대역을 지원하기 위해서, 목표로 하는 광대역을 구성할 때 목표 대역보다 작은 대역폭(bandwidth)을 가지는 1개 이상의 컴포넌트 캐리어(CC: Component Carrier)를 병합(aggregation)하여 사용하는 시스템을 말한다.

본 발명에서 멀티 캐리어는 캐리어의 병합(또는, 반송파 집성)을 의미하며, 이때 캐리어의 병합은 인접한(contiguous) 캐리어 간의 병합뿐 아니라 비
10 인접한(non-contiguous) 캐리어 간의 병합을 모두 의미한다. 또한, 하향링크와 상향링크 간에 집성되는 컴포넌트 캐리어들의 수는 다르게 설정될 수 있다. 하향링크 컴포넌트 캐리어(이하, 'DL CC'라 한다.) 수와 상향링크 컴포넌트 캐리어(이하, 'UL CC'라 한다.) 수가 동일한 경우를 대칭적(symmetric) 집성이라고 하고, 그 수가 다른 경우를
15 비대칭적(asymmetric) 집성이라고 한다. 이와 같은 캐리어 병합은 반송파 집성, 대역폭 집성(bandwidth aggregation), 스펙트럼 집성(spectrum aggregation) 등과 같은 용어와 혼용되어 사용될 수 있다.

두 개 이상의 컴포넌트 캐리어가 결합되어 구성되는 캐리어 병합은 LTE-A 시스템에서는 100MHz 대역폭까지 지원하는 것을 목표로 한다. 목표 대역보다
20 작은 대역폭을 가지는 1개 이상의 캐리어를 결합할 때, 결합하는 캐리어의 대역폭은 기존 IMT 시스템과의 호환성(backward compatibility) 유지를 위해서 기존 시스템에서 사용하는 대역폭으로 제한할 수 있다. 예를 들어서

기존의 3GPP LTE 시스템에서는 {1.4, 3, 5, 10, 15, 20}MHz 대역폭을 지원하며, 3GPP LTE-advanced 시스템(즉, LTE-A)에서는 기존 시스템과의 호환을 위해 상기의 대역폭들만을 이용하여 20MHz보다 큰 대역폭을 지원하도록 할 수 있다. 또한, 본 발명에서 사용되는 캐리어 병합 시스템은 기존 시스템에서 사용하는 대역폭과 상관없이 새로운 대역폭을 정의하여 캐리어 병합을 지원하도록 할 수도 있다.

LTE-A 시스템은 무선 자원을 관리하기 위해 셀(cell)의 개념을 사용한다.

상술한 캐리어 병합 환경은 다중 셀(multiple cells) 환경으로 일컬을 수 있다. 셀은 하향링크 자원(DL CC)과 상향링크 자원(UL CC) 한 쌍의 조합으로 정의되나, 상향링크 자원은 필수 요소는 아니다. 따라서, 셀은 하향링크 자원 단독, 또는 하향링크 자원과 상향링크 자원으로 구성될 수 있다. 특정 단말이 단 하나의 설정된 서빙 셀(configured serving cell)을 가지는 경우 1개의 DL CC와 1개의 UL CC를 가질 수 있으나, 특정 단말이 2개 이상의 설정된 서빙 셀을 가지는 경우에는 셀의 수만큼의 DL CC를 가지며 UL CC의 수는 그와 같거나 그보다 작을 수 있다.

또는, 그 반대로 DL CC와 UL CC가 구성될 수도 있다. 즉, 특정 단말이 다수의 설정된 서빙 셀을 가지는 경우 DL CC의 수보다 UL CC가 더 많은 캐리어 병합 환경도 지원될 수 있다. 즉, 캐리어 병합(carrier aggregation)은 각각 캐리어 주파수(셀의 중심 주파수)가 서로 다른 둘 이상의 셀들의 병합으로 이해될 수 있다. 여기서, 말하는 '셀(Cell)'은 일반적으로 사용되는 기지국이 커버하는 영역으로서의 '셀'과는 구분되어야 한다.

LTE-A 시스템에서 사용되는 셀은 프라이머리 셀(PCell: Primary Cell)

및 세컨더리 셀(SCell: Secondary Cell)을 포함한다. P셀과 S셀은 서빙 셀(Serving Cell)로 사용될 수 있다. RRC_CONNECTED 상태에 있지만 캐리어 병합이 설정되지 않았거나 캐리어 병합을 지원하지 않는 단말의 경우, P셀로만 구성된 서빙 셀이 단 하나 존재한다. 반면, RRC_CONNECTED 상태에 있고

5 캐리어 병합이 설정된 단말의 경우 하나 이상의 서빙 셀이 존재할 수 있으며, 전체 서빙 셀에는 P셀과 하나 이상의 S셀이 포함된다.

서빙 셀(P셀과 S셀)은 RRC 파라미터를 통해 설정될 수 있다. PhysCellId는 셀의 물리 계층 식별자로 0부터 503까지의 정수값을 가진다. SCellIndex는 S셀을 식별하기 위하여 사용되는 간략한(short) 식별자로

10 1부터 7까지의 정수값을 가진다. ServCellIndex는 서빙 셀(P셀 또는 S셀)을 식별하기 위하여 사용되는 간략한(short) 식별자로 0부터 7까지의 정수값을 가진다. 0값은 P셀에 적용되며, SCellIndex는 S셀에 적용하기 위하여 미리 부여된다. 즉, ServCellIndex에서 가장 작은 셀 ID (또는 셀 인덱스)을 가지는 셀이 P셀이 된다.

15 P셀은 프라이머리 주파수(또는, primary CC) 상에서 동작하는 셀을 의미한다. 단말이 초기 연결 설정(initial connection establishment) 과정을 수행하거나 연결 재-설정 과정을 수행하는데 사용될 수 있으며, 핸드오버 과정에서 지시된 셀을 지칭할 수도 있다. 또한, P셀은 캐리어 병합 환경에서 설정된 서빙 셀 중 제어관련 통신의 중심이 되는 셀을 의미한다. 즉, 단말은

20 자신의 P셀에서만 PUCCH를 할당 받아 전송할 수 있으며, 시스템 정보를 획득하거나 모니터링 절차를 변경하는데 P셀만을 이용할 수 있다. E-UTRAN(Evolved Universal Terrestrial Radio Access)은 캐리어 병합

환경을 지원하는 단말에게 이동성 제어 정보(mobilityControlInfo)를 포함하는 상위 계층의 RRC 연결 재설정(RRCConnectionReconfigutaion) 메시지를 이용하여 핸드오버 절차를 위해 P셀만을 변경할 수도 있다.

S셀은 세컨더리 주파수(또는, Secondary CC) 상에서 동작하는 셀을 의미할 수 있다. 특정 단말에 P셀은 하나만 할당되며, S셀은 하나 이상 할당될 수 있다. S셀은 RRC 연결이 설정이 이루어진 이후에 구성 가능하고 추가적인 무선 자원을 제공하는데 사용될 수 있다. 캐리어 병합 환경에서 설정된 서빙 셀 중에서 P셀을 제외한 나머지 셀들, 즉 S셀에는 PUCCH가 존재하지 않는다. E-UTRAN은 S셀을 캐리어 병합 환경을 지원하는 단말에게 추가할 때, RRC_CONNECTED 상태에 있는 관련된 셀의 동작과 관련된 모든 시스템 정보를 특정 시그널(dedicated signal)을 통해 제공할 수 있다. 시스템 정보의 변경은 관련된 S셀의 해제 및 추가에 의하여 제어될 수 있으며, 이 때 상위 계층의 RRC 연결 재설정(RRCConnectionReconfigutaion) 메시지를 이용할 수 있다. E-UTRAN은 관련된 S셀 안에서 브로드캐스트하기 보다는 단말 별로 상이한 파라미터를 가지는 특정 시그널링(dedicated signaling) 할 수 있다.

초기 보안 활성화 과정이 시작된 이후에, E-UTRAN은 연결 설정 과정에서 초기에 구성되는 P셀에 부가하여 하나 이상의 S셀을 포함하는 네트워크를 구성할 수 있다. 캐리어 병합 환경에서 P셀 및 S셀은 각각의 컴포넌트 캐리어로서 동작할 수 있다. 이하의 실시 예에서는 프라이머리 컴포넌트 캐리어(PCC)는 P셀과 동일한 의미로 사용될 수 있으며, 세컨더리 컴포넌트 캐리어(SCC)는 S셀과 동일한 의미로 사용될 수 있다.

도 7은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 컴포넌트 캐리어

및 캐리어 병합의 일례를 나타낸다.

도 7의 (a)는 LTE 시스템에서 사용되는 단일 캐리어 구조를 나타낸다. 컴포넌트 캐리어에는 DL CC와 UL CC가 있다. 하나의 컴포넌트 캐리어는 20MHz의 주파수 범위를 가질 수 있다.

5 도 7의 (b)는 LTE_A 시스템에서 사용되는 캐리어 병합 구조를 나타낸다. 도 7의 (b)의 경우에 20MHz의 주파수 크기를 갖는 3 개의 컴포넌트 캐리어가 결합된 경우를 나타낸다. DL CC와 UL CC가 각각 3 개씩 있으나, DL CC와 UL CC의 개수에 제한이 있는 것은 아니다. 캐리어 병합의 경우 단말은 3개의 CC를
10 동시에 모니터링할 수 있고, 하향링크 신호/데이터를 수신할 수 있고 상향링크 신호/데이터를 송신할 수 있다.

만약, 특정 셀에서 N개의 DL CC가 관리되는 경우에는, 네트워크는 단말에 M ($M \leq N$) 개의 DL CC를 할당할 수 있다. 이때, 단말은 M 개의 제한된 DL CC만을 모니터링하고 DL 신호를 수신할 수 있다. 또한, 네트워크는 L ($L \leq M \leq N$) 개의 DL CC에 우선순위를 주어 주된 DL CC를 단말에 할당할 수
15 있으며, 이러한 경우 UE는 L 개의 DL CC는 반드시 모니터링해야 한다. 이러한 방식은 상향링크 전송에도 똑같이 적용될 수 있다.

하향링크 자원의 반송파 주파수(또는 DL CC)와 상향링크 자원의 반송파 주파수(또는, UL CC) 사이의 링크지(linkage)는 RRC 메시지와 같은 상위계층 메시지나 시스템 정보에 의해 지시될 수 있다. 예를 들어, SIB2(System
20 Information Block Type2)에 의해서 정의되는 링크지에 의해서 DL 자원과 UL 자원의 조합이 구성될 수 있다. 구체적으로, 링크지는 UL 그랜트를 나르는 PDCCH가 전송되는 DL CC와 상기 UL 그랜트를 사용하는 UL CC간의 맵핑 관계를

의미할 수 있으며, HARQ를 위한 데이터가 전송되는 DL CC(또는 UL CC)와 HARQ ACK/NACK 신호가 전송되는 UL CC(또는 DL CC) 간의 맵핑 관계를 의미할 수도 있다.

단말이 하나 이상의 S셀이 설정되면, 네트워크는 설정된 S셀(들)을
 5 활성화(activate) 또는 비활성화(deactivate)할 수 있다. P셀은 항상 활성화된다. 네트워크는 활성화/비활성(Activation/Deactivation) MAC 제어 요소(MAC control element)를 전송함으로써 S셀(들)을 활성화 또는 비활성화한다.

활성/비활성 MAC 제어 요소는 고정된 크기를 가지고, 7개의 C 필드(C-field)와 1개의 R 필드(R-field)를 포함하는 단일의 옥텟(octet)으로
 10 구성된다. C 필드는 각 S셀 인덱스(SCellIndex) 별로 구성되고, S셀의 활성화/비활성 상태를 지시한다. C 필드 값이 '1'로 셋팅되면 해당 S셀 인덱스를 가지는 S셀의 활성화되는 것을 지시하고, '0'으로 셋팅되면 해당 S셀 인덱스를 가지는 S셀의 비활성화되는 것을 지시한다.

15 또한, 단말은 설정된 S셀 별로 타이머(sCellDeactivationTimer)를 유지하고, 타이머가 만료될 때 관련된 S셀을 비활성화한다. 동일한 초기 타이머 값이 타이머(sCellDeactivationTimer)의 각 인스턴스(instance)에 적용되며, RRC 시그널링에 의해 설정된다. S셀(들)이 추가될 때 또는 핸드오버 이후, 초기 S셀(들)은 비활성화 상태이다.

20 단말은 각 TTI에서 각각의 설정된 S셀(들)에 대하여 아래와 같은 동작을 수행한다.

- 단말이 특정 TTI(서브프레임 n)에서 S셀을 활성화하는 활성화/비활성 MAC

제어 요소를 수신하면, 단말은 정해진 타이밍에 해당하는 TTI(서브프레임 $n+8$ 또는 그 이후)에서 S셀을 활성화하고, 해당 S셀과 관련된 타이머를 (재)시작시킨다. 단말이 S셀을 활성화한다는 것은 단말이 S셀 상에서 SRS(Sounding Reference Signal) 전송, S셀을 위한 CQI(Channel Quality Indicator)/PMI(Precoding Matrix Indicator)/RI(Rank Indication)/PTI(Precoding Type Indicator) 보고, S셀 상에서 PDCCH 모니터링, S셀을 위한 PDCCH 모니터링과 같은 일반 S셀 동작을 적용한다는 것을 의미한다.

- 단말이 특정 TTI(서브프레임 n)에서 S셀을 비활성화하는 활성/비활성 MAC 제어 요소를 수신하거나 또는 특정 TTI(서브프레임 n) 활성화된 S셀과 관련된 타이머가 만료되면, 단말은 정해진 타이밍에 해당하는 TTI(서브프레임 $n+8$ 또는 그 이후)에서 S셀을 비활성화하고, 해당 S셀의 타이머를 중단하며, 해당 S셀과 관련된 모든 HARQ 버퍼를 비운다(flush).

- 활성화된 S셀 상의 PDCCH가 상향링크 그랜트(uplink grant) 또는 하향링크 승인(downlink assignment)을 지시하거나, 또는 활성화된 S셀을 스케줄링하는 서빙 셀 상의 PDCCH가 활성화된 S셀을 위한 상향링크 그랜트(uplink grant) 또는 하향링크 승인(downlink assignment)을 지시하면, 단말은 해당 S셀과 관련된 타이머를 재시작한다.

- S셀이 비활성화되면, 단말은 S셀 상에서 SRS를 전송하지 않고, S셀을 위한 CQI/PMI/RI/PTI를 보고하지 않으며, S셀 상에서 UL-SCH를 전송하지 않으며, S셀 상에서 PDCCH를 모니터링하지 않는다.

랜덤 액세스 절차(Random Access Procedure)

이하에서는 LTE/LTE-A 시스템에서 제공하는 랜덤 액세스 절차(random access procedure)에 대해 살펴본다.

랜덤 액세스 절차는 단말이 기지국과 상향링크 동기를 얻거나 상향링크
5 무선 자원을 할당 받기 위해 사용된다. 단말의 전원이 켜진 후, 단말은 초기
셀과의 하향링크 동기를 획득하고 시스템 정보를 수신한다. 시스템 정보로부터
사용 가능한 랜덤 액세스 프리앰블(random access preamble)의 집합과 랜덤
액세스 프리앰블의 전송에 사용되는 무선 자원에 관한 정보를 얻는다. 랜덤
액세스 프리앰블의 전송에 사용되는 무선 자원은 적어도 하나 이상의 서브프레임
10 인덱스와 주파수 영역 상의 인덱스의 조합으로 특정될 수 있다. 단말은 랜덤
액세스 프리앰블의 집합으로부터 임의로 선택한 랜덤 액세스 프리앰블을
전송하고, 상기 랜덤 액세스 프리앰블을 수신한 기지국은 상향링크 동기를 위한
타이밍 정렬(TA: timing alignment) 값을 랜덤 액세스 응답을 통해 단말로
보낸다. 이로써 단말은 상향링크 동기를 획득하는 것이다.

15 랜덤 액세스 절차는 FDD(frequency division duplex)와 TDD(time
division duplex)에서 공통적인 절차이다. 랜덤 액세스 절차는 셀 사이즈에
무관하며, 캐리어 병합(CA: carrier aggregation)이 설정된 경우 서빙
셀(serving cell)의 개수와도 무관하다.

먼저, 단말이 랜덤 액세스 절차를 수행하는 경우로는 다음과 같은 경우가
20 있다.

- 단말이 기지국과의 RRC 연결(RRC Connection)이 없어, RRC 아이들
상태에서 초기 접속(initial access)을 수행하는 경우

- RRC 연결 재-확립 절차(RRC connection re-establishment procedure)를 수행하는 경우

- 단말이 핸드오버 과정에서, 타겟(target) 셀로 처음 접속하는 경우

- 기지국의 명령에 의해 랜덤 액세스 절차가 요청되는 경우

5 - RRC 연결 상태 중, 상향링크 시간 동기화 맞지 않은 상황에서(non-synchronized) 하향링크로 전송될 데이터가 발생하는 경우

- RRC 연결 상태 중, 상향링크의 시간 동기화 맞지 않거나(non-synchronized), 무선자원을 요청하기 위해 사용되는 지정된 무선자원이 할당되지 않은 상황에서, 상향링크로 전송할 데이터가 발생하는 경우

10 - RRC 연결 상태 중, 타이밍 어드밴스(timing advance)가 필요한 상황에서 단말의 위치 결정(positioning)을 수행하는 경우

- 무선 연결 실패(radio link failure) 또는 핸드오버 실패(handover failure) 시 복구 과정을 수행하는 경우

3GPP Rel-10에서는 캐리어 병합을 지원하는 무선 접속 시스템에서 하나의
 15 특정 셀(예를 들어, P셀)에 적용 가능한 TA(timing advance) 값을 복수의
 셀에 공통으로 적용하는 것을 고려하였다. 다만, 단말이 서로 다른 주파수
 밴드에 속한(즉, 주파수 상에서 크게 이격된) 복수의 셀들 혹은
 전파(propagation) 특성이 다른 복수의 셀들을 병합할 수 있다. 또한 특정
 셀의 경우 커버리지 확대 혹은 커버리지 홀의 제거를 위해 RRH(remote radio
 20 header)(즉, 리피터), 펌토 셀(femto cell) 혹은 피코 셀(pico cell)
 등과 같은 스몰 셀(small cell) 또는 세컨더리 기지국(SeNB: secondary
 eNB)이 셀 내에 배치되는 상황에서 단말은 하나의 셀을 통해 기지국(즉, 매크로

기지국 (macro eNB) 과 통신을 수행하고, 다른 셀을 통해 세컨더리 기지국과
 통신을 수행하는 경우 복수의 셀들이 서로 다른 전파 지연 특성을 가지게 될 수
 있다. 이 경우, 하나의 TA 값을 복수의 셀들에 공통으로 적용하는 방식으로
 사용하는 상향링크 전송을 수행할 경우 복수의 셀들 상에서 전송되는 상향링크
 5 신호의 동기에 심각한 영향을 끼칠 수 있다. 따라서, 복수의 셀들이 병합된 CA
 상황에서 복수의 TA를 가지는 것이 바람직할 수 있으며, 3GPP Rel-11에서는
 다중 TA (multiple TA) 를 지원하기 위하여 특정 셀 그룹 단위로 TA를
 독립적으로 할당하는 것을 고려한다. 이를 TA 그룹 (TAG: TA group) 이라 하며,
 TAG는 하나 이상의 셀들을 포함할 수 있으며, TAG 내 포함된 하나 이상의
 10 셀에는 동일한 TA가 공통적으로 적용될 수 있다. 이러한 다중 TA를 지원하기
 위하여, MAC TA 명령 제어 요소 (element) 는 2 비트의 TAG 식별자 (TAG
 ID) 와 6 비트의 TA 명령 필드로 구성된다.

캐리어 병합이 설정된 단말은 P셀과 관련되어 앞서 설명한 랜덤 액세스
 절차를 수행하는 경우가 발생되면 랜덤 액세스 절차를 수행하게 된다. P셀이
 15 속한 TAG (즉, pTAG: primary TAG) 의 경우, 기존과 동일하게 P셀을 기준으로
 결정되는, 혹은 P셀에 수반되는 랜덤 액세스 절차를 통해 조정되는 TA를 pTAG
 내 모든 셀 (들) 에 적용할 수 있다. 반면, S셀로만 구성되는 TAG (즉, sTAG:
 secondary TAG) 의 경우, sTAG 내 특정 S셀을 기준으로 결정되는 TA는 해당
 sTAG 내 모든 셀 (들) 에 적용할 수 있으며, 이 때 TA는 기지국에 의해 개시되
 20 랜덤 액세스 절차에 의해 획득될 수 있다. 구체적으로, sTAG 내에서 S셀은
 RACH (Random Access Channel) 자원으로 설정되고, 기지국은 TA를 결정하기
 위하여 S셀에서 RACH 접속을 요청한다. 즉, 기지국은 P셀에서 전송되는 PDCCH

오더에 의해 S셀들 상에서 RACH 전송을 개시시킨다. S셀 프리앰블에 대한 응답 메시지는 RA-RNTI를 사용하여 P셀을 통해 전송된다. 단말은 랜덤 액세스를 성공적으로 마친 S셀을 기준으로 결정되는 TA는 해당 sTAG 내 모든 셀(들)에 적용할 수 있다. 이와 같이, 랜덤 액세스 절차는 S셀에서도 해당 S셀이 속한 sTAG의 타이밍 정렬(timing alignment)을 획득하기 위하여 S셀에서도 수행될 수 있다.

LTE/LTE-A 시스템에서는 랜덤 액세스 프리앰블(random access preamble, RACH preamble)을 선택하는 과정에서, 특정한 집합 안에서 단말이 임의로 하나의 프리앰블을 선택하여 사용하는 경쟁 기반 랜덤 액세스 절차(contention based random access procedure)과 기지국이 특정 단말에게만 할당해준 랜덤 액세스 프리앰블을 사용하는 비 경쟁 기반 랜덤 액세스 절차(non-contention based random access procedure)를 모두 제공한다. 다만, 비 경쟁 기반 랜덤 액세스 절차는, 상술한 핸드오버 과정, 기지국의 명령에 의해 요청되는 경우, 단말 위치 결정(positioning) 및/또는 sTAG을 위한 타이밍 어드밴스 정렬에 한하여 사용될 수 있다. 랜덤 액세스 절차가 완료된 후에 일반적인 상향링크/하향링크 전송이 발생된다.

한편, 릴레이 노드(RN: relay node) 또한 경쟁 기반 랜덤 액세스 절차와 비 경쟁 기반 랜덤 액세스 절차를 모두 지원한다. 릴레이 노드가 랜덤 액세스 절차를 수행할 때, 그 시점에서 RN 서브프레임 구성(configuration)을 중단시킨다(suspend). 즉, 이는 일시적으로 RN 서브프레임 구성을 폐기하는 것으로 의미한다. 이후, 성공적으로 랜덤 액세스 절차가 완료되는 시점에서 RN 서브프레임 구성이 재개된다.

도 8은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 경쟁 기반 랜덤 액세스 절차를 설명하기 위한 도면이다.

(1) 제1 메시지 (Msg 1, message 1)

먼저, 단말은 시스템 정보(system information) 또는 핸드오버 명령(handover command)을 통해 지시된 랜덤 액세스 프리앰블의 집합에서 임의로(randomly) 하나의 랜덤 액세스 프리앰블(random access preamble, RACH preamble)을 선택하고, 상기 랜덤 액세스 프리앰블을 전송할 수 있는 PRACH(physical RACH) 자원을 선택하여 전송한다.

랜덤 액세스 프리앰블은 RACH 전송 채널에서 6비트로 전송되고, 6비트는 RACH 전송한 단말을 식별하기 위한 5비트의 임의 식별자(radom identity)와, 추가 정보를 나타내기 위한 1비트(예를 들어, 제3 메시지(Msg 3)의 크기를 지시)로 구성된다.

단말로부터 랜덤 액세스 프리앰블을 수신한 기지국은 프리앰블을 디코딩하고, RA-RNTI를 획득한다. 랜덤 액세스 프리앰블이 전송된 PRACH와 관련된 RA-RNTI는 해당 단말이 전송한 랜덤 액세스 프리앰블의 시간-주파수 자원에 따라 결정된다.

(2) 제2 메시지 (Msg 2, message 2)

기지국은 제1 메시지 상의 프리앰블을 통해서 획득한 RA-RNTI로 지시(address)되는 랜덤 액세스 응답(random access response)을 단말로 전송한다. 랜덤 액세스 응답에는 랜덤 액세스 프리앰블 구분자/식별자(RA preamble index/identifier), 상향링크 무선자원을 알려주는 상향링크 승인(UL grant), 임시 셀 식별자(TC-RNTI: Temporary C-RNTI) 그리고

시간 동기 값(TAC: time alignment command)들이 포함될 수 있다. TAC는
 기지국이 단말에게 상향링크 시간 정렬(time alignment)을 유지하기 위해
 보내는 시간 동기 값을 지시하는 정보이다. 단말은 상기 시간 동기 값을
 이용하여, 상향링크 전송 타이밍을 갱신한다. 단말이 시간 동기를 갱신하면,
 5 시간 동기 타이머(time alignment timer)를 개시 또는 재시작한다. UL
 grant는 후술하는 스케줄링 메시지(제3 메시지)의 전송에 사용되는 상향링크
 자원 할당 및 TPC(transmit power command)를 포함한다. TPC는 스케줄링된
 PUSCH를 위한 전송 파워의 결정에 사용된다.

단말은 랜덤 액세스 프리앰블을 전송 후에, 기지국이 시스템 정보 또는
 10 핸드오버 명령을 통해 지시된 랜덤 액세스 응답 윈도우(random access
 response window) 내에서 자신의 랜덤 액세스 응답(random access
 response)의 수신을 시도하며, PRACH에 대응되는 RA-RNTI로 마스킹된
 PDCCH를 검출하고, 검출된 PDCCH에 의해 지시되는 PDSCH를 수신하게 된다.
 랜덤 액세스 응답 정보는 MAC PDU(MAC packet data unit)의 형식으로
 15 전송될 수 있으며, 상기 MAC PDU는 PDSCH를 통해 전달될 수 있다. PDCCH에는
 상기 PDSCH를 수신해야 하는 단말의 정보와, 상기 PDSCH의 무선 자원의 주파수
 그리고 시간 정보, 그리고 상기 PDSCH의 전송 형식 등이 포함되어 있는 것이
 바람직하다. 상술한 바와 같이, 일단 단말이 자신에게 전송되는 PDCCH의 검출에
 성공하면, 상기 PDCCH의 정보들에 따라 PDSCH로 전송되는 랜덤 액세스 응답을
 20 적절히 수신할 수 있다.

랜덤 액세스 응답 윈도우는 프리앰블을 전송한 단말이 랜덤 액세스 응답
 메시지를 수신하기 위해서 대기하는 최대 시구간을 의미한다. 랜덤 액세스 응답

윈도우는 프리앰블이 전송되는 마지막 서브프레임에서 3개의 서브프레임 이후의 서브프레임으로부터 시작하여 'ra-ResponseWindowSize'의 길이를 가진다. 즉, 단말은 프리앰블을 전송이 종료된 서브프레임으로부터 3개의 서브프레임 이후부터 확보한 랜덤 액세스 윈도우 동안 랜덤 액세스 응답을 수신하기 위해 대기한다. 단말은 시스템 정보(system information)을 통해 랜덤 액세스 윈도우 사이즈('ra-ResponseWindowSize') 파라미터 값을 획득할 수 있으며, 랜덤 액세스 윈도우 사이즈는 2부터 10 사이의 값으로 결정될 수 있다.

단말은 기지국에 전송하였던 랜덤 액세스 프리앰블과 동일한 랜덤 액세스 프리앰블 구분자/식별자를 가지는 랜덤 액세스 응답을 성공적으로 수신하면, 랜덤 액세스 응답의 모니터링을 중지한다. 반면, 랜덤 액세스 응답 윈도우가 종료될 때까지 랜덤 액세스 응답 메시지를 수신하지 못하거나, 기지국에 전송하였던 랜덤 액세스 프리앰블과 동일한 랜덤 액세스 프리앰블 구분자를 가지는 유효한 랜덤 액세스 응답을 수신하지 못한 경우 랜덤 액세스 응답의 수신은 실패하였다고 간주되고, 이후 단말은 프리앰블 재전송을 수행할 수 있다.

상술한 바와 같이 랜덤 액세스 응답에서 랜덤 액세스 프리앰블 구분자가 필요한 이유는, 하나의 랜덤 액세스 응답에는 하나 이상의 단말들을 위한 랜덤 액세스 응답 정보가 포함될 수 있기 때문에, 상기 UL grant, TC-RNTI 그리고 TAC가 어느 단말에게 유효한지를 알려주기 위한 것이 필요하기 때문이다.

(3) 제3 메시지(Msg 3, message 3)

단말이 자신에게 유효한 랜덤 액세스 응답을 수신한 경우에는, 상기 랜덤 액세스 응답에 포함된 정보들을 각각 처리한다. 즉, 단말은 TAC를 적용시키고, TC-RNTI를 저장한다. 또한, UL grant를 이용하여, 단말의 버퍼에 저장된

데이터 또는 새롭게 생성된 데이터를 기지국으로 전송한다. 단말의 최초 접속의 경우, RRC 계층에서 생성되어 CCCH를 통해 전달된 RRC 연결 요청이 제3 메시지에 포함되어 전송될 수 있으며, RRC 연결 재확립 절차의 경우 RRC 계층에서 생성되어 CCCH를 통해 전달된 RRC 연결 재확립 요청이 제3 메시지에
5 포함되어 전송될 수 있다. 또한, NAS 접속 요청 메시지를 포함할 수도 있다.

제3 메시지는 단말의 식별자가 포함되어야 한다. 경쟁 기반 랜덤 액세스 절차에서는 기지국에서 어떠한 단말들이 상기 랜덤 액세스 절차를 수행하는지 판단할 수 없는데, 차후에 충돌 해결을 하기 위해서는 단말을 식별해야 하기 때문이다.

10 단말의 식별자를 포함시키는 방법으로는 두 가지 방법이 존재한다. 첫 번째 방법은 단말이 상기 랜덤 액세스 절차 이전에 이미 해당 셀에서 할당 받은 유효한 셀 식별자(C-RNTI)를 가지고 있었다면, 단말은 상기 UL grant에 대응하는 상향링크 전송 신호를 통해 자신의 셀 식별자를 전송한다. 반면에, 만약 랜덤 액세스 절차 이전에 유효한 셀 식별자를 할당 받지 못하였다면,
15 단말은 자신의 고유 식별자(예를 들면, S-TMSI 또는 임의 값(random number))를 포함하여 전송한다. 일반적으로 상기의 고유 식별자는 C-RNTI보다 길다. UL-SCH 상의 전송에서는 단말 특정 스크램블링이 사용된다. 다만, 단말이 아직 C-RNTI를 할당받지 못한 경우라면, 스크램블링은 C-RNTI에 기반할 수 없으며 대신 랜덤 액세스 응답에서 수신한 TC-RNTI가 사용된다.
20 단말은 상기 UL grant에 대응하는 데이터를 전송하였다면, 충돌 해결을 위한 타이머(contention resolution timer)를 개시한다.

(4) 제4 메시지(Msg 4, message 4)

기지국은 단말로부터 제3 메시지를 통해 해당 단말의 C-RNTI를 수신한
 경우 수신한 C-RNTI를 이용하여 단말에게 제4 메시지를 전송한다. 반면,
 단말로부터 제3 메시지를 통해 상기 고유 식별자(즉, S-TMSI 또는 임의
 값(random number))를 수신한 경우, 랜덤 액세스 응답에서 해당 단말에게
 5 할당한 TC-RNTI를 이용하여 제4 메시지를 단말에게 전송한다. 여기서, 제4
 메시지는 C-RNTI를 포함하는 RRC 연결 설정 메시지(RRC connection
 setup)가 해당될 수 있다.

단말은 랜덤 액세스 응답에 포함된 UL grant를 통해 자신의 식별자를
 포함한 데이터를 전송한 이후, 충돌 해결을 위해 기지국의 지시를 기다린다. 즉,
 10 특정 메시지를 수신하기 위해 PDCCH의 수신을 시도한다. 상기 PDCCH를
 수신하는 방법에 있어서도 두 가지 방법이 존재한다. 앞에서 언급한 바와 같이
 상기 UL grant에 대응하여 전송된 제3 메시지가 자신의 식별자가 C-RNTI인
 경우, 자신의 C-RNTI를 이용하여 PDCCH의 수신을 시도하고, 상기 식별자가
 고유 식별자(즉, S-TMSI 또는 임의 값(random number))인 경우에는, 랜덤
 15 액세스 응답에 포함된 TC-RNTI를 이용하여 PDCCH의 수신을 시도한다. 그 후,
 전자의 경우, 만약 상기 충돌 해결 타이머가 만료되기 전에 자신의 C-RNTI를
 통해 PDCCH를 수신한 경우에, 단말은 정상적으로 랜덤 액세스 절차가
 수행되었다고 판단하고, 랜덤 액세스 절차를 종료한다. 후자의 경우에는 상기
 충돌 해결 타이머가 만료되기 전에 TC-RNTI를 통해 PDCCH를 수신하였다면,
 20 상기 PDCCH가 지시하는 PDSCH이 전달하는 데이터를 확인한다. 만약 상기
 데이터의 내용에 자신의 고유 식별자가 포함되어 있다면, 단말은 정상적으로
 랜덤 액세스 절차가 수행되었다고 판단하고, 랜덤 액세스 절차를 종료한다. 제4

메시지를 통해 단말은 C-RNTI를 획득하고, 이후 단말과 네트워크는 C-RNTI를 이용하여 단말 특정 메시지(dedicated message)를 송수신하게 된다.

다음은 랜덤 액세스에서 충돌 해결을 위한 방법에 대하여 설명한다.

랜덤 액세스를 수행함에 있어서 충돌이 발생하는 이유는 기본적으로 랜덤 액세스 프리앰블의 수가 유한하기 때문이다. 즉, 기지국은 모든 단말들에게 단말 고유의 랜덤 액세스 프리앰블을 부여할 수 없기 때문에, 단말은 공통의 랜덤 액세스 프리앰블들 중에서 임의적으로 하나를 선택해서 전송하게 된다. 이에 따라 동일한 무선 자원(PRACH 자원)을 통해 둘 이상의 단말들이 같은 랜덤 액세스 프리앰블을 선택하여 전송하게 되는 경우가 발생하지만, 기지국에서는 하나의 단말에게서 전송되는 하나의 랜덤 액세스 프리앰블로 판단하게 된다. 이로 인해, 기지국은 랜덤 액세스 응답을 단말에게 전송하고 랜덤 액세스 응답은 하나의 단말이 수신할 것으로 예측한다. 하지만, 상술한 바와 같이 충돌이 발생할 수 있기 때문에, 둘 이상의 단말들이 하나의 랜덤 액세스 응답을 수신하게 되며, 이에 따라 단말마다 각각 랜덤 액세스 응답의 수신에 따른 동작을 수행하게 된다. 즉, 랜덤 액세스 응답에 포함된 하나의 UL Grant를 이용하여, 둘 이상의 단말들이 서로 다른 데이터를 동일한 무선자원에 전송하게 되는 문제점이 발생하게 된다. 이에 따라, 상기 데이터의 전송은 모두 실패할 수도 있고, 단말들의 위치 또는 전송파위에 따라 특정 단말의 데이터만을 기지국에서 수신할 수도 있다. 후자의 경우, 둘 이상의 단말들은 모두 자신의 데이터의 전송이 성공했다고 가정하기 때문에, 기지국은 경쟁에서 실패한 단말들에게 실패 사실에 대한 정보를 알려주어야 한다. 즉, 상기 경쟁의 실패 또는 성공에 대한 정보를 알려주는 것이 충돌 해결(contention

resolution)라 한다.

충돌 해결 방법에는 두 가지 방법이 있는데 한 가지 방법은, 충돌 해결 타이머(contention resolution timer)를 이용하는 방법과, 다른 한가지 방법은 성공한 단말의 식별자를 단말들에게 전송하는 방법이다. 전자의 경우는, 단말이 랜덤 액세스 과정 전에 이미 고유의 C-RNTI를 가지고 있는 경우에 사용된다. 즉, 이미 C-RNTI를 가지고 있는 단말은 랜덤 액세스 응답에 따라 자신의 C-RNTI를 포함한 데이터를 기지국으로 전송하고, 충돌 해결 타이머를 작동한다. 그리고, 충돌 해결 타이머가 만료되기 전에, 자신의 C-RNTI에 의해 지시되는 PDCCH 정보가 수신되면, 단말은 자신이 경쟁에서 성공했다고 판단하고, 랜덤 액세스를 정상적으로 마치게 된다. 반대로, 만약 충돌 해결 타이머가 만료되기 전에, 자신의 C-RNTI에 의해 지시되는 PDCCH를 전송 받지 못한 경우는, 자신이 경쟁에서 실패했다고 판단하고, 랜덤 액세스 과정을 다시 수행하거나, 상위 계층으로 실패 사실을 통보할 수 있다. 충돌 해소 방법 중 후자의 경우, 즉 성공한 단말의 식별자를 전송하는 방법은, 단말이 랜덤 액세스 과정 전에 고유의 셀 식별자가 없는 경우에 사용된다. 즉, 단말 자신이 셀 식별자가 없는 경우, 랜덤 액세스 응답에 포함된 UL Grant 정보에 따라 데이터에 셀 식별자 보다 상위 식별자(S-TMSI 또는 random number)를 포함하여 전송하고, 단말은 충돌 해결 타이머를 작동시킨다. 충돌 해결 타이머가 만료되기 전에, 자신의 상위 식별자를 포함한 데이터가 DL-SCH로 전송된 경우, 단말은 랜덤 액세스 과정이 성공했다고 판단한다. 반면에, 충돌 해결 타이머가 만료되기 전에, 자신의 상위 식별자를 포함한 데이터를 DL-SCH로 전송 받지 못하는 경우에는, 단말은 랜덤 액세스

과정이 실패했다고 판단하게 되는 것이다.

한편, 비경쟁 기반 임의접속 과정에서의 동작은 도 8에 도시된 경쟁 기반 임의접속 과정과 달리 제1 메시지 전송 및 제2 메시지 전송만으로 임의접속 절차가 종료되게 된다. 다만, 제1 메시지로서 단말이 기지국에 임의접속 프리엠블을 전송하기 전에 단말은 기지국으로부터 임의접속 프리엠블을 할당받게 되며, 이 할당받은 임의접속 프리엠블을 기지국에 제1 메시지로서 전송하고, 기지국으로부터 임의접속 응답을 수신함으로써 임의접속 절차가 종료되게 된다.

참조 신호 (RS: Reference Signal)

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

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

이동 통신 시스템에서 RS는 그 목적에 따라 크게 두 가지로 구분될 수 있다. 채널 정보 획득을 위한 목적의 RS와 데이터 복조를 위해 사용되는 RS가 있다. 전자는 UE가 하향 링크로의 채널 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 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.

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.

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.

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.

도 9는 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 하향링크 자원 블록 쌍에 매핑된 참조 신호 패턴을 예시한다.

도 9를 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 9(a)의 경우), 확장 순환 전치(extended CP: extended Cyclic Prefix)인 경우 12개의 OFDM 심볼의 길이를 가진다(도 9(b)의 경우). 자원 블록 격자에서 '0', '1', '2' 및 '3'으로 기재된 자원 요소들(REs)은 각각 안테나 포트 인덱스 '0', '1', '2' 및 '3'의 CRS의 위치를 의미하며, 'D'로 기재된 자원 요소들은 DRS의 위치를 의미한다.

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

CRS는 전송 측(기지국)에서의 안테나 배열에 따라 다양한 포맷으로

정의된다. 3GPP LTE 시스템(예를 들어, 릴리즈-8)에서는 기지국의 전송
 5 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
 5 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 9와 같다.

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

10 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.

15 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
 20 multiplexing) 또는 다중 사용자-다중 입출력 안테나(Multi-User MIMO)와
 같은 전송 방식을 이용하여 전송된 데이터를 복조하기 위하여 사용될 수 있다.

다중 입출력 안테나가 지원되는 경우 참조 신호가 특정의 안테나

포트로부터 전송될 때, 상기 참조 신호는 참조 신호의 패턴에 따라 특정된 자원 요소들의 위치에 전송되며, 다른 안테나 포트를 위해 특정된 자원 요소들의 위치에 전송되지 않는다. 즉, 서로 다른 안테나 사이의 참조 신호는 서로 겹치지 않는다.

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

10 3GPP LTE 시스템(예를 들어, 릴리즈-8)은 최대 4개의 전송 안테나를 지원하고, 랭크 1 빔포밍(beamforming)을 위한 DRS가 정의된다. 랭크 1 빔포밍을 위한 DRS는 또한 안테나 포트 인덱스 5를 위한 참조 신호를 나타낸다.

LTE 시스템의 진화 발전된 형태의 LTE-A 시스템에서 기지국의 하향 링크로 최대 8개의 송신 안테나를 지원할 수 있도록 디자인되어야 한다. 따라서
15 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
20 데이터 복조를 위한 RS 두 가지가 모두 디자인되어야 한다.

LTE-A 시스템을 디자인 함에 있어서 중요한 고려 사항 중 하나는 하위 호환성(backward compatibility), 즉 LTE 단말이 LTE-A 시스템에서도

아무 무리 없이 잘 동작해야 하고, 시스템 또한 이를 지원해야 한다는 것이다.

RS 전송 관점에서 보았을 때, LTE에서 정의되어 있는 CRS가 전 대역으로 매 서브 프레임마다 전송되는 시간-주파수 영역에서 추가적으로 최대 8개의 송신 안테나 포트에 대한 RS가 추가적으로 정의되어야 한다. LTE-A 시스템에서 기존
5 LTE의 CRS와 같은 방식으로 최대 8개의 송신 안테나에 대한 RS 패턴을 매 서브 프레임마다 전 대역에 추가하게 되면 RS 오버헤드가 지나치게 커지게 된다.

따라서 LTE-A 시스템에서 새로이 디자인되는 RS는 크게 두 가지 분류로 나누게 되는데, MCS, PMI 등의 선택을 위한 채널 측정 목적의 RS (CSI-RS: Channel State Information-RS, Channel State Indication-RS 등)와
10 8개의 전송 안테나로 전송되는 데이터 복조를 위한 RS (DM-RS: Data Demodulation-RS)이다.

채널 측정 목적의 CSI-RS는 기존의 CRS가 채널 측정, 핸드 오버 등의 측정 등의 목적과 동시에 데이터 복조를 위해 사용되는 것과 달리 채널 측정 위주의 목적을 위해서 디자인되는 특징이 있다. 물론 이 또한 핸드 오버 등의
15 측정 등의 목적으로도 사용될 수도 있다. CSI-RS가 채널 상태에 대한 정보를 얻는 목적으로만 전송되므로 CRS와 달리 매 서브 프레임마다 전송되지 않아도 된다. CSI-RS의 오버헤드를 줄이기 위하여 CSI-RS는 시간 축 상에서 간헐적으로 전송된다.

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

LTE-A 시스템에서 eNB는 모든 안테나 포트에 대한 CSI-RS를 전송해야 한다. 최대 8개의 송신 안테나 포트에 대한 CSI-RS를 매 서브 프레임마다 전송하는 것은 오버헤드가 너무 큰 단점이 있으므로, CSI-RS는 매 서브 프레임마다 전송되지 않고 시간 축에서 간헐적으로 전송되어야 그 오버헤드를 줄일 수 있다. 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.

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.

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

CSI-RS에 관한 정보를 eNB가 자기 셀 UE에게 알려줄 때, 먼저 각 안테나 포트에 대한 CSI-RS가 매핑되는 시간-주파수에 대한 정보를 알려줘야 한다. 구체적으로, CSI-RS가 전송되는 서브 프레임 번호들, 또는 CSI-RS가 전송되는 주기, CSI-RS가 전송되는 서브 프레임 오프셋이며, 특정 안테나의 CSI-RS

RE가 전송되는 OFDM 심볼 번호, 주파수 간격(spacing), 주파수 축에서의 RE의 오프셋 또는 쉬프트 값 등이 있다.

CSI-RS는 1개, 2개, 4개 또는 8개의 안테나 포트를 통해 전송된다. 이때, 사용되는 안테나 포트는 각각 $p=15$, $p=15, 16$, $p=15, \dots, 18$,
 5 $p=15, \dots, 22$ 이다. CSI-RS는 서브캐리어 간격 $\Delta f=15\text{kHz}$ 에 대해서만 정의될 수 있다.

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

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

【표 3】

	CSI reference signal configuration	Number of CSI reference signals configured					
		1 or 2		4		8	
		(k', l')	$n_s \bmod 2$	(k', l')	$n_s \bmod 2$	(k', l')	$n_s \bmod 2$
Frame structure type 1 and 2	0	(9, 5)	0	(9, 5)	0	(9, 5)	0
	1	(11, 2)	1	(11, 2)	1	(11, 2)	1
	2	(9, 2)	1	(9, 2)	1	(9, 2)	1
	3	(7, 2)	1	(7, 2)	1	(7, 2)	1
	4	(9, 5)	1	(9, 5)	1	(9, 5)	1
	5	(8, 5)	0	(8, 5)	0		
	6	(10, 2)	1	(10, 2)	1		
	7	(8, 2)	1	(8, 2)	1		
	8	(6, 2)	1	(6, 2)	1		
	9	(8, 5)	1	(8, 5)	1		
	10	(3, 5)	0				
	11	(2, 5)	0				
	12	(5, 2)	1				
	13	(4, 2)	1				
	14	(3, 2)	1				
	15	(2, 2)	1				
	16	(1, 2)	1				
	17	(0, 2)	1				
	18	(3, 5)	1				
	19	(2, 5)	1				

Frame structure type 2 only	20	(11, 1)	1	(11, 1)	1	(11, 1)	1
	21	(9, 1)	1	(9, 1)	1	(9, 1)	1
	22	(7, 1)	1	(7, 1)	1	(7, 1)	1
	23	(10, 1)	1	(10, 1)	1		
	24	(8, 1)	1	(8, 1)	1		
	25	(6, 1)	1	(6, 1)	1		
	26	(5, 1)	1				
	27	(4, 1)	1				
	28	(3, 1)	1				
	29	(2, 1)	1				
	30	(1, 1)	1				
	31	(0, 1)	1				

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

【표 4】

	CSI reference signal configuration	Number of CSI reference signals configured					
		1 or 2		4		8	
		(k', l')	$n_s \bmod 2$	(k', l')	$n_s \bmod 2$	(k', l')	$n_s \bmod 2$
Frame structure type 1 and 2	0	(11, 4)	0	(11, 4)	0	(11, 4)	0
	1	(9, 4)	0	(9, 4)	0	(9, 4)	0
	2	(10, 4)	1	(10, 4)	1	(10, 4)	1
	3	(9, 4)	1	(9, 4)	1	(9, 4)	1
	4	(5, 4)	0	(5, 4)	0		
	5	(3, 4)	0	(3, 4)	0		
	6	(4, 4)	1	(4, 4)	1		
	7	(3, 4)	1	(3, 4)	1		
	8	(8, 4)	0				
	9	(6, 4)	0				
	10	(2, 4)	0				
	11	(0, 4)	0				
	12	(7, 4)	1				
	13	(6, 4)	1				
	14	(1, 4)	1				
	15	(0, 4)	1				
Frame structure type 2 only	16	(11, 1)	1	(11, 1)	1	(11, 1)	1
	17	(10, 1)	1	(10, 1)	1	(10, 1)	1
	18	(9, 1)	1	(9, 1)	1	(9, 1)	1
	19	(5, 1)	1	(5, 1)	1		
	20	(4, 1)	1	(4, 1)	1		
	21	(3, 1)	1	(3, 1)	1		
	22	(8, 1)	1				
	23	(7, 1)	1				
	24	(6, 1)	1				
	25	(2, 1)	1				
	26	(1, 1)	1				
	27	(0, 1)	1				

표 3 및 표 4를 참조하면, CSI-RS의 전송에 있어서, 이중
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
5 구성(configuration)이 정의된다.

