(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2013 년 4 월 11 일 (11.04.2013)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2013/051908 A2

(51) 국제특허분류:
H04B 7/04 (2006.01) *H04J 11/00* (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2012/008123

(22) 국제출원일: 2012 년 10 월 8 일 (08.10.2012)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
61/544,289 2011 년 10 월 7 일 (07.10.2011) US
61/546,048 2011 년 10 월 11 일 (11.10.2011) US
61/610,998 2012 년 3 월 14 일 (14.03.2012) US

(71) 출원인: 엘지전자 주식회사 (LG ELECTRONICS INC.) [KR/KR]; 150-721 서울 영등포구 여의도동 20, Seoul (KR).

(72) 발명자: 김형태 (KIM, Hyungtae); 431-080 경기도 안양시 동안구 호계 1 동 533 번지 엘지전자 특허센터, Gyeonggi-do (KR). 서한별 (SEO, Hanbyul); 431-080 경기도 안양시 동안구 호계 1 동 533 번지 엘지전자 특허센터, Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: 김용인 (KIM, Yong In) 등; 138-861 서울 송파구 잠실동 175-9 현대빌딩 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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.

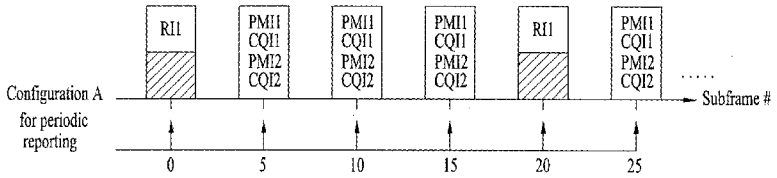
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,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

공개:

— 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR TRANSRECEIVING CHANNEL STATE INFORMATION IN COOPERATIVE MULTIPOINT COMMUNICATION SYSTEM

(54) 발명의 명칭 : 협력 멀티 포인트 통신 시스템에서 채널상태정보 송수신 방법 및 장치



(57) Abstract: The present invention relates to a wireless communication system, and more specifically, disclosed are a method and an apparatus for transmitting channel state information in a cooperative multipoint communication system. A method for a terminal transmitting the channel state information (CSI) with respect to multiple base stations in a wireless communication system, according to one embodiment of the present invention, comprises the steps of: receiving information on a periodic report setting of CSI including a rank indicator (RI) with respect to a first base station and a first type of precoding matrix indicator (PMI), and information on a periodic report setting of CSI including an RI with respect to a second base station and the first type of precoding matrix; and a step of transmitting the CSI to the first base station and the second base station on the basis of CSI report setting with respect to the first base station and the second base station, wherein a report on one of the first type of PMI with respect to the first base station, the first type of PMI with respect to the second base station, and the RI with respect to the second base station is omitted, and additional CSI can be transmitted when the report is omitted.

(57) 요약서: 본 발명은 무선 통신 시스템에 대한 것으로, 보다 상세하게는 협력 멀티 포인트 통신 시스템에서 채널상태정보를 전송하는 방법 및 장치가 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 단말이 다중 기지국에 대한 채널상태정보(CSI)를 전송하는 방법은 제 1 기지국에 대한 랭크 지시자(RI) 및 제 1 타입 프리코딩행렬지시자(PMI)를 포함하는 CSI 의 주기적 보고 설정에 대한 정보, 및 제 2 기지국에 대한

[다음 쪽 계속]

WO 2013/051908 A2

RI 및 제 1 타입 PMI를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보를 수신하는 단계; 및 제 1 기지국 및 제 2 기지국에 대한 CSI 보고 설정에 기초하여 제 1 기지국 및 제 2 기지국에 대한 CSI를 전송하는 단계를 포함하고, 제 1 기지국에 대한 제 1 타입 PMI, 제 2 기지국에 대한 제 1 타입 PMI 및 제 2 기지국에 대한 RI 중 하나에 대한 보고가 생략되고, 보고가 생략되는 시점에서 추가적인 CSI를 전송할 수 있다.

【명세서】

【발명의 명칭】

협력 멀티 포인트 통신 시스템에서 채널상태정보 송수신 방법 및 장치

【기술분야】

이하의 설명은 무선 통신 시스템에 대한 것으로, 보다 구체적으로는 협력 멀티 포인트 통신 시스템에서 채널상태정보 송수신 방법 및 장치에 대한 것이다.

【배경기술】

다중 입출력(MIMO: Multi-Input Multi-Output) 기술은 한 개의 송신 안테나와 한 개의 수신 안테나를 사용했던 것에서 탈피하여 다중 송신 안테나와 다중 수신 안테나를 사용하여 데이터의 송수신 효율을 향상시키는 기술이다. 단일 안테나를 사용하면 수신측은 데이터를 단일 안테나 경로(path)를 통해 수신하지만, 다중 안테나를 사용하면 수신단은 여러 경로를 통해 데이터를 수신한다. 따라서, 데이터 전송 속도와 전송량을 향상시킬 수 있고, 커버리지(coverage)를 증대시킬 수 있다.

단일-셀 (Single-cell) MIMO 동작은 하나의 셀에서 하나의 단말이 하향링크 신호를 수신하는 단일 사용자-MIMO (Single User-MIMO; SU-MIMO) 방식과 두 개 이상의 단말이 한 셀에서 하향링크 신호를 수신하는 다중 사용자-MIMO (Multi User-MIMO; MU-MIMO) 방식으로 나눌 수 있다.

한편, 다중-셀 환경에서 개선된 MIMO 전송을 적용함으로써 셀 경계에 있는 사용자의 처리량을 개선하기 위한 협력 멀티 포인트(Coordinated Multi-Point: CoMP) 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. CoMP 시스템을 적용하면 다중-셀 환경에서 셀 간 간섭(Inter-Cell Interference)을 줄일 수 있고

시스템 전체적인 성능을 향상시킬 수 있다.

【발명의 상세한 설명】

【기술적 과제】

CoMP 동작이 원활하게 수행되기 위해서는, 다중 셀 환경에서 동작하는 단말이 서빙 셀에 대한 채널상태정보(Channel State Information; CSI) 및 CoMP 동작에 참여하는 인접 셀에 대한 CSI 를 피드백하는 것이 요구된다. 이 때, 기존의 단일 셀에 대한 CSI 피드백 방식이 그대로 적용되는 경우에는 CSI 를 피드백해야 하는 셀의 개수가 증가함에 따라 피드백 오버헤드가 증가하게 되는 문제가 있다.

본 발명은 위와 같은 문제를 해결하기 위해서, CoMP 동작을 지원하는 시스템에서 효율적으로 CSI 를 피드백하는 방법 및 장치를 제공하는 것을 기술적 과제로 한다.

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

【기술적 해결방법】

상기의 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 무선통신 시스템에서 단말이 다중 기지국에 대한 채널상태정보(CSI)를 전송하는 방법은, 제1 기지국에 대한 랭크 지시자(RI) 및 제1 타입 프리코딩행렬지시자(PMI)를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보, 및 제2 기지국에 대한 RI 및 제1 타입 PMI를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보를 수신하는 단계; 및

상기 제1 기지국 및 제2 기지국에 대한 CSI 보고 설정에 기초하여 상기 제1 기지국 및 제2 기지국에 대한 CSI를 전송하는 단계를 포함하고, 상기 제1 기지국에 대한 제1 타입 PMI, 상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 중 하나에 대한 보고가 생략되고, 상기 보고가 생략되는 시점에서 추가적인 CSI를 전송할 수 있다.

상기의 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 다른 실시예에 따른 제1 기지국에서 협력 멀티 포인트(CoMP) 통신을 지원하는 방법은, 단말로 상기 제1 기지국에 대한 랭크 지시자(RI) 및 제1 타입 프리코딩행렬지시자(PMI)를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보, 및 제2 기지국에 대한 RI 및 제1 타입 PMI를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보를 전송하는 단계; 및 상기 단말로부터 상기 제1 기지국 및 제2 기지국에 대한 CSI 보고 설정에 기초하여 상기 제1 기지국 및 제2 기지국에 대한 CSI를 수신하는 단계를 포함하고, 상기 제1 기지국에 대한 제1 타입 PMI, 상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 중 하나에 대한 보고가 생략되고, 상기 보고가 생략되는 시점에서 추가적인 CSI를 수신할 수 있다.

상기의 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 제2 기지국에서 협력 멀티 포인트(CoMP) 통신을 지원하는 방법은, 단말로 상기 제1 기지국에 대한 랭크 지시자(RI) 및 제1 타입 프리코딩행렬지시자(PMI)를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보, 및 제2 기지국에 대한 RI 및 제1 타입 PMI를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보를 전송하는 단계; 및 상기 제2 기지국에 대한 CSI 보고 설정에 기초하여 상기 제2 기지국에 대한 CSI를 수신하는 단계를 포함하고, 상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI 및 상기

제2 기지국에 대한 RI 중 하나에 대한 보고가 생략되고, 상기 보고가 생략되는 시점에서 추가적인 CSI를 수신할 수 있다.

상기의 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 다중 기지국에 대한 채널상태정보(CSI)를 전송하는 단말은, 제1 기지국 및 제2 기지국으로부터 하향링크 신호를 수신하는 수신 모듈; 상기 제1 기지국 및 제2 기지국으로 상향링크 신호를 전송하는 전송 모듈; 및 상기 수신 모듈 및 상기 전송 모듈을 포함하는 상기 단말을 제어하는 프로세서를 포함할 수 있다. 여기서, 상기 프로세서는, 상기 수신 모듈을 통하여, 상기 제1 기지국에 대한 랭크 지시자(RI) 및 제1 타입 프리코딩행렬지시자(PMI)를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보, 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 및 제1 타입 PMI를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보를 수신하고; 상기 전송 모듈을 통하여, 상기 제1 기지국 및 제2 기지국에 대한 CSI 보고 설정에 기초하여 상기 제1 기지국 및 제2 기지국에 대한 CSI를 전송하고; 상기 전송 모듈을 통하여, 상기 제1 기지국에 대한 제1 타입 PMI, 상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 중 하나에 대한 보고가 생략되고, 상기 보고가 생략되는 시점에서 추가적인 CSI를 전송하도록 구성될 수 있다.

상기의 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 협력 멀티 포인트(CoMP) 통신을 지원하는 제1 기지국은, 단말로부터 상향링크 신호를 수신하고 제2 기지국으로부터 기지국 간 정보를 수신하는 수신 모듈; 상기 단말로 하향링크 신호를 전송하고 상기 제2 기지국으로 기지국 간 정보를 전송하는 전송 모듈; 및 상기 수신 모듈 및 상기 전송 모듈을 포함하는 상기 제1 기지국을 제어하는 프로세서를 포함할 수 있다. 여기서, 상기 프로세서는, 상기

전송 모듈을 통하여, 상기 제1 기지국에 대한 랭크 지시자(RI) 및 제1 타입 프리코딩행렬지시자(PMI)를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보, 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 및 제1 타입 PMI를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보를 전송하고; 상기 수신 모듈을 통하여, 상기 제1 기지국 및 제2 기지국에 대한 CSI 보고 설정에 기초하여 상기 제1 기지국 및 제2 기지국에 대한 CSI를 수신하고; 상기 수신 모듈을 통하여, 상기 제1 기지국에 대한 제1 타입 PMI, 상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 중 하나에 대한 보고가 생략되고, 상기 보고가 생략되는 시점에서 추가적인 CSI를 수신하도록 구성될 수 있다.

상기의 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 협력 멀티 포인트(CoMP) 통신을 지원하는 제2 기지국은, 단말로부터 상향링크 신호를 수신하고 제1 기지국으로부터 기지국 간 정보를 수신하는 수신 모듈; 상기 단말로 하향링크 신호를 전송하고 상기 제1 기지국으로 기지국 간 정보를 전송하는 전송 모듈; 및 상기 수신 모듈 및 상기 전송 모듈을 포함하는 상기 제2 기지국을 제어하는 프로세서를 포함할 수 있다. 여기서, 상기 프로세서는, 상기 전송 모듈을 통하여, 상기 제1 기지국에 대한 랭크 지시자(RI) 및 제1 타입 프리코딩행렬지시자(PMI)를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보, 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 및 제1 타입 PMI를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보를 전송하고; 상기 수신 모듈을 통하여, 상기 제2 기지국에 대한 CSI 보고 설정에 기초하여 상기 제2 기지국에 대한 CSI를 수신하고; 상기 수신 모듈을 통하여, 상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 중 하나에 대한 보고가 생략되고, 상기 보고가 생략되는 시점에서 추가적인

CSI를 수신하도록 구성될 수 있다.

본 발명의 실시예들에 대해서 이하의 사항이 공통으로 적용될 수 있다.

상기 제2 기지국에 대한 RI가 생략되면, 상기 제2 기지국에 대한 RI는 상기 제1 기지국에 대한 RI로 결정되거나, 또는 1로 고정될 수 있다.

상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI가 생략되면, 상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI는 상기 제1 기지국에 대한 제1 타입 PMI로 결정되거나, 또는 소정의 값으로 고정될 수 있다.

상기 제1 기지국에 대한 제1 타입 PMI가 생략되면, 상기 제1 기지국에 대한 제1 타입 PMI는 상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI로 결정되거나, 또는 소정의 값으로 고정될 수 있다.

상기 추가 CSI는 상기 제1 기지국 및 상기 제2 기지국이 동일 데이터를 동시에 전송하는 조인트 전송 기법을 이용할 때, 상기 단말이 상기 제1 기지국으로부터 수신한 신호와 상기 제2 기지국으로부터 수신한 신호의 위상 차이를 나타내는 위상 보정 정보를 포함할 수 있다.

상기 추가 CSI는 상기 제1 기지국 및 상기 제2 기지국으로부터 각각 수신한 신호를 병합하여 생성한 병합 CSI 정보를 포함할 수 있다.

상기 추가 CSI는 상기 제1 기지국에 대한 CSI 및 상기 제2 기지국에 대한 CSI가 상기 다중 기지국 중 어느 기지국에 대응하는 CSI인지 지시하는 전송 포인트 정보를 포함할 수 있다.

상기 추가 CSI는 상기 제2 기지국에 대한 RI를 1로 지정하여 산출한 상기 제2 기지국에 대한 채널품질지시자(CQI)를 포함할 수 있다.

상기 추가 CSI는 상기 제1 기지국 및 상기 제2 기지국이 동일 데이터를

동시에 전송하는 조인트 전송 기법을 이용할 때, 상기 제1 기지국 및 상기 제2 기지국의 PMI를 결합하는 PMI 결합 방식에 대한 정보를 포함할 수 있다.

상기 추가 CSI는 상기 다중 기지국 중 제3 기지국을 상기 CoMP 통신에 이용하지 않도록 지시하는 뮤팅(muting) 포인트 정보를 포함할 수 있다.

상기 제1 기지국은 서빙 기지국이고, 상기 제2 기지국은 협력 멀티 포인트(CoMP) 동작에 참여가능한 이웃 기지국일 수 있다.

상기 제1 기지국에 대한 CSI 는 상기 제1 기지국으로 전송되고, 상기 제2 기지국에 대한 CSI 및 상기 추가 CSI는 상기 제1 기지국 및 제2 기지국 중 어느 하나로 전송될 수 있다.

본 발명에 대하여 전술한 일반적인 설명과 후술하는 상세한 설명은 예시적인 것이며, 청구항 기재 발명에 대한 추가적인 설명을 위한 것이다.

【유리한 효과】

본 발명에 따르면, CoMP 동작을 지원하는 시스템에서 효율적으로 CSI 를 피드백하는 방법 및 장치가 제공될 수 있다.

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

【도면의 간단한 설명】

본 명세서에 첨부되는 도면은 본 발명에 대한 이해를 제공하기 위한 것으로서 본 발명의 다양한 실시형태들을 나타내고 명세서의 기재와 함께 본 발명의 원리를 설명하기 위한 것이다.

도 1은 인트라 기지국(intra eNB)과 인터 기지국(inter eNB)의 CoMP 동

작을 개념적으로 도시한 도면이다.

도 2는 다중안테나를 구비한 송신기의 구조를 도시한 블록도이다.

도 3은 타입 1 무선 프레임의 구조를 나타내는 도면이다.

도 4는 타입 2 무선 프레임의 구조를 나타내는 도면이다.

도 5는 하나의 하향링크 슬롯에 대한 자원 그리드(resource grid)의 일례를 나타낸 예시도이다.

도 6은 하향링크 서브프레임의 구조를 나타내는 도면이다.

도 7은 상향링크 서브프레임의 구조를 나타내는 도면이다.

도 8은 다중안테나를 갖는 무선 통신 시스템의 구성도이다.

도 9는 기존의 LTE 시스템에서 정의하는 참조신호 패턴을 나타내는 도면이다.

도 10 은 LTE-A 시스템에서 정의되는 CSI-RS 패턴의 예시들을 나타내는 도면이다.

도 11은 Non-CoMP 시스템에서의 CSI 피드백의 일례를 나타내는 도면이다.

도 12는 CoMP 시스템에서의 CSI 피드백의 일례를 나타내는 도면이다.

도 13은 컨테이너의 페이로드 사이즈를 증가시킨 CSI 피드백의 일례를 나타내는 도면이다.

도 14는 서빙 셀과 인접 셀의 CSI를 교대로 전송하는 CSI 피드백의 일례를 나타내는 도면이다.

도 15는 서빙 셀 및 인접 셀의 CSI를 연속된 서브 프레임에서 전송하는 CSI 피드백의 일례를 나타내는 도면이다.

도 16은 CSI 설정 정보를 전송하는 CSI 피드백의 일례를 나타내는 도면이다.

도 17은 서빙 셀 및 인접 셀에 대한 CSI를 각각 다른 CSI 설정 정보로 전송하는 일례를 나타내는 도면이다.

도 18은 CoMP 시스템에서의 CSI 피드백의 다른 예시를 나타내는 도면이다.

도 19는 CoMP 시스템에서의 CSI 피드백의 또 다른 예시를 나타내는 도면이다.

도 20은 도 13의 CSI 피드백의 일례에서 RI를 한정한 예를 나타내는 도면이다.

도 21은 도 15의 CSI 피드백의 일례에서 RI를 한정한 예를 나타내는 도면이다.

도 22는 CoMP 시스템에서 추가 CSI를 전송하지 않는 경우 CSI 피드백의 일례를 나타내는 도면이다.

도 23은 CoMP 시스템에서 추가 CSI를 전송하지 않는 경우, CSI 피드백의 일례를 나타내는 도면이다.

도 24는 본 발명에 따른 단말 장치 및 기지국 장치의 구성을 도시한 도면이다.

【발명의 실시를 위한 최선의 형태】

이하의 실시예들은 본 발명의 구성요소들과 특징들을 소정 형태로 결합한 것들이다. 각 구성요소 또는 특징은 별도의 명시적 언급이 없는 한 선택적인 것으로 고려될 수 있다. 각 구성요소 또는 특징은 다른 구성요소나 특징과 결합되

지 않은 형태로 실시될 수 있다. 또한, 일부 구성요소들 및/또는 특징들을 결합하여 본 발명의 실시예를 구성할 수도 있다. 본 발명의 실시예들에서 설명되는 동작들의 순서는 변경될 수 있다. 어느 실시예의 일부 구성이나 특징은 다른 실시예에 포함될 수 있고, 또는 다른 실시예의 대응하는 구성 또는 특징과 교체될 수 있다.

본 명세서에서 본 발명의 실시예들을 기지국과 단말 간의 데이터 송신 및 수신의 관계를 중심으로 설명한다. 여기서, 기지국은 단말과 직접적으로 통신을 수행하는 네트워크의 종단 노드(terminal node)로서의 의미를 갖는다. 본 문서에서 기지국에 의해 수행되는 것으로 설명된 특정 동작은 경우에 따라서는 기지국의 상위 노드(upper node)에 의해 수행될 수도 있다.

즉, 기지국을 포함하는 다수의 네트워크 노드들(network nodes)로 이루어지는 네트워크에서 단말과의 통신을 위해 수행되는 다양한 동작들은 기지국 또는 기지국 이외의 다른 네트워크 노드들에 의해 수행될 수 있음은 자명하다. '기지국(BS: Base Station)'은 고정국(fixed station), Node B, eNode B(eNB), 액세스 포인트(AP: Access Point) 등의 용어에 의해 대체될 수 있다. 또한, 이하의 설명에 있어서 기지국이라는 용어는 셀 또는 섹터를 포함하는 개념으로 사용될 수 있다. 예를 들어, 본 발명에서 서빙 기지국(serving base station) 은 서빙 셀이라고도 할 수도 있으며, 협력 기지국은 협력 셀이라고도 할 수 있다. 또한, '단말(Terminal)'은 UE(User Equipment), MS(Mobile Station), MSS(Mobile Subscriber Station), SS(Subscriber Station) 등의 용어로 대체될 수 있다.

