(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2016 년 9 월 29 일 (29.09.2016)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2016/153120 A1

(51) 국제특허분류:
H04B 7/06 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2015/007723

(22) 국제출원일: 2015 년 7 월 24 일 (24.07.2015)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
62/137,240 2015 년 3 월 24 일 (24.03.2015) US

(71) 출원인: **엘지전자 주식회사 (LG ELECTRONICS INC.)** [KR/KR]; 150-721 서울시 영등포구 여의대로 128, Seoul (KR).

(72) 발명자: **김희진 (KIM, Heejin)**; 137-893 서울시 서초구 양재대로 11 길 19 LG 전자 특허센터, Seoul (KR). **강지원 (KANG, Jiwon)**; 137-893 서울시 서초구 양재대로 11 길 19 LG 전자 특허센터, Seoul (KR). **김기태 (KIM, Kitae)**; 137-893 서울시 서초구 양재대로 11 길 19 LG 전자 특허센터, Seoul (KR). **이길봄 (LEE, Kilbom)**; 137-893 서울시 서초구 양재대로 11 길 19 LG 전자 특허센터, Seoul (KR). **박경민 (PARK, Kungmin)**; 137-893 서울시 서초구 양재대로 11 길 19 LG 전자 특허센터, Seoul (KR).

(74) 대리인: **김용인 (KIM, Yong In)** 등; 138-861 서울시 송파구 올림픽로 82, 7 층 KBK 특허법률사무소, 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, 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).

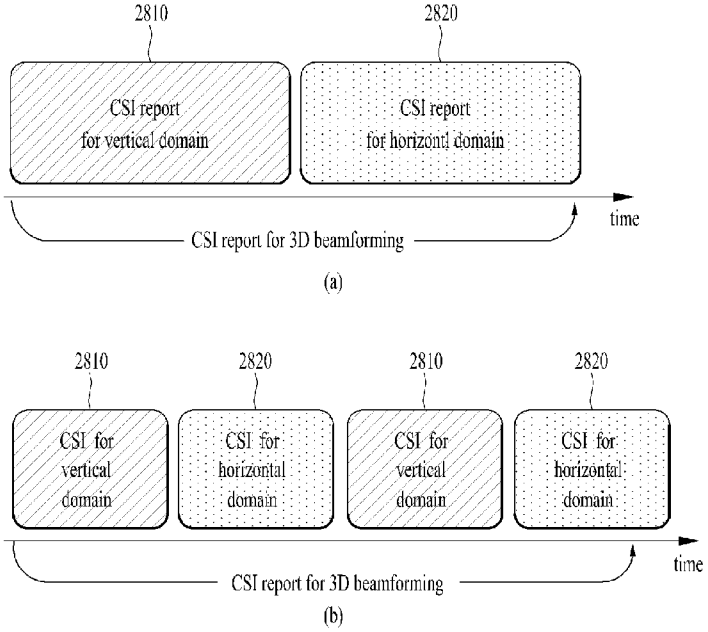
공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) Title: METHOD FOR FEEDING BACK CSI INFORMATION ON BASIS OF CSI REPORTING TYPE IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM, AND DEVICE THEREOF

(54) 발명의 명칭 : 무선 통신 시스템에서 CSI 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보를 피드백하는 방법 및 그 장치

[도28]



(57) **Abstract**: The present specification pertains to a method by which a terminal feeds back CSI information in a wireless communication system to which 3D beamforming is applied, the method comprising the steps of: receiving a pilot signal from a base station; setting either a first CSI transmission mode or a second CSI transmission mode; and feeding back CSI information on the basis of the set CSI transmission mode. Here, a period and offset of the CSI information to be fed back can be preset regardless of the CSI transmission mode.

(57) **요약서**: 본 명세서는, 3D 빔포밍이 적용되는 무선 통신 시스템에서 단말이 CSI 정보를 피드백하는 방법에 있어서, 기지국으로부터 파일럿 신호를 수신하는 단계, 제 1 CSI 전송 모드 및 제 2 CSI 전송 모드 중 어느 하나의 모드를 설정하는 단계 및 설정된 CSI 전송 모드에 기초하여 CSI 정보를 피드백하는 단계를 포함할 수 있다. 이때, 피드백되는 CSI 정보의 주기 및 오프셋은 CSI 전송 모드와 무관하게 기설정되어 있을 수 있다.

WO 2016/153120 A1

명세서

발명의 명칭: 무선 통신 시스템에서 CSI 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보를 피드백하는 방법 및 그 장치

기술분야

[1] 본 명세서는 무선 통신 시스템에 대한 것으로, 보다 상세하게는 3D 빔포밍이 적용되는 무선 통신 시스템에서 CSI 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보를 피드백하는 방법 및 그 장치에 대한 것이다.

배경기술

[2] 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템의 일례로서 3GPP LTE (3rd Generation Partnership Project Long Term Evolution; 이하 "LTE"라 함) 통신 시스템에 대해 개략적으로 설명한다.

[3] 도 1은 본 명세서의 일 실시예에 따라 무선 통신 시스템의 일례로서 E-UMTS 망구조를 개략적으로 도시한 도면이다. E-UMTS(Evolved Universal Mobile Telecommunications System) 시스템은 기존 UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)에서 진화한 시스템으로서, 현재 3GPP에서 기초적인 표준화 작업을 진행하고 있다. 일반적으로 E-UMTS는 LTE(Long Term Evolution) 시스템이라고 할 수도 있다. UMTS 및 E-UMTS의 기술 규격(technical specification)의 상세한 내용은 각각 "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network"의 Release 7과 Release 8을 참조할 수 있다.

[4] 도 1을 참조하면, E-UMTS는 단말(User Equipment; UE)과 기지국(eNode B; eNB, 네트워크(E-UTRAN)의 종단에 위치하여 외부 네트워크와 연결되는 접속 게이트웨이(Access Gateway; AG)를 포함한다. 기지국은 브로드캐스트 서비스, 멀티캐스트 서비스 및/또는 유니캐스트 서비스를 위해 다중 데이터 스트림을 동시에 전송할 수 있다.

[5] 한 기지국에는 하나 이상의 셀이 존재한다. 셀은 1.25, 2.5, 5, 10, 15, 20Mhz 등의 대역폭 중 하나로 설정돼 여러 단말에게 하향 또는 상향 전송 서비스를 제공한다. 서로 다른 셀은 서로 다른 대역폭을 제공하도록 설정될 수 있다. 기지국은 다수의 단말에 대한 데이터 송수신을 제어한다. 하향링크(Downlink; DL) 데이터에 대해 기지국은 하향링크 스케줄링 정보를 전송하여 해당 단말에게 데이터가 전송될 시간/주파수 영역, 부호화, 데이터 크기, HARQ(Hybrid Automatic Repeat and reQuest) 관련 정보 등을 알려준다. 또한, 상향링크(Uplink; UL) 데이터에 대해 기지국은 상향링크 스케줄링 정보를 해당 단말에게 전송하여 해당 단말이 사용할 수 있는 시간/주파수 영역, 부호화, 데이터 크기, HARQ 관련 정보 등을 알려준다. 기지국간에는 사용자 트래픽 또는 제어 트래픽 전송을 위한 인터페이스가 사용될 수 있다. 핵심망(Core Network; CN)은 AG와 단말의 사용자

등록 등을 위한 네트워크 노드 등으로 구성될 수 있다. AG는 복수의 셀들로 구성되는 TA(Tracking Area) 단위로 단말의 이동성을 관리한다.

[6] 무선 통신 기술은 WCDMA를 기반으로 LTE까지 개발되어 왔지만, 사용자와 사업자의 요구와 기대는 지속적으로 증가하고 있다. 또한, 다른 무선 접속 기술이 계속 개발되고 있으므로 향후 경쟁력을 가지기 위해서는 새로운 기술 진화가 요구된다. 비트당 비용 감소, 서비스 가용성 증대, 융통성 있는 주파수 밴드의 사용, 단순구조와 개방형 인터페이스, 단말의 적절한 파워 소모 등이 요구된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[7] 본 명세서는, 무선 통신 시스템에서 CSI 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보를 피드백하는 방법 및 그 장치를 제공하는데 목적을 가지고 있다.

[8] 본 명세서는 3D 빔포밍이 적용되는 경우, 빔포밍 방향에 기초한 CSI 전송 모드와 상관없이 기설정된 리포팅 주기 및 오프셋 값에 기초하여 CSI 정보를 피드백하는 방법을 제공하는데 목적을 가지고 있다.

[9] 본 명세서는, 무선 통신 시스템에서 CSI 정보들 각각의 리포팅 주기 및 오프셋 값을 변경하지 않고, CSI 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보를 피드백하는 방법을 제공하는데 목적을 가지고 있다.

[10] 본 명세서는, 무선 통신 시스템에서 3D 빔포밍이 적용되는 경우, CSI 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보에 포함되는 피드백 정보를 제어하는 방법을 제공하는데 목적을 가지고 있다.

과제 해결 수단

[11] 본 명세서의 일 실시예에 따라 3D 빔포밍이 적용되는 무선 통신 시스템에서 단말이 CSI 정보를 피드백하는 방법에 있어서, 기지국으로부터 파일럿 신호(Reference Signal)를 수신하는 단계, 제 1 CSI 전송 모드 및 제 2 CSI 전송 모드 중 어느 하나의 모드를 설정하는 단계 및 설정된 CSI 전송 모드에 기초하여 CSI 정보를 피드백하는 단계를 포함할 수 있다. 이때, 피드백되는 CSI 정보의 주기 및 오프셋은 CSI 전송 모드와 무관하게 기설정되어 있을 수 있다. 이때, 제 1 CSI 전송 모드는 수평 방향 빔포밍 및 수직 방향 빔포밍을 모두 고려하여 CSI 정보를 피드백하는 모드이고, 제 2 CSI 전송 모드는 수평 방향 빔포밍 및 수직 방향 빔포밍 중 어느 하나에 대한 CSI 정보를 피드백하는 모드일 수 있다. 이때, 피드백되는 CSI 정보는 제 1 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보를 전송하는 제 1 파트 및 제 2 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보를 전송하는 제 2 파트로 구성될 수 있다.

[12] 또한, 본 명세서의 일 실시예에 따라, 3D 빔포밍이 적용되는 무선 통신 시스템에서 CSI 정보를 피드백하는 단말 장치는 외부 디바이스로부터 인포메이션을 수신하는 수신 모듈, 외부 디바이스로부터 인포메이션을 송신하는 송신 모듈 및 수신 모듈 및 송신 모듈을 제어하는 프로세서를 포함할

수 있다. 이때, 프로세서는, 수신 모듈을 이용하여 기지국으로부터 파일럿 신호(Reference Signal)를 수신하고, 제 1 CSI 전송 모드 및 제 2 CSI 전송 모드 중 어느 하나의 모드를 설정하고, 송신 모듈을 이용하여 설정된 CSI 전송 모드에 기초하여 CSI 정보를 피드백할 수 있다. 이때, 피드백되는 CSI 정보의 주기 및 오프셋은 상기 CSI 전송 모드와 무관하게 기설정되어 있을 수 있다. 이때, 제 1 CSI 전송 모드는 수평 방향 빔포밍 및 수직 방향 빔포밍을 모두 고려하여 CSI 정보를 피드백하는 모드이고, 제 2 CSI 전송 모드는 수평 방향 빔포밍 및 수직 방향 빔포밍 중 어느 하나에 대한 CSI 정보를 피드백하는 모드일 수 있다. 이때, 피드백되는 CSI 정보는 제 1 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보를 전송하는 제 1 파트 및 제 2 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보를 전송하는 제 2 파트로 구성될 수 있다.

[13] 또한, 무선 통신 시스템에서 CSI 정보를 피드백하는 방법 및 단말 장치에 대해서 다음 사항들은 공통으로 적용될 수 있다.

[14] 본 명세서의 일 실시예에 따라, 제 1 CSI 전송 모드가 설정된 경우, 제 1 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보가 피드백될 수 있다. 이때, 제 1 리포팅 타입은 제 1 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보가 제 1 파트에 포함되어 피드백되고, 제 2 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보가 제 2 파트에 포함되어 피드백되는 리포팅 타입일 수 있다.

[15] 또한, 본 명세서의 일 실시예에 따라, 제 2 CSI 전송 모드에 기초하여 제 1 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보만이 피드백되는 경우, 제 2 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보가 피드백될 수 있다. 이때, 제 2 리포팅 타입은 제 1 파트에 제 1 방향에 대한 정보가 포함되고, 제 2 파트에는 정보가 포함되지 않은 상태로 피드백되는 리포팅 타입일 수 있다.

[16] 또한, 본 명세서의 일 실시예에 따라, 제 2 리포팅 타입은 제 1 파트 및 제 2 파트에 제 1 방향에 대한 정보가 각각 포함되어 피드백되는 리포팅 타입일 수 있다.

[17] 또한, 본 명세서의 일 실시예에 따라, 제 2 리포팅 타입은 제 1 파트에는 제 1 방향에 대한 정보가 포함되고, 제 2 파트에는 제 1 파트에 포함된 정보에 대한 추가 정보가 포함되어 피드백되는 리포팅 타입일 수 있다.

[18] 또한, 본 명세서의 일 실시예에 따라, 단말은 기지국으로부터 리포팅 타입에 대한 정보를 제공받는 단계를 더 포함할 수 있다. 이때, 단말은 제공된 리포팅 타입에 대한 정보에 기초하여 CSI 정보를 피드백할 수 있다.

[19] 또한, 본 명세서의 일 실시예에 따라, 단말은 리포팅 타입에 대한 정보를 기설정된 주기마다 수신하여 리포팅 타입을 기설정된 주기마다 갱신할 수 있다.

[20] 이때, 본 명세서의 일 실시예에 따라, 단말이 리포팅 타입에 대한 정보를 수신하지 못한 경우, 단말은 제 1 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보를 피드백할 수 있다.

[21] 또한, 본 명세서의 일 실시예에 따라, 단말은 기지국으로 리포팅 타입에 대한 정보를 제공하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이때, 단말은 제공하는 리프토 타입

정보에 기초하여 CSI 정보를 피드백할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[22] 도 1은 본 명세서의 일 실시예에 따라 무선 통신 시스템의 일례로서 E-UMTS 망구조를 개략적으로 도시한 도면이다.

[23] 도 2는 본 명세서의 일 실시예에 따라 3GPP 무선 접속망 규격을 기반으로 한 단말과 E-UTRAN 사이의 무선 인터페이스 프로토콜(Radio Interface Protocol)의 제어평면(Control Plane) 및 사용자평면(User Plane) 구조를 나타내는 도면이다.

[24] 도 3은 본 명세서의 일 실시예에 따라 3GPP 시스템에 이용되는 물리 채널들 및 이들을 이용한 일반적인 신호 전송 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[25] 도 4는 본 명세서의 일 실시예에 따라 본 명세서의 일 실시예에 따라 LTE 시스템에서 사용되는 무선 프레임의 구조를 예시하는 도면이다.

[26] 도 5는 본 명세서의 일 실시예에 따라 LTE 시스템에서 사용되는 하향링크 무선 프레임의 구조를 예시하는 도면이다.

[27] 도 6은 본 명세서의 일 실시예에 따라 LTE 시스템에서 사용되는 상향링크 서브프레임의 구조를 도시하는 도면이다.

[28] 도 7은 본 명세서의 일 실시예에 따라 일반적인 다중 안테나(MIMO) 통신 시스템의 구성도를 나타낸 도면이다.

[29] 도 8 및 도 9는 본 명세서의 일 실시예에 따라 4개의 안테나를 이용한 하향링크 전송을 지원하는 LTE 시스템에서의 하향링크 참조 신호의 구조를 도시하는 도면이다.

[30] 도 10은 본 명세서의 일 실시예에 따라 현재 3GPP 표준문서에서 정의하고 있는 하향링크 DM-RS 할당 예를 도시한 도면이다.

[31] 도 11은 본 명세서의 일 실시예에 따라 현재 3GPP 표준문서에서 정의된 하향링크 CSI-RS 설정 중 일반 CP인 경우의 CSI-RS 설정 #0을 예시하는 도면이다.

[32] 도 12는 본 명세서의 일 실시예에 따라 안테나 틸팅 방식을 설명하기 위한 도면이다.

[33] 도 13은 본 명세서의 일 실시예에 따라 기존 안테나 시스템과 능동 안테나 시스템을 비교하는 도면이다.

[34] 도 14는 본 명세서의 일 실시예에 따라 능동 안테나 시스템에 기반하여, 단말 특정 빔을 형성한 예를 도시한 도면이다.

[35] 도 15는 본 명세서의 일 실시예에 따라 능동 안테나 시스템 기반의 2 차원 빔 전송 시나리오를 도시한 도면이다.

[36] 도 16은 본 명세서의 일 실시예에 따라 송신 안테나 수에 따른 빔의 형태를 도시한 도면이다.

[37] 도 17은 본 명세서의 일 실시예에 따라 복수의 송신 안테나 중 유효 안테나 수에 기초하여 밤의 형태를 도시한 도면이다.

[38] 도 18은 본 명세서의 일 실시예에 따라 복수의 송신 안테나 중 유효 안테나를 설정하는 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.

[39] 도 19 및 20은 본 명세서의 일 실시예에 따라 수직 방향 및 수평 방향에 기초하여 파일럿 패턴을 설정하는 방법에 대한 것이다.

[40] 도 21은 본 명세서의 일 실시예에 따라 partial array 빔포밍을 설정하는 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.

[41] 도 22는 본 명세서의 일 실시예에 따라 기존 MIMO 전송 방식과 BA 빔포밍 방식의 빔 커버리지 비교하는 도면이다.

[42] 도 23은 본 명세서의 일 실시예에 따라 DA 빔포밍 기법의 개념을 도시하는 도면이다.

[43] 도 24는 본 명세서의 일 실시예에 따라 DA 빔포밍 기법의 특징을 예시하는 도면이다.

[44] 도 25는 본 명세서의 일 실시예에 따라 DBA 빔포밍 기법의 개념을 도시하는 도면이다.

[45] 도 26은 본 명세서의 일 실시예에 따라 MIMO(Multi Input Multi Output)의 전송 구조를 도시한 도면이다.

[46] 도 27은 본 명세서의 일 실시예에 따라 CSI 정보를 피드백하는 방법을 나타낸 도면이다.

[47] 도 28은 본 명세서의 일 실시예에 따라 CSI 정보의 리포팅 주기 및 오프셋 값을 설정하는 방법을 나타낸 도면이다.

[48] 도 29은 본 명세서의 일 실시예에 따라 제 2 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보를 피드백하는 방법을 나타낸 도면이다.

[49] 도 30는 본 명세서의 일 실시예에 따라 제 2 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보를 피드백하는 방법을 나타낸 도면이다.

[50] 도 31은 본 명세서의 일 실시예에 따라 제 2 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보를 피드백하는 방법을 나타낸 도면이다.

[51] 도 32은 본 명세서의 일 실시예에 따라 기설정된 주기마다 CSI 리포팅 타입을 다르게 설정하는 방법을 나타낸 도면이다.

[52] 도 33는 본 명세서의 일 실시예에 따라 단말이 리포팅 타입에 대한 정보를 기지국으로 피드백하는 방법을 나타낸 도면이다.

[53] 도 34은 본 명세서의 일 실시예에 따른 순서도를 도시한 도면이다.

[54] 도 35는 본 명세서의 일 실시예에 따라 단말 장치의 블록도를 도시한 도면이다.

[55]

발명의 실시를 위한 형태

[56] 이하에서 첨부된 도면을 참조하여 설명된 본 발명의 실시예들에 의해 본 발명의 구성, 작용 및 다른 특징들이 용이하게 이해될 수 있을 것이다. 이하에서 설명되는 실시예들은 본 발명의 기술적 특징들이 3GPP 시스템에 적용된

예들이다.

[57] 본 명세서는 LTE 시스템 및 LTE-A 시스템을 사용하여 본 발명의 실시예를 설명하지만, 이는 예시로서 본 발명의 실시예는 상기 정의에 해당되는 어떤 통신 시스템에도 적용될 수 있다. 또한, 본 명세서는 FDD 방식을 기준으로 본 발명의 실시예에 대해 설명하지만, 이는 예시로서 본 발명의 실시예는 H-FDD 방식 또는 TDD 방식에도 용이하게 변형되어 적용될 수 있다.

[58] 또한, 본 명세서는 기지국의 명칭은 RRH(remote radio head), eNB, TP(transmission point), RP(reception point), 중계기(relay) 등을 포함하는 포괄적인 용어로 사용될 수 있다.

[59] 도 2는 3GPP 무선 접속망 규격을 기반으로 한 단말과 E-UTRAN 사이의 무선 인터페이스 프로토콜(Radio Interface Protocol)의 제어평면(Control Plane) 및 사용자평면(User Plane) 구조를 나타내는 도면이다. 제어평면은 단말(User Equipment; UE)과 네트워크가 호를 관리하기 위해서 이용하는 제어 메시지들이 전송되는 통로를 의미한다. 사용자평면은 애플리케이션 계층에서 생성된 데이터, 예를 들어, 음성 데이터 또는 인터넷 패킷 데이터 등이 전송되는 통로를 의미한다.

[60] 제1계층인 물리계층은 물리채널(Physical Channel)을 이용하여 상위 계층에게 정보 전송 서비스(Information Transfer Service)를 제공한다. 물리계층은 상위에 있는 매체접속제어(Medium Access Control) 계층과는 전송채널(Transport Channel)을 통해 연결되어 있다. 상기 전송채널을 통해 매체접속제어 계층과 물리계층 사이에 데이터가 이동한다. 송신측과 수신측의 물리계층 사이는 물리채널을 통해 데이터가 이동한다. 상기 물리채널은 시간과 주파수를 무선 자원으로 활용한다. 구체적으로, 물리채널은 하향링크에서 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 방식으로 변조되고, 상향링크에서 SC-FDMA(Single Carrier Frequency Division Multiple Access) 방식으로 변조된다.

[61] 제2계층의 매체접속제어(Medium Access Control; MAC) 계층은 논리채널(Logical Channel)을 통해 상위계층인 무선링크제어(Radio Link Control; RLC) 계층에 서비스를 제공한다. 제2계층의 RLC 계층은 신뢰성 있는 데이터 전송을 지원한다. RLC 계층의 기능은 MAC 내부의 기능 블록으로 구현될 수도 있다. 제2계층의 PDCP(Packet Data Convergence Protocol) 계층은 대역폭이 좁은 무선 인터페이스에서 IPv4나 IPv6와 같은 IP 패킷을 효율적으로 전송하기 위해 불필요한 제어정보를 줄여주는 헤더 압축(Header Compression) 기능을 수행한다.

[62] 제3계층의 최하부에 위치한 무선 자원제어(Radio Resource Control; RRC) 계층은 제어평면에서만 정의된다. RRC 계층은 무선베어러(Radio Bearer; RB)들의 설정(Configuration), 재설정(Re-configuration) 및 해제(Release)와 관련되어 논리채널, 전송채널 및 물리채널들의 제어를 담당한다. RB는 단말과 네트워크 간의 데이터 전달을 위해 제2계층에 의해 제공되는 서비스를 의미한다. 이를 위해, 단말과 네트워크의 RRC 계층은 서로 RRC 메시지를

교환한다. 단말과 네트워크의 RRC 계층 사이에 RRC 연결(RRC Connected)이 있을 경우, 단말은 RRC 연결 상태(Connected Mode)에 있게 되고, 그렇지 못할 경우 RRC 휴지 상태(Idle Mode)에 있게 된다. RRC 계층의 상위에 있는 NAS(Non-Access Stratum) 계층은 세션 관리(Session Management)와 이동성 관리(Mobility Management) 등의 기능을 수행한다.

[63] 네트워크에서 단말로 데이터를 전송하는 하향 전송채널은 시스템 정보를 전송하는 BCH(Broadcast Channel), 페이징 메시지를 전송하는 PCH(Paging Channel), 사용자 트래픽이나 제어 메시지를 전송하는 하향 SCH(Shared Channel) 등이 있다. 하향 멀티캐스트 또는 방송 서비스의 트래픽 또는 제어 메시지의 경우 하향 SCH를 통해 전송될 수도 있고, 또는 별도의 하향 MCH(Multicast Channel)을 통해 전송될 수도 있다. 한편, 단말에서 네트워크로 데이터를 전송하는 상향 전송채널로는 초기 제어 메시지를 전송하는 RACH(Random Access Channel), 사용자 트래픽이나 제어 메시지를 전송하는 상향 SCH(Shared Channel)가 있다. 전송채널의 상위에 있으며, 전송채널에 매핑되는 논리채널(Logical Channel)로는 BCCH(Broadcast Control Channel), PCCH(Paging Control Channel), CCCH(Common Control Channel), MCCH(Multicast Control Channel), MTCH(Multicast Traffic Channel) 등이 있다.

[64] 도 3은 3GPP 시스템에 이용되는 물리 채널들 및 이들을 이용한 일반적인 신호 전송 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[65] 단말은 전원이 켜지거나 새로이 셀에 진입한 경우 기지국과 동기를 맞추는 등의 초기 셀 탐색(Initial cell search) 작업을 수행한다(S301). 이를 위해, 단말은 기지국으로부터 주 동기 채널(Primary Synchronization Channel; P-SCH) 및 부 동기 채널(Secondary Synchronization Channel; S-SCH)을 수신하여 기지국과 동기를 맞추고, 셀 ID 등의 정보를 획득할 수 있다. 그 후, 단말은 기지국으로부터 물리 방송 채널(Physical Broadcast Channel)를 수신하여 셀 내 방송 정보를 획득할 수 있다. 한편, 단말은 초기 셀 탐색 단계에서 하향링크 참조 신호(Downlink Reference Signal; DL RS)를 수신하여 하향링크 채널 상태를 확인할 수 있다.

[66] 초기 셀 탐색을 마친 단말은 물리 하향링크 제어 채널(Physical Downlink Control Channel; PDCCH) 및 상기 PDCCH에 실린 정보에 따라 물리 하향링크 공유 채널(Physical Downlink Control Channel; PDSCH)을 수신함으로써 좀더 구체적인 시스템 정보를 획득할 수 있다(S302).

[67] 한편, 기지국에 최초로 접속하거나 신호 전송을 위한 무선 자원이 없는 경우 단말은 기지국에 대해 임의 접속 과정(Random Access Procedure; RACH)을 수행할 수 있다(단계 S303 내지 단계 S306). 이를 위해, 단말은 물리 임의 접속 채널(Physical Random Access Channel; PRACH)을 통해 특정 시퀀스를 프리앰블로 전송하고(S303 및 S305), PDCCH 및 대응하는 PDSCH를 통해 프리앰블에 대한 응답 메시지를 수신할 수 있다(S304 및 S306). 경쟁 기반 RACH의 경우, 추가적으로 충돌 해결 절차(Contention Resolution Procedure)를

수행할 수 있다.

[68] 상술한 바와 같은 절차를 수행한 단말은 이후 일반적인 상/하향링크 신호 전송 절차로서 PDCCH/PDSCH 수신(S307) 및 물리 상향링크 공유 채널(Physical Uplink Shared Channel; PUSCH)/물리 상향링크 제어 채널(Physical Uplink Control Channel; PUCCH) 전송(S308)을 수행할 수 있다. 특히 단말은 PDCCH를 통하여 하향링크 제어 정보(Downlink Control Information; DCI)를 수신한다. 여기서 DCI는 단말에 대한 자원 할당 정보와 같은 제어 정보를 포함하며, 그 사용 목적에 따라 포맷이 서로 다르다.

[69] 한편, 단말이 상향링크를 통해 기지국에 전송하는 또는 단말이 기지국으로부터 수신하는 제어 정보는 하향링크/상향링크 ACK/NACK 신호, CQI(Channel Quality Indicator), PMI(Precoding Matrix Index), RI(Rank Indicator) 등을 포함한다. 3GPP LTE 시스템의 경우, 단말은 상술한 CQI/PMI/RI 등의 제어 정보를 PUSCH 및/또는 PUCCH를 통해 전송할 수 있다.

[70] 도 4는 LTE 시스템에서 사용되는 무선 프레임의 구조를 예시하는 도면이다.

[71] 도 4를 참조하면, 무선 프레임(radio frame)은 10ms(327200×Ts)의 길이를 가지며 10개의 균등한 크기의 서브프레임(subframe)으로 구성되어 있다. 각각의 서브프레임은 1ms의 길이를 가지며 2개의 슬롯(slot)으로 구성되어 있다. 각각의 슬롯은 0.5ms(15360×Ts)의 길이를 가진다. 여기에서, Ts 는 샘플링 시간을 나타내고, Ts=1/(15kHz×2048)=3.2552×10-8(약 33ns)로 표시된다. 슬롯은 시간 영역에서 복수의 OFDM 심볼을 포함하고, 주파수 영역에서 복수의 자원블록(Resource Block; RB)을 포함한다. LTE 시스템에서 하나의 자원블록은 12개의 부반송파×7(6)개의 OFDM 심볼을 포함한다. 데이터가 전송되는 단위시간인 TTI(Transmission Time Interval)는 하나 이상의 서브프레임 단위로 정해질 수 있다. 상술한 무선 프레임의 구조는 예시에 불과하고, 무선 프레임에 포함되는 서브프레임의 수 또는 서브프레임에 포함되는 슬롯의 수, 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 다양하게 변경될 수 있다.

[72] 도 5는 하향링크 무선 프레임에서 하나의 서브프레임의 제어 영역에 포함되는 제어 채널을 예시하는 도면이다.

[73] 도 5를 참조하면, 서브프레임은 14개의 OFDM 심볼로 구성되어 있다. 서브프레임 설정에 따라 처음 1 내지 3개의 OFDM 심볼은 제어 영역으로 사용되고 나머지 13~11개의 OFDM 심볼은 데이터 영역으로 사용된다. 도면에서 R1 내지 R4는 안테나 0 내지 3에 대한 기준 신호(Reference Signal(RS) 또는 Pilot Signal)를 나타낸다. RS는 제어 영역 및 데이터 영역과 상관없이 서브프레임 내에 일정한 패턴으로 고정된다. 제어 채널은 제어 영역 중에서 RS가 할당되지 않은 자원에 할당되고, 트래픽 채널도 데이터 영역 중에서 RS가 할당되지 않은 자원에 할당된다. 제어 영역에 할당되는 제어 채널로는 PCFICH(Physical Control Format Indicator CHannel), PHICH(Physical Hybrid-ARQ Indicator CHannel), PDCCH(Physical Downlink Control CHannel) 등이 있다.

[74] PCFICH는 물리 제어 포맷 지시자 채널로서 매 서브프레임 마다 PDCCH에 사용되는 OFDM 심볼의 개수를 단말에게 알려준다. PCFICH는 첫 번째 OFDM 심볼에 위치하며 PHICH 및 PDCCH에 우선하여 설정된다. PCFICH는 4개의 REG(Resource Element Group)로 구성되고, 각각의 REG는 셀 ID(Cell IDentity)에 기초하여 제어 영역 내에 분산된다. 하나의 REG는 4개의 RE(Resource Element)로 구성된다. RE는 하나의 부반송파x하나의 OFDM 심볼로 정의되는 최소 물리 자원을 나타낸다. PCFICH 값은 대역폭에 따라 1 내지 3 또는 2 내지 4의 값을 지시하며 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)로 변조된다.

[75] PHICH는 물리 HARQ(Hybrid - Automatic Repeat and request) 지시자 채널로서 상향링크 전송에 대한 HARQ ACK/NACK을 나르는데 사용된다. 즉, PHICH는 UL HARQ를 위한 DL ACK/NACK 정보가 전송되는 채널을 나타낸다. PHICH는 1개의 REG로 구성되고, 셀 특정(cell-specific)하게 스크램블(scrambling) 된다. ACK/NACK은 1 비트로 지시되며, BPSK(Binary phase shift keying)로 변조된다. 변조된 ACK/NACK은 확산인자(Spreading Factor; SF) = 2 또는 4로 확산된다. 동일한 자원에 매핑되는 복수의 PHICH는 PHICH 그룹을 구성한다. PHICH 그룹에 다중화되는 PHICH의 개수는 확산 코드의 개수에 따라 결정된다. PHICH (그룹)은 주파수 영역 및/또는 시간 영역에서 다이버시티 이득을 얻기 위해 3번 반복(repetition)된다.