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

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

도 10은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 CSI-RS 구성을
예시하는 도면이다.

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

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

특정 셀에 대하여 CSI-RS 전송을 위해 1개 혹은 2개의 안테나 포트가

설정되면, 도 10(a)에 도시된 20가지 CSI-RS 구성들 중 설정된 CSI-RS 구성에 따른 무선 자원 상에서 CSI-RS가 전송된다.

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

2개의 안테나 포트 별(즉, {15,16}, {17,18}, {19,20}, {21,22})로 각각의 안테나 포트에 대한 CSI-RS는 동일한 무선 자원에 CDM되어 전송된다. 안테나 포트 15 및 16를 예를 들면, 안테나 포트 15 및 16에 대한 각각의 CSI-RS 복소 심볼은 동일하나, 서로 다른 직교 코드(예를 들어, 왈시 코드(walsh code)가 곱해져서 동일한 무선 자원에 매핑된다. 안테나 포트 15에 대한 CSI-RS의 복소 심볼에는 $[1, 1]$ 이 곱해지고, 안테나 포트 16에 대한 CSI-RS의 복소 심볼에는 $[1, -1]$ 이 곱해져서 동일한 무선 자원에 매핑된다. 이는 안테나 포트 {17,18}, {19,20}, {21,22}도 마찬가지이다.

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

도 10(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.

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

상위 계층에 의해 설정되는 16 비트의 비트맵인 ZP CSI-RS(ZeroPowerCSI-RS)에서 1로 설정된 각 비트 별로, UE는 위의 표 3 및 표 10 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 15 CSI-RS 구성 인덱스에 해당한다.

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

프레임 구조 타입 2(TDD)의 경우, 스페셜 서브프레임, 동기 신호(SS), 20 PBCH 또는 SIB 1(SystemInformationBlockType1) 메시지 전송과 충돌되는 서브프레임 또는 페이징 메시지 전송을 위해 설정된 서브프레임에서 CSI-RS는 전송되지 않는다.

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.

5 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-
10 RS 전송 오버헤드가 많이 낮아질 수 있다.

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

표 5은 CSI-RS 서브프레임 구성을 예시한다.

【표 5】

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

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

표 5의 CSI-RS 서브프레임 구성은 앞서 'SubframeConfig' 필드 및 'zeroTxPowerSubframeConfig' 필드 중 어느 하나로 설정될 수 있다. CSI-

RS 서브프레임 구성은 NZP CSI-RS 및 ZP CSI-RS에 대하여 개별적으로 (separately) 설정될 수 있다.

CSI-RS를 포함하는 서브프레임은 아래 수학적 식 12를 만족한다.

【수학적 식 12】

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

수학적 식 12에서 $T_{\text{CSI-RS}}$ 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.

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
10 모드 10 (transmission mode 10)이 설정된 UE의 경우, UE는 하나 또는 그 이상의 CSI-RS 자원 구성(들)이 설정될 수 있다.

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

- 전송 모드 10이 설정된 경우, CSI-RS 자원 구성 식별자
- 15 - CSI-RS 포트 개수
- CSI-RS 구성 (표 3 및 표 4 참조)
- CSI-RS 서브프레임 구성 ($I_{\text{CSI-RS}}$) (표 5 참조)
- 전송 모드 9가 설정된 경우, CSI 피드백을 위한 전송 파워 (P_C)
- 전송 모드 10이 설정된 경우, 각 CSI 프로세스에 대하여 CSI 피드백을
20 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.

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

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

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

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

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

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

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

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.

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

- 5 - ZP CSI-RS 구성 (표 3 및 표 4 참조)
- ZP CSI RS 서브프레임 구성(I_CSI-RS) (표 5 참조)

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

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

전송 모드 1-9가 설정된 UE의 경우, 서빙 셀에 대하여 UE는 하나의 ZP
 CSI-RS 자원 구성이 설정될 수 있다. 전송 모드 10이 설정된 UE의 경우, 서빙
 셀에 대하여 UE는 하나 또는 그 이상의 ZP CSI-RS 자원 구성이 설정될 수 있다.

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

- ZP CSI-RS 구성 리스트 (표 3 및 표 4 참조)
- ZP CSI-RS 서브프레임 구성(I_CSI-RS) (표 5 참조)

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

셀 측정(Cell Measurement)/측정 보고(Measurement Report)

단말의 이동성(mobility) 보장을 위한 여러 방법들(핸드오버, 랜덤

액세스, 셀 탐색 등) 중 하나 또는 그 여러 방법들을 위하여 UE는 셀 측정(cell measurement)한 결과를 기지국(혹은 네트워크)에 보고한다.

3GPP LTE/LTE-A 시스템에서 셀 특정 참조 신호(CRS)는 시간 축으로 각 서브프레임 내의 0, 4, 7, 11 번째 OFDM 심볼을 통해 전송되고, 이는 셀 측정(cell measurement)을 위해 기본적으로 사용된다. 즉, 단말은 서빙 셀(serving cell)과 이웃 셀(neighbor cell)로부터 각각 수신되는 CRS를 이용하여, 셀 측정을 수행한다.

셀 측정(cell measurement)은 서빙 셀 및 이웃 셀의 신호 세기 혹은 총 수신 전력 대비 신호 세기 등을 측정하는 참조 신호 수신 전력(RSRP: Reference signal receive power), 수신신호강도(RSSI: Received signal strength indicator), 참조신호수신품질(RSRQ: Reference signal received quality) 등의 RRM(Radio resource management) 측정과 서빙 셀과의 링크 품질을 측정하여 라디오 링크 실패(radio link failure) 여부를 평가할 수 있는 RLM(Radio Link Monitoring) 측정을 포함하는 개념이다.

RSRP는 측정 주파수 대역 내에서 CRS가 전송되는 RE의 전력 분배의 선형 평균이다. RSRP 결정을 위해, 안테나 포트 '0'에 해당하는 CRS(R0)가 사용될 수 있다. 또한, RSRP 결정을 위해, 안테나 포트 '1'에 해당하는 CRS(R1)가 추가로 사용될 수도 있다. RSRP를 결정하기 위하여 UE에 의해 이용되는 측정 주파수 대역 및 측정 구간 내에서 이용하는 RE들의 수는 해당 측정 정확도 요구(accuracy requirements)가 만족되는 한도에서 UE가 결정할 수 있다. 또한, RE 당 전력은 순환 전치(CP)를 제외한 심볼의 나머지 부분 내에서

수신한 에너지로부터 결정될 수 있다.

RSSI는 측정 대역 내에서 안테나 포트 '0'에 해당하는 RS를 포함하는 OFDM 심볼들에서 동일 채널(co-channel)의 서빙 셀(serving cell)과 non-서빙 셀(non-serving cell), 인접 채널로부터의 간섭, 열 잡음(thermal noise) 등을 포함하는 해당 UE에 의해 모든 소스들로부터 감지된 총 수신 전력의 선형 평균으로 도출된다. 상위 계층 시그널링에 의하여 RSRQ 측정을 수행하기 위한 특정 서브프레임들이 지시되는 경우, RSSI는 지시된 서브프레임들 내의 모든 OFDM 심볼에 통해 측정된다.

RSRQ는 $N \times \text{RSRP} / \text{RSSI}$ 로 도출된다. 여기서, N은 RSSI 측정 대역폭의 RB 개수를 의미한다. 또한, 위의 식에서 분자 및 분모의 측정은 동일한 RB의 세트에서 구해질 수 있다.

기지국은 상위 계층 시그널링(예를 들어, RRC 연결 재구성(RRC Connection Reconfiguration) 메시지)을 통해 UE에게 측정(measurement)을 위한 설정 정보를 전달할 수 있다.

RRC 연결 재구성 메시지는 무선 자원 구성 전용('radioResourceConfigDedicated') 정보 요소(IE: Information Element)와, 측정 설정('measConfig') IE를 포함한다.

'measConfig' IE는 UE에 의해 수행되어야 하는 측정을 특정하고, 측정 갭(measurement gap)의 구성 뿐만 아니라 인트라-주파수(intra-frequency) 이동성, 인터-주파수(inter-frequency) 이동성, 인터-RAT(inter-RAT) 이동성을 위한 설정 정보를 포함한다.

특히, 'measConfig' IE는 측정에서 제거될 측정

대상('measObject')의 리스트를 나타내는 'measObjectToRemoveList'와 새로이 추가되거나 수정될 리스트를 나타내는 'measObjectToAddModList'가 포함된다. 또한, 'measObject'에는 통신 기술에 따라 'MeasObjectCDMA2000', 'MeasObjectEUTRA', 'MeasObjectGERAN' 등이 포함된다.

'RadioResourceConfigDedicated' IE는 무선 베어러(Radio Bearer)를 설정/변경/해제(setup/modify/release) 하거나, MAC 메인 구성을 변경하거나, 반 정적 스케줄링(SPS: Semi-Persistent Scheduling) 설정을 변경하거나 및 전용 물리적 설정(dedicated physical configuration)을 변경하기 위하여 사용된다.

'RadioResourceConfigDedicated' IE는 서빙 셀 측정을 위한 시간 영역 측정 자원 제한 패턴(time domain measurement resource restriction pattern)을 지시하는 'measSubframePattern-Serv' 필드를 포함한다. 또한, UE에 의해 측정될 이웃 셀을 지시하는 'measSubframeCellList'와 이웃 셀 측정을 위한 시간 영역 측정 자원 제한 패턴을 지시하는 'measSubframePattern-Neigh'를 포함한다.

측정 셀(서빙 셀 및 이웃 셀 포함)을 위해 설정된 시간 영역 측정 자원 제한 패턴(time domain measurement resource restriction pattern)은 RSRQ 측정을 수행하기 위한 무선 프레임 당 적어도 하나의 서브프레임을 지시할 수 있다. 측정 셀을 위해 설정된 시간 영역 측정 자원 제한 패턴에 의하여 지시된 서브프레임 이외에서는 RSRQ 측정이 수행되지 않는다.

이와 같이, UE(예를 들어, 3GPP Rel-10)는 서빙 셀 측정을 위한

서브프레임 패턴('measSubframePattern-Serv') 및 이웃 셀 측정을 위한 서브프레임 패턴('measSubframePattern-Neigh')에 의해 설정된 구간에서만 RSRQ가 측정되어야 한다.

다만, RSRP는 이러한 패턴 내 측정이 제약되어 있지 않지만, 정확도 요구(accuracy requirement)를 위해서는 이러한 패턴 내에서만 측정되는 것이 바람직하다.

안테나 포트 간 QCL(quasi co-located)

QC/QCL(quasi co-located 혹은 quasi co-location)은 다음과 같이 정의될 수 있다.

두 개의 안테나 포트가 QC/QCL 관계에 있다(혹은 QC/QCL 되었다)고 하면, 하나의 안테나 포트를 통해 전달되는 신호의 광범위 특성(large-scale property)이 다른 하나의 안테나 포트를 통해 전달되는 신호로부터 암시(infer)될 수 있다고 단말이 가정할 수 있다. 여기서, 상기 광범위 특성은 지연 확산(Delay spread), 도플러 확산(Doppler spread), 주파수 쉬프트(Frequency shift), 평균 수신 파워(Average received power), 수신 타이밍(Received Timing) 중 하나 이상을 포함한다.

또한, 다음과 같이 정의될 수도 있다. 두 개의 안테나 포트가 QC/QCL 관계에 있다(혹은 QC/QCL 되었다)고 하면, 하나의 안테나 포트를 통해 일 심볼이 전달되는 채널의 광범위 특성(large-scale property)이 다른 하나의 안테나 포트를 통해 일 심볼이 전달되는 무선 채널로부터 암시(infer)될 수 있다고 단말이 가정할 수 있다. 여기서, 상기 광범위 특성은 지연 확산(delay

spread), 도플러 확산(Doppler spread), 도플러 쉬프트(Doppler shift), 평균 이득(average gain) 및 평균 지연(average delay) 중 하나 이상을 포함한다.

즉, 두 개의 안테나 포트들이 QC/QCL 관계에 있다(혹은 QC/QCL
5 되었다)고 함은, 하나의 안테나 포트로부터의 무선 채널의 광범위 특성이 나머지 하나의 안테나 포트로부터의 무선 채널의 광범위 특성과 같음을 의미한다. RS가 전송되는 복수의 안테나 포트를 고려하면, 서로 다른 두 종류의 RS가 전송되는 안테나 포트들이 QCL 관계에 있으면, 한 종류의 안테나 포트로부터의 무선 채널의 광범위 특성을 다른 한 종류의 안테나 포트로부터의 무선 채널의 광범위
10 특성으로 대체할 수 있을 것이다.

본 명세서에서 위 QC/QCL 관련 정의들을 구분하지 않는다. 즉, QC/QCL 개념은 위 정의들 중에 하나를 따를 수 있다. 혹은 유사한 다른 형태로, QC/QCL 가정이 성립하는 안테나 포트 간에는 마치 동일 위치(co-location)에서 전송하는 것처럼 가정할 수 있다는 형태 (예를 들어, 동일 전송
15 포인트(transmission point)에서 전송하는 안테나 포트라고 단말이 가정할 수 있다는 등)으로 QC/QCL 개념 정의가 변형될 수도 있으며, 본 발명의 사상은 이와 같은 유사 변형예들을 포함한다. 본 발명에서는 설명의 편의상 위 QC/QCL 관련 정의들을 혼용하여 사용한다.

상기 QC/QCL의 개념에 따라, 단말은 비-QC/QCL(Non-QC/QCL) 안테나
20 포트들에 대해서는 해당 안테나 포트들로부터의 무선 채널 간에 동일한 상기 광범위 특성을 가정할 수 없다. 즉, 이 경우 단말은 타이밍 획득 및 트래킹(tracking), 주파수 오프셋 추정 및 보상, 지연 추정 및 도플러 추정

등에 대하여 각각의 설정된 비-QC/QCL 안테나 포트 별로 독립적인 프로세싱을 수행하여야 한다.

QC/QCL을 가정할 수 있는 안테나 포트들간에 대해서, 단말은 다음과 같은 동작을 수행할 수 있다는 장점이 있다:

- 5 - 지연 확산 및 도플러 확산에 대하여, 단말은 어떤 하나의 안테나 포트로부터의 무선 채널에 대한 전력-지연-프로파일(power-delay profile), 지연 확산 및 도플러 스펙트럼(Doppler spectrum), 도플러 확산 추정 결과를, 다른 안테나 포트로부터의 무선 채널에 대한 채널 추정 시 사용되는 위너 필터(Wiener filter) 등에 동일하게 적용할 수 있다.
- 10 - 주파수 쉬프트(shift) 및 수신된 타이밍에 대하여, 단말은 어떤 하나의 안테나 포트에 대한 시간 및 주파수 동기화 수행한 후, 동일한 동기화를 다른 안테나 포트의 복조에 적용할 수 있다.
- 평균 수신 전력에 대하여, 단말은 둘 이상의 안테나 포트들에 대하여 RSRP(Reference Signal Received Power) 측정을 평균할 수 있다.
- 15 예를 들어, 단말이 하향링크 데이터 채널 복조를 위한 DMRS 안테나 포트가 서빙 셀의 CRS 안테나 포트와 QC/QCL 되었다면, 단말은 해당 DMRS 안테나 포트를 통한 채널 추정 시 자신의 CRS 안테나 포트로부터 추정했던 무선 채널의 광범위 특성들(large-scale properties)을 동일하게 적용하여 DMRS 기반 하향링크 데이터 채널 수신 성능을 향상시킬 수 있다.
- 20 왜냐하면, CRS는 매 서브프레임 그리고 전체 대역에 걸쳐 상대적으로 높은 밀도(density)로 브로드캐스팅되는 참조 신호이므로, 광범위 특성에 관한 추정치는 CRS로부터 보다 안정적으로 획득이 가능하기 때문이다. 반면, DMRS는

특정 스케줄링된 RB에 대해서는 단말 특정하게 전송되며, 또한 PRG(precoding resource block group) 단위가 기지국이 전송에 사용하는 프리코딩 행렬(precoding matrix)가 변할 수 있으므로 단말에게 수신되는 유효 채널은 PRG 단위로 달라질 수 있어 다수의 PRG를 스케줄링 받은 경우라고 하더라도 넓은 대역에 걸쳐 DMRS를 무선 채널의 광범위 특성 추정용으로 사용 시에 성능 열화가 발생할 수 있다. 또한, CSI-RS도 그 전송 주기가 수~수십 ms가 될 수 있고, 자원 블록 당 평균적으로 안테나 포트 당 1 자원 요소의 낮은 밀도를 가지므로 CSI-RS도 마찬가지로 무선 채널의 광범위 특성 추정용으로 사용할 경우 성능 열화가 발생할 수 있다.

즉, 안테나 포트 간의 QC/QCL 가정을 함으로써 단말은 하향링크 참조 신호의 검출/수신, 채널 추정, 채널 상태 보고 등에 활용할 수 있다.

제한된 RLM 및 RRM/CSI 측정

간섭 조정(Interference coordination)의 한 방법으로서, 공격 셀(aggressor cell)이 일부 물리 채널의 전송 파워(transmission power)/동작(activity)를 줄이는 (여기서, 전송 파워/동작을 줄이는 것은 제로 파워로 설정하는 동작까지 포함할 수 있음) 침묵 서브프레임(silent subframe) (또는, ABS(almost blank subframe)으로 지칭될 수 있음)을 사용하고, 희생 셀(victim cell)이 이를 고려하여 UE를 스케줄링하는 시간 도메인 셀 간 간섭 조정(scheduling하는 time domain inter-cell interference coordination)이 가능하다.

이 경우, 희생 셀(victim cell) UE의 입장에서는 간섭

레벨(interference level)이 서브프레임에 따라서 크게 변화할 수 있다.

이러한 상황에서 각 서브프레임에서의 보다 정확한 무선 링크 모니터링(RLM: radio link monitoring)이나 RSRP/RSRQ 등을 측정하는 무선 자원 관리(RRM: radio resource management) 동작을 수행하거나 링크 적응(link adaptation)을 위해서 채널 상태 정보(CSI: channel state information)를 측정하기 위해서, 상기 모니터링/측정은 균일한 간섭 특성을 지니는 서브프레임의 세트들로 제한되어야 한다. 3GPP LTE 시스템에서는 아래와 같이 제한된 RLM 및 RRM/CSI 측정을 정의한다.

UE는 Pcell의 하향링크 무선 링크 품질(downlink link quality)을 감지하기 위하여 셀 특정 참조 신호(CRS)에 기반하여 하향링크 링크 품질을 모니터링한다. 단말은 하향링크 무선 링크 품질을 추정하고, Pcell의 하향링크 무선 링크 품질을 모니터링하기 위하여 임계치 Q_{out} 및 Q_{in} 와 추정치를 비교한다.

임계치 Q_{out} 은 하향링크 무선 링크가 신뢰있게(reliably) 수신될 수 없는 레벨로 정의되고, 아래 표 6에서 명시된 전송 파라미터에 기반하여 PCFICH 에러를 고려한 가상의(hypothetical) PDCCH 전송의 10% 블록 에러율(BER: block error rate)에 해당한다.

임계치 Q_{in} 는 하향링크 무선 링크 품질이 Q_{out} 에서의 하향링크 무선 링크 품질 보다 현저하게 신뢰있게 수신될 수 있는 레벨로 정의되고, 아래 표 7에서 명시된 전송 파라미터에 기반하여 PCFICH 에러를 고려한 가상의(hypothetical) PDCCH 전송의 2% BER에 해당한다.

상위 계층 시그널링이 제한된 RLM을 위한 특정 서브프레임을 지시할 때,

무선 링크 품질이 모니터링된다.

RLM 측정을 수행하기 위한 시간 도메인 측정 자원 제한 패턴이 상위 계층에 의해 설정될 때, 또한 측정되는 셀을 위해 설정된 시간 도메인 측정 자원 제한 패턴이 RLM 측정을 수행하기 위한 무선 프레임 당 적어도 하나의 서브프레임을 지시한다면, 일정한 요구 사항이 적용된다.

CRS 지원 (assistance) 정보가 제공되는 경우, CRS 지원 정보가 제공된 하나 또는 그 이상의 셀의 전송 안테나 포트(transmit antenna port)의 개수가 RLM이 수행되는 셀의 전송 안테나 포트의 개수와 상이할 때 상기 요구 사항이 만족될 수 있다.

만약, 단말이 CRS 지원 정보를 제공받지 않거나 CRS 지원 데이터가 전체 평가 기간 동안에 유효하지 않으면, CRS와 논-MBSFN(multicast broadcast single frequency network) 서브프레임 내에서 설정된 ABS의 충돌 하에 시간 도메인 측정 제한이 적용될 수 있다.

표 6은 동기가 맞지 않은 상태(out-of-sync)에 대한 PDCCH/PCFICH 전송 파라미터를 예시한다.

【표 6】

속성 (Attribute)	값 (Value)
DCI 포맷	1A
제어 OFDM 심볼의 수	2; 대역폭 ≥ 10 MHz 3; $3 \text{ MHz} \leq \text{대역폭} \leq 10 \text{ MHz}$ 4; 대역폭 = 1.4 MHz
병합 레벨 (Aggregation level) (CCE)	4; 대역폭 = 1.4 MHz 8; 대역폭 $\geq 3 \text{ MHz}$
PDCCH RE 에너지 대 평균 RS RE 에너지의 비 (Ratio of PDCCH RE energy to average RS RE energy)	4 dB; Pcell에 의한 CRS 전송을 위해 단일 안테나 포트가 사용되는 경우 1 dB; Pcell에 의한 CRS 전송을 위해 2개 또는 4개 안테나 포트가 사용되는 경우

PCFICH RE 에너지 대 평균 RS RE 에너지의 비 (Ratio of PCFICH RE energy to average RS RE energy)	4 dB; Pcell에 의한 CRS 전송을 위해 단일 안테나 포트가 사용되는 경우 1 dB; Pcell에 의한 CRS 전송을 위해 2개 또는 4개 안테나 포트가 사용되는 경우
--	--

표 7은 동기가 맞는 상태(in-sync)에 대한 PDCCH/PCFICH 전송 파라미터를 예시한다.

【표 7】

속성 (Attribute)	값 (Value)
DCI 포맷	1C
제어 OFDM 심볼의 수	2; 대역폭 ≥ 10 MHz 3; $3 \text{ MHz} \leq \text{대역폭} \leq 10 \text{ MHz}$ 4; 대역폭 = 1.4 MHz
병합 레벨 (Aggregation level) (CCE)	4
PDCCH RE 에너지와 평균 RS RE 에너지 간 비율 (Ratio of PDCCH RE energy to average RS RE energy)	0 dB; Pcell에 의한 CRS 전송을 위해 단일 안테나 포트가 사용되는 경우 -3 dB; Pcell에 의한 CRS 전송을 위해 2개 또는 4개 안테나 포트가 사용되는 경우
PCFICH RE 에너지 대 평균 RS RE 에너지의 비 (Ratio of PCFICH RE energy to average RS RE energy)	4 dB; Pcell에 의한 CRS 전송을 위해 단일 안테나 포트가 사용되는 경우 1 dB; Pcell에 의한 CRS 전송을 위해 2개 또는 4개 안테나 포트가 사용되는 경우

Pcell에 대한 하향링크 무선 링크 품질은 UE에 의해 상위 계층에 동기가 맞지 않은 상태(out-of-sync status)/동기가 맞는 상태(in-sync status)를 지시하기 위하여 모니터링된다.

비-DRX(non-DRX) 모드 동작에서, UE의 물리 계층은 매 무선 프레임에서 임계치(Q_{out} 및 Q_{in})를 고려하여 이전 시간 구간 동안 평가된 무선 링크 품질을 측정(assess)한다.

상위 계층 시그널링이 제한된 RLM을 위한 특정 서브프레임을 지시하면, 무선 링크 품질의 측정은 상위 계층 시그널링에서 지시되지 않는 이외 다른 서브프레임에서 수행되지 않는다.

무선 링크 품질이 임계치 Q_{out} 보다 불량하면, UE의 물리 계층은 무선 링크 품질이 측정된 무선 프레임 내에서 상위 계층에게 out-of-sync를 지시한다. 무선 링크 품질이 임계치 Q_{in} 보다 양호하면, UE의 물리 계층은 무선 링크 품질이 측정된 무선 프레임 내에서 상위 계층에게 in-sync를 지시한다.

매시브 MIMO (Massive MIMO)

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

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

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

AAS 등의 진보된 안테나 시스템의 도입으로 다수의 입출력 안테나와 다차원 안테나 구조를 갖는 대규모 MIMO 구조 또한 고려되고 있다. 일례로, 기존의 일자 형 안테나 배열과 달리 2차원 안테나 배열을 형성할 경우, AAS의 능동 안테나에 의해 3차원 빔 패턴을 형성할 수 있다. 송신 안테나 관점에서

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

또한, 수신 안테나 관점에서는 대규모 수신 안테나를 활용하여 수신 빔을
 5 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.

10 도 11은 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템에서 기지국 또는
 단말이 AAS 기반의 3D(3-Dimension) 빔 형성이 가능한 다수의 송/수신
 안테나를 갖고 있는 시스템을 예시한다.

도 11은 앞서 설명한 예를 도식화한 것으로서, 2차원 안테나 배열(즉,
 2D-AAS)를 이용한 3D MIMO 시스템을 예시한다.

15

매시브 MIMO의 셀 커버리지(Cell coverage of massive MIMO)

다중 안테나 시스템, 일례로서 N개의 전송 안테나를 갖는 시스템은 단일
 안테나 시스템에 비교해서 전체 전송 전력을 동일하게 전송한다고 가정하면,
 특정 지점에 수신 파워가 최대 N배 높도록 빔포밍(beamforming) 해줄 수 있다.

20 다중 안테나를 갖는 기지국에서도 CRS, PSS/SSS, PBCH 및
 브로드캐스트(broadcast) 정보를 전달하는 채널은 기지국 커버리지 영역내의
 모든 UE들이 수신할 수 있도록 특정 방향으로 beamforming을 해주지는 않는다.

이와 달리, 특정 UE에게 유니캐스트(unicast) 정보를 전달하는 채널인 PDSCH는 해당 UE의 위치 및 링크 상황에 맞추어 beamforming을 해주어 전송 효율을 높이도록 한다. 즉, PDSCH의 전송 데이터 스트림은 특정 방향으로 빔을 형성하기 위하여 프로코딩(precoding)되어 다중의 안테나 포트를 통해
5 전송된다. 그러므로 대표적으로 CRS와 PDSCH의 전송 전력이 동일한 경우에, 특정 UE에게 CRS의 평균 수신 전력과 비교해서 해당 UE를 향해 beamforming 된 프로코딩된(precoded) PDSCH의 수신 전력은 최대 N배까지 높을 수 있다.

현재까지 LTE Rel-11 시스템에서 최대 8개의 전송 안테나를 갖는 기지국을 고려하는데, 이는 CRS 평균 수신 전력에 비해서 precoded PDSCH
10 수신 전력이 8배 클 수 있음을 의미한다. 그러나, 향후에 매시브 MIMO 시스템의 도입으로 기지국의 전송 안테나가 100개 이상 되는 경우에 CRS와 precoded PDSCH의 수신 전력은 100배 이상 차이를 나타낼 수 있다. 결론적으로 massive MIMO 시스템의 도입으로 특정 기지국에서 전송하는 CRS의 커버리지 영역과 DM-RS 기반 PDSCH의 커버리지 영역이 일치하지 않게 된다.

특히, 이러한 현상은 인접한 두 개의 기지국의 전송 안테나 개수의 차이가
15 많을 때 크게 나타날 수 있다. 대표적으로 64개의 전송 안테나를 갖는 매크로 셀(macro cell)과 단일 전송 안테나를 갖는 마이크로 셀(micro cell)(예를 들어, 피코 셀(pico cell))이 인접하고 있는 경우를 예로 들 수 있다. Massive MIMO의 초기 배치(deployment) 과정에서 서빙받는(served) UE가
20 많은 macro cell부터 먼저 안테나 개수를 늘릴 것으로 기대하고 있기 때문에 macro cell, micro cell 그리고 pico cell이 혼재되어 있는 이종의 네트워크(heterogeneous network)의 경우에 인접한 기지국간에 전송

안테나의 개수가 크게 차이 나게 된다.

예를 들어, 단일 전송 안테나를 갖는 pico cell의 경우에 CRS와 PDSCH의 커버리지 영역이 일치하게 된다. 그러나 64개의 전송 안테나를 갖는 macro cell의 경우에 CRS의 커버리지 영역보다 PDSCH의 커버리지 영역이 더
 5 크게 된다. 그러므로 macro cell과 pico cell의 경계에서 CRS의 수신 품질인 RSRP 또는 RSRQ에만 의존하여 초기접속 및 핸드오버를 결정하게 되면 PDSCH의 최대 품질을 제공해 줄 기지국을 서빙 셀(serving cell)로 선택할 수 없게 된다. 이에 대한 단순한 해결책으로 N개의 전송 안테나를 갖는 기지국의 PDSCH 수신 전력은 N배 클 것으로 가정할 수 있으나, 기지국이 가능한 모든
 10 방향으로 beamforming을 다 해줄 수 없는 경우를 고려할 때 최적 해결책은 아니다.

RRM-RS

본 특허에서는 프리코딩된 RS(precoded RS)를 전송하고 이에 대한 RRM
 15 측정(measurement)를 수행하는 방법을 제안한다. 이하, 본 명세서에서는 이러한 목적의 precoded RS를 'RRM-RS'라고 명칭하도록 한다. RRM-RS는 다수개의 안테나 포트에 구성되어 있으며 각 안테나 포트 별로 beamforming을 다르게 설정하여 각 전송 빔 (beam) 별로 UE가 RSRP를 측정할 수 있도록 한다. 일례로, 기지국에서 M개의 방향으로 beamforming이 가능한 경우에 M 포트(M-
 20 port)로 구성된 RRM-RS를 설정하도록 한다.

RRM-RS의 주기 및 다중화(multiplexing)

M-port RRM-RS는 동일 서브프레임에서 CDM되거나 또는 FDM/TDM으로 구분되어 전송될 수 있다. 즉, M-port RRM-RS의 각 안테나 포트 별 전송 신호는 동일 서브프레임에서 다른 전송 RE를 사용하여 전송되거나, 또는 동일 RE를 사용하여 전송되는 경우에 안테나 포트 간에 직교 스크램블링 코드(orthogonal scrambling code)를 사용하여 상호간에 간섭 없이 구분할 수 있도록 한다.

이와 달리 하나의 서브프레임에서 동시에 전송 가능한 RRM-RS의 안테나 포트 수를 K로 설정하고 (M/K)개의 서브프레임에 나누어 전송할 수 있다.

이 경우, RRM-RS의 설정 파라미터는 전체 안테나 포트의 개수 M과 하나의 서브프레임에서 동시 전송되는 안테나 포트 수 K를 포함한다. RRM-RS의 설정 파라미터로써 RRM-RS 전송 주기 P와 오프셋 O를 포함한다. 여기서, RRM-RS 전송 주기는 RRM-RS가 전송되는 서브프레임의 간격으로 정의한다. 예로써 P=10, O=5, M=64, K=32인 경우에 RRM-RS는 서브프레임 인덱스(SFI: subframe index)가 5, 15, 25, 35, ... 인 서브프레임에서 전송되며, SFI=5인 서브프레임에서 안테나 포트 0에서 31의 RRM-RS가 전송되고, SFI=15인 서브프레임에서 안테나 포트 32에서 63의 RRM-RS가 전송되고, SFI=25인 서브프레임에서 안테나 포트 0에서 31의 RRM-RS가 또다시 전송된다.

이와 달리 RRM-RS 전송 주기를 동일 안테나 port의 RS가 전송되는 서브프레임의 간격으로 정의하고, (M/K)개의 서브프레임에 RRM-RS의 안테나 포트들을 나누어 전송하는 방식에서 (M/K)개의 연속된 서브프레임에 나누어 전송하도록 한다. 예로써 P=20, O=5, M=64, K=32인 경우에 RRM-RS는 SFI가 5, 6, 25, 26, 45, 46, ...인 서브프레임에서 전송되며, SFI=5인

서브프레임에서 안테나 포트 0에서 31의 RRM-RS가 전송되고, SFI=6인 서브프레임에서 안테나 포트 32에서 63의 RRM-RS가 전송되고, SFI=25인 서브프레임에서 안테나 포트 0에서 31의 RRM-RS가 또다시 전송된다.

5 RSRP 측정 및 보고

RRM-RS의 RSRP는 안테나 포트 별로 측정하여 보고하도록 한다. UE는 다수 개의 RRM-RS를 설정 받을 수 있다.

각 셀에서 RRM-RS를 하나씩 전송하는 경우에, UE는 서빙 셀 및 인접 셀들이 전송하는 RRM-RS들의 설정을 지정 받을 수 있다. 하나의 셀이 다수개의 RRM-RS를 전송할 수도 있다. UE는 RRM-RS의 RSRP를 보고할 때 해당 RSRP가 몇 번째 RRM-RS의 몇 번째 안테나 포트의 RSRP 측정결과인지 함께 알려준다.

RRM-RS의 RSRP를 계산하기 위하여 각 안테나 포트의 수신 신호 레벨의 평균을 취하는데, 평균을 취하는 시간 윈도우(window)를 기지국이 지정해 줄 수 있거나, 또는 미리 정해진 시간 (예를 들어, 200ms) 동안 RRM-RS의 각 안테나 포트 별 수신 신호 레벨의 평균을 취하여 RSRP를 얻도록 한다. 또는 각각의 시간 윈도우에서 얻은 평균 수신 파워를 다시 필터링하여 보고할 RSRP를 얻을 수 있다.

다수개의 RRM-RS를 설정 받은 UE는 각 RRM-RS의 각 안테나 포트별 RSRP를 측정한다. RRM-RS를 R개 설정 받고 r번째 RRM-RS의 안테나 포트 수가 M_r 인 경우에, r번째 RRM-RS의 m번째 안테나 포트의 RSRP를 $RSRP(r, m)$ 로 정의한다. UE는 $RSRP(r, m)$ 을 정렬하고 그 중에서 강하게 수신되는 L개 안테나 포트의 RSRP를 선택하여 보고하도록 한다.

위 방식을 약간 변형하여 UE는 $RSRP(r,m)$ 을 정렬하고 그 중에서 가장 강하게 수신되는 안테나 port를 선택하고 선택된 안테나 포트의 RSRP, 즉 $\max(RSRP(r,m))$ 와 대비하여 일정 차이 내로 들어오는 포트의 RSRP들로 보고를 한정시킨다. 즉, 다음과 같이 RSRP 비율(ratio) 또는 dB 스케일(scale) 표현에서 RSRP의 차이가 일정 임계치 보다 높은 최대 L개의 안테나 포트의 RSRP를 보고하도록 한다.

【수학식 13】

$$RSRP(r,m) - \max(RSRP(r,m)) > \text{Threshold}$$

다른 일례로, UE는 참조(reference) 안테나 포트를 지정 받을 수 있다. 참조 안테나 포트로서 해당 UE에게 설정된 프리코딩된(precoded) CSI-RS와 빔 방향이 유사한 서빙 셀이 전송하는 RRM-RS의 안테나 포트를 지정해 주는 것이 바람직하다. UE는 r_0 번째 RRM-RS의 m_0 번째 안테나 포트를 참조 안테나 포트로서 지정 받은 경우에, 참조 안테나 포트의 RSRP에 비해 다른 안테나 포트의 RSRP가 일정 차이 내로 들어오는 경우에 보고하도록 한다. 즉 다음과 같이 RSRP 비율(ratio) 또는 dB 스케일(scale) 표현에서 RSRP의 차이가 일정 임계치를 넘는 경우에 보고하도록 한다.

【수학식 14】

$$RSRP(r,m) - RSRP(r_0,m_0) > \text{Threshold}$$

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 RRM-RS의 안테나 포트 별 RSRP를 예시한다.

도 12에서는 32 안테나 포트로서 구성된 RRM-RS의 각 안테나 포트별 RSRP의 일 예시를 나타내고 있다.

최대 RSRP를 갖는 안테나 포트에 비교해서 5dB이내의 RSRP를 갖는 안테나 포트들의 RSRP를 보고하도록 설정된 경우, 도 12와 같이 안테나 포트 13이 최대 RSRP 40dB를 가지므로 RSRP가 35dB를 넘는 안테나 포트에 대해 보고하도록 한다. 즉, 안테나 포트 13을 포함하여 안테나 포트 24, 25, 26의 RSRP가 기지국에 보고된다.

안테나 포트 그룹핑 (Antenna port grouping)

안테나 포트 별로 빔 포밍을 다르게 설정할 수 있으므로, 이 경우 안테나 포트와 빔은 일대일 대응 관계를 갖는다.

그러므로 안테나 포트 인덱스 (i)는 빔 인덱스 (beam index) (i)와 일대일로 매핑시킬 수 있다. (i)번째 빔과 (i+1)번째 빔의 방향이 서로 인접하도록 빔들을 인덱싱하는 경우, 앞서 도 12의 예시에서처럼 인접한 안테나 포트들간의 RSRP는 서로 유사한 특징을 보이게 된다. 이러한 유사도는 (i)번째 빔과 (i+c)번째 빔 사이에서도 나타나지만 c가 커질수록 유사도는 떨어진다. 몇 개의 연속된 인접 빔들 사이에서 높은 유사도가 나올지는, 빔의 간격 및 빔의 폭 (width), 그리고 다중-경로 (multipath)들의 분산 (scattering) 정도에 따라서 좌우된다.

RRM-RS에 기반한 RSRP 측정 결과를 보고 받은 기지국은 해당 UE의 대략적 위치를 파악하고 해당 지점으로 향하여 전송되는 프리코딩된 (precoded) CSI-RS 설정을 UE에게 알려주어 UE가 CSI-RS를 측정하여 PDSCH 스케줄링을 위한 CSI (RI, PMI, CQI 등)를 피드백 할 수 있도록 한다. 또한, 다수의 셀에서 전송하는 RRM-RS들에 기반한 RSRP 측정 결과를 보고 받은 기지국은 RSRP 측정

결과에 기반하여 해당 UE를 어떤 셀로 핸드오버 시킬지 그리고 타겟 셀에서 어떤 프리코딩된(precoded) CSI-RS를 UE에게 설정해 줄지 결정한다. 즉, RRM-RS에 기반한 RSRP 측정 결과는 해당 UE에게 향후에 어떤 프리코딩된(precoded) CSI-RS를 설정해 줄지를 판단하는데 필요한 중요 정보를 기지국에 제공한다.

5 앞서 도 12의 예시와 같은 RSRP 측정 결과를 바탕으로 해당 UE에게 최대 4개의 데이터 스트림 전송이 가능하도록 하거나 또는 페이딩(fading)의 변화에 맞추어 빠르게 최상의 빔 스위칭(best beam switching)을 하기 위하여 4-포트 CSI-RS를 설정해주는 경우에, RSRP가 가장 큰 RRM-RS 포트 13, 24, 25, 26의 빔 방향과 동일한 4-포트 CSI-RS를 생성하여 설정해 주는 것이
10 최적일 것으로 예상된다. 하지만 CSI-RS가 UE 별로 최적화하여 생성하고 전송하기에는 오버헤드(overhead)가 너무 크다. 그러므로 동일 환경에 있는 많은 UE들이 CSI-RS를 공유하는 것이 CSI-RS 전송 오버헤드를 줄일 수 있는 방법이다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 하나의 CSI-RS 설정내의 CSI-RS 안테나 포트들의 프리코딩은 인접 방향으로 전송되는 빔의 특징을 나타내도록
15 프리코딩되어야 한다. 즉, 다른 서빙 받는 UE(served UE)들을 고려하여 미리 RRM-RS 포트 12, 13, 14, 15의 빔 방향과 동일한 4-포트 CSI-RS1과 RRM-RS 포트 24, 25, 26, 27의 빔 방향과 동일한 4-포트 CSI-RS2가 미리 설정되어 있는 경우에, 해당 UE에게 어떤 CSI-RS를 설정해주는 것이 좋을지를 RRM-RS의 RSRP 보고를 통해 판단할 수 있어야 한다.

20 본 발명의 또 다른 실시예로서 안테나 포트 그룹(antenna port group)에 대해서 RSRP를 측정 보고하도록 한다. 제안 방식에서 안테나 포트들을 그룹핑하고 그룹에 속하는 안테나 포트의 RSRP들을 평균 취하여 해당

안테나 포트 그룹의 RSRP를 얻도록 한다. 그룹은 미리 정해져 있거나 또는
 기지국이 정해서 알려 줄 수 있다. 또는 UE가 그룹핑 방식을 정하고 이를 보고
 할 수 있다.

앞서 도 12의 예시에서처럼 32-포트로 구성된 RRM-RS의 경우에 4 포트씩
 5 그룹핑 될 수 있다. 각 그룹들간에 분리(disjoint)하여 $8(=32/4)$ 개의
 그룹으로 그룹핑될 수 있다. 이 경우에 (i) 번째 포트 그룹은 RRM-RS 포트
 $(4i)$, $(4i+1)$, $(4i+2)$, $(4i+3)$ 로 구성된다. (i) 번째 포트 그룹의 RSRP는
 안테나 포트 $(4i)$, $(4i+1)$, $(4i+2)$, 그리고 $(4i+3)$ 의 RSRP의 평균으로
 정의한다.

또 다른 실시예로서, 그룹간의 중첩을 허용하여 그룹핑할 수 있다. 32-
 10 포트로 구성된 RRM-RS를 4 포트씩 그룹핑하는 경우에 15개의 그룹으로
 그룹핑하도록 한다. 이 경우에 (i) 번째 포트 그룹은 RRM-RS 포트 $(2i)$,
 $(2i+1)$, $(2i+2)$, $(2i+3)$ 로 구성된다. 제안 방식을 일반화하여 A 개의
 포트씩 그룹핑하고, 인접 그룹간의 포트 간격을 B로 설정하면, (i) 번째 포트
 15 그룹은 RRM-RS 포트 $(B*i)$, $(B*i+1)$, ..., $(B*i+A-1)$ 로 구성된다.
 파라미터 A와 B의 설정은 기지국이 UE에게 지정해 주거나, 또는 UE가 채널 환경
 및 UE 능력(capability)을 고려하여 선정하여 보고할 수 있다.

제안 방식의 변형으로 UE는 보고할 안테나 포트 그룹을 선택하는 방식으로
 RSRP보다 해당 안테나 포트 그룹으로 얻을 수 있는 능력(capability)을
 20 고려할 수 있다. 이 경우에 UE는 안테나 포트 그룹내의 다수의 안테나로부터
 다중-계층(multi-layer) 데이터 전송을 고려하여 능력을 계산하도록 한다.

안테나 포트 그룹핑 레벨(Antenna port grouping level)

제안 방식에서 크기가 다른 다수개의 그룹핑 방법을 사용할 수 있다. 즉, A1 포트씩 그룹핑하는 방법과 A2 포트씩 그룹핑하는 방법을 동시에 사용할 수 있다. 이하, A_i 포트씩 그룹핑하는 방법을 그룹핑 레벨(grouping level) i 로 명칭하도록 한다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 RRM-RS 안테나 포트 그룹핑 레벨을 예시한다.

도 13에서는 16 포트 RRM-RS를 4단계의 그룹핑 레벨을 적용하여 그룹핑하는 방식의 일례를 보여주고 있다. 예시에서 그룹핑 레벨 1은 1 포트씩 그룹핑하는 방법으로 그룹핑을 하지 않지 않는 방식을 나타낸다. 그리고 그룹핑 레벨 2, 3, 4는 각각 2 포트, 4 포트, 8 포트씩 그룹핑하고 있다. 그림의 예시에서는 동일 레벨의 안테나 포트 그룹들이 분히(disjoint)하여 설정된 경우를 나타내고 있다.

이러한 다중 그룹핑 방식에서 UE는 그룹핑 레벨 별로 RSRP를 보고한다. 즉 각 그룹핑 레벨 별로 RSRP가 높은 안테나 그룹을 선택하여 보고하도록 한다. 또는 레벨이 다른 안테나 그룹간에 RSRP를 비교하여 최상의(best) 그룹과 그룹 레벨을 보고할 수 있다. 레벨 1이 다른 안테나 그룹간의 RSRP를 비교하기 위하여 각 레벨의 그룹 RSRP에 일정 오프셋만큼 보정하고 비교하도록 한다. RRM-RS를 R 개 설정 받은 경우에, (r) 번째 RRM-RS의 (l) 번째 그룹핑 레벨의 (g) 번째 안테나 포트 그룹의 RSRP를 $GRSRP(r, l, g)$ 로 정의하면, 다음과 같이 기지국으로부터 (r) 번째 RRM-RS의 (l) 번째 그룹핑 레벨을 위해 지정 받은 $offset(r, l)$ 만큼을 보정하여 $Adj_GRSRP(r, l, g)$ 를 계산하고 이를 비교하도록

한다.

【수학식 15】

$$\text{Adj_GRSRP}(r,l,g) = \text{GRSRP}(r,l,g) + \text{offset}(r,l)$$

추가적으로, 그룹핑 레벨 별로 또는 전체 그룹핑 방식에서 최상의(best)

- 5 L개의 포트 그룹 RSRP를 보고하는 방식에서 보고되는 최상의(best) L에 대한
 잦은 변동을 줄이기 위해 히스테리시스 파라미터(Hysteresis parameter),
 Hy를 추가하여 RSRP를 보정할 수 있다.

【수학식 16】

$$\text{Adj_GRSRP}(r,l,g) = \text{GRSRP}(r,l,g) + \text{offset}(r,l) \pm \text{Hy}$$

- 10 여기서, Hy는 해당 포트 그룹이 이전 보고에서 최상의(best) L GRSRP에
 포함되는지 여부에 따라서 Hy를 더할지 뺄지 결정된다. 해당 포트 그룹이 이전
 보고에서 최상의(best) L GRSRP에 포함되어 있는 경우에 Hy를 더하여 높은
 Adj_RSRP를 갖도록 바이어스를 줘서 최상의(best) L Adj_GRSRP를 갖는 포트
 그룹이 자주 바뀌는 것을 줄여 주도록 한다.

- 15 제안 방식으로 UE는 참조(reference) 안테나 포트 그룹을 지정 받을 수
 있다. 기지국은 해당 UE에게 설정된 프리코딩된(precoded) CSI-RS와 빔
 방향이 동일한 서빙 셀이 전송하는 RRM-RS의 안테나 포트 그룹을 참조 안테나
 포트 그룹으로 지정해 주는 것이 바람직하다. UE는 그룹핑 레벨 별로 참조
 안테나 포트 그룹을 지정 받을 수 있다. 또는 전체 그룹핑 레벨에서 하나의 참조
 20 안테나 포트 그룹을 지정 받을 수 있다. UE는 r_0번째 RRM-RS의 l_0번째
 그룹핑 레벨의 m_0번째 안테나 포트 그룹을 참조 안테나 포트 그룹으로 지정
 받은 경우에, 참조 안테나 포트 그룹의 Adj_GRSRP에 비해 다른 안테나 포트

그룹의 Adj_GRSRP가 일정 임계치를 넘는 경우에 보고하도록 한다. 즉 다음과 같이 Adj_GRSRP 비율(ratio) 또는 dB 스케일(scale) 표현에서 RSRP의 차이가 일정 임계치를 넘는 경우에 보고하도록 한다.