이하의 설명에서 사용되는 특정 용어들은 본 발명의 이해를 돕기 위해서 제공된 것이며, 이러한 특정 용어의 사용은 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지

않는 범위에서 다른 형태로 변경될 수 있다.

몇몇 경우, 본 발명의 개념이 모호해지는 것을 피하기 위하여 공지의 구조 및 장치는 생략되거나, 각 구조 및 장치의 핵심기능을 중심으로 한 블록도 형식으로 도시될 수 있다. 또한, 본 명세서 전체에서 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용하여 설명한다.

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

이하의 기술은 CDMA(Code Division Multiple Access), FDMA(Frequency Division Multiple Access), TDMA(Time Division Multiple Access), OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access), SC-FDMA(Single Carrier Frequency Division Multiple Access) 등과 같은 다양한 무선 접속 시스템에 사용될 수 있다. CDMA는 UTRA(Universal Terrestrial Radio Access)나 CDMA2000과 같은 무선 기술(radio technology)로 구현될 수 있다. TDMA는 GSM(Global System for Mobile communications)/GPRS(General Packet Radio Service)/EDGE(Enhanced Data Rates for GSM Evolution)와 같은 무선 기술로 구현될 수 있다. OFDMA는 IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802-20, E-UTRA(Evolved UTRA) 등과 같은 무선 기술로 구현될 수 있다. UTRA는 UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)의

일부이다. 3GPP(3rd Generation Partnership Project) LTE(long term evolution)는 E-UTRA를 사용하는 E-UMTS(Evolved UMTS)의 일부로써, 하향링크에서 OFDMA를 채용하고 상향링크에서 SC-FDMA를 채용한다. LTE-A(Advanced)는 3GPP LTE의 진화이다. WiMAX는 IEEE 802.16e 규격(WirelessMAN-OFDMA Reference System) 및 발전된 IEEE 802.16m 규격(WirelessMAN-OFDMA Advanced system)에 의하여 설명될 수 있다. 명확성을 위하여 이하에서는 3GPP LTE 및 LTE-A 표준을 위주로 설명하지만 본 발명의 기술적 사상이 이에 제한되는 것은 아니다.

도 1을 참조하여 협력 멀티 포인트(Coordinated Multi-Point: CoMP) 시스템에 대하여 설명한다. 도 1은 인트라 기지국(intra eNB)과 인터 기지국(inter eNB)의 CoMP 동작을 개념적으로 도시한 도면이다.

3GPP LTE-A 시스템의 개선된 시스템 성능 요구조건에 따라서, CoMP 송수신 기술 (co-MIMO, 공동(collaborative) MIMO 또는 네트워크 MIMO 등으로 표현되기도 함)이 제안되고 있다. CoMP 기술은 셀-경계(cell-edge)에 위치한 단말의 성능을 증가시키고 평균 섹터 수율(throughput)을 증가시킬 수 있다.

일반적으로, 주파수 재사용 인자(frequency reuse factor)가 1 인 다중-셀 환경에서, 셀-간 간섭(Inter-Cell Interference; ICI)으로 인하여 셀-경계에 위치한 단말의 성능과 평균 섹터 수율이 감소될 수 있다. 이러한 ICI를 저감하기 위하여, 기존의 LTE 시스템에서는 단말 특정 전력 제어를 통한 부분 주파수 재사용(fractional frequency reuse; FFR)과 같은 단순한 수동적인 기법을 이용하여 간섭에 의해 제한을 받은 환경에서 셀-경계에 위치한 단말이 적절한 수율 성능을 가지도록 하는 방법이 적용되었다. 그러나, 셀 당 주파수 자원 사용을 낮추기보다

는, ICI를 저감하거나 ICI를 단말이 원하는 신호로 재사용하는 것이 보다 바람직할 수 있다. 위와 같은 목적을 달성하기 위하여, CoMP 전송 기법이 적용될 수 있다.

도 1을 참조하면, 다중-셀(Multi-Cell) 환경에서 인트라 기지국(110, 120) 및 인터 기지국(130)이 존재한다.

LTE 시스템에서 인트라 기지국은 몇 개의 셀(혹은 섹터)로 이루어져 있다. 특정 단말이 속한 기지국에 속한 셀들은 특정 단말과 인트라 기지국(110, 120) 관계에 있다. 즉, 단말이 속한 자신의 셀과 같은 기지국을 공유하는 셀들은 인트라 기지국(110, 120)에 해당하는 셀들이며 다른 기지국들에 속한 셀들은 인터 기지국(130)에 해당하는 셀들이 된다. 이와 같이, 특정 단말과 동일한 기지국을 기반으로 하고 있는 셀들(즉, 인트라 기지국)은 각 셀의 스케줄러간에 별도의 인터페이스 없이 정보(예를 들어 데이터, 채널상태정보(Channel State Information: CSI))를 주고 받을 수 있지만, 다른 기지국을 기반으로 하고 있는 셀들(즉, 인터 기지국)은 백홀(140) 등을 통해서 셀 간 정보를 주고 받을 수 있다.

도 1에 도시된 바와 같이, 단일-셀 내에 있는 단일-셀 MIMO 사용자(150)는 한 셀(cell A, cell B, cell D, 또는 cell E)에서 하나의 서빙 기지국과 통신하고, 셀 경계에 위치한 다중-셀 MIMO 사용자(160)는 다중-셀(cell A와 cell B, 또는 cell B와 cell C와 cell D)에서 다수의 서빙 기지국과 통신할 수 있다.

하향링크의 경우에 적용될 수 있는 CoMP 기법은 크게 조인트-프로세싱(joint processing; JP) 기법 및 조정 스케줄링/빔포밍 (coordinated scheduling/beamforming; CS/CB) 기법으로 분류할 수 있다.

JP 기법은 CoMP 협력 단위의 각각의 포인트(기지국)에서 데이터를 이용

할 수 있다. CoMP 협력 단위는 협력 전송 기법에 이용되는 기지국들의 집합을 의미한다. JP 기법은 조인트 전송(Joint Transmission) 기법과 동적 셀 선택 (Dynamic cell selection) 기법으로 분류할 수 있다.

조인트 전송 기법은, PDSCH 가 한번에 복수개의 포인트(CoMP 협력 단위의 일부 또는 전부)로부터 전송되는 기법을 말한다. 즉, 단일 단말로 전송되는 데이터는 복수개의 전송 포인트로부터 동시에 전송될 수 있다. 조인트 전송 기법에 의하면, 코히어런트하게(coherently) 또는 넌-코히어런트하게 (non-coherently) 수신 신호의 품질이 향상될 수 있고, 또한, 다른 단말에 대한 간섭을 능동적으로 소거할 수도 있다.

동적 셀 선택 기법은, PDSCH가 한번에 (CoMP 협력 단위의) 하나의 포인트로부터 전송되는 기법을 말한다. 즉, 특정 시점에서 단일 단말로 전송되는 데이터는 하나의 포인트로부터 전송되고, 그 시점에 협력 단위 내의 다른 포인트는 해당 단말에 대하여 데이터 전송을 하지 않으며, 해당 단말로 데이터를 전송하는 포인트는 동적으로 선택될 수 있다.

한편, CS/CB 기법에 의하면 CoMP 협력 단위들이 단일 단말에 대한 데이터 전송의 빔포밍을 협력적으로 수행할 수 있다. 여기서, 데이터는 서빙 셀에서만 전송되지만, 사용자 스케줄링/빔포밍은 해당 CoMP 협력 단위의 셀들의 조정에 의하여 결정될 수 있다.

한편, 상향링크의 경우에, 조정(coordinated) 다중-포인트 수신은 지리적으로 떨어진 복수개의 포인트들의 조정에 의해서 전송된 신호를 수신하는 것을 의미한다. 상향링크의 경우에 적용될 수 있는 CoMP 기법은 조인트 수신(Joint Reception; JR) 및 조정 스케줄링/빔포밍(coordinated scheduling/beamforming;

CS/CB)으로 분류할 수 있다.

JR 기법은 PUSCH 를 통해 전송된 신호가 복수개의 수신 포인트에서 수신되는 것을 의미하고, CS/CB 기법은 PUSCH 가 하나의 포인트에서만 수신되지만 사용자 스케줄링/빔포밍은 CoMP 협력 단위의 셀들의 조정에 의해 결정되는 것을 의미한다.

도 2는 다중안테나를 구비한 송신기의 구조를 도시한 블록도이다.

도 2를 참조하면, 송신기(200)는 인코더(encoder, 210-1,...,210-K), 변조 맵퍼(modulation mapper, 220-1,...,220-K), 레이어 맵퍼(layer mapper, 230), 프리코더(precoder, 240), 자원요소 맵퍼(resource element mapper, 250-1,...,250-K) 및 OFDM 신호 발생기(260-1,...,260-K)를 포함한다. 송신기(200)는 Nt 개의 송신 안테나(270-1,..,270-Nt)를 포함한다.

인코더(210-1,...,210-K)는 입력되는 데이터를 정해진 코딩 방식에 따라 인코딩하여 부호화된 데이터(coded data)를 형성한다. 변조 맵퍼(220-1,...,220-K)는 부호화된 데이터를 신호 성상(signal constellation) 상의 위치를 표현하는 변조 심볼에 맵핑한다. 변조 방식(modulation scheme)에는 제한이 없으며, m-PSK(m-Phase Shift Keying) 또는 m-QAM(m-Quadrature Amplitude Modulation)일 수 있다. 예를 들어, m-PSK는 BPSK, QPSK 또는 8-PSK 일 수 있다. m-QAM은 16-QAM, 64-QAM 또는 256-QAM 일 수 있다.

레이어 맵퍼(230)는 프리코더(240)가 안테나 특정 심볼(antenna-specific symbol)을 각 안테나의 경로로 분배할 수 있도록 변조 심볼의 레이어를 정의한다. 레이어는 프리코더(240)로 입력되는 정보 경로(information path)로 정의된다. 프리코더(240) 이전의 정보 경로를 가상 안테나(virtual antenna) 또는 레이어라고

할 수 있다.

프리코더(240)는 변조 심볼을 다중 송신 안테나(270-1,..,270-Nt)에 따른 MIMO 방식으로 처리하여 안테나 특정 심볼을 출력한다. 프리코더(240)는 안테나 특정 심볼을 해당 안테나의 경로의 자원요소 맵퍼(250-1,...,250-K)로 분배한다. 프리코더(240)에 의해 하나의 안테나로 보내어지는 각 정보 경로를 스트림(stream)이라 한다. 이를 물리적 안테나(physical antenna)라 할 수 있다.

자원요소 맵퍼(250-1,...,250-K)는 안테나 특정 심볼을 적절한 자원요소(resource element)에 할당하고, 사용자에 따라 다중화한다. OFDM 신호 발생기(260-1,...,260-K)는 안테나 특정 심볼을 OFDM 방식으로 변조하여 OFDM 심볼을 출력한다. OFDM 신호 발생기(260-1,...,260-K)는 안테나 특정 심볼에 대해 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 수행할 수 있으며, IFFT가 수행된 시간 영역 심볼에는 순환전치(cyclic prefix; CP)가 삽입될 수 있다. CP는 OFDM 전송 방식에서 다중 경로에 의한 심볼 간 간섭(inter-symbol interference)을 제거하기 위해 보호구간(guard interval)에 삽입되는 신호이다. OFDM 심볼은 각 송신 안테나(270-1,..,270-Nt)를 통해 송신된다.

도 3 및 4를 참조하여 하향링크 무선 프레임의 구조에 대하여 설명한다.

셀룰라 OFDM 무선 패킷 통신 시스템에서, 상/하향링크 데이터 패킷 전송은 서브프레임 (Subframe) 단위로 이루어지며, 한 서브프레임은 다수의 OFDM 심볼을 포함하는 일정 시간 구간으로 정의된다. 3GPP LTE 표준에서는 FDD(Frequency Division Duplex)에 적용 가능한 타입 1 무선 프레임(radio frame) 구조와 TDD(Time Division Duplex)에 적용 가능한 타입 2의 무선 프레임 구조를 지원한다.

도 3은 타입 1 무선 프레임의 구조를 나타내는 도면이다. 하향링크 무선 프레임(radio frame)은 10개의 서브프레임(subframe)으로 구성되고, 하나의 서브프레임은 2개의 슬롯(slot)으로 구성된다. 하나의 서브프레임이 전송되는 데 걸리는 시간을 TTI(transmission time interval)이라 하고, 예를 들어 하나의 서브프레임의 길이는 1ms이고, 하나의 슬롯의 길이는 0.5ms 일 수 있다. 하나의 슬롯은 시간 영역(time domain)에서 복수의 OFDM 심볼을 포함하고, 주파수 영역에서 다수의 자원블록(Resource Block; RB)을 포함한다.

하나의 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 CP의 구성(configuration)에 따라 달라질 수 있다. CP에는 확장된 CP(extended CP)와 일반 CP(normal CP)가 있다. 예를 들어, OFDM 심볼이 일반 CP에 의해 구성된 경우, 하나의 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 7개일 수 있다. OFDM 심볼이 확장된 CP에 의해 구성된 경우, 한 OFDM 심볼의 길이가 늘어나므로, 한 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 일반 CP인 경우보다 적다. 확장된 CP의 경우에, 예를 들어, 하나의 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 6개일 수 있다. 단말이 빠른 속도로 이동하는 등의 경우와 같이 채널상태가 불안정한 경우, 심볼간 간섭을 더욱 줄이기 위해 확장된 CP가 사용될 수 있다.

일반 CP가 사용되는 경우 하나의 슬롯은 7개의 OFDM 심볼을 포함하므로, 하나의 서브프레임은 14개의 OFDM 심볼을 포함한다. 이때, 각 서브프레임의 처음 2개 또는 3개의 OFDM 심볼은 PDCCH(physical downlink control channel)에 할당되고, 나머지 OFDM 심볼은 PDSCH(physical downlink shared channel)에 할당될 수 있다.

도 4는 타입 2 무선 프레임의 구조를 나타내는 도면이다. 타입 2 무선 프

레임은 2개의 해프 프레임(Half frame)으로 구성되며, 각 해프 프레임은 5개의 서브프레임으로 구성된다. 서브프레임들은 일반 서브프레임과 특별 서브프레임(special subframe)으로 분류될 수 있다. 특별 서브프레임은 DwPTS(Downlink Pilot Time Slot), GP(Gap Period) 및 UpPTS(Uplink Pilot Time Slot)의 3개의 필드를 포함하는 서브프레임이다. 이들 3 개의 필드의 길이는 개별적으로 설정될 수 있지만, 3 개의 필드의 전체 길이는 1ms이어야 한다. 하나의 서브프레임은 2 개의 슬롯으로 구성된다. 즉, 무선 프레임의 타입에 관계 없이 1개의 서브프레임은 2개의 슬롯으로 구성된다.

무선 프레임의 구조는 예시에 불과하고, 무선 프레임에 포함되는 서브프레임의 수 또는 서브프레임에 포함되는 슬롯의 수, 슬롯에 포함되는 심볼의 수는 다양하게 변경될 수 있다.

도 5는 하나의 하향링크 슬롯에 대한 자원 그리드(resource grid)의 일례를 나타낸 예시도이다. 이는 OFDM 심볼이 일반 CP로 구성된 경우이다. 도 5를 참조하면, 하향링크 슬롯은 시간 영역에서 복수의 OFDM 심볼을 포함하고, 주파수 영역에서 다수의 자원블록(resource block; RB)을 포함한다. 여기서, 하나의 하향링크 슬롯은 7 OFDM 심볼을 포함하고, 하나의 자원블록은 12 부반송파(subcarrier)를 포함하는 것을 예시적으로 기술하나, 이에 제한되는 것은 아니다. 자원 그리드 상의 각 요소(element)를 자원요소(RE)라 한다. 예를 들어, 자원 요소 a(k,l)은 k번째 부반송파와 l번째 OFDM 심볼에 위치한 자원 요소가 된다. 일반 CP의 경우에, 하나의 자원블록은 12×7 자원요소를 포함한다 (확장된 CP의 경우에는 12×6 자원요소를 포함한다). 각 부반송파의 간격은 15kHz이므로, 하나의 자원블록은 주파수영역에서 약 180kHz을 포함한다. N^{DL}은 하향링크 슬롯에

포함되는 자원블록의 수이다. N^{DL}의 값은 기지국의 스케줄링에 의해 설정되는 하향링크 전송 대역폭(bandwidth)에 따라 결정될 수 있다.

도 6은 하향링크 서브프레임의 구조를 나타내는 도면이다. 하나의 서브프레임 내에서 첫 번째 슬롯의 앞 부분의 최대 3 개(1개, 2개 또는 3개)의 OFDM 심볼은 제어 채널이 할당되는 제어 영역에 해당한다. 나머지 OFDM 심볼들은 물리하향링크공유채널(Physical Downlink Shared Chancel; PDSCH)이 할당되는 데이터 영역에 해당한다. 전송의 기본 단위는 하나의 서브프레임이 된다. 즉, 2개의 슬롯에 걸쳐 PDCCH 및 PDSCH가 할당된다.

3GPP LTE 시스템에서 사용되는 하향링크 제어 채널들에는, 예를 들어, 물리제어포맷지시자채널(Physical Control Format Indicator Channel; PCFICH), 물리하향링크제어채널(Physical Downlink Control Channel; PDCCH), 물리HARQ 지시자채널(Physical Hybrid automatic repeat request Indicator Channel; PHICH) 등이 있다. PCFICH는 서브프레임의 첫 번째 OFDM 심볼에서 전송되고 서브프레임 내의 제어 채널 전송에 사용되는 OFDM 심볼의 개수에 대한 정보를 포함한다. PHICH는 상향링크 전송의 응답으로서 HARQ ACK/NACK 신호를 포함한다. PDCCH를 통하여 전송되는 제어 정보를 하향링크제어정보(Downlink Control Information; DCI)라 한다. DCI는 상향링크 또는 하향링크 스케줄링 정보를 포함하거나 임의의 단말 그룹에 대한 상향링크 전송 전력 제어 명령을 포함한다. PDCCH는 하향링크공유채널(DL-SCH)의 자원 할당 및 전송 포맷, 상향링크공유채널(UL-SCH)의 자원 할당 정보, 페이징채널(PCH)의 페이징 정보, DL-SCH 상의 시스템 정보, PDSCH 상으로 전송되는 임의접속응답(Random Access Response)과 같은 상위계층 제어 메시지의 자원 할당, 임의의 단말 그룹 내의 개

별 단말에 대한 전송 전력 제어 명령의 세트, 전송 전력 제어 정보, VoIP(Voice over IP)의 활성화 등을 포함할 수 있다. 복수의 PDCCH가 제어 영역 내에서 전송될 수 있다. 단말은 복수의 PDCCH를 모니터링할 수 있다. PDCCH는 하나 이상의 연속하는 제어채널요소(Control Channel Element; CCE)의 조합으로 전송된다. CCE는 무선 채널의 상태에 기초한 코딩 레이트로 PDCCH를 제공하기 위해 사용되는 논리 할당 단위이다. CCE는 복수개의 자원 요소 그룹에 대응한다. PDCCH의 포맷과 이용가능한 비트 수는 CCE의 개수와 CCE에 의해 제공되는 코딩 레이트 간의 상관관계에 따라서 결정된다. 기지국은 단말에게 전송되는 DCI에 따라서 PDCCH 포맷을 결정하고, 제어 정보에 순환잉여검사(Cyclic Redundancy Check; CRC)를 부가한다. CRC는 PDCCH의 소유자 또는 용도에 따라 무선 네트워크 임시 식별자(Radio Network Temporary Identifier; RNTI)라 하는 식별자로 마스킹된다. PDCCH가 특정 단말에 대한 것이면, 단말의 cell-RNTI(C-RNTI) 식별자가 CRC에 마스킹될 수 있다. 또는, PDCCH가 페이징 메시지에 대한 것이면, 페이징 지시자 식별자(Paging Indicator Identifier; P-RNTI)가 CRC에 마스킹될 수 있다. PDCCH가 시스템 정보(보다 구체적으로, 시스템 정보 블록(SIB))에 대한 것이면, 시스템 정보 식별자 및 시스템 정보 RNTI(SI-RNTI)가 CRC에 마스킹될 수 있다. 단말의 임의 접속 프리앰블의 전송에 대한 응답인 임의접속응답을 나타내기 위해, 임의접속-RNTI(RA-RNTI)가 CRC에 마스킹될 수 있다.