[76] PDCCH는 물리 하향링크 제어 채널로서 서브프레임의 처음 n개의 OFDM 심볼에 할당된다. 여기에서, n은 1 이상의 정수로서 PCFICH에 의해 지시된다. PDCCH는 하나 이상의 CCE로 구성된다. PDCCH는 전송 채널인 PCH(Paging channel) 및 DL-SCH(Downlink-shared channel)의 자원할당과 관련된 정보, 상향링크 스케줄링 그랜트(Uplink Scheduling Grant), HARQ 정보 등을 각 단말 또는 단말 그룹에게 알려준다. PCH(Paging channel) 및 DL-SCH(Downlink-shared channel)는 PDSCH를 통해 전송된다. 따라서, 기지국과 단말은 일반적으로 특정한 제어 정보 또는 특정한 서비스 데이터를 제외하고는 PDSCH를 통해서 데이터를 각각 전송 및 수신한다.

[77] PDSCH의 데이터가 어떤 단말(하나 또는 복수의 단말)에게 전송되는 것이며, 상기 단말들이 어떻게 PDSCH 데이터를 수신하고 디코딩(decoding)을 해야 하는지에 대한 정보 등은 PDCCH에 포함되어 전송된다. 예를 들어, 특정 PDCCH가 "A"라는 RNTI(Radio Network Temporary Identity)로 CRC 마스킹(masking)되어 있고, "B"라는 무선자원(예, 주파수 위치) 및 "C"라는 DCI 포맷 즉, 전송 형식 정보(예, 전송 블록 사이즈, 변조 방식, 코딩 정보 등)를 이용해 전송되는 데이터에 관한 정보가 특정 서브프레임을 통해 전송된다고 가정한다. 이 경우, 셀 내의 단말은 자신이 가지고 있는 RNTI 정보를 이용하여 검색 영역에서 PDCCH를 모니터링, 즉 블라인드 디코딩하고, "A" RNTI를 가지고 있는 하나 이상의 단말이 있다면, 상기 단말들은 PDCCH를 수신하고, 수신한 PDCCH의 정보를 통해 "B"와 "C"에 의해 지시되는 PDSCH를 수신한다.

[78] 도 6은 LTE 시스템에서 사용되는 상향링크 서브프레임의 구조를 도시하는 도면이다.

[79] 도 6을 참조하면, 상향링크 서브프레임은 제어정보를 나르는 PUCCH(Physical Uplink Control CHannel)가 할당되는 영역과 사용자 데이터를 나르는 PUSCH(Physical Uplink Shared CHannel)가 할당되는 영역으로 나눌 수 있다. 서브프레임의 중간 부분이 PUSCH에 할당되고, 주파수 영역에서 데이터 영역의 양측 부분이 PUCCH에 할당된다. PUCCH 상에 전송되는 제어정보는 HARQ에 사용되는 ACK/NACK, 하향링크 채널 상태를 나타내는 CQI(Channel Quality Indicator), MIMO를 위한 RI(Rank Indicator), 상향링크 자원 할당 요청인 SR(Scheduling Request) 등이 있다. 한 단말에 대한 PUCCH는 서브프레임 내의 각 슬롯에서 서로 다른 주파수를 차지하는 하나의 자원블록을 사용한다. 즉, PUCCH에 할당되는 2개의 자원블록은 슬롯 경계에서 주파수 호핑(frequency hopping)된다. 특히 도 6은 m=0인 PUCCH, m=1인 PUCCH, m=2인 PUCCH, m=3인 PUCCH가 서브프레임에 할당되는 것을 예시한다.

[80] 이하 MIMO 시스템에 대하여 설명한다. MIMO(Multiple-Input Multiple-Output)는 복수개의 송신안테나와 복수개의 수신안테나를 사용하는 방법으로서, 이 방법에 의해 데이터의 송수신 효율을 향상시킬 수 있다. 즉, 무선 통신 시스템의 송신단 혹은 수신단에서 복수개의 안테나를 사용함으로써 용량을 증대시키고 성능을 향상 시킬 수 있다. 이하 본 문헌에서 MIMO를 '다중 안테나'라 지칭할 수 있다.

[81] 다중 안테나 기술에서는, 하나의 전체 메시지를 수신하기 위해 단일 안테나 경로에 의존하지 않는다. 그 대신 다중 안테나 기술에서는 여러 안테나에서 수신된 데이터 조각(fragment)을 한데 모아 병합함으로써 데이터를 완성한다. 다중 안테나 기술을 사용하면, 특정된 크기의 셀 영역 내에서 데이터 전송 속도를 향상시키거나, 또는 특정 데이터 전송 속도를 보장하면서 시스템 커버리지(coverage)를 증가시킬 수 있다. 또한, 이 기술은 이동통신 단말과 중계기 등에 폭넓게 사용할 수 있다. 다중 안테나 기술에 의하면, 단일 안테나를 사용하던 종래 기술에 의한 이동 통신에서의 전송량 한계를 극복할 수 있다.

[82] 일반적인 다중 안테나(MIMO) 통신 시스템의 구성도가 도 7에 도시되어 있다. 송신단에는 송신 안테나가 NT개 설치되어 있고, 수신단에서는 수신 안테나가 NR개가 설치되어 있다. 이렇게 송신단 및 수신단에서 모두 복수개의 안테나를 사용하는 경우에는, 송신단 또는 수신단 중 어느 하나에만 복수개의 안테나를 사용하는 경우보다 이론적인 채널 전송 용량이 증가한다. 채널 전송 용량의 증가는 안테나의 수에 비례한다. 따라서, 전송 레이트가 향상되고, 주파수 효율이 향상된다 하나의 안테나를 이용하는 경우의 최대 전송 레이트를 Ro라고 한다면, 다중 안테나를 사용할 때의 전송 레이트는, 이론적으로, 아래 수학식 1과 같이 최대 전송 레이트 Ro에 레이트 증가율 Ri를 곱한 만큼 증가할 수 있다. 여기서 Ri는 NT와 NR 중 작은 값이다.

[83] [수학식 1]

[84] $R_I = \min(N_T, N_R)$

[85] 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 안테나 시스템의 이론적 용량 증가가 90 년대 중반에 증명된 이후, 실질적으로 데이터 전송률을 향상시키기 위한 다양한 기술들이 현재까지 활발히 연구되고 있으며, 이들 중 몇몇 기술들은 이미 3 세대 이동 통신과 차세대 무선랜 등의 다양한 무선 통신의 표준에 반영되고 있다.

[86] 현재까지의 다중안테나 관련 연구 동향을 살펴보면 다양한 채널 환경 및 다중접속 환경에서의 다중안테나 통신 용량 계산 등과 관련된 정보 이론 측면 연구, 다중안테나 시스템의 무선 채널 측정 및 모형 도출 연구, 그리고 전송 신뢰도 향상 및 전송률 향상을 위한 시공간 신호 처리 기술 연구 등 다양한 관점에서 활발한 연구가 진행되고 있다.

[87] 다중 안테나 시스템에 있어서의 통신 방법을 보다 구체적인 방법으로 설명하기 위해 이를 수학적으로 모델링 하는 경우 다음과 같이 나타낼 수 있다. 도 7에 도시된 바와 같이 NT개의 송신 안테나와 NR개의 수신 안테나가 존재하는 것을 가정한다. 먼저, 송신 신호에 대해 살펴보면, NT개의 송신 안테나가 있는 경우 최대 전송 가능한 정보는 NT개이므로, 전송 정보를 하기의 수학식 2와 같은 벡터로 나타낼 수 있다.

[88] [수학식 2]

[89] $$\mathbf{s} = \left[s_1, s_2, \cdots, s_{N_T}\right]^T$$

[90] 한편, 각각의 전송 정보 $s_1, s_2, \ldots, s_{N_T}$에 있어 전송 전력을 다르게 할 수 있으며, 이때 각각의 전송 전력을 $P_1, P_2, \ldots, P_{N_T}$라 하면, 전송 전력이 조정된 전송 정보를 벡터로 나타내면 하기의 수학식 3과 같다.

[91] [수학식 3]

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

[93] 또한, $\hat{\mathbf{s}}$ 를 전송 전력의 대각행렬 P를 이용하여 나타내면 하기의 수학식 4와 같다.

[94] [수학식 4]

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

[96] 한편, 전송전력이 조정된 정보 벡터 $\hat{\mathbf{s}}$ 에 가중치 행렬 W가 적용되어 실제 전송되는 N_T개의 송신 신호(transmitted signal) $x_1, x_2, \ldots, x_T$가 구성되는 경우를

고려해보자.여기서, 가중치 행렬은 전송 정보를 전송 채널 상황 등에 따라 각 안테나에 적절히 분배해 주는 역할을 수행한다. 이와 같은 전송신호 $x_1,x_2,\cdots,x_T$는 벡터 X를 이용하여 하기의 수학식 5와 같이 나타낼 수 있다. 여기서 W_{ij}는 i번째 송신 안테나와 j번째 정보 간의 가중치를 의미한다. W는 가중치 행렬(Weight Matrix) 또는 프리코딩 행렬(Precoding Matrix)이라고 불린다.

[97] [수학식 5]

[98]
$$\mathbf{x}=\begin{bmatrix}x_1\\x_2\\\mathsf{M}\\x_i\\\mathsf{M}\\x_{N_T}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}w_{11}&w_{12}&\mathsf{L}&w_{1N_T}\\w_{21}&w_{22}&\mathsf{L}&w_{2N_T}\\\mathsf{M}&\mathsf{M}&\mathsf{O}&\\w_{i1}&w_{i2}&\mathsf{L}&w_{iN_T}\\\mathsf{M}&\mathsf{M}&\mathsf{O}&\\w_{N_T1}&w_{N_T2}&\mathsf{L}&w_{N_TN_T}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\hat{s}_1\\\hat{s}_2\\\mathsf{M}\\\hat{s}_j\\\mathsf{M}\\\hat{s}_{N_T}\end{bmatrix}=\mathbf{W}\hat{\mathbf{s}}=\mathbf{WPs}$$

[99] 일반적으로, 채널 행렬의 랭크의 물리적인 의미는, 주어진 채널에서 서로 다른 정보를 보낼 수 있는 최대 수라고 할 수 있다. 따라서 채널 행렬의 랭크(rank)는 서로 독립인(independent) 행(row) 또는 열(column)의 개수 중에서 최소 개수로 정의되므로, 행렬의 랭크는 행(row) 또는 열(column)의 개수보다 클 수 없게 된다. 수식적으로 예를 들면, 채널 행렬 H의 랭크(rank(H))는 수학식 6과 같이 제한된다.

[100]

[101] [수학식 6]

[102]
$$rank(\mathbf{H})\le\min(N_T,N_R)$$

[103] 또한, 다중 안테나 기술을 사용해서 보내는 서로 다른 정보 각각을 '전송 스트림(Stream)' 또는 간단하게 '스트림' 으로 정의하기로 하자. 이와 같은 '스트림' 은 '레이어 (Layer)' 로 지칭될 수 있다. 그러면 전송 스트림의 개수는 당연히 서로 다른 정보를 보낼 수 있는 최대 수인 채널의 랭크 보다는 클 수 없게 된다. 따라서, 채널 행렬이 H는 아래 수학식 7과 같이 나타낼 수 있다.

[104] [수학식 7]

[105]
$$\#\ of\ streams\le rank(\mathbf{H})\le\min(N_T,N_R)$$

[106] 여기서 "# of streams"는 스트림의 수를 나타낸다. 한편, 여기서 한 개의 스트림은 한 개 이상의 안테나를 통해서 전송될 수 있음에 주의해야 한다.

[107] 한 개 이상의 스트림을 여러 개의 안테나에 대응시키는 여러 가지 방법이 존재할 수 있다. 이 방법을 다중 안테나 기술의 종류에 따라 다음과 같이 설명할 수 있다. 한 개의 스트림이 여러 안테나를 거쳐 전송되는 경우는 공간 다이버시티 방식으로 볼 수 있고, 여러 스트림이 여러 안테나를 거쳐 전송되는 경우는 공간 멀티플렉싱 방식으로 볼 수 있다. 물론 그 중간인 공간 다이버시티와 공간 멀티플렉싱의 혼합(Hybrid)된 형태도 가능하다.

[108] 한편, 차세대 이동통신 시스템의 표준인 LTE-A 시스템에서는 데이터 전송률

향상을 위해 기존 표준에서는 지원되지 않았던 CoMP(Coordinated Multi Point) 전송 방식을 지원할 것으로 예상된다. 여기서, CoMP 전송 방식은 음영 지역에 있는 단말 및 기지국(셀 또는 섹터) 간의 통신성능을 향상시키기 위해 2개 이상의 기지국 혹은 셀이 서로 협력하여 단말과 통신하기 위한 전송 방식을 말한다.

[109] CoMP 전송 방식은 데이터 공유를 통한 협력적 MIMO 형태의 조인트 프로세싱(CoMP-Joint Processing, CoMP-JP) 및 협력 스케줄링/빔포밍(CoMP-Coordinated Scheduling/beamforming, CoMP-CS/CB) 방식으로 구분할 수 있다.

[110] 하향링크의 경우 조인트 프로세싱(CoMP-JP) 방식에서, 단말은 CoMP전송 방식을 수행하는 각 기지국으로부터 데이터를 순간적으로 동시에 수신할 수 있으며, 각 기지국으로부터의 수신한 신호를 결합하여 수신 성능을 향상시킬 수 있다 (Joint Transmission; JT). 또한, CoMP전송 방식을 수행하는 기지국들 중 하나가 특정 시점에 상기 단말로 데이터를 전송하는 방법도 고려할 수 있다 (DPS; Dynamic Point Selection).

[111] 이와 달리, 협력 스케줄링/빔포밍 방식(CoMP-CS/CB)에서, 단말은 빔포밍을 통해 데이터를 순간적으로 하나의 기지국, 즉 서빙 기지국을 통해서 수신할 수 있다.

[112] 상향링크의 경우 조인트 프로세싱(CoMP-JP) 방식에서, 각 기지국은 단말로부터 PUSCH 신호를 동시에 수신할 수 있다 (Joint Reception; JR). 이와 달리, 협력 스케줄링/빔포밍 방식(CoMP-CS/CB)에서, 하나의 기지국만이 PUSCH를 수신하는데 이때 협력 스케줄링/빔포밍 방식을 사용하기로 하는 결정은 협력 셀(혹은 기지국)들에 의해 결정된다.

[113] 이하에서는, 채널 상태 정보 (channel state information; CSI) 피드백에 관하여 설명한다. 현재 LTE 표준에서는 채널 정보 없이 운용되는 개루프(open-loop) MIMO와 채널 정보에 기반하여 운용되는 폐루프(closed-loop) MIMO 두 가지 송신 방식이 존재한다. 특히, 폐루프 MIMO 에서는 MIMO 안테나의 다중화 이득(multiplexing gain)을 얻기 위해 기지국 및 단말 각각은 채널 상태 정보를 바탕으로 빔포밍을 수행할 수 있다. 기지국은 채널 상태 정보를 단말로부터 얻기 위해, 단말에게 참조 신호를 전송하고, 이에 기반하여 측정한 채널 상태 정보를 PUCCH(Physical Uplink Control CHannel) 또는 PUSCH(Physical Uplink Shared CHannel)를 통하여 피드백 하도록 명령한다.

[114] CSI는 RI(Rank Indicator), PMI(Precoding Matrix Index), CQI(Channel Quality Indication) 세가지 정보로 크게 분류된다. 우선, RI는 상술한 바와 같이 채널의 랭크 정보를 나타내며, 단말이 동일 주파수-시간 자원을 통해 수신할 수 있는 스트림의 개수를 의미한다. 또한, RI는 채널의 롱텀 페이딩(long term fading)에 의해 결정되므로 PMI, CQI 값 보다 통상 더 긴 주기로 기지국으로 피드백 된다.

[115] 두 번째로, PMI는 채널의 공간 특성을 반영한 값으로 SINR 등의 메트릭(metric)을 기준으로 단말이 선호하는 기지국의 프리코딩 행렬 인덱스를

나타낸다. 마지막으로, CQI는 채널의 세기를 나타내는 값으로 통상 기지국이 PMI를 이용했을 때 얻을 수 있는 수신 SINR을 의미한다.

[116] LTE-A 표준과 같은 보다 진보된 통신 시스템에서는 MU-MIMO (multi-user MIMO)를 이용한 추가적인 다중 사용자 다이버시티(multi-user diversity)를 얻는 것이 추가되었다. MU-MIMO에서는 안테나 도메인에서 다중화되는 단말들 간의 간섭이 존재하기 때문에, CSI의 정확성 여부는 CSI를 피드백한 단말뿐만 아니라, 다중화되는 다른 단말의 간섭에도 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서, MU-MIMO에서는 SU-MIMO에 비하여 보다 정확한 CSI 피드백이 요구된다.

[117] 이에, LTE-A표준에서는 최종 PMI를 롱텀(long term) 및/또는 광대역(wideband) PMI인 W1와 숏텀(short term) 및/또는 서브밴드(sub-band) PMI인 W2 둘로 나누어 설계하는 것으로 결정되었다.

[118] 상기 W1 및 W2 정보로부터 하나의 최종 PMI를 구성하는 구조적 코드북 변환(hierarchical codebook transformation) 방식의 예시로 아래 수학식 8과 같이 채널의 롱텀 공분산 행렬(long-term covariance matrix)를 이용할 수 있다.

[119] [수학식 8]

[120] $$\mathbf{W} = norm(\mathbf{W1}\,\mathbf{W2})$$

[121] 위 수학식 1에서 W2는 숏텀 PMI로서, 숏텀 채널 정보를 반영하기 위해 구성된 코드북의 코드워드이고, W은 최종 코드북의 코드워드이며, norm(A)은 행렬 A의 각 열의 노름(norm)이 1로 정규화(normalization)된 행렬을 의미한다.

[122] 기존 W1과 W2의 구체적인 구조는 다음 수학식 9와 같다.

[123] [수학식 9]

[124] $$\mathbf{W1}(i) = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_i & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_i \end{bmatrix}, \text{ where } \mathbf{X}_i \text{ is Nt/2 by M matrix.}$$

$$\mathbf{W2}(j) = \begin{bmatrix} \overbrace{\mathbf{e}_M^k \quad \mathbf{e}_M^l \quad \cdots \quad \mathbf{e}_M^m}^{r \text{ columns}} \\ \alpha_j \mathbf{e}_M^k \quad \beta_j \mathbf{e}_M^l \quad \cdots \quad \gamma_j \mathbf{e}_M^m \end{bmatrix} \text{ (if rank = r), where } 1 \le k,l,m \le \mathrm{M} \text{ and } k,l,m \text{ are integer.}$$

[125] 수학식 9에서 코드워드의 구조는 교차 편파 안테나(cross polarized antenna)를 사용하고 안테나 간 간격이 조밀한 경우, 예를 들어, 통상 인접 안테나 간 거리가 신호 파장의 반 이하인 경우, 발생하는 채널의 상관관계(correlation) 특성을 반영하여 설계한 구조이다. 교차 편파 안테나의 경우 안테나를 수평 안테나 그룹(horizontal antenna group)과 수직 안테나 그룹(vertical antenna group)으로 구분 할 수 있는데, 각 안테나 그룹은 ULA(uniform linear array) 안테나의 특성을 가지며, 두 안테나 그룹은 공존(co-located)한다.

[126] 따라서 각 그룹의 안테나 간 상관관계 은 동일한 선형 위상 증가(linear phase increment) 특성을 가지며, 안테나 그룹 간 상관관계는 위상 회전(phase rotation)된 특성을 갖는다. 결국, 코드북은 채널을 양자화(quantization)한 값이기 때문에 채널의 특성을 그대로 반영하여 코드북을 설계하는 것이 필요하다. 설명의 편의를 위해 상기 상술한 구조로 만든 랭크 1 코드워드를 아래 수학식 10과 같이

예시할 수 있다.

[127] 수학식 9에서 코드워드의 구조는 교차 편파 안테나(cross polarized antenna)를 사용하고 안테나 간 간격이 조밀한 경우, 예를 들어, 통상 인접 안테나 간 거리가 신호 파장의 반 이하인 경우, 발생하는 채널의 상관관계(correlation) 특성을 반영하여 설계한 구조이다. 교차 편파 안테나의 경우 안테나를 수평 안테나 그룹(horizontal antenna group)과 수직 안테나 그룹(vertical antenna group)으로 구분 할 수 있는데, 각 안테나 그룹은 ULA(uniform linear array) 안테나의 특성을 가지며, 두 안테나 그룹은 공존(co-located)한다.

[128] 따라서 각 그룹의 안테나 간 상관관계 은 동일한 선형 위상 증가(linear phase increment) 특성을 가지며, 안테나 그룹 간 상관관계는 위상 회전(phase rotation)된 특성을 갖는다. 결국, 코드북은 채널을 양자화(quantization)한 값이기 때문에 채널의 특성을 그대로 반영하여 코드북을 설계하는 것이 필요하다. 설명의 편의를 위해 상기 상술한 구조로 만든 랭크 1 코드워드를 아래 수학식 10과 같이 예시할 수 있다.

[129] [수학식 10]

[130]
$$\mathbf{W1}(i) * \mathbf{W2}(j) = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_i(k) \\ \alpha_j \mathbf{X}_i(k) \end{bmatrix}$$

[131] 위 수학식 10에서 코드워드는 송신 안테나의 개수 N_TX 1 의 벡터로 표현되고, 상위 벡터 $X_i(k)$ 와 하위 벡터 $a_jX_i(k)$ 로 구조화 되어있으며, 각각은 수평 안테나 그룹과 수직 안테나 그룹의 상관관계 특성을 보여준다. $x_i(k)$ 는 각 안테나 그룹의 안테나 간 상관관계 특성을 반영하여 선형 위상 증가 특성을 갖는 벡터로 표현하는 것이 유리하며, 대표적인 예로 DFT 행렬을 이용할 수 있다.

[132] LTE-A 표준과 같은 보다 진보된 통신 시스템에서는 MU-MIMO (multi-user MIMO)를 이용한 추가적인 다중 사용자 다이버시티(multi-user diversity)를 얻는 것이 추가되었다. MU-MIMO에서는 안테나 도메인에서 다중화되는 단말들 간의 간섭이 존재하기 때문에, CSI의 정확성 여부는 CSI를 피드백한 단말뿐만 아니라, 다중화되는 다른 단말의 간섭에도 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서, MU-MIMO에서는 SU-MIMO에 비하여 보다 정확한 CSI 피드백이 요구된다.

[133] 또한, CoMP JT의 경우 여러 기지국이 특정 단말에게 동일한 데이터를 협력 전송하므로 이론적으로 안테나가 지리적으로 분산되어 있는 MIMO 시스템으로 간주 할 수 있다. 즉, JT에서 MU-MIMO를 하는 경우도 단일 셀-MU-MIMO와 마찬가지로 협력 스케줄링되는 단말들 간 간섭을 피하기 위해 높은 정확성의 채널 상태 정보가 요구 된다. CoMP CB의 경우에도 역시 인접 셀이 서빙 셀에게 주는 간섭을 회피하기 위해서 정교한 채널 상태 정보가 요구된다. 일반적으로 채널 상태 정보 피드백의 정확도를 높이기 위해서는 단말의 추가적인 채널 상태 정보 피드백이 필요하고 이는 PUCCH 또는 PUSCH를 통해 기지국으로 전송된다.

[134] 이하에서는, 참조 신호에 관하여 보다 상세히 설명한다.

[135] 일반적으로 채널 측정을 위하여 데이터와 함께 송신측과 수신측 모두가 이미 알고 있는 참조 신호가 송신측에서 수신측으로 전송된다. 이러한 참조 신호는 채널 측정뿐만 아니라 변조 기법을 알려주어 복조 과정이 수행되도록 하는 역할을 수행한다. 참조 신호는 기지국과 특정 단말을 위한 전용 참조 신호(dedicated RS; DRS), 즉 단말 특정 참조 신호와 셀 내 모든 단말을 위한 셀 특정 참조 신호인 공통 참조 신호(common RS 또는 Cell specific RS; CRS)로 구분된다. 또한, 셀 특정 참조 신호는 단말에서 CQI/PMI/RI 를 측정하여 기지국으로 피드백하기 위한 참조 신호를 포함하며, 이를 CSI-RS(Channel State Information-RS)라고 지칭한다.

[136] 도 8 및 도 9는 4개의 안테나를 이용한 하향링크 전송을 지원하는 LTE 시스템에서의 참조 신호의 구조를 도시하는 도면이다. 특히 도 8은 일반(normal) 순환 전치(Cyclic Prefix)인 경우를 도시하며, 도 9는 확장(extended) 순환 전치인 경우를 도시한다.

[137] 도 8 및 도 9를 참조하면, 격자에 기재된 0 내지 3은 안테나 포트 0 내지 3 각각에 대응하여 채널 측정과 데이터 복조를 위하여 송신되는 셀 특정 참조 신호인 CRS(Common Reference Signal)를 의미하며, 상기 셀 특정 참조 신호인 CRS는 데이터 정보 영역뿐만 아니라 제어 정보 영역 전반에 걸쳐 단말로 전송될 수 있다.

[138] 또한, 격자에 기재된 'D'는 단말 특정 RS인 하향링크 DM-RS(Demodulation-RS)를 의미하고, DM-RS는 데이터 영역 즉, PDSCH를 통하여 단일 안테나 포트 전송을 지원한다. 단말은 상위 계층을 통하여 상기 단말 특정 RS인 DM-RS의 존재 여부를 시그널링 받는다. 도 8 및 도 9는 안테나 포트 5에 대응하는 DM-RS를 예시하며, 3GPP 표준문서 36.211에서는 안테나 포트 7 내지 14, 즉 총 8개의 안테나 포트에 대한 DM-RS 역시 정의하고 있다.

[139] 도 10은 현재 3GPP 표준문서에서 정의하고 있는 하향링크 DM-RS 할당 예를 도시한다.

[140] 도 10을 참조하면, DM-RS 그룹 1에는 안테나 포트 {7, 8, 11, 13}에 해당하는 DM-RS가 안테나 포트 별 시퀀스를 이용하여 맵핑되며, DM-RS 그룹 2에는 안테나 포트 {9, 10, 12, 14}에 해당하는 DM-RS가 마찬가지로 안테나 포트 별 시퀀스를 이용하여 맵핑된다.

[141] 한편, 상술한 CSI-RS 는 CRS와 별도로 PDSCH에 대한 채널 측정을 목적으로 제안되었으며, CRS와 달리 CSI-RS는 다중 셀 환경에서 셀 간 간섭(inter-cell interference; ICI)를 줄이기 위하여 최대 32가지의 서로 다른 자원 설정(configuration)으로 정의될 수 있다.

[142] CSI-RS (자원) 설정은 안테나 포트 개수에 따라 서로 다르며, 인접 셀 간에는 최대한 다른 (자원) 설정으로 정의되는 CSI-RS가 송신되도록 구성된다. CSI-RS는 CRS와 달리 최대 8개의 안테나 포트까지 지원하며, 3GPP

표준문서에서는 안테나 포트 15 내지 22까지 총 8개의 안테나 포트를 CSI-RS를 위한 안테나 포트로 할당한다. 아래 표 1 및 표 2는 3GPP 표준문서에서 정의하고 있는 CSI-RS 설정을 나타내며, 특히, 표 1은 일반(Normal CP)인 경우를, 표 2는 일반(Extended CP)인 경우를 나타낸다.

[143] [표 1]

[144]

	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	20	(11,1)	1	(11,1)	1	(11,1)	1
	21	(9,1)	1	(9,1)	1	(9,1)	1

[145]

	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				

[146]

[147] [표 2]

[148]

	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				

[149]

Frame structure type 2	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				

[150]

[151] 표 1 및 표 2에서, (k',l') 는 RE 인덱스를 나타내며, k'는 부반송파 인덱스를, l'는 OFDM 심볼 인덱스를 나타낸다. 도 11은 현재 3GPP 표준문서에서 정의된 CSI-RS 설정 중 일반 CP인 경우의 CSI-RS 설정 #0을 예시한다. 또한, CSI-RS 서브프레임 설정이 정의될 수 있으며, 이는 서브프레임 단위로 표현되는 주기(T_{CSI-RS})와 서브프레임 오프셋(Δ_{CSI-RS})으로 구성된다. 아래 표 3은, 3GPP 표준문서에서 정의하고 있는 CSI-RS 서브프레임 설정을 나타낸다.

[152] [표 3]

[153]

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

[154]

[155] 현재 ZP(zero-power) CSI-RS에 관한 정보는 아래 표 4와 같은 형태로 RRC 계층 신호를 통하여 CSI-RS-Config-r10 메시지에 포함되어 전송된다. 특히, ZP CSI-RS 자원 설정은 zeroTxPowerSubframeConfig-r10와 16 비트 사이즈의 비트맵인 zeroTxPowerResourceConfigList-r10로 구성된다. 이 중, zeroTxPowerSubframeConfig-r10는 표 3에 해당하는 I_{CSI-RS} 값을 통해 해당 ZP CSI-RS가 전송되는 주기 및 서브프레임 오프셋을 알려준다. 또한, zeroTxPowerResourceConfigList-r10은 ZP CSI-RS 설정을 알려주는 정보로서,

상기 비트맵의 각각의 요소는 상기 표 1 또는 상기 표 2에서 CSI-RS를 위한 안테나 포트가 4개인 열(Column)에 포함된 설정들을 지시한다. 즉, 현재 3GPP 표준문서에 따르면 ZP CSI-RS는 CSI-RS를 위한 안테나 포트가 4개인 경우만으로 정의된다.

[156] [표 4]

[157]

```
-- ASN1START

CSI-RS-Config-r10 ::=               SEQUENCE {
        csi-RS-r10                                          CHOICE {

                ...

        }


        zeroTxPowerCSI-RS-r10           CHOICE {
                release                                     NULL,
                setup                                       SEQUENCE {
                        zeroTxPowerResourceConfigList-r10BIT STRING (SIZE (16)),
                        zeroTxPowerSubframeConfig-r10       INTEGER (0..154)
                }
        }


}

-- ASN1STOP
```

[158] 참고로, 현재 3GPP 표준문서에 따르면 CQI 인덱스와 이에 대응하는 변조 차수, 코딩 레이트 등은 아래 표 5와 같다.

[159]

[160] *[표 5]

[161]

CQI index	modulation	code rate x 1024	efficiency
0	out of range		
1	QPSK	78	0.1523
2	QPSK	120	0.2344
3	QPSK	193	0.3770
4	QPSK	308	0.6016
5	QPSK	449	0.8770
6	QPSK	602	1.1758
7	16QAM	378	1.4766
8	16QAM	490	1.9141
9	16QAM	616	2.4063
10	64QAM	466	2.7305
11	64QAM	567	3.3223
12	64QAM	666	3.9023
13	64QAM	772	4.5234
14	64QAM	873	5.1152
15	64QAM	948	5.5547

[162] 한편, 간섭 측정을 통한 CQI 계산을 위한 동작은 아래와 같다.

[163] 단말은 CQI 계산 시 필요한 인자로서 SINR을 산출할 필요가 있고, 이 경우 Desired 신호의 수신 전력 측정(S-measure)을 NZP CSI-RS 등의 RS를 이용하여 수행할 수 있으며, 간섭 전력 측정(I-measure 혹은 IM(Interference measurement))을 위해 상기 수신한 신호에서 Desired 신호를 제거한 간섭 신호의 전력을 측정한다.

[164] CSI 측정을 위한 서브프레임 세트들 $C_{CSI,0}$ 및 $C_{CSI,1}$ 가 상위 계층 시그널링으로 설정될 수 있으며, 각각의 서브프레임 세트들에 대응하는 서브프레임은 서로 중첩되지 않고 하나의 세트에만 포함된다. 이와 같은 경우, UE는 S-measure의 경우 특별한 서브프레임 제약 없이 CSI-RS 등의 RS를 통해 수행할 수 있으나, I-measure의 경우 $C_{CSI,0}$ 및 $C_{CSI,1}$ 별로 I-measure를 개별적으로 수행하여 및 각각에 대한 두 가지 상이한 CQI계산을 수행하여야 한다.