【수학식 17】

$$Adj_GRSRP(r, l, g) - Adj_GRSRP(r_0, l_0, m_0) > Threshold$$

또는 제안 방식의 변형으로 참조 RSRP를 현재 설정되어 있는 CSI-RS를 통해 특정하여 CSI-RS 기반 RSRP에 비해 RRM-RS 기반 RSRP 결과를 비교하여 선택 보고하도록 한다.

10 3차원 (3D: 3-Dimension)을 위한 RRM-RS

앞서 본 발명에서 제안하는 방식은 빔 (beam)의 방향성이 2차원 공간에서 3차원 공간으로 확장되는 경우에도 변형하여 적용 가능하다. 3차원 공간상에서 빔의 방향성은 상하각 (수직각)과 좌우각 (수평각)의 두 개의 각도의 의해 조절된다. 그러므로 인접 빔 여부를 파악하기 위하여 빔들을 두 개의 인덱스, 즉 수평 인덱스와 수직 인덱스로 인덱스하는 것이 효율적이다. 본 발명의 특징에 따라 빔 인덱스와 RRM-RS 포트 인덱스와 일대일 대응 관계를 갖기 위하여 RRM-RS 포트도 수평 인덱스와 수직 인덱스로 인덱싱되는 것이 바람직하다.

수직 방향으로 M_v 개의 빔을 갖고 수평 방향으로 M_h 개의 빔을 갖는 3D MIMO 시스템의 경우에 전체 $(M_v \times M_h)$ 개의 빔이 가능하다. 본 발명에서는 $(M_v \times M_h)$ -포트 RRM-RS를 설정하고 각 안테나 포트에 수평 인덱스 $j_h (j_h=0, \dots, M_h-1)$ 와 수직 인덱스 $j_v (j_v=0, \dots, M_v-1)$ 를 부여하도록 한다. $(M_v \times M_h)$ -포트 RRM-RS의 자원 매핑을 고려하여 각 안테나

포트들은 일차원 인덱스 $i (i=0, \dots, M_v \times M_h - 1)$ 와 이차원 인덱스 j_h 와 j_v 를 부여 받게 되는데, $(i) = f(j_h, j_v)$ 의 관계를 갖게 된다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 이차원 인덱스로 배열된 RRM-RS의 안테나 포트와 안테나 포트 그룹을 예시하는 도면이다.

5 도 14를 참조하면, 각 안테나 포트들은 (j_h, j_v) 로 인덱싱되어 있다. 본 발명에서 제안하는 방식을 적용하여 $A_h \times A_v$ 개의 포트씩 그룹핑하고, 인접 그룹간의 포트 간격을 B_h 와 B_v 로 설정하면, (i_h, i_v) 번째 포트 그룹은 RRM-RS port $(B_h \times i_h + j_h, B_v \times i_v + j_v)$, $(j_h=0, \dots, A_h-1)$, $(j_v=0, \dots, A_v-1)$ 로 구성된다. 파라미터 A_h , A_v 와 B_h , B_v 의
10 설정은 기지국이 UE에게 지정해 주거나, 또는 UE가 채널 환경 및 UE 능력(capability)를 고려하여 선정하여 보고할 수 있다.

RRM-RS과 CSI-RS의 차이점

기존 LTE/LTE-A 시스템에서는 CSI 보고의 목적으로 CSI-RS를 전송한다.
15 UE는 CSI로써 RI, PMI, CQI 등을 보고한다. 이와 달리 본 발명에서 제안하는 RRM-RS는 안테나 포트 별로 RSRP를 측정하기 위해 사용된다. RRM-RS의 전송 자원을 새롭게 정의하기 보다는 기존의 CSI-RS가 설정 가능한 자원을 사용하는 것이 바람직하다. 이는 레가시(legacy) UE들의 전송 효율을 떨어뜨리지 않기 때문이다. 새로운 자원에 RRM-RS를 전송하는 경우에 레가시(legacy) UE들은
20 이를 인식하지 못하므로, RRM-RS가 전송되는 서브프레임에서 전송 효율이 떨어지거나 또는 스케줄링하지 못하게 된다. 그러므로 기존의 CSI-RS가 설정 가능한 자원을 사용하여 RRM-RS를 전송하는 방식은 레가시(legacy) UE에게

해당 자원을 포함하여 CSI-RS 설정을 해주어 해당 자원에 데이터 매핑이 되지 않음을 알려줄 수 있다.

UE에게 CSI 보고를 위해 설정된 다수개의 CSI-RS에는 데이터 매핑이 이루어지지 않는다. 즉 CSI-RS가 매핑되는 RE를 제외하고 PDSCH를 매핑한다.

- 5 본 발명의 제안 방식에서 RRM-RS는 CSI-RS 마찬가지로 RRM-RS가 매핑되는 RE를 제외하고 PDSCH를 매핑하도록 할 수 있다. 그러나 변형된 방식으로 RRM-RS와 무관하게 PDSCH를 매핑하도록 할 수 있다. 이 경우에 UE는 동일 RE에서 RRM-RS와 PDSCH를 동시에 수신할 수 있어야 한다. 또는 기지국이 RRM-RS의 안전한 수신을 보장하기 위하여 해당 자원을 ZP-CSI-RS로 설정하여 PDSCH가
- 10 매핑되지 않도록 할 수 있다.

RRM-RS의 QCL 설정

- 각 셀에서 RRM-RS를 전송하는 경우에, UE는 서빙 셀 및 인접 셀들이 전송하는 RRM-RS들의 설정을 지정 받을 수 있다. 이를 통하여 UE는 서빙 셀의
- 15 빔포밍 (beamforming)에 따른 이득 및 인접 셀의 beamforming에 따른 이득을 측정하여 네트워크에 보고하고 핸드오버의 판단 기준으로 활용하도록 해준다. RRM-RS는 전송 밀도(density)가 매우 낮게 설정되므로 신호의 트래킹 (tracking) 목적으로 부족할 수 있다. 그러므로 밀도(density)가 높아 신뢰(reliable)있게 수신되는 신호 대표적으로 CRS를 트래킹 (tracking)하고
- 20 RRM-RS의 검출하는데 트래킹 (tracking) 결과를 활용하도록 한다. 즉, 서빙 셀과 인접 셀의 반송파 주파수를 발생하는 오실레이터의 오차에 의하여 서빙 셀의 CRS에 의해 트래킹 (tracking)된 결과를 인접 셀에서 전송된 RRM-RS를

위해 사용하기에는 부적합하다. 그러므로 각각의 RRM-RS 별로 RRM-RS를
 검출할 때 사용할 QCL(Quasi Co-Located)된 CRS (혹은 CSI-RS 등 특정
 다른 RS)를 알려주도록 한다. UE는 QCL된 CRS (혹은 CSI-RS 등 특정 다른
 RS)로부터 추정된 채널의 광범위 특성(large-scale) 특성을 RRM-RS의 검출에
 5 사용한다. 여기서 채널의 광범위 특성(large-scale) 특성은 지연 확산(Delay
 spread), 도플러 확산(Doppler spread), 도플러 쉬프트(Doppler shift),
 평균 이득(average gain), 그리고 평균 지연(average delay) 중에 하나
 이상을 포함할 수 있다.

10 RSRQ로 확장

본 발명의 제안 방식들은 RRM-RS의 각 안테나 포트 별로 RSRQ를 측정하는
 방식으로 확장 적용될 수 있다. RSRQ는 RSRP와 RSSI의 비율로 정의된다.
 그러므로 추가적으로 RSSI의 측정이 추가된다. RSSI의 측정 자원은 동일
 반송파 주파수를 갖는, 즉 동일 컴포넌트 캐리어(component carrier)에
 15 설정된 모든 RRM-RS들에 있어서 동일하게 설정될 수 있다. 이 경우에 동일
 컴포넌트 캐리어 내의 RRM-RS들의 포트들 간의 비교는 RSRP를 사용하나
 RSRQ를 사용하나 동일하다. 그러나 이중 동일 컴포넌트 캐리어 내의 RRM-
 RS들의 포트들간의 비교는 RSRP를 사용할지 RSRQ를 사용할지에 따라 달라진다.
 그러므로 기지국은 UE에게 RRM-RS에 기반한 RRM 보고를 수행함에 있어서
 20 RSRP를 사용할지 RSRQ를 사용할지를 지정해 주도록 한다.

이와 달리 각각의 RRM-RS들 개별적으로 RSSI 측정 자원을 따로 설정해 줄
 수 있다. 이 경우에는 동일 컴포넌트 캐리어 내에서도 RRM-RS들의 포트들간의

비교는 RSRP를 사용할지 RSRQ를 사용할지에 따라 달라진다. 그러므로 기지국은 UE에게 RRM-RS에 기반한 RRM 보고를 수행함에 있어서 RSRP를 사용할지 RSRQ를 사용할지를 지정해 주도록 한다.

5 RRM-RS RSRP와 CRS RSRP의 연관성

본 발명의 RRM-RS에 기반한 RSRP는 다중 안테나를 가지고 있는 기지국의 beamforming 이득을 서빙 셀 선택에 반영함을 목적으로 하고 있다. RRM-RS의 RSRP에 근거하여 특정 인접 셀의 beamforming이 가장 좋다고 판단되어도, 해당 셀에서 브로드캐스트하는 채널들, 즉 CRS 기반 복조(demodulation)를 하는 채널이 안정적으로 수신되지 않으면 해당 인접 셀로 UE를 핸드오버 시킬 수 없다. 그러므로 UE에게 특정 기지국에서 전송하는 RRM-RS와 CRS 모두 좋은 품질을 갖는지 보고 받고 이를 근거를 핸드오버 결정 및 빔 선택(beam selection)을 수행해야 한다. 이를 위하여 UE는 설정 받은 i번째 RRM-RS의 j번째 안테나 포트 또는 포트그룹의 RSRP를 보고하면서 i번째 RRM-RS와 연결된 CRS의 RSRP를 같이 보고 하도록 한다. 여기서 RRM-RS와 연결된 CRS는 RRM-RS와 QCL된 CRS일 수 있다.

이하, 지연(latency)을 줄이기 위한 단말의 CSI 측정 및 보고 동작 방법에 대해 살펴본다.

20 이하에서 기술되는 방법은 3D-MIMO, massive MIMO 등의 시스템뿐만 아니라 amorphous cell(비정형 셀) 환경 등에서도 확장되어 적용 가능할 수 있음은 물론이다.

먼저, 3D-MIMO 시스템에 대해 간략히 살펴본다.

3D-MIMO 시스템은 LTE 표준 (Rel-12)을 기반으로 하여 앞서 살핀 도 11과 같은 single-cell 2D-AAS (Adaptive Antenna System) 기지국에 적합한 최적의 전송 방식 중 하나이며, 다음과 같은 동작을 고려할 수 있다.

5 도 11에 도시된 바와 같이, 8-by-8 (8X8)의 antenna array로부터 CSI-RS ports를 구성하는 예를 들어 살펴보면, 세로로 각각 8개의 안테나에 대해서는 특정 target UE에게 최적화된 'UE-dedicated beam coefficients'를 적용한 precoded CSI-RS port 하나씩을 구성하도록 함으로써, 가로로 총 8-port (vertically precoded) CSI-RS를
10 설정/전송하도록 한다.

이를 통해, 단말은 종래와 같은 8-port에 대한 CSI feedback을 수행할 수 있게 된다.

결국, 기지국은 개별 단말 (또는 특정 단말 그룹)에 최적화된 수직 방향 beam gain이 이미 적용된 (precoded) CSI-RS 8 ports를 단말로 전송한다.

15 따라서, 상기 단말은 무선 채널을 겪은 CSI-RS를 측정 (measure) 하기 때문에, 상기 단말은 종래의 수평 방향 코드북에 의한 동일한 피드백 방식을 수행하더라도 상기 (vertically precoded) CSI-RS에 대한 CSI 측정 및 보고 (measurement and reporting) 동작을 통해 이미 무선 채널의 수직 방향의 beam gain 효과를 얻을 수 있게 된다.

20 이 때, 개별 단말에 최적화된 수직 방향의 beam을 결정하기 위한 방법으로 (1) (vertically precoded) small-cell discovery RS (DRS)에 의한 RRM report 결과를 이용하는 방법, (2) 단말의 sounding RS (SRS)를

기지국이 최적의 수신 beam 방향으로 수신하고, 해당 수신 beam 방향을 채널 상호 관계(channel reciprocity)에 의해 DL 최적 beam 방향으로 변환하여 적용하는 방법 등이 있다.

만일 기지국이 단말의 이동성으로 인해 상기 UE-dedicated best V-beam 방향이 바뀌었다고 판단할 경우, 종래 동작에 의하면 기지국은 CSI-RS 및
5 연관 CSI process 등과 관련된 RRC 설정을 모두 재구성(re-configure)하였다.

이와 같이 RRC 재구성(reconfiguration) 과정을 수행해야 하는 경우, RRC 레벨의 지연(latency) (e.g., 수십 ~ 수백 ms단위) 발생은 불가피하다.

즉, 네트워크 차원에서는 사전에 타겟 V-beam 방향을 예를 들어, 4개로
10 분할해 놓고, 각각의 V-방향에 precoding이 걸린 별도의 8 port CSI-RS를 해당 별도의 전송 자원 위치에서 전송하게 된다.

또한, 각 UE는 8 port CSI-RS 중에서 특정 하나의 CSI-RS 설정에 대한 CSI 측정 및 보고(measurement and reporting)을 해야 하므로, 타겟 V-
15 방향이 바뀔 때에는 변경될 CSI-RS 설정으로 네트워크와 RRC reconfiguration 절차를 수행할 수 밖에 없게 된다.

2D Planar Antenna Array Model

도 15는 편광(Polarization) 기반의 2D 평면 안테나 어레이 모델의
20 일례를 나타낸 도이다.

즉, 도 15는 교차 편광(cross polarization)을 가지는 2D AAS(active antenna system)의 일례를 나타낸다.

도 15를 참조하면, 2D 평면(Planar) 안테나 어레이 모델은 (M, N, P)로 나타낼 수 있다.

여기서, M은 각 열에 같은 polarization을 가지고 있는 antenna element의 개수를 나타내며, N은 수평 방향의 열의 개수를 나타내며, P는 polarization의 dimension의 개수를 나타낸다.

도 15에서, cross-polarization인 경우 $P=2$ 가 된다.

도 16은 송수신단 유닛(transceiver units:TXRUs) 모델의 일례를 나타낸 도이다.

도 15의 antenna array model configuration (M, N, P)에 상응하는 TXRU model configuration은 (MTXRU, N, P)로 나타낼 수 있다.

이 경우, MTXRU는 2D 같은 열, 같은 polarization에 존재하는 TXRU의 개수를 의미하며, $MTXRU \leq M$ 을 항상 만족한다.

또한, TXRU virtualization 모델은 TXRU의 signal과 antenna elements의 signal의 관계에 의해서 정의된다.

여기서, q 는 같은 열 안의 같은 polarization을 가지는 M개의 antenna elements들의 송신 signal vector이고, w 와 W 는 wideband TXRU virtualization weight vector와 matrix를 나타내며, x 는 MTXRU TXRU들의 signal vector를 나타낸다.

구체적으로, 도 16a는 TXRU 가상화 모델 옵션-1(sub-array partition model)을 나타내며, 도 16b는 TXRU 가상화 모델 옵션-2(full connection model)을 나타낸다.

즉, TXRU virtualization 모델은 antenna elements와 TXRU와의 상관 관계에 따라서 도 16a 및 도 16b와 같이, sub-array 모델, full-connection 모델 등으로 구분된다.

또한, CSI-RS ports와 TXRU들과의 mapping은 1-to-1 또는 1-to-
5 many 일 수 있다.

코드북 기반 프리코딩 기법

다중 안테나 전송을 지원하기 위하여 전송 정보를 각각의 안테나에 채널
상황 등에 따라 적절하게 분배해주는 프리코딩(precoding)을 적용할 수 있다.

10 코드북(Codebook) 기반의 프리코딩 기법은, 송신단과 수신단에서
프리코딩 행렬의 집합을 미리 정하여 두고, 수신단(예를 들어, 단말)이
송신단(예를 들어, 기지국)으로부터의 채널 정보를 측정하여 가장 알맞은
프리코딩 행렬이 무엇인지(즉, 프리코딩 행렬 인덱스(Precoding Matrix
Index; PMI)를 송신단에게 피드백하여 주고, 송신단은 PMI에 기초하여 적절한
15 프리코딩을 신호 전송에 적용하는 기법을 말한다.

미리 정해둔 프리코딩 행렬 집합 중에서 적절한 프리코딩 행렬을 선택하는
방식이므로, 항상 최적의 프리코딩이 적용되는 것은 아니지만, 실제 채널 정보에
최적의 프리코딩 정보를 명시적으로(explicitly) 피드백하는 것에 비하여
피드백 오버헤드를 줄일 수 있는 장점이 있다.

20

도 17은 코드북 기반 프리코딩의 기본 개념을 설명하기 위한 도면이다.

코드북 기반 프리코딩 방식에 따를 경우, 송신단과 수신단은 전송 랭크,

안테나 개수 등에 따라 미리 정해진 소정 개수의 프리코딩 행렬들을 포함하는 코드북 정보를 공유하게 된다. 즉, 피드백 정보가 유한한(finite) 경우에 프리코딩 기반 코드북 방식이 사용될 수 있다. 수신단은 수신 신호를 통해 채널 상태를 측정하여, 상술한 코드북 정보를 기반으로 유한한 개수의 선호하는 프리코딩 행렬 정보(즉, 해당 프리코딩 행렬의 인덱스)를 송신단에 피드백할 수 있다. 예를 들어, 수신단에서는 ML(Maximum Likelihood) 또는 MMSE(Minimum Mean Square Error) 방식으로 수신 신호를 측정하여 최적의 프리코딩 행렬을 선택할 수 있다. 도 17에서는 수신단이 송신단에 프리코딩 행렬 정보를 코드워드 별로 전송하는 것을 도시하고 있으나, 이에 한정될 필요는 없다.

수신단으로부터 피드백 정보를 수신한 송신단은 수신된 정보에 기반하여 코드북으로부터 특정 프리코딩 행렬을 선택할 수 있다. 프리코딩 행렬을 선택한 송신단은 전송 랭크에 대응하는 개수의 레이어 신호에 선택된 프리코딩 행렬을 곱하는 방식으로 프리코딩을 수행하며, 프리코딩이 수행된 전송 신호를 복수의 안테나를 통해 수신단으로 전송할 수 있다. 프리코딩 행렬에서 행(row)의 개수는 안테나의 개수와 동일하며, 열(column)의 개수는 랭크 값과 동일하다.

랭크 값은 레이어의 개수와 동일하므로, 열(column)의 개수는 레이어 개수와 동일하다. 예를 들어, 전송 안테나의 개수가 4 이고 전송 레이어의 개수가 2 인 경우에는 프리코딩 행렬이 4×2 행렬로 구성될 수 있다. 프리코딩 행렬을 통하여 각각의 레이어를 통해 전송되는 정보가 각각의 안테나에 매핑될 수 있다.

송신단에서 프리코딩되어 전송된 신호를 수신한 수신단은 송신단에서

이루어진 프리코딩의 역처리를 수행하여 수신 신호를 복원할 수 있다. 일반적으로 프리코딩 행렬은 $U \cdot U^H = I$ 와 같은 유니터리 행렬 (U) 조건을 만족하는 바, 상술한 프리코딩의 역처리는 송신단의 프리코딩에 이용된 프리코딩 행렬 (P)의 에르미트(Hermit) 행렬 (P^H)을 수신 신호에 곱하는 방식으로 이루어질 수 있다.

예를 들어, 다음의 표 8은 3GPP LTE 릴리즈-8/9 에서 2 전송 안테나를 사용한 하향링크 전송에 사용되는 코드북을 나타내는 것이고, 표 9는 3GPP LTE 릴리즈-8/9 에서 4 전송 안테나를 사용한 하향링크 전송에 사용되는 코드북을 나타내는 것이다.

【표 8】

Codebook index	Number of layers v	
	1	2
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$	-

【표 9】

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

상기 표 9에서, $W_n^{(s)}$ 는 $W_n = I - 2u_n u_n^H / u_n^H u_n$ 와 같이 표현되는 수학식으로부터

구성되는 세트 $\{s\}$ 로 얻어진다. 이 때, I 는 4×4 단일행렬을 나타내고 u_n 는 표 7에서 주어지는 값이다.

상기 표 8에서 나타내는 바와 같이, 2 개의 송신안테나에 대한 코드북의 경우 총 7개의 프리코딩 벡터/행렬을 가지고 있으며 여기서, 단일 행렬은 개-루프(open-loop) 시스템을 위한 것이므로, 폐-루프(loop) 시스템의 프리코딩을 위한 프리코딩 벡터/행렬은 총 6개가 된다. 또한, 상기 표 7과 같은 4개의 송신안테나에 대한 코드북의 경우 총 64개의 프리코딩 벡터/행렬을 가지고 있다.

위와 같은 코드북은 상수 모듈러스(Constant modulus; CM) 특성, 네스티드 특성(Nested property), 제한된 알파벳(Constrained alphabet) 등의 공통적인 특성을 가진다. CM 특성은 코드북 내의 모든 프리코딩 행렬의 각각의 요소(element)는 '0'을 포함하지 않으며, 같은 크기를 가지도록 구성되는 특성이다.

네스티드 특성은, 낮은 랭크의 프리코딩 행렬이 높은 랭크의 프리코딩 행렬의 특정 열의 서브셋(subset) 으로 구성되도록 설계된 것을 의미한다. 제한된 알파벳 특성은, 코드북 내의 모든 프리코딩 행렬의 각각의 요소(element)의 알파벳이 $\left\{ \pm 1, \pm j, \pm \frac{(1+j)}{\sqrt{2}}, \pm \frac{(-1+j)}{\sqrt{2}} \right\}$ 으로 구성되는 특성을 의미한다.

피드백 채널 구조

기본적으로, FDD(Frequency Division Duplex) 시스템에서 하향링크 채널에 대한 정보를 기지국이 알 수 없으므로, 단말이 피드백하는 채널정보를

하향링크 전송에 이용한다. 기존의 3GPP LTE 릴리즈-8/9 시스템의 경우, 단말이 PUCCH를 통하여 하향링크 채널 정보를 피드백하거나 또는 PUSCH를 통하여 하향링크 채널정보를 피드백 할 수 있다. PUCCH의 경우 주기적(periodic)으로 채널정보를 피드백 하고, PUSCH의 경우 기지국의 요청에 따라서 비주기적(aperiodic)으로 채널 정보를 피드백한다. 또한, 채널정보의 피드백은 할당받은 전체 주파수 대역(즉, 광대역(WideBand; WB))에 대한 채널 정보를 피드백 할 수도 있고, 특정 개수의 RB(즉, 서브대역(SubBand; SB))에 대하여 채널 정보를 피드백 할 수도 있다.

코드북 구조(codebook structures)

전술한 바와 같이, 미리 정해진(pre-defined) 코드북을 송신단과 수신단에서 공유함으로써, 송신단으로부터의 MIMO 전송에 이용될 프리코딩 정보를 수신단이 피드백하기 위한 오버헤드를 낮출 수 있으므로 효율적인 프리코딩이 적용될 수 있다.

미리 정해진 코드북을 구성하는 하나의 예시로서, DFT(Discrete Fourier Transform) 행렬 또는 월시(Walsh) 행렬을 이용하여 프리코더 행렬을 구성할 수 있다. 또는, 위상 시프트(phase shift) 행렬 또는 위상 시프트 다이버시티(phase shift diversity) 행렬 등과 결합하여 여러 가지 형태의 프리코더를 구성할 수도 있다.

Co-polarization 안테나 배열의 경우 DFT 배열의 코드북 들이 성능이 좋다, 여기서 DFT 행렬 기반의 코드북을 구성함에 있어서, $n \times n$ DFT 행렬은 아래의 수학식 18과 같이 정의 될 수 있다.

【수학식 18】

$$\text{DFTn: } D_n(k, l) = \frac{1}{\sqrt{n}} \exp\left(-\frac{j2\pi kl}{n}\right), k, l = 0, 1, \dots, n-1$$

상기 수학식 18의 DFT 행렬은 특정 크기 n 에 대하여 하나의 행렬만이 존재한다. 따라서, 다양한 프리코딩 행렬을 정의하여 상황에 따라 적절히 사용하기 위해서는 DFTn 행렬의 회전 형태(rotated version)를 추가적으로
5 구성하여 사용하는 것을 고려할 수 있다. 아래의 수학식 19는 예시적인 회전(rotated) DFTn 행렬을 나타낸다.

【수학식 19】

$$\text{rotated DFTn: } D_n^{(G,g)}(k, l) = \frac{1}{\sqrt{n}} \exp\left(-\frac{j2\pi k\left(l + \frac{g}{G}\right)}{n}\right), k, l = 0, 1, \dots, n-1, g = 0, 1, \dots, G$$

상기 수학식 19와 같이 DFT 행렬을 구성하는 경우, G 개의 회전(rotated) DFTn 행렬을 생성할 수 있으며, 생성된 행렬들은 DFT 행렬의 특성을 만족한다.

10

따라서, 이하에서는 RRC 레벨의 지연(latency)를 없애거나 또는 대폭 줄이기 위한 CSI 측정 및 보고(measurement and reporting) 방법에 대해 구체적으로 살펴본다.

15 즉, 이하에서 기술되는 방법은 UE에게 단일 CSI process와 단일 상향링크(UL) 피드백 자원만을 할당해 놓고, measure 대상이 되는 CSI-RS index (그리고/또는 CSI-IM index)가 무엇인지를 RRC 레벨이 아니 MAC 레벨 (또는 PHY 레벨)에서 지시하여 주는 방법에 관한 것이다.

MAC 레벨 지시는 MAC CE를 이용할 수 있고, PHY 레벨 지시는 DCI를

이용할 수 있다.

즉, 이하에서 기술되는 방법은 기지국(또는 네트워크)가 RRC signaling을 이용하여 다수의 후보 CSI-RS들에 대한 CSI-RS 설정(또는 구성)들을 단말에게 설정해주고, 다수의 후보 CSI-RS들 중에 CSI-RS 측정 및
5 보고를 수행하는 적어도 하나의 CSI-RS에 대해 단말로 '활성화' 지시를 명시적 또는 암시적으로 알려준다.

예를 들어, CSI-RS 1이 활성화된 상태였을 때, CSI-RS 1에서 CSI-RS 2로 옮길지가 고려되는 상황인 경우, 기지국은 실제로 CSI-RS 2로 옮기라고 re-activate 명령을 지시하기 이전에, 단말에게 CSI-RS 2에 대한
10 트래킹(tracking)을 미리 하고 있을 수 있도록 사전 활성화(pre-activate)를 먼저 지시할 수 있다.

여기서, 상기 CSI-RS에 대한 트래킹(tracking)은 단말이 CSI-RS를 측정할 수 있도록 CSI-RS에 대해 시간 및/또는 주파수 동기를 맞추는 동작을 의미할 수 있다.

15 즉, 사전-활성화(pre-activate)된 CSI-RS x 는 (특정 타이머 시간 이내에서) 실제로 활성화될 수도 있거나 또는 활성화가 되지 않을 수도 있다.

여기서, 상기 단말은 기지국으로부터 CSI-RS x 의 활성화를 지시하는 활성화 메시지를 기지국으로부터 수신한 후, 특정 y ms 이후에 온전한 CSI reporting을 상기 기지국으로 피드백(feedback)할 수 있다.

20 여기서, 온전한 CSI reporting을 피드백한다는 의미는 단말이 기지국으로 의미 있는 CSI feedback을 수행하는 것으로 해석될 수 있다.

상기 CSI feedback은 측정되는 sample의 수에 따라 의미있는 것인지

아니면 의미없는 것인지 판단될 수 있다.

능력(capability) 정보 전송

보다 구체적으로, 본 명세서에서는 먼저 단말이 특정 능력
5 시그널링(capability signaling)을 기지국으로 전송함으로써 사전에
(예: 초기 접속 시) 상기 기지국으로 자신의 CSI 동작 관련 능력(capability)
정보를 알려준다.

상기 CSI 동작 관련 단말의 능력 정보는 아래 정보들 중 적어도 하나를
포함할 수 있다.

10 여기서, CSI 관련 동작(또는 CSI 동작 관련)은 CSI-RS, CSI-IM
및/또는 CSI process와 관련된 동작을 의미할 수 있다.

'A 및/또는 B'의 기재는 'A 또는 B 중 적어도 하나'로 해석될 수 있다.

1. 최대 몇 개까지의 CSI-RS (N_c 개), CSI-IM(Interference
Measurement) (N_i 개), 및/또는 CSI process (N_p 개)가 동시에 '완전
15 활성화(full activation)'가 될 수 있는지에 대한 능력 정보

여기서, 'full activation (configuration)'으로 표현한 이유는
예를 들어 $N_c=3$, $N_i=3$, $N_p=4$ 인 단말의 경우에는, 실제 기지국이 총 $N_c=3$
CSI-RSs, $N_i=3$ CSI-IMs, $N_p=4$ CSI processes를 모두 동시에 설정
가능하다는 의미이며, 이 경우 종래의 Rel-11 표준에서의 CoMP 동작들이 모두
20 지원 가능하다.

즉, 단말은 $N_c=3$ CSI-RSs를 모두 channel measurement하여야 하고,
 $N_i=3$ CSI-IMs을 모두 간섭 측정(interference measurement:IM)하여야

하고, $N_p=4$ CSI processes에 대한 CSI feedback을 모두 수행하여야 함을 의미한다.

2. 최대 몇 개까지의 CSI-RS (N_c' 개), CSI-IM (N_i' 개), 및/또는 CSI process (N_p' 개)가 동시에 '일부 활성화(partial activation)'가 될 수 있는지에 대한 능력 정보

여기서, '일부 활성화(partial activation)'으로 표현한 이유는 상기 'full activation'시에 단말이 수행할 수 있는 동작들 중에 특정 일부 동작(e.g., CSI-RS tracking)만으로 한정되거나 또는 별도의 추가 동작이 포함될 수도 있다.

예를 들어, 특정 단말은 상기 1.에서의 파라미터는 $N_c=1$, $N_i=1$, $N_p=1$ 임과 동시에 2.에서의 파라미터는 $N_c'=3$, $N_i'=1$, $N_p'=1$ 일 수 있다.

즉, $N_c=1$ 이고, $N_c'=3$ 이라는 차이만 가지고 있다.

이 의미는 상기 특정 단말은 $N_c'=3$ 개의 일부 활성화(partial activation)된 CSI-RS에 대해서는 time/frequency synchronization/tracking을 유지하고 있으며, 이 중에서 특정 $N_c=1$ 개의 '완전 활성화(full activation)'되는 CSI-RS를 지정받을 수 있다는 의미로 해석될 수 있다.

이와 같은 $N_c=1$ 개의 CSI-RS를 지정 받을 수 있는 대표적인 방법으로, (1) MAC CE command 등을 통해 MAC layer에서 지시를 받을 수 있는 방법, (2) DCI signaling을 통해 PHY layer에서 보다 dynamic indication을 받을 수 있는 방법 등이 있을 수 있다.

이와 같은 방법을 통해, 단말은 단일 $N_p=N_p'=1$ 개의 CSI process에 대한

(특정 CC에서) 단일 CSI feedback만 수행하면 되기 때문에, CSI feedback에 대한 복잡도 및 overhead는 항상 동일하게 유지될 수 있다.

그리고, 본 명세서에서 제안하는 방법을 통해 단말이 측정해야 하는 CSI-RS index만을 MAC layer 또는 PHY layer의 signaling을 통해 동적으로 스위칭(dynamic switching)해줄 수 있다는 장점이 있다.

즉, 본 명세서는 RRC signaling에 의한 즉, CSI-RS reconfiguration latency 보다 작은 latency를 갖는 signaling을 통해 measure 대상이 되는 자원만 switching해주는 방법을 제공한다.

본 명세서에서는 설명의 편의를 위해, CSI-RS를 중심으로 설명하나 본 명세서에서 제안하는 방법은 CSI-IM index (또는 CSI process index)를 dynamic switching하는 데에도 동일하게 확장 적용할 수 있음은 자명하다.

추가적으로, 앞의 1. 및 2.에서 파라미터들 간에 $N_c \leq N_c'$, $N_i \leq N_i'$, 및/또는 $N_p \leq N_p'$ 형태로 추가적인 제한이 있을 수도 있다.

이 경우, 단말은 이러한 조건을 만족하는 한에서 상기 능력 시그널링(capability signaling)을 전송해야 한다.

기지국이 상기 CSI 동작 관련 단말의 능력 정보를 포함하는 capability signaling을 단말로부터 수신하는 경우, 상기 기지국은 추후 해당 단말을 설정할 때, 앞서 살핀 capability 특성 조합에 위배되지 않는 형태로 상기 단말에게 RRC signaling을 전송해야 한다.

상기 단말은 상기 capability 특성에 위배되는 경우에 대해서는 기대하지 않으며, error case로 간주할 수 있다.

앞서 살핀 것처럼, 단말은 기지국으로부터 $N_c'=3$ 에 해당하는 CSI-RS 3개를 모두 RRC signaling을 통해 설정받을 수 있다고 가정한다.

다만, 이때 상기 단말은 각 CSI-RS index별로 'partical activation' 상태로 설정하는 것임을 식별할 수 있는 별도의 식별자 또는 특정 implicit indication에 의해 이를 인지할 수 있는 signaling을 상기 기지국으로부터 수신할 수 있다.

이 경우, 상기 단말은 상기 RRC signaling을 수신한 시점부터 상기 3개의 CSI-RS에 대해 각각 time/frequency synchronization/tracking을 수행하도록 한다.

이는 각 CSI-RS 설정에 포함되어 있는 quasi co-location(QCL) 가정을 적용하도록 하는 특정 RS(e.g., CRS)등의 정보에 입각하여 synchronization/tracking을 수행할 수 있다.

이 때, 상기 별도의 식별자 형태로 $N_c'=3$ 개의 CSI-RS 중에 특정 $N_c=1$ 개의 CSI-RS만 '완전 활성화(full activation)'임을 추가로 (또는 동시에) 설정 또는 지시 받을 수 있다.

또는, 암시적으로(implicit하게) 상기 $N_c=1$ 개의 CSI-RS는 항상 lowest(highest) indexed CSI-RS로 규정되는 등 특정 index로 사전에 규정될 수도 있다.

그러면, 단말은 상기 $N_c=1$ 개의 'full activation'된 CSI-RS에 대해서만 CSI feedback을 위한 channel measurement를 수행하면 된다.

즉, 단말은 나머지 $N_c'-N_c=2$ 개의 CSI-RS에 대해서는 channel

measurement를 수행하지 않고, tracking만 수행한다.

이와 같이, $N_c=1$ 개의 특정 CSI-RS에 대해서만 channel measurement를 수행하고, 상기 측정을 통해 feedback contents(e.g., RI/PMI/CQI)를 derive하는 방법은 이것과 함께 설정되는 특정 CSI process에 대해 상기
 5 feedback contents를 계산하는 동작이 규정/설정될 수 있다.

예를 들어, 단말은 특정 $N_p=1$ 개의 CSI process도 RRC signaling을 통해 기지국으로부터 수신하게 되고, 이러한 CSI process는 특정 개수의 CSI-RS와 CSI-IM 인덱스 간의 조합으로 정의된다.

하지만, 여기서의 CSI-RS는 상기 full activation되는 $N_c=1$ 개의 CSI-
 10 RS가 무엇이냐에 따라 상기 full activation되는 CSI-RS가 자동 반영되어 해당 CSI process의 채널 측정(channel measure)의 대상이 되는 CSI-RS로 인식되도록 하는 동작이 정의/설정될 수 있다.

또 다른 일례로서, CSI process도 예를 들어, $N_p'=3$ 으로 partial activation 상태로 3가지를 설정 받고, 각각의 CSI process 내 상기
 15 $N_c'=3$ 개의 CSI-RS 인덱스가 설정될 수 있다.

이후, 기지국은 $N_p=1$ 개의 full activation되는 특정 CSI process를 상기 MAC 또는 PHY signaling을 통해 단말로 dynamic indication을 줄 수 있다.

그러면, 단말은 상기 full activation되는 특정 CSI process에 대한
 20 CSI feedback을 기지국으로 전송할 수 있다.

결국, 특정 CSI process 별로 여기에 연동되어 지시되는 특정 CSI-RS 및/또는 CSI-IM 인덱스는 이것이 고정된 인덱스인지, 앞서 살핀 것처럼

자동으로 가변 가능한 인덱스인지를 식별할 수 있는 별도의 식별자 또는 특정 implicit signaling 방법이 정의될 수 있다.

만일 상기 특정 CSI-RS 및/또는 CSI-IM 인덱스가 특정 인덱스로 고정되어 지시되는 경우, 단말은 상기 고정된 CSI-RS 및/또는 CSI-IM
5 인덱스에 해당하는 자원에 대한 측정(measurement)을 수행한다.

만일 상기 특정 CSI-RS 및/또는 CSI-IM 인덱스가 가변 가능한 인덱스 형태로 설정되어 있는 경우, 앞서 살핀 것처럼 특정 $N_c=1$ 개의 CSI-RS가 별도의 MAC 또는 PHY signaling으로 'full activation'되는 경우, 해당 인덱스를 자동으로 적용하도록 하는 형태로 적용될 수 있다.

10 여기서, full activation되는 N_c 개가 2개 이상일 수도 있다.

예를 들면, 2D-AAS 구조에서의 multiple CSI-RS resources를 Kronecker 연산 등을 통해 함께 measure하도록 하는 목적 등의 경우에 full activation되는 N_c 개는 2개 이상일 수 있다.

이 경우에도 상기 full activation되는 N_c 개가 무엇인지가 별도로
15 dynamic indication되는 경우, 이러한 인덱스들을 자동으로 적용되도록 할 수 있다.

결국, 이러한 CSI process 설정에 있어서는 해당 설정에서 지시될 수 있는 CSI-RS 및/또는 CSI-IM 인덱스가 어떠한 후보 set 중에서 설정될 수 있는지 RRC 설정 단계에서부터 규정되는 것이 바람직할 수 있다.

20 마찬가지로, 상기 CSI-IM에 대해서도 N_i' 및 N_i 개수에 따른 상기 설정 또는 지시 동작이 적용될 수 있음은 자명하다.

도 18은 CSI 측정 및 보고 방법의 일례를 나타낸 도이다.

도 18을 참조하면, 단말은 기지국으로 CSI 동작 관련 상기 단말의 능력 정보를 포함하는 능력 시그널링(capability signaling)을 전송한다(S1810).

상기 단말의 능력 정보는 동시에 완전 활성화(full activation) 가능한 상기 CSI 관련 동작의 최대 개수를 나타내는 제 1 제어 정보 및 동시에 부분
5 활성화(partial activation) 가능한 상기 CSI 관련 동작의 최대 개수를 나타내는 제 2 제어 정보를 포함한다.

이후, 상기 기지국은 CSI 동작과 관련된 설정이 변경되는 경우, 상기 기지국은 상기 단말로 CSI 동작 관련 설정 정보(또는 CSI 관련 동작 설정 정보)를 전송한다(S1820).

10 상기 CSI 동작 관련 설정 정보는 부분 활성화(partial activation)를 수행하는 CSI 관련 동작을 나타내는 부분 활성화 CSI 관련 동작 인덱스(index) 정보 또는 완전 활성화(full activation)를 수행하는 CSI 관련 동작을 나타내는 완전 활성화 CSI 관련 동작 인덱스 정보 중 적어도 하나를 포함한다.

15 이후, 상기 단말은 상기 CSI 동작 관련 설정 정보에 기초하여 완전 활성화를 CSI를 측정한다(S1830).

S1830 단계 이전에 상기 단말은 부분 활성화 CSI-RS에 대해서는 트래킹을 수행한다.

CSI-RS 트래킹에 대한 구체적인 설명은 앞의 내용을 참조한다.

이후, 상기 단말은 상기 측정 결과를 상기 기지국으로 보고한다(S1840).

20

도 19는 CSI 측정 및 보고 방법의 또 다른 일례를 나타낸 도이다.

S1910 및 S1920, S1940 및 S1950은 도 18의 S1810 내지 S1840과

동일하므로 구체적인 설명은 생략한다.

S1920 단계 이후(CSI 동작 관련 설정 정보를 기지국이 단말로 전송한 이후), 기지국은 단말로 완전 활성화 CSI-RS에 대한 측정을 지시하는 지시 메시지를 전송한다(S1930).

5 상기 지시 메시지는 MAC CE 또는 DCI일 수 있다.

또한, 상기 완전 활성화 CSI-RS는 부분 활성화 CSI-RS에서 선택되는 것이 바람직할 수 있다.

CSI 측정 윈도우(measurement window) 초기화/갱신 시점

10 단말이 MAC signaling 또는 PHY signaling을 통해, 기지국으로부터 특정 CSI-RS, CSI-IM, 및/또는 CSI process index(들)의 full activation되는 signaling을 SF(subframe) #n 시점에 수신한 경우, 상기 단말은 해당 시점(subframe #n)으로부터 특정 y ms부터 즉, SF #(n+y) 시점부터 CSI measurement 및 reporting을 하도록 적용할 수 있다.

15 만일 periodic CSI reporting의 경우, 상기 SF #(n+y) 시점 이후에 최초로 나오는 RI reporting instance에 연동된 특정 reference resource 시점부터 새롭게 full activation된 특정 CSI-RS, CSI-IM, 및/또는 CSI process index(들)에 대한 CSI measurement 및 reporting을 개시하도록 한다.

20 즉, SF #(n+y) 시점 이후에 존재하는 유효한 reference resource 시점들에 대해, 상기 reference resource 시점에 계산되는 CSI(e.g., RI/PMI/CQI)가 최초로 RI가 reporting되는 시점부터 이러한 새로운 CSI

contents를 report하도록 정의할 수 있다.

즉, 상기 최초의 RI reporting 시점 이전에는 PMI/CQI reporting instance가 존재한다 하더라도 상기 새롭게 full activation된 설정에 입각하면 안되고, 그 직전에 따르고 있는 설정에 입각한 CSI feedback contents가 지속해서 reporting되어야 함을 의미한다.

결국, 새로운 RI reporting instance 시점부터 상기 full activation된 설정에 입각하여 단말의 CSI reporting을 수행하도록 한다.

위 동작들에 있어서, CSI measurement를 averaging하는 window와 관련된 설정 정보도 별도로 또는 함께 RRC signaling을 통해 제공되도록 규정될 수 있다.

또한 이와 같은 동작은 상기 full/partial activation과 같은 형태의 설정을 지원하는 enhanced 단말에 대해서만 규정될 수 있다.

즉, 종래의 unrestricted observation을 허용하는 것이 아닌, 특정 [d1, d2] ms 시간 구간 안에서만 measurement를 averaging하도록 한다.

이는 measure 대상이 되는 CSI-RS 및/또는 CSI-IM의 자원 설정 정보가 MAC 또는 PHY signaling을 통해 dynamic switching될 수 있기 때문에 특정 bounded된 구간 내에서만 measurement averaging을 수행하도록 규정하는 것이 바람직할 수 있기 때문이다.

일례로, 측정(measure) 대상이 되는 CSI-RS 그리고/또는 CSI-IM의 자원 설정 정보가 MAC 또는 PHY signaling(e.g., by DCI)을 통해 dynamic switching/indication되는 signaling을 단말이 기지국으로부터 수신한

경우, 단말은 이에 연동하여 상기 CSI-RS-based channel measurement의 measurement averaging window를 초기화 또는 갱신하도록 규정/설정될 수 있다.

또한, 단말은 상기 (dynamic switching/indication 되는) signaling에 연동하여 해당 CSI-IM-based interference measurement의 measurement averaging window를 초기화 또는 갱신할 수 있다.

여기서, measurement averaging window가 초기화 또는 갱신된다는 의미는, 현재 표준에 따른 CSI 측정을 위한 'unrestricted observation'에 의해 예를 들어, 과거 임의의 시점부터 현재까지 반복적으로 측정된 해당 CSI-RS ports로부터의 채널 측정치들을 단말 구현에 따라 averaging하는 종래 동작 대신에, 상기 '임의의 시점부터'라는 'measurement window의 시작점'을 상기 (dynamic switching/indication 되는) signaling을 수신한 시점 $\#n$ (또는 특정 설정/지시된 시점 후, e.g., $\#n+k$)부터 다시 초기화 또는 갱신하도록 하는 것이다.

또는, 상기 signaling을 통해 어느 시점부터 해당 measurement window가 초기화 또는 갱신되는지의 시점 정보를 (e.g., timestamp형태) 함께 explicit signaling해주는 방식도 적용 가능하다.

예를 들어, SFN, slot number 등 절대 시간 파라미터 값들에 대한 시간 정보 지시 방법, 또는 상기 signaling을 단말이 수신한 시점부터 특정 +/- Delta값 형태로 지시해주는 방식 등이 있을 수 있다.

다시 말해, 상기 signaling은 오직 measurement averaging window의 시작 시점만 갱신/리셋 해주는 역할을 하는 것으로 한정될 수 있다.

그러면, 해당 시점부터 시작하여 이후에 추가적인 상기 signaling이 수신되기 이전까지 단말은 CSI 측정치들을 (단말 구현에 따라) 평균화할 수 있다.

상기 signaling은 각 CSI process별로 별도로 (독립적으로) signaling될 수 있다. 이를 통해, 각 process별로 measurement window reset이 독립적으로 적용될 수 있도록 한다.

상기 signaling은 특정 CSI-IM 자원에 대한 interference measurement averaging window를 리셋하는 용도로도 함께 적용될 수도 있다.

이 경우에는, 특정 CSI process에 속한 CSI-RS 및 CSI-IM에 대한 measurement averaging window를 함께 초기화하는 역할을 하게 된다.

또는, CSI-IM 자원에 대한 interference measurement averaging window를 리셋하기 위한 별도의 (독립적인) indicator를 signaling하는 방식도 적용 가능하다.

이는, 간섭 환경의 변화가 존재하는 환경(e.g., eICIC, eIMTA, LAA 등)에서 예를 들어 기지국이 예측/감지 가능한 간섭 환경의 변화가 존재하는 경우, 단말에게 상기 특정 CSI process에 대한 measurement averaging window를 초기화하도록 알려줌으로써, 과거의 간섭 환경을 더 이상 현 시점부터 간섭 측정치에 반영하지 않도록 분리해줄 수 있다는 효과가 있다.

도 20은 CSI 측정 및 보고 방법의 또 다른 일례를 나타낸 도이다.

S2010 내지 S2030, S2050 및 S2060은 도 19의 S1910 내지 S1930, S1940 및 S1950과 동일하므로 구체적인 설명은 생략한다.

도 20을 참조하면, S2030 단계 이후, 단말은 CSI 측정 윈도우를 초기화 또는 갱신한다(S2040).

이후, 상기 단말은 초기화 또는 갱신된 CSI 측정 윈도우 구간에서 완전 활성화 CSI-RS를 반복적으로 측정하고, 상기 측정 결과를 평균하여, 상기
5 평균값을 기지국으로 보고한다(S2050~S2060).

S2040 단계 이전에 기지국은 단말로 CSI 측정 윈도우 관련 설정 정보를 전송할 수 있다.

상기 (dynamic switching/indication 되는) signaling과 유사한
10 형태의 또 다른 실시 예로서, 본 명세서는 아래와 같이 beamformed CSI-RS 기반의 방식에 대해서도 앞서 살핀 측정 윈도우(measurement window) 설정 관련 동작이 적용될 수 있다.

Elevation beamforming 및 FD-MIMO 동작을 위해서 아래와 같은 PMI feedback scenario들이 고려될 수 있다.