도 7은 상향링크 서브프레임의 구조를 나타내는 도면이다. 상향링크 서브프레임은 주파수 영역에서 제어 영역과 데이터 영역으로 분할될 수 있다. 제어 영역에는 상향링크 제어 정보를 포함하는 물리상향링크제어채널(Physical

Uplink Control Channel; PUCCH)이 할당된다. 데이터 영역에는 사용자 데이터를 포함하는 물리상향링크공유채널(Physical uplink shared channel; PUSCH)이 할당된다. PUCCH 의 용도는 크게 3 가지로, PDSCH에 대한 확인응답(ACK/NACK) 전송, PDSCH의 주파수 영역 스케줄링을 위한 채널품질지시자(Channel Quality Indicator; CQI)의 전송, 및 PUSCH 전송 자원 요청(스케줄링 요청)이다. CQI 정보 비트는 하나 이상의 필드를 포함할 수 있다. 예를 들어, MCS(Modulation and Coding Scheme)를 결정하는 CQI 인덱스를 지시하는 CQI 필드, 코드북 상의 프리코딩행렬의 인덱스를 지시하는 PMI(Precoding Matrix Indicator) 필드, 랭크를 지시하는 RI(Rank Indicator) 필드 등이 CQI 정보 비트에 포함될 수 있다.

하나의 단말에 대한 PUCCH는 서브프레임에서 자원블록 쌍(RB pair)에 할당된다. 자원블록 쌍에 속하는 자원블록들은 2 슬롯에 대하여 상이한 부반송파를 차지한다. 이를 PUCCH에 할당되는 자원블록 쌍이 슬롯 경계에서 주파수-호핑(frequency-hopped)된다고 한다.

다중안테나(MIMO) 시스템

도 8은 다중안테나를 갖는 무선 통신 시스템의 구성도이다. 도 8(a)에 도시된 바와 같이 송신 안테나의 수를 N_T 개로, 수신 안테나의 수를 N_R 개로 늘리면, 송신기나 수신기에서만 다수의 안테나를 사용하게 되는 경우와 달리 안테나 수에 비례하여 이론적인 채널 전송 용량이 증가한다. 따라서, 전송 레이트를 향상시키고 주파수 효율을 획기적으로 향상시킬 수 있다. 채널 전송 용량이 증가함에 따라, 전송 레이트는 이론적으로 단일 안테나 이용시의 최대 전송 레이트(R_o)에 레이트 증가율(R_i)이 곱해진 만큼 증가할 수 있다.

【수학식 1】

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

예를 들어, 4개의 송신 안테나와 4개의 수신 안테나를 이용하는 MIMO 통신 시스템에서는 단일 안테나 시스템에 비해 이론상 4배의 전송 레이트를 획득할 수 있다. 다중안테나 시스템의 이론적 용량 증가가 90 년대 중반에 증명된 이후 이를 실질적인 데이터 전송률 향상으로 이끌어 내기 위한 다양한 기술들이 현재까지 활발히 연구되고 있다. 또한, 몇몇 기술들은 이미 3 세대 이동 통신과 차세대 무선랜 등의 다양한 무선 통신의 표준에 반영되고 있다.

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, 전송 신뢰도 향상 및 전송률 향상을 위한 시공간 신호 처리 기술 연구 등 다양한 관점에서 활발히 연구가 진행되고 있다.

다중안테나 시스템에서의 통신 방법을 수학적 모델링을 이용하여 보다 구체적으로 설명한다. 상기 시스템에는 N_T개의 송신 안테나와 N_R개의 수신 안테나가 존재한다고 가정한다.

송신 신호를 살펴보면, N_T개의 송신 안테나가 있는 경우 전송 가능한 최대 정보는 N_T개이다. 전송 정보는 다음과 같이 표현될 수 있다.

【수학식 2】

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

각각의 전송 정보 $s_1, s_2, \cdots, s_{N_T}$는 전송 전력이 다를 수 있다. 각각의 전송 전력을 $P_1, P_2, \cdots, P_{N_T}$라고 하면, 전송 전력이 조정된 전송 정보는 다음과 같

이 표현될 수 있다.

【수학식 3】

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

또한, $\hat{\mathbf{s}}$는 전송 전력의 대각행렬 $\boldsymbol{P}$를 이용해 다음과 같이 표현될 수 있다.

【수학식 4】

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

전송전력이 조정된 정보 벡터 $\hat{\mathbf{s}}$에 가중치 행렬 $\mathbf{W}$가 적용되어 실제 전송되는 N_T개의 송신신호 $x_1, x_2, \cdots, x_{N_T}$가 구성되는 경우를 고려해 보자. 가중치 행렬 $\mathbf{W}$는 전송 정보를 전송 채널 상황 등에 따라 각 안테나에 적절히 분배해 주는 역할을 한다. $x_1, x_2, \cdots, x_{N_T}$는 벡터 $\mathbf{X}$를 이용하여 다음과 같이 표현될 수 있다.

【수학식 5】

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

여기에서, w_{ij}는 i번째 송신 안테나와 j번째 정보간의 가중치를 의미한다. **W**는 프리코딩행렬이라고도 불린다.

수신신호는 N_R 개의 수신 안테나가 있는 경우 각 안테나의 수신신호 $y_1, y_2, \cdots, y_{N_R}$은 벡터로 다음과 같이 표현될 수 있다.

【수학식 6】

$$\mathbf{y}=\left[y_1, y_2, \cdots, y_{N_R}\right]^{\mathrm{T}}$$

다중안테나 무선 통신 시스템에서 채널을 모델링하는 경우, 채널은 송수신 안테나 인덱스에 따라 구분될 수 있다. 송신 안테나 j로부터 수신 안테나 i를 거치는 채널을 h_{ij}로 표시하기로 한다. h_{ij}에서, 인덱스의 순서가 수신 안테나 인덱스가 먼저, 송신 안테나의 인덱스가 나중임에 유의한다.

도 8(b)에 N_T 개의 송신 안테나에서 수신 안테나 i로의 채널을 도시하였다. 상기 채널을 묶어서 벡터 및 행렬 형태로 표시할 수 있다. 도 8(b)에서, 총 N_T 개의 송신 안테나로부터 수신 안테나 i로 도착하는 채널은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

【수학식 7】

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

따라서, N_T 개의 송신 안테나로부터 N_R 개의 수신 안테나로 도착하는 모든 채널은 다음과 같이 표현될 수 있다.

【수학식 8】

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

실제 채널에는 채널 행렬 $\mathbf{H}$를 거친 후에 백색잡음(AWGN; Additive White Gaussian Noise)이 더해진다. N_R 개의 수신 안테나 각각에 더해지는 백색잡음 $n_1, n_2, \cdots, n_{N_R}$은 다음과 같이 표현될 수 있다.

【수학식 9】

$$\mathbf{n} = \left[n_1, n_2, \cdots, n_{N_R}\right]^{\mathrm{T}}$$

상술한 수식 모델링을 통해 수신신호는 다음과 같이 표현될 수 있다.

【수학식 10】

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

한편, 채널 상태를 나타내는 채널 행렬 $\mathbf{H}$의 행과 열의 수는 송수신 안테나의 수에 의해 결정된다. 채널 행렬 $\mathbf{H}$에서 행의 수는 수신 안테나의 수 N_R과 같고, 열의 수는 송신 안테나의 수 N_T와 같다. 즉, 채널 행렬 $\mathbf{H}$는 행렬이 $N_R \times$

N_T된다.

행렬의 랭크(rank)는 서로 독립인(independent) 행 또는 열의 개수 중에서 최소 개수로 정의된다. 따라서, 행렬의 랭크는 행 또는 열의 개수 보다 클 수 없다. 채널 행렬 $\mathbf{H}$의 랭크($rank(\mathbf{H})$)는 다음과 같이 제한된다.

【수학식 11】

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

랭크의 다른 정의는 행렬을 고유치 분해(Eigen value decomposition) 하였을 때, 0이 아닌 고유치들의 개수로 정의할 수 있다. 유사하게, 랭크의 또 다른 정의는 특이치 분해(singular value decomposition) 하였을 때, 0이 아닌 특이치들의 개수로 정의할 수 있다. 따라서, 채널 행렬에서 랭크의 물리적인 의미는 주어진 채널에서 서로 다른 정보를 보낼 수 있는 최대 수라고 할 수 있다.

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

참조 신호 (Reference Signal; RS)

무선 통신 시스템에서 패킷을 전송할 때, 전송되는 패킷은 무선 채널을 통해서 전송되기 때문에 전송과정에서 신호의 왜곡이 발생할 수 있다. 왜곡된 신호를 수신측에서 올바로 수신하기 위해서는 채널 정보를 이용하여 수신 신호에서

왜곡을 보정하여야 한다. 채널 정보를 알아내기 위해서, 송신측과 수신측에서 모두 알고 있는 신호를 전송하여, 상기 신호가 채널을 통해 수신될 때의 왜곡 정도를 가지고 채널 정보를 알아내는 방법을 주로 사용한다. 상기 신호를 파일럿 신호 (Pilot Signal) 또는 참조 신호 (Reference Signal)라고 한다.

다중안테나를 사용하여 데이터를 송수신하는 경우에는 각 송신 안테나와 수신 안테나 사이의 채널 상황을 알아야 올바른 신호를 수신할 수 있다. 따라서, 각 송신 안테나 별로 별도의 참조 신호가 존재하여야 한다.

하향링크 참조신호는 셀 내의 모든 단말이 공유하는 공용 참조신호 (Common Reference Signal; CRS)와 특정 단말만을 위한 전용 참조신호 (Dedicated Reference Signal; DRS)가 있다. 이러한 참조신호들에 의해 채널 추정 및 복조를 위한 정보가 제공될 수 있다.

수신측(단말)은 CRS로부터 채널의 상태를 추정하여 CQI(Channel Quality Indicator), PMI(Precoding Matrix Index) 및/또는 RI(Rank Indicator)와 같은 채널 품질과 관련된 지시자를 송신측(기지국)으로 피드백할 수 있다. CRS는 셀-특정(cell-specific) 참조신호라 불릴 수도 있다. 또는 CQI/PMI/RI 와 같은 채널 상태 정보(Channel State Information; CSI)의 피드백과 관련된 RS를 별도로 CSI-RS로 정의할 수도 있다.

한편, DRS는 PDSCH 상의 데이터의 복조가 필요한 경우에 해당 RE를 통하여 전송될 수 있다. 단말은 상위계층으로부터 DRS의 존재 여부에 대하여 지시받을 수 있고, 해당 PDSCH가 매핑된 경우에만 DRS가 유효하다는 것에 대하여 지시받을 수 있다. DRS는 단말-특정(UE-specific) 참조신호 또는 복조용 참조신호(Demodulation Reference Signal; DMRS)라 불릴 수도 있다.

도 9는 기존의 3GPP LTE 시스템 (예를 들어, 릴리즈-8)에서 정의하는 CRS 및 DRS가 하향링크 자원블록 상에 매핑되는 패턴을 나타내는 도면이다. 참조신호가 매핑되는 단위로서의 하향링크 자원블록은 시간 상으로 하나의 서브프레임 × 주파수 상으로 12 부반송파의 단위로 표현될 수 있다. 즉, 하나의 자원블록은 시간 상으로 일반 CP의 경우(도 9(a))에는 14 개의 OFDM 심볼 길이, 확장된 CP의 경우(도 9(b))에는 12 개의 OFDM 심볼 길이를 가진다.

도 9는 기지국이 4 개의 전송 안테나를 지원하는 시스템에서 참조신호의 자원블록 상 위치를 나타낸다. 도 9에서 '0', '1', '2' 및 '3' 으로 표시된 자원 요소(RE)는, 각각 안테나 포트 인덱스 0, 1, 2 및 3에 대한 CRS의 위치를 나타낸다. 한편, 도 9에서 'D'로 표시된 자원 요소는 DRS의 위치를 나타낸다.

이하에서는 CRS에 대하여 구체적으로 설명한다.

CRS는 물리 안테나단의 채널을 추정하기 위해 사용되며, 셀 내에 있는 모든 단말(UE)들이 공통적으로 수신할 수 있는 참조신호로서, 전대역에 걸쳐 분포한다. CRS는 채널 상태 정보 (CSI) 획득 및 데이터 복조의 목적으로 사용될 수 있다.

CRS는 송신측(기지국)의 안테나 구성에 따라 다양한 형태로 정의된다. 3GPP LTE (예를 들어, 릴리즈-8) 시스템은 다양한 안테나 구성(Antenna configuration)을 지원하며, 하향링크 신호 송신측(기지국)은 단일 안테나, 2 전송 안테나, 4 전송 안테나 등 3 종류의 안테나 구성을 가진다. 기지국이 단일 안테나 전송을 하는 경우에는 단일 안테나 포트를 위한 참조신호가 배치된다. 기지국이 2 안테나 전송을 하는 경우에는 2개의 안테나 포트를 위한 참조신호가 시간분할다중화(Time Division Multiplexing) 및/또는 주파수분할다중화(Frequency

Division Multiplexing) 방식으로 배치된다. 즉, 2 개의 안테나 포트를 위한 참조 신호가 상이한 시간 자원 및/또는 상이한 주파수 자원에 배치되어 서로 구별될 수 있다. 또한, 기지국이 4 안테나 전송을 하는 경우에는 4개의 안테나 포트를 위한 참조신호가 TDM/FDM 방식으로 배치된다. CRS를 통해 하향링크 신호 수신측 (단말)에 의하여 추정된 채널 정보는 단일 안테나 전송(Single Antenna Transmission), 전송 다이버시티(Transmit diversity), 폐-루프 공간 다중화 (Closed-loop Spatial multiplexing), 개-루프 공간 다중화(Open-loop Spatial multiplexing), 다중-사용자(Multi-User) MIMO(MU-MIMO) 등의 전송 기법으로 송신된 데이터의 복조를 위해 사용될 수 있다.

다중 안테나를 지원하는 경우, 어떤 안테나 포트에서 참조신호를 전송할 때에 참조신호 패턴에 따라 지정된 자원요소(RE) 위치에 참조신호를 전송하고, 다른 안테나 포트를 위해 지정된 자원요소(RE) 위치에는 어떠한 신호도 전송하지 않는다.

CRS가 자원 블록 상에 매핑되는 규칙은 아래의 수식 12에 따른다.

【수학식 12】

$$k = 6m + (v + v_{\text{shift}}) \bmod 6$$

$$l = \begin{cases} 0, N_{\text{symb}}^{\text{DL}} - 3 & \text{if } p \in \{0,1\} \\ 1 & \text{if } p \in \{2,3\} \end{cases}$$

$$m = 0,1,\ldots,2 \cdot N_{\text{RB}}^{\text{DL}} - 1$$

$$m' = m + N_{\text{RB}}^{\max,\text{DL}} - N_{\text{RB}}^{\text{DL}}$$

$$v = \begin{cases} 0 & \text{if } p = 0 \text{ and } l = 0 \\ 3 & \text{if } p = 0 \text{ and } l \neq 0 \\ 3 & \text{if } p = 1 \text{ and } l = 0 \\ 0 & \text{if } p = 1 \text{ and } l \neq 0 \\ 3(n_s \bmod 2) & \text{if } p = 2 \\ 3 + 3(n_s \bmod 2) & \text{if } p = 3 \end{cases}$$

$$v_{\text{shift}} = N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \bmod 6$$

수식 12에서, k 는 부반송파 인덱스이고, l은 심볼 인덱스이며, p는 안테나 포트 인덱스이다. N_{symb}^{DL} 는 하나의 하향링크 슬롯의 OFDM 심볼의 개수이고, N_{RB}^{DL} 는 하향링크에 할당된 자원블록의 개수이고, n_s 는 슬롯 인덱스이고, N_{ID}^{cell} 는 셀 ID를 의미한다. mod 는 모듈러 연산을 의미한다. 주파수 영역에서 참조신호의 위치는 V_{shift} 값에 의존한다. V_{shift} 값은 또한 셀 ID에 의존하므로, 참조신호의 위치는 셀 별로 상이한 주파수 시프트 값을 가지게 된다.

구체적으로는, CRS를 통한 채널 추정 성능을 높이기 위해 셀 별로 CRS의 주파수 영역 상의 위치를 시프트(shift)시켜 다르게 할 수 있다. 예를 들어, 참조신호가 3 부반송파 마다 위치하는 경우에, 어떤 셀은 3k 의 부반송파 상에, 다른 셀은 3k+ 1의 부반송파 상에 배치 되도록 할 수 있다. 하나의 안테나 포트의 관점에서 참조신호는 주파수 영역에서 6 RE 간격(즉, 6 부반송파 간격)으로 배치되고, 다른 안테나 포트를 위한 참조신호가 배치되는 RE 와는 주파수 영역에서 3 RE 간격을 유지한다.

또한, CRS에 대해서 전력 부스팅(power boosting)이 적용될 수 있다. 전력 부스팅이란, 하나의 OFDM 심볼의 자원요소(RE)들 중 참조신호를 위해 할당된 RE가 아닌 다른 RE로부터 전력을 가져와서 참조신호를 보다 높은 전력으로

전송하는 것을 의미한다.

시간 영역에서 참조신호 위치는 각 슬롯의 심볼 인덱스 (l) 0을 시작점으로 하여 일정한 간격으로 배치된다. 시간 간격은 CP 길이에 따라 다르게 정의된다. 일반 CP 경우는 슬롯의 심볼 인덱스 0 및 4에 위치하며, 확장된 CP 경우는 슬롯의 심볼 인덱스 0 및 3에 위치한다. 하나의 OFDM 심볼에는 최대 2개의 안테나 포트를 참조신호만이 정의된다. 따라서 4 전송 안테나 전송 시, 안테나 포트 0 및 1을 위한 참조신호는 슬롯의 심볼 인덱스 0 및 4 (확장된 CP 경우는 심볼 인덱스 0 및 3)에 위치하며, 안테나 포트 2 및 3을 위한 참조신호는 슬롯의 심볼 인덱스 1에 위치한다. 단, 안테나 포트 2 및 3을 위한 참조신호의 주파수 위치는 2 번째 슬롯에서는 서로 스위칭된다.

기존의 3GPP LTE (예를 들어, 릴리즈-8) 시스템보다 높은 스펙트럼 효율성(Spectral Efficiency)를 지원하기 위하여, 확장된 안테나 구성을 갖는 시스템 (예를 들어, LTE-A 시스템)을 설계할 수 있다. 확장된 안테나 구성은, 예를 들어, 8개의 전송 안테나 구성일 수 있다. 이러한 확장된 안테나 구성을 갖는 시스템에서 기존의 안테나 구성에서 동작하는 단말들을 지원, 즉, 역방향 호환성 (backward compatibility)을 지원할 필요가 있다. 따라서, 기존의 안테나 구성에 따른 참조신호 패턴을 지원하고, 추가적인 안테나 구성에 대한 새로운 참조신호 패턴을 설계할 필요가 있다. 여기서, 기존의 안테나 구성을 가진 시스템에 새로운 안테나 포트를 위한 CRS를 추가하게 되면 참조신호 오버헤드가 급격하게 증가하여 데이터 전송률을 떨어뜨리는 단점이 있다. 위와 같은 사항을 고려하여 3GPP LTE의 진화인 LTE-A(Advanced) 시스템에서는 새로운 안테나 포트를 위한 채널 상태 정보(CSI) 측정을 위한 별도의 참조신호 (CSI-RS)가 도입될 수 있다.

이하에서는 DRS에 대하여 구체적으로 설명한다.

DRS (또는 단말-특정 참조신호)는 데이터 복조를 위해 사용되는 참조신호로, 다중안테나 전송을 할 때 특정 단말에 사용되는 프리코딩 가중치를 참조신호에도 그대로 사용함으로써 단말이 참조신호를 수신했을 때에 각 송신안테나에서 전송되는 프리코딩 가중치와 전송 채널이 결합된 균등 채널(Equivalent channel)을 추정할 수 있도록 한다.

기존의 3GPP LTE 시스템 (예를 들어, 릴리즈-8)은 최대 4 송신 안테나 전송을 지원하고, 랭크 1 빔포밍을 위한 DRS가 정의되어 있다. 랭크 1 빔포밍을 위한 DRS는 안테나 포트 인덱스 5 에 대한 참조신호로 표시되기도 한다. DRS가 자원블록 상에 매핑되는 규칙은 아래의 수식 13 및 14에 따른다. 수식 13은 일반 CP의 경우에 대한 것이고, 수식 14는 확장된 CP의 경우에 대한 것이다.