[165] 이하, 안테나 포트 간 QCL (Quasi Co-Location)에 관하여 설명한다.

[166] 안테나 포트 간 QCL되어 있다는 것은, 단말이 하나의 안테나 포트로부터

수신하는 신호(혹은 해당 안테나 포트에 대응하는 무선 채널)의 광범위 특성들(large-scale properties)이 다른 하나의 안테나 포트로부터 수신하는 신호(혹은 해당 안테나 포트에 대응하는 무선 채널)의 광범위 특성들과 모두 또는 일부가 동일하다고 가정할 수 있다는 것을 의미한다. 여기서, 상기 광범위 특성들은 주파수 오프셋과 관련된 도플러 확산 (Doppler spread), 도플러 시프트 (Doppler shift), 타이밍 오프셋과 관련된 평균 지연 (average delay), 지연 확산 (delay spread) 등을 포함하고, 나아가 평균 이득(average gain) 또한 포함할 수 있다.

[167] 위 정의에 의하면, 단말은 QCL되지 않은 안테나 포트, 즉 NQCL(Non Quasi co-Located)된 안테나 포트들 간에는 광범위 특성들이 동일하다고 가정할 수 없다. 이 경우 단말은 안테나 포트 별로 주파수 오프셋 및 타이밍 오프셋 등을 획득하기 위한 트랙킹(tracking) 절차를 독립적으로 수행하여야 한다.

[168] 반면에, QCL되어 있는 안테나 포트들 간에는 단말이 아래와 같은 동작을 수행할 수 있다는 장점이 있다.

[169] 1) 단말이 특정 안테나 포트에 대응하는 무선 채널에 대한 전력-지연 프로파일(power-delay profile), 지연 확산 및 도플러 스펙트럼 (Doppler spectrum)와 도플러 확산 추정 결과를, 다른 안테나 포트에 대응하는 무선 채널에 대한 채널 추정 시 사용되는 위너 필터(Wiener filter) 파라미터 등에 동일하게 적용할 수 있다.

[170] 2) 또한, 단말은 상기 특정 안테나 포트에 대한 시간 동기 및 주파수 동기를 획득한 후, 동일한 동기를 다른 안테나 포트에 대하여도 적용할 수 있다.

[171] 3) 마지막으로, 평균 이득에 관하여도 단말은 QCL되어 있는 안테나 포트들 각각에 대한 RSRP (Reference Signal Received Power) 측정값을 평균치로 계산할 수 있다.

[172] 예를 들어, 단말이 PDCCH (혹은 E-PDCCH)를 통해 DM-RS 기반 하향링크 데이터 채널 스케줄링 정보, 예를 들어, DCI 포맷 2C을 수신하면, 단말은 상기 스케줄링 정보에서 지시하는 DM-RS 시퀀스를 통하여 PDSCH에 대한 채널 추정을 수행한 후, 데이터 복조를 수행하는 경우로 가정한다.

[173] 이와 같은 경우, 단말이 하향링크 데이터 채널 복조를 위한 DM-RS 안테나 포트가 서빙 셀의 CRS 안테나 포트와 QCL되어 있다면, 단말은 해당 DM-RS 안테나 포트를 통한 채널 추정 시 자신의 CRS 안테나 포트로부터 추정했던 무선 채널의 광범위 특성들(large-scale properties)을 그대로 적용하여 DM-RS 기반 하향링크 데이터 채널 수신 성능을 향상시킬 수가 있다.

[174] 마찬가지로, 단말이 하향링크 데이터 채널 복조를 위한 DM-RS 안테나 포트가 서빙 셀의 CSI-RS 안테나 포트와 QCL되어 있다면, 단말은 해당 DM-RS 안테나 포트를 통한 채널 추정 시 서빙 셀의 CSI-RS 안테나 포트로부터 추정했던 무선 채널의 광범위 특성들(large-scale properties)을 그대로 적용하여 DM-RS 기반 하향링크 데이터 채널 수신 성능을 향상시킬 수가 있다.

[175] 한편, LTE 시스템에서는 CoMP 모드인 전송 모드 10으로 하향링크 신호를 송신할 시, 기지국이 상위 계층 신호를 통하여 QCL 타입 A와 QCL 타입 B 중 하나를 단말에게 설정하도록 정의하고 있다.

[176] 여기서, QCL 타입 A는 CRS, DM-RS 및 CSI-RS의 안테나 포트가 평균 이득을 제외한 나머지 광범위 특성들이 QCL되어 있다고 가정하는 것으로, 동일 노드(point)에서 물리 채널 및 신호들이 전송되고 있음을 의미한다. 반면에, QCL 타입 B는 DPS, JT등의 CoMP전송이 가능하도록 단말당 최대 4개까지의 QCL 모드를 상위 계층 메시지를 통해 설정하고, 이 중 어떤 QCL 모드로 하향링크 신호를 수신해야하는지 동적으로 DCI (downlink control information)를 통해 설정하도록 정의되어 있다.

[177] QCL 타입 B가 설정된 경우의 DPS 전송에 관하여, 보다 구체적으로 설명한다.

[178] 우선, N1개의 안테나 포트들로 구성된 노드 #1는 CSI-RS 자원(resource) #1를 전송하고, N2개의 안테나 포트들로 구성된 노드 #2는 CSI-RS 자원(resource) #2를 전송하는 것으로 가정한다. 이 경우, CSI-RS 자원 #1을 QCL 모드 파라미터 세트 #1에 포함시키고, CSI-RS 자원 #2를 QCL 모드 파라미터 세트 #2에 포함시킨다. 나아가, 기지국은 노드 #1과 노드 #2의 공통 커버리지 내에 존재하는 단말에게 상위 계층 신호로 파라미터 세트 #1과 파라미터 세트 #2를 설정한다.

[179] 이후, 기지국이 해당 단말에게 노드 #1을 통해 데이터(즉, PDSCH) 전송 시 DCI를 이용하여 파라미터 세트 #1을 설정하고, 노드 #2를 통해 데이터 전송시 파라미터 세트 #2를 설정하는 방식으로 DPS를 수행할 수 있다. 단말 입장에서는 DCI를 통해 파라미터 세트 #1을 설정 받으면 CSI-RS 자원 #1과 DM-RS가 QCL되어 있다고 가정하고, 파라미터 세트 #2를 설정 받으면 CSI-RS 자원 #2과 DM-RS가 QCL되어 있다고 가정할 수 있다.

[180] 이하, 능동 안테나 시스템 (Active Antenna System; AAS) 및 3 차원 빔포밍에 관하여 설명한다.

[181]

[182] *기존 셀룰러 시스템에서 기지국은 기계적 틸팅(mechanical tilting) 혹은 전기적 틸팅(electrical tilting)을 이용하여 셀 간 간섭을 줄이고, 셀 내 단말들의 쓰루풋, 예를 들어 SINR (Signal to Interference plus Noise ratio)의 향상시키는 방안을 사용해 왔다. 도면을 참조하여 보다 상세히 설명한다.

[183] 도 12는 안테나 틸팅 방식을 설명하기 위한 도면이다. 특히, 도 12의 (a)는 안테나 틸팅이 적용되지 않은 안테나 구조를 도시하고, 도 12의 (b)는 기계적 틸팅이 적용된 안테나 구조를 도시하며, 도 12의 (c)는 기계적 틸팅과 전기적 틸팅 모두 적용된 안테나 구조를 도시한다.

[184] 도 12의 (a)와 도 12의 (b)를 비교하면, 기계적 틸팅의 경우 도 12의 (b)와 같이 초기 설치 시 빔 방향이 고정되어 버리는 단점이 있다. 나아가, 전기적 틸팅의 경우 도 12의 (c)와 같이 내부 위상 천이(phase shift) 모듈을 이용하여 틸팅 각(tilting angle)을 변경할 수 있지만, 사실상 셀 고정적 틸팅으로 인하여 매우

제약적인 수직 빔포밍(수직 빔포밍)만 가능한 단점이 있다.

[185] 도 13은 기존 안테나 시스템과 능동 안테나 시스템(Active Antenna System; AAS)을 비교하는 도면이다. 특히, 도 13의 (a)는 기존 안테나 시스템을 도시하고, 도 13의 (b)는 능동 안테나 시스템을 도시한다.

[186] 도 13을 참조하면, 능동 안테나 시스템은 기존 안테나 시스템과 달리 복수의 안테나 모듈 각각이 전력 증폭기를 비롯한 RF모듈, 즉 능동(active) 소자를 포함하고 있어, 안테나 모듈 각각에 대한 전력 및 위상 조절이 가능한 특징이 있는 시스템이다.

[187] 일반적으로 고려하던 MIMO 안테나 구조는 ULA(uniform linear array)와 같이 선형적인, 즉 1 차원 어레이의 안테나를 고려하였다. 이러한 1 차원 어레이 구조에서는 빔포밍으로 생성 가능한 빔이 2 차원 평면 내에 존재하게 된다. 이는 기존 기지국의 수동 안테나 시스템(Passive Antenna System; PAS) 기반 MIMO구조에도 적용된다. PAS 기반 기지국에도 수직 안테나들 및 수평 안테나들이 존재하지만, 수직 안테나들은 하나의 RF모듈에 묶여있어 수직방향으로 빔포밍이 불가능하며, 상술한 기계적 틸팅 만이 적용 가능하다.

[188] 그러나, 기지국의 안테나 구조가 능동 안테나 시스템으로 진화하면서 수직 방향의 안테나들에도 독립적인 RF모듈이 구현되었으며, 이에 따라 수평 방향뿐만 아니라 수직 방향으로도 빔포밍이 가능하게 되었다. 이를 엘리베이션 빔포밍(elevation beamforming)이라고 지칭한다.

[189]

[190] *엘리베이션 빔포밍에 따르면, 생성 가능한 빔들은 수직 및 수평방향으로 3차원 공간에 표현될 수 있으므로, 이를 3 차원 빔포밍이라 지칭할 수도 있다. 즉, 3 차원 빔포밍은 1 차원 어레이의 안테나 구조에서 평면형태의 2 차원 어레이의 안테나 구조로 진화하며 가능해 진 것이다. 여기서, 3 차원 빔포밍은 안테나 어레이가 꼭 평면(planar) 형상인 경우에만 가능한 것은 아니고, 링(ring) 형태의 3차원 형태의 어레이 구조에서도 3 차원 빔포밍이 가능하다. 3 차원 빔포밍의 특징은 기존 1 차원 어레이의 안테나 구조가 아닌 다양한 형태의 안테나 배치로 인해 MIMO 프로세스가 3 차원 공간 상에서 이루어 진다는 것이다.

[191] 도 14는 능동 안테나 시스템에 기반하여, 단말 특정 빔을 형성한 예를 도시한다. 도 14를 참조하면, 3 차원 빔포밍으로 인하여 단말이 기지국 좌우로 움직일 경우뿐만 아니라 전후로 움직이는 경우까지 빔포밍이 가능하므로, 단말 특정 빔 형성에 보다 높은 자유도가 제공됨을 알 수 있다.

[192] 나아가, 능동 안테나 기반의 2 차원 어레이의 안테나 구조를 이용한 전송 환경으로는 실외 기지국에서 실외 단말에게 전송하는 환경뿐만 아니라, 실외 기지국이 실내 단말에 대하여 전송하는 환경 (O2I, Outdoor to Indoor) 및 실내 기지국이 실내 단말에 전송하는 환경 (Indoor hotspot) 등을 고려할 수 있다.

[193] 도 15는 능동 안테나 시스템 기반의 2 차원 빔 전송 시나리오를 도시한다.

[194] 도 15를 참조하면, 셀 내 다양한 다수의 건물들이 존재하는 실제 셀 환경을

가정하게 될 경우, 기지국은 단말 특정 수평 빔 조향 뿐만 아니라 건물 높이에 따른 다양한 단말 높이를 고려한 수직 빔 조향 능력까지 고려해야 할 필요가 있다. 이와 같은 셀 환경을 고려할 경우, 기존 무선 채널 환경과는 많이 다른 채널 특성, 예를 들어 높이 차이에 따른 음영/경로 손실 변화, 페이딩 특성 변화 등을 반영할 필요가 있다.

[195] 다시 말해, 3 차원 빔포밍은, 기존에 선형적인 1 차원 어레이의 안테나 구조에 기반하여 수평 방향으로만 이루어지던 수평 빔포밍이 진화된 것으로, 평면 배열(planar array) 등의 다차원 어레이의 안테나 구조를 기반으로 엘리베이션 빔포밍 혹은 수직 빔포밍까지 확장 및 결합된 형태로 이루어 지는 MIMO 프로세싱 기법을 지칭한다.

[196] 이하 선형 프리코딩(linear precoding)을 이용한 MIMO 시스템에 관하여 설명한다. 협대역 시스템(Narrow band system) 혹은 광대역 시스템(Wideband system)에서 주파수 측으로 평면 페이딩(flat fading)을 겪는다고 가정할 수 있는 주파수 단위 (예를 들어, 부반송파 단위)에서 하향링크 MIMO 시스템은 다음 수학식 11과 같이 모델링 가능하다.

[197] [수학식 11]

[198] $$\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{z}$$

[199] 단말의 수신 안테나 포트의 개수가 N_r 이고, 기지국의 송신 안테나 포트의 개수가 N_t 이라고 가정하면, 상기 수학식 11에서 y는 단말의 N_r개의 수신안테나에서 받는 N_rx 1 의 수신 신호 벡터, H는 N_r X N_t사이즈의 MIMO 채널 행렬, X는 N_tX 1 사이즈의 송신 신호, Z는 N_r X 1 사이즈의 수신 잡음 및 간섭 벡터이다.

[200] 위 시스템 모델은 단일 단말 전송 시나리오(single user MIMO) 뿐만 아니라 다중 단말 전송 시나리오 (multi-user MIMO)에도 적용 가능하다. 전자의 경우 N_r 은 단일 단말의 수신 안테나 수이나, 후자의 경우 N_r은 다중 단말의 총 수신 안테나로 확장하여 해석할 수 있다.

[201] 위 시스템 모델은 하향링크 전송 시나리오뿐만 아니라 상향링크 전송 시나리오에도 적용 가능하다. 이 때, N_t는 단말의 송신 안테나 수를 나타낼 수 있고,N_r은 기지국의 수신 안테나 수를 나타낼 수 있다.

[202] 선형적 MIMO 프리코더를 고려하면 MIMO 프리코더는 일반적으로 N_t X N_s 사이즈의 행렬 U로 표현 가능하다. 여기서 N_s는 송신 랭크 혹은 송신 레이어 수에 해당한다. 따라서 송신 신호 벡터 X는 다음 수학식 12와 같이 모델링 될 수 있다.

[203] [수학식 12]

[204] $$\mathbf{x} = \sqrt{\frac{P_T}{N_s}}\mathbf{U}\mathbf{s}$$

[205] 상기 수학식 12에서 P_T는 송신 신호 에너지, S는 N_s 개의 전송 레이어에서

전송되는신 호들을 표현하는 N_s X 1 사이즈의 전송 신호 벡터이다. 즉, $E\{S^H U^H Us\}=N_s$ 이다. N_s개의 각 전송 레이어에 해당하는 N_t X 1 사이즈의 프리코딩 벡터를 각각 $u_{1,\cdots}u_{N_s}$ 라 하면, $U=[u_{1,\cdots}u_{N_s}]$와 같이 표현할 수 있다. 이 경우, 상기 수학식 12는 아래 수학식 13과 같이 표현할 수도 있다.

[206] [수학식 13]

[207]
$$\mathbf{x}=\sqrt{\frac{P_T}{N_s}}\sum_{i=1}^{N_s}\mathbf{u}_i s_i$$

[208] 상기 수학식 13에서 s_i 는 벡터 s의 i번째 엘리먼트(element)이다. 일반적으로 서로 다른 레이어에서 전송되는 신호 간에는 비-상관(uncorrelated)되어 있고 ($E\{s_j^* s_i\}=0\ \forall\ i\neq j$), 각 신호의 평균적인 크기는 동일하다고 가정할 수 있다. 편의상 각 신호의 평균적 에너지를 1이라 하면($E\{|s_i|^2\}=1\ \forall\ i$), 각 레이어 프리코딩 벡터(layer precoding vector)의 에너지의 합은 아래 수학식 14와 같이 N_s 이다.

[209] [수학식 14]

[210]
$$\sum_{i=1}^{N_s}E\{\mathbf{u}_i^H\mathbf{u}_i\}=N_s$$

[211] 상기 수학식 14에서 각 레이어를 통하여 신호를 동일한 전력으로 전송하고자 한다면 $E\{\mathbf{u}_i^H\mathbf{u}_i\}=1$ 이 성립함을 알 수 있다.

[212] 한편, 상술한 메시브 MIMO (Massive MIMO)와 같이 향후 다중 안테나 시스템은 진화를 거듭하며 안테나 수가 점점 증가할 가능성이 있으며, 실제 LTE 표준에서는 3D MIMO 환경을 고려하여 최대 64개의 기지국 송신 안테나를 고려하고 있다.

[213] 그러나, 안테나 수가 많아질수록 파일럿 및 피드백 오버헤드가 커지고 디코딩 복잡도가 증가하는 등의 문제점이 발생할 수 있다. 기지국의 안테나 수가 많아질수록 MIMO 채널 H의 크기가 커지므로 단말이 MIMO 채널을 추정할 수 있도록 기지국이 전송하는 측정 용도의 파일럿의 개수 역시 증가해야 한다. 또한, 단말이 측정한 MIMO 채널에 관련된 명시적인 혹은 암시적인 정보를 기지국이 알 수 있도록 피드백을 보낸다고 할 때, 채널 행렬이 커짐에 따라 피드백 양도 많아질 수 밖에 없다. 특히 LTE시스템처럼 코드북 기반 PMI 피드백 전송을 수행하는 경우 PMI 코드북의 크기 역시 안테나 수 증가에 따라 기하 급수적으로 증가하여 기지국과 단말의 계산 복잡도를 증가시킨다.

[214] 이러한 환경에서 전체 송신 안테나를 구획화(partitioning)하여 서브-어레이(sub-array) 단위로 파일럿 전송을 하거나, 서브-어레이(sub-array) 단위로 피드백을 수행하도록 한다면, 시스템 복잡도 및 오버헤드를 경감시킬 수 있다. 특히 LTE기술표준관점에서 기존에 8개의 송신안테나까지 지원하는 파일럿, MIMO 프리코딩 방식 및/또는 피드백 체계를 상당부분 재사용하여

메시브 MIMO 시스템을 지원할 수 있는 장점이 있다.

[215] 이러한 관점에서 상기 MIMO 시스템 모델에서의 각 레이어 프리코딩 벡터를 임의의 개수 M개의 서브-프리코딩 벡터(sub-precoding vector)로 구획화(partitioning)하고, i번째 레이어에 대한 프리코딩 벡터에 해당하는 서브-프리코딩 벡터를 $u_{i,1},\cdots u_{i,M}$ 라 표현하면, $u_i = [u_{i,1}^T \cdots u_{i,M}^T]^T$ i번째 레이어에 대한 프리코딩 벡터는 와 같이 나타낼 수 있다.

[216] 여기서 각 서브-프리코딩 벡터는 N_rX N_t사이즈의 MIMO 채널 H를 행 방향으로 각 구획의 송신 안테나 수만큼 분리한 각 서브-채널 행렬(sub-channel matrix)를 유효 채널로 겪는다. 여기서 서브-채널 행렬로 표현한 MIMO 채널 H은 아래 수학식 15와 같다.

[217] [수학식 15]

[218] $$\mathbf{H} = [\mathbf{H}_1 \cdots \mathbf{H}_M]$$

[219] 만일 단말이 선호하는 각 서브-프리코딩 벡터를 PMI 코드북 기반으로 결정한다면, 각 서브-프리코딩 벡터를 정규화하는 과정이 필요하다. 여기서 정규화 과정은 동일한 크기의 서브-프리코딩 벡터는 동일한 송신안테나 수에 대한 PMI 코드북에서 프리코더를 선택할 수 있도록 프리코딩 벡터 또는 벡터의 특정 원소의 값, 크기 및/또는 위상을 해당 PMI 코드북에서 선택하기 적합하도록 수행하는 모든 과정을 통칭한다.

[220] 예를 들어, PMI 코드북의 첫 번째 원소가 0 또는 1로 이루어져 있다면 각 서브-프리코딩 벡터의 위상 및 크기를 거기에 맞도록 정규화 할 수 있다. 이하에서 m번째 구획에 해당하는 서브-프리코딩 벡터 $u_{i,m}$ 을 $a_{i,m}$ 값으로 정규화하였다고 가정하고, 정규화된 서브-프리코딩 벡터 (normalized partitioned precoder; NPP)를 $v_{i,m}=u_{i,m}/a_{i,m}$ 라 가정한다. 따라서 코드북 기반 프리코딩을 고려할 때의 구획화 프리코딩은 다음 수학식 16과 같이 모델링 된다.

[221] [수학식 16]

[222] $$\mathbf{u}_i = [\alpha_{i,1}\mathbf{v}_{i,1}^T \; \alpha_{i,2}\mathbf{v}_{i,2}^T \cdots \alpha_{i,M}\mathbf{v}_{i,M}^T]^T$$

[223] 위 수학식 16에서 볼 수 있듯이 전체 프리코더 관점에서 각 $a_{i,m}$은 각각의 NPP를 연결하는 값으로 해석할 수 있다. 이하에서 이 값을 연결 계수라 지칭한다. 결국, 각 구획화된 안테나 포트들에 대한 정규화된 프리코딩 방식과 각각의 정규화된 프리코더를 연결할 수 있는 연결 계수들을 규정하면 전체 송신 안테나(포트)에 대한 프리코딩 방법을 규정할 수 있다.

[224] i번째 레이어에 대한 M개의 연결 계수들을 모아서 벡터 형태로 $\mathbf{a}_i = [\alpha_{i,1} \; \alpha_{i,2} \cdots \alpha_{i,M}]^T$ 와 같이 정의할 수 있다. 이하에서 a_i를 '연결 벡터'라 한다.

[225] 연결 벡터는 M개의 값으로 구성된다고 표현할 수도 있으나, 연결 벡터의 첫 원소로 정규화한 후 나머지 M-1개의 값으로 표현되는 b_i 을 연결 벡터로 볼 수 있다. 즉, 첫 번째 NPP기준으로 나머지 M-1개의 NPP들의 상대적인 차이값을

연결 벡터로 아래 수학식 17과 같이 정의할 수도 있다. 이는 전체 프리코딩 벡터 u_i 관점에서 첫 번째 원소는 이미 정규화되어 있다고 가정하는 경우가 많기 때문이다.

[226] [수학식 17]

[227] $$\frac{\mathbf{a}_i}{\alpha_{i,1}} = [1 \frac{\alpha_{i,2}}{\alpha_{i,1}} \frac{\alpha_{i,3}}{\alpha_{i,1}} \cdots \frac{\alpha_{i,M}}{\alpha_{i,1}}]^T = [1 \mathbf{b}_i^T]^T$$

[228] 만일 각 전송 레이어가 동일한 수의 구획화를 수행한다면 다음 수학식 18의 연결 행렬 역시 정의할 수 있다. 또한 각 구획에 대한 행렬형태의 NPP 역시 다음 수학식 19와 같이 정의할 수 있다.

[229] [수학식 18]

[230] $$\mathbf{A} = \left[\mathbf{a}_1 \cdots \mathbf{a}_{N_s}\right]$$

[231] [수학식 19]

[232] $$\mathbf{V}_m = \left[\mathbf{v}_{1,m} \cdots \mathbf{v}_{N_s,m}\right], \quad m = 1, \cdots, M$$

[233] 사이즈가 M X 1인 연결 벡터의 각 엘리먼트를 각 구획의 크기만큼 반복한 벡터를 확장된 연결 벡터 $\hat{\mathbf{a}}_i$ 이라 하자. 예를 들어, i번째 레이어에 대하여 M=2 이고 첫 번째 구획의 크기는 3, 두 번째 구획의 크기는 4일 때, $\hat{\mathbf{a}}_i = [\alpha_{i,1} \alpha_{i,1} \alpha_{i,1} \alpha_{i,2} \alpha_{i,2} \alpha_{i,2} \alpha_{i,2}]^T$ 이다. 상기 확장된 연결 벡터들을 적층하여 $\hat{\mathbf{A}} = \left[\hat{\mathbf{a}}_1 \cdots \hat{\mathbf{a}}_{N_s}\right]$ 와 같이 확장된 연결 행렬을 정의할 수 있다.

[234] 이 경우, 전체 프리코딩 행렬은 확장된 연결 행렬과 합쳐진 NPP 행렬(V_t)의 Hadamard product (or Element-wise product)로 다음 수학식 20과 같이 나타낼 수 있다.

[235] [수학식 20]

[236] $$\mathbf{U} = \hat{\mathbf{A}} \circ \mathbf{V}_t$$

[237] 상기 수학식 20에서 $\mathbf{V}_t = \left[\mathbf{V}_1^T \cdots \mathbf{V}_M^T\right]^T$ 이고 행렬 연산자 o 는 Hadamard product 를 나타낸다.

[238] (확장된) 연결 벡터와 (확장된) 연결 행렬을 통칭하여 링킹(linking) 프리코더라 한다. 여기서 프리코더라 명명하는 것은 전체 송신 안테나 프리코더를 결정하는 하나의 구성요소 이기 때문이다. 링킹 프리코더는 상기 수학식 20과 같이 하나로 구성될 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다. 예를 들어, 연결 벡터 a_i 에 대해 임의의 구획화을 추가로 수행하여 여러 개의 서브-링킹 벡터(sub-linking vector)들을 구성할 수 있고 그에 따라 서브-링킹 프리코더가 정의될 수 있다. 이하에서는 설명 편의상 단일 링킹 프리코더를 가정하나 링킹 프리코더의 구획화 시나리오에 대해서도 배제하지 않는다.

[239] 상기 연결 계수 표현 시 동일한 구획의 서로 다른 전송 레이어에 서로 다른 연결

계수가 적용될 수 있도록 표현하였으나, 레이어 별 동일한 구획화를 적용한 경우 연결 계수는 전송 레이어에 독립적으로 설정될 수도 있다. 즉, 모든 레이어에 대해 동일한 연결 계수를 설정할 수 있다. 이 경우 연결 벡터간에는 $\mathbf{a} \square \mathbf{a}_1 = \cdots = \mathbf{a}_{N_s}$ 와 같은 관계가 성립한다. 이 경우, 링킹 프리코더는 M개 혹은 M-1개의 연결 계수들만으로 표현 가능하다.

[240] 한편, MIMO 프리코딩 방식은 크게 폐루프(closed loop) 프리코딩 방식과 개루프(open loop) 프리코딩 방식으로 구분할 수 있다. 일반적으로 폐루프 프리코딩 방식은 MIMO 프리코더 구성 시 송수신기 간의 채널을 고려하므로 송신기에서 MIMO 채널을 추정하기 위해 단말의 피드백 신호 전송, 파일럿 신호 전송과 같은 추가적인 오버헤드가 필요한 반면 채널이 정확히 추정되었을 때 개루프 프리코딩 방식에 비해 성능이 우수하다. 따라서, 폐루프 프리코딩 방식은 채널에 대한 추정 정확도가 요구되므로 송신기와 수신기 사이의 채널 변화가 크지 않은 정적인 환경(예를 들어, low Doppler spread, low delay spread가 존재하는 환경)에서 주로 사용된다. 반면, 개루프 프리코딩 방식은 송수신기간의 채널변화와 MIMO 프리코딩 방식간의 상관관계가 없으므로 송신기와 수신기 사이의 채널 변화가 큰 환경에서 폐루프 방식보다 우수한 성능을 나타낸다.

[241] 안테나 수가 매우 많은 메시브 MIMO 환경에서 폐루프 프리코딩 방식을 적용하기 위해서는, 각각의 서브 프리코더 및 링킹 프리코더의 정보가 필요하다. 여기서, 코드북 기반의 피드백이 적용되지 않는다면 링킹 프리코더 정보는 필요하지 않을 수도 있다. 구획화 방식에 따라, 각 서브 프리코더가 겪는 유효 채널 및 링킹 프리코더가 겪는 유효 채널의 특성은 서로 다를 수 있다.

[242] 예를 들어, 어떠한 서브 프리코더가 겪는 MIMO 채널은 상대적으로 low Doppler spread 특성을 갖지만, 다른 서브 프리코더가 겪는 채널은 high Doppler spread 특성을 가질 수 있다. 다른 예로, 모든 서브 프리코더가 겪는 유효 채널은 유사한 Doppler 특성을 갖지만 링킹 프리코더가 겪는 유효 채널은 다른 Doppler 특성을 가질 수 있다. 이하에서는, 상기 분할 프리코딩 환경에서 각 구획화된 채널 및 링킹 채널(linking channel)의 특성에 적응적으로 MIMO 전송 기법을 최적화하는 분할 빔포밍(Fractional beamforming) 기법을 설명한다.

[243] <분할 빔포밍>

[244] 기지국은 각 안테나 포트 구획에 대한 프리코더와 각 안테나 포트 구획들을 연결하는 링킹 프리코더 중 일부에만 폐루프 프리코딩을 수행하고, 나머지에는 다음 중 하나의 프리코딩 방식을 적용할 수 있다.

[245] 1. 시스템에서 규정한 프리코딩 방식 (이하, 디폴트(Default) 프리코딩)

[246] 2. 기지국 혹은 네트워크에서 미리 지정한 프리코딩 방식 (이하, 참조(Reference) 프리코딩)

[247] 3. 기지국이 무작위로 정한 프리코딩 방식 (이하, 랜덤(Random) 프리코딩)

[248] 이하에서는, 폐루프 프리코딩이 적용되는 구획 및/또는 연결 계수들의 집합을

제어 공간, 폐루프 프리코딩이 적용되지 않는 구획 및/또는 연결 계수들의 집합을 비제어 공간이라고 지칭한다.

[249] 상기 시스템에서 규정한 프리코딩 방식인 디폴트 프리코딩 방식은 비제어 공간에 대해 전송하는 빔을 시스템에서 규정하여 사용하는 방법을 의미한다. 디폴트 프리코딩은 임의의 개루프 프리코딩 방식을 따르도록 규정될 수 있다. 디폴트 프리코딩은 시스템 대역폭, 기지국 송신 안테나 수, 전송 레이어 수 (또는 전송 랭크), 기지국 송신 안테나 구성(N_{t-v},N_{t-h}), 또는 비제어 방향의 송신 안테나 수에 따라 다르게 설정될 수 있다. 또는, 상기 시스템 파라미터들에 무관하게 특정 빔으로 설정될 수 있다. 또한 디폴트 프리코딩은 전 주파수 대역과 시간에 걸쳐 고정될 수도 있고, 특정 시간 자원 단위 및/또는 주파수 자원 단위로 변화할 수도 있다.

[250] 또한, 기지국 혹은 네트워크에서 미리 지정한 프리코딩 방식인 상기 참조 프리코딩 방식은 기지국 혹은 네트워크에서 비제어 공간에 대해 적용할 프리코딩 방식을 단말에게 지정하는 방법을 의미한다. 따라서, 비제어 공간에 대한 참조 프리코딩 정보가 물리계층 혹은 상위계층 메시지로 단말에게 전달되는 특징을 갖는다. 상기 참조 프리코딩 정보는 비제어 공간에서 적용될 MIMO 프리코더를 명시적, 암시적으로 알려줄 수 있는 모든 정보를 의미한다. 예를 들어, 비제어 공간 송신안테나 수에 해당하는 PMI 코드북의 특정 인덱스 (PMI), 비제어 공간의 MIMO 프리코딩 행렬 의 각 원소의 양자화된 값, 다수의 MIMO 프리코딩 방식을 인덱싱한 후 전송에 사용될 인덱스 등이 참조 프리코딩 정보로 시그널링될 수 있다.

[251] 또한, 참조 프리코딩 역시 특정 시간 자원 단위 혹은 주파수 자원 단위로 바뀔 수도 있다. 이 경우, 참조 프리코딩의 시간/주파수 자원 별 변화 패턴을 복수 개 규정한 후, 해당 기지국 혹은 네트워크에서 사용하는 참조 프리코딩 패턴 인덱스를 참조 프리코딩 정보로 시그널링할 수 있다. 혹은 시간/주파수 자원 별 변화 패턴을 유도할 수 있는 랜덤 변수 생성기의 시드(seed) 값도 참조 프리코딩 정보로 활용될 수 있다. 혹은 다양한 프리코딩 방식(예를 들어. STBC, delay diversity 등) 중 어떤 방식을 사용할 지가 참조 프리코딩 정보로 사용될 수 있다.