15 1. EBF(Elevation Beamforming)/FD-MIMO에 대한 프리코딩 정의

(1) 프리코딩 매트릭스/벡터(Precoding matrix/vector)

- P_1 : 와이드밴드(wideband); 자주 업데이트되지 않음(updated less frequently)

- P_2 : 서브밴드(subband) 또는 와이드밴드(wideband); 더 자주
20 업데이트됨(updated more frequently)

- P is a function of P_1 and P_2 , applied to 1D or 2D antenna array (P 는 1D 또는 2D 안테나 어레이에 적용되는 P_1 및 P_2 의 함수이다.)

- PMI(s) are to be specified w.r.t. the above definition

5 (2) CSI 피드백 시나리오들 (Scenarios for CSI feedback)

1) 시나리오 1

- UE measures CSI-RS ports beamformed with P_1 (P_1 transparent to UE).
- PMI report(s) for P_2

10 2) 시나리오 2

- UE measures non-precoded 1-D or 2-D CSI-RS ports
- Note: P_1 not applied to CSI-RS at Enb
- PMI report(s) for P_1 and P_2

3) 시나리오 3

- 15 - UE measures both non-precoded 1- or 2-D CSI-RS ports (lower duty cycle) and CSI-RS beamformed with P_1
- PMI report(s) for P_1 and P_2

4) 시나리오 4

- UE measures non-precoded 1- or 2-D CSI-RS ports
- 20 Note: P_1 not applied to CSI-RS at eNB (P_1 indicated to UE).
- PMI report(s) for P_2

상기 시나리오 1 내지 시나리오 4 중에, 예를 들어 scenario 1 및 scenario 3과 같은 beamformed CSI-RS를 활용하는 방법은 단말이 행렬 P1 자체는 알 필요가 없다고 하더라도, 만일 해당 CSI-RS ports에 기지국이 beamforming을 적용한 P1이 변경된 경우, 상기 기지국은 상기 P1의 변경 시점
5 관련 정보를 단말로 사전에 알려주어야 한다.

그래야, 상기 단말은 CSI measurement and calculation 시에 적절한 measurement averaging window를 설정/적용할 수가 있다.

즉, 현재 표준에 따르면 단말이 해당 CSI-RS ports에 대한 channel measurement 시에는 'unrestricted observation'에 의해 과거 임의의
10 시점부터 현재까지 반복적으로 측정된 해당 CSI-RS ports로부터의 채널 측정치들을 단말 구현에 따라 averaging하여 신뢰도를 높일 수 있었다(e.g., noise suppression 효과).

하지만, 상기 시나리오 1 내지 4에서는 P1 자체가 단말에게 알려지지 않는 beamformed CSI-RS ports를 활용하므로, 기지국이 임의의 시점에 P1 자체를
15 변경할 수 있고, 기지국이 상기 P1이 변경되었음을 단말에게 알려주지 않으면 단말은 변경 이전의 P1과 변경 이후의 P1'에 대한 채널 측정치를 함께 averaging할 수 있으므로 해당 CSI measurement and reporting의 정확도에 문제가 발생할 수 있다.

따라서, 본 명세서는 이러한 문제점을 해결하기 위해, 기지국이 단말에게
20 일종의 'beam-change notification' 또는 'beam-change indicator (BCI) signaling을 전송하는 방법을 제공한다.

이하에서는 'beam-change indicator'를 간단히 'BCI'로 호칭하기로

한다.

BCI signaling은 RRC signaling형태로 지시될 수도 있다.

그러나 보다 바람직하게는, MAC CE를 통한 signaling이나 DCI 등을 통한 dynamic indication으로 제공될 수 있다.

5 즉, 단말은 기지국으로부터 BCI signaling을 수신하는 경우, 해당 CSI process에서의 CSI derivation시에 적용하는 measurement averaging window의 시작점을 해당 BCI signaling 수신 시점(또는 이로부터 특정 지시된 시점, 또는 별도의 timestamp 등으로 explicit indication된 시점)으로 갱신한다.

10 즉, 상기 BCI 정보와 함께 (또는 연계된 정보로서), 어느 시점부터 해당 measurement window가 초기화 또는 갱신되는지의 시점 정보를(e.g., timestamp형태) 함께 explicit signaling해주는 방식도 적용 가능하다.

 예를 들어, SFN, slot number등 절대 시간 파라미터 값들에 대한 시간 정보 지시 방법, 또는 상기 signaling을 단말이 수신한 시점부터 특정 +/-
15 Delta값 형태로 지시해주는 방식 등이 있을 수 있다.

 즉, 이러한 BCI signaling은 오직 measurement averaging window의 시작 시점만 갱신/리셋 해주는 역할을 하는 것으로 한정될 수 있다.

 그러면, 이 시점(BCI signaling 수신 시점)부터 시작하여 이후에 추가적인 BCI가 수신되기 이전까지 단말은 CSI 측정치들을 (단말 구현에 따라)
20 평균화할 수 있다.

 결국, 단말이 상기 갱신된 행렬 P1자체는 알지 못하지만, P1이 갱신되었음을 상기 BCI를 통해 지시받았으므로, 이 시점부터 다시 새롭게 CSI

측정치들을 평균화하도록 함으로써 갱신된 P1이 적용된 CSI-RS ports에 대해서만 해당 CSI process에 대한 CSI calculation and reporting(e.g., P1, P2, RI, CQI 등)을 수행할 수 있다.

5 상기 BCI는 각 CSI process별로 별도로 (독립적으로) signaling될 수 있다.

이를 통해, 각 process별로 measurement window reset이 독립적으로 적용될 수 있도록 한다.

상기 BCI는 특정 CSI-IM 자원에 대한 interference measurement averaging window를 리셋하는 용도로도 함께 적용될 수도 있다.

10 이 경우에는, 특정 CSI process에 속한 CSI-RS 및 CSI-IM에 대한 measurement averaging window를 함께 초기화하는 역할을 하게 된다.

또는, CSI-IM 자원에 대한 interference measurement averaging window를 리셋하기 위한 별도의 (독립적인) indicator를 signaling하는 방식도 적용 가능하다.

15 이는, 간섭 환경의 변화가 존재하는 환경(e.g., eICIC, eIMTA, LAA 등)에서 예를 들어 기지국이 예측/감지 가능한 간섭 환경의 변화가 존재하는 경우, 단말에게 상기 특정 CSI process에 대한 measurement averaging window를 초기화하도록 알려줌으로써, 과거의 간섭 환경을 더 이상 현 시점부터 간섭 측정치에 반영하지 않도록 분리해줄 수 있다는 효과가 있다.

20

<제안 내용 1>

제안 내용 1은 FD-MIMO 동작을 지원하는 경우, CSI process 별 설정

가능한 NZP CSI-RS port의 개수와 관련된 내용이다.

만일 non-precoded CSI-RS 기반 방식이 FD-MIMO 동작에 대해서 고려되는 경우, CSI process 별로 설정 가능한 NZP CSI-RS port의 개수는 증가될 필요가 있을 수 있다.

5 하지만, beamformed CSI-RS 기반 방식의 관점에서, CSI-RS 자원(resource) 별 beamformed CSI-RS port의 개수는 flexible할 수 있다.

그 이유는, 이러한 상황에서 UE에게 설정되는 각 NZP CSI-RS ports는 UE에게 설정되는 전체 NZP CSI-RS ports의 개수가 non-precoded CSI-RS
10 기반 방식에 비해 훨씬 줄어들 수 있도록 다수의 TXRU들에 대해 프리코딩될 수 있다.

이러한 측면을 고려하여, 이하에서 beamformed CSI-RS 기반 방식에 대해 좀 더 살펴보기로 한다.

15 Potential CSI-RS enhancements

편의를 위해, $RE(k, l, n)$ 로 표기하며, 해당 표기의 의미는 k번째 서브캐리어, l번째 OFDM 심볼, n번째 CSI-RS port의 전송을 위해 사용되는 RE의 위치를 나타낸다.

동일한 OFDM 심볼 내에 서브캐리어들에 대한 전송 파워 공유의 적용
20 가능성을 고려할 때, $RE(k_i, l, n_i)$ 및 $RE(k_j, l, n_j)$ 에서 RS 전송 파워를 부스트(boost)하는 것이 가능하다.

이 때, n_i 번째 CSI-RS port는 $RE(k_i, l, n_i)$ 에서 전송되고, n_j 번째

CSI-RS port는 $RE(kj, l, nj)$ 에서 전송되며, 해당 전송들은 서로 FDM(frequency division multiplexing) 된다.

이러한 RS 파워 부스팅은 남아 있는 파워를 RS 전송에 대해 추가적으로 사용할 수 있다. 그 이유는 $RE(ki, l, nj)$ 및 $RE(kj, l, ni)$ 상에서 전송이
5 없기 때문이다.

도 21은 주파수 분할 다중화(FDM)된 RS에 대한 6dB RS 파워 부스팅(power boosting)의 일례를 나타낸 도이다.

즉, 도 21은 8-port CSI-RS 상황에 대해 $RE(2, l, 15)$ 상에 CSI-RS
10 파워 할당의 일례를 나타낸다.

도 21에서, NZP CSI-RS port 15는 $RE(2, l, 15)$ 상에서 전송되지만, 다른 3개의 $RE(3, l, 15)$, $RE(8, l, 15)$ 및 $RE(9, l, 15)$ 는 다른 NZP CSI-RS ports(port 17~22)에 간섭을 생성시키지 않기 위해 mute되게 된다.

이와 같은 파워 뮤팅(power muting)으로 인해, 남아있는 파워는
15 $RE(2, l, 15)$ 에서 실제적인 RS 전송에 추가적으로 할당될 수 있으며, 부스트되는 파워 레벨은 $4E_a$ 로 기재될 수 있으며, 자원 요소 별 평균 에너지(average energy per resource element:EPRE)는 E_a 로 표시된다.

하나의 PRB pair에서 FDM되는 최대 지원되는 CSI-RS port의 개수는 4가 된다.

20 (제안 1): RS 파워 부스팅 영향을 고려하는 경우, 하나의 PRB pair에서 FDM되는 최대 지원되는 CSI-RS port의 개수는 4가 되어야 한다.

16-port CSI-RS resource까지 고려하는 경우, CSI-RS 자원 별 non-

precoded 16 CSI-RS ports는 앞에서의 RS 파워 부스팅 조건을 만족하면서 디자인될 수 있다.

또한, 동일 서브캐리어 상에서 4 FDMed CSI-RS ports 및 4 code division multiplex(CDM)ed CSI-RS ports가 CSI-RS 자원에서 구성될 수 있으며, 앞서 살핀 6dB CSI-RS 파워 부스팅에 적용된다.

그러나, 만일 32-port 또는 64-port CSI-RS resource을 고려하는 경우, RS 파워 부스팅 제한을 만족하면서, 해당 non-precoded CSI-RS ports를 설계하는 것은 맞지 않을 수 있다.

이 때, 전체 non-precoded CSI-RS ports는 중요한 CSI aging을 야기시키지 않도록 거의 동시에 (한 쌍의 OFDM 심볼 내에) 전송되어야 한다.

beamformed CSI-RS ports에 관한 한, 32-port, 64-port 또는 그 이상의 CSI-RS configuration을 설계하는 것이 항상 맞는다.

만일 전체 CSI-RS port가 한 쌍의 'port-groups'으로 나누어지는 경우, 각 port-groups은 서로 다른 beamformed CSI-RS ports를 가진다.

예를 들어, 총 32 port CSI-RS configuration을 고려하는 경우, 4개의 port-group으로 나뉠 수 있으며, 각 port-group은 8-port CSI-RS 자원 (서로 다른 타겟 수직 빔 weights를 가지는 수직 beamformed)을 포함한다.

즉, UE는 총 32 CSI-RS port를 측정한다.

하지만, UE는 첫 번째로 가장 좋은 port-group을 선택하고, 이후 존재하는 (existing) short-term CSI를 계산하고, 상기 선택된 port-group에서 8 CSI-RS ports에 기초하여 피드백을 수행하기 위해 4 port-

group들이 있다는 것을 인식할 필요가 있다.

앞서 살핀 형태와 관련해서, 단말(UE)는 총 N (예: $N=32$)개의 CSI-RS ports를 설정받을 때, 이와 함께 앞서 살핀 CSI-RS port-group을 파악할 수
5 있는 특정 파라미터(또는 암시적 시그널링(implicit signaling) 구조)를 설정받을 수 있다.

UE는 상기 특정 파라미터를 통해 총 N 개의 CSI-RS ports가 몇 개의 port-group으로 나누어져 있는지 알 수 있게 된다.

여기서, 총 N 개의 CSI-RS ports는 하나의 CSI-RS resource로
10 정의되어 설정될 수도 있고, 다수의 CSI-RS resource들의 집합이 하나의 CSI process 내에 정의될 수도 있다.

여기서, CSI process는 총 4개까지 지원될 수 있으며, 각 CSI process는 index로 나타낼 수 있다.

즉, 각 CSI process는 index 0, 1, 2, 3으로 표시될 수 있다.

15 또한, 각 CSI Process마다 후술할 바와 같이, CSI 관련 단말의 클래스 타입(class A: non-coded CSI-RS, class B: Beamformed CSI-RS)이 설정될 수도 있다.

예를 들어, port-group 개수='K'라는 파라미터가 추가로 제공된다면, 총 CSI-RS port의 개수를 나타내는 N 값(예: $N=32$)과 함께 K 값($K=4$)이
20 시그널링될 수 있다.

그러면, 32개의 CSI-RS ports는 4개의 port-group이고, 각 port-group 내에는 8개의 CSI-RS ports씩 포함된다.

보다 구체적으로, 앞서 살핀 예를 들어, $N(=32)$ 개의 CSI-RS ports가 CSI-RS configuration에 의해 RRC signaling 등으로 UE에게 제공된다고 하자.

이 때, $K=4$ (CSI-RS port group = 4)의 파라미터가 함께 제공되는 경우, 상기 $N=32$ CSI-RS ports를 port index 순서로 나열했을 때, UE는 시작부터 $N/K(=32/4=8)$ 포트 단위씩 port-group이 형성됨을 암시적으로 인식할 수 있다.

즉, CSI-RS port index가 1, 2, 3, ..., 32라고 가정하면, port-group #1은 index 1에 해당하는 CSI-RS port로부터 index 8에 해당하는 CSI-RS port 즉, index {1, 2, ..., 8} port들까지이며, port-group #2는 index {9, 10, ..., 16} port들까지이다.

이와 같은 형태로, UE는 port-group #1부터 port-group #4까지 각 port-group 내에 속하는 CSI-RS port indexing이 어떻게 되는지 자동으로 파악할 수 있게 된다.

이와 같은 CSI-RS port indexing 방법은 일례로서, 이와 유사한 변형안을 통해 상기 단말이 자동으로 port-group 내의 CSI-RS port indexing을 파악할 수 있도록 하는 변형안들은 본 발명의 사상에 포함된다.

앞서 살핀 것처럼, 총 N 개의 CSI-RS ports가 K 개의 port-group으로 구분되고, 각 port-group 내 N/K 개의 CSI-RS ports가 존재하도록 설정하는 방법에 있어서, 이와 같은 설정을 기반으로 단말이 CSI 측정 및 보고(measurement and reporting)을 수행하도록 하기 위한 다양한 방식들이

존재할 수 있다.

그 첫 번째 일례로서, 앞의 <제안 내용 1>에서 설명한 beamformed CSI-RS 기반 방식에 있어서는 각 port-group 내에서는 동일한 특정 beamforming (e.g., vertical beamforming)이 적용될 수 있다.

5 따라서, 단말은 best port-group을 selection하고, 선택된 port-group에 대한 CSI-RS feedback을 수행한다.

여기서, 단말은 상기 선택된 port-group에 대한 CSI-RS feedback을 long-term으로 수행할 수 있다.

또한, 단말은 상기 선택된 port-group 내의 CSI-RS ports에 대해서는
10 short-term CSI feedback을 수행할 수 있다.

본 명세서에서 제안하는 CSI-RS reporting 방법은 크게 (1) Non-Precoded CSI-RS (reporting) 방법 및 (2) Beamformed CSI-RS (reporting) 방법으로 구분할 수 있다.

15 Non-Precoded CSI-RS 방법은 class A type 단말에서 수행될 수 있으며, Beamformed CSI-RS 방법은 class B type 단말에서 수행될 수 있다.

즉, 본 명세서에서 Class A type 단말은 non-precoded CSI-RS 관련 동작을 수행하고, Class B type 단말은 Beamformed CSI-RS 관련 동작을 수행한다고 해석할 수 있다.

20

두 번째 일례로서, 후술할 <제안 내용 2>에서 설명할 바와 같이, non-precoded CSI-RS 기반 방식에 있어서도, 앞서 설명한 port-group 기반

signaling structure하에서의 단말 동작이 정의/설정될 수 있다.

예를 들어, 단말이 크로네커 프리코딩(Kronecker precoding)을 적용한 형태로 CSI derivation(또는 calculation)을 수행하도록 한다면, 단말은 상기 설정받은 총 N개의 CSI-RS ports 중에서 K개의 CSI-RS port-group으로 나누어진다는 것을 파악할 수 있다.

따라서, 단말은 상기와 같이 파악한 상태에서 예를 들어, 특정 방향(e.g., horizontal 방향)의 H-PMI를 계산할 경우, 특정 port-group 내에서의 N/K CSI-RS ports에 대한 H-PMI를 계산하도록 정의/설정될 수 있다.

여기서, 특정 port-group은 '가장 낮은 포트-그룹(lowest port-group)' 또는 '가장 높은 포트-그룹(highest port-group)'으로 사전에 고정적으로 정의될 수 있다.

상기 특정 port-group은 index 형태로 지칭될 수 있다.

또는, 상기 특정 port-group은 '최대한 가장 가운데에 위치한 port-group index'로 정의될 수도 있다.

예를 들어, port-group index가 1, 2, 3, 4 인 경우 (e.g. K=4), '최대한 가장 가운데에 위치한 port-group index'라 함은 index '2' 또는 '3'에 해당된다.

이처럼, port-group index의 개수가 짝수인 경우, 중간 값(e.g., 이 경우 2.5)을 넘지 않는 최대 정수 인덱스 (= 2)로 정의될 수도 있거나 또는 중간 값을 넘는 최소 정수 인덱스 (=3)으로 정의될 수도 있다.

이와 같이, 상기 특정 port-group을 최대한 중간 값 근처로 정의하는 이유는, 후술할 <제안 내용 3>에서의 도 27에서 살펴볼 바와 같이, H 방향의

H-PMI 계산을 위해 가장 낮은 port-group index (도 27에서 가장 밑의 row가 H-CSI-RS 형태로 설정되어 있으므로)를 정의/설정하는 것보다, 최대한 중간에 있는 port-group index로 정하는 것이 H-PMI와 V-PMI 간의 Kronecker product에 의한 interpolation 시 전체적으로 성능을 더 좋게
5 할 수 있기 때문이다.

즉, 최대한 중간에 있는 port-group으로 정한 경우 interpolation시 위와 아래에 대해 interpolation해야 할 영역이 최대한 고르게 남기 때문이다.

다시 말해, 해당 port-group 위치로부터 거리가 최대한 가까울수록 interpolation이 더 잘되는 특성이 있으므로, 위와 아래의 interpolation
10 거리가 최대한 대등하게 짧을 수 있도록 선택하고자 하기 위함이다.

또 다른 예로, 또 다른 특정 방향(e.g., vertical 방향)의 V-PMI를 계산할 경우, 모든 K 개의 port-group별로 N/K CSI-RS ports 중에서 가장 lowest (또는 highest, 또는 최대한 중간 위치의(위 설명과 동일)) port index만을 뽑아서 만든 총 K개의 CSI-RS ports를 새롭게 구성하고, 이에
15 대해서 V-PMI를 계산하도록 하는 방법도 가능하다.

이 경우에도, V-PMI 계산시 interpolation 성능을 높이기 위해서는 앞서 살핀 것과 마찬가지로, 최대한 가운데에 위치한 RS ports들을 모아서 새로운 CSI-RS port를 구성하는 것이 바람직할 수 있다.

이와 같이, V 방향에 대해서도 최대한 가운데 위치한 RS port들을 모아서
20 구성할 경우, 전체적으로 단말이 N port CSI-RS 설정 및 K 파라미터를 설정 받았을 때에 최대한 중간의 row를 선택하여 해당 N/K H-CSI-RS ports와 최대한 중간의 column을 선택하여 해당 K개의 V-CSI-RS ports를 자동으로

뽑아낼 수 있다.

이를 통해, 단말은 <제안 내용 2>에서 설명하는 방법(e.g., Kronecker precoding) 등을 토대로 (FD-MIMO) 관련 CSI feedback을 수행하게 된다.

요약하면, 단말이 N port CSI-RS 설정 및 K 파라미터(K개의 port-group)를 설정 받았을 때의 N/K개의 H-CSI-RS ports와 K개의 V-CSI-RS ports를 뽑아낼 수 있는 (유일한) 특정 rule이 implicit하게 정의/설정될 수 있다.

또한, 다수의 병합된(multiple aggregated) CSI-RS resources 형태로 12-port 또는 16-port 등의 새로운 CSI-RS ports 설정(e.g., CSI-RS resource)을 단말이 기지국으로부터 수신하는 경우, 해당 aggregated CSI-RS resources들은 X (OFDM) symbol 이상 (e.g., X=2) 서로 떨어지지 않도록 설정된다는 restriction이 정의/설정될 수 있다.

예를 들어, X=2이면 기존의 CSI-RS 설정(configuration)과 같이, 2개의 인접한(adjacent) OFDM symbols에 걸쳐서 다수의 병합된(multiple aggregated) CSI-RS resources들이 함께 설정될 것이다.

따라서, 단말은 2 OFDM symbols 보다 더 긴 시간 구간상에서 떨어진 CSI-RS resource들이 함께 aggregation되어 (특정 CSI process) 안에 함께 설정되는 것을 기대하지 않는다.

결국, 위와 같이 설정해야 단말은 정상 동작을 수행하므로, 해당 설정이 network restriction을 부여하는 것으로 해석될 수도 있다.

살핀 것과 같이, network restriction을 갖지 않는 경우, 단말은 x

심볼 이상 떨어진 CSI-RS 간에 함께 CSI measurement를 수행해야 한다.

이 경우, 단말은 채널 위상 드리프트(channel phase drift) 현상을 예측하고 보상해야 하는 등의 추가적인 구현을 수반해야 할 수 있다.

따라서, 상기 network restriction을 부여함으로써, 단말은 채널 위상
5 드리프트 예측 및 보상 등을 위한 복잡한 구현을 적용하지 않을 수 있다.

즉, 단말의 구현을 항상 상기 adjacent X 심볼에 걸쳐서 수신되는 CSI-RS resource에 대해서만 보장하도록 한다.

또한, beamformed CSI-RS 기반 동작 등에 있어서, 다수의(multiple)
10 즉, M개의 CSI-RS resources들 중에서 가장 좋은(또는 선호되는) $N(>=1)$ 개를 단말이 선택하도록 하는 동작을 고려할 수 있다.

이 경우, M개의 CSI-RS resources들 간의 CSI-RS 주기 및 서브프레임 offset이 서로 간에 너무 떨어지면 성능 열화를 야기할 수 있게 된다.

따라서, 가장 바람직하게, 상기 M개의 CSI-RS resources들 간의 CSI-RS
15 주기 및 서브프레임 offset을 모두 같게 하도록 아래와 같은 restriction을 부여할 수 있다.

Beamformed CSI-RS 기반 동작을 지원하기 위한 방법에서, Rel-13 CSI process 설정은 $M(>1)$ 개의 레거시 NZP(Non-Zero Power) CSI-RS 자원들을 포함할 수 있으며, 각 CSI-RS 자원은 K개의 CSI-RS ports들을 가진다.

20 K값은 {1, 2, 4, 8} 중 하나가 될 수 있으며, 상기 K값은 모든 M개의 NZP CSI-RS 자원들에서 동일해야 한다.

또한, 모든 M개의 NZP CSI-RS 자원들은 동일한 주기(periodicity) 및

서브프레임 오프셋(subframe offset)을 가져야 한다.

한편으로, 앞서 살핀 바와 같이, 인접(adjacent) X 심볼에 걸쳐서 수신되는 CSI-RS resource에 대해서만 CSI measurement를 수행하도록 하는 엄격한 제한(strict restriction)은 M CSI-RS resources들을 모두 동일 subframe에서 전송할 수 있도록 하기 위한 자원이 부족할 경우, 해당 서브프레임에서 일부 CSI-RS resource를 할당할 수 없게 된다.

이 경우, 상기 동일 subframe에서의 M개 CSI-RS 자원들의 할당과 관련된 restriction을 완화해서 특정 'L subframes' 안에 상기 M CSI-RS들의 전송이 모두 나타나도록 한다는 형태의 완화된 제한(restriction)이 부여될 수도 있다.

즉, 만일 $L=5$ 라면, 상기 M CSI-RS resources는 모두 인접하는 5개($L=5$)의 subframes내에서 모두 전송이 일어날 수 있도록 설정이 되어야 함을 의미한다.

좀 더 구체적으로, 상기 동일 subframe 설정 restriction이 부여된 경우에는, 해당 설정의 signaling 상에서 CSI-RS 주기 및 서브프레임 오프셋 등의 정보는 common하게 signaling될 수 있다.

그리고, 단지 M개의 CSI-RS resource 각각에 대한 설정은 해당 CSI-RS의 PRB 내의 어느 RE 위치들에 CSI-RS가 전송되는지의 정보를 포함하는 'CSI-RS configuration' 정보들만 M개의 CSI-RS resource에 대해서 각각 내려올 수 있다.

또한, 해당 CSI-RS의 시퀀스 생성(sequence generation) 시에

적용하는 scrambling seed(또는 scrambling sequence) 값도 독립적으로 각 M개 별로 설정할 수 있도록 할 수 있다.

이를 통해, 동일 RE 위치에 겹쳐서 전송되는 CSI-RS resource 간에 상이한 scrambling으로 생성되는 sequence에 의한 multiplexing이 가능할 수 있다.

이 경우에는 overlap되는 CSI-RS 전송 beam이 서로 orthogonal한 경우가 바람직할 수 있다.

유사하게, 상기 동일 subframe에서의 M개의 CSI-RS 자원에 대한 restriction을 완화해서, 특정 'L subframes' 안에 상기 M CSI-RS들의 전송이 모두 나타나도록 한다는 형태의 restriction 즉, '완화된 제한'이 부여된 경우, 해당 설정의 signaling상에서 CSI-RS 주기 및 서브프레임 오프셋 등의 정보는 (상기 M개 중에) 특정 하나의 reference CSI-RS resource에 대한 주기와 오프셋 정보를 먼저 제공하여 준다.

그리고, 나머지 (M-1개의) CSI-RS resource들에 대한 주기 그리고/또는 서브프레임 오프셋 정보는 상기 reference CSI-RS resource의 전송 시점과 비교한 상대적인 오프셋 값으로 설정될 수도 있다.

예를 들어, CSI-RS 주기는 모두 동일하게 부여될 수가 있으며, 서브프레임 오프셋 정보는 예를 들어, $\{0, 1, \dots, L-1\}$ 값 중에 하나가 각 CSI-RS 별로 부여됨으로써, 해당 reference CSI-RS resource의 전송 시점 이후 0, 1, ..., 또는 L-1 subframe에 해당 CSI-RS의 전송시점이 나타남을 알려줄 수 있다.

CSI-RS 주기의 경우, 상기 reference CSI-RS resource의 설정 주기가

T(ms)일 때, 나머지 (M-1개의) CSI-RS resource 각각에 대한 주기가 T의 배수로만 나타날 수 있다는 제약조건을 가질 수 있다.

이 경우, 나머지 (M-1개의) CSI-RS resource 각각에 대한 주기는 T값의 1배, 2배, ... 또는 n배의 주기로 전송된다는 설정 정보가 제공될 수 있다.

5 이는 상기 restriction을 더 완화한 형태로서, '특정 L subframes 안에 상기 M CSI-RS들의 전송이 적어도 한 번 이상 모두 나타나도록 한다'는 형태의 완화된 제한(restriction)이 부여될 수도 있다.

그러면, 단말은 이와 같이 M CSI-RS들의 전송이 모두 나타나는 구간에서 해당 M CSI-RS resource들 간의 selection을 수행하고, 특정(또는 선택된)
10 CSI-RS resource에 대해서 reporting하도록 정의/설정될 수 있다.

단말 능력 (정보) 시그널링 (UE capability (information) signaling)

이하, 본 명세서에서 제안하는 단말 능력 정보를 포함하는 단말 능력
15 시그널링 방법에 대해 관련 실시 예들을 통해 구체적으로 살펴보기로 한다.

<제 1 실시 예>

먼저, 제 1 실시 예는 beamformed CSI-RS 기반 CSI 방법(Class B type)에서 전체 CSI-RS port 개수 정보를 포함하는 단말 능력 시그널링을 송수신하는 방법을 제공한다.

20 즉, 제 1 실시 예는 CSI process 내에 존재하는 전체 CSI-RS port 개수에 관한 단말의 능력 정보를 UE capability signaling을 통해 네트워크로 제공하는 방법이다.

예를 들어, CSI process 내에 M개의 NZP CSI-RS resources (각 CSI-RS resource는 K개의 CSI-RS ports를 가짐)가 포함되는 경우, M 및 K 값에 대한 상한 값이 정해져 있지 않는 경우, M 그리고/또는 K 값들이 큰 값으로 설정된 경우에 단말의 구현 복잡도(complexity)는 그만큼 더 발생하게
 5 된다.

이와 같은 경우, 단말은 단말의 구현 복잡도로 인해 모든 경우의 수를 전부 구현하지 못할 수 있다.

본 명세서에서 NZP CSI-RS resource의 개수는 'M' 또는 'K'로, 각 CSI-RS resource 별 CSI-RS port 개수는 'K' 또는 'M'으로 표현될 수 있다.

10 예를 들어, NZP CSI-RS resource 개수를 'K'로 표현하면, 하나의 CSI-RS resource에 대한 CSI-RS port 개수는 'M'으로 표현할 수 있다.

상기 M 그리고/또는 K 값들에 관한 UE capability signaling은 단말이 네트워크와 초기 접속 시에 기지국으로 전송할 수 있다.

상기 UE capability signaling은 다양한 형태로 정의 또는 설정 또는
 15 표현될 수 있다.

예를 들어, 단말은 상기 설정되는 M 및/또는 K 값에 따른 '하나의 CSI process에서 전체 CSI-RS 포트의 개수' (total number of ports ($P=MK$) in a CSI process)가 특정 P_{max} 값을 넘지 않는다는 조건을 포함하는 capability signaling을 네트워크로 제공하도록 정의/설정될 수 있다.

20 이 때, 가능한 P_{max} 값은 특정 몇 가지 값 중에서 단말이 signaling할 수 있도록 candidate P_{max} 값들이 사전에 정의(pre-define)될 수 있다.

예를 들어, 단말은 {8, 12, 16, 24, 32, 64}의 가능한 P_{max} 값들

중에서 어느 하나를 선택하여 네트워크로 capability signaling할 수 있다.

그리고, 상기 {8, 12, 16, 24, 32, 64}와 같은 특정 값들은 사전에 정해져 있을 수 있다.

상기 {8, 12, 16, 24, 32, 64} 값들은 하나의 예로서, 이외 다른 값이
5 정의되거나 또는 해당 값들 중 일부 값들만이 정의될 수도 있다.

즉, 단말 입장에서는 P_{max} 값을 넘지 않는 하나의(또는 특정) CSI process에서의 전체 CSI-RS port 개수(total number of ports ($P=MK$) in a CSI process) 값 자체가 단말 complexity에 직접적으로 의미있는 수치일 수 있다.

10 따라서, 단말은 상기 P_{max} 값을 capability signaling하는 형태로 정의할 수 있다.

도 22는 본 명세서에서 제안하는 단말 능력 정보 시그널링 방법의 일례를 나타낸 순서도이다.

15 먼저, 단말은 자신이 최대 지원하는 CSI-RS 포트의 총 개수를 나타내는 제 1 제어 정보를 포함하는 UE 단말 능력 정보(UE capability information)을 상위 계층 시그널링(high layer signaling)을 이용하여 기지국으로 전송한다(S2210).

상기 제 1 제어 정보는 전체(total) CSI-RS port 개수 정보로 호칭
20 또는 표현될 수 있다.

즉, 상기 제 1 제어 정보는 하나의 또는 특정 CSI process에서 단말이 최대 지원할 수 있는 CSI-RS port의 총 개수를 나타내는 정보이다.

이하, 단말이 최대 지원할 수 있는 CSI-RS port의 총 개수를 'P'로 표현하며, 상기 P는 M값과 K값의 곱과 같다($P=M \times K$).

여기서, 상기 제 1 제어 정보의 값은 beamformed CSI-RS 기반의 CSI (reporting) 방법 즉, UE의 CSI reporting type(또는 class type)이 'Class B'인 경우, 상기 UE capability information에 포함될 수 있다.

이 경우, 상기 제 1 제어 정보의 값은 예를 들어, {8, 12, 16, 24, 32, 64 등}일 수 있다.

여기서, 상기 UE capability information(또는 UE capability signaling)은 상기 제 1 제어 정보 외에도 제 2 제어 정보를 더 포함할 수 있다.

상기 제 2 제어 정보는 하나의 또는 특정 CSI process 내 단말이 최대 지원하는 CSI-RS resource의 총 개수(M)를 나타내는 정보이다.

상기 제 2 제어 정보의 값은 beamformed CSI-RS 기반 CSI (reporting) 방법 즉, UE의 CSI reporting type(또는 class type)이 'Class B'인 경우, UE capability signaling에 포함될 수 있다.

여기서, 단말은 상기 제 1 제어 정보와 상기 제 2 제어 정보를 함께 전송할 수도 있고, 또는 상기 제 1 제어 정보를 먼저 전송하고, 그 다음 상기 제 2 제어 정보를 전송할 수 있다.

단말이 상기 제 2 제어 정보를 먼저 전송하는 구체적인 방법에 대해서는 후술할 제 2 실시 예에서 살펴보기로 한다.

이후, 상기 기지국은 상기 수신된 UE capability signaling에 기초하여 상기 단말로 전송할 CSI-RS 구성(configuration)을

결정한다(S2220).

이후, 상기 단말은 상기 기지국으로부터 (상기 결정된) CSI-RS 구성 정보를 수신한다(S2230).

여기서, 상기 CSI-RS 구성 정보는 CSI process 관련 high layer signaling에 포함되어 전송될 수 있다.

상기 high layer signaling은 CSI process IE(Information Element)로 표현될 수 있다.

상기 CSI process IE는 CSI process를 나타내는 CSI process ID(또는 Index), 각 CSI process 별 CSI reporting type 정보를 더 포함할 수 있다.

상기 CSI reporting type 정보는 non-precoded CSI-RS 기반 CSI reporting 타입 또는 beamformed CSI-RS 기반 CSI reporting 타입 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

상기 non-precoded CSI-RS 기반 CSI reporting 타입은 'Class A'로, 상기 beamformed CSI-RS 기반 CSI reporting 타입은 'Class B'로 표현될 수 있다.

이후, 상기 단말은 상기 수신된 CSI process 관련 정보(또는 CSI-RS 구성 정보)에 기초하여 적어도 하나의 CSI-RS를 상기 기지국으로부터 수신한다(S2240).

여기서, 상기 적어도 하나의 CSI-RS는 상기 기지국의 적어도 하나의 CSI-RS port를 통해 전송된다.

이후, 상기 단말은 상기 수신된 적어도 하나의 CSI-RS에 기초하여 상기

적어도 하나의 CSI-RS port에 대한 채널을 측정한다(S2250).

이후, 상기 단말은 상기 채널 측정 결과를 상기 기지국으로 보고 또는 feedback한다(S2260).

여기서, 상기 보고 또는 feedback은 CSI process마다 수행된다.

5

<제 2 실시 예>

다음, 제 2 실시 예는 beamformed CSI-RS 기반 CSI 방법(Class B type)에서 최대 지원 가능한 CSI-RS resource의 총 개수(M) 정보 및/또는 각 CSI-RS resource 별 최대 지원되는 CSI-RS port의 총 개수(K) 정보를
10 포함하는 단말 능력 정보(또는 시그널링)을 송수신하는 방법을 제공한다.

제 1 실시 예에서 살핀 것처럼, 단말에서 최대 지원되는 CSI-RS resource의 총 개수(M) 정보는 제 2 제어 정보로 표현하였다.

이하에서, 하나의 CSI-RS resource 또는 CSI-RS resource 별 최대 지원되는 CSI-RS port의 총 개수를 나타내는 정보는 제 3 제어 정보로
15 표현하기로 한다.

즉, 제 2 실시 예는 단말이 앞서 살핀 M값 또는 K값을 UE capability로 개별적으로 signaling하는 방법을 나타낸다.

즉, 제 2 실시 예는 단말이 몇 개까지의 NZP CSI-RS resources를 하나의 CSI process에서 측정할 수 있는지와, 이 경우 각 NZP CSI-RS
20 resource 내 CSI-RS port의 개수(K)는 어느 값까지만 단말이 (구현상에서) 지원 또는 허용하고 있는지를 기지국으로 각각 개별적으로 UE capability signaling하는 방법이다.

즉, 단말이 앞서 살핀 M 및/또는 K 값을 각각 개별적으로 기지국으로 전송하는 방법이다.

여기서, 상기 단말은 상기 M값과 K값 간에 특정 조건을 가지는 형태로 capability signaling을 기지국으로 전송할 수도 있다.

5 예를 들어, M_max가 특정 값 이하일 때의 K_max1, 또는 M_max가 특정값 이상일 때의 또 다른 K_max2와 같은 형태로 M 및 K 값을 각각 개별적으로 capability signaling할 수 있다.

 기지국이 M 및 K 값 간에 특정 조건이 있는 capability signaling을 단말로부터 수신한 경우, 상기 기지국은 상기 단말에게 CSI process 및 NZP
10 CSI-RS 설정을 제공할 때 해당 capability signaling된 상한 값들을 충족하는 범위 내에서 상기 단말로 연관된 CSI-RS 설정(또는 구성)을 제공한다.

 M 및 K값 간에 특정 조건이 있는 UE의 capability signaling 방법에 대해서는 다음 실시 예를 통해 좀 더 구체적으로 살펴본다.

15 이하에서, 'p'는 밴드 결합(band combination) 별 band 별 존재하는 CSI process의 최대 지원 개수를 나타낸다.

 Kmax는 하나의 CSI process 내에서 지원되는 NZP CSI-RS resource의 (최대) 개수를 나타낸다.

 Nmax는 하나의 CSI process 내에서 지원되는 NZP CSI-RS ports의
20 최대 개수를 나타낸다.

 Class B type의 CSI reporting에서 UE capability signaling에

대해, UE는 아래와 같이 band combination 별 band 별 CSI-RS 별 $N_{\max 2}$, $N_{\max 3}$ 및 $N_{\max 4}$ 3개의 독립적인 값들뿐만 아니라 $K_{\max}(1, 2, \dots, 8)$ 을 기지국으로 보고한다.

- $N_{\max 1}(=8)$ 은 레거시와 같이 하나의 CSI process 에 대해 설정되는 $K=1$ 에 대한 고정된 값이다.

- $N_{\max 2}(=0, 8, 16)$ 는 하나의 CSI process 에 대해 설정되는 $K=2$ 또는 3에 대한 값이다.

- $N_{\max 3}(=0, 8, 16, 32)$ 는 하나의 CSI process 에 대해 설정되는 $K=4, 5, 6$ 또는 7에 대한 값이다.

- $N_{\max 4}(=0, 8, 16, 32, [64])$ 는 하나의 CSI process 에 대해 설정되는 $K=8$ 에 대한 값이다.

여기서, 주어진 K 에 대해 $N_{\max}=0$ 은 UE가 CSI process에 대한 K 개의 CSI-RS resource로 구성되는 것을 지원하지 않음을 의미한다.

만약 band combination 마다 하나의 band에 대한 $P=1$ 인 경우, 상기 $K_{\max}$, $N_{\max 2}$, $N_{\max 3}$ 및 $N_{\max 4}$ 는 한 번만 시그널링된다.

만약 band combination 마다 하나의 band에 대한 $P=3$ 인 경우, 상기 $K_{\max}$, $N_{\max 2}$, $N_{\max 3}$ 및 $N_{\max 4}$ 는 독립적으로 3번 시그널링된다.

만약 band combination 마다 하나의 band에 대한 $P=4$ 인 경우, 상기 $K_{\max}$, $N_{\max 2}$, $N_{\max 3}$ 및 $N_{\max 4}$ 는 독립적으로 4번 시그널링된다.

앞서 살핀 것처럼, 단말은 '(밴드 별) 밴드 결합(band combination 또는 carrier aggregation) 별'로 몇 개까지의 CSI process(es)를

설정받을 수 있는지를 나타내는 파라미터 P' ($=1, 3$, 또는 4)를 기지국으로 capability signaling할 수 있다.

예를 들어, band combination 별 특정 band 에 대하여 $P'=1$ CSI process만을 지원함을 단말이 기지국으로 보고하는 경우, 단말은 이와 함께 적어도 상기 $\{K_{\max}, N_{\max 2}, N_{\max 3}, N_{\max 4}\}$ 중에 하나를 (또는 모두를) 기지국에 알려줄 수 있다.

앞의 경우, 단말이 $N_{\max}$ 값을 기지국으로 독립적으로 3개 보고하는 방법의 일례를 나타내며, 이 방법 외에도 단말은 특정 개수만큼의 $N_{\max}$ 값을 독립적으로 기지국으로 보고할 수도 있다.

이 때, 각 $N_{\max}$ 값은 특정 K 값을 가정했을 때의 $N_{\max}$ 값으로, 위와 같은 형태(또는 유사 변형 형태)로 capability signaling이 지원될 수 있다.

즉, 단말은 특정 K 값만큼의 CSI-RS resources를 기지국으로부터 CSI-RS 설정을 통해 설정받은 경우, 하나의 CSI process에서 지원되는 최대 CSI-RS ports 개수(supported max number of CSI-RS ports in a CSI process)인 $N_{\max}$ 값이 각기 상정한 K 값 별로 독립적으로 capability signaling할 수 있도록 정의할 수 있다.

예를 들어, $K=1$ 에 대한 $N_{\max}$ 는 $N_{\max}=8$ 이나, $K=2$ 에 대한 $N_{\max}$ 가 $N_{\max}=16$ 까지 지원된다(또는 구현되었다)는 단말 자신의 capability 정보를 기지국에 알릴 수 있다.

이를 통해, 기지국이 특정 K 개의 CSI-RS resources를 해당 단말에게 설정할 경우, 해당 CSI process 내 총 CSI-RS port의 개수는 해당 $N_{\max}$ 값을 넘지 않아야 된다는 조건 하에서 각 CSI-RS resource 내의 CSI-RS port

개수를 적절히 설정할 수 있다.

또한, 단말은 이와 같은 capability signaling 방식대로 해당 정보를 기지국에 전달함에 있어서 상호 간의 동작/이해에 문제가 없도록 위와 같은 형태로 capability signaling 전송을 수행해야 한다.

5 또한, 앞서 살핀 것처럼, 'K=2에 대한 Nmax=16'과 같은 capability signaling을 기지국이 단말로부터 수신하는 경우, K=2개의 CSI-RS resources에 대해 기지국은 각각 4-port CSI-RS resource 1 및 8-port CSI-RS resource 2를 설정할 수 있다.

또는, 기지국은 각각 4-port CSI-RS resource 1 및 4-port CSI-RS
10 resource 2를 설정할 수 있다.

또는, 기지국은 각각 2-port CSI-RS resource 1 및 8-port CSI-RS resource 2를 설정할 수 있다.

이와 같은 방식으로, 설정되는(configured) CSI-RS resource(s) 전체에 걸쳐서 설정 가능한 최대 CSI-RS port의 개수 'K=2에 대한
15 Nmax=16'를 위배하지 않는 범위에서 기지국은 각 CSI-RS resource 내 CSI-RS port 개수가 적절히 분배되도록 CSI-RS 설정을 단말로 제공한다.

앞서 살핀, '주어진 K에 대해 Nmax=0은 UE가 CSI process에 대한 K개의 CSI-RS resource로 구성되는 것을 지원하지 않는다(Nmax = 0(또는
20 N/A) (for a given K) means the UE does not support being configured with K CSI-RS resources for the CSI process)'의 의미는 Nmax가 0이 되는 값을 report하는 단말의 동작을 지원한다는 것이다.

예를 들어, 일반적으로 K 값이 큰 값을 가진다고 가정하는 경우, 해당 $N_{\max}$ 값을 '0 (또는 N/A)'로 보고하는 경우가 적용 가능하며, 이는 상기 K 값을 단말이 지원하지 않는다는 의미로 해석될 수 있다.

즉, 기지국은 상기 높은 또는 큰 값을 가지는 K 개의 CSI-RS resources를 단말에게 설정할 수 없게 된다.

또한, band 결합 별(per band combination) 특정 band에 대하여 $P=3$ (또는 4) CSI process를 지원함을 단말이 UE capability signaling을 통해 기지국으로 보고하는 경우, 앞서 살핀 파라미터들(예: $K_{\max}$, $N_{\max}(s)$ 중 적어도 하나로 구성된 capability signaling)을 P' 개만큼 독립적으로 단말이 기지국으로 capability signaling하도록 정의/설정될 수 있다.

이를 통해, 기지국은 실제 단말에게 상기 P' 개의 CSI process들을 설정하고자 할 때, 각 CSI process별로 support가능한 $\{K_{\max}, N_{\max2}, N_{\max3}, N_{\max4}\}$ 값들을 초과하지 않는 범위 내에서 관련 CSI-RS 설정을 단말에게 전송한다.

M 및 K 값 간에 특정 조건을 포함하는 capability signaling 송수신 방법에 대한 또 다른 실시 예를 살펴본다.

앞의 실시 예와 마찬가지로, ' P '는 band combination 별 band 별 존재하는 CSI process의 최대 지원 개수를 나타내며, $K_{\max}$ 는 하나의 CSI process 내에서 지원되는 NZP CSI-RS resource의 (최대) 개수를 나타내며, $N_{\max}$ 는 하나의 CSI process 내에서 각 NZP CSI-RS resource 별 NZP CSI-RS ports의 최대 개수를 나타낸다.

Class B type의 UE CSI reporting에서 UE capability signaling에 대해, UE는 아래와 같이 band combination 별 band 별 CSI-RS 별 N_{max1} , N_{max2} , N_{max3} 및 N_{max4} 에 대해 많으면(at most) 4개의
 5 독립적인 값들뿐만 아니라 $K_{max}(1, 2, \dots, 8)$ 을 기지국으로 보고한다.

- $N_{max1}(=2, 4 \text{ 또는 } 8)$ 은 레거시와 같이 하나의 CSI process 에 대해 설정되는 $K=1$ 에 대한 고정된 값이다.
- $N_{max2}(=4, 8 \text{ 또는 } 16)$ 는 하나의 CSI process 에 대해 설정되는 $K=2$ 또는 3에 대한 값이다.
- 10 - $N_{max3}(=4, 8, 16 \text{ 또는 } 32)$ 는 하나의 CSI process 에 대해 설정되는 $K=4, 5, 6$ 또는 7에 대한 값이다.
- $N_{max4}(=0, 8, 16, 32 \text{ 또는 } 64)$ 는 하나의 CSI process 에 대해 설정되는 $K=8$ 에 대한 값이다.

UE가 보고하는 K_{max} 에 따라, UE는 band combination 별 band 별
 15 CSI-RS 별로 기지국으로 CSI-RS reporting을 한다.