【수학식 13】

$$k = (k') \bmod N_{sc}^{RB} + N_{sc}^{RB} \cdot n_{PRB}$$

$$k' = \begin{cases} 4m' + v_{shift} & \text{if } l \in \{2,3\} \\ 4m' + (2 + v_{shift}) \bmod 4 & \text{if } l \in \{5,6\} \end{cases}$$

$$l = \begin{cases} 3 & l' = 0 \\ 6 & l' = 1 \\ 2 & l' = 2 \\ 5 & l' = 3 \end{cases}$$

$$l' = \begin{cases} 0,1 & \text{if } n_s \bmod 2 = 0 \\ 2,3 & \text{if } n_s \bmod 2 = 1 \end{cases}$$

$$m' = 0,1,\ldots,3N_{RB}^{PDSCH} - 1$$

$$v_{\text{shift}} = N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \bmod 3$$

【수학식 14】

$$k = (k') \bmod N_{sc}^{\text{RB}} + N_{sc}^{\text{RB}} \cdot n_{\text{PRB}}$$

$$k' = \begin{cases} 3m' + v_{\text{shift}} & \text{if } l = 4 \\ 3\text{m}' + (2 + v_{\text{shift}}) \bmod 3 & \text{if } l = 1 \end{cases}$$

$$l = \begin{cases} 4 & l' \in \{0,2\} \\ 1 & l' = 1 \end{cases}$$

$$l' = \begin{cases} 0 & \text{if } n_s \bmod 2 = 0 \\ 1,2 & \text{if } n_s \bmod 2 = 1 \end{cases}$$

$$m' = 0,1,\ldots,4N_{\text{RB}}^{\text{PDSCH}} - 1$$

$$v_{\text{shift}} = N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \bmod 3$$

수식 13 및 14에서, k 는 부반송파 인덱스이고, l은 심볼 인덱스이며, p는 안테나 포트 인덱스이다. N_{SC}^{RB} 는 주파수 영역에서 자원 블록 크기를 나타내며 부반송파의 개수로 표현된다. n_{PRB} 는 물리자원블록 넘버를 나타낸다. N_{RB}^{PDSCH} 는 대응하는 PDSCH 전송의 자원 블록의 대역폭을 나타낸다. n_s 는 슬롯 인덱스이고, N_{ID}^{cell} 는 셀 ID를 의미한다. mod 는 모듈러 연산을 의미한다. 주파수 영역에서 참조신호의 위치는 V_{shift} 값에 의존한다. V_{shift} 값은 또한 셀 ID에 의존하므로, 참조신호의 위치는 셀 별로 상이한 주파수 시프트 값을 가지게 된다.

한편, LTE 시스템의 진화 발전된 형태의 LTE-A 시스템에서는, 하향링크

에서 최대 8개의 송신 안테나를 지원할 수 있다. 따라서, 최대 8개 송신 안테나에 대한 RS 역시 지원되어야 한다. LTE 시스템에서의 하향링크 RS는 최대 4개의 안테나 포트에 대해서만 정의되어 있으므로, LTE-A 시스템에서 기지국이 4개 이상 최대 8개의 하향 링크 송신 안테나를 가질 경우 이들 안테나 포트들에 대한 RS가 추가적으로 정의되어야 한다. 최대 8개의 송신 안테나 포트에 대한 RS로서, 채널 측정을 위한 RS와 데이터 복조를 위한 RS 두 가지가 모두 고려되어야 한다.

LTE-A 시스템을 설계함에 있어서 중요한 고려 사항 중 하나는 역방향 호환성(backward compatibility)이다. 역방향 호환성이란, 기존의 LTE 단말이 LTE-A 시스템에서도 올바르게 동작하도록 지원하는 것을 의미한다. RS 전송 관점에서 보았을 때, LTE 표준에서 정의되어 있는 CRS가 전 대역으로 매 서브프레임마다 전송되는 시간-주파수 영역에 최대 8개의 송신 안테나 포트에 대한 RS를 추가하는 경우, RS 오버헤드가 지나치게 커지게 된다. 따라서, 최대 8 안테나 포트에 대한 RS를 새롭게 설계함에 있어서 RS 오버헤드를 줄이는 것이 고려되어야 한다.

LTE-A 시스템에서 새롭게 도입되는 RS는 크게 2 가지로 분류할 수 있다. 그 중 하나는 최대 8 개의 전송 안테나를 통해 전송되는 데이터를 복조하기 위한 목적의 RS 인 복조-참조신호(DeModulation RS; DM RS)이다. 만약 어떤 하향링크 서브프레임 상에서 데이터가 전송되는 경우에는, 데이터 전송이 스케줄링된 단말에게 전용으로(dedicated) DM RS가 전송된다. 특정 단말 전용의 DM RS는, 해당 단말이 스케줄링된 자원영역, 즉 해당 단말에 대한 데이터가 전송되는 시간-주파수 영역에서만 전송되도록 설계될 수 있다. 다른 하나는, 전송 랭크, 변조및코딩기법(Modulation and Coding Scheme; MCS), 프리코딩행렬지시자

(Precoding Matrix Index; PMI) 등의 선택을 위한 채널 측정 목적의 RS인 채널 상태정보-참조신호(Channel State Information RS; CSI-RS)이다.

채널 측정 목적의 CSI-RS는, 기존의 LTE 시스템에서의 CRS가 채널 측정, 핸드오버 등의 측정 등의 목적과 동시에 데이터 복조를 위해 사용되는 것과 달리, 채널 측정 위주의 목적을 위해서 설계되는 특징이 있다. 물론 CSI-RS 역시 핸드오버 등의 측정 등의 목적으로도 사용될 수도 있다. CSI-RS가 채널 상태에 대한 정보를 얻는 목적으로만 전송되므로, 기존의 LTE 시스템에서의 CRS와 달리, 매 서브프레임마다 전송되지 않아도 된다. 따라서, CSI-RS의 오버헤드를 줄이기 위하여 CSI-RS는 시간 축 상에서 간헐적으로(예를 들어, 주기적으로) 전송되도록 설계될 수 있다.

도 10 은 LTE-A 시스템에서 정의되는 CSI-RS 패턴의 예시들을 나타내는 도면이다. 도 10에서는 하향링크 데이터가 전송되는 하나의 자원블록(일반 CP의 경우, 시간 상으로 14 개의 OFDM 심볼 × 주파수 상으로 12 부반송파) 상에서 CSI-RS 가 전송되는 자원요소의 위치를 나타낸다. 어떤 하향링크 서브프레임에서 도 10(a) 내지 10(e) 중 하나의 CSI-RS 패턴이 이용될 수 있다. CSI-RS는 LTE-A 시스템에서 추가적으로 정의되는 8 개의 안테나 포트(안테나 포트 인덱스 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 및 22) 에 대하여 전송될 수 있다. 서로 다른 안테나 포트에 대한 CSI-RS 는 상이한 주파수 자원(부반송파) 및/또는 상이한 시간 자원(OFDM 심볼)에 위치하는 것으로 구분될 수 있다(즉, FDM 및/또는 TDM 방식으로 다중화될 수 있다). 또한, 동일한 시간-주파수 자원 상에 위치하는 서로 다른 안테나 포트에 대한 CSI-RS 들은 서로 직교 코드(orthogonal code)에 의해서 구분될 수 있다(즉, CDM 방식으로 다중화될 수 있다). 도 10(a) 의 예시에서

CSI-RS CDM 그룹 1 로 표시된 자원요소(RE) 들에는 안테나 포트 15 및 16 에 대한 CSI-RS 들이 위치할 수 있고, 이들은 직교 코드에 의해 다중화될 수 있다. 도 10(a) 의 예시에서 CSI-RS CDM 그룹 2 로 표시된 자원요소들에는 안테나 포트 17 및 18 에 대한 CSI-RS 들이 위치할 수 있고, 이들은 직교 코드에 의해 다중화될 수 있다. 도 10(a) 의 예시에서 CSI-RS CDM 그룹 3 으로 표시된 자원요소들에는 안테나 포트 19 및 20 에 대한 CSI-RS 들이 위치할 수 있고, 이들은 직교 코드에 의해 다중화될 수 있다. 도 10(a) 의 예시에서 CSI-RS CDM 그룹 4 로 표시된 자원요소들에는 안테나 포트 21 및 22 에 대한 CSI-RS 들이 위치할 수 있고, 이들은 직교 코드에 의해 다중화될 수 있다. 도 10(a)를 기준으로 설명한 동일한 원리가 도 10(b) 내지 10(e)에 적용될 수 있다.

도 9 및 10 RS 패턴들은 단지 예시적인 것이며, 본 발명의 다양한 실시예들을 적용함에 있어서 특정 RS 패턴에 한정되는 것이 아니다. 즉, 도 9 및 10 과 다른 RS 패턴이 정의 및 사용되는 경우에도 본 발명의 다양한 실시예들은 동일하게 적용될 수 있다.

채널 상태 정보(CSI) 피드백

MIMO 기법을 올바르게 수행하기 위해서, 수신단은 랭크 지시자(RI), 프리코딩행렬지시자(PMI) 및 채널품질지시자(CQI)를 송신단으로 피드백할 수 있다. 이들 RI, PMI 및 CQI 를 통칭하여 채널상태정보(Channel Status Information; CSI)라고 할 수 있다. 채널상태정보를 생성 및 계산하기 위해서 수신단은 송신단으로부터의 참조신호(CRS 또는 CSI-RS)를 이용하여 채널을 추정할 수 있다.

RI는 채널 랭크에 대한 정보이다. 채널의 랭크는 서로 다른 정보를 보낼

수 있는 레이어의 최대 개수를 의미한다. RI는 할당된 전송 레이어의 개수로부터 결정되며, 관련된 하향링크제어정보(DCI)로부터 획득될 수 있다.

PMI는 송신단으로부터의 전송에 이용되는 프리코딩행렬에 대한 정보이다. 프리코딩이란 전송 레이어를 전송 안테나에 매핑시키는 것을 의미하며, 프리코딩 행렬에 의해 레이어-안테나 매핑 관계가 결정될 수 있다. 프리코딩 정보의 피드백 오버헤드를 줄이기 위해서, 송신단과 수신단이 여러 가지 프리코딩행렬을 포함하는 코드북을 미리 공유하고 있고, 해당 코드북에서 특정 프리코딩행렬을 지시하는 인덱스만을 피드백하는 방식이 사용될 수 있다.

CQI는 채널 품질을 나타내는 정보이다. CQI는 미리 결정된 MCS 조합으로서 표현될 수 있다. 즉, 피드백되는 CQI 인덱스는 해당하는 변조기법(modulation scheme) 및 코드 레이트(code rate)를 나타낸다.

단말이 상향링크 제어 채널을 통해 CSI를 피드백하는 구체적인 방법을 CSI 설정 정보(configuration)라 한다. 예를 들면, CSI 설정 정보는 CSI를 피드백하는 시점, 주기, 오프셋, 순서 및 채널 등을 포함할 수 있다.

도 11은 Non-CoMP 시스템에서의 CSI 피드백의 일례를 나타내는 도면이다. 구체적으로, 도 11은 단말이 5ms의 주기로 PUCCH 포맷 2의 컨테이너를 이용하여 CSI를 피드백하는 예를 도시한다. 또한, 도 11의 CSI 설정 정보에 따르면 첫번째 컨테이너에 RI를 전송하고, 두번째 내지 네번째 컨테이너에 각각 PMI 및 CQI를 전송하는 순서로 CSI를 피드백한다.

한편, 확장된 안테나 구성을 지원하는 시스템(예를 들어, LTE-A 시스템)을 위해서 새로운 CSI가 적용될 수 있다. 예를 들어, 수신단이 피드백하는 프리코딩 정보가 2 개의 PMI 의 조합에 의해서 지시될 수 있다. 2 개의 PMI 중 하나

(제 1 PMI)는 W1(또는, 제2 타입 PMI)으로 지칭되고, 다른 하나(제 2 PMI)는 W2(또는, 제1 타입 PMI)로 지칭될 수 있다. W1 및 W2 의 조합(또는 함수)에 의해서 최종적인 PMI 가 결정될 수 있다. 예를 들어, 최종 PMI 를 W 라 하면, W=W1*W2 또는 W=W2*W1 과 같이 정의될 수 있다.

또한, RI와 W1은 채널의 주파수 또는 시간상 평균적인 특성을 반영한다. 다시 말하면, RI 및 W1 는, 주파수 영역에서 광대역(wideband)의 채널 특성을 반영하고, 시간 영역에서 장기간(long term)의 채널 특성을 반영할 수 있다. RI 및 W1 의 이러한 특성을 간략하게 표현하기 위해서, 본 문서에서는 RI 및 W1 를 장기간-광대역 속성의 CSI 라 칭한다. 다시 말하자면, 본 문서에서 장기간-광대역 속성의 CSI 라는 용어는, 시간 상에서 장기간 채널의 특성을 반영하는 CSI, 주파수 상에서 광대역 채널의 특성을 반영하는 CSI, 또는 시간상에서 장기간인 동시에 주파수 상에서 광대역 채널의 특성을 반영하는 CSI 임을 의미한다.

또한, W2 및 CQI 는 RI 및 W1 에 기초하여 결정되며, RI 및 W1 에 비하여 상대적으로 순간적인(instantaneous) 채널 특성을 반영한다. 다시 말하자면, W2 및 CQI 는 주파수 영역에서 서브대역(subband)의 채널 특성을 반영하고, 시간 영역에서 단기간(short term)의 채널 특성을 반영할 수 있다. W2 및 CQI 의 이러한 특성을 간략하게 표현하기 위해서, 본 문서에서는 W2 및 CQI 를 단기간-서브대역 속성의 CSI라 칭한다. 다시 말하자면, 본 문서에서 단기간-서브대역 속성의 CSI 라는 용어는, 시간 상에서 단기간 채널의 특성을 반영하는 CSI, 주파수 상에서 서브대역 채널의 특성을 반영하는 CSI, 또는 시간상에서 단기간인 동시에 주파수 상에서 서브대역 채널의 특성을 반영하는 CSI 임을 의미한다.

이와 같이, LTE-A 시스템에서의 CSI는 RI, W1, W2 및 CQI 포함할 수

있으며, 이에 따라 각각의 피드백 정보를 송수신하는 새로운 방안이 정의될 필요가 있다. 이와 관련한 본 발명의 구체적인 실시예들에 대하여 후술하여 설명한다.

CoMP 시스템에서의 CSI 피드백

CoMP 시스템에서 단말은 다중 셀로부터의 하향링크 채널을 수신할 수 있으며, 각각의 셀로부터의 하향링크 채널에 대한 CSI를 피드백할 수 있다. 이하에서는 CoMP 동작에 참여하거나 참여가능한 셀을 CoMP 셀이라고 칭한다. 또한, CoMP 동작에 따른 송수신을 수행하거나 수행가능한 단말을 CoMP 단말이라고 칭한다. 이하의 예시들에서는 설명의 편의를 위하여 CoMP 동작에 참여하는 셀의 개수가 2개인 경우를 예시적으로 설명하지만, 본 발명의 범위가 이에 제한되는 것은 아니며, 3개 이상의 CoMP 셀이 존재하는 경우에도 본 발명에서 설명하는 원리가 동일하게 적용될 수 있다.

도 12는 CoMP 시스템에서의 CSI 피드백의 일례를 나타내는 도면이다. 단말은 각각의 CoMP 셀에 대한 CSI 를 피드백함에 있어서, 서빙 셀에 대한 CSI 전송 방식과 동일한 방식으로 CoMP 동작에 참여하는 인접 셀(또는 이웃 셀 (neighboring eNB))에 대한 CSI 를 전송할 수 있다. 예를 들어, 하나의 이웃 셀이 CoMP 동작에 참여한다고 가정할 때, CoMP 단말은 서빙 셀과 이웃 셀 각각에 대해 동일한 형태(format)의 CSI를 계산하여 피드백할 수 있다. CoMP 단말과 이웃 셀 간에 무선 채널이 존재할 경우, CoMP 단말은 이웃 셀에 대한 CSI를 직접 해당 이웃 셀에게 피드백할 수 있다. 또는, 도 12에서 도시하는 바와 같이 서빙 셀에 의해 서빙받는 단말이 이웃 셀에 대한 CSI(RI, W1, W2, CQI)를 서빙 셀에게 피드백할 수도 있다. 이 경우, 백홀 링크를 통해서 단말이 피드백한 CSI 정

보가 셀 간에 공유될 수 있다.

이때, CoMP 시스템에서 단말은 서빙 셀뿐만 아니라 이웃 셀에 대한 CSI도 피드백하여 페이로드가 증가되므로, 도11과 같은 CSI 설정 정보에 따른 Non-CoMP 시스템의 CSI 피드백 방법을 CoMP 시스템에서 이용하기 어렵다.

CoMP 시스템에서의 CSI 설정 정보

이하에서는, CoMP 시스템에서 페이로드가 증가된 CSI를 효과적으로 피드백하기 위한 CSI 설정 정보를 설명한다.

먼저, 단말은 CSI가 전송되는 컨테이너의 페이로드 사이즈를 증가시켜 CSI를 피드백할 수 있다. 도 13은 컨테이너의 페이로드 사이즈를 증가시킨 CSI 피드백의 일례를 나타내는 도면이다. 도 13을 참조하면, 단말은 컨테이너의 페이로드 사이즈를 증가시키는 CSI 설정 정보에 따라 서빙 셀에 대한 CSI 및 인접 셀에 대한 CSI를 함께 전송할 수 있다. 예를 들면, 단말은 Non-CoMP 시스템에서 이용되는 PUCCH 포맷 2의 컨테이너보다 페이로드 사이즈가 큰 PUCCH 포맷 3의 컨테이너를 이용하여 CSI를 피드백할 수 있다. 또한, 도 13은 첫번째 컨테이너에 서빙 셀 및 인접 셀의 RI(RI1 및 RI2)를 전송하고, 두번째 내지 네번째 컨테이너에 각각 서빙 셀 및 인접 셀의 PMI 및 CQI(PMI1, CQI1, PMI2 및 CQI2)를 전송하는 순서로 피드백하는 일례를 도시한다.

다음으로, 단말은 서빙 셀 및 인접 셀의 CSI를 별도로 전송하는 CSI 설정 정보를 이용할 수 있다. 도 14는 서빙 셀과 인접 셀의 CSI를 교대로 전송하는 CSI 피드백의 일례를 나타내는 도면이다. 도 14를 참조하면, 단말은 홀수번째 컨테이너에 서빙 셀에 대한 CSI(RI1, PMI1, CQI1)를 전송하고, 짝수번째 컨테이너

에 인접 셀에 대한 CSI(RI2, PMI2, CQI2)를 전송할 수 있다. 도 14는 단말이 동일한 주기로, 서빙 셀 및 인접 셀에 대한 CSI를 교대로 전송하는 CSI 설정 정보의 일례를 도시하지만, 이에 국한되지 않고 서빙 셀 및 인접 셀에 대한 CSI를 전송하는 주기 및 순서는 다르게 설정될 수 있다.

다음으로, 단말은 서빙 셀과 인접 셀의 CSI를 연속된 서브프레임에서 전송하는 CSI 설정 정보에 따라 CSI를 피드백할 수 있다. 도 14의 CSI 설정 정보에 따르면, 기지국은 CoMP에 필요한 CSI를 모두 수신할 때까지 스케쥴링을 지연시킨다. 예를 들면, 도14의 서브 프레임 10에서 기지국은 서빙 셀에 대한 CSI를 수신하였지만, CoMP를 위하여 인접 셀에 대한 CSI를 수신하는 서브 프레임 15까지 기다려야 한다. 이 경우, 지연된 시간 동안 서빙 셀의 채널 상태가 변화되어 CoMP 성능이 저하될 수 있다. 또한, 인접 셀에 대한 CSI를 수신하기 위하여 기다리는 대신 직전에 수신한 인접 셀에 대한 CSI를 이용할 수 있지만, 이 경우에도 시간이 지난 CSI를 이용하는 것이므로 CoMP 성능이 저하될 수 있다. 따라서, 단말은 서빙 셀 및 인접 셀의 CSI를 연속된 서브 프레임에서 전송하여 상기 문제점을 완화할 수 있다.

먼저, 서빙 셀 및 인접 셀에 대한 하나의 CSI 설정 정보에 따라 연속된 서브프레임을 이용하여 CSI를 피드백할 수 있다. 또는, 서빙 셀에 대한 CSI 설정 정보 및 인접 셀에 대한 CSI 설정 정보를 각각 이용하되, 두 CSI 설정 정보의 주기는 동일하고, 오프셋 차이는 1이 되도록 종속적으로 설정하여, 연속된 서브프레임에서 CSI를 피드백할 수 있다. 도 15는 서빙 셀 및 인접 셀의 CSI를 연속된 서브 프레임을 이용하여 전송하는 CSI 피드백의 일례를 나타내는 도면이다. 도 15를 참조하면, 단말은 연속된 서브프레임 0 및 1, 10 및 11 등에서 서빙 셀에

대한 CSI 및 인접 셀에 대한 CSI를 전송한다. 또한, 도 15는 단말이 서빙 셀에 대한 CSI를 먼저 전송하는 예를 도시하지만, 서빙 셀 및 인접 셀에 대한 CSI를 전송하는 순서는 변경될 수 있다. 서빙 셀 및 인접 셀에 대한 CSI를 전송하는 순서를 고정하면 항상 먼저 보낸 CSI가 하나의 서브 프레임 동안 지연되어 이용되므로, 단말은 순서를 변경하여 시간 지연을 여러 셀에 분산할 수 있다.