[252] 나아가, 기지국이 무작위로 정한 프리코딩 방식인 랜덤 프리코딩 방식은 비제어 공간에 대해 적용될 프리코딩 방식을 기지국이 임의로 결정하여 적용하는 방식을 의미한다. 따라서 디폴트 프리코딩 방식이나 참조 프리코딩 방식과는 달리 비제어 공간에 대해 적용될 프리코더를 단말이 알지 못하는 특징이 있다. 일례로, 기지국은 비제어 공간에 대해 특정 시간 자원 단위(예를 들어, OFDM 심볼) 및/또는 주파수 자원 단위(예를 들어, 부반송파)로 무작위로 변화하는 빔을 전송할 수 있다.

[253] 분할 빔포밍 방식에서 전송 레이어 별로 독립적인 구획화(partitioning) 및 분할 빔포밍 방식이 적용될 수 있다. 또는, 모든 전송 레이어에 대해 동일한 구획화 및 분할 빔포밍 방식을 적용할 수도 있다.

[254] 또한, 분할 빔포밍 방식은 송신 안테나들 중 일부 안테나들에 대한 피드백 정보 혹은 연결 계수에 대한 피드백 정보의 신뢰성이 떨어지거나 해당 피드백이 불필요한 채널 환경인 경우에 매우 유용하다. 특히, 일부 안테나들에 대한 피드백 정보 혹은 연결 계수에 대한 피드백 정보의 신뢰성이 떨어지는 경우, 피드백 정보 오류에 의해 불필요한 패킷 수신 오류 및 재전송을 막을 수 있는 장점이 있고, 해당 피드백이 불필요한 경우 피드백 오버헤드를 최소화 할 수 있는 장점이 있다.

[255] <정합(Aligned) 분할 프리코딩>

[256] 만일 일부 혹은 전부의 안테나 포트 구획이 동일한 크기를 가지고 해당 구획화된 안테나 어레이가 유사한 유효 채널 특성을 갖는 경우, 해당 NPP들에 동일한 프리코딩 방법, 즉 정합(Aligned) 분할 프리코딩을 적용할 수 있다.

[257] 도 16은 본 명세서의 일 실시예에 따라 송신 안테나 수에 따른 빔의 형태를 도시한 도면이다.

[258] 상술한 바와 같이, 메시브 MIMO (Massive MIMO)와 같이 향후 다중 안테나 시스템은 진화를 거듭하며 안테나 수가 점점 증가할 가능성이 있다.

[259] 도 16을 참조하면, 메시브 MIMO 시스템에서 Closed-loop MIMO 전송에서 기지국의 전체 안테나 어레이에 대한 PMI 피드백이 이루어질 수 있다. 이때, PMI 코드북 형태로 표현되는 전체 기지국 안테나가 생성할 수 있는 여러 빔 방향 중 특정 방향으로서 단말이 가장 선호하는 빔 방향을 피드백할 수 있다. 이때, 피드벡에 대한 성능 민감도는 안테나의 수에 따라 다를 수 있다. 보다 상세하게는, 하기의 표 6 및 도 16을 참조하면 4행 4열 형태의 16개의 안테나(도 16의(a))로 송신하는 빔과 8행 8열 형태의 64개 안테나(도 16의(b))로 송신하는 빔의 형태가 다를 수 있다. 이때, 빔의 형태는 빔 폭, 빔 이득, 빔 방향에 기초하여 다를 수 있다.

[260] 이때, 하기의 표 6에서 보는 바와 같이, 8x8 행렬일 때의 Max Gain은 4x4일때보다 커질 수 있다. 반면, 8x8 행렬일 때의 HPBW E_Plane(°)는 4x4 행렬일 때보다 작아지는 것을 볼 수 있다. 안테나 수가 증가하면 빔 이득은 커지지만 빔 폭이 줄어들 수 있다. 즉, 빔은 더 샤프(sharp)해줄 수 있다. 이때, 빔 폭이 줄게되면 공간의 영향 또는 채널의 작은 변화에도 단말이 측정한 PMI와 실제 기지국이 전송하는 PMI가 불일치하여 피드백에 대한 성능이 저하될 수 있다. 상술한 바와 같이 피드백에 대한 민감도가 커질 수 있다. 즉, 안테나 수가 증가하게되면 빔 이득은 커질 수 있지만 빔이 샤프해져서 빔 폭이 줄어들 수 있으며, 빔 폭이 줄어듬에 따라 피드백에 대한 정확도가 떨어질 수 있다.

[261] [표 6]

[262]

	16Tx Case	64Tx Case
Design Frequency(GHz)	2	2
Array config	4x4	8x8
Antenna dimension(Half Length)	30mm	30mm
Element distance	dx:75mm dy:75mm	dx:75mm dy:75mm
Fractional bandwidth(MHz)	1.89GHz~2.15GHz(260Mz)	1.89GHz~2.15GHz(260Mz)
VSWR	Max 2:1	Max 2:1
Radiation Pattern Shape	Directional	Directional
Max Gain(GB)	19.52	25.54
Radiation Efficiency(%)	100%	100%
HPBW E_Plane(°)	26	12
HPBW H_Plane(°)	24	12

[263] 따라서, 기지국은 피드백의 정확도 또는 민감도를 향상 시키기 위해서 상술한 바와 같이 일부 안테나 어레이로서 유효 안테나를 설정하여 이용할 수 있다. 이때, 기지국은 각각의 단말의 채널 상황에 기초하여 유효한 송신 안테나 집합을 적응적으로 선택할 수 있다. 이때, 유효한 송신 안테나 집합의 의미는 안테나의 수 및 안테나 포트의 인덱스를 의미할 수 있다. 또한, 유효한 송신 안테나 집합을 적응적으로 선택할 수 있음의 의미는 단말과 채널 상황에 따라 데이터 송신에 참여하는 안테나를 전체 안테나 중 일부만으로 한정하는 것을 의미할 수 있다.

[264] 도 17은 본 명세서의 일 실시예에 따라 복수의 송신 안테나 중 유효 안테나 수에 기초하여 밤의 형태를 도시한 도면이다.

[265] 도 16에서 상술한 바와 같이, 메시브 MIMO 시스템에서 복수의 안테나 중 일부 안테나만을 송신에 참여하도록 할 수 있다.

[266] 이때, 일 예로, 도 17을 참조하면, 8tx 선형 어레이로된 송신 안테나를 고려할 수 있다. 이때, 단말의 주변 환경에 기초하여 이용하는 안테나 수가 변경될 수 있다. 일 예로, 단말이 움직임이 적고 주변 환경도 정적이며 LoS(line of Sight)가 확보되는 환경에서는 빔 이득이 높을수록 전력 소모 및 데이터 송수신에서 유리할 수 있다. 즉, 단말의 움직임이 적고 주변 시야가 확보되어 있는바, 채널에 대한 변화가 작을 수 있어 민감도가 낮을 수 있다. 따라서, 이때는 빔 폭이 작아지더라도 빔 이득을 크게하는 것이 효과적일 수 있다. 이때, 도 17에서 8개의 안테나를 모두 이용하여 빔 이득을 크게할 수 있다.

[267] 반면, NLos(Non line of sight) 환경 또는 단말의 움직임이 심한 경우와 같이 단말 주변에 채널의 동적 변화가 심한 경우에는 빔 이득이 높아지더라도 빔 폭이 작으면 패킷 오류에 의한 재전송 확률이 커질 수 있으며, 피드백 오버헤드가 증가할 수 있다. 이때, 도 17에서 4개의 안테나만을 이용하여 빔 이득을 줄이더라도 빔 폭을 넓힐 수 있다. 즉, 채널 변화를 고려하여 민감도를 높게 설정하여 채널 변화에 영향을 적게 받을 수 있도록 할 수 있다. 이를 통해, 채널 변화에 대한 대비할 수 있으며, 패킷 전송 오류 확률을 줄여 피드백 오버헤드를

줄일 수 있다. 또한, 일 예로, 채널의 동적 변화가 상당한 경우에는 open-loop MIMO 기술이 이용될 수 있으며, 이에 대해서는 후술한다.

[268] 도 18은 본 명세서의 일 실시예에 따라 복수의 송신 안테나 중 유효 안테나를 설정하는 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.

[269] 도 17에서 상술한 바와 같이, 복수의 안테나 중에서 일부 안테나만을 선택하여 데이터 송수신에 참여하도록 할 수 있다. 이때, 일 예로, 도 17에서는 선형 안테나 어레이 중 연속된 4개의 어레이를 선택하여 데이터 송수신에 참여하도록 하였다. 그러나, 유효 안테나 어레이로서 항상 인접한 안테나끼리 구성되지 않을 수 있다.

[270] 일 예로, 도 18을 참조하면, 단말이 NLoS 환경에서 상술한 바와 같이 8개의 안테나 중 4개의 안테나만을 유효 안테나로 설정할 수 있다. 이때, 일 예로, 기지국에 인접하여 SINR이 우수한 경우 등에는 랭크 2 이상의 공간 다중화 전송이 가능할 수 있다. 이러한 환경에서는 피드백 오버헤드 대비 성능을 고려하여 안테나의 반경(aperture)를 유지한채로 유효 안테나의 수를 줄일 수 있다. 즉, 유효한 각각의 안테나 서로 간의 거리가 증가하여 공간 다중화 전송을 이용하도록 할 수 있다.

[271] 이때, 일 예로, 2차원 어레이에서도 상술한 바와 같이 유효 안테나 집합을 설정하는 기술이 적용될 수 있다. 이때, 일 예로, 수직 및 수평 방향의 각각의 도메인(domain) 또는 차원(dimension)을 별도로 유효 안테나 수 또는 반경의 크기를 제어할 수 있다. 즉, 수직 방향의 도메인에서 유효 안테나 집합 및 수평 방향의 도메인에서 유효 안테나 집합을 각각 결정할 수 있다.

[272] 또한, 일 예로, 유효한 송신 안테나는 유효한 송신 안테나 집합이 적용되는 물리 신호 및 채널의 범위에 있어서 LTE 시스템에서의 DMRS, PDSCH와 같이 단말에 지정되어 있는 신호 및 채널을 고려하여 설정될 수 있다. 또한, 일 예로, 유효한 송신 안테나는 기지국과 단말의 채널에 영향을 미치는 특징에 기초하여 설정될 수 있다. 이때, 단말의 채널에 영향을 미치는 특징은 단말의 이동성, 채널의 도플러 정도, 단말 주변에 위치한 다른 단말들의 수 및 분포, LoS/NLoS factor, SINR 등일 수 있다. 즉, 유효한 송신 안테나는 기지국과 단말의 채널 형성에 영향을 미치는 특징에 기초하여 설정될 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다,

[273] 이때, 상술한 특징에 기초하여 유효한 송신 안테나를 설정하는 방법에 있어서, 단말은 상술한 특징들을 기지국에 제공할 수 있다. 기지국은 제공된 정보에 기초하여 유효한 송신 안테나 수를 설정할 수 있다. 일 예로, 단말은 상술한 특징들에 대한 정보를 알기 위해서 위치 센서, 가속 센서 등을 포함할 수 있다. 또한, 상술한 특징을 측정하기 위한 센서들을 단말이 포함할 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.

[274] 또한, 일 예로, 유효한 안테나 포트를 설정하는 채널에 영향을 미치는 특징에 대해서, 기지국은 기지국의 커버리지 내에서 단말 위치에 따른 무선 환경 데이터

베이스로부터 정보를 획득할 수 있다. 또한, 기지국은 단말로부터 수신되는 상향 링크 데이터를 통해 상술한 정보를 측정할 수 있다.

[275] 또한, 일 예로, 상술한 채널 특징에 대한 정보는 광대역 시스템에서 특정 주파수 영역(e.g subband, sub-carrier, resource block,etc)으로 나누어 각 주파수 영역에 대해 별개로 구별되어 피드백될 수 있다. 또는 단말이 선택하거나 기지국이 지정한 특정 주파수에 대해서만 피드백 정보가 전송될 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.

[276] 또한, 일 예로, 상술한 주파수 영역은 주파수 연속적인 하나 이상의 영역 또는 불연속적인 영역으로 구성될 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.

[277] 또 다른 일 예로, 단말은 상술한 특징들을 이용하여 유효한 송신 안테나 집합에 대한 정보를 기지국으로 직접 피드백할 수 있다. 즉, 단말이 직접 유효한 송신 안테나를 결정하고, 결정된 정보를 기지국에 피드백할 수 있다. 이때, 일 예로, 단말은 유효한 송신 안테나 포트에 대한 인덱스에 대한 정보, 파일럿 패턴 인덱스, 안테나 포트 수 중 어느 하나 또는 그 상의 정보로 구성된 피드백 정보를 기지국으로 송신할 수 있다. 즉, 단말은 유효한 송신 안테나 설정을 위해 복수의 안테나에서 일부 안테나가 설정될 수 있도록 하는 인덱스 정보 및 유효한 송신 안테나에 대한 수 정보를 기지국으로 송신할 수 있다.

[278] 일 예로, 하기의 표 7을 참조하면, 기지국 안테나가 총 8개인 경우, 단말은 2tx, 4tx, 8tx 중 선호하는 안테나 수를 선택할 수 있다. 또한, 단말은 해당 안테나 수에 대해 해당하는 인덱스를 하기의 표 7에서 함께 피드백할 수 있다. 일 예로, 단말은 2개의 안테나 포트를 이용하고 포트 0, 1을 선호하는 경우라면 '2'라는 안테나 수에 대한 정보 및 '0'의 인덱스 정보를 기지국에 송신하여 유효한 안테나를 설정하도록 할 수 있다.

[279] [표 7]

[280]

Index	2tx	4tx
0	Port {0,1}	Port{0,1,2,3}
1	Port {0,7}	Port{0,2,4,6}

[281] 즉, 유효 송신 안테나 설정을 위한 정보에 대한 피드백은 단말 및 기지국 사이에서 다양한 방법으로 획득할 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.

[282] 도 19 및 20은 본 명세서의 일 실시예에 따라 수직 방향 및 수평 방향에 기초하여 파일럿 패턴을 설정하는 방법에 대한 것이다.

[283] 상술한 바와 같이, 기지국은 메시브 MIMO에서 단말에게 다수의 파일럿 패턴을 활용하여 파일럿을 전송할 수 있다. 이때, 일 예로, 수평 방향(도 19) 또는 수직 방향(도 20)으로 안테나를 묶어 각각 하나의 CSI-RS resource를 할당할 수 있다. 즉, 수평 또는 수직 방향의 안테나 어레이에 대해 CQL에 기초하여 파일럿 패턴이 형성되고, 다수의 파일럿 패턴에 대한 정보를 단말로 송신할 수 있다. 이때, 상술한 바와 같이, 안테나 포트 간 QCL되어 있다는 것은, 단말이 하나의

안테나 포트로부터 수신하는 신호(혹은 해당 안테나 포트에 대응하는 무선 채널)의 광범위 특성들(large-scale properties)이 다른 하나의 안테나 포트로부터 수신하는 신호(혹은 해당 안테나 포트에 대응하는 무선 채널)의 광범위 특성들과 모두 또는 일부가 동일하다고 가정할 수 있다는 것을 의미할 수 있다. 또한, 상술한 바와 같이, N1개의 안테나 포트들로 구성된 노드 #1는 CSI-RS 자원(resource) #1를 전송하고, N2개의 안테나 포트들로 구성된 노드 #2는 CSI-RS 자원(resource) #2를 전송하는 것으로 가정할 수 있다. 이 경우, CSI-RS 자원 #1을 QCL 모드 파라미터 세트 #1에 포함시키고, CSI-RS 자원 #2를 QCL 모드 파라미터 세트 #2에 포함시킨다. 나아가, 기지국은 노드 #1과 노드 #2의 공통 커버리지 내에 존재하는 단말에게 상위 계층 신호로 파라미터 세트 #1과 파라미터 세트 #2를 설정할 수 있다. 이후, 기지국이 해당 단말에게 노드 #1을 통해 데이터(즉, PDSCH) 전송 시 DCI를 이용하여 파라미터 세트 #1을 설정하고, 노드 #2를 통해 데이터 전송시 파라미터 세트 #2를 설정하는 방식으로 DPS를 수행할 수 있다. 단말 입장에서는 DCI를 통해 파라미터 세트 #1을 설정 받으면 CSI-RS 자원 #1과 DM-RS가 QCL되어 있다고 가정하고, 파라미터 세트 #2를 설정 받으면 CSI-RS 자원 #2과 DM-RS가 QCL되어 있다고 가정할 수 있다. 즉, 상술한 내용에 기초하여 수평 또는 수직 방향으로 안테나 어레이를 형성할 수 있다.

[284] 일 예로, 수평 방향으로 안테나를 묶어 각각 하나의 CSI-RS resource를 할당한 경우, 파일럿 패턴(CSI-RS resource)에 해당하는 프리코더는 수평 방향의 빔포밍을 수행하는 프리코더에 해당할 수 있다. 이때, 각각의 파일럿 패턴을 연결하는 프리코더는 수직 방향의 빔포밍을 수행하는 프리코더에 해당할 수 있다. 이때, 파일럿 패턴을 연결하는 프리코더는 파일럿 패턴의 위상 및 크기 차이를 나타내는 계수들의 집합일 수 있다.

[285] 이때, 일 예로, 각각의 파일럿 패턴들은 동일한 전송 포인트에서 전송되는 파일럿 패턴들의 집합일 수 있다. 즉, 동일한 기준 포인트에 기초하여 각각의 파일럿 패턴들은 일정한 집합을 형성할 수 있다. 또 다른 일 예로, 각각의 파일럿 패턴들은 동일한 수의 안테나 포트들을 포함할 수 있다. 즉, 메시브 MIMO에서 수평 또는 수직 방향에 기초하여 각각의 파일럿 패턴에는 동일한 수의 안테나 포트들이 포함될 수 있다.

[286] 그 후, 단말은 수신된 파일럿 패턴 정보에 기초하여 안테나 포트 수 및/또는 인덱스에 대한 정보를 기지국으로 피드백할 수 있다. 일 예로, 상술한 바와 같이, 파일럿 패턴 정보에 대한 안테나 포트 수 및/또는 안테나 포트에 대한 인덱스는 수평 방향(도 19) 또는 수직 방향(도 20)에 기초하여 설정된 정보일 수 있다. 이때, 일 예로, 단말은 상술한 각각의 파일럿 패턴들은 각각의 독립적인 정보로서 피드백할 수 있다. 또 다른 일 예로, 단말은 각각의 파일럿 패턴에 대한 정보는 공통적으로 적용될 수 있는 대표값에 의해 표현되어 전달될 수 있다. 즉, 상술한 파일럿 패턴에 대한 정보는 다양하게 표현되어 피드백될 수 있다.

[287] 또한, 단말은 파일럿 패턴들을 연결할 계수의 수 및/또는 인덱스 정보를 피드백할 수 있다. 이때, 일 예로, 파일럿 패턴들을 연결할 계수의 수 및/또는 인덱스 정보는 수직 방향(도 19) 또는 수평 방향(도20)에 기초하여 설정된 정보일 수 있다.

[288] 이때, 파일럿 패턴에 포함할 안테나 포트 수 및/또는 인덱스 정보가 수평 방향의 빔포밍 정보이면 파일럿 패턴들을 연결할 계수의 개수 및/또는 인덱스는 수직 방향의 빔포밍 정보일 수 있다.(도 19) 반대로, 파일럿 패턴에 포함할 안테나 포트 수 및/또는 인덱스 정보가 수직 방향의 빔포밍 정보이면 파일럿 패턴들을 연결할 계수의 개수 및/또는 인덱스는 수평 방향의 빔포밍 정보일 수 있으며 상술한 실시예로 한정되지 않는다.(도 20)

[289] 도 21은 본 명세서의 일 실시예에 따라 partial array 빔포밍을 설정하는 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.

[290] 도 21을 참조하면, 단말은 파일럿 패턴에 대한 정보를 수신하고, 선호하는 파일럿 패턴에 대한 정보를 기지국으로 피드백할 수 있다. 이때, 일 예로, 기지국은 4x4=16개의 안테나 포트로 구성될 수 있다. 이때, 기지국은 단말에게 QCL에 기초하여 4개의 파일럿 패턴에 대한 정보를 전송할 수 있다. 이때, 단말은 수평 방향으로 2개의 안테나 포트에 해당하는 빔 폭 및 수직 방향으로 3개의 안테나 포트에 해당하는 빔 폭을 선호할 수 있다. 단말은 수평 및 수직 방향에 대해 선호하는 안테나 포트의 정보를 피드백할 수 있다. 즉, 단말은 파일럿 패턴에 포함할 안테나 수를 2로 설정하고, 파일럿 패턴들을 연결할 계수를 3으로 설정하여 기지국으로 피드백할 수 있다. 또 다른 일 예로, 단말이 파일럿 패턴들에 대한 정보를 피드백하는 경우, 차이값만을 송신하여 전송 오버헤드를 줄일 수 있다. 일 예로, 단말은 파일럿 패턴들을 연결할 계수로서 차이값에 기초하여 2 값을 설정하여 피드백할 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.

[291] 또 다른 일 예로, 단말은 선호하는 안테나 포트에 대한 인덱스 집합를 안테나 수와 함께 피드백할 수 있다. 이때, 인덱스 정보는 동일한 파일럿 패턴에 포함된 안테나 포트의 인덱스일 수 있다. 또한, 인덱스 정보는 연결 계수에 대한 인덱스일 수 있다.

[292] 즉, 수평 방향 및 수직 방향을 동일한 파일럿 패턴 또는 연결 계수를 기준으로 인덱스를 부여할 수 있고, 이에 기초하여 인덱스 및 안테나 포트 수에 대한 정보를 피드백할 수 있다. 일 예로, 인덱스는 안테나 포트의 시작 위치 또는 마지막 위치일 수 있다. 즉, 인덱스 정보 및 안테나 수 정보를 통해 유효 안테나 수가 설정될 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다. 또한, 일 예로, 단말은 피드백 정보에 기초하여 선호하는 프리코더 정보를 더 피드백할 수 있다. 이때, 상술한 바와 같이, 동일한 파일럿 패턴 또는 연결 계수를 기준으로 각각의 안테나 수 정보에 기초하여 적합한 PMI가 전송될 수 있다. 또한, CQI, RI 등 기타 CSI 피드백 정도도 PMI 정보 및 피드백되는 정보에 기초하여 계산될 수 있으며,

이에 대해서는 후술한다.

[293] 도 22는 본 명세서의 일 실시예에 따라 기존 MIMO 전송 방식과 BA 빔포밍 방식의 빔 커버리지 비교하는 도면이다.

[294] 기지국이 상향링크 신호의 특성을 측정하여 파악할 수도 있고, 단말의 위치 혹은 채널3D 빔포밍 환경에서 적용한 일부 안테나 어레이 기반 빔포밍을 빔-폭 조절 (Beam-width adaptation; BA) 빔포밍이라 지칭할 수 있다. 이때, BA 빔포밍 기법은 단말의 이동 속도에 따라 데이터 전송에 참여하는 안테나의 수를 조절하여 전송 빔 폭을 조절하는 기술일 수 있다. 도 22는 기존 MIMO 전송 방식과 BA 빔포밍 방식의 빔 커버리지 비교하는 도면이다. 특히, 도 22의 좌측 도면은 기존 MIMO 전송 방식을 도시하며, 우측 도면은 BA 빔포밍 방식을 도시할 수 있다.

[295] 도 22의 좌측 도면을 참조하면, 4x4 안테나 어레이에서 단말이 중속으로 움직이는 경우 4x4 안테나 어레이가 전송하는 빔 폭은 채널 정밀도를 확보하기에 지나치게 좁고, 개루프 방식은 전체 셀 커버리지를 커버하므로 지나치게 넓을 수 있다. 만약 도 22의 우측 도면과 같이, 중앙의 2x2 안테나 어레이만 전송에 참여하면, 상대적으로 넓은 빔 폭을 가지나 빔이득은 얻을 수 있는 형태로 빔을 생성할 수 있다. 즉, 단말의 이동 속도에 따라 해당 단말에게 전송에 참여하는 안테나 수를 줄여 빔 폭을 확대하여 폐루프 빔포밍 보다는 작지만, 개루프 빔포밍 보다는 높은 수준의 빔 이득을 획득할 수 있다.

[296] 도 23은 본 명세서의 일 실시예에 따라 DA 빔포밍 기법의 개념을 도시하는 도면이다.

[297] BA 빔포밍이 단말의 이동성에 따라 빔 폭을 조절하는 기술이라면 단말의 이동 방향에 따라 수직 또는 수평 방향으로만 빔포밍을 수행하고 다른 방향으로는 개루프 프리코딩(open loop precoding)을 수행하는 방법도 고려할 수 있다. 이 기술은 3D 빔포밍 환경에서 2D빔포밍을 수행할 수 있도록 하므로 차원 조절(Dimension Adaptation; DA) 빔포밍 기법이라 지칭할 수 있다.

[298] DA 빔포밍 기법은 기지국이 단말의 수직 방향 및 수평 방향 중, 움직임이 심한 방향, 즉 도플러 (Doppler)가 심한 방향에 대해서는 개루프 방식을 적용하고, 그렇지 않은 방향에 대해서는 폐루프 방식을 적용하여 전송하는 빔포밍 기법이다. 도 23은 DA 빔포밍 기법의 개념을 도시하는 도면이다. 특히, 도 23의 좌측 도면은 단말이 수평 방향으로 움직이는 경우를 도시하고, 우측 도면은 단말이 수직 방향으로 움직이는 경우를 도시한다.

[299] 도 24는 본 명세서의 일 실시예에 따라 DA 빔포밍 기법의 특징을 예시하는 도면이다.

[300] DA 빔포밍 기법을 사용하면, 도플러가 적은 방향으로는 빔 이득을 얻을 수 있고, 도플러가 큰 방향으로는 빔 이득을 얻을 수 없다. 따라서, 생성되는 빔의 영역은 도 24와 같이 수평 방향 및 수직 방향 중 한 방향으로만 협폭의 빔이 형성된다. 따라서, 특정 방향으로 움직이는 단말에게 일정 수준의 빔 이득을

부여하는 것이 가능하다.

[301] 도 25는 본 명세서의 일 실시예에 따라 DBA 빔포밍 기법의 개념을 도시하는 도면이다.

[302] BA 빔포밍과 DA 빔포밍을 결합한 차원 및 빔-폭 조절 (Dimension and Beam-width Adaptation; DBA) 빔포밍 기법도 고려할 수 있다. 도 15는 DBA 빔포밍 기법의 개념을 도시하는 도면이다. DBA 빔포밍 기법은 DA 빔포밍 기법과 BA 빔포밍 기법을 결합한 기술이다. 도 15를 참조하면, DBA 빔포밍 적용 시, 단말이 수직 혹은 수평 방향으로 움직일 경우, 도플러가 적은 방향, 즉 단말이 움직임에 직교하는 방향으로는 폐루프 빔포밍을 수행하고, 도플러가 일정 수준 존재하는 방향으로는 단말의 속도에 따라 전송에 참여하는 안테나 수를 조절하여 빔 폭을 조절한다. 정리하면, 아래 표 1과 같이, DA 빔포밍이 기지국 기준으로 특정 방향으로 고속 이동할 때 유효한 기술이고, BA 빔포밍이 단말이 저속~중속으로 이동하는 환경에서 유효한 기술이며, DBA 빔포밍은 단말이 특정 방향으로 저속~중속으로 이동할 때 유효한 기술이다.

[303] [표 8]

[304]

Dimension Adaptation (DA) Beamforming	기지국 기준 수직 혹은 수평 방향으로 고속 이동
Beam-width Adaptation (BA) Beamforming	저속~중속 이동환경
DBA Beamforming (DA + BA)	기지국 기준 수직 혹은 수평 방향으로 저속~중속 이동

[305] BA 빔포밍 혹은 DBA 빔포밍은 채널 변화 특성, 특히 단말의 움직임, 구체적으로 단말의 이동 속도에 따라 빔 폭을 제어하는 특징을 갖는다. 빔 폭을 제어하기 위한 수단으로 안테나 ON/OFF, 안테나 별 전송 전력과 위상 제어 기술을 사용할 수 있다. 본 발명에서는 빔 폭을 제어하기 위한 다른 수단으로서, 제한된 빔포밍 범위를 갖는 프리코더 순환 (precoder cycling) 기법을 제안한다. 본 발명의 프리코더 순환 기법은 단말의 이동 속도가 낮을수록 프리코더 순환에 의한 빔 커버리지를 좁히고, 단말의 이동 속도가 높을수록 빔 커버리지 가 늘어나는 특징을 갖는다. 여기서, 빔 커버리지는 순환하는 프리코더의 빔포밍 각도의 범위를 의미할 수 있다.

[306] 도 26은 본 명세서의 일 실시예에 따라 MIMO(Multi Input Multi Output)의 전송 구조를 도시한 도면이다.

[307] 도 26을 참조하면 MIMO 전송 구조는 기존의 LTE 시스템의 전송 구조에서 Dimension Controller가 추가된 구조일 수 있다. 즉, 하향 링크 MIMO 전송구조에 있어서 프리코딩 이후 가상 포트 매칭을 통해 메시브 MIMO의 전송을 지원할 수

있다. 이하에서 전송 레이어의 총 수를 M, CSI-RS 포트의 총 수를 Nc, 가상 포트의 총 수를 Nx이라 한다. 기지국이 2차원 안테나 어레이로 구성되는 경우, 안테나 행 방향에서 전송되는 CSI-RS 포트의 총 수를 Nc_h, 안테나 열 방향에서 전송되는 CSI-RS 포트의 총 수를 Nc_v라 한다. Dimension controller의해 조정된 ports들의 개수는 행과 열 방향으로 각각 Nx_h, Nx_v라 한다.

[308] 이때, Dimension controller는 Nc개의 CSI-RS 포트 혹은 그에 상응하는 새롭게 측정된 RS ports들(이하에서 eCSI-RS 포트라 함)을 Nx개의 가상 포트들로 맵핑한다. 2차원 안테나 어레이의 경우, Nc_h개의 eCSI-RS 포트를 Nx_h개의 수평 가상 포트(horizontal virtual port)로, Nc_v개의 eCSI-RS 포트를 Nx_v개의 수직 가상 포트(vertical virtual ports)로 맵핑한다.

[309] 이때, 일 예로, Dimension controller는 수평 방향에 대한 크기 Nc_h x Nx_h 행렬와 수직 방향에 대한 크기 Nc_v x Nx_v 행렬 로 다음과 같이 수학식 20 및 21로 구성될 수 있다. 즉, Dimension controller는 프리코딩 이후 CSI-RS 포트를 가상의 포트로 매칭하기 위해 이용될 수 있다.

[310] [수학식 21]

[311]
$$\mathbf{D}_h(Nc_h, Nx_h) = \frac{\sqrt{Nc_h}}{\sqrt{Nx_h}} \begin{bmatrix} \mathbf{I}_{Nx_h, Nx_h} \\ \mathbf{0}_{(Nc_h - Nx_h), Nx_h} \end{bmatrix}$$

[312] [수학식 22]

[313]
$$\mathbf{D}_v(Nc_v, Nx_v) = \frac{\sqrt{Nc_v}}{\sqrt{Nx_v}} \begin{bmatrix} \mathbf{I}_{Nx_v, Nx_v} \\ \mathbf{0}_{(Nc_v - Nx_v), Nx_v} \end{bmatrix}$$

[314] 위 식에서 $I_{m,m}$ 는 크기 m x m 의 단위행렬, $0_{n,m}$ 는 크기 n x m의 영행렬을 의미할 수 있다. 이때, Nx_h, Nx_v값은 단말이 기지국에게 보고한 값을 사용하는 것을 기본으로 하되, 경우에 따라 기지국이 해당 값을 보정하거나 임의로 설정할 수 있다.