- UE가 $K_{max}=1$ 을 보고하는 경우, 단지 하나의 N_{max1} 값을 가진다.
- UE가 $K_{max}=2$ 를 보고하는 경우, N_{max1} 및 N_{max2} 즉, 2개의 값을 가진다.
- UE가 $K_{max}=3$ 또는 4를 보고하는 경우, N_{max1} , N_{max2} 및 N_{max3} 즉,
 20 3개의 값을 가진다.
- UE가 $K_{max}=5, 6, 7$ 또는 8을 보고하는 경우, N_{max1} , N_{max2} , N_{max3} 및 N_{max4} 즉, 4개의 값을 가진다.

UE는 band combination 별 band 별 보고하는 P'의 값(1,3 또는 4)에 기초하여(또는 의존하여) band combination 별 band 별 위의 capability signaling을 독립적으로 P'번 기지국으로 보고한다.

- 5 - 만일 UE가 주어진 band combination에서의 모든 band들에서 P'=1을 보고하고, band combination에서 CC들의 개수가 5보다 크지 않은 경우, 단지 Nmax1=8만 허용된다.

또한, 모든 band에 대해서 P'=1일 때, 위와 같은 제약 조건이 부여될 수 있도록 정의/설정함으로써, UE capability signaling의 flexibility를
10 높일 수 있다.

도 23은 본 명세서에서 제안하는 단말 능력 정보 시그널링 방법의 또 다른 일례를 나타낸 순서도이다.

먼저, 단말은 앞서 살핀 제 2 제어 정보를 포함하는 UE capability
15 signaling을 기지국으로 전송한다(S2310).

상기 제 2 제어 정보는 하나의 또는 특정 CSI process 내 단말이 최대 지원할 수 있는 CSI-RS resource의 총 개수를 나타내는 정보를 의미한다.

상기 제 2 제어 정보의 값은 beamformed CSI-RS 기반 CSI reporting 방법 즉, class type이 'Class B'인 경우, UE capability signaling에
20 포함될 수 있다.

또한, 상기 UE capability signaling은 앞서 살핀 제 3 제어 정보를 추가적으로 포함할 수 있다.

즉, 상기 제 3 제어 정보는 하나 또는 특정 CSI process 내에서 각 CSI-RS resource 별 최대 지원되는 CSI-RS port의 개수를 나타내는 정보를 말한다.

각 CSI-RS resource 별로 최대 CSI-RS port 개수 값은 서로 같거나
5 또는 서로 다를 수 있다.

이후, 상기 기지국은 상기 수신된 UE capability signaling에 기초하여 상기 단말로 전송할 CSI-RS 구성(configuration)을 결정한다(S2320).

이후, 상기 단말은 상기 기지국으로부터 (상기 결정된) CSI-RS 구성
10 정보를 수신한다(S2330).

제 1 실시 예에서 살핀 것처럼, 상기 CSI-RS 구성 정보는 CSI process IE에 포함될 수 있다.

이후, 상기 단말은 상기 수신된 CSI process 관련 정보(또는 CSI-RS 구성 정보)에 기초하여 적어도 하나의 CSI-RS를 상기 기지국으로부터 수신한다
15 (S2340).

여기서, 상기 적어도 하나의 CSI-RS는 상기 기지국의 적어도 하나의 CSI-RS port를 통해 전송된다.

이후, 상기 단말은 상기 수신된 적어도 하나의 CSI-RS에 기초하여 상기 적어도 하나의 CSI-RS port에 대한 채널을 측정한다(S2350).

이후, 상기 단말은 상기 채널 측정 결과를 상기 기지국으로 보고 또는
20 feedback한다(S2360).

여기서, 상기 보고 또는 feedback은 CSI process마다 수행된다.

<제 3 실시 예>

다음, 제 3 실시 예는 CSI reporting 동작과 관련된 단말의 클래스(class) type 정보를 포함하는 UE capability signaling을 송수신하는 방법을 제공한다.

여기서, 단말의 클래스 type은 Class A type 및 Class B type으로 나눌 수 있다.

Class A type은 앞서 살핀 것처럼, non-precoded type CSI-RS 기반 CSI 동작을 지원 또는 구현하는 단말을 나타내며, Class B type 단말은 beamformed type CSI-RS 기반 CSI 동작을 지원 또는 구현하는 단말을 나타낸다.

즉, 단말은 non-precoded type CSI-RS와 관련된 동작(CSI reporting 포함)의 지원 여부 및/또는 beamformed type CSI-RS와 관련된 동작(CSI reporting 포함)의 지원 여부에 관한 단말 class type 정보를 포함하는 capability signaling을 기지국으로 전송한다.

본 명세서에서 사용하는 'A 및/또는 B'의 표현은 'A 또는 B 중 적어도 하나를 포함'하는 것으로 해석될 수 있다.

기지국은 상기 단말 class type 정보를 포함하는 capability signaling에 기초하여 상기 단말의 CSI process 및 NZP CSI-RS resource (whether it is non-precoded type or beamformed type) 설정, 그리고/또는 이와 연관된 단말의 CSI reporting 관련 설정들을 상기 단말에게 설정하고, 이를 상기 단말로 제공한다.

또한, 단말은 상기 non-precoded CSI-RS 기반 CSI 방법 및 beamformed CSI-RS 기반 CSI 방법을 모두 활용하는 혼합 방법(hybrid scheme)에 대한 지원 여부를 나타내는 정보를 capability signaling을 통해 개별적으로 기지국으로 제공할 수도 있다.

5

<제 4 실시 예>

다음, 제 4 실시 예는 단말이 (non-precoded CSI-RS 기반 또는 class A type) CSI reporting 동작 관련 파라미터들(또는 방식들) 중 특정 일부 파라미터(또는 방식)에 대해서만 지원 가능함을 알리는 UE capability signaling을 기지국으로 전송하는 방법을 제공한다.

예를 들어, non-precoded CSI-RS 기반 CSI reporting 관련 방식들 중에 아래 표 10과 같은 설정 가능한 코드북(configurable codebook) 방식이 있을 수 있다.

제 4 실시 예에서는 랭크 1(rank 1)의 경우를 일례로 들어 설명한다.

15 **【표 10】**

KP 구조가 채택되는 경우, 마스터 코드북에서 rank-1 프리코더 $W_{m,n,p}$ 는 아래와 같은 형태를 가진다.)

$$W_{m,n,p} = [w_0 \quad w_1 \quad \dots \quad w_{N_{CSIRS}-1}] = \frac{1}{\sqrt{N_{CSIRS}}} \begin{bmatrix} v_m \otimes u_n \\ \phi_p(v_m \otimes u_n) \end{bmatrix},$$

여기서,

- N_{CSIRS} = number of configured CSI-RS ports in the CSI-RS resource(CSI-RS 자원에서 설정되는 CSI-RS port의 개수), e.g., 12, 16, etc.

- u_n is a $N \times 1$ oversampled DFT vector for a first dimension(1차원에 대한 $N \times 1$ 오버샘플링된 DFT 벡터), whose oversampling factor(오버샘플링 팩터) is O_1 .

- v_m is a $M \times 1$ oversampled DFT vector for a second dimension(2차원에 대한 $M \times 1$ 오버샘플링된 DFT 벡터), whose oversampling factor(오버샘플링 팩터) is O_2 .

- φ_p is a co-phase, e.g., in a form of $e^{\frac{2\pi p}{4}}$, $p=0,1,2,3$.

KP 구조 뿐만 아니라 이중 코드북 구조도 채택되는 경우, 프리코더 인덱스들 m, n, p 는 $i_{1,1}$, $i_{1,2}$ 및 i_2 의 PMI들에 의해 지시되고, 여기서, $i_{1,1}$, $i_{1,2}$ 는 첫번째 PMI(W_1)에 해당하며, i_2 는 두번째 PMI(W_2)에 해당한다.

- $i_{1,1}$ 는 1차원에서 빔 그룹을 결정한다;
- $i_{1,2}$ 는 2차원에서 빔 그룹을 결정한다; and
- i_2 는 $\{i_{1,1}, i_{1,2}\}$ 에 의해 구성된 빔 그룹의 빔들에서 하나의 빔을 선택하고, co-phase를 결정한다. 효과적으로, i_2 는 1차원 및 2차원에서 빔 선택 및 co-phase를 지시하기 위해 $i_{2,1}, i_{2,2}, p$ 로 de-compose될 수 있다.

본 명세서에서 제안되는 구조에 따른 마스터 코드북 구조에 대해, 다음 파라미터 그룹은 각 차원 d 에 대해 구체화될 필요가 있다.

- an oversampling factor(오버샘플링 팩터) o_d ;
- a beam skip number s_d (for $W_{1,d}$; the first beam in adjacent beam group is s_d beams away from that of the current beam($W_{1,d}$ 에 대해; 인접한 빔 그룹 내 첫번째 빔은 현재 빔으로부터 s_d 빔만큼 떨어진다.);
- a beam spacing number p_d (for $W_{2,d}$; the beam spacing within the beam group is p_d ($W_{2,d}$ 에 대해; 빔 그룹 내 빔 간격은 p_d 이다.)) and;
- a number of beams L_d (number of beams in a beam group in dimension d) (빔의 개수 L_d : d 차원에서 빔 그룹 내의 빔의 개수)

다양한 안테나 배치 시나리오 및 안테나 설정을 지원하기 위해, 위의 파라미터들 중 일부 파라미터는 구성되어야 한다.

표 10에서 살핀 configurable 코드북 구조의 장점은, 표 10에서의 다양한 파라미터들을 상위 계층 시그널링(higher-layer signaling)을 통해 단말에게 설정 및 제공함으로써, 해당 파라미터들을 가지고 생성되는 codebook을 적용하여 CSI reporting 동작을 수행하도록 할 수 있다.

따라서, 해당 configurable 코드북 구조를 통해 다양한 deployment scenarios 및 antenna configurations에 대해서도 이에 적합한 코드북을 최적화하여 단말에게 적용하는 것이 가능하다.

따라서, 표 10과 같은 configurable codebook 구조를 통해 시스템 성능의 최적화를 가능하게 해준다는 장점이 있다.

그러나, 단말의 구현 관점에서는 상기 파라미터들이 자유롭게 설정될 수 있음에 따라 상기 파라미터들이 가질 수 있는 candidate values들 간의 모든

조합에 대해 생성될 수 있는 코드북들을 단말이 모두 구현해두어야 한다는 점에서 구현 complexity가 증가할 수 있는 단점이 있을 수 있다.

따라서, 이하에서는 위와 같은 단말의 구현 복잡도를 감소 또는 해결하기 위해, 단말이 상기 파라미터들 각각에 대해 어느 값(들)만이 자신에게 적용 가능한지를 알려주는 정보를 포함하는 UE capability signaling을 기지국으로 전송하는 방법을 제공한다.

예를 들어, 단말은 아래 1) 내지 4)의 파라미터 값들 중 적어도 하나에 대해 자신이 구현하고 있는(또는 적용 가능한) 특정 값들의 리스트를 기지국으로 capability signaling할 수 있다.

여기서, 상기 단말은 아래 1) 내지 4)의 파라미터 값들 중 적어도 하나에 대해 각 dimension별로 별도의 값을 capability signaling할 수도 있다.

1) 오버샘플링 팩터 o_d (an oversampling factor o_d)

2) 빔 스킵 개수 s_d (a beam skip number s_d): $W_{1,d}$ 에 대해, 인접하는 빔 그룹에서 첫 번째 빔은 현재 빔으로부터 s_d 빔들만큼 떨어져 있다.

3) 빔 간격 개수 p_d (a beam spacing number p_d): $W_{2,d}$ 에 대해, 빔 그룹 내 빔 간격은 p_d 이다.

4) 빔 개수 L_d (a number of beams L_d): 차원(dimension) d 에서 빔 그룹에서 빔의 개수를 나타낸다.

상기 1) 내지 4)의 파라미터들 각각에 대해, 단말은 예를 들어, 1, 2, 4, 8, 16, ... 값들 중 일부의 값을 기지국으로 capability signaling할 수 있다.

또는, 단말은 상기 1, 2, 4, 8, 16,...의 값들 중 최대값(maximum value) 및/또는 최소값(minimum value)를 기지국으로 capability signaling할 수도 있다.

5 살핀 바와 같이, 단말은 개별 파라미터 각각을 capability signaling을 통해 기지국으로 전달하는 것도 가능하다.

하지만, 또 다른 일례로서, 상기 1) 내지 4)의 파라미터들 중에서 일부 파라미터의 특정 조합으로 나타나는 파라미터 세트를 새롭게 정의할 수 있다.

상기 새롭게 정의되는 파라미터 세트 (정보)의 하나 이상을 상기
10 기지국으로 capability signaling할 수도 있다.

상기 1) 내지 4)의 파라미터들의 조합으로 정의되는 새로운 파라미터 세트의 일례는 아래와 같을 수 있다.

(예) 파라미터 세트(parameter set) 1은 $\{O_{d=1} = 8, O_{d=2} = 16, S_{d=1} = 2, S_{d=2} = 2, P_{d=1} = 1, P_{d=2} = 1, L_{d=1} = 4, L_{d=2} = 4\}$ 와 같이 구성
15 또는 정의될 수 있다.

위의 예와 같이, 또 다른 파라미터 세트 2, 3, ...의 경우도 1) 내지 4)의 파라미터들 중 일부의 조합으로 구성될 수도 있다.

따라서, 단말은 위와 같이 정의되는 적어도 하나의 파라미터 세트를 기지국으로 capability signaling할 수 있다.

20 이 경우, 기지국은 상기 단말로 상기 configurable codebook 형태의 설정 정보를 제공할 때, 상기 단말이 전송한 capability signaling에 포함된 파라미터 세트들 중에서 적어도 어느 하나를 선택하여, 이를 상기 단말로 설정

및 제공한다.

추가적으로, 앞서 살핀 개별 파라미터 또는 상기 파라미터 세트 형태로 capability signaling을 함에 있어서, 해당 코드북이 적용될 특정 NZP CSI-RS resource의 CSI-RS port 수 별로 다른 코드북 파라미터 및 코드북
5 파라미터 세트가 구성될 수 있다.

따라서, 상기 단말은 상기 기지국으로 capability signaling 시에 고려하는 (CSI-)RS port 수 별로(즉, 고려하는 NZP CSI-RS resource 당 해당 resource내의 CSI-RS port 수) 상기 1) 내지 4)의 파라미터 또는 상기
1) 내지 4)의 파라미터 조합으로 설정되는 파라미터 세트 정보가 capability
10 signaling되는 형태로 정의/설정될 수 있다.

상기 고려하는 '(CSI-)RS port 개수' 자체의 경우의 수는 (특정 TM에서) 지원하는 특정 CSI process 당 전체 CSI-RS port 수 형태 또는 특정 NZP CSI-RS resource 내의 CSI-RS port 수 등으로 명시된 값에 대해 단말이
상기 파라미터 또는 파라미터 세트 관련 capability 정보를 기지국으로
15 전송하는 것으로 정의될 수 있다.

또는, 기지국이 단말과의 초기 접속 시에 system information의 일부로 특정 '(CSI-)RS port 수' 값에 대한 상기 파라미터 또는 파라미터 세트 관련 capability signaling 정보를 상기 단말이 제공하도록 할 것인지를 알려줄
수도 있다.

20

좀 더 구체적으로, CSI process 설정 상에서 CSI reporting Class A 및 Class B 형태로 식별되는 별도의 CSI reporting Class가 설정/식별될 수

있다.

즉, 단말이 기지국으로부터 CSI reporting type 또는 CSI reporting 관련 class가 설정되는 형태의 CSI process 설정 정보를 상기 기지국으로부터 수신한다.

5 이후, 상기 단말은 상기 수신된 CSI process 설정 정보에 기초하여 CSI reporting 관련하여 Class A가 설정되었는지 또는 Class B가 설정되었는지를 확인한다.

이후, 상기 확인 결과에 기초하여, 상기 단말은 상기 확인된 class와 연관된 CSI reporting 동작을 수행한다.

10 따라서, UE capability signaling 관점에서, 기지국이 단말의 Class (type)과 관련된 정보를 단말로부터 수신하는 경우, 상기 기지국은 단말이 Class A type 및/또는 Class B type에 따르는 연관 동작(e.g., CSI measurement, CSI reporting 등)을 모두 수행 가능한지(또는 구현되었는지) 또는 두 개의 Class type 중 특정 하나의 Class type에 따르는 연관
15 동작(e.g., CSI measurement, CSI reporting, etc.)만 수행 가능한지, 또는 Class A 및 Class B에 따르는 연관 동작 모두를 지원하지 않는지 등을 단말의 capability signaling을 통해 알 수 있게 된다.

또한, 단말은 기지국으로 Class A (type)에 대해서 support할 수 있는 연관된 파라미터(e.g., CSI-RS port 수) 및 Class B에서 support할 수
20 있는 연관된 파라미터(e.g., 전체 CSI-RS port 개수, CSI-RS resource 개수, 최대로 지원되는 CSI-RS resource 개수(K), CSI-RS resource 당 CSI-RS 포트 수(N_k), L-port CSI reporting을 위한 L값 및 연관된

파라미터 등)을 개별적 독립적으로 capability signaling할 수 있다.

즉, 단말은 Class A를 지원하기 위한 연관된 파라미터들 및/또는 Class B를 지원하기 위한 연관된 파라미터들을 독립적으로 각각 기지국으로 capability signaling할 수 있다.

5 여기서, class A를 지원하기 위한 연관된 파라미터들은 N1(수평 방향의 안테나 포트의 개수), N2(수직 방향의 안테나 포트의 개수), O1(수평 방향의 오버샘플링 값), O2(수직 방향의 오버샘플링 값), Codebook Config., 및 CDM-4의 지원 여부 정보를 포함하는 코드북 파라미터들이거나 상기 코드북 파라미터들 중 일부 파라미터의 조합으로 구성되는 새로운 파라미터 세트일 수
10 있다.

일례로, 상기 Class A를 지원하기 위한 연관된 파라미터들은 2D 코드북과 관련된 codebook configuration 정보를 포함할 수 있다.

상기 codebook configuration 정보는 non-precoded CSI-RS(또는 Class A type)과 관련된 빔 그룹 선택에 대한 codebook configuration
15 정보 즉, codebook config. (index) 1, 2, 3, 4를 포함할 수 있다.

상기 codebook configuration 정보는 rank에 따라 다르게 설정될 수 있다.

따라서, 기지국은 Class A 또는 Class B 중 어느 것을 설정하는지에 따라, 해당 class type과 연관된 단말의 capability signaling 정보에
20 위배되지 않도록 CSI 설정을 상기 단말로 제공하게 된다.

또한, 본 명세서에서 제안하는 capability signaling에 포함되는 정보들 중 적어도 하나는 1) 특정 band (e.g., component carrier;

CC)별로 개별적/독립적으로 signaling될 수 있으며, 또는 2) 특정 band combination (CA가 고려되는 경우, carrier aggregation 조합) 별로, 또는 3) band combination별 band 별로 capability signaling될 수도 있다.

5 1)의 경우는, CA가 고려되더라도 각 band (e.g., CC)별로 좀더 flexible하게 구체적인 capability 정보가 전달될 수 있는 장점이 있다.

 2)의 경우는, 특정 고려되는 band combination별로 적용 가능한 capability signaling이 전달되어 해당 band combination(또는 CA)에 따른 CA 관련 설정이 제공될 때에(e.g., Pcell/Scell addition 설정 등),
10 또는, 각 CC별로 상기 CSI process 연관 설정이 (CSI process IE를 통해) 제공될 때에, 또는 상기 capability signaling에 포함되는 정보들이 해당 band combination에 대해 공통으로 적용되는 형태로 (또는 band combination별 band 별로 독립적으로 상기 capability signaling이 전달되는 경우 해당 band combination별 band 별로) 정의/설정될 수 있다.

15

 도 24는 본 명세서에서 제안하는 단말 능력 정보 시그널링 방법의 또 다른 일례를 나타낸 순서도이다.

 먼저, 단말은 제 4 제어 정보를 포함하는 UE capability signaling을 기지국으로 전송한다(S2410).

20 상기 제 4 제어 정보는 간단히 제어 정보로 표현될 수도 있다.

 상기 제 4 제어 정보는 2D-AAS 구조 관련 단말이 어떤 codebook configuration을 지원(또는 구현)하는지 여부를 나타내는 정보이다.

상기 제 4 제어 정보는 class A 즉, non-precoded CSI-RS 동작과 관련된 codebook configuration을 나타낸다.

또한, 상기 제 4 제어 정보는 2D-AAS 구조에서 long-term CSI feedback에 대한 빔 그룹 선택과 관련된 codebook configuration을 나타낼 수 있다.

상기 codebook configuration은 codebook config. 1 내지 4 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

즉, 단말은 2D-AAS 구조 관련 codebook config. 1 내지 4 중에서 어떤 codebook config.를 지원하는지 또는 어떤 codebook config.를 구현하였는지를 capability signaling을 통해 기지국으로 알릴 수 있다.

상기 codebook config.는 rank 수에 따라 달라질 수 있다.

이후, 상기 기지국은 상기 수신된 UE capability signaling에 기초하여 상기 단말로 전송할 codebook configuration을 결정한다(S2420).

이후, 상기 단말은 상기 기지국으로부터 (상기 결정된) codebook configuration을 포함하는 상위 계층 시그널링을 수신한다(S2430).

이후, 상기 단말은 상기 수신된 상위 계층 시그널링에 기초하여 적어도 하나의 안테나 포트를 통해 전송되는 CSI-RS 또는 적어도 하나의 CSI-RS port를 상기 기지국으로부터 수신한다(S2440).

구체적으로, 상기 단말은 상기 결정된 codebook configuration에 기초하여 적어도 하나의 CSI-RS를 수신하기 위한 빔 (또는 안테나 포트) 그룹을 선택할 수 있다.

그리고, 상기 단말은 상기 선택된 빔 그룹에서 적어도 하나의 빔을 통해

CSI-RS를 수신 및 측정한다.

이후, 상기 단말은 상기 수신된 CSI-RS를 통해 채널을 추정한다(S2450).

이후, 상기 단말은 코드북(codebook)에서 상기 추정된 채널과 관련된 프리코딩 행렬(precoding matrix)을 결정한다(S2460).

5 이후, 상기 단말은 상기 결정된 프리코딩 행렬에 대응하는 프리코딩 행렬 인덱스(Precoding Matrix Index: PMI)를 상기 기지국으로 피드백한다(S2470).

여기서, 상기 선택된 빔 그룹에 대한 feedback은 long-term으로 수행되며, 상기 선택된 빔 그룹 내의 빔에 대한 feedback은 short-term으로
10 수행된다.

즉, 상기 피드백은 long-term feedback 및 short-term feedback으로 구분된다.

여기서, 상기 보고 또는 feedback은 CSI process마다 수행된다.

15 **<제안 내용 1-1: 새로운 CSI-RS resource 구성>**

다음으로, 새로운 CSI-RS resource를 구성하는 방법에 대해 살펴본다.

앞서서는, 12-port 및 16-port CSI-RS patterns의 특정 case들을 최적화하는데 초점이 맞춰져 있다.

하지만, 32-port 또는 그 이상까지 미래에 확장될 것을 염두해두는 경우,
20 더 일반적인 형태에서 $M(>8)$ -port CSI-RS resource를 설정하는데 약간의 flexibility를 가지는 것이 더 유리할 수 있다.

이러한 관점에서, 이하에서 기술할 <제안 내용 1-1>은 레거시 2-port,

4-port, 및/또는 8-port에서 다수의 CSI-RS resources로 설정될 수 있는 새로운 CSI-RS resource를 고려한다.

<제안 내용 1-1>을 따르면, 단순함을 위해 후보 M 값들은 4의 배수 즉, $M = 4, 8, 12, 16$ 등으로 제한될 수 있는 특정 M-port CSI-RS를 지원할 수 있다.

<제안 내용 1-1>은 아래와 같이 2가지 방식으로 구분될 수 있다.

(방법 1): EBF/FD-MIMO를 지원하는 UE에 대해, CSI process는 다수의 레거시 (4-port) CSI-RS resources로 설정될 수 있다.

(방법 2): EBF/FD-MIMO를 지원하는 UE에 대해, 새로운 타입의 CSI-RS resource는 다수의 병합된 legacy (4-port) CSI-RS resources를 포함하도록 설정될 수 있다.

또한, 8 CSI-RS ports 이상(e.g., 16, 32, 64 등)을 지원하는 CSI-RS enhancements에 대해, 다수의 서로 다른 beamformed CSI-RS port-group들은 CSI-RS 설정(configuration)마다 구성될 수 있다.

또한, 서로 다른 CSI-RS port-groups은 서로 다른 서브프레임에서 전송될 수 있다.

결과적으로, 전체 CSI-RS ports 개수의 상당수가 현재 최대 6dB CSI-RS 파워 부스팅(power boosting) 조건을 만족시키면서 서브프레임 레벨에서 TDM될 수 있다.

Potential codebook and CSI feedback enhancements

이하 설명의 편의를 위해, UE는 FD-MIMO CSI feedback을 지원하기

위해 총 32 CSI-RS ports로 설정된다고 가정한다.

예를 들어, UE는 4개의 port-groups을 가지며, 각 port group은 아래 도 25에 도시된 바와 같이, 기존의 8-port CSI-RS pattern과 연관되어 있다고 인식할 수 있다.

5 네트워크는 셀 마다 4개의 서로 다른 (vertical) beamformed CSI-RSs들을 전송하도록 한다.

이 경우, 각 beamformed CSI-RS는 서로 다른 port-group에 해당한다.

해당 셀에 접속되는 각 UE는 FD-MIMO CSI feedback을 수행하며, CSI feedback chain에 대해 아래 2가지 part를 포함할 수 있다.

10 Part 1: 해당 codebook 선택에 기초하여 선택된 port-group feedback

Part 2: 존재하는 (existing) 일정 계수 (constant-modulus)에 기초하여 수평적인 (horizontal) short-term CSI feedback

Part 1의 vertical beam 선택 feedback의 주기는 존재하는 수평 피드백 (horizontal feedback) 즉, part 2의 feedback 주기에 비해 상대적으로 길 수 있다.

RI 및 PMI feedback에 대해, UE가 하나 이상의 port-group을 선택하는 것이 허용되는지 여부에 대해 우선 조사될 필요가 있다.

일반적인 구조에 대한 상황을 가정할 경우, UE는 FD-MIMO 결합 프리코더 ($\mathbf{W}_D$)를 아래 수학적 식 20에 의해 계산하여, 기지국으로 이를 보고한다.

【수학적 식 20】

$$\mathbf{W}_D = [\mathbf{w}_0^{(V)} \otimes \mathbf{w}_0^{(H)} \quad \mathbf{w}_1^{(V)} \otimes \mathbf{w}_1^{(H)} \quad \dots \quad \mathbf{w}_{R_F-1}^{(V)} \otimes \mathbf{w}_{R_F-1}^{(H)}],$$

여기서, $\mathbf{W}_D^{(V)} = [\mathbf{w}_0^{(V)} \quad \mathbf{w}_1^{(V)} \quad \dots \quad \mathbf{w}_{R_V-1}^{(V)}]$.

여기서, $\mathbf{W}_D^{(V)}$ 는 코드북 선택에 의해 선택되며, $\mathbf{W}_D^{(H)}$ 는 기존의 constant-modulus 코드북에 의해 선택된다.

R_V 는 $\mathbf{W}_D^{(V)}$ 의 랭크(rank)이며, 얼마나 많은 port-group이 UE에 의해
5 선택되는지를 나타낸다.

$\mathbf{w}_r^{(V)}$ 는 선택 벡터(selection vector)이며, 선택된 r번째 port-group을 나타낸다.

$\mathbf{W}_r^{(H)}$ 는 r 번째 선택된 port-group 내에서만 CSI-RS port가 선택되는 존재하는 수평 프리코딩 행렬에 해당한다.

10 만약 $\mathbf{W}_r^{(H)}$ 의 랭크를 $R_H(r)$ 로 표현하면, FD-MIMO 결합 프리코더 $\mathbf{W}_D$ 의

전체 랭크는 $\sum_{r=0}^{R_V-1} R_H(r)$ 에 의해 주어진다.

그러므로, 전체 랭크는 선택된 port-group r마다 획득되는 각 수평 랭크 $R_H(r)$ 의 합이다.

15 도 25는 존재하는(또는 기존의) PRB pair에서 8-port CSI-RS pattern의 일례를 나타낸다.

아래에서, long-term과 기존의 horizontal feedback을 가진 동적 vertical feedback 사이의 비교에 대한 평가 결과를 볼 수 있다.

long-term vertical feedback case는 가상의
20 섹터화(sectorization)를 가지 기준 카테고리(baseline category) 2로서
간주될 수 있다.

그리고, 동적 vertical feedback case는 특별한 case로서, vertical rank 1의 제한을 가지는 제안된 방법과 관련되어 있다.

도 26에 도시된 바와 같이, 2D-AAS에 대한 전체 32 antenna elements를 고려하는 경우, TXRUs(Transceiving Units) 및 antenna elements 사이의 1대1 매핑을 가정한다.

도 26은 2D-AAS 안테나 설정의 일례를 나타낸 도이다.

아래 표 11은 vertical feedback에 기초한 long-term 및 short-term을 비교하는 시뮬레이션 결과를 나타낸 표이다.

3dB의 Vertical beam 선택 margin은 long-term vertical feedback에 대해 적용된다.

【표 11】

	UE average Throughput (kbps)	5% UE throughput (kbps)
Long-term vertical feedback	2779(100%)	509(100%)
Dynamic vertical feedback	2927(111%)	596(117%)

표 11에서 보여지는 것처럼, dynamic vertical feedback case의 성능은 long-term vertical feedback case보다 특히, 5% UE throughput에서 약간 더 좋은 것을 볼 수 있다.

수직 채널 변이(vertical channel variance)는 작은 것으로 기대된다.

따라서, 동적 채널 적응(dynamic channel adaptation)은 이번 case에서 그렇게 효과적인 것처럼 보이지 않는다.

그러나, HetNet 환경과 같이 더 큰 vertical channel variance를

가지는 환경에서 또는 R_v 가 1 이상이 될 수 있는 수직적인 rank 제한이 없는 경우에, 또는 2 UE Rx antenna case 이상을 가지는 환경에서 좀 더 연구될 필요가 있다.)

5 이하에서, 본 명세서에서 제안하는 방법들이 적용될 수 있는 CSI process 정의와 관련된 내용들에 대해 살펴본다.

(개념 1)

개념 1은 PMI 기반 보고(reporting)에 대한 CSI process로서, CSI reporting에 2개의 class type(class A type 및 class B type)이 있다.

10 PMI를 갖는 CSI reporting

CSI process는 2개의 CSI reporting class들(class A 또는 class B) 중 어느 하나 또는 2개의 class 모두를 가지도록 설정될 수 있다.

Class A: UE는 {[8],12,16} CSI-RS ports에 기초하여 $W=W1*W2$ 코드북에 따라 CSI를 기지국으로 보고한다.

15 Class B: UE는 아래 4가지의 방법들 중 어느 하나를 가정하여 L port CSI를 기지국으로 보고한다.

방법 1) 빔 선택을 위한 Indicator(Beam selection Indicator:BI) 및 선택된 빔에 대한 L-port CQI/PMI/RI

: CSI process에서 모든 CSI-RS resource들에 대해 설정되는 전체
20 ports의 개수는 L보다 크다.

방법 2) 빔 선택 및 2개의 교차하는 polarization을 결합하여 co-phasing 둘 모두를 반영하는 코드북으로부터 L-port 프리코더

: CSI process에서 전체 설정되는 포트들의 개수는 L 이다.

방법 3) 빔 선택 및 선택된 빔에 대한 L-port CSI를 반영하는 코드북.

: CSI process에서 모든 CSI-RS 자원들에 대해 설정되는 전체 ports의 개수는 L 보다 크다.

5 방법 4) L-port CQI/PMI/RI

: CSI process에서 설정되는 전체 ports의 개수는 L 이다.

만약 CSI measurement restriction이 지원되는 경우, 방법 4는 항상 설정된다.

10 (개념 2)

CSI reporting Class A 및 Class B를 가지는 CSI process(CSI-RS resource와의 관계)

CSI process는 $k(k \geq 1)$ 번째 CSI-RS resource에 대한 N_k ports를 가지는 K CSI-RS resources/configurations과 연관되어 있다.

15 하나의 CSI process에서 CSI-RS ports의 최대 전체 개수

CSI reporting class A에 대해, CSI-RS ports의 최대 전체 개수는 16이다.

12-port/16-ports CSI-RS는 2/4/8 ports를 가지는 $K(K > 1)$ 개의 CSI-RS resources/configuration들의 병합이다.

20

<제안 내용 1-2>

단말이 기지국으로 보고하는 빔 선택 지시자(Beam selection

Indicator:BI)의 bitwidth는 설정되는 K값에 의존하며, 최대 3 bits를 갖는다.

N_{total} 값(Value of N_{total})

Rel-13 CSI process에서 설정되는 CSI-RS ports의 전체 개수를 나타내는 N_{total} 값은 UE 능력에 따라 달라질 수 있다.

예를 들어, EBF/FD-MIMO가 class B에 대해 레거시 설정 가능한 포트 개수(1, 2, 4, 또는 8 ports)의 정수 배뿐만 아니라 class A에 대한 12-port 및 16-port CSI-RS를 새롭게 지원하는 점을 고려할 경우, 가능한 N_{total} 값은 {12, 16, 24, 32, 48, 64}가 될 수 있다.

예를 들어, N_{total} 값이 32 또는 64와 같이 하나의 특정 값으로 고정될 수도 있으나, 공통으로 허용되는 하나의 N_{total} 값을 가지는 것은 바람직하지 않을 수 있다. 그 이유는 N_{total} 값이 하나의 특정 값을 가지는 경우, 단말 구현 및 복잡도에 상당한 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

고 능력 단말 또는 저 능력 단말을 타겟팅하기 위한 UE 구현 관점에서 약간의 자유를 가지는 것이 이득이 된다.

그리고, N_{total} 값 후보들을 정의하는 것이 flexibility면에서 선호될 수 있다.

따라서, N_{total} 값은 서로 다른 상황을 타겟하는 유연한 UE 구현을 허용하기 위해 UE 능력에 의존한다.

예를 들어, N_{total} 값은 상기 {12, 16, 24, 32, 48, 64}와 같은 후보 값들을 정의하는 것이 바람직할 수 있다.

이하, Class A 및/또는 Class B의 CSI reporting 특징들에 대해 간략히 살펴본다.

먼저, UE는 Class A 및/또는 Class B CSI reporting을 지원하는지(또는 구현되는지) 여부에 대한 단말 능력 정보를 기지국으로 capability signaling할 수 있다.

그 이유는 Class A 및 Class B는 서로 다른 CSI reporting 관련 동작을 수행하기 때문이다.

따라서, UE는 어느 하나의 Class 또는 둘 모두를 선택적으로 구현하기 위한 UE의 구현 관점에서의 자유도를 가지는 것이 더 이득이 된다.

따라서, 기지국은 UE가 capability signaling으로 보고하는 CSI process 설정에서의 해당 class만 단말로 설정하게 된다.

또한, UE는 N1, N2, O1, O2, Codebook Config.(예:codebook config. Index 1,2,3,4) 및 CDM-4가 지원되는지 여부를 나타내는 정보 즉, class A와 관련된 코드북 파라미터들 또는 상기 코드북 파라미터들에서 일부 파라미터를 결합한 정보를 기지국으로 capability signaling함으로써, 각 class에 대한 보다 상세한 파라미터들을 기지국으로 보고할 수 있다.

Class B에 대해, UE는 PMI-config=1을 가지는 W2 feedback만을 지원하는지 여부를 기지국으로 보고할 수 있으며, $K > 1$ 인 경우, UE의 최대 지원되는 K값이 기지국으로 알려질 수 있다.

또한, UE는 SRS 및 DMRS enhancements와 관련하여, 추가적인 UpPTS symbols의 지원되는 개수, combs의 지원되는 개수, 및 Rel-13 DMRS table의 지원 여부 등에 대한 정보를 capability signaling을 통해

기지국으로 전송할 수 있다.

또한, 단말이 아래 표 12와 같이, enhanced periodic SRS /
aperiodic SRS transmissions을 위한 RRC 설정 메시지와 관련하여,
5 enhanced periodic SRS 전송만 지원하는지(또는 구현되었는지) 또는
enhanced aperiodic SRS 전송만 지원하는지(또는 구현되었는지) 여부, 또는
둘 다 지원하는지 여부와 관련된 정보를 포함하는 capability signaling을
기지국으로 전송할 수 있다.

이를 통해, 기지국은 해당 단말이 전송하는 capability signaling에
10 기초하여 단말이 추가적인 SRS 전송을 할 수 있도록 설정할 수 있다.

【표 12】

Sounding RS-UL-Config Dedicated-extended UpPTS	Sounding RS-UL-Config Dedicated-Aperiodic extended UpPTS
SRS configuration parameter for extended UpPTS for trigger type 0	SRS configuration parameter for extended UpPTS for trigger type 1
Same set of parameters and value ranges are used as in Sounding RS-UL-ConfigDedicated, with an exception of adding new	Same set of parameters and value ranges are used as in Sounding RS-UL- ConfigDedicatedAperiodic-r10,

parameter(number-of-combs) and revising value ranges of the parameters (transmissionComb, cyclicShift)	with an exception of adding new parameter(number-of-combs) and revising value ranges of the parameters (transmissionCombAp, cyclicShiftAp)
Independently configured per cell	Independently configured per cell
This parameter is configured only when Number-of-additional-Uppts is configured.	This parameter is configured only when Number-of-additional-Uppts is configured.

또한, 단말은 아래 표 13과 같이, channel measurement restriction(MR) 및/또는 interference MR을 위한 RRC 설정 메시지와 관련하여, 단말이 channel MR 동작만 지원하는지(또는 구현되었는지) 또는 interference MR 동작만 지원하는지(또는 구현되었는지), 또는 둘 다 지원하는지 여부와 관련된 정보를 포함하는 capability signaling을 기지국으로 전송할 수 있다.

이를 통해, 기지국은 해당 단말이 전송하는 capability signaling에 기초하여 channel MR 및/또는 interference MR을 상기 단말로 설정한다.

【표 13】

Channel-Measurement-Restriction	Interference-Measurement-Restriction
Indicate whether measurement restriction is on or off for channel measurement	Indicate whether measurement restriction is on or off for interference measurement
1 bit to indicate whether measurement restriction is on or off for channel measurement	1 bit to indicate whether measurement restriction is on or off for interference measurement
Independently configured per CSI process per subframe subset per cell	Independently configured per CSI IM per CSI process per subframe subset per cell
Applies for class B 1=ON 0=OFF	 1=ON 0=OFF

<제 5 실시 예>

새로운 CSI process는 PUSCH 기반의 비주기적 CSI reporting(PUSCH based aperiodic CSI reporting)만을 지원한다.

5 또한, PUCCH 기반(PUCCH based)의 CSI reporting의 경우, 이에

대응하는 하나의 legacy CSI-RS resource를 항상 추가 삽입함으로써, legacy PUCCH 기반의 주기적 CSI-RS reporting만을 수행하도록 하였다.

이 경우, 새로운 CSI process는 하나의 새로운 (e.g., 12 또는 16 port) CSI-RS resource와 하나의 레거시 (e.g., 1, 2, 4, 또는 8 port) CSI-RS resource를 pair로 설정할 수 있도록 한다.

그리고, 새로운 CSI process는 새로운 CSI-RS resource에 대해서는 aperiodic CSI reporting을 수행하도록 하고, legacy CSI-RS resource에 대해서는 periodic CSI reporting을 수행하도록 구분 또는 분리하였다.

하지만, 새로운 CSI process에서 항상 PUCCH 기반의 periodic CSI reporting을 legacy CSI-RS resource에 대해서만 적용하도록 한정하는 것은 주기적 CSI-RS 피드백의 효율 및 효율성을 저해 또는 제한하는 문제가 있을 수 있다.

따라서, 이하 살펴볼 제 5 실시 예는 새로운 CSI process에서 새로운 CSI-RS resource에 대해서도 PUCCH 기반의 주기적 CSI reporting을 수행하도록 하는 방법을 제공한다.

만일 PUCCH 기반의 CSI reporting에 대해 legacy CSI-RS resource를 이용하여 수행할 경우, legacy CSI process를 활용하도록 한다.

즉, UE capability가 더 크지 않도록 하는 보다 효과적인 CSI reporting의 동작 방법을 제공한다.

예를 들어, capability signaling 관점에서, 현재 정의된 동작과 같이 단말은 Band combination 별(CA 별)로 레거시(P:지원되는 CSI process

개수) P값(예:1,3,4) 관련 capability 시그널링을 기지국으로 전송할 수 있다.

여기에 추가적인 단말의 capability signaling로서, 단말은 16-port 또는 12-port 등 enhanced Class A가 지원되는 CSI process의 개수가 몇 개 더 추가될 수 있는지를 나타내는 정보를 기지국으로 알려줄 수 있다.

예를 들어, 단말이 Legacy P의 개수 'P=3'값을 포함하는 capability signaling을 기지국으로 전송한 경우, 단말이 추가적인 CSI process의 개수 (Q) 'Q=2'값을 포함하는 capability signaling을 추가적으로 기지국으로 전송함을 가정한다(예를 들어, 16-port의 경우).

이 경우, 기지국은 단말이 총 $P+Q = 5$ 개의 CSI process를 설정 또는 지원할 수 있는 것으로 인식할 수 있다.

이 때, 'Q=2'개 즉, 추가되는 CSI process에 대해서는 오직 A(Aperiodic)-CSI reporting만 설정될 수 있다고 제한할 수 있다.

또한, 'P=3'에 대해서는 P(Periodic)-CSI/A(Aperiodic)-CSI 모두 가능하며, 앞서 살핀 것처럼, 'Q=2'개에 대해서는 A-CSI reporting만 설정되도록 할 수 있다.

이를 통해, 하나의 새로운 CSI process는 항상 두 개의 CSI-RS resources를 모두 포함해야 한다는 제한(restriction)을 가지는 것을 피할 수 있다.

추가적으로, 단말은 'band 별 band combination 별로' 그리고/또는 'band combination 별로' 추가적인 파라미터 N을 포함하는 capability signaling을 기지국으로 전송할 수 있다.

현재 정의된 CSI 계산 복잡도의 완화(calculation relaxation) 관련 내용에서, 무조건 $P+Q$ 에 대해서 동시에 X (e.g., $X=4ms$) 이내에 triggering을 받는 경우, 모두 A-CSI reporting을 수행할 수 있다고 되어 있는 동작을 수정할 수 있게 된다.

5 따라서, 단말은 상기 추가적인 파라미터에 해당하는 N 개까지만 A-CSI reporting을 수행할 수 있도록 정의될 수 있다.

예를 들어, $P+Q = 5$ 이지만, $N=3$ 일 수 있다.

이는 암묵적으로 $P=3$ 개 중에 2개의 legacy 설정은 ($Q=2$ 개의 enhanced 설정의 일종인) PUCCH 기반 reporting 모드만을 위한 pair 관계로 취급될 수
10 있다.

그리고, $P+Q=5$ 이나, 여전히 $P=N=3$ 개 만큼의 동시의 A-CSI reporting 개수를 레가시(legacy) 때와 동일하게 유지할 수 있도록 하는 장점이 있다.

<제안 내용 2>

15 non-precoded CSI-RS 방법이 FD-MIMO 동작의 지원을 위해 고려되는 경우, CSI process 별 설정 가능한 NZP CSI-RS port의 개수는 증가되어야 한다.

잠재적 non-precoded CSI-RS 진화(Potential non-precoded CSI-RS enhancements)

20 Beamformed CSI-RS에 대해 서로 다른 CSI-RS port-group에 대한 TDM 방식의 디자인 또는 설계가 고려될 필요가 있다.

각 CSI-RS port group은 서로 다른 beamformed CSI-RS port를

포함한다.

여기서, TDM의 scale은 몇 개의 서브프레임들 또는 그 이상이 될 수 있다.

하나의 port-group에 대해 서로 다른 vertical-beamformed port들의 적용으로 인해, 서로 다른 port-group들은 동시에 (또는 거의 동시에 예를 들어, 한 쌍의 OFDM 심볼 내에서) 전송될 필요가 없다.

UE의 CSI feedback은 (vertical feedback)과 같이 코드북 선택에 기초하여 port-group 선택 피드백을 포함할 수 있으며, horizontal feedback과 같이 기존의 일정 계수(constant-modulus:CM) 코드북에 기초하여 기존의 short-term CSI feedback을 포함할 수 있다.

8 ports 이상(e.g., 16, 32, or 64 ports)을 가지는 non-precoded CSI-RS 기반 방법에 대한 설계를 고려하는 경우, 동일한 CSI-RS resource 내에서 CSI-RS ports 사이의 서브프레임-레벨 TDM은 모든 non-precoded CSI-RS port들에서 측정될 필요가 있다.

Non-precoded CSI-RS 설계 방법은 아래 2가지 방식(TDM 기반의 non-precoded CSI-RS 및 FDM 기반의 non-precoded CSI-RS)으로 분류할 수 있다.

방식 1: TDM 기반의 non-precoded CSI-RS 설계

도 25는 기존의(existing) 8-port CSI-RS pattern들이 도시되며, 서브프레임 별 PRB pair 별 총 40 port들이 이용될 수 있는 것을 볼 수 있다.

하나의 CSI-RS resource 내에 RS port들이 time spread 관점에서 동일한 디자인(또는 설계) 원리를 따르면, CSI-RS resource 별 최대 24

ports(도 25에서 9번째 및 10번째 OFDM 심볼에서 모든 RE들) FD-MIMO를 지원할 수 있도록 정의될 수 있다.

그러나, 24개까지 CSI-RS port를 증가시키기 위한 직접적인 확장은 여전히 32 port 및 64 port에 대한 case를 커버할 수 없다.

5 또한, 24-port CSI-RS는 서브프레임 별로 단지 한 번 사용될 수 있으며, 다른 8-port CSI-RS pattern 0(도 25에서 5번째 및 6번째 심볼들에서) 및 8-port CSI-RS pattern 4(도 25에서 12 번째 및 13 번째 심볼에서)가 FD-MIMO를 지원하기 위해 사용될 수 없음을 의미한다.

10 앞의 도 25 즉, PRB pair에서 존재하는 8-port CSI-RS pattern들을 참조하여 설명하기로 한다.

구체적으로, 도 25에서 8-port CSI-RS pattern 1, 2, 3, 4를 포함하는 정확한 32-port CSI-RS 설정을 정의할 수 있다.

여기서, RS port의 time spread는 4 OFDM 심볼 길이이다.

15 이 경우, 남아 있는 8-port CSI-RS pattern 0은 레거시 UE 지원을 위해 사용될 수 있다.

마찬가지로, 8-port CSI-RS patterns x 및 y 를 포함하는 정확한 16-port CSI-RS 설정을 정의할 수 있다.

여기서, $(x, y) = (1, 2), (1, 3),$ 또는 $(2, 3)$ 일 수 있다.

20 이 경우, RS port의 time spread는 레거시와 동일한 OFDM 심볼 길이를 갖는다.

또는, 16-port CSI-RS 설정을 설계하기 위해 8-port CSI-RS pattern 4를 포함하는 것 역시 고려될 수 있다.

(제안 1): 하나의 서브프레임에서 32 port까지의 non-precoded CSI-RS 구성은 레거시 8-port CSI-RS patterns을 재사용함으로써 고려될 수 있다.

FD-MIMO를 위한 64-port CSI-RS 설정을 지원하기 위해, TDM에 관한 non-precoded CSI-RS 설계는 아래와 같이 2가지 방식이 있을 수 있다.

각 방식은 아래 요약하는 바와 같이, 다수의 서브프레임 확장 및 추가적인 RE 사용이 있다.