한편, 서빙 셀 및 인접 셀에 대한 CSI가 하나의 제어 채널을 통해 전송될 때, 기지국은 전송되는 CSI가 어느 셀에 대한 것인지 식별할 수 있어야 한다. 예를 들면, 서빙 셀 및 인접 셀에 대한 CSI를 피드백 하는 주기 및 순서를, 기지국이 결정하여 단말에게 전송하거나, 단말이 결정하여 기지국에 전송할 수 있다. 단말이 피드백 주기 및 순서를 결정하여 기지국에 알리는 경우, 단말은 일부 셀에 대한 CSI는 전송하지 않을 수 있으므로, 전송되는 CSI가 어느 셀에 대한 것인지도 알려줄 필요가 있다. 이처럼 단말이 CSI를 전송할 때마다 CSI 셀 정보, 피드백 주기 및 순서를 같이 전송한다면 과도한 부하가 발생될 수 있다.

상기 부하를 감소시키기 위하여, 단말은 새로운 피드백 설정 정보를 기지국으로 전송할 수 있다. 예를 들면, 새로운 피드백 설정 정보는 단말이 피드백 하는 CSI 셀 세트(reporting csi set), 각 셀의 피드백 순서(csi order) 및 피드백 주기(csi periodicity) 등을 포함할 수 있다. 도 16은 CSI 설정 정보를 전송하는 CSI 피드백의 일례를 나타내는 도면이다. 도 16을 참조하면, 단말은 피드백 하는 셀 세트 정보로 (CSI 1, CSI2), 피드백 주기로 (CSI 1 = 10ms, CSI 2 = 10ms), 피드백 순서로 (CSI1, CSI 2)를 가지는 피드백 설정 정보에 따른 정보를 서브 프레임 5에서 전송하고, 이후 40 서브 프레임의 주기로 전송할 수 있다. 이때, 피드백 설정 정보에 따른 정보는 도16과 같이 서빙 셀에 대한 RI의 전송을 생략한 경우

생략되는 시점에 전송될 수 있으며, 이에 대한 상세한 설명은 도 20을 참조하여 아래에서 설명한다.

도 14 내지 도 15에서 설명한 CSI 설정 정보와 달리, 서빙 셀 및 인접 셀에 대한 CSI를 각각 다른 CSI 설정 정보로 전송할 수 있다. 도 17은 서빙 셀 및 인접 셀에 대한 CSI를 각각 다른 CSI 설정 정보로 전송하는 일례를 나타내는 도면이다. 이때, 제1 CSI 설정 정보 및 제2 CSI 설정 정보는 일부 설정을 공유할 수 있다. 즉, 인접 셀에 대한 CSI를 보고하는 설정 정보의 일부 또는 전부의 파라미터는 서빙 셀에 대한 CSI를 보고하는 설정 정보의 대응되는 파라미터와 동일한 값으로 설정될 수 있다. 예를 들면, 제1 CSI 설정 정보 및 제2 CSI 설정 정보는 피드백 주기, 오프셋, PUCCH 자원, K, H' 및 피드백 모드 중 적어도 하나를 값이 동일하게 설정될 수 있다. K는 피드백 모드가 서브밴드(sub band) 모드일 경우 밴드 부분(band part)의 사이클(cycle)을 결정하는 설정이다. H'은 PTI (Precoding Type Indicator)가 0으로 설정된 경우 숏텀(short term)/서브밴드(sub band) PMI를 전송하는 주기를 결정하는 설정이다. 피드백 모드는 주기적 또는 비주기적 피드백 모드, 주파수 선택적 또는 비선택적 피드백 모드, PUCCH 또는 PUSCH를 이용하는 피드백 모드 중에서 하나를 선택하는 설정이다. 기지국은 CSI 설정 정보를 결정하는 설정들을 포함하는 CQI 보고 설정 정보 요소(CQI-Report Config Information Element)를 RRC 시그널링을 이용하여 단말로 전송할 수 있다. 이때, 제2 CSI 설정 정보가 제1 CSI 설정 정보와 일부 파라미터를 공유하지 않는 경우, 기지국은 공유하지 않는 파라미터에 대하여만 새로운 필드를 통하여 단말로 전송할 수 있다. 즉, 기지국은 공유하는 파라미터에 대하여는 전송을 생략할 수 있다. 예를 들면, 도 17에 도시된 바와 같이, 제1 CSI 설정 정보와 제2

CSI 설정 정보가 오프셋만 다른 경우, 기지국은 제2 CSI 설정 정보의 오프셋만 CQI 보고 설정 정보 요소의 새로운 필드를 통하여 전송하고, 나머지는 제1 CSI 설정 정보의 설정을 공유하도록 할 수 있다.

CoMP 시스템의 피드백 오버헤드 감소 방법

각각의 CoMP 셀에 대해서 동일한 CSI를 피드백하는 경우에, CSI 피드백 오버헤드가 CoMP 셀의 개수에 따라서 증가하게 된다. 이러한 경우, 단말이 기지국으로의 전송에 사용할 수 있는 자원 중에서 제어 신호에 대한 오버헤드가 증가함에 따라서 데이터 전송에 사용할 수 있는 자원이 감소하게 된다. 이하에서는, 충분한 CSI 정확도를 달성하면서 피드백 오버헤드를 줄이는 효율적인 CSI 전송 방안에 대하여 구체적으로 설명한다.

전술한 바와 같이 각각의 CoMP 셀에 대해서 동일한 방식으로 CSI를 피드백하는 경우에, CSI 피드백 오버헤드가 CoMP 셀의 개수에 따라서 증가하게 된다. 이러한 경우, 단말이 기지국으로의 전송에 사용할 수 있는 자원 중에서 제어 신호에 대한 오버헤드가 증가함에 따라서 데이터 전송에 사용할 수 있는 자원이 감소하게 된다. 이하에서는, 충분한 CSI 정확도를 달성하면서 피드백 오버헤드를 줄이는 효율적인 CSI 전송 방안에 대하여 구체적으로 설명한다.

도 18은 CoMP 시스템에서의 CSI 피드백의 다른 예시를 나타내는 도면이다. 단말은 각각의 CoMP 셀에 대한 CSI 를 피드백함에 있어서, 서빙 셀에 대해서는 RI, W1, W2 및 CQI 를 피드백하고, 이웃 셀에 대해서는 W2 를 제외한 RI, W1 및 CQI 만을 피드백할 수 있다. 이 경우 이웃 셀에 대한 PMI는 W2 없이 W1 만으로 구성되므로, W1과 W2를 함께 이용한 PMI보다 양자화 오차가 클 수

있는 반면, W2 를 보내지 않는 만큼 피드백 오버헤드를 줄일 수 있다. 이웃 셀에 대한 CSI 피드백은 해당 이웃 셀이 CoMP 동작에 참여할지를 결정하고, 또한 어떤 CoMP 기법으로 동작할지를 결정하는 데에 이용된다. 즉, 이웃 셀에 대한 CSI 가 피드백되더라도 해당 이웃 셀이 반드시 CoMP 동작에 참여하지 않는 것으로 결정될 수도 있다. 따라서, 이웃 셀에 대해서 높은 피드백 오버헤드를 감수하면서까지 정확한 CSI 를 제공하는 것에 비하여, 약간의 정확성을 손해보더라도 피드백 오버헤드를 줄이는 것의 이익이 더 클 수 있다.

이와 같이, 서빙 셀에 대해서는 보다 정확한 채널 정보를 피드백 하여 MU-MIMO 이득을 충분히 얻을 수 있도록 할 수 있다. 즉, MU-MIMO 를 수행하기 위해서는 복수개의 단말에 대한 채널 상태가 보다 정확하게 피드백되는 것이 필요하며, 보다 정확한 PMI 가 피드백되는 경우에 양호한 성능의 MU-MIMO 동작이 수행될 수 있다. 또한, 협력에 참여하는 이웃 셀에 대해서는 정확도가 떨어지는 채널의 평균적 정보만을 피드백하더라도, 협력 빔포밍 또는 조인트 전송에 참여하도록 하는 데에는 충분할 수 있다.

이때 이웃 셀의 CQI 는 RI와 W1을 이용하여 계산된 장기간-광대역 속성의 CSI 에 해당할 수 있다. 즉, 이웃 셀에 대해서는 단기간-서브대역 속성의 W2 를 전송하지 않으며, 나머지 RI, W1 및 CQI 는 모두 장기간-광대역 속성의 CSI 에 해당하는 것으로 볼 수 있다. 이웃 셀에 대한 CSI가 모두 장기간-광대역 속성의 CSI에 해당하는 경우, 피드백 주기가 커지고 (즉, 덜 빈번하게 피드백되고), 보다 넓은 주파수 대역에 대한 채널 정보가 피드백된다. 결과적으로, 단위 무선 자원당 CSI 피드백 오버헤드가 줄어드는 효과를 얻을 수 있다.

CoMP 단말과 이웃 셀 간에 무선 채널이 존재할 경우, CoMP 단말은 이

웃 셀에 대한 CSI를 직접 해당 이웃 셀에게 피드백할 수 있다. 또는, 도 18 에서 도시하는 바와 같이 서빙 셀에 의해 서빙받는 단말이 이웃 셀에 대한 CSI(RI, W1 및 CQI)를 서빙 셀에게 피드백할 수도 있다. 이 경우, 백홀 링크를 통해서 단말이 피드백한 CSI 정보가 셀 간에 공유될 수 있다.

도 19는 CoMP 시스템에서의 CSI 피드백의 또 다른 예시를 나타내는 도면이다. 단말은 각각의 CoMP 셀에 대한 CSI 를 피드백함에 있어서, 서빙 셀에 대해서는 W2 를 제외한 RI, W1 및 CQI 만을 피드백하고, 이웃 셀에 대해서는 RI, W1, W2 및 CQI 를 피드백할 수 있다. 즉, 도 18 의 예시와는 반대로 서빙 셀에 대한 W2를 생략하는 피드백 방식이다.

이 경우 서빙 셀에 대한 PMI 의 정확도가 떨어지는 만큼 서빙 셀에 의하여 수행되는 MU-MIMO 이득이 낮아질 수 있다. 그러나, 약간의 정확도가 낮은 PMI 라고 하더라도, 서빙 셀이 해당 단말에 대한 SU-MIMO 을 수행하는데에는 충분할 수 있고, 또한, 이웃 셀과의 CoMP 동작을 수행하기에는 충분한 이득을 얻을 수 있다. 따라서, 서빙 셀은 SU-MIMO 방식으로 단말을 서빙하고, 이웃 셀이 조정 빔포밍(Coordinated Beamforming) 방식으로 동작할 수 있다. 이 때, 이웃 셀의 입장에서는 해당 단말이 피드백하는 높은 정확도의 PMI (즉, 이웃 셀에 대한 W1 및 W2) 를 이용해서 보다 효과적으로 서빙 셀에게 주는 간섭을 완화할 수 있다.

CoMP 단말과 이웃 셀 간에 무선 채널이 존재할 경우, CoMP 단말은 이웃 셀에 대한 CSI를 직접 해당 이웃 셀에게 피드백할 수 있다. 또는, 도 19 에서 도시하는 바와 같이 서빙 셀에 의해 서빙받는 단말이 이웃 셀에 대한 CSI(RI, W1, W2 및 CQI)를 서빙 셀에게 피드백할 수도 있다. 이 경우, 백홀 링크를 통해서 단

말이 피드백한 CSI 정보가 셀 간에 공유될 수 있다.

이하에서는, 추가적으로 피드백 오버헤드를 줄이는 방안에 대하여 설명한다. 피드백 오버헤드의 추가적인 감소 방안은 본 발명에서 제안하는 다양한 실시예들에 적용될 수 있다.

먼저, 단말이 피드백하는 이웃 셀에 대한 RI 를 한정(restriction)함으로써 피드백 오버헤드를 추가적으로 줄일 수 있다.

하나의 예시로서, 이웃 셀의 RI를 1 로 고정시켜 운용할 수 있다. 즉, CoMP 단말은 이웃 셀에 대한 CSI 를 계산 및 보고함에 있어서 랭크 값을 항상 1 로 고정하여 보고하고, 랭크가 1 임을 전제로 PMI 및 CQI 를 계산 및 보고할 수 있다. 이 경우 CoMP 단말이 보고하는 이웃 셀에 대한 PMI는 하나의 열 벡터(column vector)가 되며, 이 값은 이웃 셀로부터의 채널에 의한 간섭이 가장 강한 방향을 나타낸다. 이에 따라, 협력에 참여하는 이웃 셀은 서빙 셀에 가장 간섭을 심하게 주는 빔 방향을 제외한 나머지 방향으로 빔포밍을 수행함으로써 간섭을 완화시킬 수 있다. 또는, 이웃 셀이 조인트 전송(Joint Transmission) 방식으로 CoMP 동작을 수행하는 경우에, 이웃 셀은 자신이 가장 간섭을 심하게 주는 채널 방향으로 빔포밍을 수행할 수 있다.

다른 예시로서, 이웃 셀의 RI를 서빙 셀의 RI 와 동일하게 고정시켜 운용할 수 있다. 예를 들어, CoMP 단말이 서빙 셀에 대한 CSI 로서 보고하는 RI 값이 r 인 경우에, 해당 단말이 이웃 셀에 대한 CSI 로서 보고하는 RI 역시 r 로 고정하여 보고하고, 랭크가 r 임을 전제로 PMI 및 CQI 를 계산 및 보고할 수 있다. 이 경우, CoMP 단말이 보고하는 이웃 셀에 대한 PMI 는 r 개의 열 벡터로 구성된다. 이때 이웃 셀에 대한 PMI를 구성하는 각각의 열 벡터는 이웃 셀로부터

의 가장 강한 간섭이 유발되는 간섭 채널의 방향을 나타내거나 가장 약한 간섭이 유발되는 간섭 채널의 방향을 나타낼 수 있다.

이웃 셀에 대한 PMI 를 구성하는 r 개의 열 벡터가 강한 간섭이 유발되는 채널 방향을 나타내는 경우에 이웃 셀의 CoMP 동작은 다음과 같이 수행될 수 있다. 예를 들어, 이웃 셀이 조정 빔포밍(Coordinated Beamforming) 방식으로 CoMP 동작을 수행한다면, 이웃 셀은 자신이 강한 간섭을 일으키는 r 개의 채널 방향을 제외한 나머지 방향으로 빔포밍을 수행함으로써 간섭을 완화시킬 수 있다. 또는, 이웃 셀이 조인트 전송(Joint Transmission) 방식으로 CoMP 동작을 수행하는 경우에, 이웃 셀은 자신이 강한 간섭을 일으키는 r 개의 채널 방향으로 빔포밍을 수행할 수 있다.

반면에, 이웃 셀에 대한 PMI를 구성하는 r 개의 열 벡터가 약한 간섭이 유발되는 채널 방향을 나타내는 경우에 이웃 셀의 CoMP 동작은 다음과 같이 수행될 수 있다. 예를 들어, 이웃 셀이 조정 빔포밍(Coordinated Beamforming) 방식으로 CoMP 동작을 수행한다면, 이웃 셀은 자신이 약한 간섭을 일으키는 r 개의 채널 방향으로 빔포밍을 수행함으로써 간섭을 완화시킬 수 있다. 또는, 이웃 셀이 조인트 전송(Joint Transmission) 방식으로 CoMP 동작을 수행하는 경우에, 이웃 셀은 자신이 약한 간섭을 일으키는 r 개의 채널 방향을 제외한 나머지 방향으로 빔포밍을 수행할 수 있다.

CoMP 시스템에서 추가적인 CSI 정보

상기 CoMP 시스템의 피드백 오버헤드 감소 방법을 적용하면 단말이 전송하는 CSI 정보의 양이 감소되어 자원이 절약할 수 있다. 단말은 상기 절약된

자원을 이용하여 CoMP 동작을 위한 추가적인 CSI 정보를 전송하여 CoMP의 성능을 향상시킬 수 있다. 예를 들면, 이웃 셀의 RI를 1로 고정하거나 서빙 셀의 RI 동일하게 결정할 때, 이웃 셀의 RI를 전송하는 대신에 추가 CSI를 전송할 수 있다. 도 20은 도 13의 CSI 피드백의 일례에서 RI를 한정한 예를 도시하고, 도 21은 도 15의 CSI 피드백의 일례에서 RI를 한정한 예를 도시하며, 도 20 및 도 21에서 빗금친 영역은 이웃 셀의 RI 대신 추가 CSI를 전송할 수 있는 자원을 나타낸다.

이하에서는, CoMP 시스템에서 감소된 CSI 정보 대신 전송하는 추가 CSI에 대하여 상세히 설명한다.

먼저, 추가 CSI는 상술한 CoMP 기법 중 코히어런트(coherent) 조인트 전송 기법을 이용할 때, 단말이 서빙 셀로부터 수신한 신호와 인접 셀로부터 수신한 신호의 위상 차이를 나타내는 위상 보정 정보일 수 있다. 조인트 전송 기법의 경우 각 기지국은 동일한 데이터를 동시에 단말로 전송한다. 이때, CoMP의 이득(gain)을 향상시키기 위해서는 기지국이 신호의 위상 차이를 보상하여 전송해야 한다. CoMP 시스템에서 단말은 상기 절약된 자원을 이용하여 위상 보정 정보를 전송함으로써 CoMP의 성능을 향상시킬 수 있다.

다음으로, 추가 CSI는 병합(aggregated) CSI일 수 있다. 병합 CSI는 조인트 전송 기법을 사용했을 때의 채널에 대한 CSI로서, 복수개의 기지국으로부터 동시에 전송된 신호를 병합한 신호를 기초로 CSI를 생성한 것이다. 일반적으로, 단말이 서빙 셀에 대한 CSI와 인접 셀에 대한 CSI를 각각 피드백하면, 기지국은 수신한 복수개의 CSI를 기초로 조인트 전송 기법을 적용할지 판단하고, 조인트 전송 기법을 적용할 경우 복수개의 CSI를 기초로 병합 CSI를 생성한다. 본 발명

에 따르면, 조인트 전송 기법이 적용되는 경우에는 단말이 바로 병합 CSI를 추가 CSI로서 기지국에 제공할 수 있다.

다음으로, 추가 CSI는 CoMP 전송 포인트 세트(transmission point set) 정보일 수 있다. CoMP 전송 포인트 세트 정보는 함께 전송하는 PMI 또는 CQI가 어떤 포인트(기지국)에 대한 것인지 나타내는 정보이다. 예를 들면, 단말은 3개의 기지국에 대한 채널 상태를 측정하고, 채널 상태가 양호한 2개의 기지국을 전송 포인트 세트로 선정할 수 있다. 이때, 단말은 선정된 2개의 기지국에 대한 PMI 또는 CQI만을 기지국으로 피드백할 수 있으며, 어떤 기지국에 대한 정보인지 CoMP 전송 포인트 세트 정보로 나타낼 수 있다.

다음으로, 추가 CSI는 기지국의 데이터 전송 및 스케쥴링에 이용될 수 있는 장기간(long term) 채널 정보일 수 있다. 예를 들면, 단말은 채널 수신 강도가 높은 벡터 방향을 지시하는 장기간 공분산(covariance) 행렬(matrix) 정보를 기지국으로 전송하여, 기지국이 데이터를 효율적으로 전송하도록 할 수 있다.

다음으로, 추가 CSI는 인접 셀의 랭크 1에 대한 채널품질지시자(CQI)일 수 있다. 랭크가 2 이상인 경우, 다중 레이어(multiple layer)가 하나의 CQI에 맵핑되기 때문에 기지국은 CQI를 보상하여 적정한 MCS 레벨을 결정하기 어려울 수 있다. 단말이 추가 CSI로서 인접 셀의 랭크 1에 대한 CQI를 전송하는 경우 기지국은 이를 이용하여 비교적 효과적으로 적절한 MCS 레벨을 결정할 수 있다.

다음으로, 추가 CSI는 조인트 전송 기법을 위한 각 기지국의 PMI 결합 방식에 대한 정보를 포함할 수 있다. 조인트 전송 기법을 이용할 때, 단말은 각 기지국으로부터의 CIS-RS를 특정하여, 각 기지국이 사용하기 적절한 프리코딩 매트릭스를 결정한다. 이때, 각 기지국의 프리코딩 매트릭스의 열 벡터에 대한 연

관 관계를 정의하여 이용할 수 있다. 예를 들면, 단말은 각 기지국에 대한 프리코딩 매트릭스를 보고하면서 추가적인 피드백 비트(추가 CSI)를 이용하여, 프리코딩 매트릭스의 어떤 열 벡터가 다른 프리코딩 매트릭스의 어떤 열 벡터와 연결되는지 전송할 수 있다. 또 다른 예로, 각 기지국에 대한 랭크 값이 서로 다른 경우, 랭크 값이 작은 기지국의 프리코딩 매트릭스가 랭크 값이 큰 기지국의 프리코딩 매트릭스에 어떻게 연결되는지 알리는 추가적인 피드백 비트(추가 CSI)를 이용할 수 있다. 본 발명에 따른 PMI 결합 방식은 상기 예에 한정되지 않으며, 추가 CSI는 다양한 PMI 결합 방식에 대한 정보를 포함할 수 있다.