[315] 또한, 일 예로, 3D MIMO 프리코딩 방법은 i번째 전송 레이어에 대한 프리코딩 벡터가 u_i 이고, 수평 방향 프리코딩 벡터가 c_i , 수직 방향 프리코딩 벡터가 r_i 인 경우, Kronecker product를 통해 하기의 수학식 23과 같이 구성될 수 있다.

[316] [수학식 23]

[317]
$$\mathbf{u}_i = \mathbf{r}_i \otimes \mathbf{c}_i$$

[318] 이때, 전체 전송 레이어에 대한 3D MIMO 프리코더는 수평 방향 프리코딩 메트릭스 C와 수직 방향 프리코딩 메트릭스 R의 Khatri-Rao product(column-wise Kronecker product)로 하기와 같이 수학식 24로 구성될 수 있다.

[319] [수학식 24]

[320]
$$\mathbf{U} = [\mathbf{r}_1 \otimes \mathbf{c}_1 \cdots \mathbf{r}_M \otimes \mathbf{c}_M] = \mathbf{R} * \mathbf{C}$$

[321] 이때, 수평 방향 및 수직 방향 메트릭수의 크기는 각각 Nx_h x M, Nx_v x M일 수 있다.

[322] 상술한 바와 같이, QCL에 기초하여 다수의 파일럿 패턴을 이용하여 이차원 안테나 어레이에 대한 파일럿 정보를 단말로 송신할 수 있다. 이때, 상술한 바와 같이 수평 방향 도메인(horizontal domain) 또는 수직 방향 도메인(vertical domain)은 각각 파일럿 패턴에 대한 프리코더 및 파일럿 패턴을 연결하는 프리코더에 대한 정보일 수 있으며, 그 반대도 가능할 수 있다.

[323] 이때, 단말은 기지국으로 수신한 이차원 안테나 어레이에 대한 파일럿 정보를 이용하여 기지국으로 피드백 정보를 송신할 수 있다. 이때, 단말은 수직 방향 도메인 및 수평 방향 도메인에 대한 Closed-loop 빔포밍 또는 Open-loop 빔포밍 여부에 대한 정보로서 제 1 인포메이션 및 Closed-loop 빔포밍이 선호되는 경우, 단말이 피드백하는 정보에는 유효 송신 안테나에 대한 집합 정보로서 제 2 인포메이션을 포함할 수 있다. 이때, 집합 정보는 상술한 바와 같이 안테나 포트 수 정보 및 포트에 대한 인덱스 정보일 수 있다.

[324] 또한, 일 예로, 제 1 인포메이션에는 파일럿 패턴들에 속한 각 안테나 포트들로 구성된 MIMO 채널에 대한 정보 및 파일럿 패턴들을 연결할 계수들로 구성된 MIMO 채널 중에서 Closed loop 전송이 선호되는 채널에 대한 지시 정보로 구성될 수 있다. 이때, 일 예로, 파일럿 패턴들에 속한 각 안테나 포트들로 구성된 MIMO 채널은 각각의 파일럿 패턴에 의해 추정된 MIMO 채널의 평균치일 수 있다. 또한, 파일럿 패턴에 기초하여 각각의 MIMO 채널에 대한 Closed loop/Open loop 빔포밍 여부의 판단은 개별적 또는 종합적으로 지시되는 정보일 수 있다.

[325] 또한, 일 예로, 제 1 인포메이션은 각각의 파일럿 패턴 중 Closed loop 전송이 선호되는 채널에 대한 지시 정보일 수 있다.

[326] 또한, 일 예로, 상술한 제 1 인포메이션 및 제 2 인포메이션은 서로 구별되는 필드로 구현될 수 있다. 또 다른 일 예로, 상술한 제 1 인포메이션 및 제 2 인포메이션은 하나의 정보 필드로서 표현될 수 있다.

[327] 또 다른 일 예로, 단말은 수평 방향 도메인 및 수직 방향 도메인 각각에 대한 Closed loop 및 Open loop 선호도 여부 및 채널에 대한 안테나 포트 수 및/또는 인덱스 정보를 피드백할 수 있다. 즉, 단말은 수평 방향 도메인 및 수직 방향 도메인 각각에 대한 피드백 방법을 다르게 설정할 수 있다. 이때, 일 예로, 수평 방향 도메인에 대해 Closed loop 전송이 설정되는 경우, 단말은 수평 방향 도메인에 대한 안테나 포트 수 및/또는 안테나 인덱스 집합 정보를 송신할 수 있다.

[328] 또한, 일 예로, 수평 방향 도메인에 대해 Open loop 전송이 설정된 경우, 단말은 안테나 포트 수 및/또는 안테나 인덱스 집합 정보를 공집합으로 하여 전송할 수 있다. 즉, 안테나 포트 또는 안테나 인덱스 집합에 대한 필드가 0 값을 가지면 Open loop 전송이 수행됨을 확인할 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.

[329] 상술한 바와 같이, 수평 방향 도메인 및 수직 방향 도메인 각각에 대한 Closed loop 전송 또는 Open loop 전송 기법이 선택될 수 있다.

[330] 일 예로, Closed loop 전송 기법은 3D 빔포밍, V-only 빔포밍 및 H-only 빔포밍 중

어느 하나로 설정될 수 있다. 이때, 3D 빔포밍은 수평 및 수직 방향 도메인에서 모두 Closed loop 가 적용되어 피드백되는 전송 기법일 수 있다. 또한, V-only 빔포밍은 수평 방향 도메인에 대해서는 Open loop 전송 기법이 적용되고 수직 방향 도메인에 대해서만 Closed loop가 적용되는 전송 기법일 수 있다. 반대로, H-only 빔포밍은 수직 방향 도메인에 대해서는 Open loop 전송 기법이 적용되고 수평 방향 도메인에 대해서만 Closed loop가 적용되는 전송 기법일 수 있다. 이때, 하기의 표 9에서와 같이 각각의 전송 기법에 따라 CSI 피드백 정보 구성이 다를 수 있다.

[331] [표 9]

[332]

전송 기법	CSI 피드백 정보 구성
Open loop	CQI, RI, (Nx_v, Nx_h)1)
Closed loop	V-PMI, H-PMI, CQI, RI, Nx_v, Nx_h, (A-PMI)
V-only beamforming	V-PMI, CQI, RI, Nx_v, (Nx_h) 1)
H-only beamforming	H-PMI, CQI, RI, Nx_h, (Nx_v) 1)

[333] 이때, "1)" 표시는 기지국이 전송 기법을 지정할 경우 생략이 가능할 수 있다. 즉, "1)" 표시가 된 부분은 항상 필요한 정보가 아닐 수 있으며 필요에 따라 선택적으로 포함될 수 있다.

[334] 일 예로, 각각의 전송 기법이 LTE transmission mode 형태로 별개로 지정된다면 해당 transmission mode에 따른 피드백 정보 구성을 위에서 1번 항목이 생략된 상태로 할 수 있다. 반면, 위 전송 기법들이 단일 transmission mode내에서 유동적으로 적용될 수 있도록 한다면 1번 항목들이 포함될 수 있다.

[335] 일 예로, 단말이 opne loop MIMO 전송을 선호하는 경우, Nx_v = C, Nx_h=C과 같이 정보를 구성하고, V-only 빔포밍을 선호하는 경우 Nx_h = C, H-only 빔포밍을 선호하는 경우 Nx_v = C로 정보를 구성할 수 있다. 여기서 C값은 해당 방향에 대해 open loop전송을 선호한다는 뜻으로 기지국과 단말간에 약속된 값으로, 2~Nc_i(i=h or v)의 범위를 벗어나는 어느 값을 사용하여도 무방하다. (ex1: C=1, ex2: C=100) 즉, "1)"로 표시된 부분은 추가적으로 이용될 수 있거나 생략 가능할 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.

[336] 또한, 일 예로, Nx_v와 Nx_h 정보는 상응하는 다른 정보로 이용될 수 있다. 예를 들어, 단말이 선호하는 Nx_i (i는 v or h)의 범위에 따라 새로운 인덱스 x 를 정의할 수도 있다. (ex. x=1: Nx_i=1~2, x=2: Nx_i=3~5, …) 또한, A-PMI는 Augmented PMI 정보로서 피드백 정보 계산시 포함될 수 있다.

[337] 보다 상세하게는, 단말은 CSI 정보를 피드백하는 경우 하기와 같은 단계에 기초하여 CSI 정보를 피드백할 수 있다. 이때, 단말은 CSI 피드백 설정 정보로서 Nc, Nc_h, Nc_v정보를 획득하고, 획득한 정보에 기초하여 수직 및 수평 방향 도메인에 대한 채널 추정을 수행할 수 있다. 이때, 추정된 채널 정보를 토대로 단말 이동성을 고려하여 최적의 Nx_v값과 Nx_h값을 찾을 수 있으며, 이때, Dimension Controller는 D_h 및 D_v를 결정할 수 있다.

[338] 이때, 일 예로, Nx_v값 또는 Nx_h값이 상술한 C일 수 있다. 즉, 특정 방향에 대해서는 open loop 전송 기법이 적용될 수 있다. 이때, 일 예로, open loop 전송 기법이 적용되는 방향에 대해서는 정해진 open loop 방식을 적용하여 결정될 수 있으며, closed loop 전송 기법이 적용되는 방향에 대해서는 Dimension Controller에 기초하여 PMI/RI를 PMI코드북으로부터 결정할 수 있다.

[339] 이때, 수직 및 수평 방향 모두 Closed loop 전송 방식이 적용되는 경우, Dimension Controller에 기초하여 각각의 방향에 대한 PMI/RI를 설정할 수 있다. 그후, RI는 수평 방향에 대한 H-RI 및 수직 방향에 대한 V-R 의 특정 함수 값으로 결정할 수 있다. 이때, 일 예로, 특정 함수는 하기의 수학식 25 또는 26에 기초하여 설정될 수 있다.

[340] [수학식 25]

[341] $RI=\max(V\text{-}RI, H\text{-}RI)$

[342] [수학식 26]

[343] $RI=\min(V\text{-}RI, H\text{-}RI))$

[344] 그 후, PMI는 수직 방향에 대한 PMI 및 수평 방향에 대한 PMI 중 상기의 수학식 25 또는 26에 의해 결정된 RI와 일치하는 값이 이용될 수 있다. 이때, 상술한 A-PMI는 RI 값을 고정한 후 특정 방향에 대한 PMI를 다시 구하거나 특정 방향에 대한 PMI에 대해 RI 값으 차에 기초하여 설정될 수 있다. 일 예로, A-PMI의 크기는 Nx_j x (RI - j-RI) 행렬로 구성될 수 있다. 이때, j는 수직 또는 수평 방향일 수 있다.

[345] 그 후, 결정된 수직 또는 수평 방향에 대한 PMI 및 RI를 이용하여 프리코딩 행렬을 생성하고, 이를 통해 CQI를 계산하게 된다.

[346] 상술한 바와 같이, 메시브 MIMO에서 3D 빔포밍이 적용되는 경우, 수평 방향 및 수직 방향에 대한 빔포밍을 고려하여 CSI 정보를 피드백할 수 있다.

[347]

[348] 이하에서는 3D 빔포밍, V-only 빔포밍 및 H-only 빔포밍을 고려하여 본 발명의 구체적인 실시예를 설명한다.

[349] 도 27은 본 명세서의 일 실시예에 따라 CSI 정보를 피드백하는 방법을 나타낸 도면이다.

[350] 일 예로, CSI 정보는 PUCCH를 통해 주기적으로 피드백되거나, PUSCH를 통해 비주기적으로 전송될 수 있다. 이때, PUCCH를 통해 CSI 정보가 주기적으로 보고되는 경우, CSI 주기 및 오프셋 값이 설정될 수 있다. 보다 상세하게는, 상술한 바와 같이, CSI 정보는 RI(Rank Indicator), PMI(Precoding Matrix Index), CQI(Channel Quality Indication) 세가지 정보로 크게 분류될 수 있다. 이때, RI는 상술한 바와 같이 채널의 랭크 정보를 나타내며, 단말이 동일 주파수-시간 자원을 통해 수신할 수 있는 스트림의 개수를 의미한다. 또한, RI는 채널의 롱텀 페이딩(long term fading)에 의해 결정되므로 PMI, CQI 값 보다 통상 더 긴 주기로

기지국으로 피드백될 수 있다. 또한, PMI는 채널의 공간 특성을 반영한 값으로 SINR 등의 메트릭(metric)을 기준으로 단말이 선호하는 기지국의 프리코딩 행렬 인덱스를 나타낼 수 있다. 또한, CQI는 채널의 세기를 나타내는 값으로 통상 기지국이 PMI를 이용했을 때 얻을 수 있는 수신 SINR을 의미할 수 있다. 즉, RI, PMI 및 CQI는 각각의 피드백 주기 및 오프셋 값이 다를 수 있다.

[351] 이때, PUCCH를 통해 CSI 정보가 피드백되는 경우, 한정된 자원에 의해 피드백되는 양이 제한될 수 있다. 따라서, PUCCH를 통해 CSI를 전송하는 경우에는 리포팅 모드 및/또는 타입에 기초하여 CSI 전송에 포함되는 정보를 제어할 수 있다. 즉, RI, PMI 및 CQI의 전송 시점 및 오프셋 값은 CSI가 전송되는 리포팅 모드 및/또는 타입에 기초하여 결정될 수 있다. 이때, 일 예로, CSI 정보의 전송 주기 및 오프셋 값은 상위 계층 메시지를 통해 단말에게 설정될 수 있다. 또한, 이때, 일 예로, 상위 계층 메시지는 RRC 시그널일 수 있다.

[352] 또한, 일 예로, 도 27을 참조하면, 상술한 CSI 리포팅 모드는 어떠한 CSI가 보고될 것인지 설정하는 것일 수 있다. 이때, 특정 CSI 리포팅 모드에서는 리포팅 타입 및 데이터 페이로드의 크기에 따라 특정 시점 또는 서브 프레임에 전송되는 CSI 정보에 포함될 정보가 결정될 수 있다. 따라서 각 CSI 리포팅 모드에 따라 CQI및 PMI를 전송하는 시점 및 오프셋과 RI를 전송하는 시점 및 오프셋 값이 달라질 수 있다.

[353] 또한, 일 예로, WB CQI와 SB CQI 모두를 전송하는 타입의 경우, WB CQI와 SB CQI는 번갈아 전송된다. 이 경우, 첫 번째 CQI 전송 서브프레임에서 WB CQI를 전송하고, 다음 CQI 전송 서브프레임에서는 첫 번째 Bandwidth part(BP)에 속한 서브 밴드들 중에서 채널 상태가 좋은 서브 밴드에 대한 CQI와 해당 서브 밴드의 인덱스를 전송한다. 그 다음 CQI 전송 서브프레임에서는 두 번째 BP에 속한 서브 밴드 중에서 채널 상태가 좋은 서브 밴드에 대한 CQI와 해당 서브 밴드의 인덱스를 전송할 수 있다.

[354] 이때, 각각의 BP CQI가 몇 번 순차적으로 전송될 것인지에 관한 정보는 상위 계층(예, RRC 계층)에서 시그널링 된다. 또한, RI 피드백 주기 및 오프셋 값과 CQI/PMI 피드백 주기 및 오프셋 값은 상위 계층 메시지를 통해 단말에게 설정될 수 있으며, 상술한 바와 같다,

[355] 이때, 일 예로, 도 27에서 CSI 피드백은 세 종류 리포팅 타입 CSI정보 전송으로 구성될 수 있다. 구체적으로 첫 번째 서브 프레임에는 RI가, 두 번째 서브 프레임에는 WB PMI와 WB CQI가, 네 번째 서브 프레임에는 SB CQI와 L-비트 best-1 CQI SB indicator가 전송될 수 있다.

[356] 도 28은 본 명세서의 일 실시예에 따라 CSI 정보의 리포팅 주기 및 오프셋 값을 설정하는 방법을 나타낸 도면이다.

[357] 상술한 바와 같이 PUCCH를 통해 주기적으로 CSI 정보가 피드백되는 경우, CSI 정보에 대한 주기 및 오프셋 값은 상위 계층 메시지를 통해 단말에게 설정될 수 있다. 즉, CSI에 포함된 RI의 피드백 주기 및 오프셋 값과 CQI/PMI의 피드백 주기

및 오프셋 값은 상위 계층 메시지를 통해 단말에게 설정될 수 있으며, 이는 상술한 바와 같다.

[358] 이때, 일 예로, 3D 빔포밍에서는 수평 및 수직 방향에 대한 빔포밍을 고려하여 CSI 정보를 피드백하는 경우, 피드백해야 하는 CSI 정보의 양이 많을 수 있다. 보다 상세하게는, 3D 빔포밍에서는 수평 및 수직 방향 모두의 CSI 정보를 피드백해야하는바, 피드백 정보가 늘어날 수 있다. 이때, PUCCH를 통해 CSI 정보를 전송하는 경우에는 한정된 자원을 이용하여 CSI 정보를 피드백해야 할 수 있으며, 자원에 대한 한계가 있을 수 있다. 또한, 피드백 정보의 양의 증가에 따라 오버헤드가 증가할 수 있다. 따라서, CSI 정보를 효율적으로 전송하기 위한 기법이 상술한 CSI 피드백 주기 및 오프셋 값 설정 방법에 기초하여 제공될 필요성이 있다.

[359] 이때, 3D 빔포밍이 적용되는 경우, 기지국은 수평 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보 및 수직 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보 주기 및 오프셋 값을 각각 설정하여 단말에게 제공할 수 있다. 이때, 상술한 바와 동일하게 기지국은 상위 계층 메시지를 통해 단말에게 지시할 수 있다. 이때, 일 예로, 상위 계층 레이어는 RRC 시그널일 수 있다. 즉, 3D 빔포밍이 적용되는 환경에서 상술한 CSI 리포팅 주기 설정 방법을 용이하게 확장하여 적용할 수 있다. 다만, 3D 빔포밍이라는 환경을 고려할 때, 수평 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보 및 수직 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보를 각각에 대한 피드백 주기 및 오프셋 설정 방법이 필요할 수 있다. 또한, 일 예로, 3D 빔포밍 환경에서 하나의 방향(수평 또는 수직)에 대한 CSI 정보만이 피드백되는 경우에 CSI 정보 피드백 전송 기법에 기초하여 효율적인 피드백 방법이 필요할 수 있으며, 이하에서 후술한다.

[360] 3D 빔포밍 환경에서, 상술한 바와 같이, 단말의 이동성, 도플러, LoS 여부 등에 기초하여 CSI 전송 모드가 결정될 수 있다. 이때, CSI 전송 모드는 도 27에서 상술한 모드와는 다를 수 있으며, 3D 빔포밍 환경에 의해 설정되는 전송 모드일 수 있다.

[361] 보다 상세하게는, CSI 전송 모드는 제 1 CSI 전송 모드 및 제 2 CSI 전송 모드 중 어느 하나로 설정될 수 있다. 이때, 제 1 CSI 전송 모드는 수평 방향 빔포밍 및 수직 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보를 모두 피드백하는 전송 모드일 수 있다. 즉, 3D 빔포밍 환경에서 수직 및 수평 방향 빔포밍에 대해서 모두 Closed loop 전송 기법에 기초하여 CSI 정보가 피드백되는 모드일 수 있다.

[362] 반면, 제 2 CSI 전송 모드는 수평 방향 빔포밍 및 수직 방향 빔포밍 중 어느 하나의 방향에 대한 CSI 정보만을 피드백하는 전송 모드일 수 있다. 이때, 일 예로, 수평 방향 빔포밍에 대해서는 Closed loop 전송 기법이 적용되고, 수직 방향 빔포밍에 대해서는 Open loop 전송 기법이 적용되는 경우, 제 2 CSI 전송 모드는 수평 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보만을 피드백하는 모드일 수 있다. 또한, 반대로, 수직 방향 빔포밍에 대해서는 Closed loop 전송 기법이 적용되고, 수평 방향 빔포밍에 대해서는 Open loop 전송 기법이 적용되는 경우, 제 2 CSI 전송

모드는 수직 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보만을 피드백하는 모드일 수 있다. 즉, 제 2 전송 모드는 수평 방향 빔포밍 또는 수직 방향 빔포밍 중 어느 하나의 방향에 대한 CSI 정보만을 전송하는 모드일 수 있다.

[363] 이때, 일 예로, 상술한 CSI 전송 모드에 대한 정보는 상위 계층 메시지를 통해 단말이 기지국으로 알려줄 수 있다. 이때, 일 예로, 상위 계층 메시지는 RRC 시그널일 수 있다. 또한, 일 예로, 상술한 CSI 전송 모드에 대한 정보는 PUCCH를 통해 UCI와 함께 피드백될 수 있다. 이때, 일 예로, CSI 전송 모드를 나타내는 인디케이터 필드가 존재할 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다. 즉, 단말은 CSI 전송 모드에 대한 정보를 기지국에게 제공할 수 있다.

[364] 이때, 일 예로, 상술한 제 1 CSI 전송 모드로서 수평 방향 빔포밍 및 수직 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보가 모두 피드백 되는 경우, 수평 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보의 주기 및 오프셋 값과 수직 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보의 주기 및 오프셋 값은 각각 설정될 수 있다.

[365] 도 28을 참조하면, CSI 정보가 전송되는 부분에는 제 1 방향에 대한 CSI 정보를 포함하는 제 1 파트(2810) 및 제 2 방향에 대한 CSI 정보를 포함하는 제 2 파트(2820)를 포함할 수 있다. 이때, 일 예로, 제 1 방향이 수평 방향이면 제 2 방향은 수직 방향일 수 있다. 반대로, 제 1 방향이 수직 방향이면 제 2 방향은 수평 방향일 수 있다. 또한, 일 예로, 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)는 하나의 CSI 전송 주기에서 설정되는 파트일 수 있다. 즉, 각각의 CSI 전송 주기에는 각각의 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)가 설정될 수 있다. 또한, 일 예로, 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)는 시간축에 기초하여 구분될 수 있다. 또 다른 일 예로, 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)는 주파수 축에 기초하여 구분될 수 있다. 또 다른 일 예로, 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)는 자원 블록에서 일정한 기준에 따라 분류될 수 있다.

[366] 또 다른 일 예로, 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)의 구성은 비연속적일 수 있다. 이때, 도 28의 (b)를 참조하면 제 1 파트(2810)는 시간 축으로 분리되어 구성될 수 있다. 또한, 제 2 파트(2820) 역시 시간 축으로 분리되어 구성될 수 있다.

[367] 즉, 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)를 다른 정보를 피드백하는 구분되는 영역으로 구별 방법이 다를 수 있으며 상술한 실시예로 한정되지 않는다.

[368] 상술한 바와 같이, CSI 정보가 전송되는 부분은 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)로 구별되며, 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)의 구별 방법이 다를 수 있다.

[369] 다만, 상술한 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)가 결정된 경우, 단말에 의해 설정된 CSI 전송 모드와 무관하게 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)가 유지될 수 있다.

[370] 보다 상세하게는, CSI 정보를 전송하는 부분인 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)의 구별 방법, 주기 및 오프셋 값 중 적어도 어느 하나 이상이 기설정될

수 있다. 이때, 일 예로, 상위 계층 메시지에 기초하여 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)의 구별 방법, 주기 및 오프셋 값 중 적어도 하나 이상이 기설정될 수 있다. 이때, 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)의 기설정된 값들은 CSI 전송 모드와 무관하게 유지될 수 있다. 다만, 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)에 포함되는 CSI 정보는 CSI 전송 모드에 기초하여 변경될 수 있다.

[371] 이때, 제 1 CSI 전송 모드로서 3D 빔포밍이 적용되는 CSI 전송 모드가 설정될 수 있다. 즉, 수평 방향 빔포밍 및 수직 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보가 모두 피드백되는 전송 모드가 설정될 수 있다. 이때, 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)의 주기 및 오프셋 값이 기설정된 값으로 고정될 수 있다. 즉, CSI 정보의 전송 주기 및 오프셋 값은 기설정되어 고정될 수 있다. 이때, 제 1 CSI 전송 모드에서는 제 1 파트(2810)에 제 1 방향에 대한 CSI 정보가 포함되어 전송되고, 제 2 파트(2820)에 제 2 방향에 대한 CSI 정보가 포함되어 전송되는 제 1 리포팅 타입이 설정될 수 있다. 이때 제 1 리포팅 타입은 디폴트 타입일 수 있다. 또한, 상술한 바와 같이, 제 1 방향이 수평 방향이면 제 2 방향은 수직 방향일 수 있다. 반대로, 제 1 방향이 수직 방향이면 제 2 방향은 수평 방향일 수 있다. 즉, 제 1 CSI 전송 모드에 기초하여 제 1 리포팅 타입으로 CSI 정보가 전송되는 경우, 수평 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보 및 수직 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보는 각각의 파트에 기초하여 전송될 수 있다.

[372] 도 29, 30 및 31은 본 명세서의 일 실시예에 따라 제 2 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보를 피드백하는 방법을 나타낸 도면이다.

[373] 단말은 제 2 CSI 전송 모드에 기초하여 CSI 정보를 피드백할 수 있다. 즉, 단말은 수평 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보 및 수직 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보 중 어느 하나에 대한 CSI 정보만을 피드백하는 전송 모드를 설정할 수 있다. 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)에 대한 전송 주기 및 오프셋 값은 기설정되어 고정될 수 있다. 이때, 제 2 CSI 전송 모드에 기초하여 CSI 정보가 전송되는 경우, 단말은 제 2 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보를 피드백할 수 있다.

[374] 보다 상세하게는, 도 29를 참조하면 일 예로, 제 2 리포팅 타입으로서, 단말은 2-1 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보를 피드백할 수 있다. 이때, 2-1 리포팅 타입은 제 1 파트(2810)에 제 1 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보를 포함하여 피드백하는 타입일 수 있다. 이때, 제 1 방향은 제 2 CSI 전송 모드에서 피드백되는 CSI에 대한 방향일 수 있다. 이때, 제 2 파트(2820)는 아무런 정보를 포함되지 않고 'mute'될 수 있다. 즉, 제 2 CSI 전송 모드에서 전송이 필요한 방향에 대한 CSI 정보만이 자신의 파트에 포함되어 전송될 수 있다. 반면, 제 2 파트(2820)는 제 2 CSI 전송 모드에서 전송이 필요하지 않은 방향에 대한 CSI 정보에 대응하는 null 정보로서 아무런 정보를 포함하지 않을 수 있다. 이때, 기지국은 'mute'되어 있는 파트에 대응하는 방향은 open loop 기법이 적용되고 있는 것으로 간주할 수 있다. 이를 통해, 기지국은 다른 인디케이터 없이도 수평 또는 수직 방향 중 open loop 기법이 적용되고 있는 방향을 판단할 수 있다. 또한,

CSI 정보 전송 주기 및 오프셋 값은 고정되어 있는바, 동일한 포멧을 이용할 수 있다는 효과가 있을 수 있다.

[375] 또 다른 일 예로, 도 30을 참조하면 제 2 리포팅 타입으로서, 단말은 2-2 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보를 피드백할 수 있다. 이때, 2-2 리포팅 타입은 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820) 각각에 제 1 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보를 포함하여 피드백하는 타입일 수 있다. 즉, 단말은 동일한 CSI 정보를 반복하여 전송할 수 있다. 보다 상세하게는, 제 2 CSI 전송 모드는 하나의 방향(수평 또는 수직)에 CSI 정보만이 피드백되는 CSI 전송 모드인바, 제 2 파트(2820) 부분은 정보가 포함되지 않는 남는 부분일 수 있다. 이때, 전송 오류를 줄이고 신뢰성 있는 CSI 피드백을 위해서 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)에 피드백되는 방향에 대한 CSI 정보를 반복하여 전송하도록 할 수 있다. 또한, 일 예로, 상술한 바와 같이 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)에서 동일한 CSI 정보가 전송되면 CSI 전송의 유효 주기는 반으로 줄어들게 된다. 즉, CSI 전송에 대한 보고 주기, 오프셋 및/또는 리포팅 타입에 대한 재설정없이 전송 주기를 반으로 줄일 수 있다는 효과가 있다.

[376] 또 다른 일 예로, 도 31을 참조하면 제 2 리포팅 타입으로서, 단말은 2-3 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보를 피드백할 수 있다. 이때, 2-3 리포팅 타입은 제 1 파트(2810)에 제 1 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보를 포함시키고, 제 2 파트(2820)에 제 1 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보와 관련된 정보를 포함시켜 피드백하는 타입일 수 있다. 즉, 제 2 CSI 전송 모드에서 피드백되지 않는 방향에 대응하는 파트는 남는 부분일 수 있는바, 이를 이용하여 피드백되는 방향에 대한 CSI 정보에 대한 추가 정보를 피드백할 수 있다. 이때, 일 예로, 추가되는 정보는 제 1 파트(2810) 보고에 필요한 비트 정보, cross polarization 정보, CQI평균값 정보 등이 포함될 수 있다. 즉, 제 2 CSI 전송 모드에 기초하여 CSI 정보를 피드백하는 경우에 있어서, 피드백되는 방향에 대응하는 파트에 대한 추가 정보를 포함하도록 하여 전송 효율에 대한 이득을 얻도록 할 수 있다.

[377] 도 32는 본 명세서의 일 실시예에 따라 기설정된 주기마다 CSI 리포팅 타입을 다르게 설정하는 방법을 나타낸 도면이다.

[378] 도 31에서 상술한 리포팅 타입에 대한 정보는 기지국이 단말에게 제공할 수 있다. 이때, 단말은 제공받은 리포팅 타입에 기초하여 CSI 정보를 피드백할 수 있다. 이때, 일 예로, 리포팅 타입에 대한 정보는 리포팅 타입 인디케이터에 기초하여 단말에게 제공될 수 있다.

[379] 또한, 일 예로, 리포팅 타입에 대한 정보는 상위 계층 메시지에 기초하여 제공될 수 있다. 이때, 상위 계층 메시지는 RRC 시그널일수 있다. 또한, 일 예로, 리포팅 타입에 대한 정보는 DCI(Downlink Control Information)를 통해 단말에게 제공될 수 있다. 또한, 일 예로, RRC 및 DCI를 모두 이용하여 리포팅 타입에 대한 정보를 단말에게 제공할 수 있다.

[380] 일 예로, 기지국은 RRC을 이용하여 제 1 리포팅 타입(또는 디폴트 타입)을

설정한 후, 다른 타입에 대한 정보를 구성하는 경우에는 DCI를 통해 정보를 전송하여 리포팅 타입을 변경하도록 할 수 있다. 즉, 디폴트 타입을 기준으로 하여 다른 리포팅 타입이 설정되는 경우에는 정보를 제공하도록 할 수 있다.

[381] 또한, 기지국은 다른 방법에 기초하여 리포팅 타입에 대한 정보를 단말에게 제공할 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.

[382] 또한, 일 예로, 단말은 리포팅 타입에 대한 정보를 기설정된 주기마다 수신할 수 있다. 또한, 단말은 리포팅 타입을 기설정된 주기마다 갱신할 수 있다. 이때, 일 예로, 기설정된 주기는 상술한 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)의 전송 주기일 수 있다. 즉, CSI 정보의 전송 주기 및 오프셋 값에 기초하여 설정된 주기일 수 있다.

[383] 일 예로, 도 32를 참조하면, 단말은 제 1 리포팅 타입(또는 디폴트 타입)에 기초하여 제 1 파트(2810)에 수직 방향에 대한 CSI 정보를 전송하고, 제 2 파트(2820)에 수평 방향에 대한 CSI 정보를 전송할 수 있다. 그 후, CSI 정보 전송 주기가 끝나면 리포팅 타입에 대한 정보를 수신할 수 있다. 이때, CSI 정보 전송 주기는 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)의 전송 주기일 수 있다. 또한, 단말은 RRC 또는 DCI를 통해 리포팅 타입에 대한 정보를 수신할 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.

[384] 이때, 단말은 제 2 리포팅 타입으로서 상술한 2-1 리포팅 타입에 대한 정보를 수신할 수 있다. 단말은 수신한 정보에 기초하여 제 1 파트(2810)에는 수직 방향에 대한 CSI 정보를 전송하고, 제 2 파트(2820)는 'mute'하여 아무런 정보를 전송하지 않을 수 있다. 또한, 단말은 CSI 정보 전송 주기가 끝나면 새로운 리포팅 타입을 적용할 수 있다. 이때, 단말은 제 2 리포팅 타입으로서, 상술한 2-2 리포팅 타입에 대한 정보를 수신할 수 있다. 단말은 수신한 정보에 기초하여 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820) 모두 수직 방향에 대한 CSI 정보를 각각 포함하여 전송할 수 있다.