(방법 1-1): 다수의 서브프레임들에서 추가적인 확장

(방법 1-2): 존재하는(existing) 후보 CSI-RS RE들 이외에도 추가적인

10 RE들 사용

먼저, 방법 1-1은 64 또는 그 이상의 CSI-RS port에 대해 이용 가능한 RE들을 위해 다수의 서브프레임들의 병합을 허용한다.

그러나, 이 경우에 대해 보상 방법의 종류가 서로 다른 서브프레임에서 전송되는 RS port들 사이의 채널 위상 오프셋(channel phase offset)을 극복하기 위한 부분이 필요로 된다.

예를 들어, UE는 서로 다른 서브프레임에서 측정된 CRS에 의해 평가된 채널 위상 오프셋(channel phase offset)을 보상할 수 있다.

따라서, 위의 내용을 FD-MIMO에 대한 CSI를 획득할 때 CSI-RS 기반 채널 측정을 하도록 적용한다.

20 다음, 방법 1-2는 FD-MIMO 목적을 위해 CSI-RS ports에 대해 사용될 수 있는 추가적인 RE들을 정의한다.

예를 들어, 존재하는 8-port CSI-RS pattern 1,2,3의 동일한 패턴들

예를 들어, pattern 1a, 2a 및 3a의 새로운 패턴 인덱스들은 2번째 및 3번째 OFDM 심볼에서 반복될 수 있다.

따라서, FD-MIMO를 지원하기 위해 결과적으로 64 ports가 되도록 하나의 서브프레임에서 총 8개의 8-port CSI-RS 패턴을 가질 수 있다.

5 이와 같은 설정을 위해, PDCCH 길이는 첫 번째 2개의 OFDM 심볼들로 제한된다.

이와 같은 특정 서브프레임의 발생은 UE에게 사전에 설정되거나 또는 (상위 계층) 시그널링을 통해 UE로 제공될 수 있다.

(제안 2): 존재하는 후보 CSI-RS RE들 이외에도 추가적인 RE들이 하나의
10 서브프레임에서 64-port CSI-RS 설정을 지원하기 위해 고려될 수 있다.

(방법 2): FDM 기반 non-precoded CSI-RS 설계

FDM 기반 non-precoded CSI-RS 설계의 접근은 FD-MIMO를 지원하기 위해 UE로 설정되는 총 CSI-RS port의 개수를 증가시키기 위해 RB 레벨 FDM
15 CSI-RS port를 첫 번째로 고려할 수 있다.

도 25에 도시된 바와 같이, 현재 가능한 CSI-RS 패턴들에서 동일한 RS port는 매 12 subcarrier들에 할당되며, 하나의 CSI-RS port에 대한 RS density는 PRB pair 별 '1'이 된다.

만일 방법 2에서 제안하는 RB들을 가지는 새로운 CSI-RS 패턴을 정의하는
20 경우, 예를 들어, 동일한 RS port가 매 24 subcarrier들에 할당된다고 가정하는 경우, 존재하는 CSI-RS 패턴만을 재사용함으로써, 하나의 서브프레임 내에서 64 port CSI-RS configuration까지 지원할 수 있다.

잠재적 코드북 및 CSI 피드백 진화(Potential codebook and CSI feedback enhancements)

UE는 FD-MIMO를 지원하기 위해 CSI process 별 8 non-coded
5 CSI-RS port 이상을 가지도록 설정할 수 있다.

예를 들어, UE는 16, 32, 64 ports와 같이 full CSI-RS ports들을 측정하면서, 기 정의되는 codebook을 사용함으로써, CSI-RS를 획득할 수 있다.

또한, 이와 같은 상황에서 사용되는 코드북은 새롭게 정의될 필요가 있는 16-tx, 32-tx, 또는 64-tx codebook과 같은 full sized 코드북이 될 수
10 있다.

다만, 이와 같은 새로운 코드북을 설계하는 것은 일반적으로 많은 노력이 필요하다.

따라서, 이미 존재하거나 또는 DFT 기반 CM(constant modulus) 코드북 사이에서 Kronecker product에 기초하여 조직적인(systematic) 코드북
15 구조를 가지는 것이 자연스럽다.

Kronecker 프리코딩의 방법에서, 전체 채널 프리코딩 매트릭스 P 는 Kronecker product operator를 가지는 V-precoding P_V 및 H-precoding P_H 를 통해 아래 수학적 식 21에 의해 획득될 수 있다.

【수학적 식 21】

$$P = P_V \otimes P_H$$

20

여기서, H-precoding P_H 를 획득하기 위한 수평 domain 코드북은 2-tx, 4-tx, 및 8-tx codebooks과 같은 기존의(existing) LTE 코드북일 수 있다.

그러나, 수직 영역(vertical domain) 코드북을 위한 코드북의 타입은 FD-MIMO 지원을 위해 동일한 LTE 코드북 또는 DFT 코드북 등을 사용하는 것이 바람직하다.

아래 리스트된 옵션들을 각각 vertical codebook을 위해 사용하는
5 경우에 있어서의 성능 차이를 살펴본다.

- Option 1: 2-bit DFT codebook
- Option 2: 3-bit DFT codebook
- Option 3: Rel-8 4-Tx codebook

각 옵션에 대한 평가를 위해, 매크로 셀에 대한 (8,4,2,8) 및 스몰 셀에
10 대한 (4,2,2,16)을 가지는 non-co-channel HetNet 시나리오를 고려하기로 가정한다.

매크로 셀에 대해, Polarization 별 1 TXR을 가정하고, 스몰 셀에 대해, Polarization 별 4 TXR을 가정한다.

또한, 스몰 셀 및 매크로 셀 사이에서 셀 연관에 대한 바이어스 값(bias
15 value)는 1.8dB이다.

옵션 1에 대해, {75.5, 90.0, 104.5, 120.0} etilt가 DFT 코드북에 대해 사용된다.

또한, 옵션 2에 대해, {41.4, 60, 75.5, 90, 104.5, 120, 138.6, 180} etilt가 DFT 코드북에 대해 사용된다.

20 또한, 옵션 3에 대해, (Rel.8) 4-Tx codebook이 시뮬레이션을 위해 사용된다.

아래 표 14는 각 옵션(1,2,3)에 대한 완전 버퍼 모델(full buffer

model)에 대한 평가 결과를 제공한다.

즉, 표 14는 서로 다른 vertical 코드북 옵션에 따라 5%, 50 % UE 및 평균 섹터에 대한 full buffer 시뮬레이션의 결과를 나타낸다.

【표 14】

	Average sector Throughput (bps/Hz)	5% UE Throughput (bps/Hz)	50% UE Throughput (bps/Hz)
Option 1	2.56	0.138 (99%)	0.486
Option 2	2.62	0.139 (100%)	0.499
Option 3	2.62	0.141 (101.1%)	0.500

5 표 14를 참고하면, 옵션 1, 2, 3에 대한 각 성능은 거의 동일한 것을 볼 수 있다.

성능의 관점에서 볼 때, 옵션 1과 같은 4 vertical codewords를 사용하는 것만으로도 충분한 성능을 얻을 수 있다.

즉, vertical codebook에 대해, 성능 측면을 고려하는 경우, 2-bit
10 DFT 코드북을 사용하는 것만으로도 충분함을 알 수 있다.

<제안 내용 3>

이하, FD-MIMO 동작을 위해 기지국에서 많은 수의 전송 안테나들이 구현될 때, UE는 CSI-RS port의 개수를 얼마나 많이 측정할 수 있는지와
15 관련하여 살펴보기로 한다.

많은 수의 안테나를 가지는 2차원 안테나 어레이 시스템에서 FD-MIMO를 고려하는 경우, N-port ($N > 8$) CSI-RS configuration에 대한 필요 여부에

대해 살펴볼 필요가 있다.

많은 개수의 안테나 요소들을 가지는 massive MIMO 시스템에서, CSI-RS 전송 포트들의 개수는 안테나 요소의 개수가 증가함에 따라 비례적으로 증가할 수 있다.

5 비록 8개 이상으로 CSI-RS port의 개수가 설정 가능하도록 직접적인 확장이 고려될 수 있지만(예를 들어, PRB pair 별 후보 RE들의 위치를 확장), 이는, $N > 8$ ports 및 해당 RE의 위치를 가지는 CSI-RS 구성의 수정 또는 많은 수의 N-port CSI-RS configuration을 커버하기 위한 서브프레임 레벨 확장을 포함하여 현재 스펙에 많은 영향을 미칠 수 있다.

10 게다가, CSI-RS configuration 별 N 이 증가함에 따라, RS 자원 오버헤드도 비례적으로 증가하게 되어, 결과적으로 throughput이 감소될 수 있다.

(제안 1): N-port ($N > 8$) CSI-RS configuration이 구체화될 필요가 있는지 여부에 대한 검토 필요

15 기존의 CSI-RS configuration(8 ports까지)을 재사용하는 것이 바람직할 수 있다.

즉, FD-MIMO를 지원하기 위해 기존의 CSI-RS configuration에 기초하여 접근하는 방법도 고려될 필요가 있다.

채널 상관 매트릭스(channel correlation matrix)는 방위각과 고도
20 차원(azimuth and elevation dimension)에서 Kronecker product의 상관관계에 잘 근접해질 수 있다.

그러므로, Kronecker precoding에 대한 방위각 및 고도 차원에서 2개의

CSI-RS의 결합이 고려될 수 있다.

각 CSI-RS는 총 64 ports가 Kronecker product에 의해 적절히 표현될 수 있도록 현재와 마찬가지로 8 ports까지 가질 수 있다.

5 살핀 것처럼, 많은 안테나 개수는 CSI-RS ports 개수보다 적은 결합으로 표현될 수 있다.

편의를 위해, 아래 일례와 같은 안테나 구성을 고려한다.

도 27에 도시된 바와 같이, $(M, N, P, Q) = (8, 2, 2, 32)$ 를 가지는 안테나 어레이 구성을 고려한다.

이 경우, 각 TXRU는 도 27과 같이 하나의 CSI-RS port에 매핑되는
10 안테나 요소와 1대1 매핑을 가정한다.

2개의 독립적인 CSI process들이 UE에게 설정되어 있다고 가정한다.

1) 4-port H-CSI process: polarization 별 하나의 CSI-RS port

2) 8-port V-CSI process: 동일 polarization 을 가지는 하나의 열(column)에 대한 8 개의 TXRU 들을 가지는 1 대 1 매핑

15 CSI-RS port 인덱싱에 대해, 1) Port 15-18; Port 15-16 및 Port 17-18가 독립적으로 co-polarized가 되며, 2) port 15-22의 시뮬레이션이 가정된다.

도 27은 잠재적 CSI-RS 구성에 대한 2D-AAS 안테나 설정의 일례를
20 나타낸 도이다.

Kronecker 프리코딩의 방법에서, 전체 채널 프리코딩 매트릭스 P 는 Kronecker product operator를 가지는 H-precoding P_H 및 V-precoding

P_V 에 기초하여 수학적 식 21에 의해 획득될 수 있다.

프리코딩 매트릭스 P_V 및 P_H 를 획득하기 위해, UE는 V-domain 및 H-domain 모두에서 CSI 측정을 수행할 수 있다.

도 27에 도시된 바와 같이, 각각은 예를 들어, 8-port V-CSI-RS configuration 및 4-port H-CSI-RS configuration에 기초한다.

이 방법과 함께, 많은 scale AAS들에 대한 코드북 디자인은 vertical codebook 및 horizontal codebook을 별개로 나눌 수 있다.

결과적으로, 간단하게 horizontal codebook에 대한 legacy codebook을 재사용 또는 확장함으로써, 코드북의 디자인이 간단해질 수 있으며, 특정 상황에 대한 선형 위상 증가(linear phase increment)와 함께 vertical codebook을 디자인할 수 있다.

두 번째로, 이 방법은 RS 오버헤드 및 CSI 피드백 오버헤드를 줄일 수 있다.

그 이유는, 증가되는 오버헤드 및 복잡도를 대신하여 채널 측정 품질을 향상시키기 위해 총 32 안테나 포트보다는 오히려 총 12 안테나 포트가 측정될 필요가 있기 때문이다.

마지막으로, 이 방법은 2개의 코드북 - 각 코드북은 한 번에 전체 채널을 표현하는 하나의 코드북보다 훨씬 작은 사이즈를 가짐-을 요구하기 때문에 PMI feedback의 오버헤드를 줄일 수 있다.

20

(제안 2): Kronecker precoding은 많은 개수의 2D-AAS 전송 안테나를 지원하기 위해 간단한 프리코딩 메커니즘으로 고려될 수 있다.

표 15는 baseline category 3 및 enhanced scheme 1 사이의 성능을 비교하는 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

여기서, enhanced scheme 1에 대해 하나의 결합된 CQI는 vertical 및 horizontal CSI-RSs 사이의 관계를 고려할 때, 전체 Kronecker precoding matrix P 와 함께 UE 측에서 계산된다.

【표 15】

	Mean UE Throughput (bps/Hz)	5% UE Throughput (bps/Hz)	50% UE Throughput (bps/Hz)	Resource Utilization	FTP load, λ (UEs/s/sector)
Category 3	2.828 (100%)	0.4429 (100 %)	2.531 (100%)	0.28	1.5
Enhanced scheme 1	3.407 (121%)	0.7937 (179 %)	3.448 (136%)	0.21	
Category 3	2.194 (100%)	0.1520 (100%)	1.747 (100%)	0.44	2.0
Enhanced scheme 1	2.779 (127%)	0.3717 (245%)	2.516 (144%)	0.34	
Category 3	1.371 (100%)	0.0155 (100%)	0.844 (100%)	0.74	3.0
Enhanced scheme 1	1.858 (136%)	0.0648 (418%)	1.370 (162%)	0.65	
Category 3	0.2584 (100%)	0.0031 (100%)	0.1868 (100%)	Full buffer	
Enhanced scheme 1	0.2651 (103%)	0.0114 (368%)	0.1717 (92%)		

표 15를 참고하면, baseline Category 3이 enhanced scheme 1에 비해 성능이 좋지 않음을 볼 수 있다.

기지국에서 보고되는 2개의 CQI가 결합될 때, 주로 CQI mismatch가

발생한다.

그 이유는, 독립적으로 보고되는 vertical 및 horizontal CQIs로부터 하나의 CQI를 얻는 것은 정확하지 않기 때문이다.

5 (제안 3): UE 측에서 결합되는 CQI를 고려하는 CQI enhancement가 별개의 vertical 및 horizontal CSI-RS 기반의 방법을 지원하기 위해 요구된다.

CSI 측정에 대한 또 다른 접근은 서로 다른 서브프레임에서 시간으로 다양화하는 TXRU-port 매핑을 가지는 CSI-RS port N의 제한된 개수를
10 사용하는 것이다.

즉, CSI-RS가 전송되는 매 시간 상황에서 N CSI-RS ports는 서로 다른 TXRUs에 매핑될 수 있다.

전체적으로, 많은 개수의 안테나 포트들에 대한 CSI는 측정 시간 상황 별 전송되는 훨씬 더 작은 개수의 N CSI-RS port들을 가지는 기지국 측에서
15 획득될 수 있다.

4 CSI-RS port들은 UE에서 구성되고, UE가 부분적인 채널을 결합하기 위해 도 28에서와 같이, 4 ports 매핑 패턴이 상기 UE로 알려진다.

UE는 2개의 CSI feedback type 중 어느 하나를 따른다.

첫 번째 CSI feedback type은 도 28에서와 같이, 특정 서브프레임
20 ti에서 N CSI-RS port들에 의해 측정되는 부분 채널에서의 CSI reporting이다.

두 번째 CSI feedback type은 결합 채널에서의 CSI reporting이다.

여기서, 결합 채널은 예를 들어, 다수의 시간 상황에서 부분 채널을 결합함으로써 재 설계되는 전체 추정된 채널을 말한다.

결과적으로, 많은 개수의 안테나 포트(예를 들어, 해당 도 28에서 16개)에 대한 CSI는 측정 시간 상황 별 전송되는 상당히 적은 개수의 N CSI-RS port(e.g., N=4)가 기지국에서 획득되게 된다.

도 28은 16 크로스-폴(cross-pole) 안테나 요소(antenna elements)에 대한 부분적인 CSI-RS 패턴의 일례를 나타낸다.

(제안 4): 큰 스케일(scale)의 2D-AAS에 대한 CSI를 획득하기 위해 사용될 수 있는 측정 상황(measurement instance) 별 서로 다른 포트 매핑을 가지는 제한된 CSI-RS ports의 개수에 의존하는 방법을 고려한다.

<제안 내용 4>

이하, beamformed 및 non-precoded CSI-RS 기반 방식의 hybrid 방식에 대해 살펴본다.

RS 전송 최적화는 FD-MIMO를 효과적으로 지원하기 위한 디자인 중 하나이다.

예를 들어, 가상의 섹터화(virtual sectorization)를 가진 baseline category 2 방식을 고려하는 경우, 네트워크는 주기적으로 다수의 CSI-RS를 전송함으로써 vertical channel domain을 개발하는 이익을 얻을 수 있다.

각 CSI-RS는 서로 다른 vertical beam weights를 가지고 precoded되며, 이는 beamformed CSI-RS 기반 방식으로 간주될 수 있다.

그러나, 이러한 baseline(기준) 방식은 셀 측면에서 연속적으로 다수의 CSI-RS를 전송하는 오버헤드가 발생한다.

타겟 UE들로 FD-MIMO를 지원하기 위해 효과적으로 CSI-RS 전송을 제어하기 위해 RS 오버헤드 및 네트워크의 유연성을 고려할 때, 효과적인 CSI-RS 전송 방법은 많은 수의 RS ports를 가진 시스템에 대해 UE 부하(load),
5 분배 등을 고려한다.

하나의 방법은 full RS port의 전송보다 RS port의 일부를 전송하는 것이다.

또 다른 방법으로는, 데이터 전송을 위한 자원 재사용으로 RS 오버헤드
10 감소 및 성능 이득을 제공하는 복합 beamformed CSI-RS 기반 방식을 활용 또는 사용할 수 있다.

예를 들어, UE는 긴 주기를 가지는 CSI-RS를 전송함에 의해 수직 빔 방향을 찾고, 이를 기지국으로 보고할 수 있다.

또한, UE는 짧은 주기를 가지는 CSI-RS 전송 (beamformed 기반 UE의
15 long-term feedback)에 의해 short-term CSI 정보를 기지국으로 피드백할 수 있다.

앞서 살핀, 복합 방식은 2가지 주요한 이슈를 가진다.

즉, 2가지 주요한 이슈는 1) 미리 UE에 대해 수직 방향을 어떻게 결정해야 하는지와, 2) 결정된 수직 빔을 beamformed CSI-RS 전송 및 해당 UE 동작에
20 대해 어떻게 적용하는지와 관련된 사항이다.

수직 빔 방향을 결정하기 위한 CSI-RS 전송(CSI-RS transmission to

determine vertical beam direction)

네트워크는 도 29에 도시된 바와 같이, 수직 빔 방향을 찾기 위해 UE에 대한 CSI-RS 전송을 설정할 수 있다.

UE는 가장 좋은 수직 방향을 찾고, 이를 네트워크로 feedback할 수 있다.

5 CSI-RS 주기는 수직 채널이 자주 변하지 않게 때문에 상대적으로 길다.

이 CSI-RS는 아래와 같은 방법과 같이 전송될 수 있다:

(방법 1): non precoded CSI-RS

(방법 2): Beamformed CSI-RS

10 방법 1에서 non-precoded CSI-RS는 수직 빔 방향을 찾기 위해 전송될 수 있다.

UE는 수직 코드북으로부터 수직 빔 (예: PMI)을 선택할 수 있고, 이를 네트워크로 feedback할 수 있다.

그러면, 네트워크는 UE가 수평 CSI 정보를 feedback하기 위해 수직 방향을 향해 beamformed CSI-RS를 제공할 수 있다.

15 방법 2에서, beamformed CSI-RS가 수직 빔 방향을 찾기 위해 전송될 수 있다.

방법 2와 방법 1과의 주된 차이는 수직 코드북 예를 들어, 이 case에서 코드북 선택일 수 있다.

beamformed CSI-RS가 안테나 포트에 매핑되기 때문에, UE는 설정되는
20 beamformed CSI-RS port 사이에서 가장 좋은 안테나 port를 선택할 수 있고, 이를 네트워크로 feedback할 수 있다.

그러면, 네트워크는 또한 UE의 수평 CSI feedback에 대해 수직 방향을

향하는 beamformed CSI-RS를 제공할 수 있다.

도 29는 셀에서 수직 방향을 찾기 위한 일례를 나타낸 도이다.

(제안): 혼합 beamformed CSI-RS 기반 방식 진화에 대해, existing 수평 CSI feedback과 이와 결합하는 수직 방향 feedback이 지원된다.

5 수평 CSI 정보를 획득 및 보고하기 위한 CSI-RS 전송

앞서 살핀 것처럼, 기지국은 UE로부터의 CSI 피드백에 기초하여 타겟 UE의 수직 빔 방향을 결정할 때, 상기 결정된 수직 빔에 의해 적용되는 해당 beamformed CSI-RS는 UE의 수평 CSI feedback을 위해 전송된다.

만일 상기 적용된 수직 빔 방향이 변경될 때, CSI-RS 전송에서 수직
10 beamforming을 적용하기 위해 아래 2가지 방법을 이용할 수 있다.

(방법 1): 기지국은 UE로 유효한 CSI-RS 자원 변경을 알린다.

일반적으로, 셀은 다수의(e.g., 2, 4, or 8) beamformed CSI-RS 자원 후보를 미리 결정할 수 있다.

그 이유는 셀 커버리지 내에 셀 특정하게 미리 결정되는 CSI-RS 자원이
15 선택 또는 고용될 가능성이 있도록 서로 다른 수직 빔을 선호하는 많은 UE들이 존재하기 때문이다.

이 경우, UE는 전체 후보 beamformed CSI-RS 자원들에서 하나의 CSI-RS를 측정할 수 있다.

만약 UE가 설정된 CSI-RS 자원으로부터 서로 다른 수직 빔 방향을
20 기지국으로 보고하는 경우, UE는 채널 측정 관련 서로 다른 CSI-RS를 측정하기 위해 기지국으로 유효한 CSI-RS 자원 변경을 알릴 필요가 있다.

만약 후보 beamformed CSI-RS들 중 일부가 (어떤 UE들도 해당 수직 빔

방향을 선호하지 않기 때문에) 셀 측면에서 전송될 필요가 없는 경우, 사용되지 않는 CSI-RS 자원들은 동적 ZP-CSI-RS 지시에 의해 데이터 전송을 위해 유연하게 사용될 수 있다.

상기 방법 1은 만약 셀에서 활동하는 UE들의 개수가 매우 적지 않을 경우
5 선호될 수 있다.

(방법 2): 기지국이 UE로 동일한 CSI-RS 자원에서 적용되는 빔 변화를 알린다.

방법 2는 셀 내 활동하는 UE들의 개수가 매우 적은 경우 또는 네트워크가 UE-중심 동작(UE-centric operation)으로부터 이득을 얻기 위해 타겟하는
10 경우에 이득이 될 수 있다.

여기서, UE-중심 동작(UE-centric operation)은 UE 별로 설정되는 UE-특정 beamformed CSI-RS 자원과 관련된 UE의 동작을 나타낸다.

수직 방향의 UE의 CSI 피드백에 의존할 때, beamformed CSI-RS는 서로 다른 수직 방향을 가지는 것이 바람직할 수 있다.

따라서, beamformed CSI-RS는 이전 프리코딩과 서로 다른 수직
15 프리코딩을 가정한다.

수직 방향의 (빔) 변화는 UE에 의해 설정되는 구현-특정 측정 윈도우에 의존하는 수평 CSI 계산에 영향을 미친다.

그러므로, UE는 CSI 계산을 위해 CSI 측정 윈도우를 적절히 설정 또는
20 재설정하기 위해 적용되는 빔 방향이 변경될 것인지 여부를 알 필요가 있다.

(제안 3): 복합(hybrid) beamformed CSI-RS 기반 enhancement에

대해, CSI-RS에 대해 수직 프리코딩을 적용하기 위한 구체적인 방법

복합 beamformed CSI-RS 기반 방법 enhancement를 위한 또 다른 방법은 동시에 발생하는 CSI-RS의 전송을 지원하는 방법이다.

네트워크는 UE가 수직적인 beamformed CSI-RS에 기초하여 수평 CSI
5 정보를 기지국으로 보고하도록 트리거할 수 있다.

따라서, 네트워크는 특정 CSI-RS를 전송하는 상황에서 수직 방향을 향해
동시에 발생하는 CSI-RS의 전송을 제공한다.

(제안 3)과 관련된 메커니즘은 도 30에 도시된다.

여기서, 네트워크는 beamformed CSI-RS configuration (e.g., 5
10 ms periodicity)을 다수의 가상 행렬(e.g., B_i for $i=1,2,\dots,K$)들로
설정할 수 있다.

도 30에서, 2번째 무선 프레임의 서브프레임 #4에서, 네트워크는 다른
CSI-RS 전송 서브프레임에서 이전 수직 방향(e.g., virtualization
matrix B_1)으로부터 서로 다른 수직 방향(e.g., virtualization matrix
15 B_2)에 기초하여 수평 CSI 정보를 보고하도록 UE를 트리거할 수 있다.

만일 UE가 다수의 서브프레임에서 다수의 비주기적인 CSI 피드백을
보고하기 위해 트리거되는 경우, 각 비주기적인 CSI-RS 피드백은 CSI-RS에서
서로 다른 가상 매트릭스 B_i 와 연관된다.

또한, 기지국은 보고되는 CSI 피드백에 기초하여 UE에 대한 적당한 빔
20 방향을 결정할 수 있다.

하나의 CSI-RS 구성을 가지는 동시에 발생하는 CSI-RS 전송은 네트워크가
가상 매트릭스들의 동적 변경을 가지고 적절하게 트래픽 부하를 처리하는 것을

가능하게 한다.

도 30은 다수의 가상 행렬들을 가지는 동시 발생하는 CSI-RS 전송의 일례를 나타낸 도이다.

5 <제안 내용 5>

다음으로, non-precoded CSI-RS에 대해, 존재하는 CSI-RS 안테나 포트의 개수 {1, 2, 4, 8}에 대해 full-port 매핑을 사용하여 12- 및 16-CSI-RS ports를 지원하기 위한 방법에 대해 살펴본다.

10 12 및 16 ports에 대한 CSI-RS 설계(design) 및
구성(configuration)

(접근 1): 새로운 CSI-RS 패턴들이 고정된다.

현재 1, 2, 4 또는 8 port에 대해 지원되는 많은 CSI-RS 패턴들이 있다.

여기서, 모든 CSI-RS 패턴들은 특정 1, 2, 또는 4 port CSI-RS
15 pattern들이 하나의 서브프레임에서 5개의 8 port CSI-RS 패턴들 중 어느
하나와 부분적으로 중첩될 수 있는 트리 구조를 따른다.

마찬가지로, 새로운 12- 및 16- port CSI-RS 패턴들은 트리 구조를 확장함으로써 설계될 수 있다.

(접근 1)은 이러한 설계 원리를 따르며, 도 31a 및 도 31b에 도시된 바와
20 같이 각각 12 port 및 16 port에 대해 간단한 설계 옵션을 가질 수 있다.

도 31a는 12 port non-precoded CSI-RS 패턴에 대한 설계 방법의 일례를 나타낸다.

도 31a에 도시된 바와 같이, 본 명세서에서 제안하는 2개의 12-port CSI-RS 패턴들 1 및 2를 정의하는 것은 간단하다.

그 이유는 레거시 CSI-RS 패턴들과 멀티플렉싱을 고려하는 경우, 이하에서 정의하는 2개의 CSI-RS 패턴들은 현재의 1, 2, 4, 8-port CSI-RS patterns과 가장 잘 맞기 때문이다.

예를 들어, 만일 도 31a에서 하나의 셀이 단지 12-port CSI-RS pattern #1을 설정하는 경우, PRB pair 당 동일한 OFDM 심볼에서 서로 다른 12 REs은 인접 셀들에 대해 한 쌍의 CSI-RS 설정 옵션(아래 참조)에 대해 재사용될 수 있다.

- 10 - 다른 셀에 대해 하나의 12 port CSI-RS pattern #2
- 다른 셀들에 대해 하나의 8-port 레거시 CSI-RS 및 하나의 4-port 레거시 CSI-RS pattern 들
- 다른 셀들에 대해 3 개의 4-port 레거시 CSI-RS pattern 들

 게다가, 도 31a에서 2개의 12-port CSI-RS pattern들은 모두 인접 2
15 OFDM 심볼 내에 존재한다.

이는 하나의 CSI-RS 자원에서 RE들의 TDM이 많으면(at most) 2 OFDM 심볼 내에 유지되도록 레거시 CSI-RS pattern과 동일한 설계 원리를 따른다.

마찬가지로, 도 31b는 16-port non-precoded CSI-RS patterns에 대한 설계 방법 즉, 접근 1의 일례를 나타낸다.

20 2개의 새로운 16-port CSI-RS pattern들은 모두 2개의 인접 OFDM 심볼 내에 있으며, 각 패턴은 서로 부분적으로 중첩된다.

 그래서 중첩되는 pattern들 중 어느 하나의 패턴은 'z'로 마크된 다른

RE들이 다른 셀들에서 사용되는 동안 선택적으로 사용될 수 있다.

(접근 2): 새로운 CSI-RS 자원이 기존의 CSI-RS 자원들과 함께 설정된다.

앞서 살핀, (접근 1)은 단지 12- 및 16-port CSI-RS patterns의 특정
5 case들에 최적화하는데 초점이 맞춰져 있다.

하지만, 만일 32 port 이상에 대해 확장되는 경우, 더 일반적인 형태로
M(>8)-port CSI-RS resource를 설정할 필요가 있을 수 있다.

이런 관점에서, (접근 2)는 다수의 레거시 2-, 4-, 및/또는 8-port
CSI-RS resources로 설정될 수 있는 새로운 CSI-RS 자원을 고려한다.

10 (접근 2)를 따를 경우, 간편함을 위해 특정 M-port CSI-RS resource를
지원할 수 있다.

상기 특정 M-port CSI-RS resource는 후보 M 값이 4의 배수로 제한될
수 있다. 여기서, M의 값은 4, 8, 12, 16 등일 수 있다.

(접근 2)는 아래 2가지 방법으로 구분할 수 있다.

15 (방법 1): UE가 EBF/FD-MIMO를 지원하기 위해, CSI process는 다수의
레거시(4-port) CSI-RS resources로 설정될 수 있다.

(방법 2): UE가 EBF/FD-MIMO를 지원하기 위해, 새로운 타입의 CSI-RS
자원이 다수의 병합된 legacy (4-port) CSI-RS resources를 포함할 수
있도록 설정될 수 있다.

20 비록 (방법 1)이 (방법 2)보다 구성에 있어서 더 간단해 보일 수 있으나,
방법 2는 다수의 병합된 CSI-RS 자원들이 항상 함께 측정될 필요가 있고, QCL
관점에서 UE에 의해 트래킹될 필요가 있다는 점 등에서 방법 1보다 더 바람직할

수 있다.

<제안 내용 6>

다음으로, EBF(Enhanced Beamforming)/FD(Full Dimension)-
5 MIMO를 지원하기 위해 새로운 전송 모드(Transmission Mode:TM)이 필요한지
여부에 대해 살펴보기로 한다.

각 하향링크 전송 모드(transmission mode:TM)는 2개의 DCI
format을 지원한다.

상기 2개의 DCI 포맷은 모든 TM들에 의해 공통으로 지원되는 DCI format
10 1A와 TM(TM 10)에 의존하는 DCI 포맷(DCI format 2D)이다.

지금까지 새로운 TM은 해당 DCI format이 진화될 필요가 있을 때
소개되어 왔다.

예를 들어, TM 10은 새로운 PQI 필드를 가지는 DCI 포맷 2D와 함께
새롭게 정의되었다.

15 (제안 1): EBF/FD-MIMO를 위한 새로운 TM은 존재하는 DCI 포맷의
enhancements를 위해 필요가 있을 경우에만 지원

EBF/FD-MIMO를 지원하기 위한 DCI 포맷에서 지원될 수 있는 4개의
새로운 지시 메시지들은 아래와 같이 정의될 수 있다.

- 빔 변경 지시자(Beam change indicator): beamforming 변경이
20 발생하는 때에, UE 가 CSI 측정 윈도우의 시작 시간을 리셋하도록
보장함

- Beamformed CSI-RS 자원 변경 통지(resource change notification): UE 가 전체 후보 M beamformed CSI-RS resources로부터 바람직한 채널 정보를 측정하도록 하기 위한 유효한 N CSI-RS 자원들을 알도록 하기 위함

- Dynamic ZP CSI-RS indications: 실제적인 비주기적 CSI-RS 전송에 대한 지시가 없을 때, 사용되지 않는 CSI-RS RE 들(특히, PDSCH RE 들)을 재사용하도록 하기 위함

- 비주기적 CSI-RS 전송 지시(Aperiodic CSI-RS transmission indication): 실제적인 비주기적 beamformed CSI-RS transmission 상황을 명시적으로 지시하기 위함

추가적으로, 만일 새로운 DCI 지시가 DMRS port 구성 추가를 지원할 필요가 있는 경우, DMRS enhancement와 관련된 DCI 포맷에서 또 다른 잠재적인 새로운 필드가 존재할 수 있다.

<제안 내용 7>

다음으로, beamformed CSI-RS enhancements와 관련하여, beamformed CSI-RS resource(s)을 할당하기 위한 방법에 대해 살펴본다.

(접근 1): 설정되는 CSI-RS 자원에서 UE 특정한 beamforming: 접근 1의 경우, 서빙 기지국(serving eNB)은 UE에게 설정되는 NZP CSI-RS 자원에서 적용되는 beamforming weight를 동적으로 변경할 수 있다.

빔포밍 변경이 발생할 때, UE가 CSI 측정 윈도우의 시작 시간을 리셋하는 것을 보장하기 위해, UE는 기지국으로부터 명시적 또는 암시적으로 해당 지시를

수신할 수 있다.

대안적으로, UE는 항상 자신의 NZP CSI-RS 측정 윈도우(예: 1 서브프레임까지)를 제한하도록 설정할 수 있다.

또한, 간섭 측정 윈도우가 CSI-IM 측정을 위해 사용될 수 있다.

5 측정 자원 제한 CSI-IM 및 CSI-RS 중 어느 하나 또는 둘 모두 주파수 영역에서 적용될 수 있다.

(접근 2): 채널 측정을 위한 CSI-RS 자원 변경.

접근 2의 경우, UE는 $M(>1)$ NZP CSI-RS resources로 구성된다.

10 M개의 CSI-RS 자원들로부터, 기지국은 하나의 CSI process에 대해 $N(>=1)$ resource(s)를 선택하고, 상기 선택된 자원을 UE로 시그널링한다.

대안적으로, UE는 M개 설정된 CSI-RS 자원들로부터 선택된 CSI-RS 자원 N개를 기지국 또는 네트워크로 보고한다.

(접근 3): 비주기적 beamformed CSI-RS

15 접근 3의 경우, UE는 실제적인 NZP CSI-RS 전송 및 CSI-IM 측정 상황들이 기지국에 의해 제어되고, UE로 시그널되도록 CSI process가 설정된다.

여기서, CSI 측정 윈도우는 상위 계층 시그널링에 의해 설정될 수 있다.

이하, 접근 1 내지 3에 대해 각각 좀 더 구체적으로 살펴본다.

(접근 1): UE 별 전용 CSI-RS resource

20 접근 1은 특정 셀에서 각 UE에 대한 UE-dedicated beamformed CSI-RS resource 할당을 고려한다.

특히, UE가 RRC idle 상태에서 RRC-connected 상태로 이동(또는 상태

천이) 하는 경우, 언제든지 UE는 해당 셀에서 다른 UE들에 의해 측정되며, 현재
구성되지 않는 새로운 전용 CSI-RS 자원을 설정한다.

그러므로, 접근 1의 단점은 특정 셀에서 활동하는 UE들의 개수가 증가함에
따라 CSI-RS의 오버헤드도 선형적으로 증가하게 된다.

5 다른 한편으로, 접근 1의 장점은 서빙 기지국이 UE에게 설정되는 전용
CSI-RS 자원 상에서 적용되는 beamforming weights를 동적으로 변경할 수
있다.

따라서, beamforming weights는, 기지국이 해당 weights를 결정하기
위해 사용될 해당 채널 정보를 적절히 획득할 수 있기만 하면, 제한되지 않은
10 빔포밍 해상도 및 단위로 기지국에 의해 결정될 수 있다.

일반적으로, 접근 1은 UE 별로 설정되는 하나의 전용 CSI-RS 자원을
고려한다.

접근 1에 따른 전용 CSI-RS 자원은 기지국 구현에 의해 UE를 타겟팅하는
채널-적응적 빔포밍 계수(channel-adaptive beamforming
15 coefficients)로 적용된다.

즉, UE는 beamformed CSI-RS를 측정함으로써, 레거시 보고 타입과 함께
레거시 CSI feedback 모드들 중 하나에 기초하여 레거시 CSI reporting만을
수행할 수 있다.

20 (접근 2): 다수의 설정된 CSI-RS 자원들 사이에서 선택

(접근 2)에서, UE는 $M(>1)$ NZP CSI-RS resources로 설정되며, 각
NZP CSI-RS 자원은 서로 다른 beamforming weights가 적용된다.

(접근 2-1): M개의 자원들로부터, 기지국은 CSI process에 대해 N (≥ 1) CSI-RS resource(s)를 선택하고, UE로 상기 선택된 자원들을 시그널링한다.

이와 같은, 기지국의 지시는 CSI-RS 자원에 대한 RRC 재설정을 피하기 위해 L1 또는 L2 형태로 시그널링될 수 있다.

즉, RRC 재설정은 단지 후보 M 자원들이 변경될 필요가 있을 때에만 발생되도록 정의될 수 있다.

상기 기지국의 지시는 상대적으로, 긴 주기로 발생한다.

기지국은 N개의 자원들 중 UE의 CSI-RSRP 보고, 채널 상호 상태(reciprocity), 또는 낮은 듀티 사이클(low-duty-cycle) non-precoded CSI-RS를 사용하는 하이브리드(hybrid) 방식에 기초하여 down selection을 수행할 수 있다.

(접근 2-2): M 자원들로부터, UE는 N개의 선택된 CSI-RS 자원의 인덱스(들)을 보고한다.

예를 들어, 이러한 UE의 지시는 자원 인덱스 피드백 또는 선택 코드북에 의해 해당 CSI reporting에서 함께 수행될 수 있다.

동일한 방식으로, RRC 재설정은 단지 후보 M개의 자원들이 변경될 필요가 있을 때에만 발생될 수 있다.

(접근 2-1)에 대해, 만일 기지국이 항상 후보 M CSI-RS 자원들로부터 N=1로 선택된 자원 지시를 의도하는 경우, 접근 1의 경우와 마찬가지로 적절한 CSI reporting 모드 및 타입이 필요 없게 된다.

그 이유는, UE는 1, 2, 4, or 8 ports를 가지는 지시된 N=1 레거시

NZP CSI-RS 자원에 기초하여 레거시 CSI reporting 절차를 따르면 되기 때문이다.

만일 기지국이 (접근 2-1)에 대해 $N > 1$ 선택된 자원들을 지시할 의도가 있는 경우, UE는 {RI, PMI, CQI}의 N set들을 기지국으로 보고하며, 각 set는 선택된 CSI-RS 자원 별로 획득된다.

그러므로, 이는 CSI process 별 CSI reporting에 영향을 가지며, reporting 페이로드 사이즈는 지시된 N 에 따라 다양화될 수 있다.

또는, 아래 표 16과 같이 동작하는 것이 가능하다:

【표 16】

접근 2-1에 대해, 만일 기지국이 M 후보 CSI-RS 자원들로부터 $N=1$ 선택된 자원을 항상 지시하도록 의도하는 경우, 접근 1에서와 마찬가지로, 관련된 CSI 보고 모드 및 타입에 관해 특별한 enhancements가 필요 없게 된다.

만일 기지국이 접근 2-1에 대해 $N > 1$ 선택된 자원을 지시하도록 의도하는 경우, 지시된 $N > 1$ 자원들에서 CSI reporting enhancement에 대한 2가지 가능한 방법이 있을 수 있다.

(방법 1): UE는 레거시 CSI reporting 절차와 동일한 {RI, PMI, CQI} 중 하나의 세트를 보고한다.

그러므로, 어떤 새로운 CSI 보고 타입이 정의될 필요가 없다.

그러나, UE가 모든 $N > 1$ beamformed 자원들에 기초하여 CQI를 계산해야 한다. 각 beamformed 자원은 선택된 PMI에 적용된다.

동일한 수평 PMI(선택된 short-term PMI)가 모든 수직 PMI(해당 beamformed CSI-RS 자원에 고유한)에 공통으로 적용되기 때문에, full KP 동작으로서 해석될 수 있다.

이에 따라, 보고된 RI는 N 개 선택된 CSI-RS 중 하나에 해당하며, 전체 RI는 보고된 RI에 N 을 곱하면 된다.

그러므로, 전체 RI는 UE의 수신 안테나 개수를 초과하지 않도록 제한된다.

(방법 2): UE는 {RI, PMI}의 N 세트 및 CQI 결과를 보고한다. 그러므로, {RI, PMI} 쌍들의 다수의 보고 구성 요소 중 새로운 CSI 보고 타입이 정의될 필요가 있다.

상세 CSI feedback 절차는 아래와 기재되며, 이는 부분 KP 또는 'column-wise KP' 절차로 표현될 수 있다.

N 선택된 CSI-RS resource들에 대한 기지국의 지시와 함께 NZP CSI-RS 자원 선택 feedback의 부분을 대신한다.

앞서 살핀 (접근 2-2)에 관해, 아래 CSI reporting enhancement가 요구되며, 빔 선택 지시자의 새로운 보고 타입, 또는 동등하게 선택 코드북에

기초하는 추가적인 PMI의 새로운 타입을 포함한다.
 (접근 2-1)에 대한 방법과 마찬가지로, (방법 1)의 full KP type 또한 (접근 2-2)에 적용될 수 있다.
 그러나, 향상된 성능을 위해, 부분 KP 또는 'column-wise KP'로 간주될 수 있는 아래 UE의 CSI feedback 절차를 제안한다. 제안되는 feedback 절차는 아래 2가지 part로 구성될 수 있다.
 (파트 1): 해당 선택 codebook에 기초하는 NZP CSI-RS 자원 선택 feedback
 (파트 2): 존재하는 constant-modulus(CM) 코드북에 기초하는 수평 short-term CSI feedback

접근 2-2에 대해, 아래 CSI reporting enhancements가 요구되며, 빔 선택 지시자의 새로운 보고 타입, 또는 선택 코드북에 기초하는 새로운 타입의 추가적인 PMI를 포함한다.

부분적인 KP 또는 'column-wise KP'로 간주될 수 있는 아래 UE의 CSI
 5 feedback 절차에 대해 살펴본다.

제안되는 feedback 절차는 아래 2개의 파트들로 구성될 수 있다.

(파트 1): 해당 선택 코드북에 기초하는 NZP CSI-RS 자원 선택 피드백

(파트 2): 존재하는 constant-modulus 코드북에 기초하는 수평 short-term CSI feedback

10 (파트 1)의 수직 빔 선택 feedback의 주기는 (파트 2)의 기존의 수평 feedback의 주기에 비해 상대적으로 길 수 있다.

CQI feedback은 (파트 2)의 기존의 피드백에 의해서만 전송된다.

RI 및 PMI 피드백에 관해, UE는 FD-MIMO 결합 프리코더 $\mathbf{W}_D$ 를 위에서
 살핀 수학적 식 20에 의해 계산 및 보고한다.

15 또한, 부분적인 KP feedback 구성 요소뿐만 아니라 beamformed CSI-RS resource selection 보고에 대한 새로운 feedback 타입은 접근 2에 대해 지원될 필요가 있다.

(접근 3): 비주기적 beamformed CSI-RS 전송

FD-MIMO에 대한 채널 측정을 지원하기 위한 또 다른 접근은 비주기적 CSI-RS 전송에 관한 것이다.

5 현재 주기적 NZP CSI-RS 전송과 반대로, (접근 3)은 주기적 기준이 아닌 NZP CSI-RS 전송과 관련된다.

이 비주기적 CSI-RS는 필요할 때만 단지 전송될 수 있으며, 결과적으로 CSI-RS 오버헤드를 줄일 수 있게 된다.

비주기적 beamformed CSI-RS가 필요할 때만 전송되는 경우, 비주기적
10 CSI reporting을 통해 해당 CSI를 보고하는 것이 자연스럽다.

그러므로, 접근 1과 유사하게, beamformed CSI-RS configuration이 1, 2, 4, 또는 8 ports를 가지는 레거시 NZP CSI-RS 자원들 중 하나이기만 하면, 접근 3에 대한 적절한 비주기적 CSI reporting 모드 및 타입에 대해서는 enhancements가 필요 없게 된다.

15 만일 비주기적 CSI-RS 전송 상황에서 명시적인 지시가 (비주기적 CSI-RS 전송에 추가적인 유연성을 제공하기 위해) 개별적으로 주어지는 경우, CSI 추정을 위한 레퍼런스 자원(reference resource)은 구체화될 필요가 있다.

그 이유는 UE가 비주기적 CSI 요청을 수신하는 서브프레임 및 UE가 비주기적 CSI-RS를 측정하기 위해 지시되는 서브프레임은 서로 다를 수 있기
20 때문이다.

이 경우, UE가 비주기적 CSI 피드백을 보고하도록 트리거되는 경우, 상기 레퍼런스 자원은 비주기적 CSI 요청이 수신되는 서브프레임이 아니라, UE가

비주기적 CSI-RS를 측정하기 위해 지시되는 서브프레임이다.

본 발명이 적용될 수 있는 장치 일반

도 32는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 장치의 블록 구성도를
5 예시한다.

도 32를 참조하면, 무선 통신 시스템은 기지국(3210)과 기지국(3210)
영역 내에 위치한 다수의 단말(3220)을 포함한다.

기지국(3210)은 프로세서(processor, 3211), 메모리(memory, 3212)
및 RF부(radio frequency unit, 3213)을 포함한다. 프로세서(3211)는
10 앞서 도 1 내지 도 31에서 제안된 기능, 과정 및/또는 방법을 구현한다. 무선
인터페이스 프로토콜의 계층들은 프로세서(3211)에 의해 구현될 수 있다.
메모리(3212)는 프로세서(3211)와 연결되어, 프로세서(3211)를 구동하기
위한 다양한 정보를 저장한다. RF부(3213)는 프로세서(3211)와 연결되어,
무선 신호를 송신 및/또는 수신한다.

15 단말(3220)은 프로세서(3221), 메모리(3222) 및 RF부(3223)을
포함한다. 프로세서(3221)는 앞서 도 1 내지 도 31에서 제안된 기능, 과정
및/또는 방법을 구현한다. 무선 인터페이스 프로토콜의 계층들은
프로세서(3221)에 의해 구현될 수 있다. 메모리(3222)는 프로세서(3221)와
연결되어, 프로세서(3221)를 구동하기 위한 다양한 정보를 저장한다.
20 RF부(3223)는 프로세서(3221)와 연결되어, 무선 신호를 송신 및/또는
수신한다.

메모리(3212, 3222)는 프로세서(3211, 3221) 내부 또는 외부에 있을

수 있고, 잘 알려진 다양한 수단으로 프로세서(3211, 3221)와 연결될 수 있다. 또한, 기지국(3210) 및/또는 단말(3220)은 한 개의 안테나(single antenna) 또는 다중 안테나(multiple antenna)를 가질 수 있다.