다음으로, 추가 CSI는 단말이 복수의 CoMP 기지국 중 CoMP 협력에 참여하지 않는 기지국을 지정하는 뮤팅(muting) 포인트 정보일 수 있다. 예를 들면, CoMP 기지국 중 제3 기지국이 CoMP 협력에 참여하지 않았을 때 CoMP 성능이 향상되면, 단말은 제3 기지국을 뮤팅 포인트로 하는 추가 CSI 정보를 전송할 수 있다.

한편, CoMP 시스템에서 추가 CSI를 전송하지 않는 경우, 효율적인 CSI 피드백을 위하여 CSI 피드백 방법을 개선할 수 있다.

도 22는 CoMP 시스템에서 추가 CSI를 전송하지 않는 경우 CSI 피드백의 일례를 나타내는 도면이다. 도 22를 참조하면, 하나의 CSI 설정 정보 안에서 여러 컨테이너 형태(type)를 이용하여 CSI를 피드백할 수 있다. 예를 들면, 서빙 셀에 대한 RI1이 전송되는 서브프레임 0 및 20에서는 종래의 컨테이너 크기를 가지는 PUCCH 포맷 2의 컨테이너를 이용하고, 나머지 컨테이너는 페이로드 사이즈를 증가시킨 PUCCH 포맷 3의 컨테이너를 이용할 수 있다.

도 23은 CoMP 시스템에서 추가 CSI를 전송하지 않는 경우, CSI 피드백

의 일례를 나타내는 도면이다. 도 23을 참조하면, 서빙 셀에 대한 RI1은 PUCCH를 이용하여 전송하는 종래의 CSI 설정 정보를 이용하고, 나머지 CSI는 PUSCH를 이용하는 CSI 설정 정보를 이용하여 CSI를 피드백할 수 있다.

도 24는 본 발명에 따른 단말 장치 및 기지국 장치의 구성을 도시한 도면이다.

도 24를 참조하면, 본 발명에 따른 단말 장치(2410)는, 수신 모듈(2411), 전송 모듈(2412), 프로세서(2413), 메모리(2414) 및 복수개의 안테나(2415)를 포함할 수 있다. 복수개의 안테나(2415)는 MIMO 송수신을 지원하는 단말 장치(2410)를 의미한다. 수신 모듈(2411)은 기지국으로부터의 하향링크 상의 각종 신호, 데이터 및 정보를 수신할 수 있다. 전송 모듈(2412)은 기지국으로의 상향링크 상의 각종 신호, 데이터 및 정보를 전송할 수 있다. 프로세서(2413)는 단말 장치(2410) 전반의 동작을 제어할 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 따른 단말 장치(2410)는 다중 기지국에 대한 CSI를 전송하도록 구성될 수 있다. 단말 장치(2410)의 프로세서(2413)는, 수신 모듈(2411)을 통하여, 제1 기지국 장치(2420)에 대한 랭크 지시자(RI) 및 제1 타입 프리코딩행렬지시자(PMI)를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보, 및 제2 기지국 장치(2430)에 대한 RI 및 제1 타입 PMI를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보를 수신하도록 구성될 수 있다. 또한, 프로세서(2413)는, 전송 모듈(2412)을 통하여, 제1 기지국 장치(2420) 및 제2 기지국 장치(2430)에 대한 CSI 보고 설정에 기초하여 제1 기지국 장치(2420) 및 제2 기지국 장치(2430)에 대한 CSI를 전송하도록 구성될 수 있다. 또한, 프로세서(2413)는, 제1 기지국 장치(2420)에 대한 제1 타입 PMI, 제2 기지국 장치(2430)에 대한 제1 타

입 PMI 및 제2 기지국 장치(2430)에 대한 RI 중 하나에 대한 보고가 생략되고, 전송 모듈(2412)을 통하여, 보고가 생략되는 시점에서 추가적인 CSI를 전송하도록 구성될 수 있다.

단말 장치(2410)의 프로세서(2413)는 그 외에도 단말 장치(2410)가 수신한 정보, 외부로 전송할 정보 등을 연산 처리하는 기능을 수행하며, 메모리(2414)는 연산 처리된 정보 등을 소정시간 동안 저장할 수 있으며, 버퍼(미도시) 등의 구성요소로 대체될 수 있다.

도 24를 참조하여 본 발명에 따른 제1 기지국 장치(2420)는, 수신 모듈(2421), 전송 모듈(2422), 프로세서(2423), 메모리(2424) 및 복수개의 안테나(2425)를 포함할 수 있다. 복수개의 안테나(2425)는 MIMO 송수신을 지원하는 기지국 장치를 의미한다. 수신 모듈(2421)은 단말 장치(2410)로부터의 상향링크 상의 각종 신호, 데이터 및 정보를 수신하고, 다른 기지국(2430)으로부터의 기지국간 정보를 수신할 수 있다. 전송 모듈(2422)은 단말 장치(2410)로의 하향링크 상의 각종 신호, 데이터 및 정보를 전송하고, 다른 기지국(2430)으로 기지국간 정보를 전송할 수 있다. 프로세서(2423)는 기지국 장치(2420) 전반의 동작을 제어할 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 따른 제1 기지국 장치(2420)는 CoMP 통신을 지원하도록 구성될 수 있다. 제1 기지국 장치의 프로세서(2423)는, 전송 모듈(2422)을 통하여, 제1 기지국 장치(2420)에 대한 랭크 지시자(RI) 및 제1 타입 프리코딩행렬지시자(PMI)를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보, 및 제2 기지국 장치(2430)에 대한 RI 및 제1 타입 PMI를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보를 전송하도록 구성될 수 있다. 또한, 프로세서(2423)는,

수신 모듈(2421)을 통하여, 제1 기지국 장치(2420) 및 제2 기지국 장치(2430)에 대한 CSI 보고 설정에 기초하여 제1 기지국 장치(2420) 및 제2 기지국 장치(2430)에 대한 CSI를 수신하도록 구성될 수 있다. 또한, 프로세서(2423)는, 제1 기지국 장치(2420)에 대한 제1 타입 PMI, 제2 기지국 장치(2430)에 대한 제1 타입 PMI 및 제2 기지국 장치(2430)에 대한 RI 중 하나에 대한 보고가 생략되고, 수신 모듈(2421)을 통하여, 보고가 생략되는 시점에서 추가적인 CSI를 수신하도록 구성될 수 있다.

제1 기지국 장치(2420)의 프로세서(2423)는 그 외에도 제1 기지국 장치(2420)가 수신한 정보, 외부로 전송할 정보 등을 연산 처리하는 기능을 수행하며, 메모리(2424)는 연산 처리된 정보 등을 소정시간 동안 저장할 수 있으며, 버퍼(미도시) 등의 구성요소로 대체될 수 있다.

도 24를 참조하여 본 발명에 따른 제2 기지국 장치(2430)는, 수신 모듈(2431), 전송 모듈(2432), 프로세서(2433), 메모리(2434) 및 복수개의 안테나(2435)를 포함할 수 있다. 복수개의 안테나(2435)는 MIMO 송수신을 지원하는 기지국 장치를 의미한다. 수신 모듈(2431)은 단말 장치(2410)로부터의 상향링크 상의 각종 신호, 데이터 및 정보를 수신하고, 다른 기지국(2420)으로부터의 기지국간 정보를 수신할 수 있다. 전송 모듈(2432)은 단말 장치(2410)로의 하향링크 상의 각종 신호, 데이터 및 정보를 전송하고, 다른 기지국(2420)으로 기지국간 정보를 전송할 수 있다. 프로세서(2433)는 기지국 장치(2430) 전반의 동작을 제어할 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 따른 제2 기지국 장치(2430)는 CoMP 통신을 지원하도록 구성될 수 있다. 제2 기지국 장치(2430) 장치의 프로세서(2433)는, 전

송 모듈(2432)을 통하여, 제1 기지국에 대한 랭크 지시자(RI) 및 제1 타입 프리코딩행렬지시자(PMI)를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보, 및 제2 기지국 장치(2430)에 대한 RI 및 제1 타입 PMI를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보를 전송하도록 구성될 수 있다. 또한, 프로세서(2433)는, 수신 모듈(2431)을 통하여, 제2 기지국 장치(2430)에 대한 CSI 보고 설정에 기초하여 제2 기지국 장치(2430)에 대한 CSI를 수신하도록 구성될 수 있다. 또한, 프로세서(2433)는, 수신 모듈(2431)을 통하여, 제2 기지국 장치(2430)에 대한 제1 타입 PMI 및 제2 기지국 장치(2430)에 대한 RI 중 하나에 대한 보고가 생략되고, 수신 모듈(2431)을 통하여, 보고가 생략되는 시점에서 추가적인 CSI를 수신하도록 구성될 수 있다.

제2 기지국 장치(2430)의 프로세서(2433)는 그 외에도 제2 기지국 장치(2430)가 수신한 정보, 외부로 전송할 정보 등을 연산 처리하는 기능을 수행하며, 메모리(2434)는 연산 처리된 정보 등을 소정시간 동안 저장할 수 있으며, 버퍼(미도시) 등의 구성요소로 대체될 수 있다.

위와 같은 기지국 장치 및 단말 장치(2410)의 구체적인 구성은, 전술한 본 발명의 다양한 실시예에서 설명한 사항들이 독립적으로 적용되거나 또는 2 이상의 실시예가 동시에 적용되도록 구현될 수 있으며, 중복되는 내용은 명확성을 위하여 설명을 생략한다.

또한, 도 24에 대한 설명에 있어서 제1 기지국 장치(2420) 및/또는 제2 기지국 장치(2430)에 대한 설명은 하향링크 전송 주체 또는 상향링크 수신 주체로서의 중계기 장치에 대해서도 동일하게 적용될 수 있다.

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.

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.

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.

상술한 바와 같이 개시된 본 발명의 바람직한 실시예들에 대한 상세한 설명은 당업자가 본 발명을 구현하고 실시할 수 있도록 제공되었다. 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 본 발명의 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 예를 들어, 당업자는 상술한 실시예들에 기재된 각 구성을 서로 조합하는 방식으로 이용할 수 있다. 따라서, 본 발명은 여기에 나타난 실시형태들에 제한되려는 것이 아니라, 여기서 개시된 원리들 및 신규한 특징들과 일치하는 최광의 범위를 부여하려는 것이다.

본 발명은 본 발명의 정신 및 필수적 특징을 벗어나지 않는 범위에서 다른 특정한 형태로 구체화될 수 있다. 따라서, 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니 되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다. 본 발명은 여기에 나타난 실시형태들에 제한되려는 것이 아니라, 여기서 개시된 원리들 및 신규한 특징들과 일치하는 최광의 범위를 부여하려는 것이다. 또한, 특허청구범위에서 명시적인 인용 관계가 있지 않은 청구항들을 결합하여 실시예를 구성하거나 출원 후의 보정에 의해 새로운 청구항으로 포함할 수 있다.

【산업상 이용가능성】

상술한 바와 같은 본 발명의 실시형태들은 다양한 이동통신 시스템에 적용될 수 있다.

【청구의 범위】

【청구항 1】

무선 통신 시스템에서 단말이 다중 기지국에 대한 채널상태정보(CSI)를 전송하는 방법으로서,

제1 기지국에 대한 랭크 지시자(RI) 및 제1 타입 프리코딩행렬지시자(PMI)를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보, 및 제2 기지국에 대한 RI 및 제1 타입 PMI를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보를 수신하는 단계; 및

상기 제1 기지국 및 제2 기지국에 대한 CSI 보고 설정에 기초하여 상기 제1 기지국 및 제2 기지국에 대한 CSI를 전송하는 단계를 포함하고,

상기 제1 기지국에 대한 제1 타입 PMI, 상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 중 하나에 대한 보고가 생략되고, 상기 보고가 생략되는 시점에서 추가적인 CSI를 전송하는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 제2 기지국에 대한 RI가 생략되면, 상기 제2 기지국에 대한 RI는 상기 제1 기지국에 대한 RI로 결정되거나, 또는 1로 고정되는 것을 특징으로 하는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 3】

제1항에 있어서,

상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI가 생략되면, 상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI는 상기 제1 기지국에 대한 제1 타입 PMI로 결정되거나, 또

는 소정의 값으로 고정되는 것을 특징으로 하는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 4】

제1항에 있어서,

상기 제1 기지국에 대한 제1 타입 PMI가 생략되면, 상기 제1 기지국에 대한 제1 타입 PMI는 상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI로 결정되거나, 또는 소정의 값으로 고정되는 것을 특징으로 하는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 5】

제1항에 있어서,

상기 추가 CSI는 상기 제1 기지국 및 상기 제2 기지국이 동일 데이터를 동시에 전송하는 조인트 전송 기법을 이용할 때, 상기 단말이 상기 제1 기지국으로부터 수신한 신호와 상기 제2 기지국으로부터 수신한 신호의 위상 차이를 나타내는 위상 보정 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 6】

제1항에 있어서,

상기 추가 CSI는 상기 제1 기지국 및 상기 제2 기지국으로부터 각각 수신한 신호를 병합하여 생성한 병합 CSI 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 7】

제1항에 있어서,

상기 추가 CSI는 상기 제1 기지국에 대한 CSI 및 상기 제2 기지국에 대한 CSI가 상기 다중 기지국 중 어느 기지국에 대응하는 CSI인지 지시하는 전송 포인트 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 8】

제1항에 있어서,

상기 추가 CSI는 상기 제2 기지국에 대한 RI를 1로 지정하여 산출한 상기 제2 기지국에 대한 채널품질지시자(CQI)를 포함하는 것을 특징으로 하는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 9】

제1항에 있어서,

상기 추가 CSI는 상기 제1 기지국 및 상기 제2 기지국이 동일 데이터를 동시에 전송하는 조인트 전송 기법을 이용할 때, 상기 제1 기지국 및 상기 제2 기지국의 PMI를 결합하는 PMI 결합 방식에 대한 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 10】

제1항에 있어서,

상기 추가 CSI는 상기 다중 기지국 중 제3 기지국을 상기 CoMP 통신에 이용하지 않도록 지시하는 뮤팅(muting) 포인트 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 11】

제1항에 있어서,

상기 제1 기지국은 서빙 기지국이고,

상기 제2 기지국은 협력 멀티 포인트(CoMP) 동작에 참여가능한 이웃 기지국인, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 12】

제1 항에 있어서,

상기 제1 기지국에 대한 CSI 는 상기 제1 기지국으로 전송되고,

상기 제2 기지국에 대한 CSI 및 상기 추가 CSI는 상기 제1 기지국 및 제2 기지국 중 어느 하나로 전송되는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 13】

제1 기지국에서 협력 멀티 포인트(CoMP) 통신을 지원하는 방법으로서,

단말로 상기 제1 기지국에 대한 랭크 지시자(RI) 및 제1 타입 프리코딩행렬지시자(PMI)를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보, 및 제2 기지국에 대한 RI 및 제1 타입 PMI를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보를 전송하는 단계; 및

상기 단말로부터 상기 제1 기지국 및 제2 기지국에 대한 CSI 보고 설정에 기초하여 상기 제1 기지국 및 제2 기지국에 대한 CSI를 수신하는 단계를 포함하고,

상기 제1 기지국에 대한 제1 타입 PMI, 상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 중 하나에 대한 보고가 생략되고, 상기 보고가 생략되는 시점에서 추가적인 CSI를 수신하는, 협력 멀티 포인트 통신 지원 방법.

【청구항 14】

제2 기지국에서 협력 멀티 포인트(CoMP) 통신을 지원하는 방법으로서,

단말로 상기 제1 기지국에 대한 랭크 지시자(RI) 및 제1 타입 프리코딩행렬지시자(PMI)를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보, 및 제2 기지국에 대한 RI 및 제1 타입 PMI를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보를

전송하는 단계; 및

상기 제2 기지국에 대한 CSI 보고 설정에 기초하여 상기 제2 기지국에 대한 CSI를 수신하는 단계를 포함하고,

상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 중 하나에 대한 보고가 생략되고, 상기 보고가 생략되는 시점에서 추가적인 CSI를 수신하는, 협력 멀티 포인트 통신 지원 방법.

【청구항 15】

다중 기지국에 대한 채널상태정보(CSI)를 전송하는 단말로서,

제1 기지국 및 제2 기지국으로부터 하향링크 신호를 수신하는 수신 모듈;

상기 제1 기지국 및 제2 기지국으로 상향링크 신호를 전송하는 전송 모듈; 및

상기 수신 모듈 및 상기 전송 모듈을 포함하는 상기 단말을 제어하는 프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는,

상기 수신 모듈을 통하여, 상기 제1 기지국에 대한 랭크 지시자(RI) 및 제1 타입 프리코딩행렬지시자(PMI)를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보, 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 및 제1 타입 PMI를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보를 수신하고;

상기 전송 모듈을 통하여, 상기 제1 기지국 및 제2 기지국에 대한 CSI 보고 설정에 기초하여 상기 제1 기지국 및 제2 기지국에 대한 CSI를 전송하고;

상기 제1 기지국에 대한 제1 타입 PMI, 상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 중 하나에 대한 보고가 생략되고, 상기 전

송 모듈을 통하여, 상기 보고가 생략되는 시점에서 추가적인 CSI를 전송하도록 구성되는, 채널상태정보 전송 단말.

【청구항 16】

협력 멀티 포인트(CoMP) 통신을 지원하는 제1 기지국으로서,

단말로부터 상향링크 신호를 수신하고 제2 기지국으로부터 기지국 간 정보를 수신하는 수신 모듈;

상기 단말로 하향링크 신호를 전송하고 상기 제2 기지국으로 기지국 간 정보를 전송하는 전송 모듈; 및

상기 수신 모듈 및 상기 전송 모듈을 포함하는 상기 제1 기지국을 제어하는 프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는,

상기 전송 모듈을 통하여, 상기 제1 기지국에 대한 랭크 지시자(RI) 및 제1 타입 프리코딩행렬지시자(PMI)를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보, 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 및 제1 타입 PMI를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보를 전송하고;

상기 수신 모듈을 통하여, 상기 제1 기지국 및 제2 기지국에 대한 CSI 보고 설정에 기초하여 상기 제1 기지국 및 제2 기지국에 대한 CSI를 수신하고;

상기 제1 기지국에 대한 제1 타입 PMI, 상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 중 하나에 대한 보고가 생략되고, 상기 수신 모듈을 통하여, 상기 보고가 생략되는 시점에서 추가적인 CSI를 수신하도록 구성되는, 협력 멀티 포인트 통신 지원 기지국.