[385] 또한, 일 예로, 단말은 CSI 정보 전송 주기가 종료되고 새로운 CSI 정보 전송 주기가 시작될 때까지 새로운 리포팅 타입에 대한 정보를 수신하지 못할 수 있다. 이때, 일 예로, 단말은 제 1 리포팅 타입(디폴트 타입)에 기초하여 CSI 정보를 전송할 수 있다. 즉, 단말은 리포팅 타입에 대한 정보가 없으면 디폴트 타입으로 CSI 정보를 전송할 수 있다. 이때, 제 1 파트(2810)에는 수직 방향에 대한 CSI 정보를 전송하고, 제 2 파트(2820)에는 수평 방향에 대한 CSI 정보를 전송할 수 있다.

[386] 도 33은 본 명세서의 일 실시예에 따라 단말이 리포팅 타입에 대한 정보를 기지국으로 피드백하는 방법을 나타낸 도면이다.

[387] 또 다른 일 예로, 상술한 리포팅 타입은 단말에 의해서 결정될 수 있다. 이때, 단말은 리포팅 타입을 상위 계층 메시지를 통해 기지국에 알릴 수 있다. 이때, 일 예로, 상위 계층 메시지는 RRC 시그널일 수 있다. 또한, 단말은 PUCCH/PUSCH 피드백을 통해 리포팅 타입에 대한 정보를 기지국에 전달할 수 있다. 즉, 단말이

리포팅 타입에 대한 정보를 기지국에 전송할 수 있으며 상술한 실시예로 한정하지 않는다.

[388] 또한, 일 예로, 단말은 리포팅 타입에 대한 인디케이터를 통해 기지국에 리포팅 타입에 대한 정보를 알릴 수 있다. 이때, 인디케이터는 추가된 비트 또는 필드로 구성될 수 있으며, 리포팅 타입을 지시할 수 있다.

[389] 일 예로, 도 33을 참조하면 제 1 파트(2810)의 일부 및 제 2 파트(2820)의 일부에 각각 인디케이터가 포함될 수 있다. 이때, 인디케이터는 1비트로 구성될 수 있다. 이때, 인디케이터의 값이 '0'인 경우 디폴트 리포팅 타입을 지칭할 수 있다. 또한, 인디케이터 값이 '1'인 경우 2-1 리포팅 타입을 지칭할 수 있다. 즉, 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)의 인디케이터 값이 0인 경우, 제 1 파트(2810)는 수직 방향에 대한 CSI 정보를 포함하고, 제 2 파트(2820)는 수평 방향에 대한 CSI 정보를 포함할 수 있다.

[390] 또한, 일 예로, 제 1 파트(2810)의 인디케이터 값이 0이고, 제 2 파트(2820)의 인디케이터 값이 1인 경우, 제 1 파트(2810)는 수직 방향에 대한 CSI 정보를 포함하고, 제 2 파트(2820)는 'mute'될 수 있다.

[391] 또 다른 일 예로, 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)의 인디케이터 값이 모두 1인 경우, 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820) 모두 'mute'될 수 있다. 즉, 인디케이터는 각각의 파트에 대한 리포팅 타입 여부를 지시할 수 있다.

[392] 또 다른 일 예로, 0인 인디케이터 값은 디폴트 리포팅 타입을 지시하고, 1인 인디케이터 값은 2-2 리포팅 타입 또는 2-3 리포팅 타입을 지칭할 수 있다. 이때, 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)에 적용되는 방법은 상술한 바와 동일할 수 있다.

[393] 또 다른 일 예로, 인디케이터는 2비트로 구성될 수 있다. 이때, 인디케이터가 00이면 디폴트 타입을 지시할 수 있다. 또한, 인디케이터가 01이면 2-1 리포팅 타입을 지시할 수 있다. 또한, 인디케이터가 10이면 2-2 리포팅 타입을 지시할 수 있다. 또한, 인디케티어가 11이면 2-3 리포팅 타입을 지시할 수 있다. 일 예로, 첫 번째 CSI 전송 주기에서 제 1 파트(2810)에 포함된 인디케이터가 00이고, 제 2 파트(2820)에 포함된 인디케이터가 10인 경우, 단말은 제 1 파트(2810) 및 제 2 파트(2820)에 모두 수직 방향에 대한 CSI 정보를 포함 시켜 전송할 수 있다. 즉, 인디케이터는 각각의 파트에 대한 리포팅 타입을 설정할 수 있으며 상술한 실시예로 한정되지 않는다.

[394] 또한, 상술한 인디케이터는 RRC, PUCCH 및 PUSCH를 통해 다양한 형태로 변경되어 전송될 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.

[395] 상술한 구성을 통해 3D 빔포밍, vertical only 빔포밍 및 horizontal only 빔포밍이 적용되는 경우에 있어서 별도의 PUCCH CSI 전송 모드를 정의하지 않아도 3D 빔포밍을 위한 일반화한 구조를 활용하여 각각의 상황에 대한 CSI 피드백이 가능할 수 있다.

[396] 또한, 일 예로, 상술한 구성은 H-CSI와 V-CSI의 피드백 정보 전송

밀도(frequency)를 제어하는 방식으로도 활용 가능할 수 있다. 일 예로, H-PMI와 V-PMI가 특정 시간 구간 동안 1:1의 비율로 피드백 되는 것이 정상적이나, 단말 채널 특성에 따라 H-PMI 혹은 V-PMI를 더 자주 피드백 해야 하는 경우가 생길 수 있다. 이러한 경우 본 발명의 방식을 활용하여 H-PMI 대신 Y-PMI를 보내던지(repeating), H-PMI를 보내야 하는 timing에 한 번 정보를 보내지 않는 방식(muting or replacing)으로 동적으로 H/V 각 domain에 대한 상대적인 피드백 정보 전송 밀도를 제어할 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다.

[397] 도 34는 본 명세서의 일 실시예에 따른 순서도를 도시한 도면이다.

[398] 단말은 기지국으로부터 파일럿 신호를 수신할 수 있다.(S3410) 이때, 도 19 내지 도 21에서 상술한 바와 같이, 파일럿 신호는 QCL에 기초하여 파일럿 패턴별로 설정된 안테나 어레이에 대해 파일럿 신호를 수신할 수 있다.

[399] 다음으로, 단말은 제 1 전송 모드 및 제 2 전송 모드 중 어느 하나의 모드를 설정할 수 있다.(3420) 다음으로, 단말은 전송 모드를 판단할 수 있다.(S3430) 이때, 도 28에서 상술한 바와 같이, 제 1 CSI 전송 모드는 3D 빔포밍 환경에서 수평 방향 빔포밍 및 수평 방향 빔포밍에 대한 CSI 모두 피드백하는 전송 모드일 수 있다. 이때, 제 1 CSI 전송 모드가 설정된 경우, 단말은 제 1 리포팅 타입에 기초하여 수평 방향 빔포밍 및 수직 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보를 피드백할 수 있다.(S3440) 이때, 도 28에서 상술한 바와 같이, 제 1 CSI 전송 모드로서 수평 방향 빔포밍 및 수직 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보가 모두 피드백 되는 경우, 수평 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보의 주기 및 오프셋 값과 수직 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보의 주기 및 오프셋 값은 각각 설정될 수 있다. 이때, CSI 정보가 전송되는 부분에는 제 1 방향에 대한 CSI 정보를 포함하는 제 1 파트및 제 2 방향에 대한 CSI 정보를 포함하는 제 2 파트를 포함할 수 있다. 이때, 일 예로, 제 1 방향이 수평 방향이면 제 2 방향은 수직 방향일 수 있다. 반대로, 제 1 방향이 수직 방향이면 제 2 방향은 수평 방향일 수 있다. 또한, 일 예로, 제 1 파트 및 제 2 파트는 하나의 CSI 전송 주기에서 설정되는 파트일 수 있다. 즉, 각각의 CSI 전송 주기에는 각각의 제 1 파트 및 제 2 파트가 설정될 수 있다.

[400] 다음으로, 제 2 전송 모드가 설정된 경우, 단말은 빔포밍 방향을 판단할 수 있다.(S3450) 이때, 빔포밍 방향이 수직 방향이면 수직 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보만을 제 2 리포팅 타입에 기초하여 피드백할 수 있다.(S3460) 또한, 빔포밍 방향이 수평 방향이면 수평 방향 빔포밍에 대한 CSI정보만을 제 2 리포팅 타입에 기초하여 피드백할 수 있다.(S3470) 이때, 도 28을 참조하면, 제 2 리포팅 타입은 2-1 리포팅 타입, 2-2 리포팅 타입 및 2-3 리포팅 타입 중 어느 하나일 수 있으며, 이는 도 29 내지 31에서 상술한 바와 같다.

[401] 도 35는 본 명세서의 일 실시예에 따라 단말 장치의 블록도를 도시한 도면이다.

[402] 단말 장치는 CSI 정보를 피드백할 수 있는 단말 장치일 수 있다. 이때, 단말 장치(100)는 무선 신호를 송신하는 송신 모듈(110), 무선 신호를 수신하는 수신 모듈(130) 및 송신 모듈(110)과 수신 모듈(130)을 제어하는 프로세서(120)를

포함할 수 있다. 이때, 단말(100)은 송신 모듈(110) 및 수신 모듈(130)을 이용하여 외부 디바이스와 통신을 수행할 수 있다. 이때, 외부 디바이스는 다른 단말 장치일 수 있다. 또한, 외부 디바이스는 기지국일 수 있다. 즉, 외부 디바이스는 단말 장치(100)와 통신을 수행할 수 있는 장치일 수 있으며, 상술한 실시예로 한정되지 않는다. 단말 장치(100)는 송신 모듈(110) 및 수신 모듈(130)을 이용하여 컨텐츠 등의 디지털 데이터를 송신 및 수신할 수 있다. 즉, 단말 장치(100)는 송신 모듈(110) 및 수신 모듈(130)을 이용하여 통신을 수행하여 정보를 외부 디바이스와 교환할 수 있다.

[403] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 단말 장치의 프로세서(120)는 수신 모듈(130)을 이용하여 기지국으로부터 파일럿 신호(Reference Signal)를 수신할 수 있다. 또한, 프로세서(120)는 제 1 CSI 전송 모드 및 제 2 CSI 전송 모드 중 어느 하나의 모드를 설정할 수 있다. 또한, 프로세서(120)는 송신 모듈(110)을 이용하여 설정된 CSI 전송 모드에 기초하여 CSI 정보를 피드백할 수 있다. 이때, 피드백되는 CSI 정보의 주기 및 오프셋은 상기 CSI 전송 모드와 무관하게 기설정되어 있을 수 있다. 또한, 제 1 CSI 전송 모드는 수평 방향 빔포밍 및 수직 방향 빔포밍을 모두 고려하여 CSI 정보를 피드백하는 모드일 수 있다. 제 2 CSI 전송 모드는 수평 방향 빔포밍 및 수직 방향 빔포밍 중 어느 하나에 대한 CSI 정보를 피드백하는 모드일 수 있다. 또한, 피드백되는 CSI 정보는 제 1 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보를 전송하는 제 1 파트 및 제 2 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보를 전송하는 제 2 파트로 구성될 수 있다. 그 밖에 다른 실시예에 있어서, 단말 장치에 상술한 방법들이 적용될 수 있다.

[404] 상술한 본 발명의 실시예들은 다양한 수단을 통해 구현될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 실시예들은 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어 또는 그것들의 결합 등에 의해 구현될 수 있다.

[405] 하드웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 실시예들에 따른 방법은 하나 또는 그 이상의 ASICs(Application Specific Integrated Circuits), DSPs(Digital Signal Processors), DSPDs(Digital Signal Processing Devices), PLDs(Programmable Logic Devices), FPGAs(Field Programmable Gate Arrays), 프로세서, 컨트롤러, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서 등에 의해 구현될 수 있다.

[406] 펌웨어나 소프트웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 실시예들에 따른 방법은 이상에서 설명된 기능 또는 동작들을 수행하는 모듈, 절차 또는 함수 등의 형태로 구현될 수 있다. 소프트웨어 코드는 메모리 유닛에 저장되어 프로세서에 의해 구동될 수 있다. 상기 메모리 유닛은 상기 프로세서 내부 또는 외부에 위치하여, 이미 공지된 다양한 수단에 의해 상기 프로세서와 데이터를 주고 받을 수 있다.

[407] 상술한 바와 같이 개시된 본 발명의 바람직한 실시형태에 대한 상세한 설명은 당업자가 본 발명을 구현하고 실시할 수 있도록 제공되었다. 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시 형태를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된

당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명은 여기에 나타난 실시형태들에 제한되려는 것이 아니라, 여기서 개시된 원리들 및 신규한 특징들과 일치하는 최광의 범위를 부여하려는 것이다. 또한, 이상에서는 본 명세서의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 명세서는 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 명세서의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형 실시들은 본 명세서의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어서는 안될 것이다.

[408] 그리고 당해 명세서에서는 물건 발명과 방법 발명이 모두 설명되고 있으며, 필요에 따라 양 발명의 설명은 보충적으로 적용될 수 있다.

[409]

산업상 이용가능성

[410] 상술한 바와 같은 무선 통신 시스템에서 3 차원 MIMO를 위한 참조 신호 설정 방법 및 이를 위한 장치는 3GPP LTE 시스템에 적용되는 예를 중심으로 설명하였으나, 3GPP LTE 시스템 이외에도 다양한 무선 통신 시스템에 적용하는 것이 가능하다.

청구범위

[청구항 1] 3D 빔포밍이 적용되는 무선 통신 시스템에서 단말이 CSI 정보를 피드백하는 방법에 있어서,
기지국으로부터 파일럿 신호(Reference Signal)를 수신하는 단계;
제 1 CSI 전송 모드 및 제 2 CSI 전송 모드 중 어느 하나의 모드를 설정하는 단계; 및
상기 설정된 CSI 전송 모드에 기초하여 상기 CSI 정보를 피드백하는 단계;를 포함하되,
상기 피드백되는 CSI 정보의 주기 및 오프셋은 상기 CSI 전송 모드와 무관하게 기설정되어 있는, CSI 정보 피드백 방법.

[청구항 2] 제 1 항 있어서,
상기 제 1 CSI 전송 모드는 수평 방향 빔포밍 및 수직 방향 빔포밍을 모두 고려하여 상기 CSI 정보를 피드백하는 모드이고,
상기 제 2 CSI 전송 모드는 상기 수평 방향 빔포밍 및 상기 수직 방향 빔포밍 중 어느 하나에 대한 상기 CSI 정보를 피드백하는 모드인, CSI 정보 피드백 방법.

[청구항 3] 제 2 항에 있어서,
상기 피드백되는 CSI 정보는 제 1 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보를 전송하는 제 1 파트 및 제 2 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보를 전송하는 제 2 파트로 구성되는, CSI 정보 피드백 방법.

[청구항 4] 제 3 항에 있어서,
상기 제 1 CSI 전송 모드가 설정된 경우, 제 1 리포팅 타입에 기초하여 상기 CSI 정보가 피드백되되,
상기 제 1 리포팅 타입은 상기 제 1 방향 빔포밍에 대한 상기 CSI 정보가 상기 제 1 파트에 포함되어 피드백되고, 상기 제 2 방향 빔포밍에 대한 상기 CSI 정보가 상기 제 2 파트에 포함되어 피드백되는 리포팅 타입인, CSI 정보 피드백 방법.

[청구항 5] 제 3 항에 있어서,
상기 제 2 CSI 전송 모드에 기초하여 상기 제 1 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보만이 피드백되는 경우, 제 2 리포팅 타입에 기초하여 상기 CSI 정보가 피드백되는, CSI 정보 피드백 방법.

[청구항 6] 제 5 항에 있어서,
상기 제 2 리포팅 타입은 상기 제 1 파트에는 상기 제 1 방향에 대한 정보가 포함되고, 상기 제 2 파트는 정보가 포함되지 않은 상태로 피드백되는 리포팅 타입인, CSI 정보 피드백 방법.

[청구항 7] 제 5 항에 있어서,
상기 제 2 리포팅 타입은 상기 제 1 파트 및 상기 제 2 파트에 상기

제 1 방향에 대한 정보가 각각 포함되어 피드백되는 리포팅 타입인, CSI 정보 피드백 방법.

[청구항 8] 제 5 항에 있어서,
상기 제 2 리포팅 타입은 상기 제 1 파트에는 상기 제 1 방향에 대한 정보가 포함되고, 상기 제 2 파트에는 상기 제 1 파트에 포함된 상기 정보에 대한 추가 정보가 포함되어 피드백되는 리포팅 타입인, CSI 정보 피드백 방법.

[청구항 9] 제 5 항에 있어서,
상기 단말은 상기 기지국으로부터 리포팅 타입에 대한 정보를 제공받는 단계;를 더 포함하되,
상기 단말은 상기 제공된 리포팅 타입에 대한 정보에 기초하여 상기 CSI 정보를 피드백하는, CSI 정보 피드백 방법.

[청구항 10] 제 9 항에 있어서,
상기 단말은 상기 리포팅 타입에 대한 정보를 상기 기설정된 주기마다 수신하여 상기 리포팅 타입을 상기 기설정된 주기마다 갱신하는, CSI 정보 피드백 방법.

[청구항 11] 제 10 항에 있어서,
상기 단말이 상기 리포팅 타입에 대한 정보를 수신하지 못한 경우,
상기 단말은 상기 제 1 리포팅 타입에 기초하여 상기 CSI 정보를 피드백하는, CSI 정보 피드백 방법.

[청구항 12] 제 5 항에 있어서,
상기 단말은 상기 기지국으로 리포팅 타입에 대한 정보를 제공하는 단계;를 더 포함하되,
상기 단말은 상기 제공하는 리프토 타입 정보에 기초하여 상기 CSI 정보를 피드백하는, CSI 정보 피드백 방법.

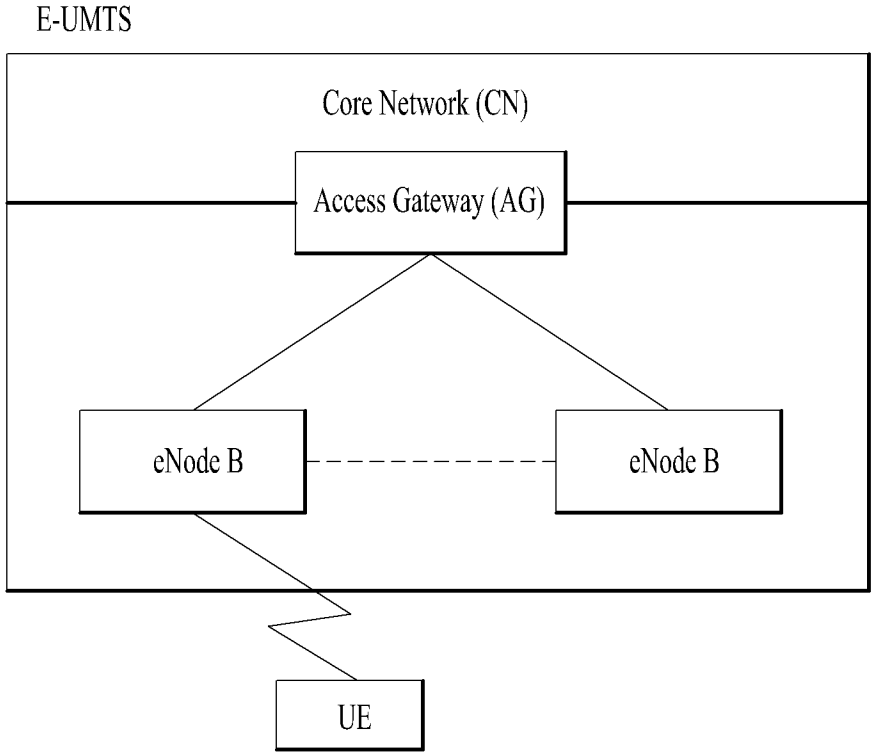
[청구항 13] 3D 빔포밍이 적용되는 무선 통신 시스템에서 CSI 정보를 피드백하는 단말 장치에 있어서,
외부 디바이스로부터 인포메이션을 수신하는 수신 모듈;
외부 디바이스로부터 인포메이션을 송신하는 송신 모듈; 및
상기 수신 모듈 및 상기 송신 모듈을 제어하는 프로세서;로서,
상기 프로세서는,
상기 수신 모듈을 이용하여 기지국으로부터 파일럿 신호(Reference Signal)를 수신하고,
제 1 CSI 전송 모드 및 제 2 CSI 전송 모드 중 어느 하나의 모드를 설정하고,
상기 송신 모듈을 이용하여 상기 설정된 CSI 전송 모드에 기초하여 상기 CSI 정보를 피드백하되,
상기 피드백되는 CSI 정보의 주기 및 오프셋은 상기 CSI 전송

모드와 무관하게 기설정되어 있는, CSI 정보 피드백 방법.

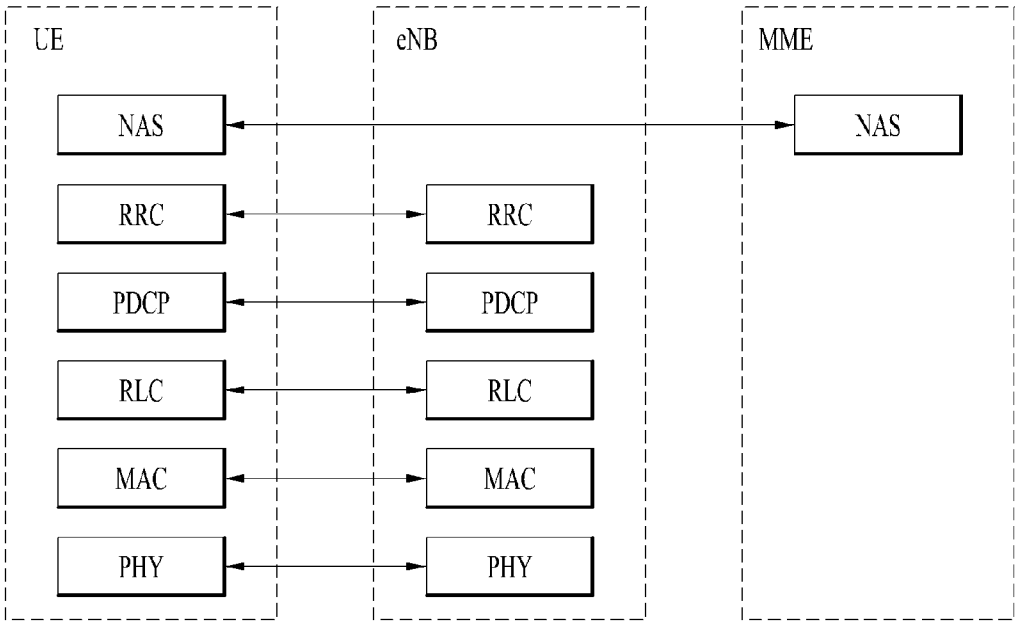
[청구항 14] 제 13 항 있어서,
상기 제 1 CSI 전송 모드는 수평 방향 빔포밍 및 수직 방향 빔포밍을 모두 고려하여 상기 CSI 정보를 피드백하는 모드이고,
상기 제 2 CSI 전송 모드는 상기 수평 방향 빔포밍 및 상기 수직 방향 빔포밍 중 어느 하나에 대한 상기 CSI 정보를 피드백하는 모드인, CSI 정보를 피드백하는 단말 장치.

[청구항 15] 제 14 항에 있어서,
상기 피드백되는 CSI 정보는 제 1 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보를 전송하는 제 1 파트 및 제 2 방향 빔포밍에 대한 CSI 정보를 전송하는 제 2 파트로 구성되는, CSI 정보 피드백 방법.

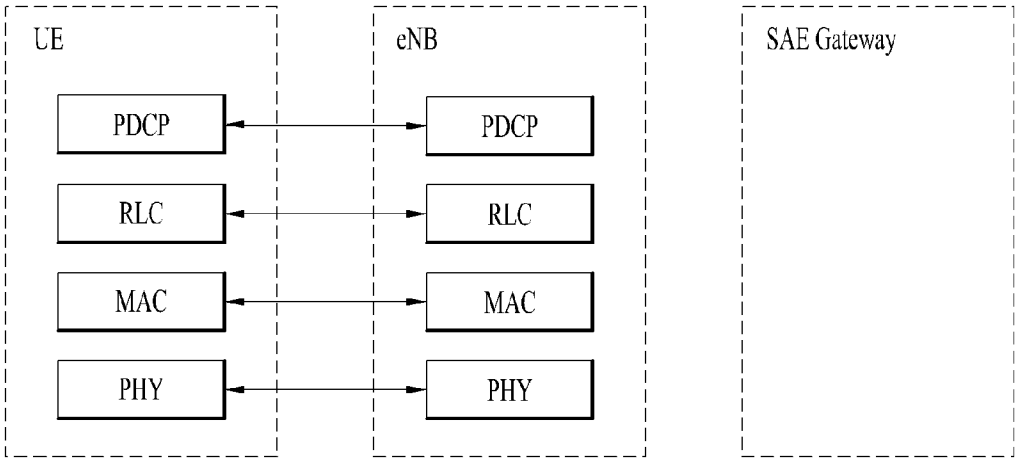
[도1]



[도2]

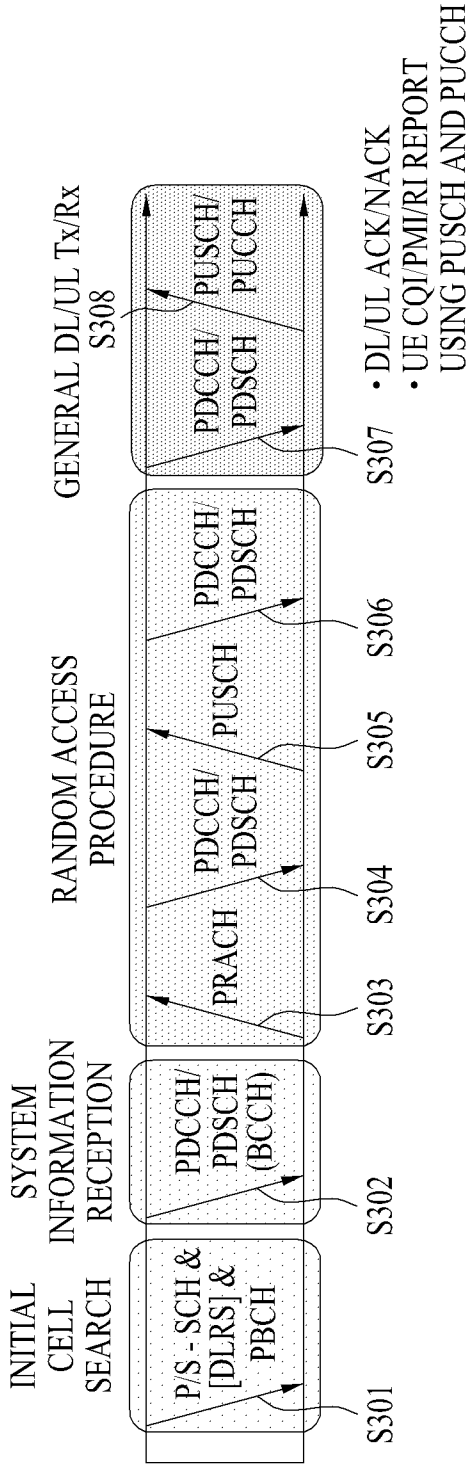


(a) Control-Plane Protocol Stack

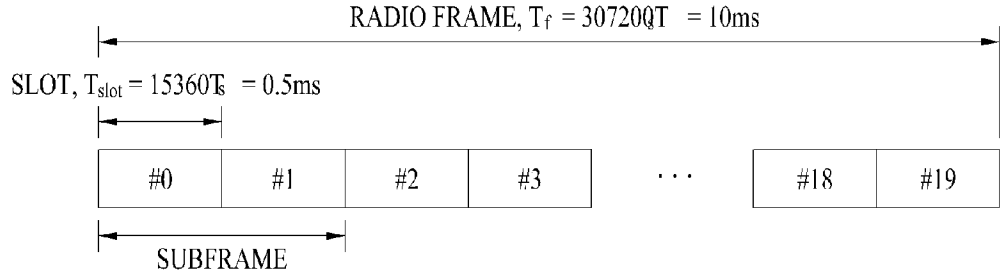


(b) User-Plane Protocol Stack

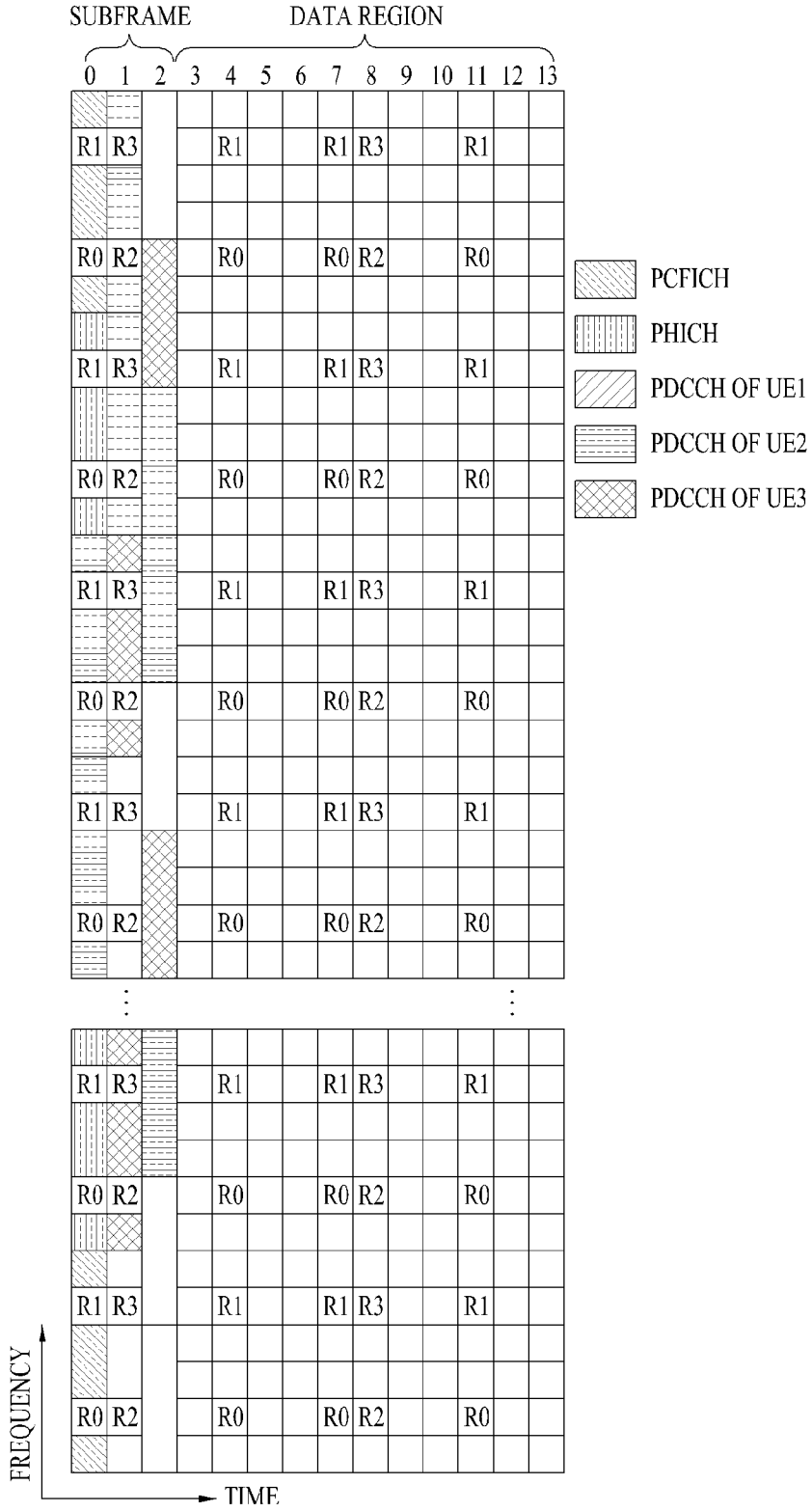
[도3]