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

본 발명에 따른 실시예는 다양한 수단, 예를 들어, 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어 또는 그것들의 결합 등에 의해 구현될 수 있다. 하드웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 일 실시예는 하나 또는 그 이상의 ASICs(application specific integrated circuits), DSPs(digital signal processors), DSPDs(digital signal processing devices), PLDs(programmable logic devices), FPGAs(field programmable gate arrays), 프로세서, 콘트롤러, 마이크로 콘트롤러, 마이크로 프로세서 등에 의해 구현될 수 있다.

펌웨어나 소프트웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 일 실시예는 이상에서

설명된 기능 또는 동작들을 수행하는 모듈, 절차, 함수 등의 형태로 구현될 수 있다. 소프트웨어 코드는 메모리에 저장되어 프로세서에 의해 구동될 수 있다. 상기 메모리는 상기 프로세서 내부 또는 외부에 위치하여, 이미 공지된 다양한 수단에 의해 상기 프로세서와 데이터를 주고 받을 수 있다.

- 5 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.

10 **【산업상 이용가능성】**

본 발명의 무선 통신 시스템에서 채널 상태 정보를 보고하는 방안은 3GPP LTE/LTE-A 시스템에 적용되는 예를 중심으로 설명하였으나, 3GPP LTE/LTE-A 시스템 이외에도 다양한 무선 통신 시스템에 적용하는 것이 가능하다.

【청구의 범위】**【청구항 1】**

무선 통신 시스템에서 CSI(Channel State Information)를 보고(reporting)하기 위한 방법에 있어서, 단말에 의해 수행되는 방법은,

5 하나의 CSI process에서 최대 지원되는 CSI-RS 자원(resource)의 총 개수를 나타내는 제 2 제어 정보를 포함하는 단말 능력 정보(UE capability information)를 기지국으로 전송하는 단계;

CSI-RS 구성(configuration) 정보를 포함하는 CSI 프로세스(process) 관련 정보를 상위 계층 시그널링(high layer signaling)을 통해 상기
10 기지국으로부터 수신하는 단계;

상기 수신된 CSI process 관련 정보에 기초하여 적어도 하나의 CSI-RS를 상기 기지국으로부터 수신하는 단계,

상기 적어도 하나의 CSI-RS는 상기 기지국의 적어도 하나의 CSI-RS 포트(port)를 통해 전송되며;

15 상기 수신된 적어도 하나의 CSI-RS에 기초하여 상기 적어도 하나의 CSI-RS 포트에 대한 채널을 측정하는 단계; 및

상기 채널 측정 결과를 상기 기지국으로 보고(reporting)하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 2】

20 제 1항에 있어서,

상기 CSI-RS resource 별 최대 지원되는 CSI-RS port의 총 개수를 나타내는 제 3 제어 정보를 상기 기지국으로 전송하는 단계를 더 포함하는 것을

특징으로 하는 방법.

【청구항 3】

제 2항에 있어서,

상기 제 3 제어 정보는 상기 단말 능력 정보에 포함되는 것을 특징으로

5 하는 방법.

【청구항 4】

제 1항에 있어서,

상기 단말 능력 정보는 상기 하나의 CSI process에서 최대 지원되는
CSI-RS 포트(port)의 총 개수를 나타내는 제 1 제어 정보를 더 포함하는 것을

10 특징으로 하는 방법.

【청구항 5】

제 1항에 있어서,

상기 단말 능력 정보는 상기 단말이 지원하는 CSI 보고(reporting)
타입을 나타내는 CSI 보고 타입(reporting type) 정보를 더 포함하는 것을

15 특징으로 하는 방법.

【청구항 6】

제 5항에 있어서, 상기 CSI 보고 타입 정보는,

non-precoded CSI-RS 기반의 CSI reporting 동작을 나타내는 제 1
타입 또는 beamformed CSI-RS 기반의 CSI reporting 동작을 나타내는 제 2

20 타입 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 7】

제 6항에 있어서,

상기 제 1 타입은 클래스 A(Class A)이며,

상기 제 2 타입은 클래스 B(Class B)인 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 8】

제 6항에 있어서,

5 상기 CSI 보고 타입 정보가 상기 제 2 타입으로 설정된 경우, 상기 제 2 제어 정보는 상기 단말 능력 정보에 포함되는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 9】

제 1항에 있어서,

상기 제 2 제어 정보의 최대값은 8인 것을 특징으로 하는 방법.

10 【청구항 10】

제 1항에 있어서,

상기 제 2 제어 정보는 CSI process 별로 서로 동일하게 또는 서로 다르게 설정되는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 11】

15 제 1항에 있어서,

상기 CSI process 관련 정보는 상기 단말이 수행할 CSI reporting type을 지시하는 타입 지시 정보를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 12】

무선 통신 시스템에서 CSI(Channel State Information)를
20 보고(reporting)하기 위한 단말에 있어서,

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

상기 RF 유닛을 제어하는 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는,

하나의 CSI process에서 최대 지원되는 CSI-RS 자원(resource)의 총 개수를 나타내는 제 2 제어 정보를 포함하는 단말 능력 정보(UE capability information)를 기지국으로 전송하며;

CSI-RS 구성(configuration) 정보를 포함하는 CSI 프로세스(process) 관련 정보를 상위 계층 시그널링(high layer signaling)을 통해 상기 기지국으로부터 수신하며;

상기 수신된 CSI process 관련 정보에 기초하여 적어도 하나의 CSI-RS를 상기 기지국으로부터 수신하며,

상기 적어도 하나의 CSI-RS는 상기 기지국의 적어도 하나의 CSI-RS 포트(port)를 통해 전송되며;

상기 수신된 적어도 하나의 CSI-RS에 기초하여 상기 적어도 하나의 CSI-RS 포트에 대한 채널을 측정하며; 및

상기 채널 측정 결과를 상기 기지국으로 보고(reporting)하도록 제어하는 것을 특징으로 하는 단말.

15 【청구항 13】

제 12항에 있어서, 상기 프로세서는,

상기 CSI-RS resource 별 최대 지원되는 CSI-RS port의 총 개수를 나타내는 제 3 제어 정보를 상기 기지국으로 전송하도록 제어하는 것을 특징으로 하는 단말.

20 【청구항 14】

제 12항에 있어서,

상기 단말 능력 정보는 상기 단말이 지원하는 CSI 보고(reporting)

동작의 타입을 나타내는 CSI 보고 타입(reporting type) 정보를 더 포함하며,

상기 CSI 보고 타입 정보는,

non-precoded CSI-RS 기반의 CSI reporting 동작 타입 또는
beamformed CSI-RS 기반 CSI reporting 동작 타입 중 적어도 하나를
5 포함하는 것을 특징으로 하는 단말.

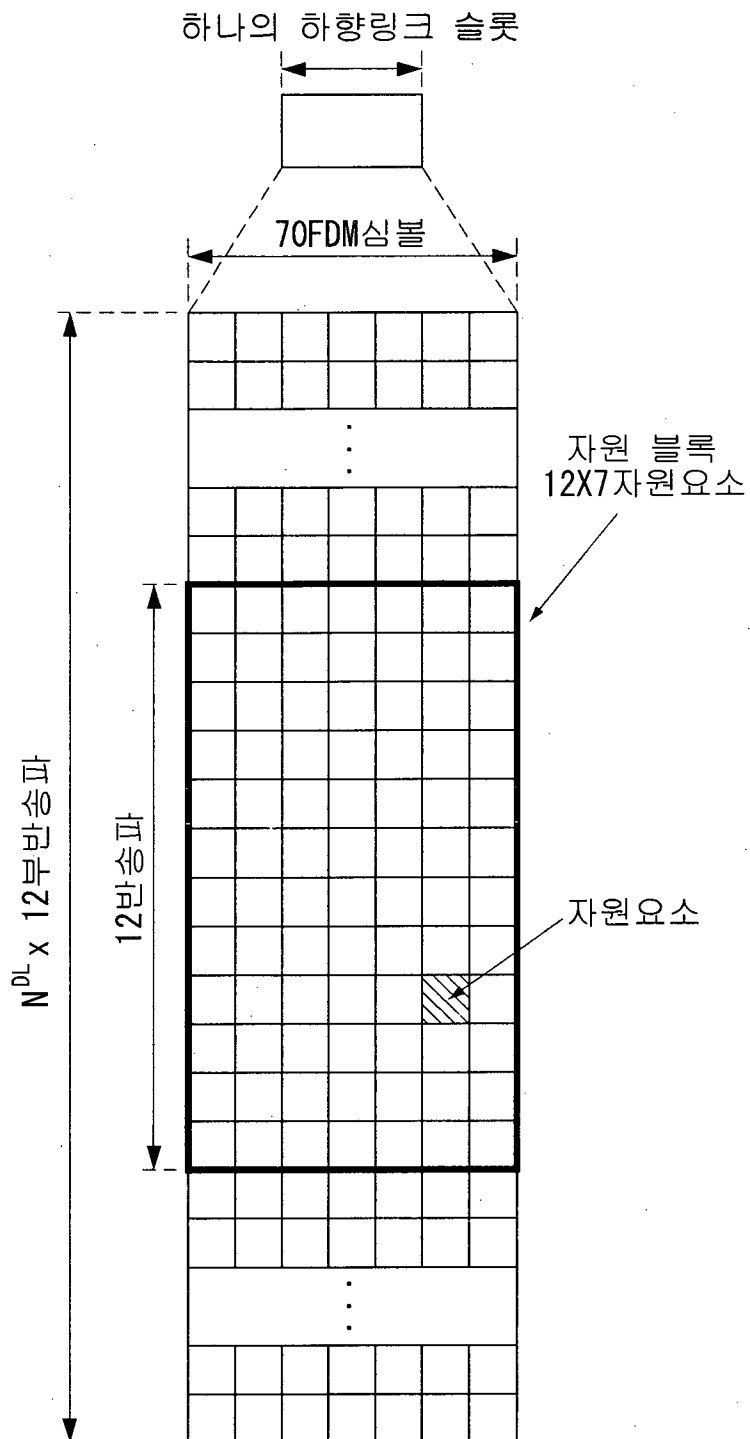
【청구항 15】

제 14항에 있어서, 상기 프로세서는,

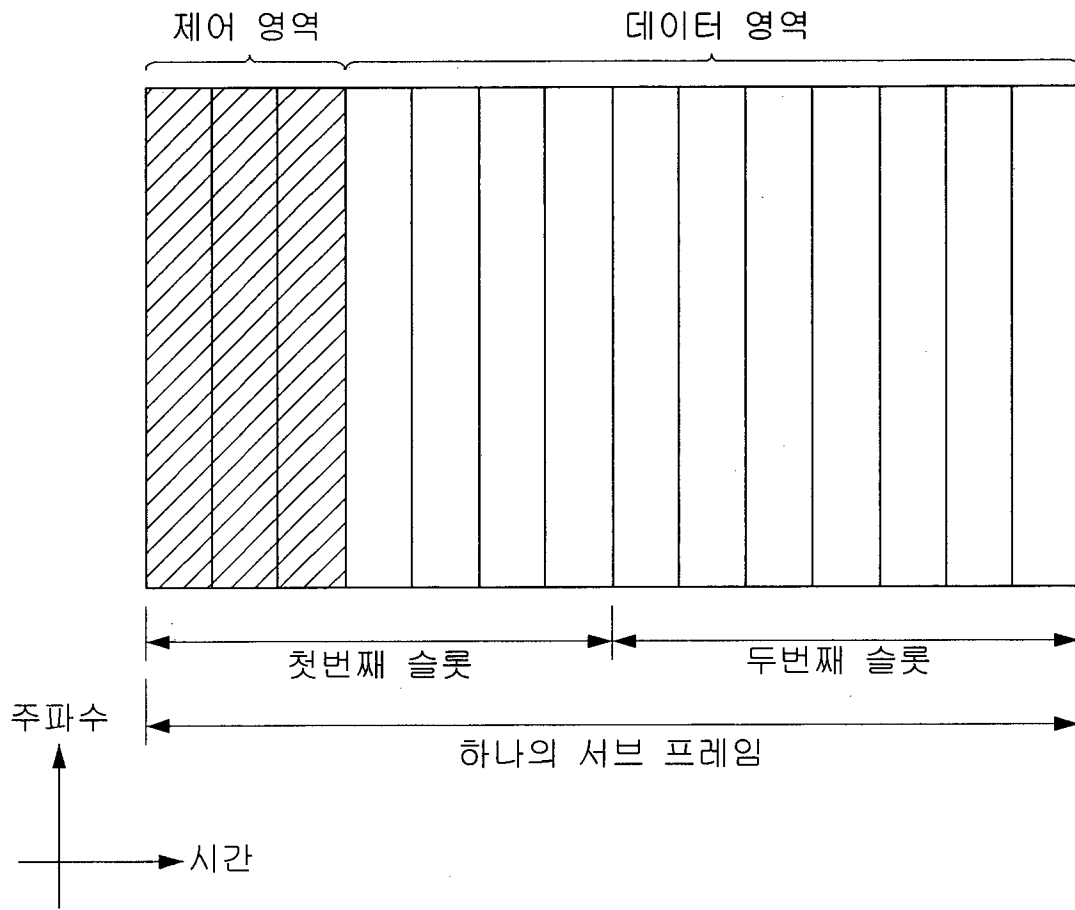
상기 CSI 보고 타입 정보가 '상기 beamformed CSI-RS 기반의 CSI
reporting 동작 타입'으로 설정된 경우, 상기 제 2 제어 정보를 상기 단말

10 능력 정보에 포함하도록 제어하는 것을 특징으로 하는 단말.

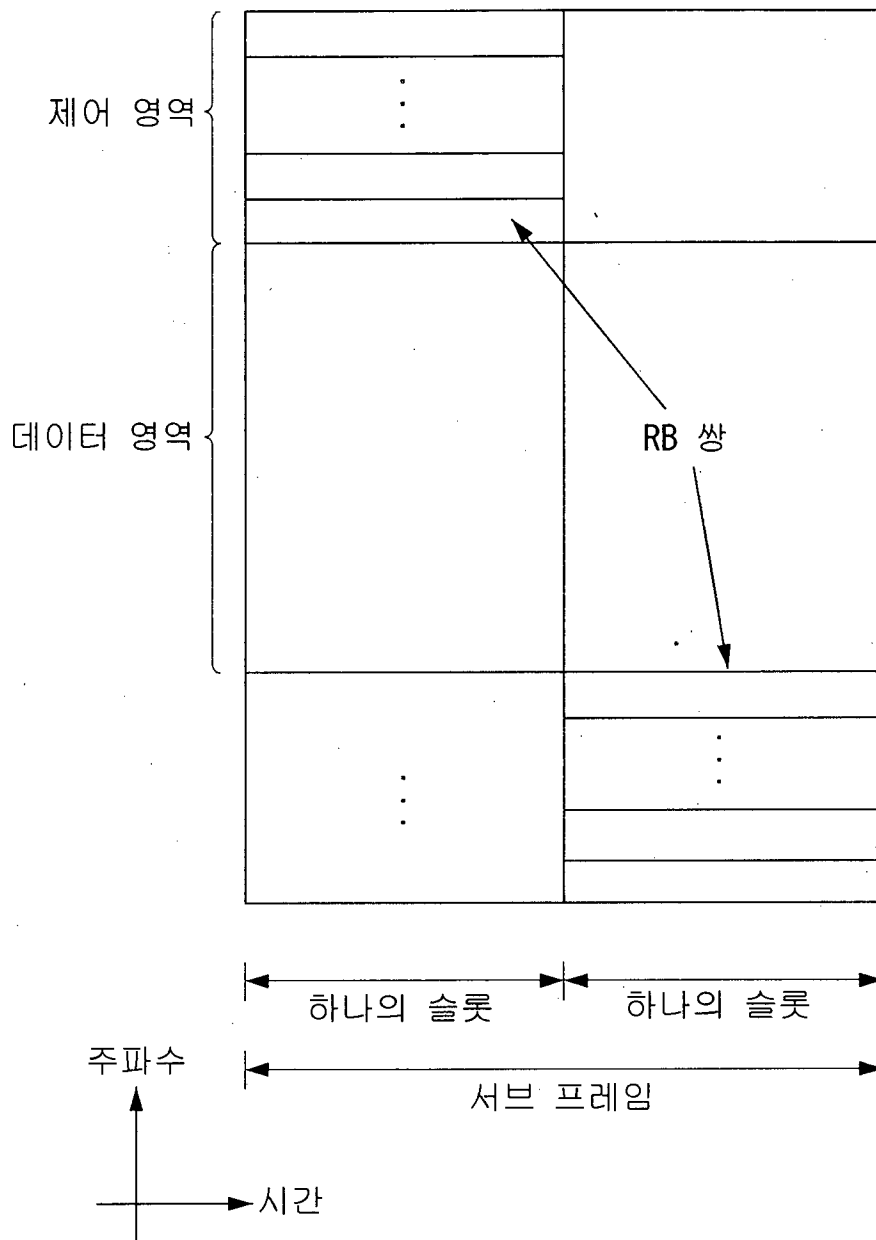
【도 2】



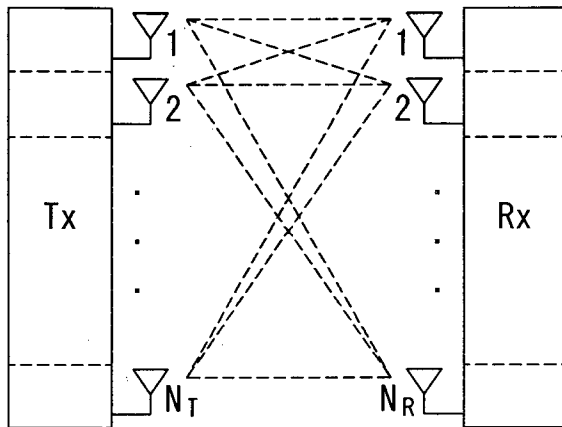
【도 3】



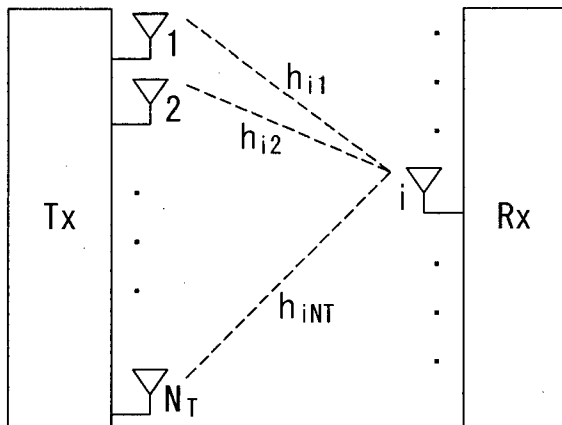
【도 4】



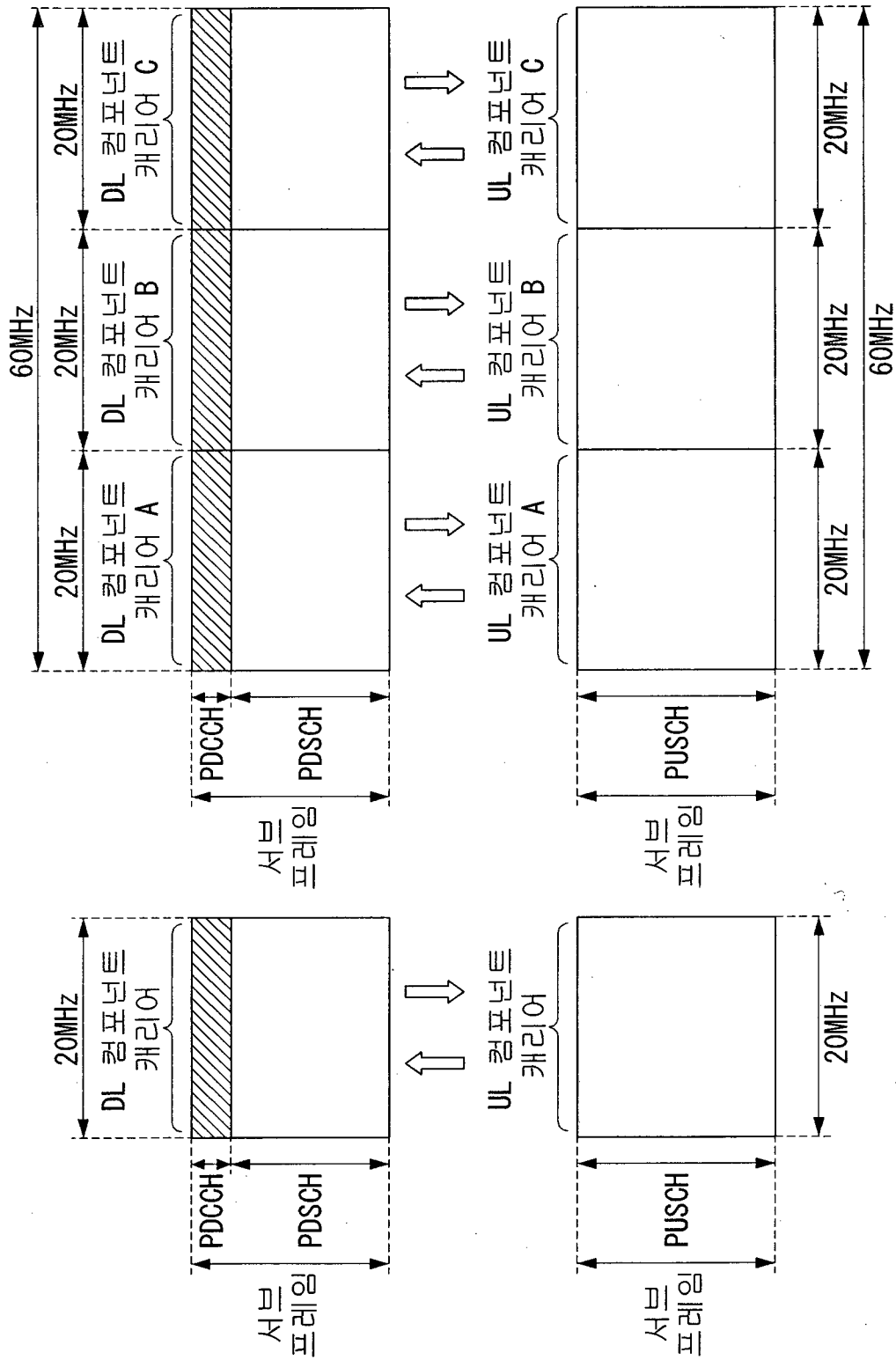
【도 5】



【도 6】



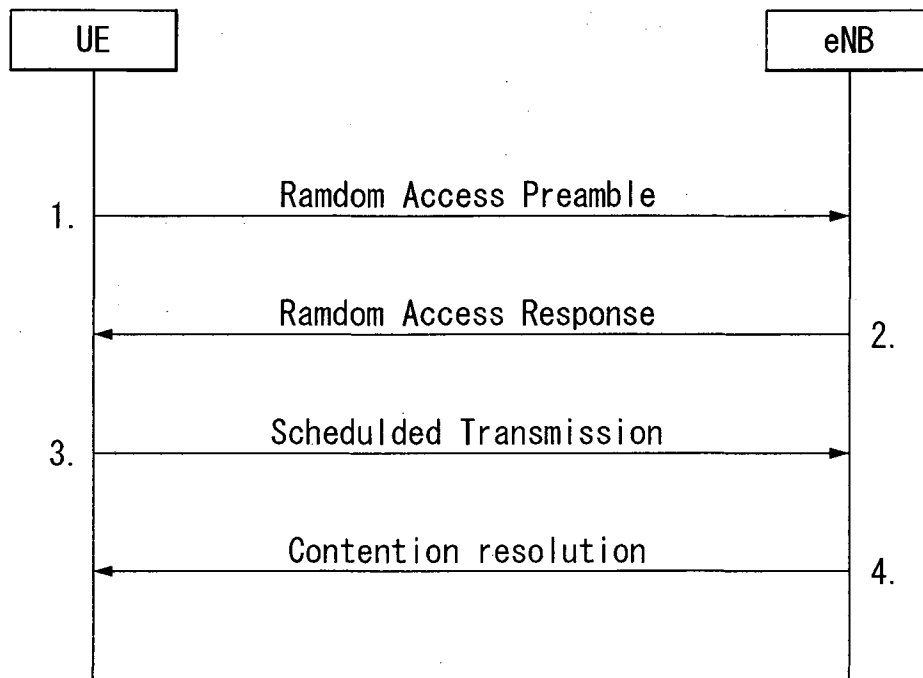
【도 7】



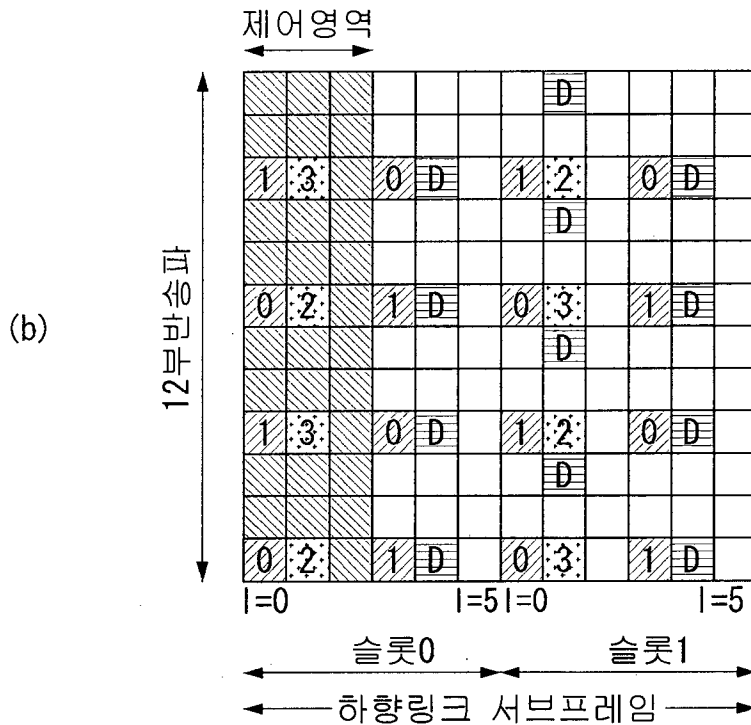
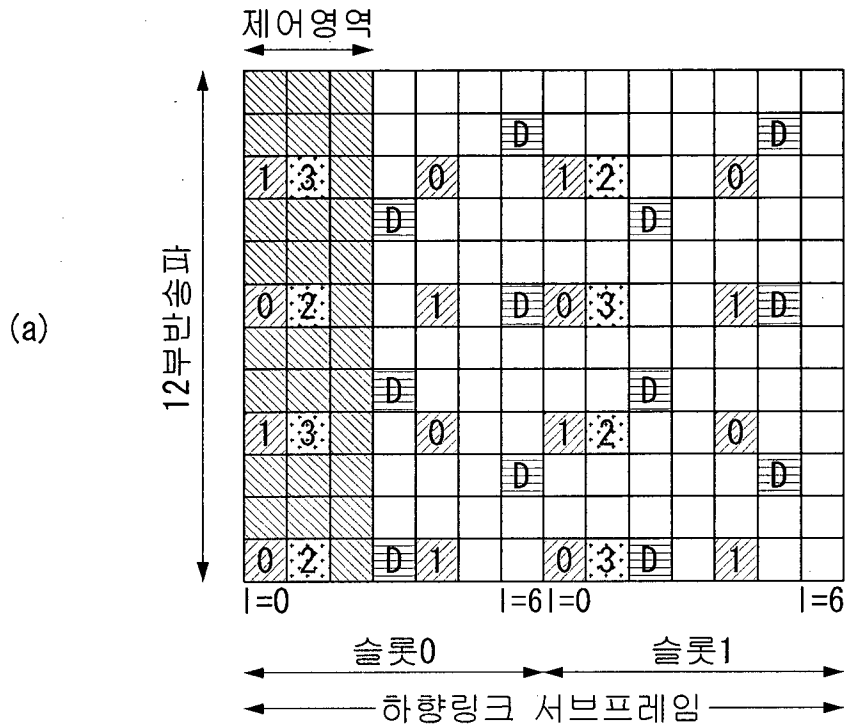
(a) 단일 CC

(b) 멀티플 CC

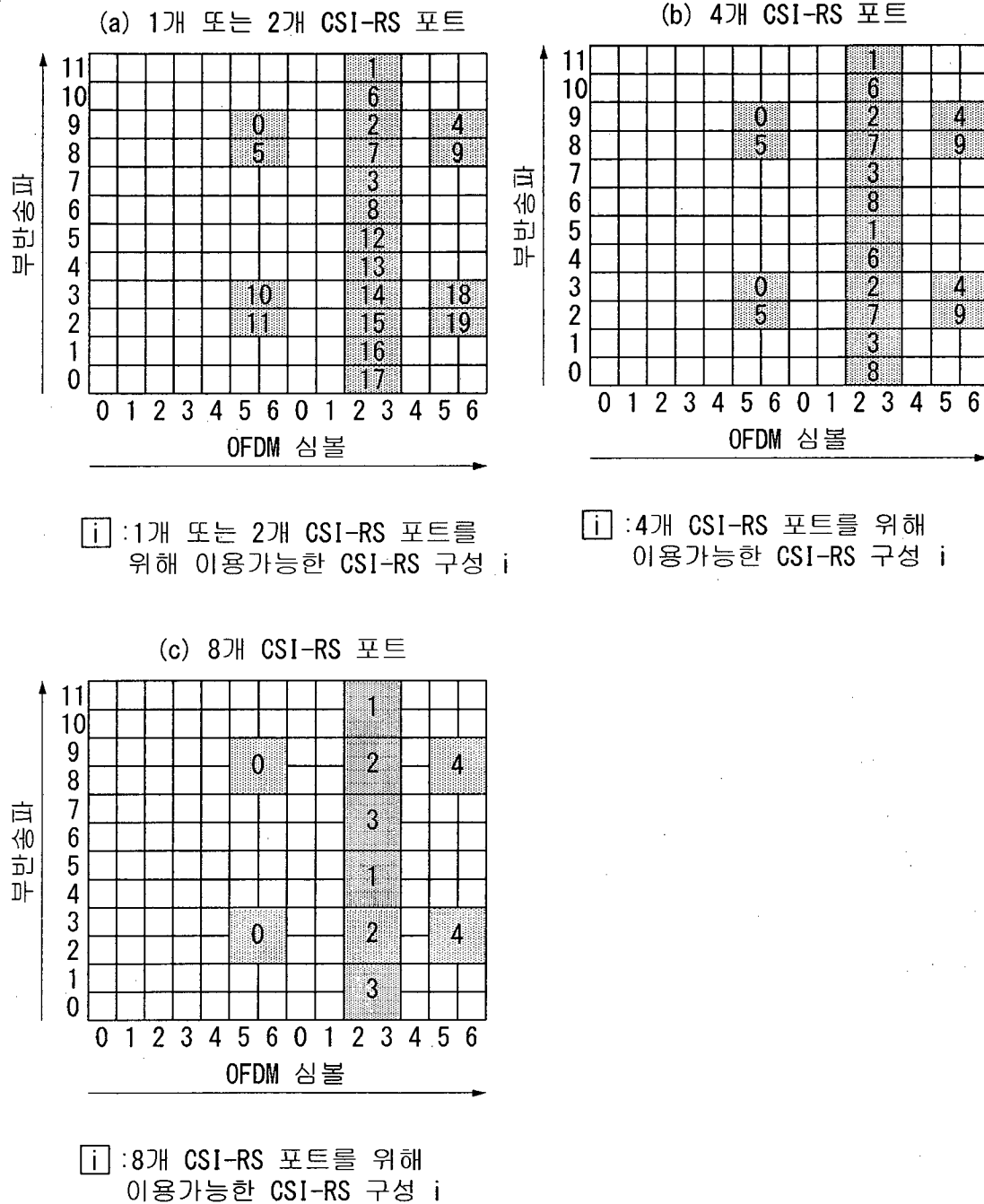
【도 8】



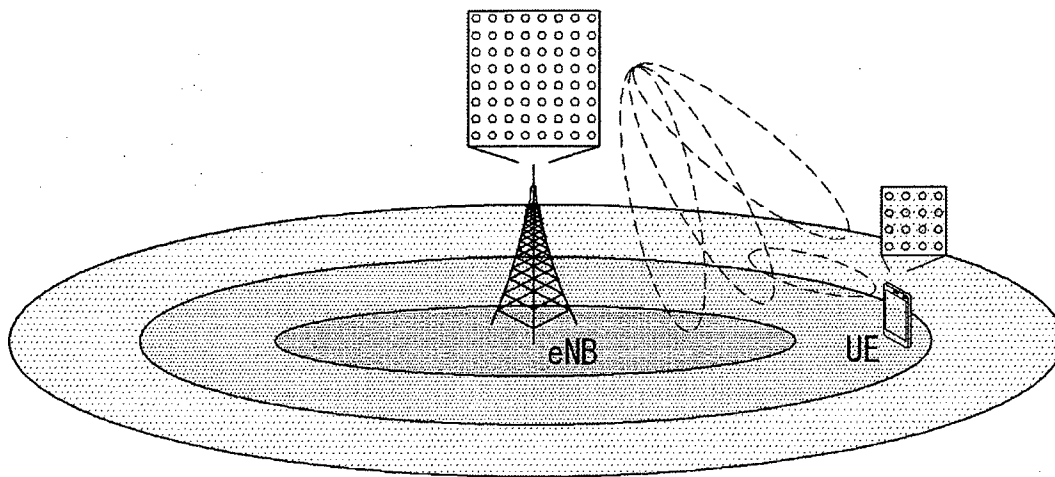
【도 9】



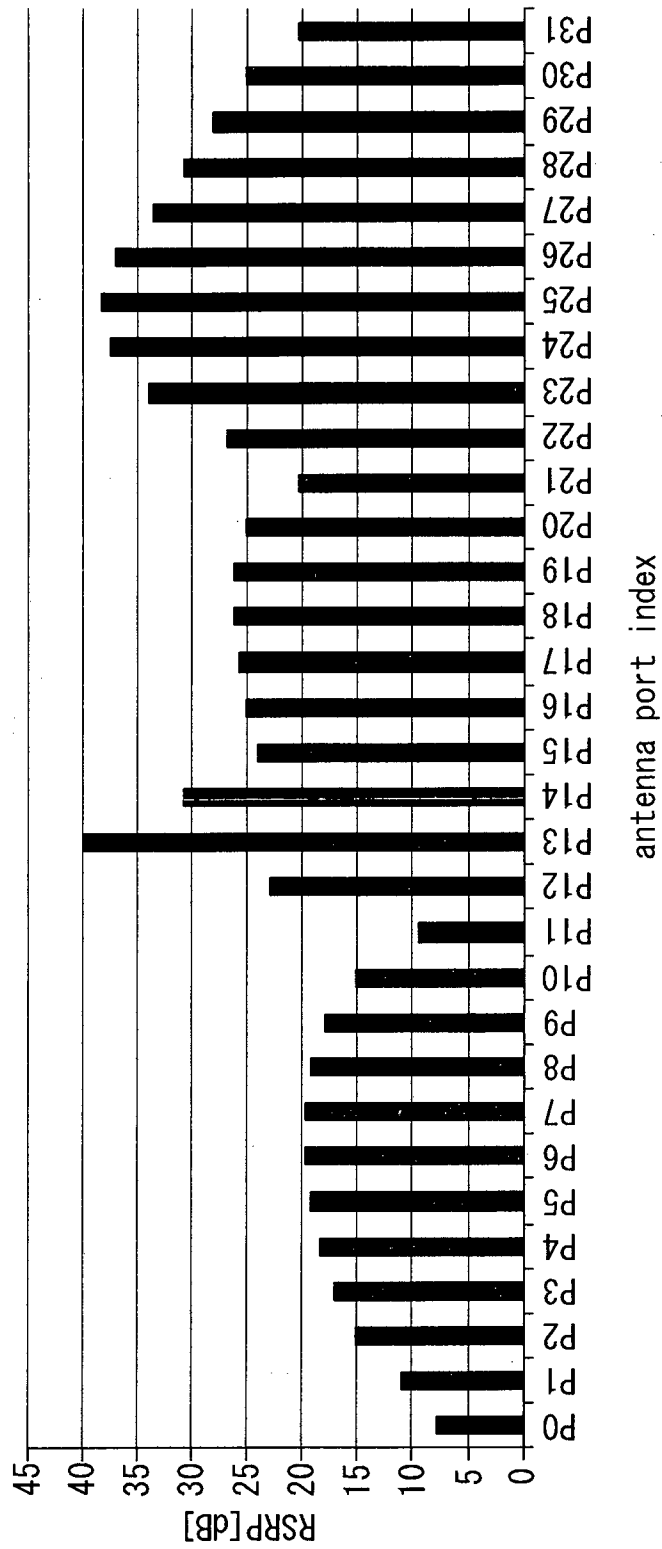
【도 10】



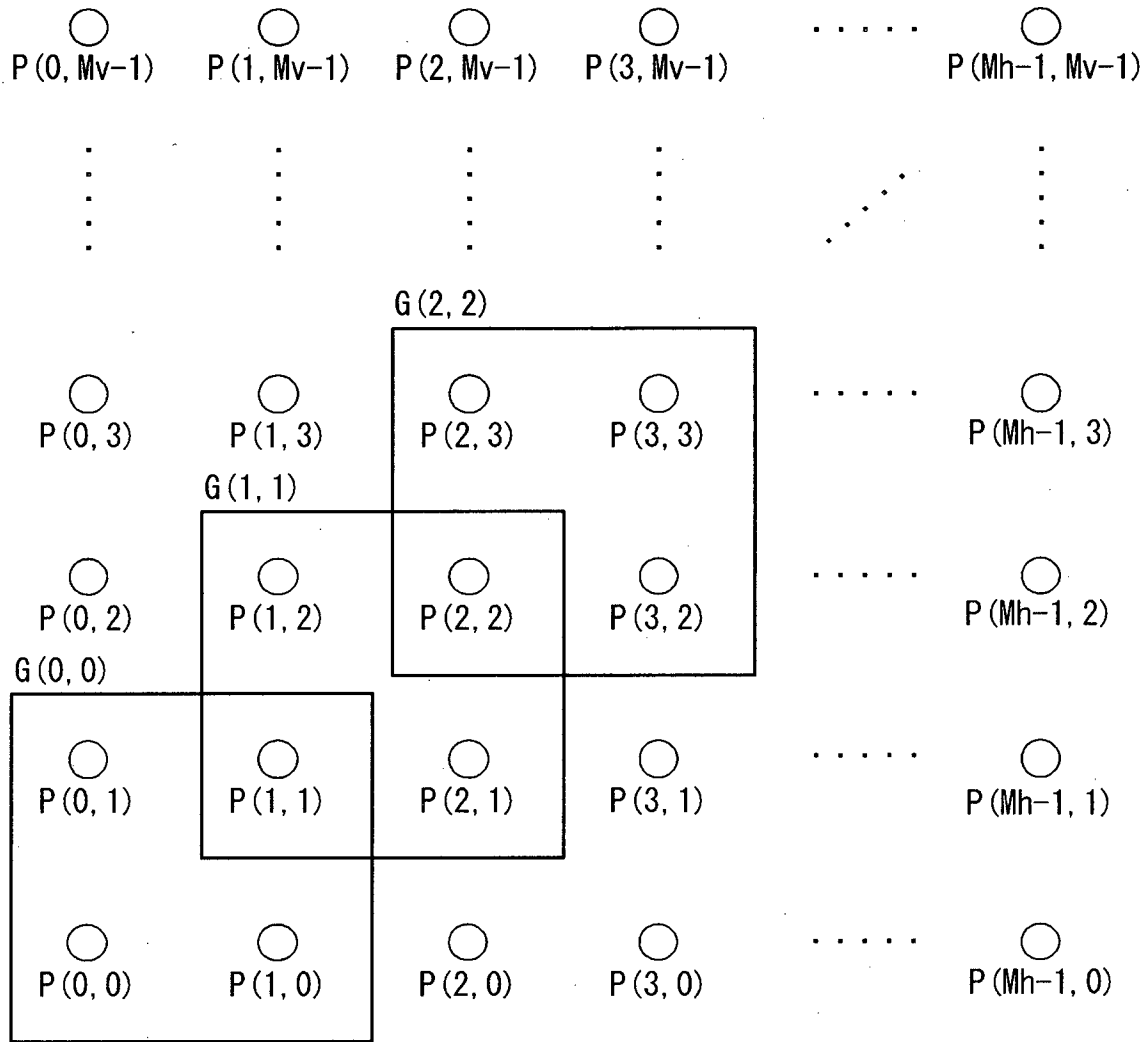
【도 11】



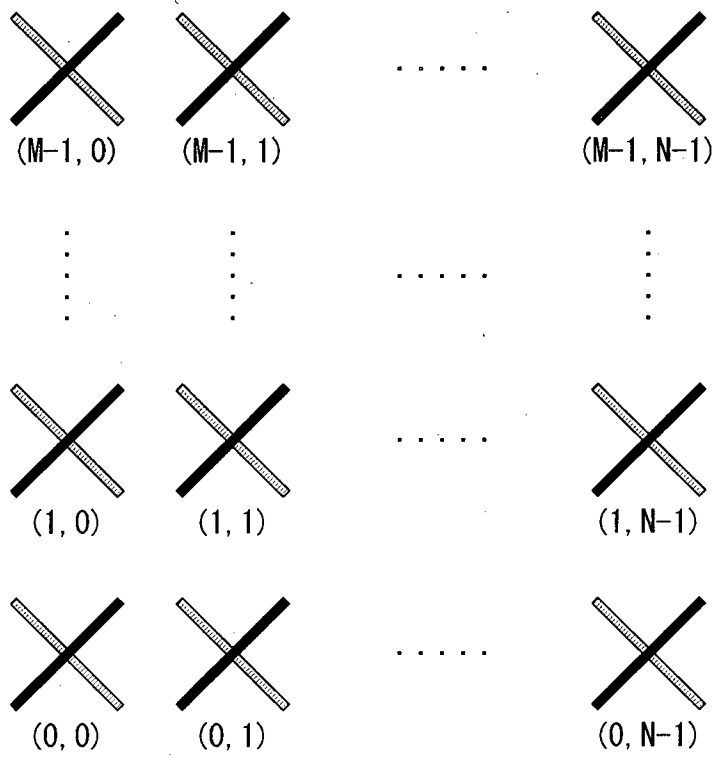
【도 12】



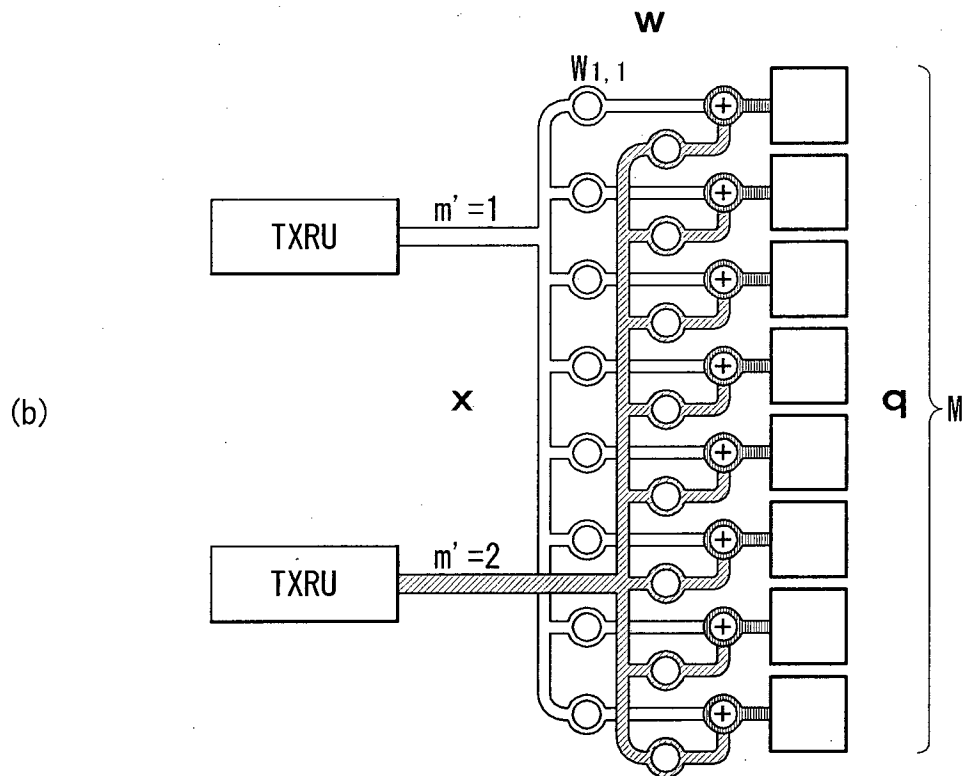
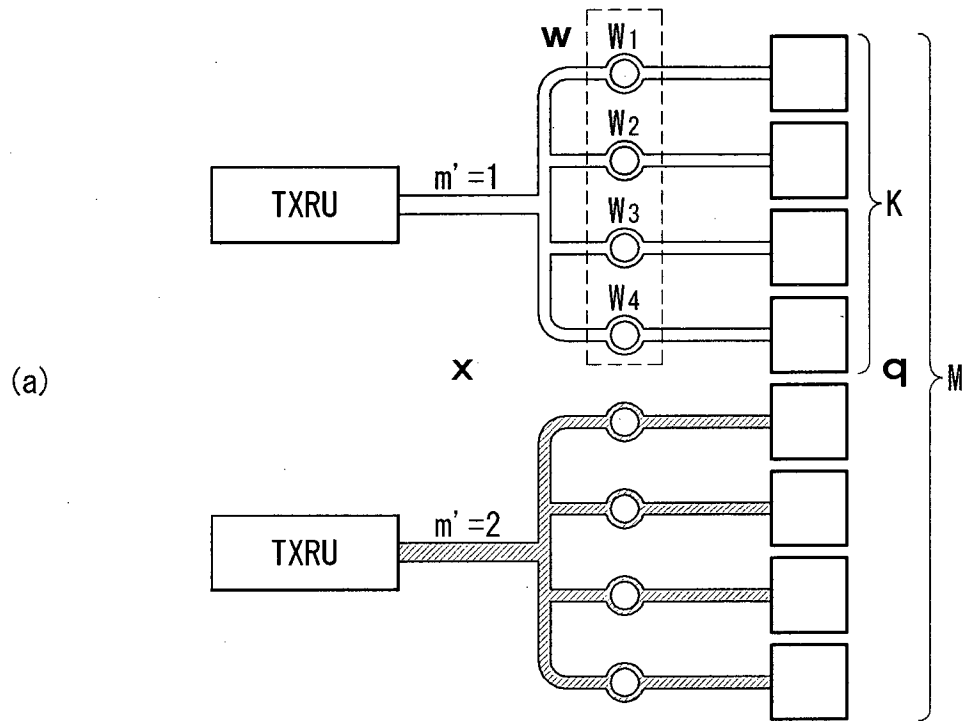
【도 14】