【청구항 17】

협력 멀티 포인트(CoMP) 통신을 지원하는 제2 기지국으로서,

단말로부터 상향링크 신호를 수신하고 제1 기지국으로부터 기지국 간 정보를 수신하는 수신 모듈;

상기 단말로 하향링크 신호를 전송하고 상기 제1 기지국으로 기지국 간 정보를 전송하는 전송 모듈; 및

상기 수신 모듈 및 상기 전송 모듈을 포함하는 상기 제2 기지국을 제어하는 프로세서를 포함하고,

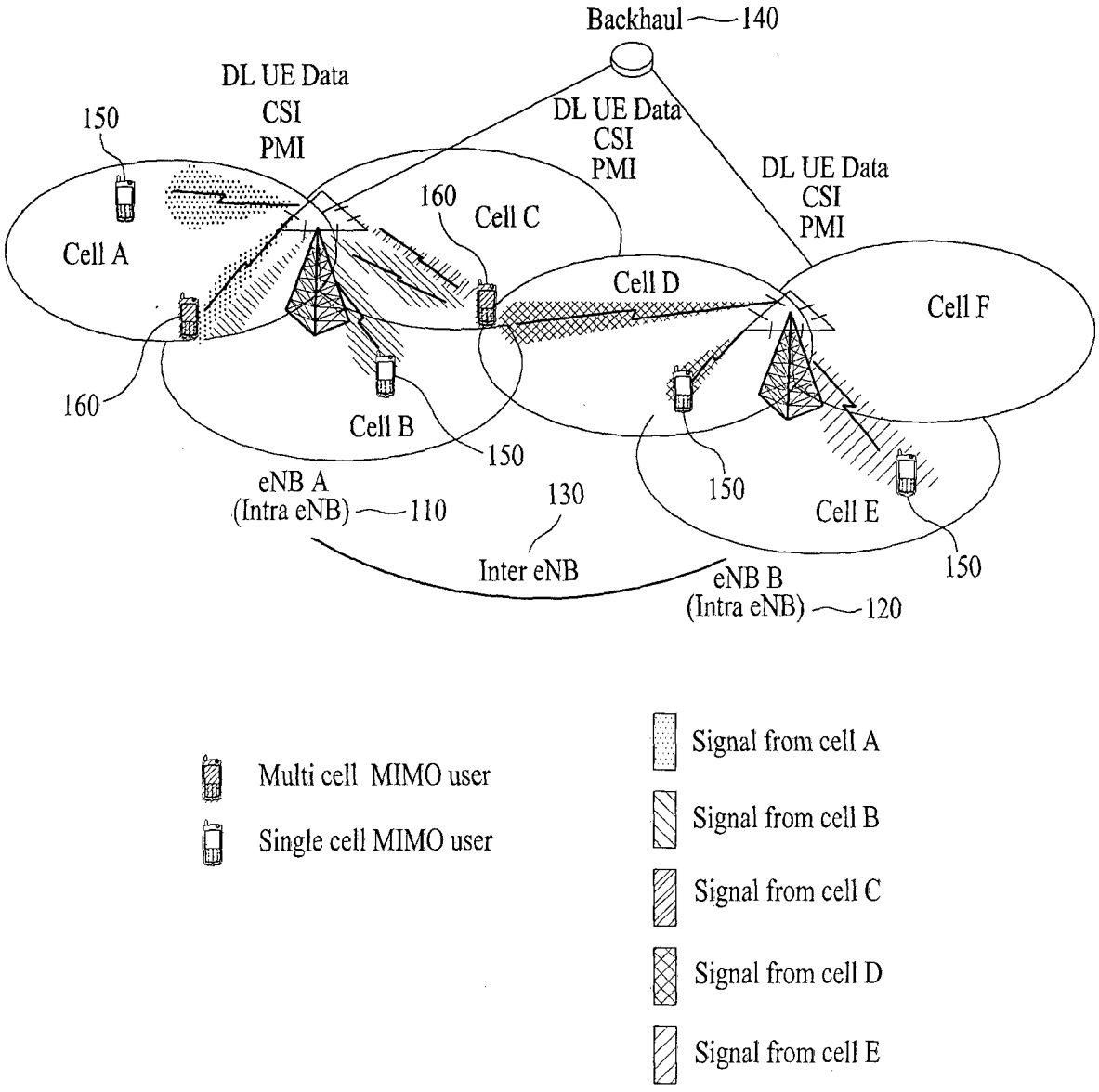
상기 프로세서는,

상기 전송 모듈을 통하여, 상기 제1 기지국에 대한 랭크 지시자(RI) 및 제1 타입 프리코딩행렬지시자(PMI)를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보, 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 및 제1 타입 PMI를 포함하는 CSI의 주기적 보고 설정에 대한 정보를 전송하고;

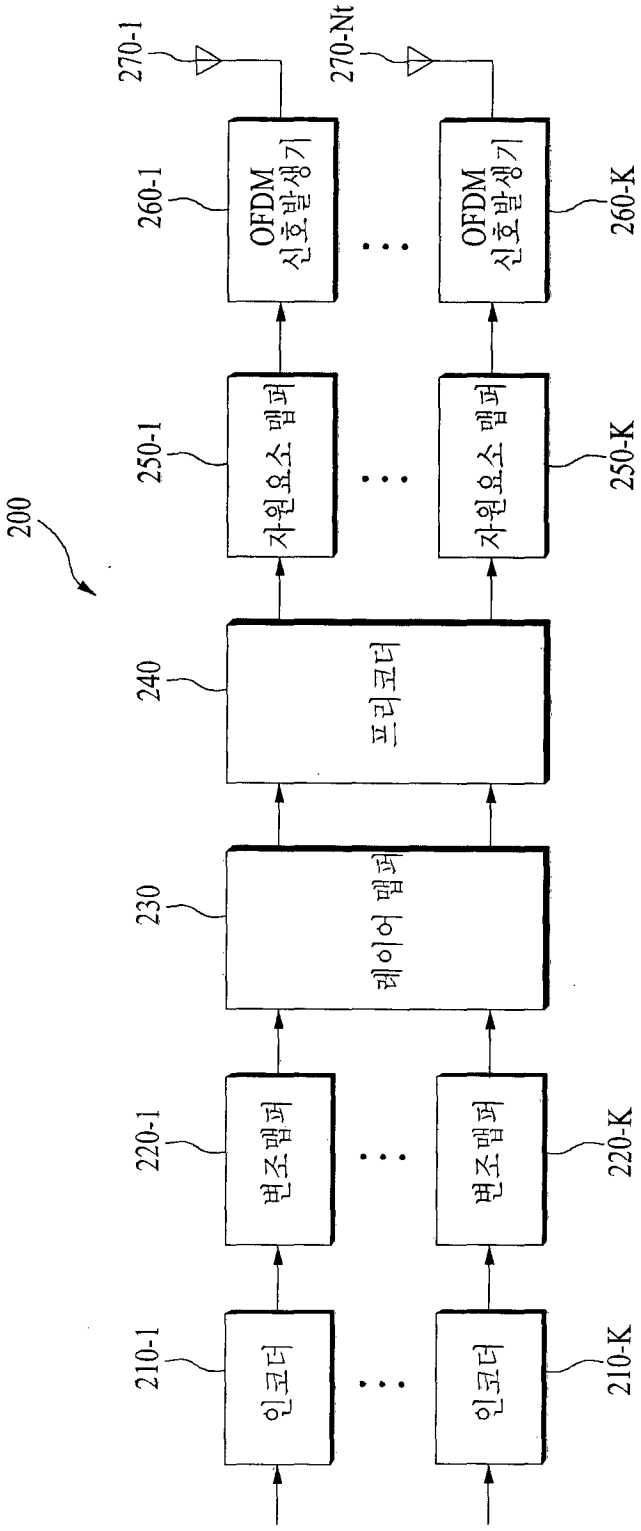
상기 수신 모듈을 통하여, 상기 제2 기지국에 대한 CSI 보고 설정에 기초하여 상기 제2 기지국에 대한 CSI를 수신하고;

상기 제2 기지국에 대한 제1 타입 PMI 및 상기 제2 기지국에 대한 RI 중 하나에 대한 보고가 생략되고, 상기 수신 모듈을 통하여, 상기 보고가 생략되는 시점에서 추가적인 CSI를 수신하도록 구성되는, 협력 멀티 포인트 통신 지원 기지국.

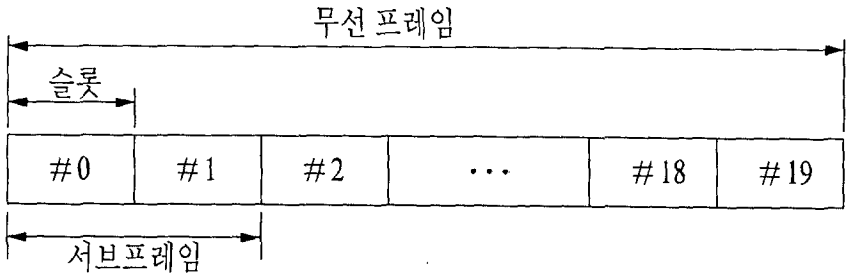
[도 1]


Backhaul
140
DL UE Data
CSI
PMI
150
DL UE Data
CSI
PMI
DL UE Data
CSI
PMI
160
Cell C
Cell A
Cell D
Cell F
160
Cell B
150
150
eNB A
(Intra eNB)
110
130
Cell E
150
Inter eNB
eNB B
(Intra eNB)
120
Multi cell MIMO user
Single cell MIMO user
Signal from cell A
Signal from cell B
Signal from cell C
Signal from cell D
Signal from cell E

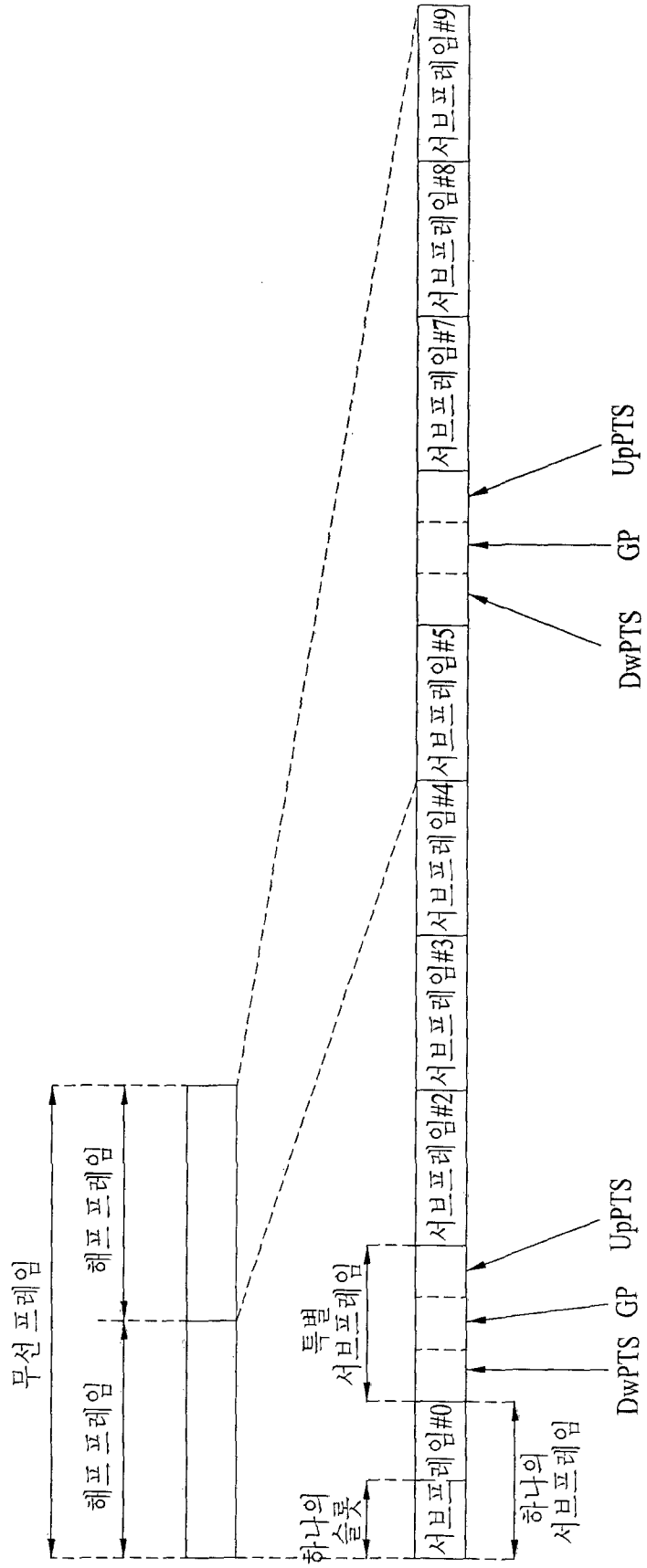
[도 2]


200
210-1
인코더
210-K
인코더
220-1
변조맵퍼
220-K
변조맵퍼
230
레이어 맵퍼
240
프리코더
250-1
자원요소 맵퍼
250-K
자원요소 맵퍼
260-1
OFDM 신호발생기
260-K
OFDM 신호발생기
270-1
270-Nt

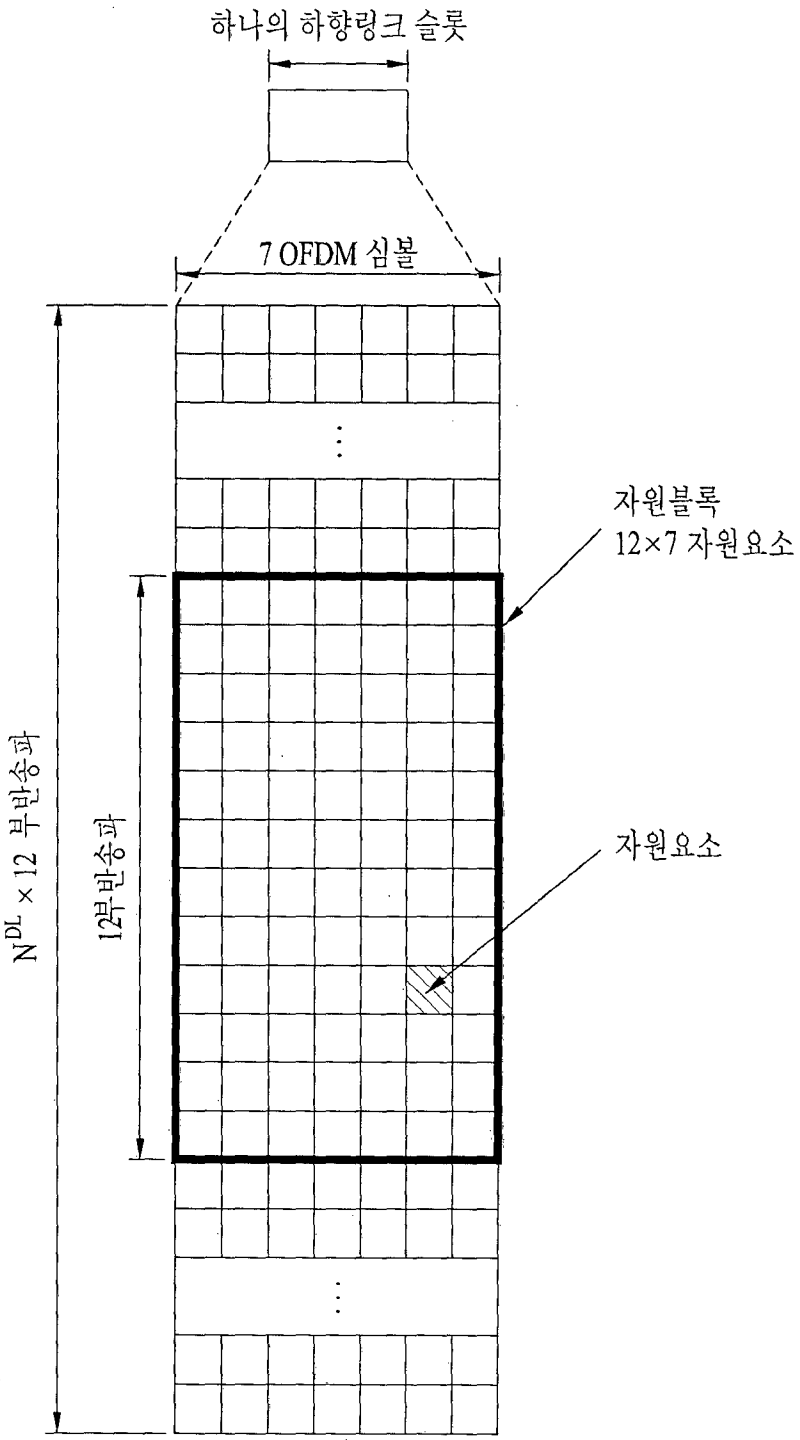
[도 3]



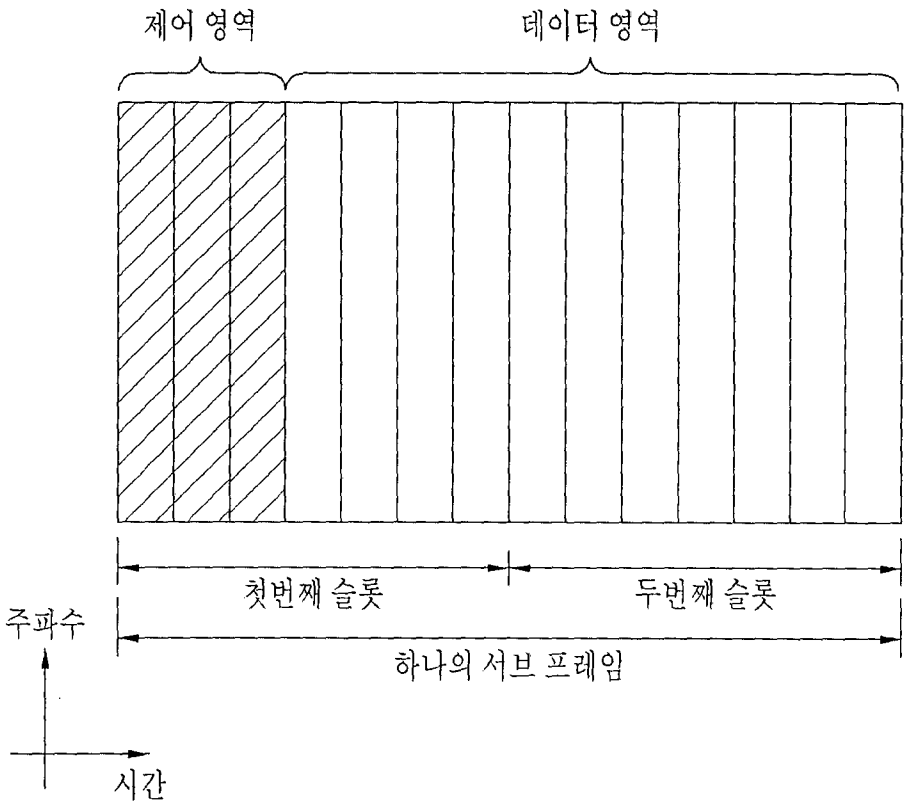
[도 4]


무선 프레임
해프 프레임
해프 프레임
하나의 슬롯
특별 서브프레임
서브프레임#0
서브프레임#2
서브프레임#3
서브프레임#4
서브프레임#5
서브프레임#7
서브프레임#8
서브프레임#9
하나의 서브프레임
DwPTS
GP
UpPTS
DwPTS
GP
UpPTS

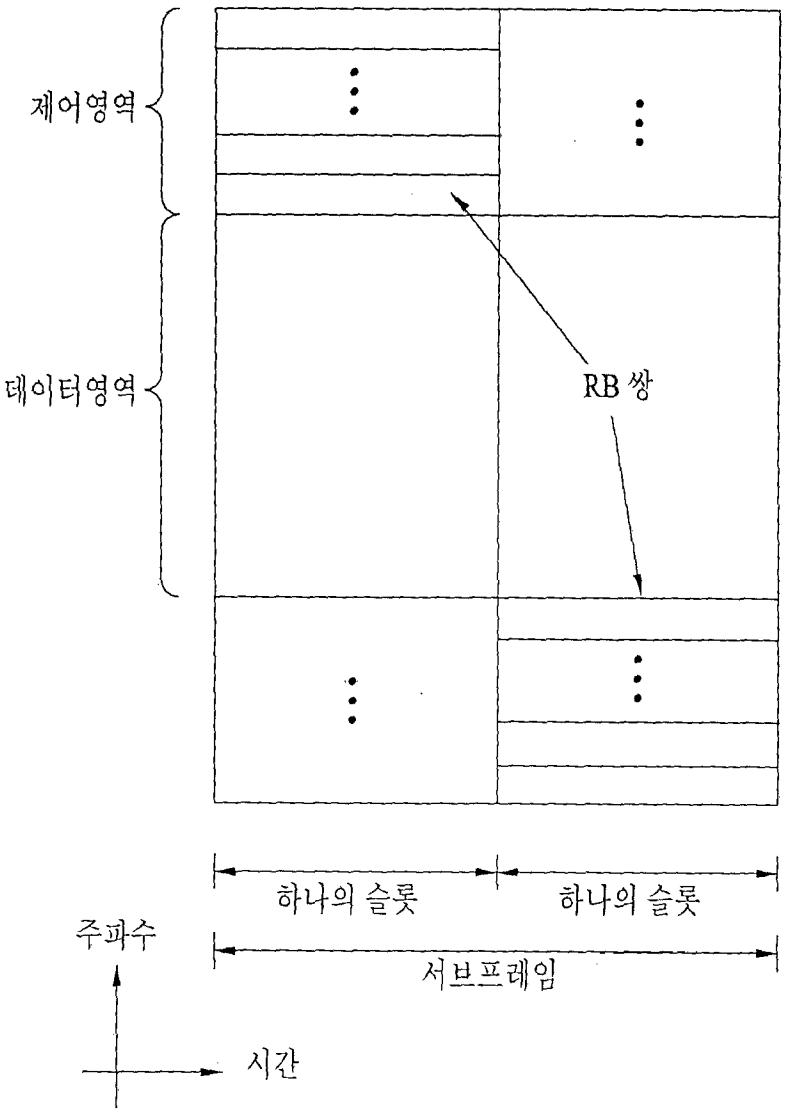
[도 5]


하나의 하향링크 슬롯
7 OFDM 심볼
자원블록
12×7 자원요소
자원요소
$N^{DL} \times 12$ 부반송파
12부반송파

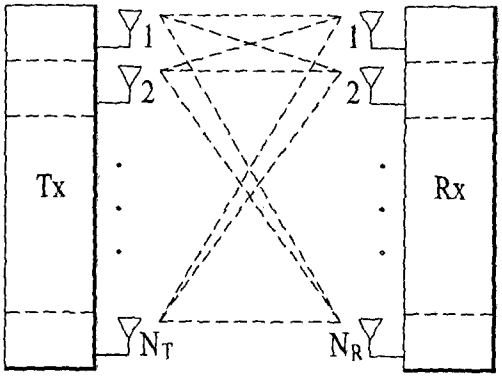
[도 6]