INITIAL CELL SEARCH
P/S - SCH & [DLRS] & PBCH
S301
SYSTEM INFORMATION RECEPTION
PDCCH/ PDSCH (BCCH)
S302
RANDOM ACCESS PROCEDURE
PRACH
PDCCH/ PDSCH
S303
S304
PUSCH
PDCCH/ PDSCH
S305
S306
GENERAL DL/UL Tx/Rx
S308
PDCCH/ PDSCH
PUSCH/ PUCCH
S307
• DL/UL ACK/NACK
• UE CQI/PMI/RI REPORT
USING PUSCH AND PUCCH

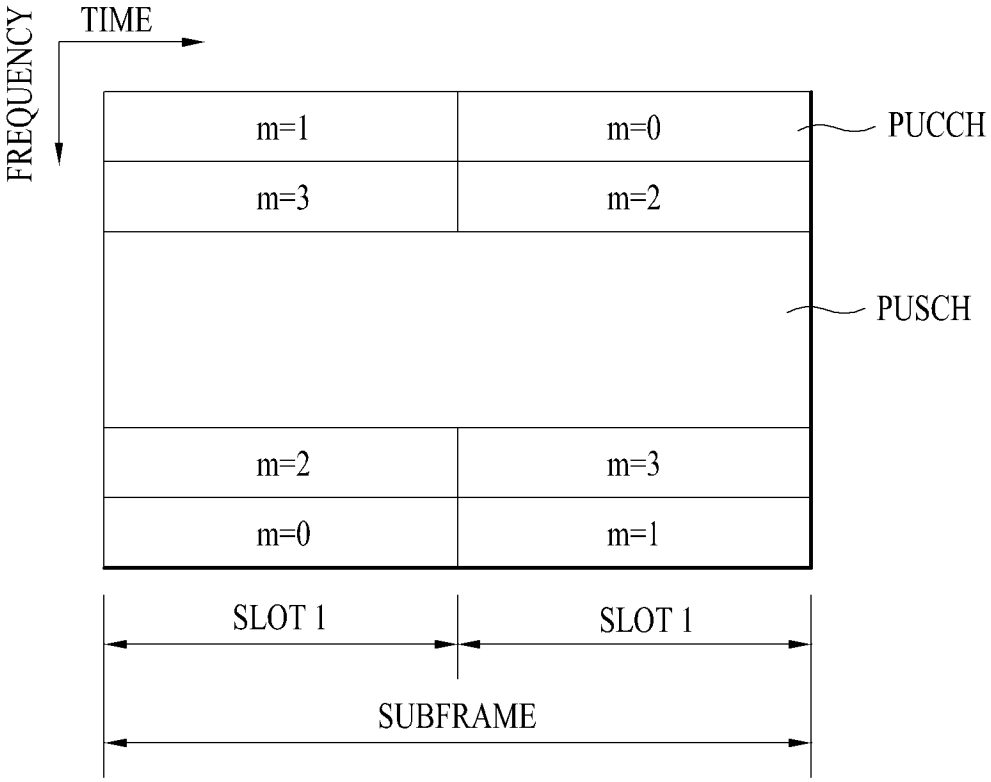
[도4]


RADIO FRAME, T_f = 307200T = 10ms
SLOT, T_{slot} = 15360Ts = 0.5ms
#0
#1
#2
#3
· · ·
#18
#19
SUBFRAME

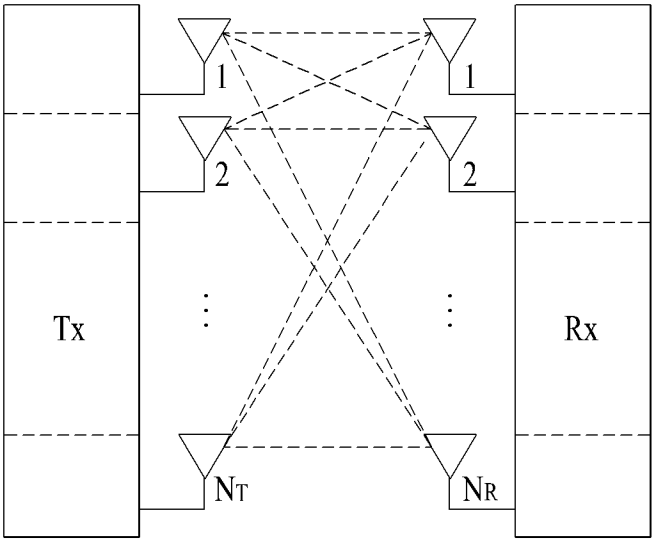
[도5]


SUBFRAME
DATA REGION
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
R1 R3
R0 R2
PCFICH
PHICH
PDCCH OF UE1
PDCCH OF UE2
PDCCH OF UE3
FREQUENCY
TIME

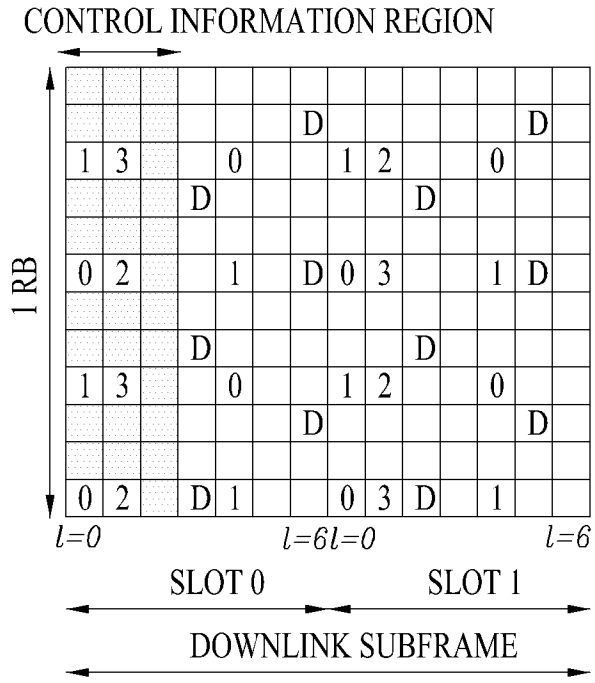
[도6]


TIME
FREQUENCY
m=1
m=0
PUCCH
m=3
m=2
PUSCH
m=2
m=3
m=0
m=1
SLOT 1
SLOT 1
SUBFRAME

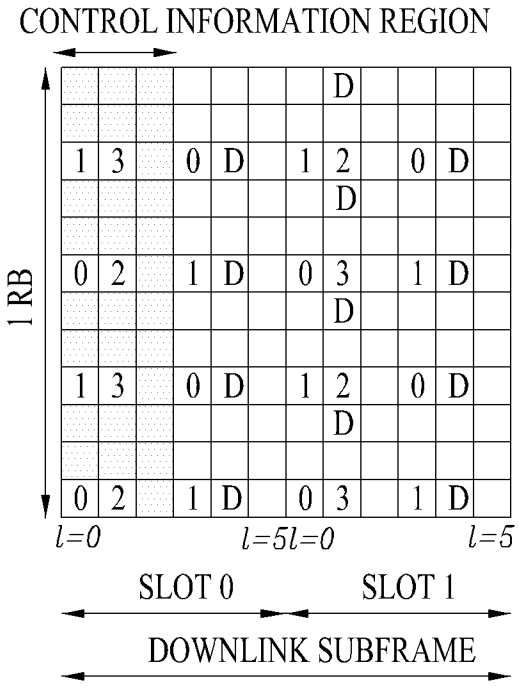
[도7]


1
1
2
2
Tx
Rx
NT
NR

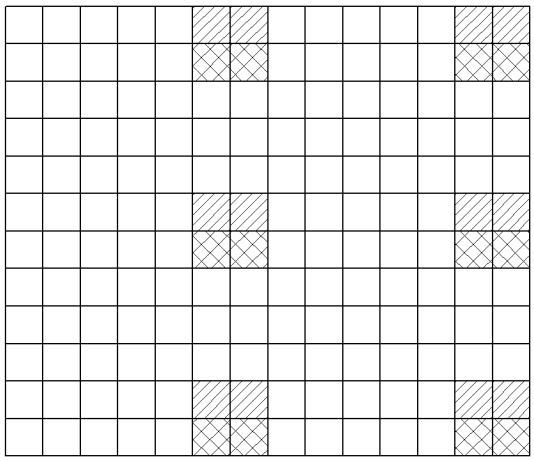
[도8]


CONTROL INFORMATION REGION
1 RB
l=0
l=6l=0
l=6
SLOT 0
SLOT 1
DOWNLINK SUBFRAME

[도9]


CONTROL INFORMATION REGION
1 RB
l=0
l=5l=0
l=5
SLOT 0
SLOT 1
DOWNLINK SUBFRAME

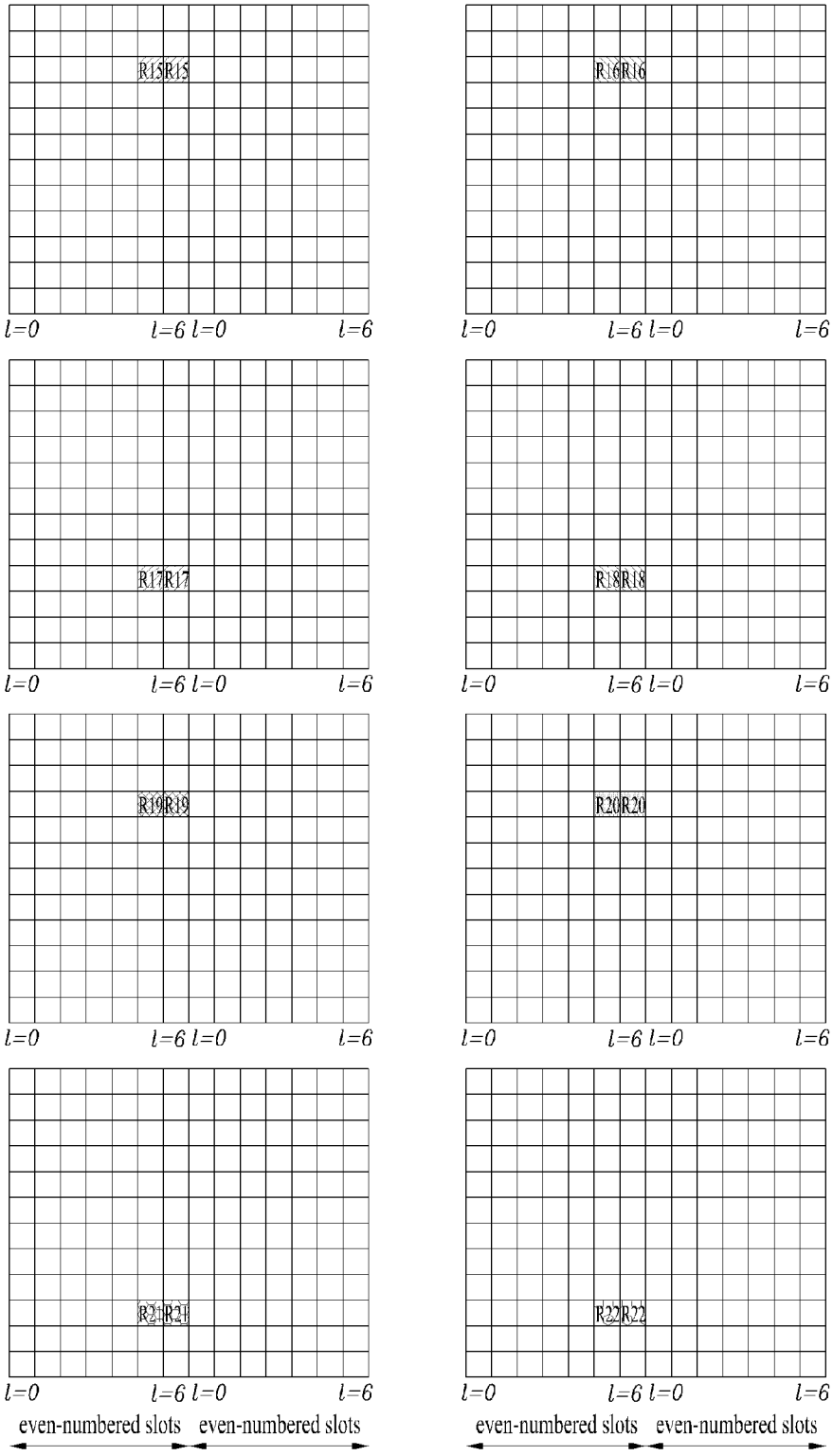
[도10]



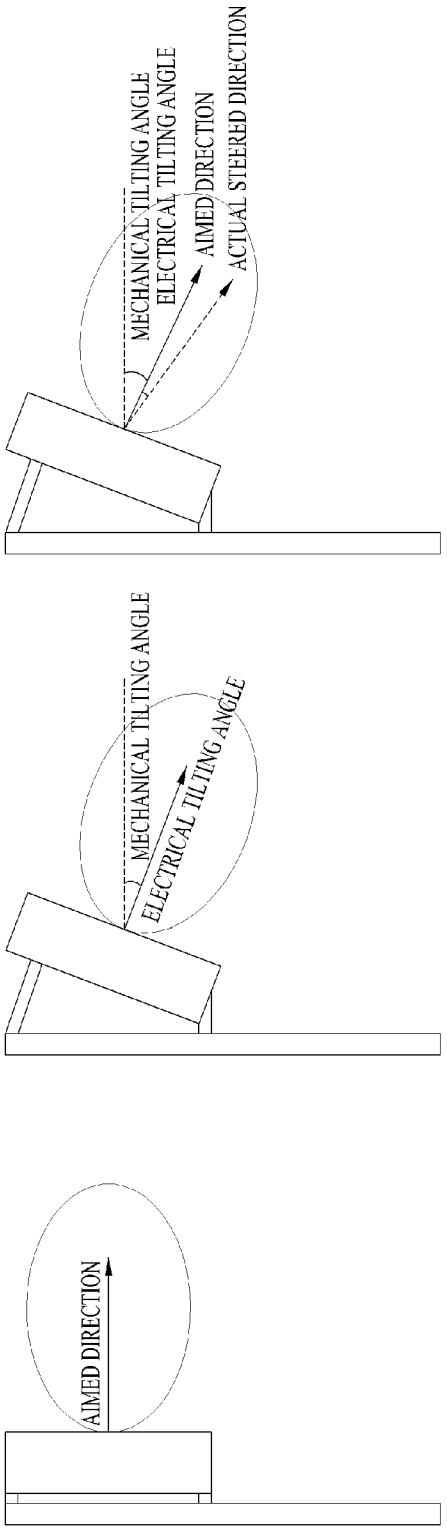
: DMRS GROUP 1

: DMRS GROUP 2

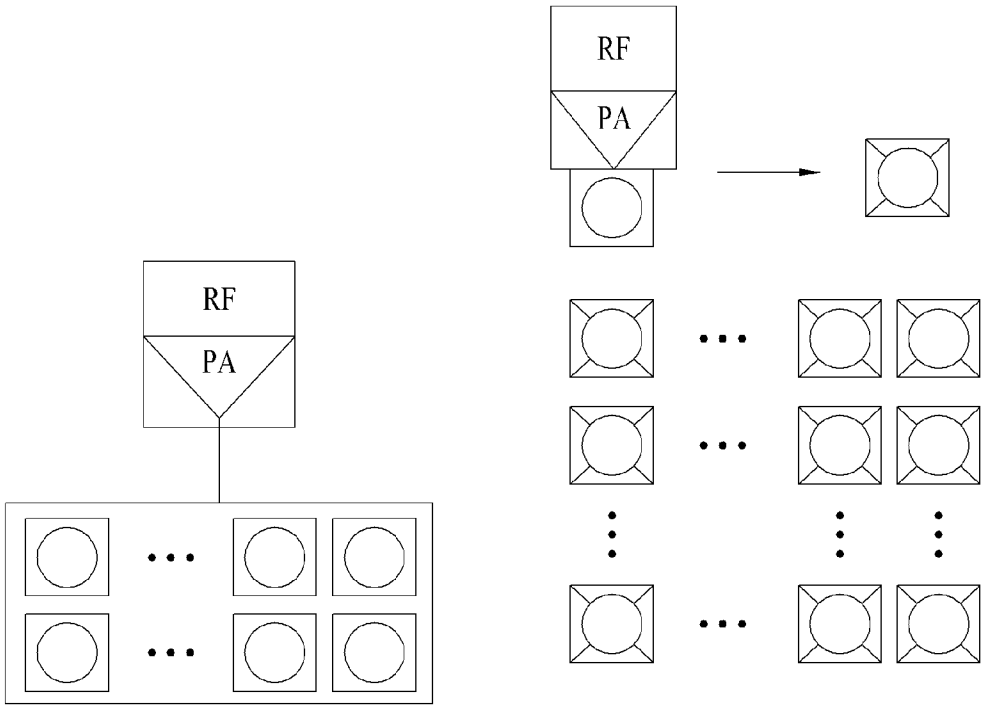
[도11]


R15R15
R16R16
R17R17
R18R18
R19R19
R20R20
R21R21
R22R22
l=0
l=6
l=0
l=6
even-numbered slots
even-numbered slots

[도12]

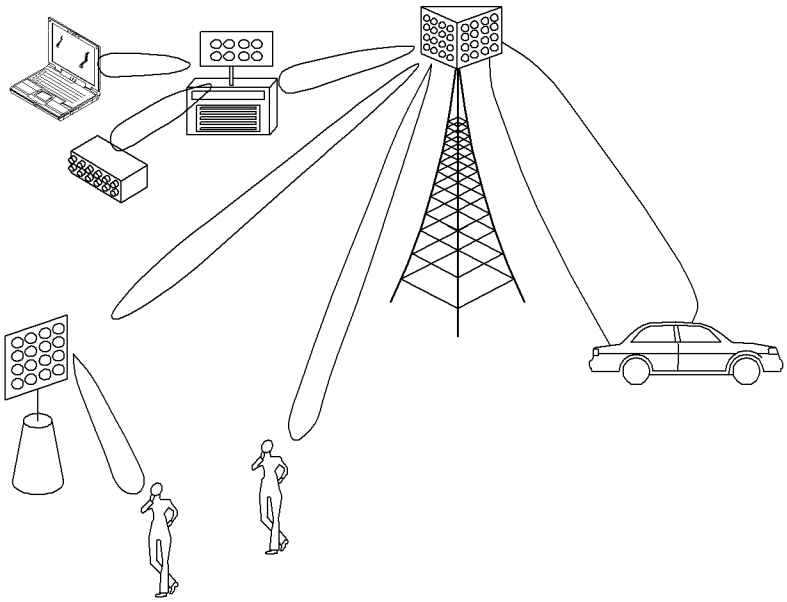

MECHANICAL TILTING ANGLE
ELECTRICAL TILTING ANGLE
AIMED DIRECTION
ACTUAL STEERED DIRECTION
(c)
MECHANICAL TILTING ANGLE
ELECTRICAL TILTING ANGLE
(b)
AIMED DIRECTION
(a)

[도13]

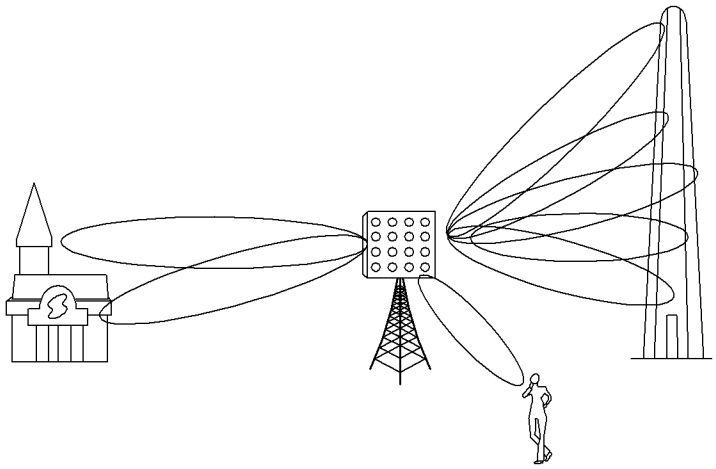


(a) CONVENTIONAL ANTENNA SYSTEM (b) AAS

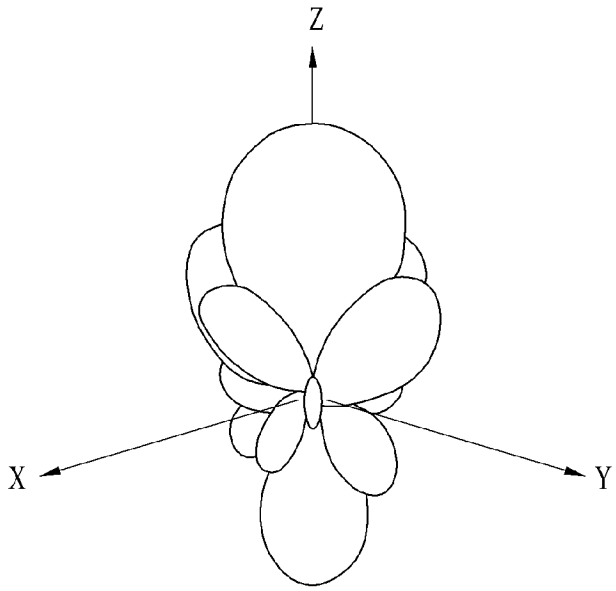
[도14]



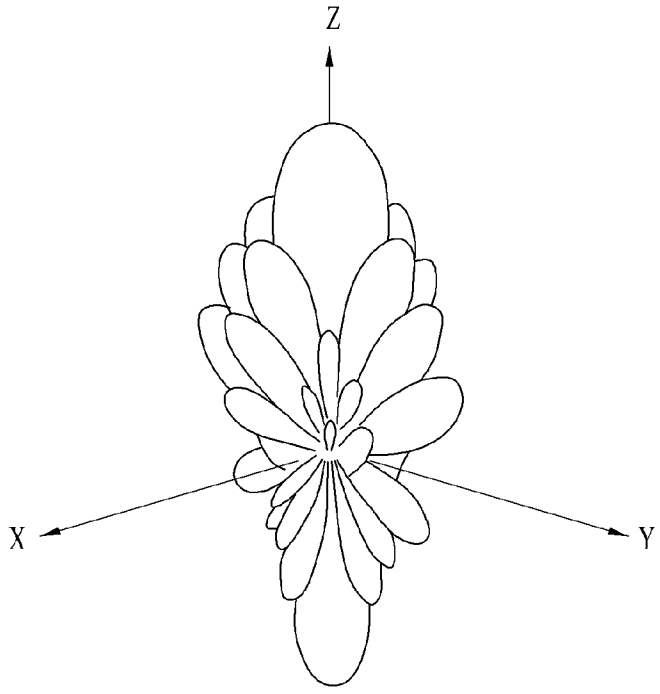
[도15]



[도16]

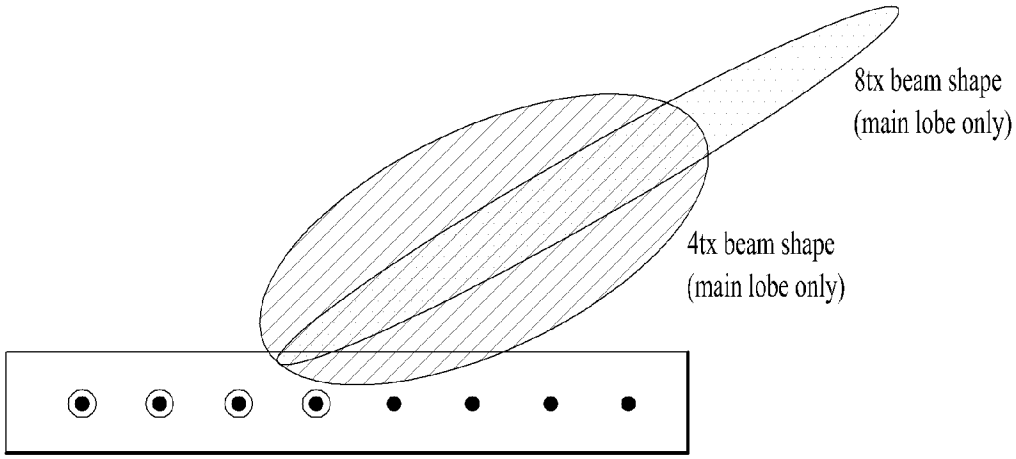


(a) 16Tx @ 2GHz

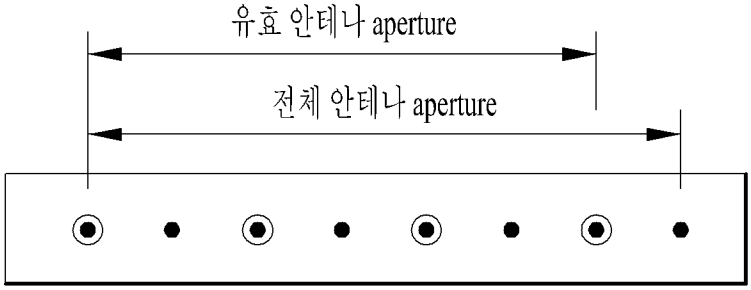


(b) 64Tx @ 2GHz

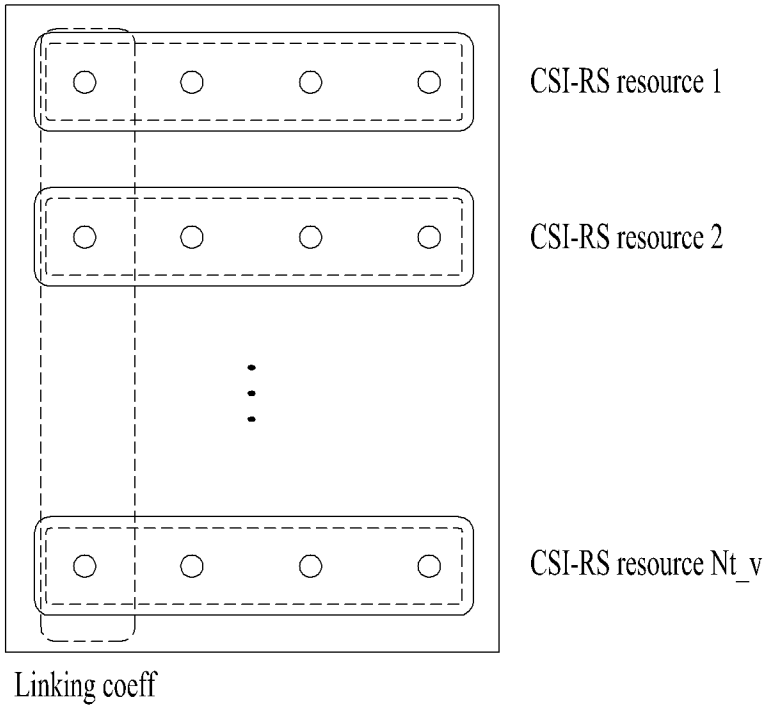
[도17]


8tx beam shape
(main lobe only)
4tx beam shape
(main lobe only)

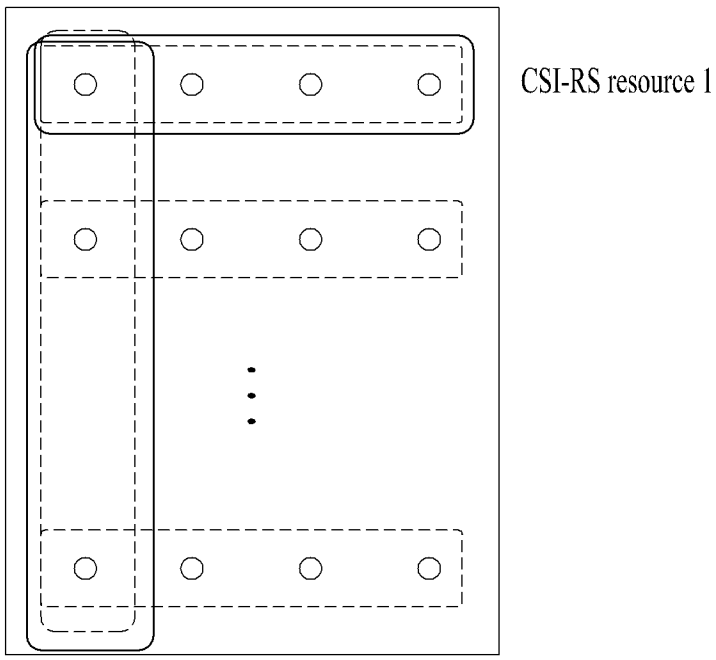
[도18]


유효 안테나 aperture
전체 안테나 aperture

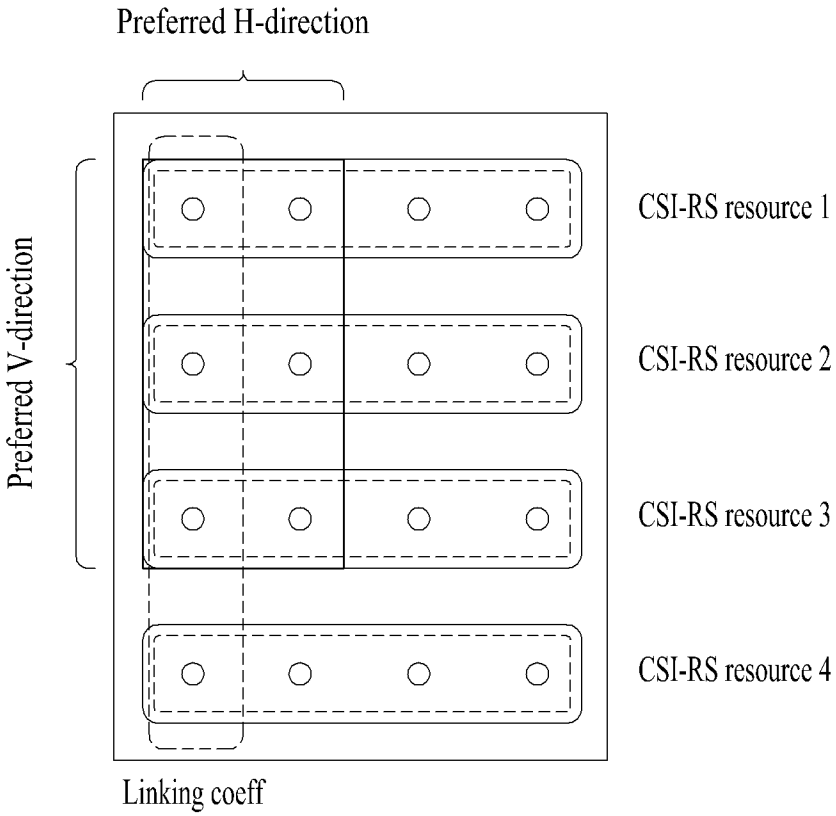
[도19]


CSI-RS resource 1
CSI-RS resource 2
CSI-RS resource Nt_v
Linking coeff

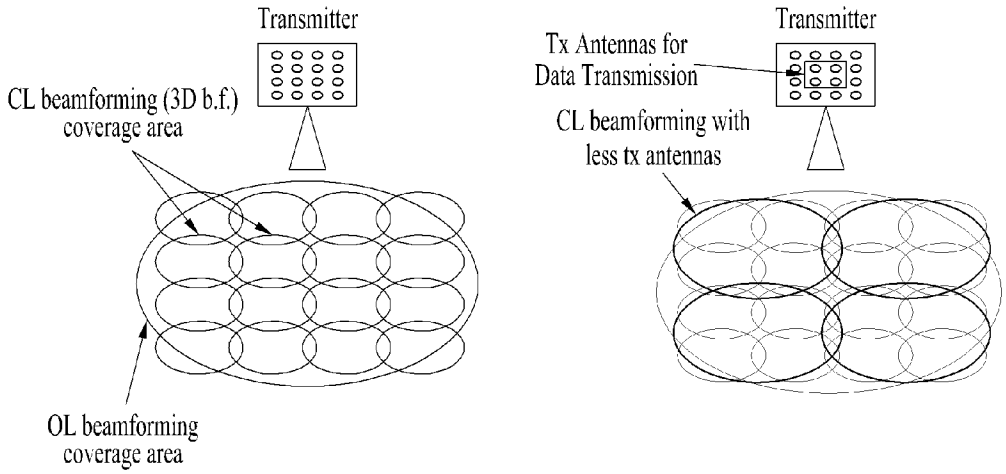
[도20]