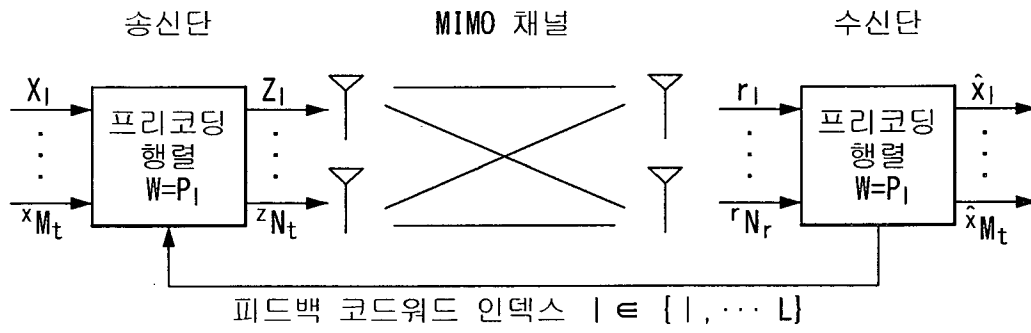
【도 15】



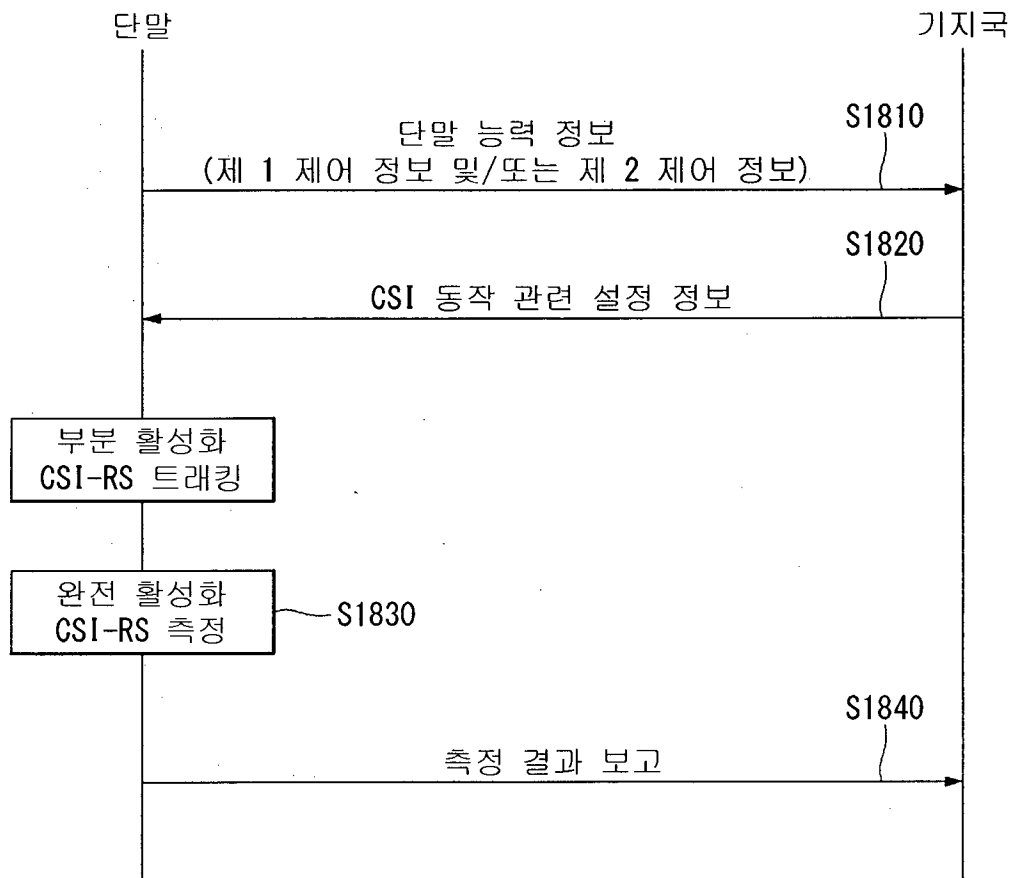
【도 16】



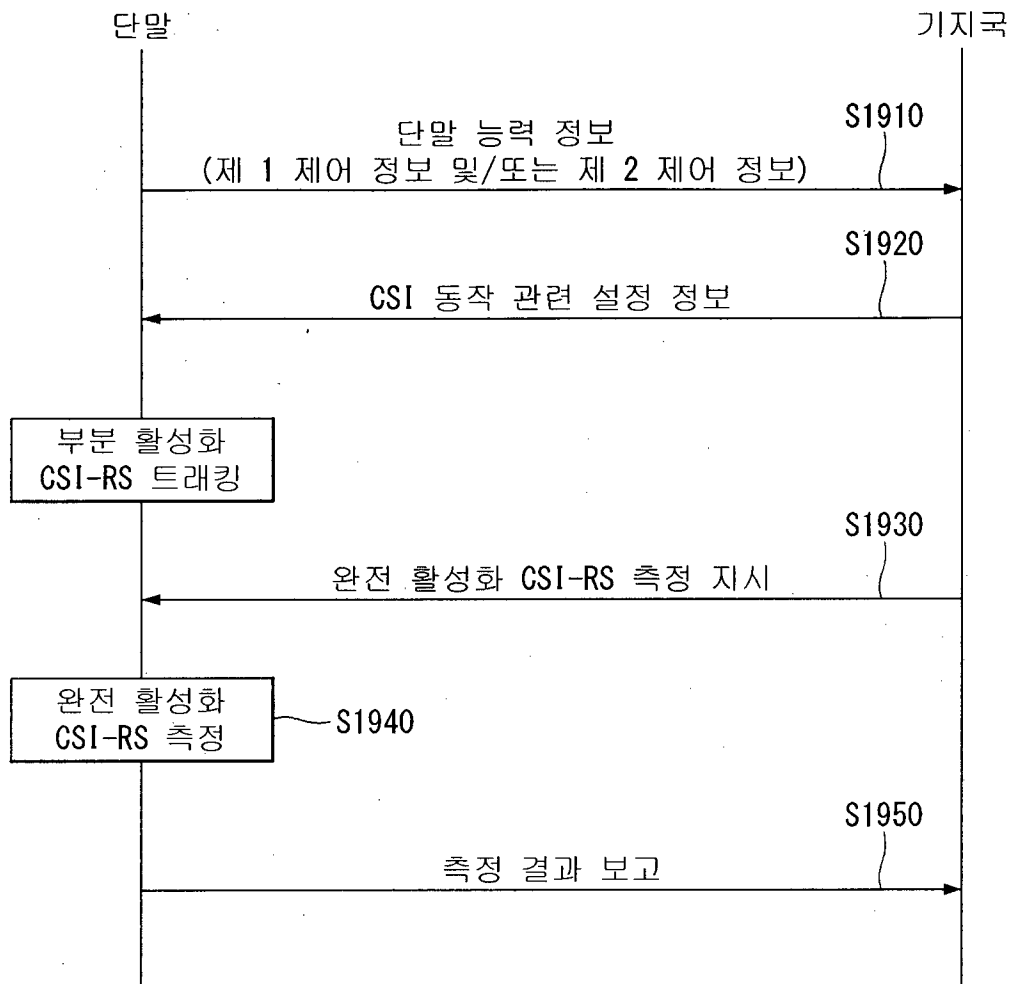
【도 17】



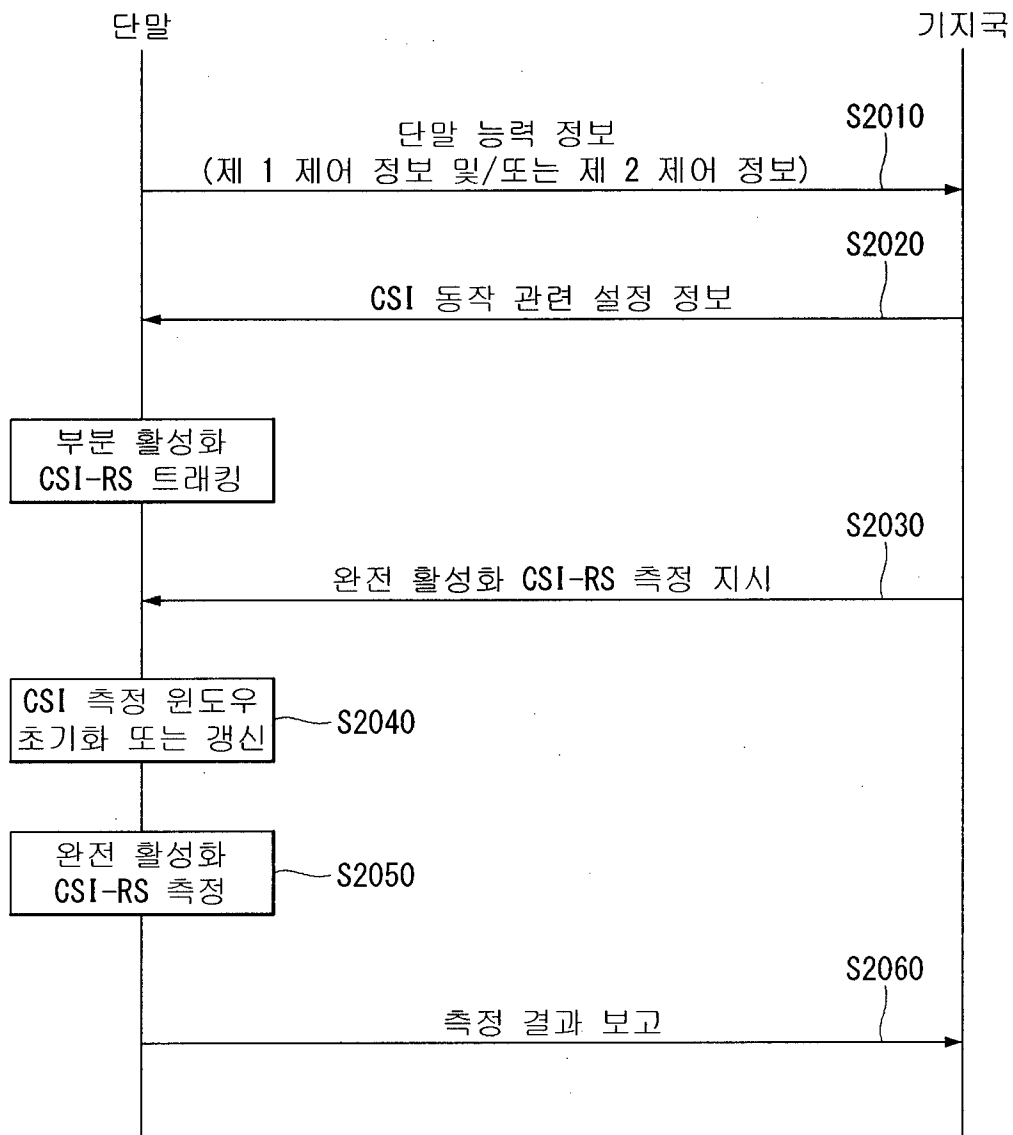
【도 18】



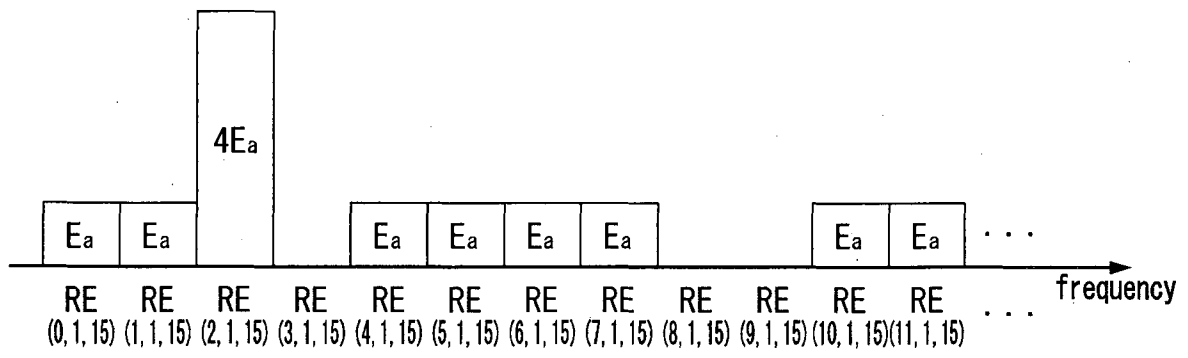
【도 19】



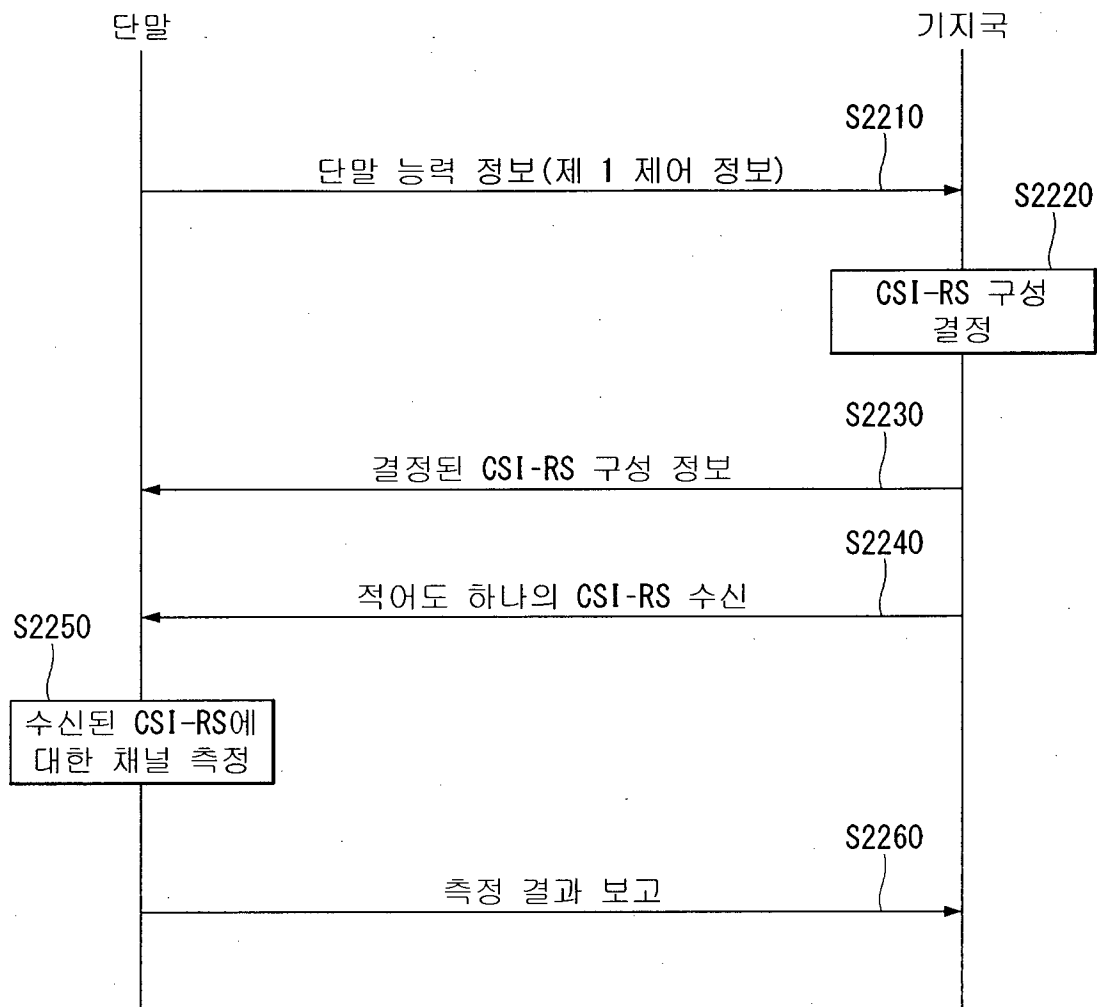
【도 20】



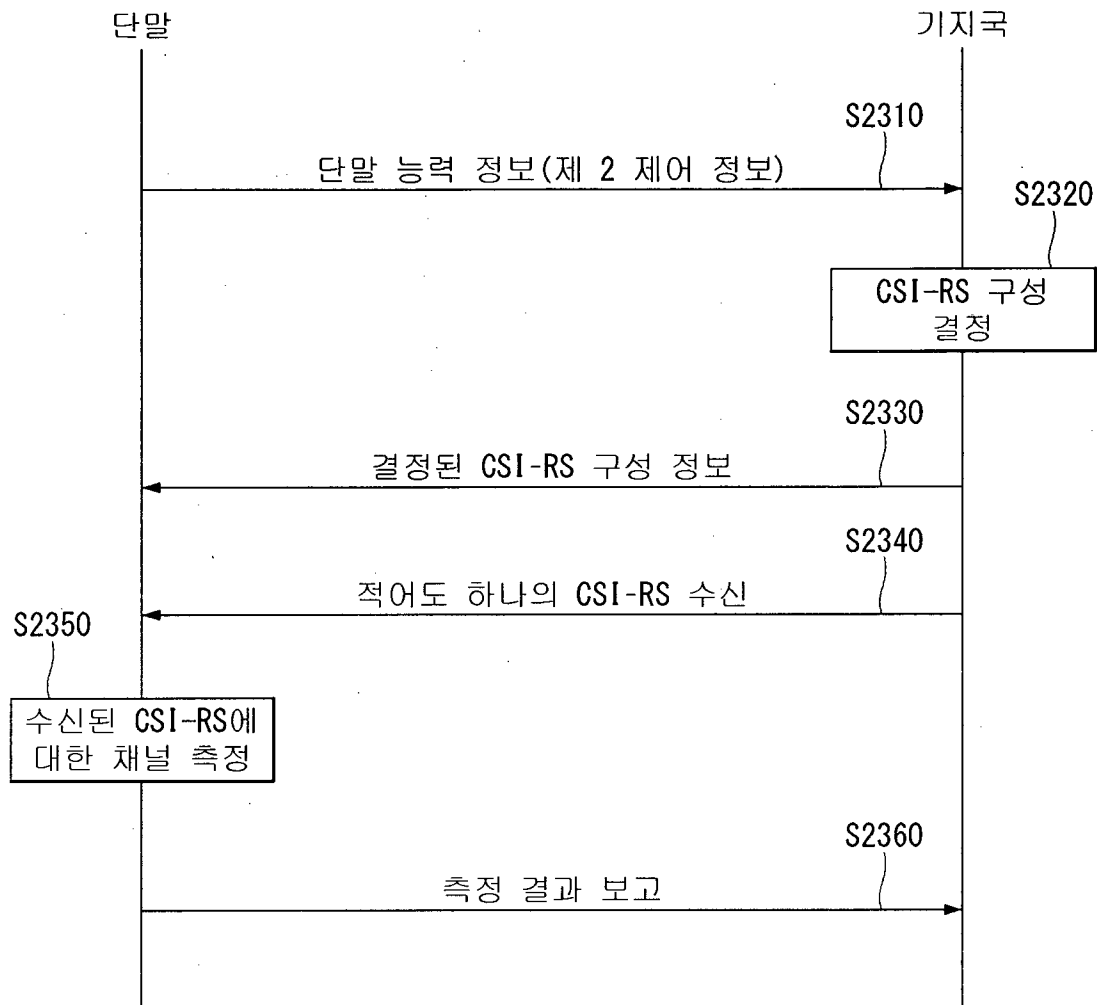
【도 21】



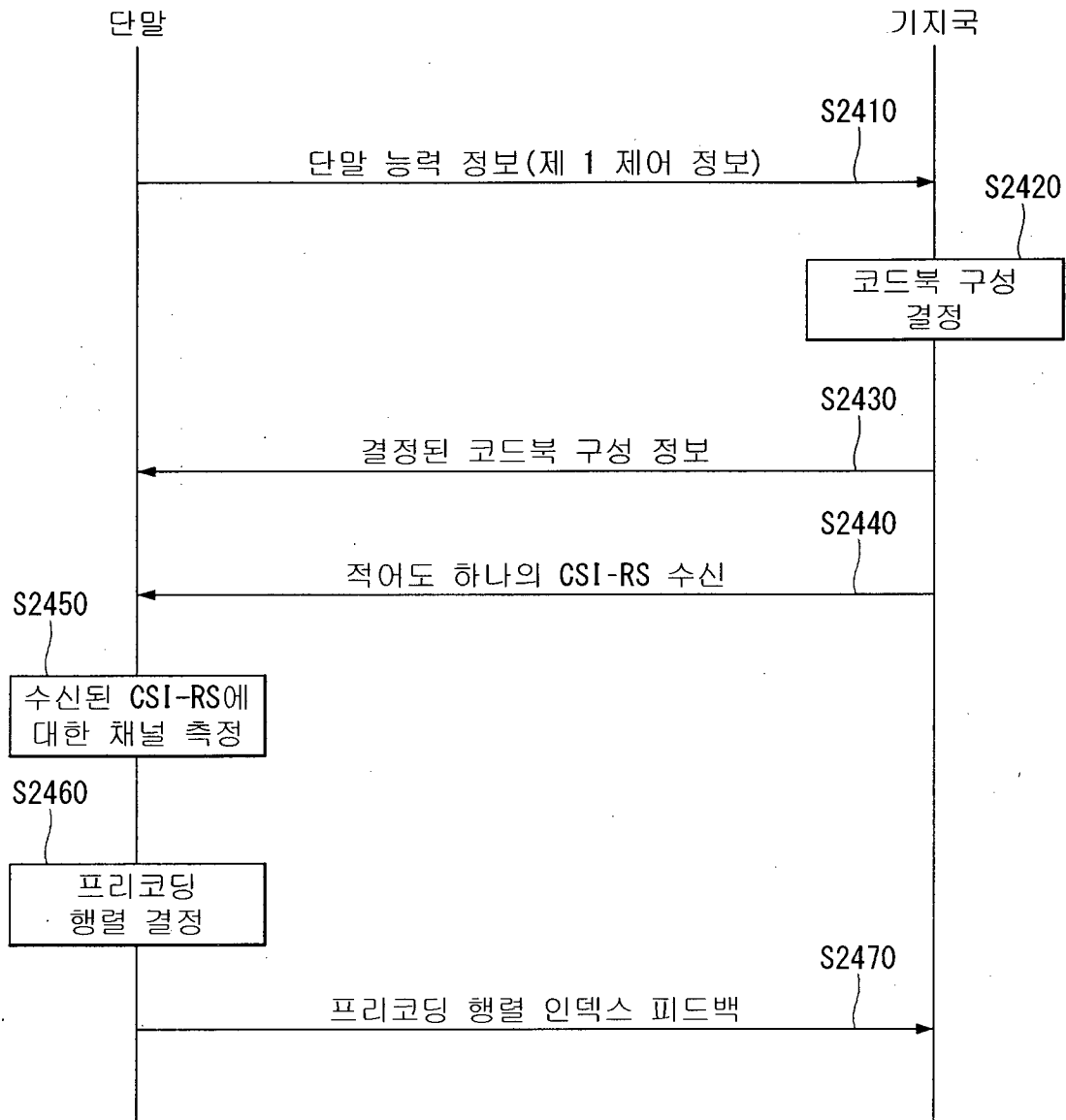
【도 22】



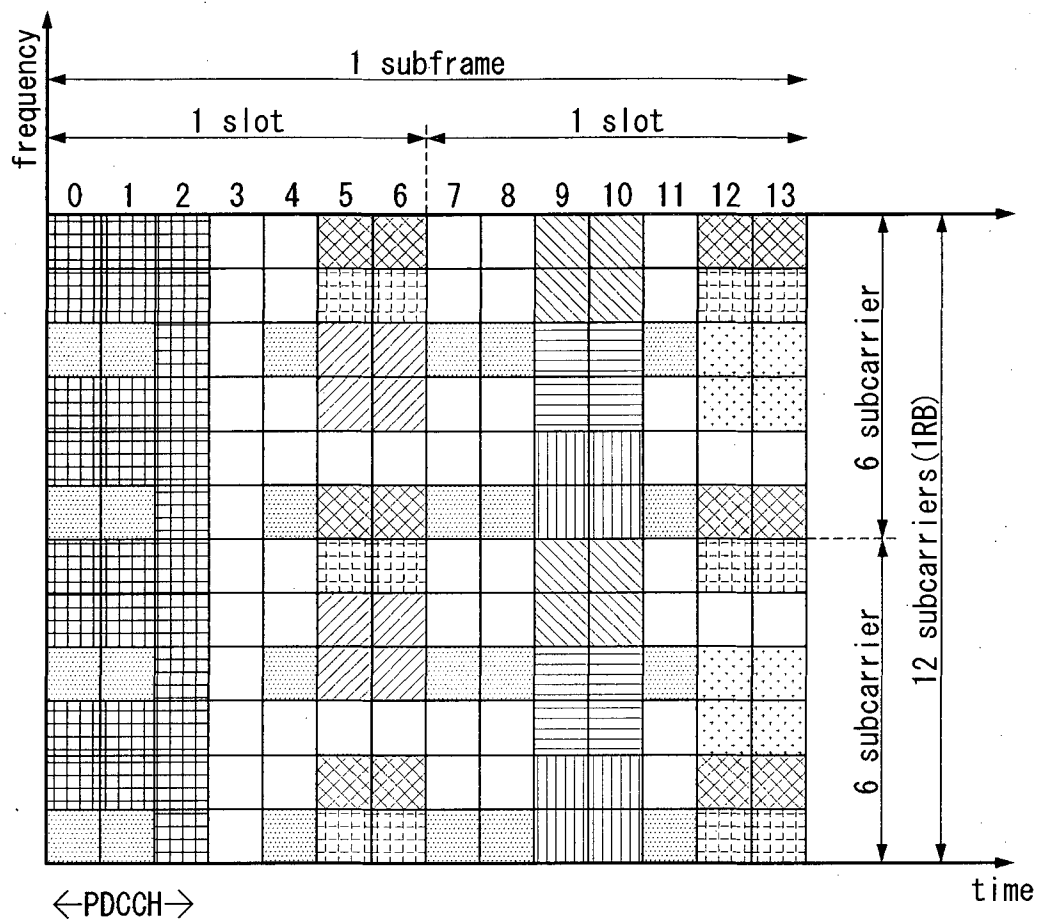
【도 23】



【도 24】



【도 25】



 RE occupied by PDCCH

 RE occupied by CRS

 RE occupied by DMRS
(port 7, 8, 11, 13)

 RE occupied by DMRS
(port 9, 10, 12, 14)

 8-port CSI-RS pattern 0

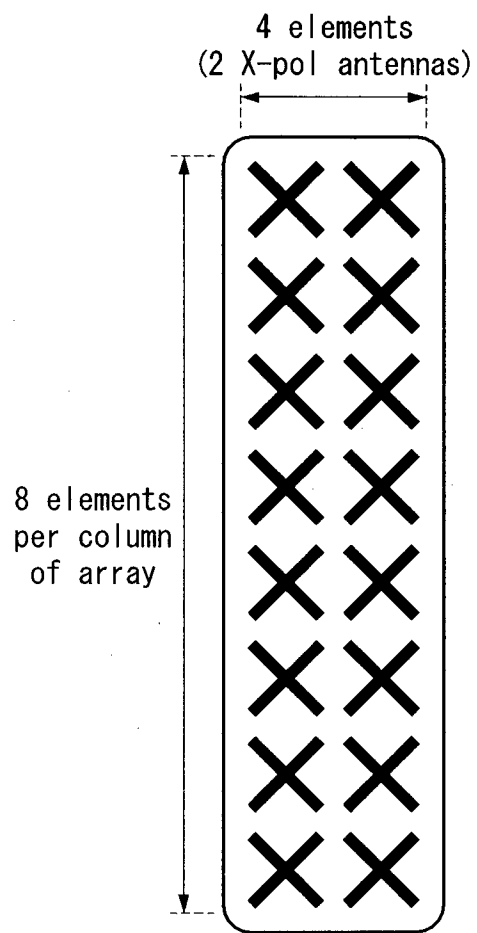
 8-port CSI-RS pattern 1

 8-port CSI-RS pattern 2

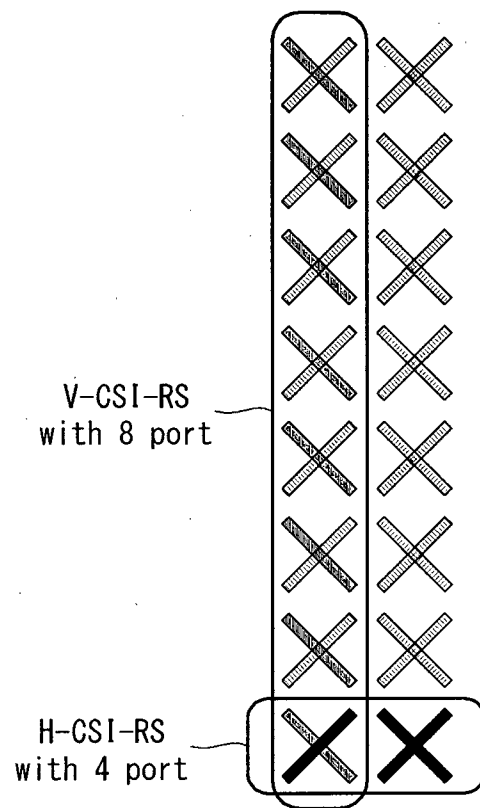
 8-port CSI-RS pattern 3

 8-port CSI-RS pattern 4

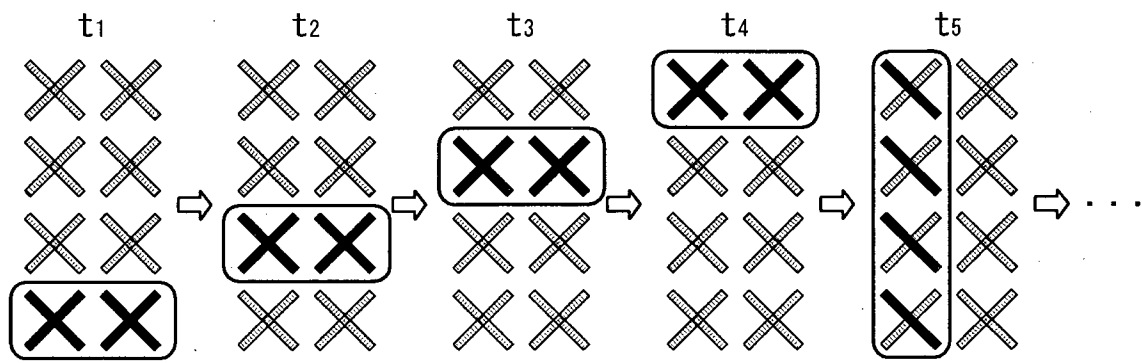
【도 26】



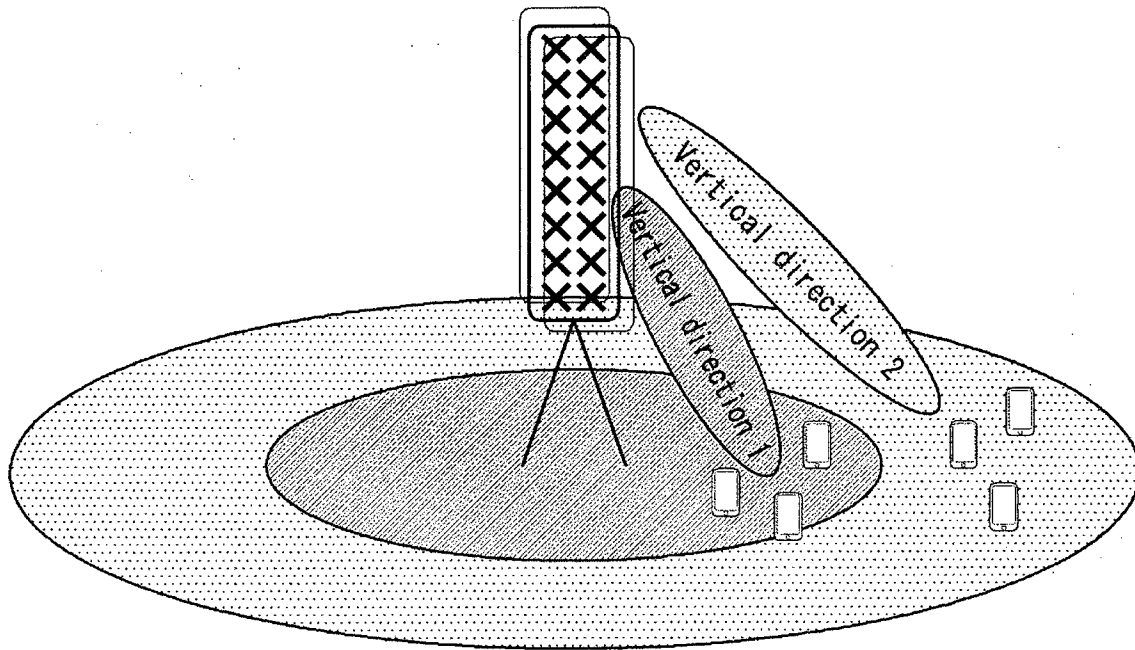
【도 27】



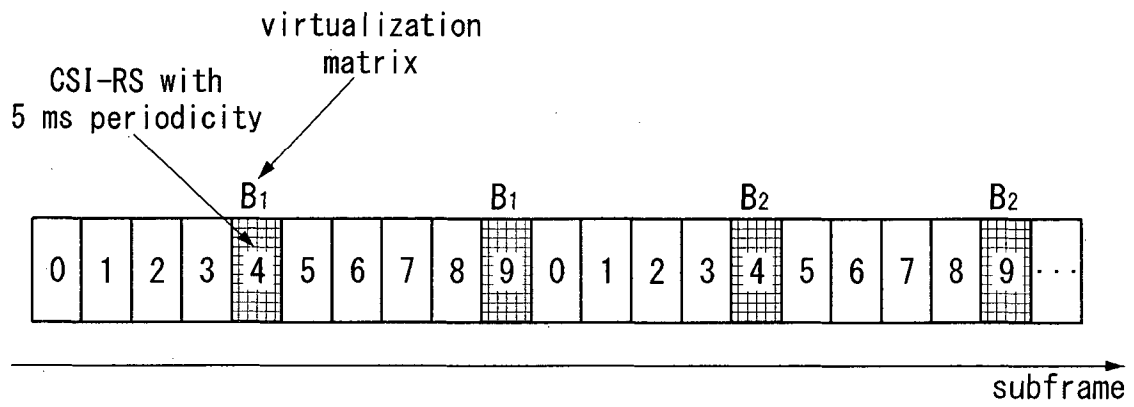
【도 28】



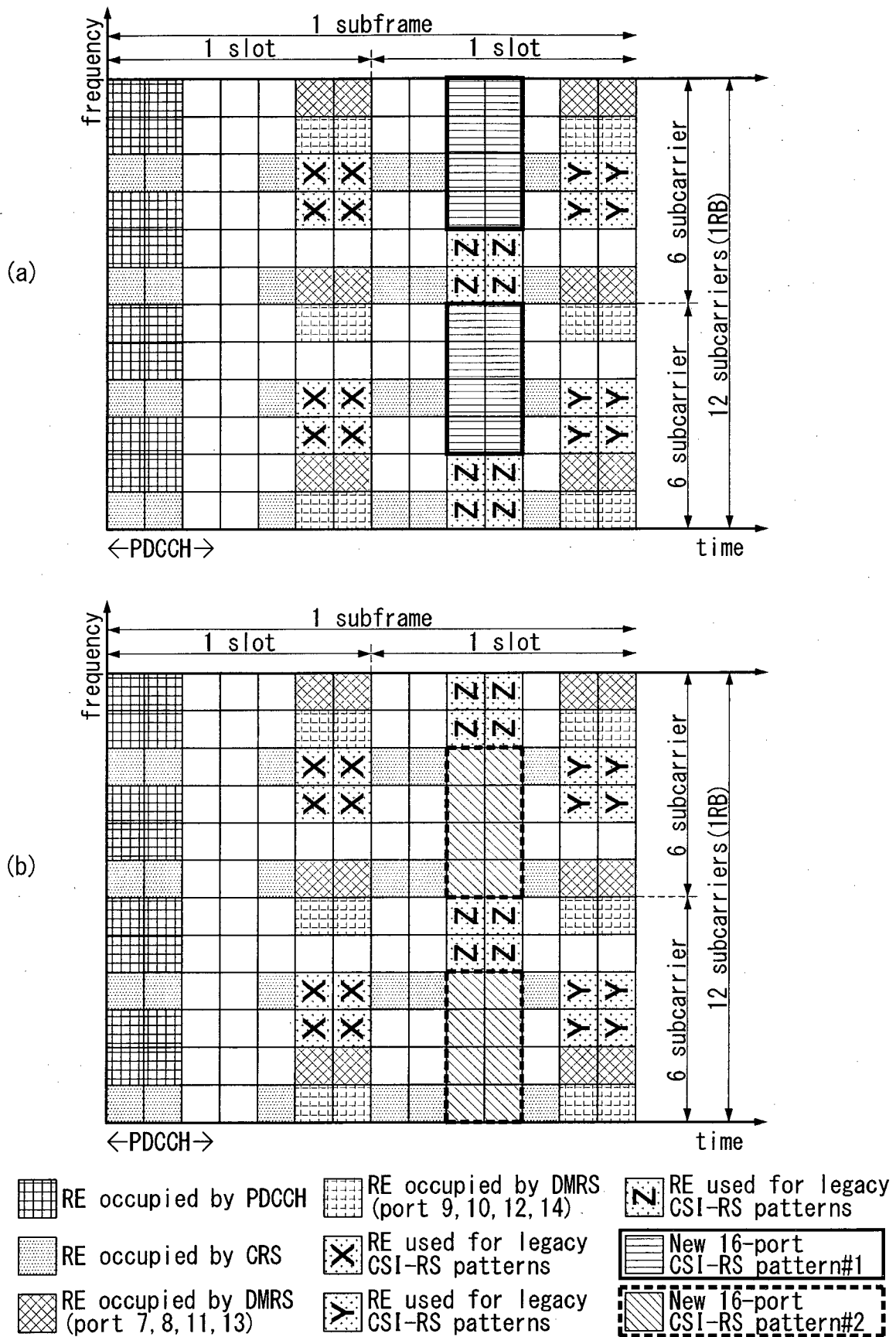
【도 29】



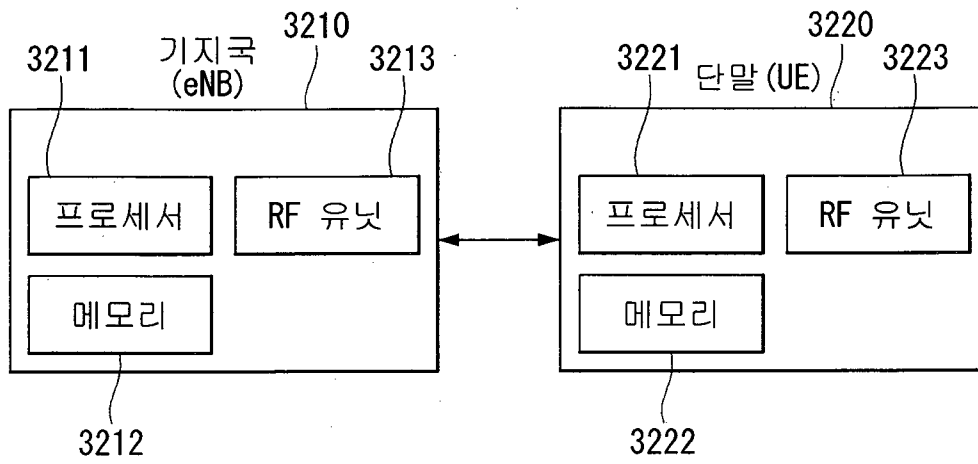
【도 30】



【도 31】



【도 32】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2016/003780**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H04B 7/06(2006.01)i, H04B 7/04(2006.01)i, H04L 5/00(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; H04W 88/02; H04L 5/00; H04B 7/02; H04L 25/02; H04W 72/04; 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: terminal capability information, the number of CSI-RS port, CSI-RS configuration information, CSI process, CSI-RS

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2013-0336214 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 19 December 2013 See paragraphs [0011], [0041]-[0059], [0089]-[0122], [0264]-[0274], [0314]-[0324], [0441]-[0448]; and figure 3.	1-4,9-13
A		5-8,14-15
Y	US 2013-0310100 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 21 November 2013 See paragraphs [0060]-[0072]; and figure 6	1-4,9-13
Y	US 2013-0142125 A1 (SHIMEZAWA, Kazuyuki et al.) 06 June 2013 See paragraphs [0041], [0055]-[0056], [0071], [0086]; and figure 1.	2-4,13
Y	US 2014-0334391 A1 (SHARP LABORATORIES OF AMERICA, INC.) 13 November 2014 See paragraphs [0036], [0074], [0077]; and figure 2.	11
A	WO 2014-113137 A1 (QUALCOMM INC.) 24 July 2014 See paragraphs [0050]-[0053]; and figure 5.	1-15



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

26 JULY 2016 (26.07.2016)

Date of mailing of the international search report

27 JULY 2016 (27.07.2016)

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/KR2016/003780

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 2013-0336214 A1	19/12/2013	AU 2013-278127 A1	30/10/2014
		CN 104508997 A	08/04/2015
		CN 104734753 A	24/06/2015
		EP 2677671 A1	25/12/2013
		JP 2015-524229 A	20/08/2015
		KR 10-2015-0030197 A	19/03/2015
		US 2015-0200754 A1	16/07/2015
		US 2015-0215090 A1	30/07/2015
		WO 2013-191441 A1	27/12/2013
US 2013-0310100 A1	21/11/2013	CN 104350693 A	11/02/2015
		EP 2665199 A1	20/11/2013
		JP 2015-520579 A	16/07/2015
		KR 10-2015-0011354 A	30/01/2015
		US 2016-0065389 A1	03/03/2016
		US 9184941 B2	10/11/2015
		WO 2013-172684 A1	21/11/2013
US 2013-0142125 A1	06/06/2013	CN 103081388 A	01/05/2013
		CN 103081388 B	06/01/2016
		CN 105490718 A	13/04/2016
		EP 2613465 A1	10/07/2013
		EP 2613465 A4	21/01/2015
		JP 05356339 B2	04/12/2013
		JP 2012-054885 A	15/03/2012
		KR 10-1458333 B1	04/11/2014
		KR 10-2013-0069783 A	26/06/2013
		TW 201225562 A	16/06/2012
		TW 1472177 B	01/02/2015
		US 2016-0043836 A1	11/02/2016
		US 9185743 B2	10/11/2015
		WO 2012-029845 A1	08/03/2012
US 2014-0334391 A1	13/11/2014	US 9271279 B2	23/02/2016
		WO 2014-181551 A1	13/11/2014
WO 2014-113137 A1	24/07/2014	CN 104919718 A	16/09/2015
		EP 2946482 A1	25/11/2015
		JP 2016-507990 A	10/03/2016
		KR 10-2015-0110572 A	02/10/2015
		US 2014-0204848 A1	24/07/2014
		US 9237440 B2	12/01/2016

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H04B 7/06(2006.01)i, H04B 7/04(2006.01)i, H04L 5/00(2006.01)i																							
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H04B 7/06; H04W 88/02; H04L 5/00; H04B 7/02; H04L 25/02; H04W 72/04; 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: 단말 능력 정보, CSI-RS 자원 개수, CSI-RS 구성 정보, CSI 프로세스, CSI-RS																							
C. 관련 문헌 <table border="1"> <thead> <tr> <th>카테고리*</th> <th>인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재</th> <th>관련 청구항</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>US 2013-0336214 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2013.12.19 단락 [0011], [0041]-[0059], [0089]-[0122], [0264]-[0274], [0314]-[0324], [0441]-[0448]; 및 도면 3 참조.</td> <td>1-4, 9-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>5-8, 14-15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2013-0310100 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2013.11.21 단락 [0060]-[0072]; 및 도면 6 참조</td> <td>1-4, 9-13</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2013-0142125 A1 (KAZUYUKI SHIMEZAWA 등) 2013.06.06 단락 [0041], [0055]-[0056], [0071], [0086]; 및 도면 1 참조.</td> <td>2-4, 13</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2014-0334391 A1 (SHARP LABORATORIES OF AMERICA, INC.) 2014.11.13 단락 [0036], [0074], [0077]; 및 도면 2 참조.</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2014-113137 A1 (QUALCOMM INC.) 2014.07.24 단락 [0050]-[0053]; 및 도면 5 참조.</td> <td>1-15</td> </tr> </tbody> </table>			카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항	Y	US 2013-0336214 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2013.12.19 단락 [0011], [0041]-[0059], [0089]-[0122], [0264]-[0274], [0314]-[0324], [0441]-[0448]; 및 도면 3 참조.	1-4, 9-13	A		5-8, 14-15	Y	US 2013-0310100 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2013.11.21 단락 [0060]-[0072]; 및 도면 6 참조	1-4, 9-13	Y	US 2013-0142125 A1 (KAZUYUKI SHIMEZAWA 등) 2013.06.06 단락 [0041], [0055]-[0056], [0071], [0086]; 및 도면 1 참조.	2-4, 13	Y	US 2014-0334391 A1 (SHARP LABORATORIES OF AMERICA, INC.) 2014.11.13 단락 [0036], [0074], [0077]; 및 도면 2 참조.	11	A	WO 2014-113137 A1 (QUALCOMM INC.) 2014.07.24 단락 [0050]-[0053]; 및 도면 5 참조.	1-15
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항																					
Y	US 2013-0336214 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2013.12.19 단락 [0011], [0041]-[0059], [0089]-[0122], [0264]-[0274], [0314]-[0324], [0441]-[0448]; 및 도면 3 참조.	1-4, 9-13																					
A		5-8, 14-15																					
Y	US 2013-0310100 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2013.11.21 단락 [0060]-[0072]; 및 도면 6 참조	1-4, 9-13																					
Y	US 2013-0142125 A1 (KAZUYUKI SHIMEZAWA 등) 2013.06.06 단락 [0041], [0055]-[0056], [0071], [0086]; 및 도면 1 참조.	2-4, 13																					
Y	US 2014-0334391 A1 (SHARP LABORATORIES OF AMERICA, INC.) 2014.11.13 단락 [0036], [0074], [0077]; 및 도면 2 참조.	11																					
A	WO 2014-113137 A1 (QUALCOMM INC.) 2014.07.24 단락 [0050]-[0053]; 및 도면 5 참조.	1-15																					
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.																							
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신구성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌																							
국제조사의 실제 완료일 2016년 07월 26일 (26.07.2016)		국제조사보고서 발송일 2016년 07월 27일 (27.07.2016)																					
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 강희국 전화번호 +82-42-481-8264 																					

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 2013-0336214 A1	2013/12/19	AU 2013-278127 A1 CN 104508997 A CN 104734753 A EP 2677671 A1 JP 2015-524229 A KR 10-2015-0030197 A US 2015-0200754 A1 US 2015-0215090 A1 WO 2013-191441 A1	2014/10/30 2015/04/08 2015/06/24 2013/12/25 2015/08/20 2015/03/19 2015/07/16 2015/07/30 2013/12/27
US 2013-0310100 A1	2013/11/21	CN 104350693 A EP 2665199 A1 JP 2015-520579 A KR 10-2015-0011354 A US 2016-0065389 A1 US 9184941 B2 WO 2013-172684 A1	2015/02/11 2013/11/20 2015/07/16 2015/01/30 2016/03/03 2015/11/10 2013/11/21
US 2013-0142125 A1	2013/06/06	CN 103081388 A CN 103081388 B CN 105490718 A EP 2613465 A1 EP 2613465 A4 JP 05356339 B2 JP 2012-054885 A KR 10-1458333 B1 KR 10-2013-0069783 A TW 201225562 A TW I472177 B US 2016-0043836 A1 US 9185743 B2 WO 2012-029845 A1	2013/05/01 2016/01/06 2016/04/13 2013/07/10 2015/01/21 2013/12/04 2012/03/15 2014/11/04 2013/06/26 2012/06/16 2015/02/01 2016/02/11 2015/11/10 2012/03/08
US 2014-0334391 A1	2014/11/13	US 9271279 B2 WO 2014-181551 A1	2016/02/23 2014/11/13
WO 2014-113137 A1	2014/07/24	CN 104919718 A EP 2946482 A1 JP 2016-507990 A KR 10-2015-0110572 A US 2014-0204848 A1 US 9237440 B2	2015/09/16 2015/11/25 2016/03/10 2015/10/02 2014/07/24 2016/01/12