CSI-RS resource 1
CSI-RS resource 2

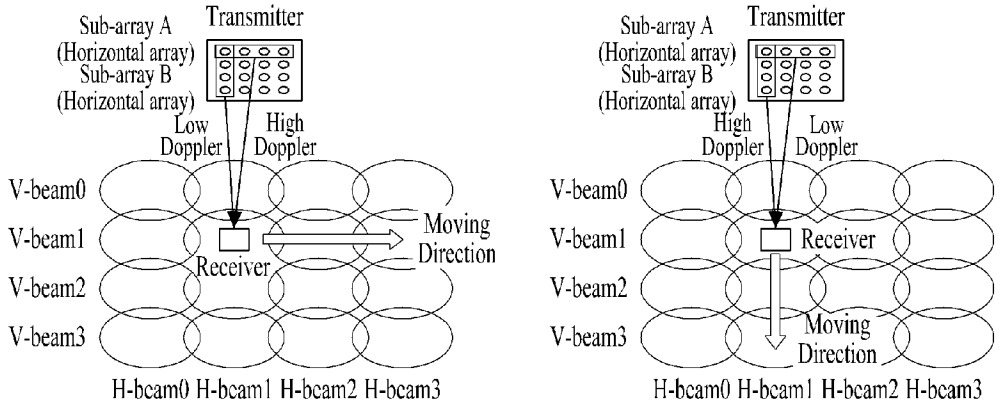
[도21]


Preferred H-direction
Preferred V-direction
CSI-RS resource 1
CSI-RS resource 2
CSI-RS resource 3
CSI-RS resource 4
Linking coeff

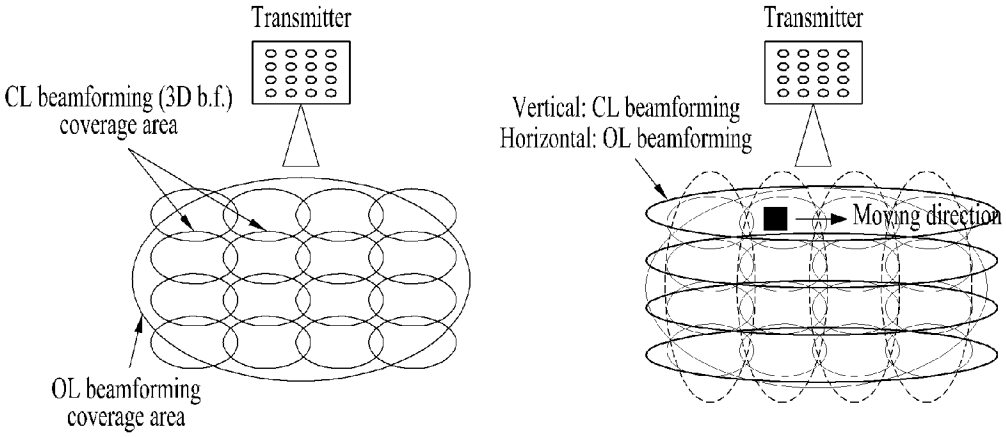
[도22]


Transmitter
CL beamforming (3D b.f.)
coverage area
OL beamforming
coverage area
Transmitter
Tx Antennas for
Data Transmission
CL beamforming with
less tx antennas

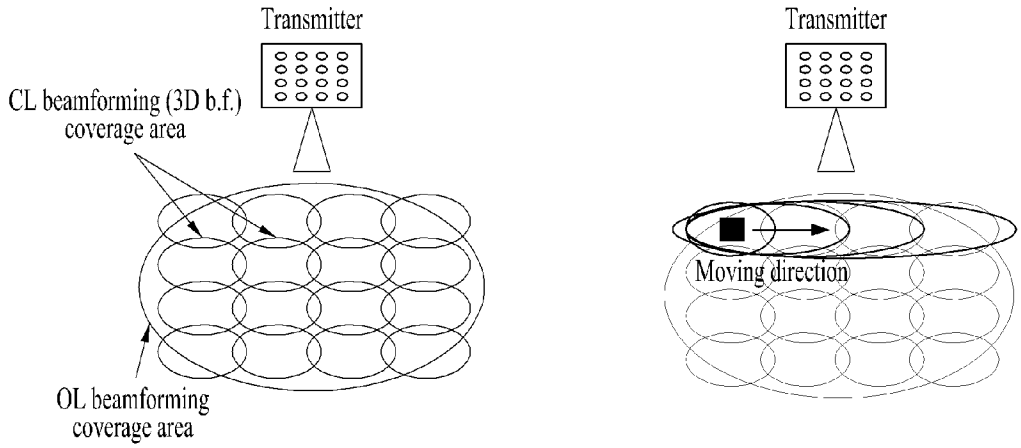
[도23]


Sub-array A
(Horizontal array)
Sub-array B
(Horizontal array)
Transmitter
Low
Doppler
High
Doppler
V-beam0
V-beam1
V-beam2
V-beam3
Receiver
Moving
Direction
H-beam0 H-beam1 H-beam2 H-beam3
Sub-array A
(Horizontal array)
Sub-array B
(Horizontal array)
Transmitter
High
Doppler
Low
Doppler
V-beam0
V-beam1
V-beam2
V-beam3
Receiver
Moving
Direction
H-beam0 H-beam1 H-beam2 H-beam3

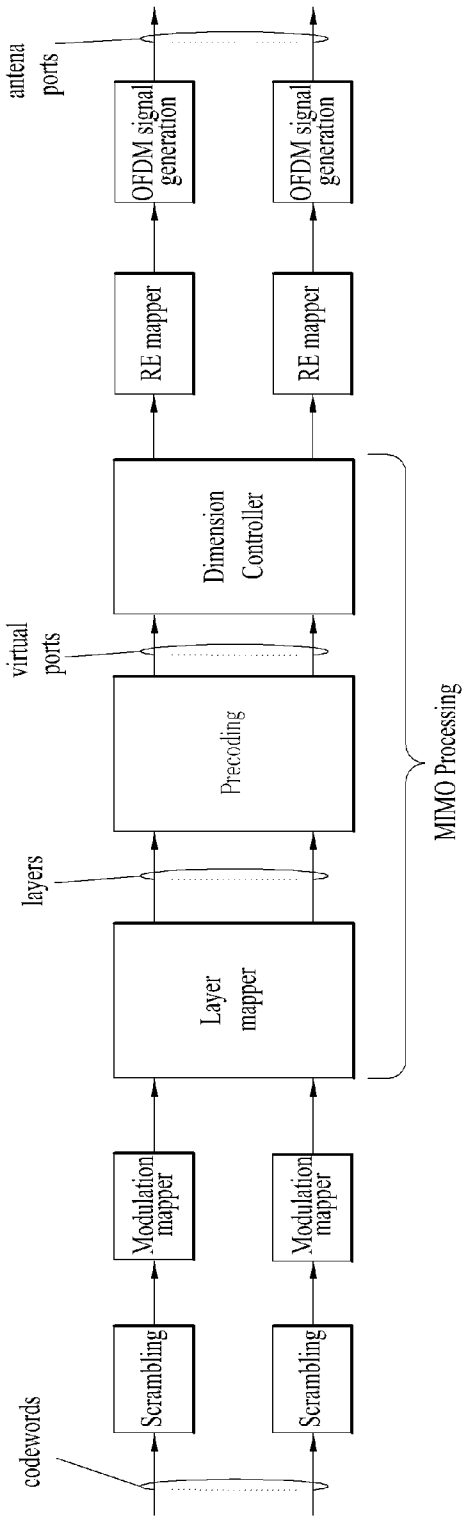
[도24]


Transmitter
CL beamforming (3D b.f.)
coverage area
OL beamforming
coverage area
Transmitter
Vertical: CL beamforming
Horizontal: OL beamforming
Moving direction

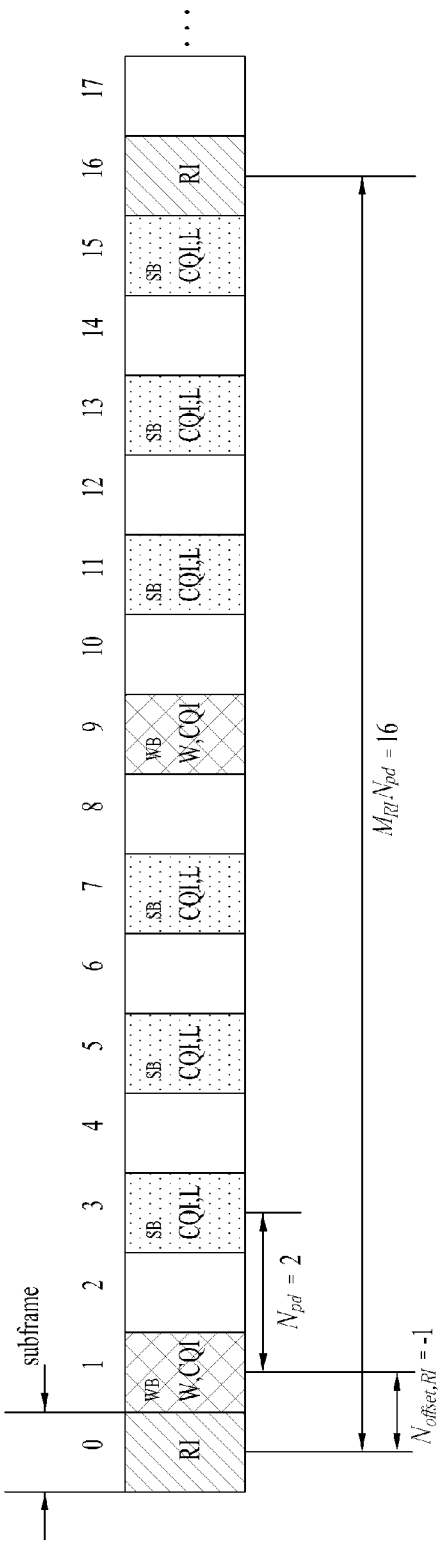
[도25]


Transmitter
CL beamforming (3D b.f.) coverage area
OL beamforming coverage area
Transmitter
Moving direction

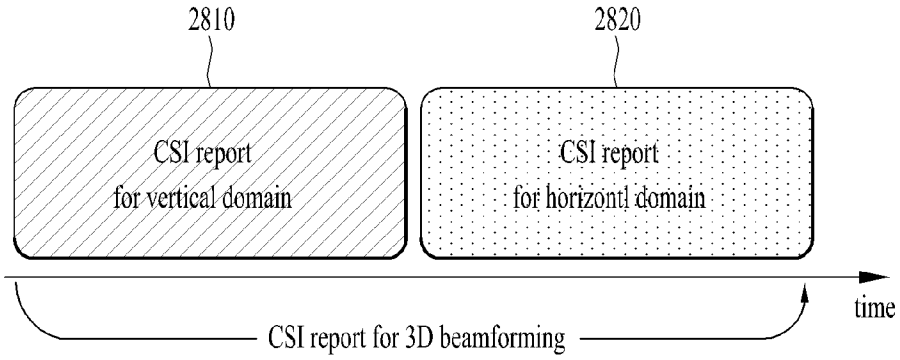
[도26]


codewords
Scrambling
Scrambling
Modulation mapper
Modulation mapper
Layer mapper
layers
Precoding
virtual ports
Dimension Controller
RE mapper
RE mapper
OFDM signal generation
OFDM signal generation
antena ports
MIMO Processing

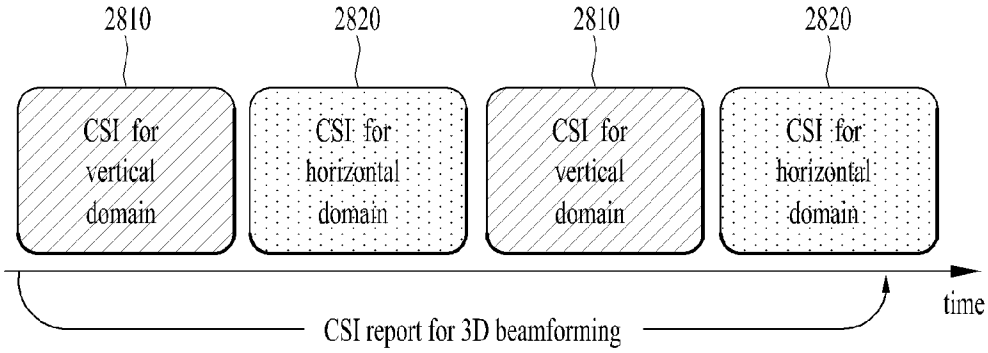
[도27]


subframe
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
RI
WB
W,CQI
SB
CQI,L
N_{pd} = 2
M_{RI}·N_{pd} = 16
$N_{offset,RI}$ = -1

[도28]

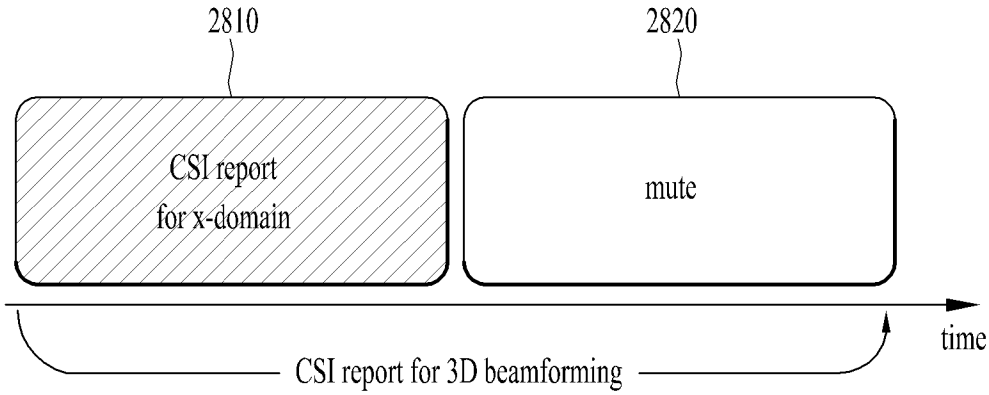

2810
2820
CSI report for vertical domain
CSI report for horizontl domain
time
CSI report for 3D beamforming

(a)

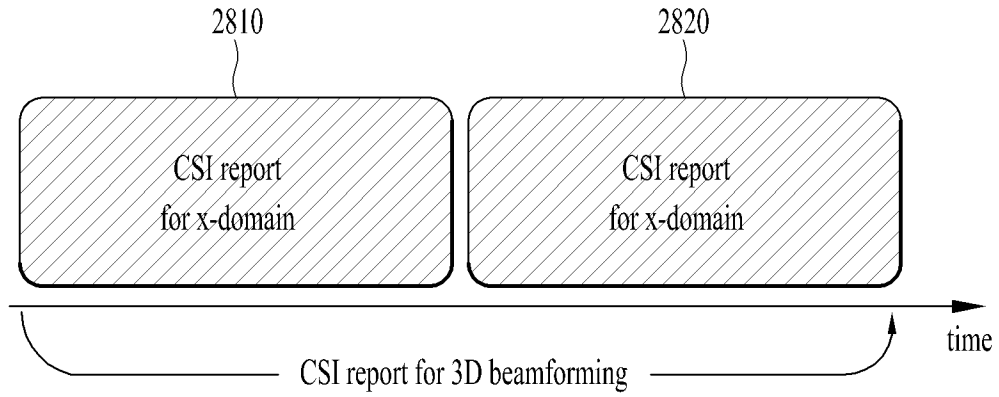

2810
2820
2810
2820
CSI for vertical domain
CSI for horizontal domain
CSI for vertical domain
CSI for horizontal domain
time
CSI report for 3D beamforming

(b)

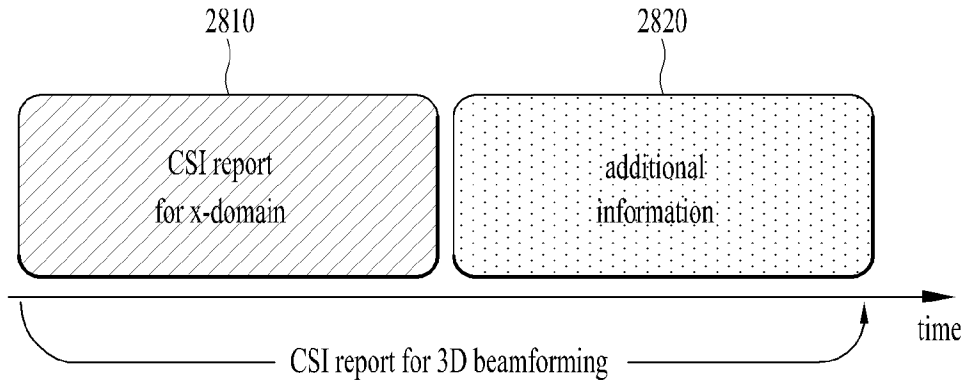
[도29]


2810
2820
CSI report for x-domain
mute
time
CSI report for 3D beamforming

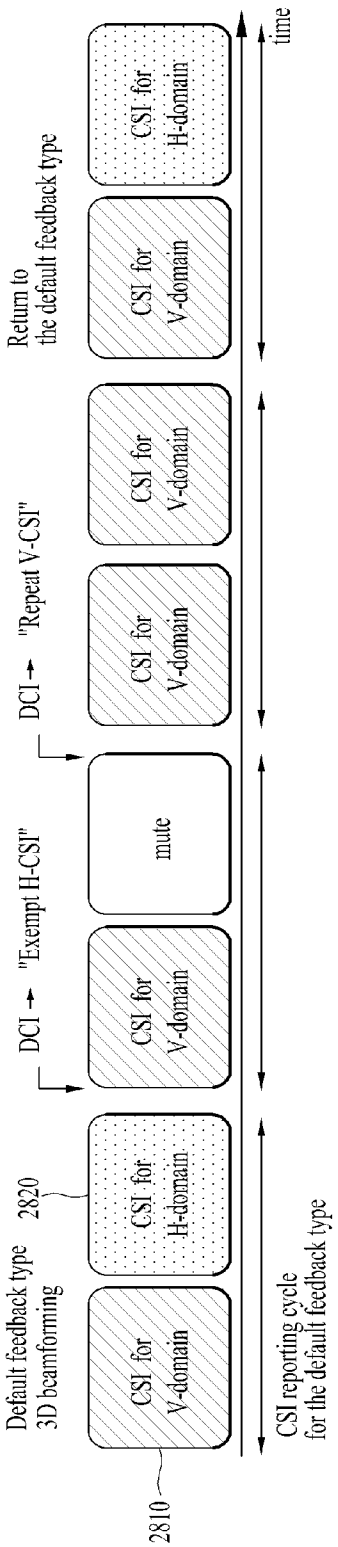
[도30]


2810
2820
CSI report
for x-domain
CSI report
for x-domain
time
CSI report for 3D beamforming

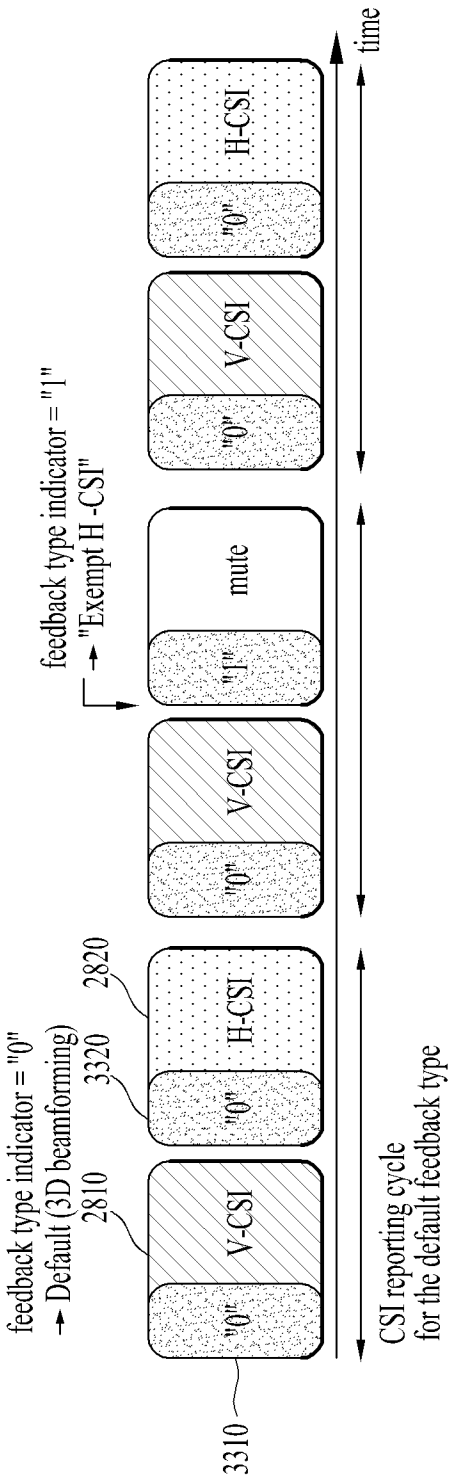
[도31]


2810
2820
CSI report
for x-domain
additional
information
time
CSI report for 3D beamforming

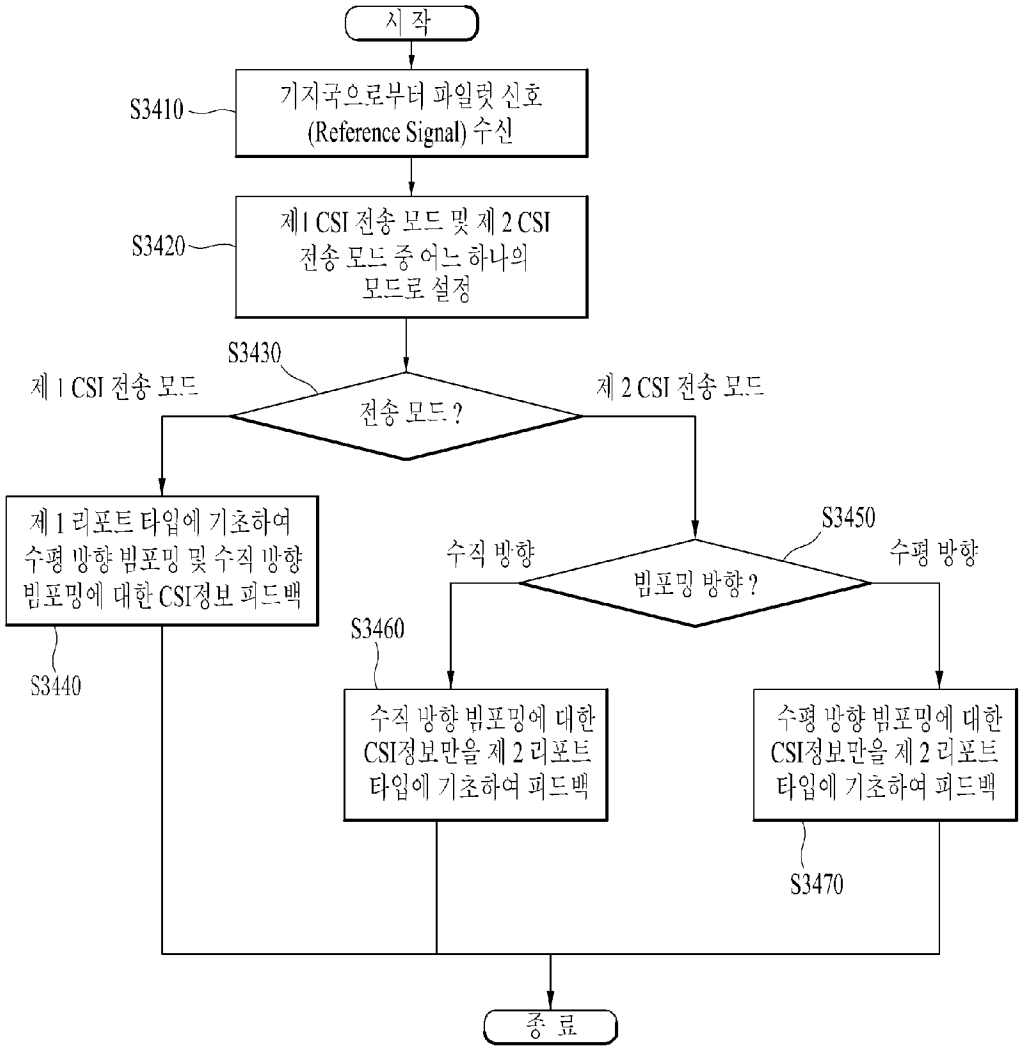
[도32]


Default feedback type
3D beamforming
2820
CSI for H-domain
CSI for V-domain
2810
DCI → "Exempt H-CSI"
mute
DCI → "Repeat V-CSI"
CSI for V-domain
CSI for V-domain
Return to the default feedback type
CSI for V-domain
CSI for H-domain
CSI reporting cycle for the default feedback type
time

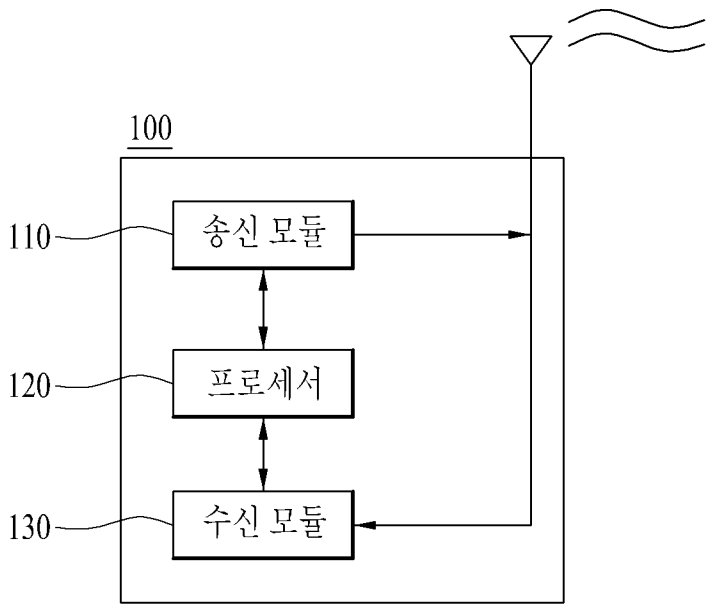
[도33]


feedback type indicator = "0"
→ Default (3D beamforming)
feedback type indicator = "1"
→ "Exempt H -CSI"
2810
3320
2820
3310
"0"
V-CSI
"0"
H-CSI
"0"
V-CSI
"1"
mute
"0"
V-CSI
"0"
H-CSI
time
CSI reporting cycle
for the default feedback type

[도34]


시 작
S3410
기지국으로부터 파일럿 신호 (Reference Signal) 수신
S3420
제1 CSI 전송 모드 및 제 2 CSI 전송 모드 중 어느 하나의 모드로 설정
S3430
제 1 CSI 전송 모드
전송 모드 ?
제 2 CSI 전송 모드
제 1 리포트 타입에 기초하여 수평 방향 빔포밍 및 수직 방향 빔포밍에 대한 CSI정보 피드백
S3440
S3450
수직 방향
빔포밍 방향 ?
수평 방향
S3460
수직 방향 빔포밍에 대한 CSI정보만을 제 2 리포트 타입에 기초하여 피드백
수평 방향 빔포밍에 대한 CSI정보만을 제 2 리포트 타입에 기초하여 피드백
S3470
종 료

[도35]


100
110
송신 모듈
120
프로세서
130
수신 모듈

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2015/007723

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/06(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B 7/06; H04L 1/06; H04B 7/04; H04W 24/08

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: pilot signal, CSI transmission mode, CSI period, CSI offset, 3D beamforming

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2014-0038120 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 28 March 2014 See paragraphs [0056]-[0170]; and figures 7-13.	1-4,13-15
Y		5,7,9,12
A		6,8,10,11
Y	KR 10-2014-0038274 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 28 March 2014 See paragraphs [0070]-[0135]; and figures 3-11.	5,7,9,12
A	US 2014-0098689 A1 (INTERDIGITAL PATENT HOLDINGS, INC.) 10 April 2014 See paragraphs [0091]-[0108], [0155]-[0241]; and figures 7A-9, 13-17.	1-15
A	US 2013-0308714 A1 (QUALCOM INCORPORATED) 21 November 2013 See paragraphs [0137]-[0173]; and figures 4-10.	1-15
A	US 2014-0192917 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 10 July 2014 See paragraphs [0061]-[0089]; and figures 7-12.	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	Date of mailing of the international search report
21 JANUARY 2016 (21.01.2016)	**22 JANUARY 2016 (22.01.2016)**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2015/007723

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2014-0038120 A	28/03/2014	CN 104641573 A	20/05/2015
		EP 2898606 A1	29/07/2015
		US 2014-0079149 A1	20/03/2014
		WO 2014-046485 A1	27/03/2014
KR 10-2014-0038274 A	28/03/2014	AU 2013-318753 A1	27/03/2014
		EP 2898605 A1	29/07/2015
		US 2014-0079100 A1	20/03/2014
		WO 2014-046499 A1	27/03/2014
US 2014-0098689 A1	10/04/2014	EP 2901571 A1	05/08/2015
		TW 201429182 A	16/07/2014
		WO 2014-052806 A1	03/04/2014
US 2013-0308714 A1	21/11/2013	CN 104335501 A	04/02/2015
		WO 2013-173679 A1	21/11/2013
US 2014-0192917 A1	10/07/2014	AU 2014-205792 A1	30/04/2015
		AU 2014-205792 A1	17/07/2014
		CN 104885499 A	02/09/2015
		KR 10-2015-0104556 A	15/09/2015
		WO 2014-109557 A1	17/07/2014

국제조사보고서

국제출원번호
PCT/KR2015/007723

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H04B 7/06(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)
H04B 7/06; H04L 1/06; H04B 7/04; H04W 24/08

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: 파일럿 신호, CSI 전송 모드, CSI 주기, CSI 오프셋, 3D 빔포밍

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-2014-0038120 A (삼성전자주식회사) 2014.03.28 단락 [0056]-[0170]; 및 도면 7-13 참조.	1-4,13-15
Y A		5,7,9,12 6,8,10,11
Y	KR 10-2014-0038274 A (삼성전자주식회사) 2014.03.28 단락 [0070]-[0135]; 및 도면 3-11 참조.	5,7,9,12
A	US 2014-0098689 A1 (INTERDIGITAL PATENT HOLDINGS, INC.) 2014.04.10 단락 [0091]-[0108], [0155]-[0241]; 및 도면 7A-9, 13-17 참조.	1-15
A	US 2013-0308714 A1 (QUALCOMM INCORPORATED) 2013.11.21 단락 [0137]-[0173]; 및 도면 4-10 참조.	1-15
A	US 2014-0192917 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2014.07.10 단락 [0061]-[0089]; 및 도면 7-12 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 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

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

"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2016년 01월 21일 (21.01.2016)	2016년 01월 22일 (22.01.2016)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)
팩스 번호 +82-42-472-7140

심사관
강희곡
전화번호 +82-42-481-8264

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2015/007723

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2014-0038120 A	2014/03/28	CN 104641573 A	2015/05/20
		EP 2898606 A1	2015/07/29
		US 2014-0079149 A1	2014/03/20
		WO 2014-046485 A1	2014/03/27
KR 10-2014-0038274 A	2014/03/28	AU 2013-318753 A1	2014/03/27
		EP 2898605 A1	2015/07/29
		US 2014-0079100 A1	2014/03/20
		WO 2014-046499 A1	2014/03/27
US 2014-0098689 A1	2014/04/10	EP 2901571 A1	2015/08/05
		TW 201429182 A	2014/07/16
		WO 2014-052806 A1	2014/04/03
US 2013-0308714 A1	2013/11/21	CN 104335501 A	2015/02/04
		WO 2013-173679 A1	2013/11/21
US 2014-0192917 A1	2014/07/10	AU 2014-205792 A1	2015/04/30
		AU 2014-205792 A1	2014/07/17
		CN 104885499 A	2015/09/02
		KR 10-2015-0104556 A	2015/09/15
		WO 2014-109557 A1	2014/07/17