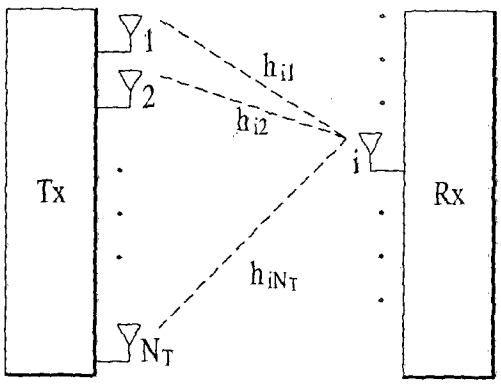
[도 7]



[도 8]

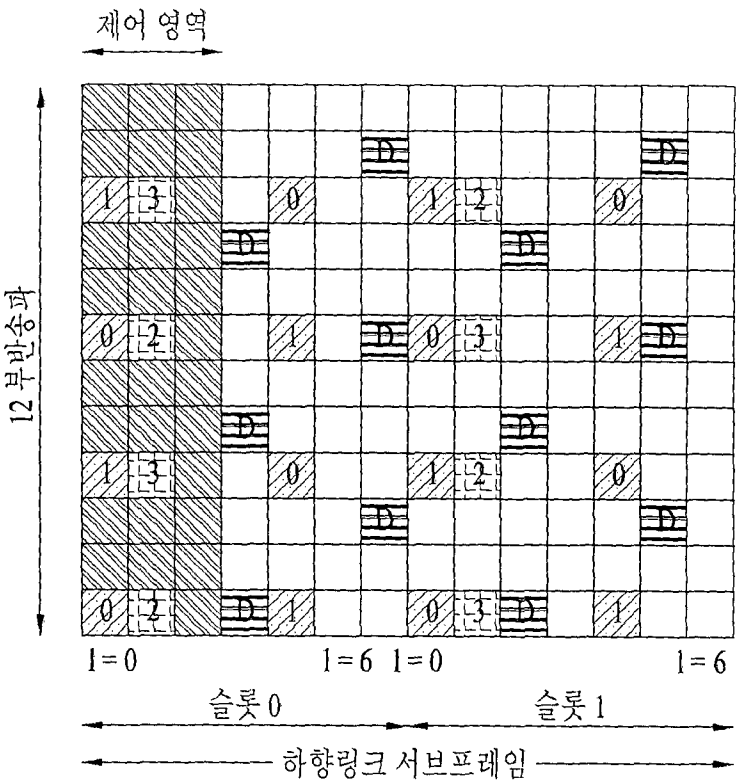


(a)

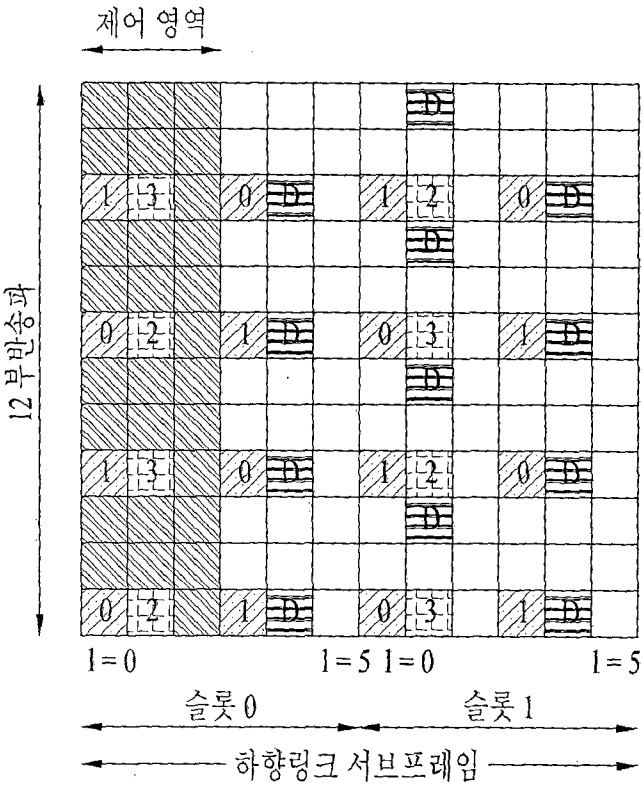


(b)

[도 9]

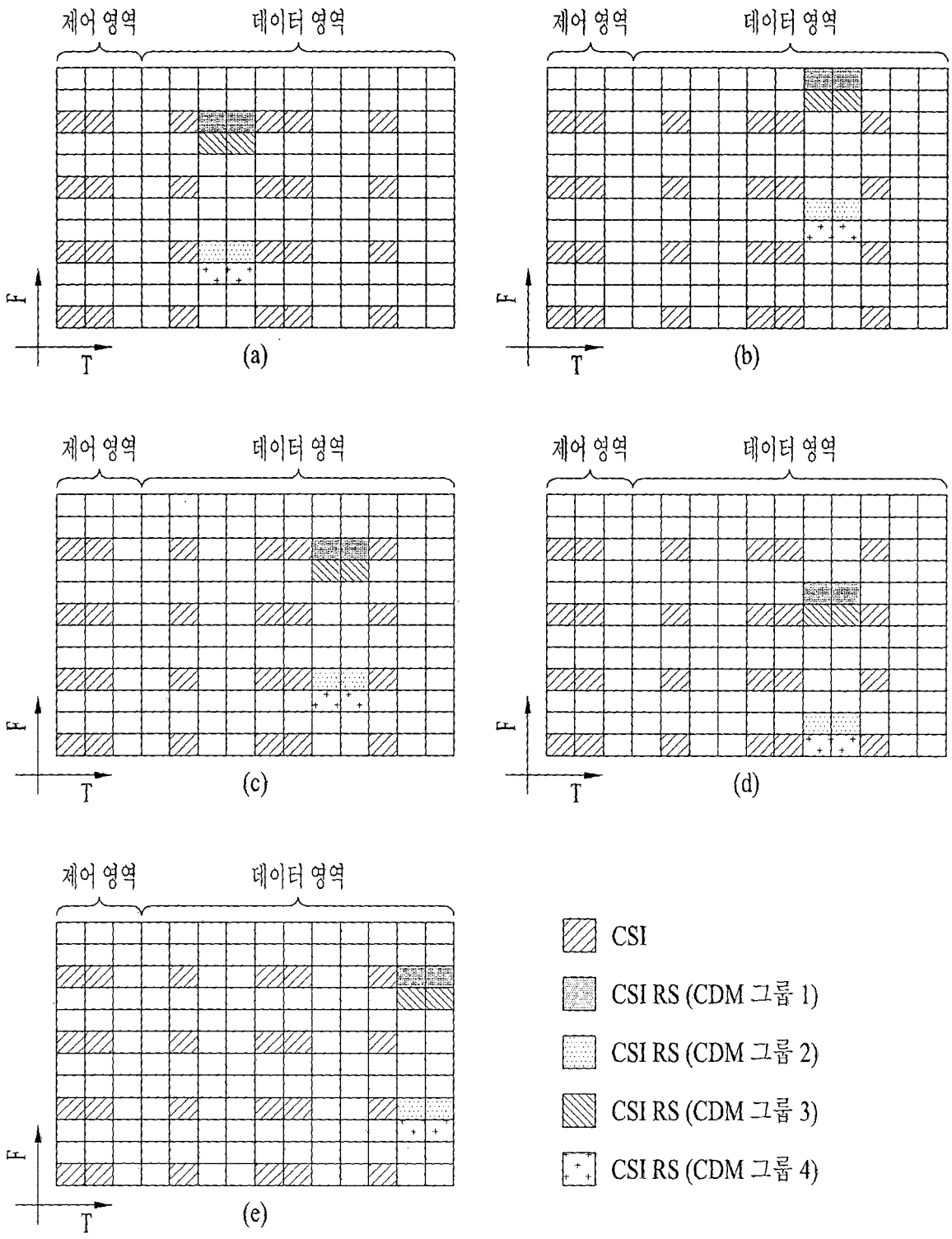

제어 영역
12 부반송파
l=0
l=6
l=0
l=6
슬롯 0
슬롯 1
하향링크 서브프레임

(a)

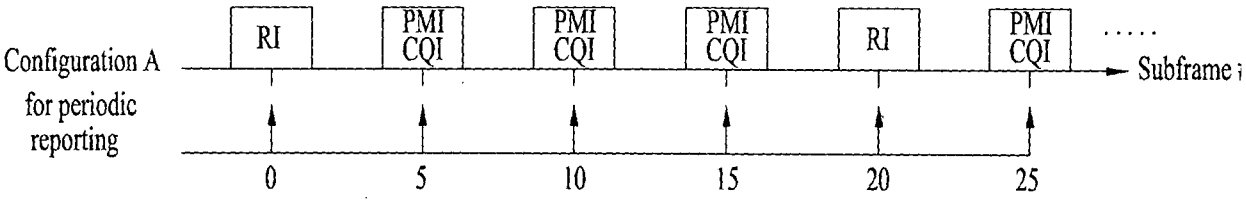

제어 영역
12 부반송파
l=0
l=5
l=0
l=5
슬롯 0
슬롯 1
하향링크 서브프레임

(b)

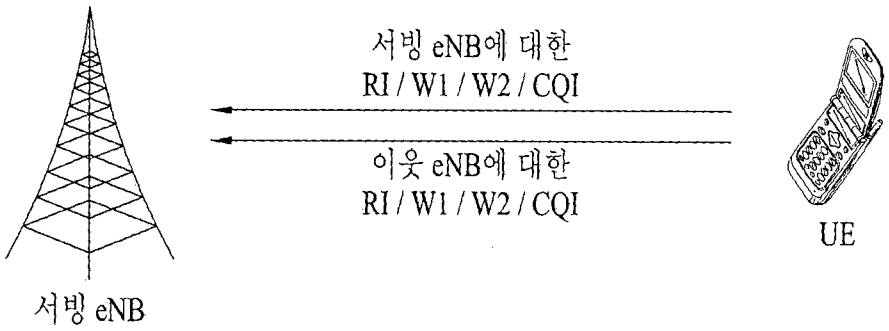
[도 10]


제어 영역
데이터 영역
F
T
(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
CSI
CSI RS (CDM 그룹 1)
CSI RS (CDM 그룹 2)
CSI RS (CDM 그룹 3)
CSI RS (CDM 그룹 4)

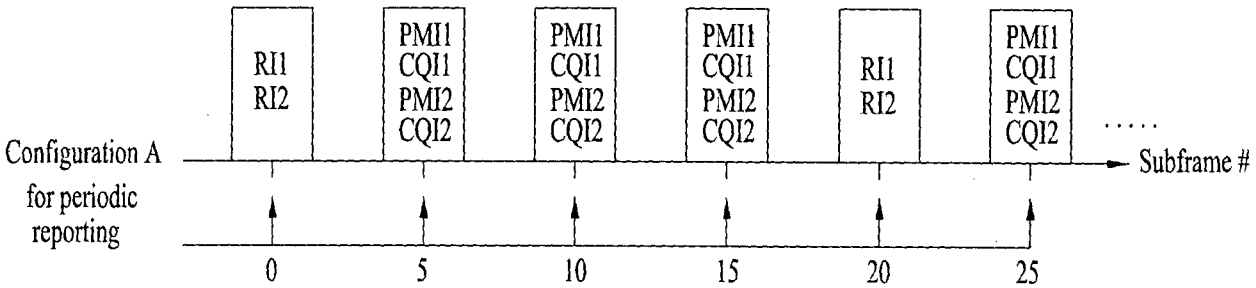
[도 11]


Configuration A
for periodic
reporting
RI
PMI
CQI
PMI
CQI
PMI
CQI
RI
PMI
CQI
.....
Subframe i
0
5
10
15
20
25

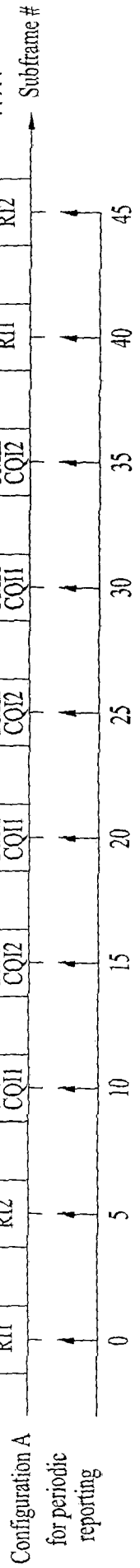
[도 12]


서빙 eNB에 대한
RI / W1 / W2 / CQI
이웃 eNB에 대한
RI / W1 / W2 / CQI
서빙 eNB
UE

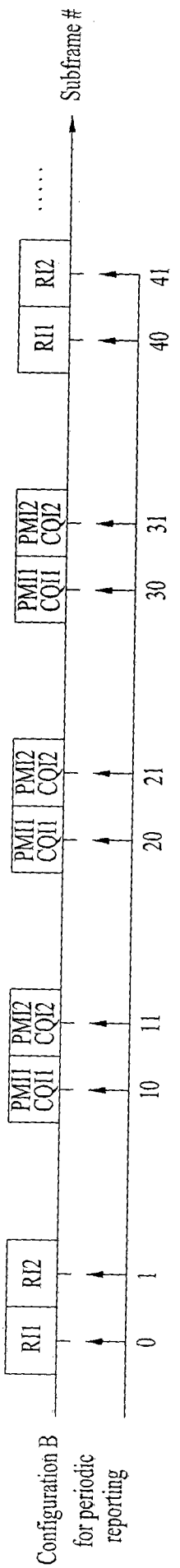
[도 13]


RI1
RI2
PMI1
CQI1
PMI2
CQI2
PMI1
CQI1
PMI2
CQI2
PMI1
CQI1
PMI2
CQI2
RI1
RI2
PMI1
CQI1
PMI2
CQI2
.....
Configuration A
for periodic
reporting
Subframe #
0
5
10
15
20
25

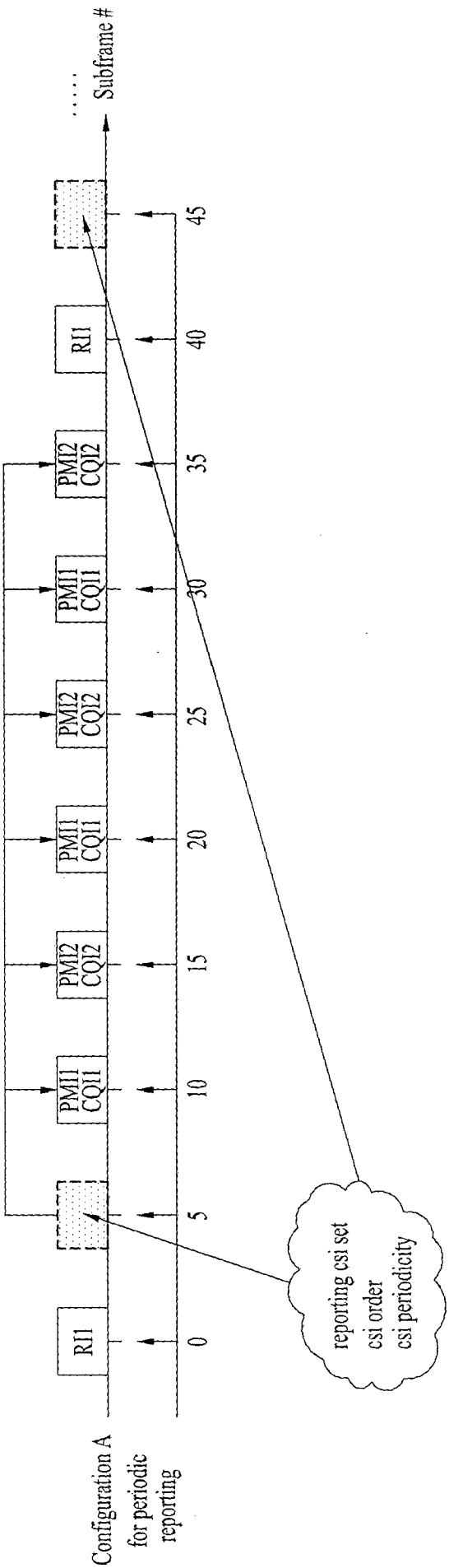
[도 14]


Configuration A for periodic reporting
RI1
RI2
PMI1 CQI1
PMI2 CQI2
PMI1 CQI1
PMI2 CQI2
PMI1 CQI1
PMI2 CQI2
RI1
RI2
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
Subframe #

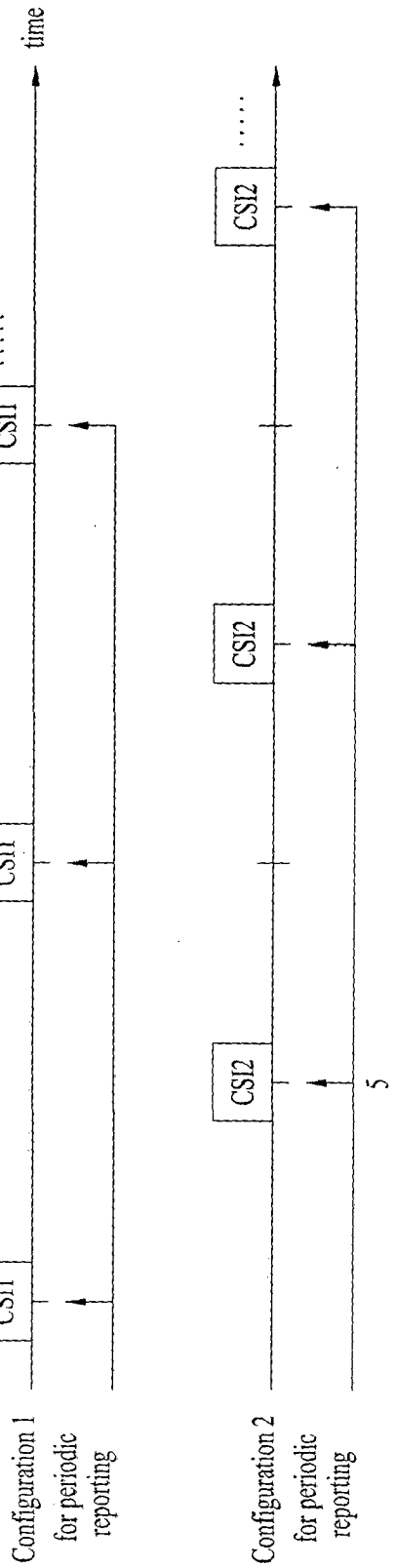
[도 15]


Configuration B
for periodic
reporting
RI1
RI2
PMI1
CQI1
PMI2
CQI2
Subframe #
0
1
10
11
20
21
30
31
40
41

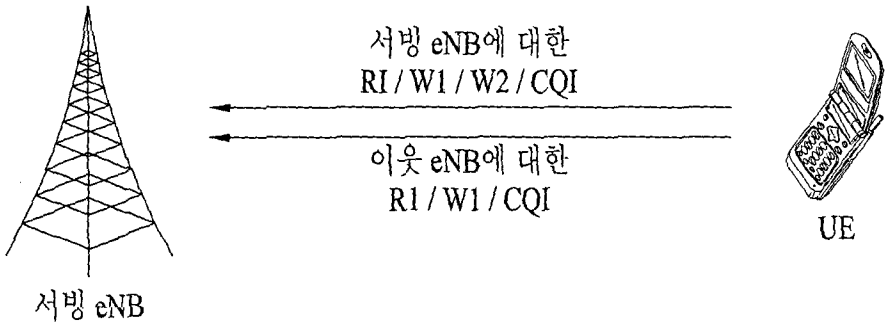
[표 16]


Configuration A
for periodic
reporting
RI1
PMI1
CQI1
PMI2
CQI2
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
.....
Subframe #
reporting csi set
csi order
csi periodicity

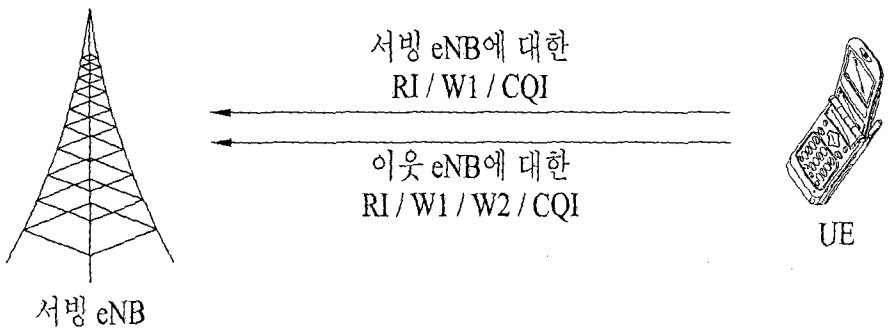
[도 17]


time
CSI1
CSI1
CSI1
.....
Configuration 1
for periodic
reporting
CSI2
CSI2
CSI2
.....
Configuration 2
for periodic
reporting
5

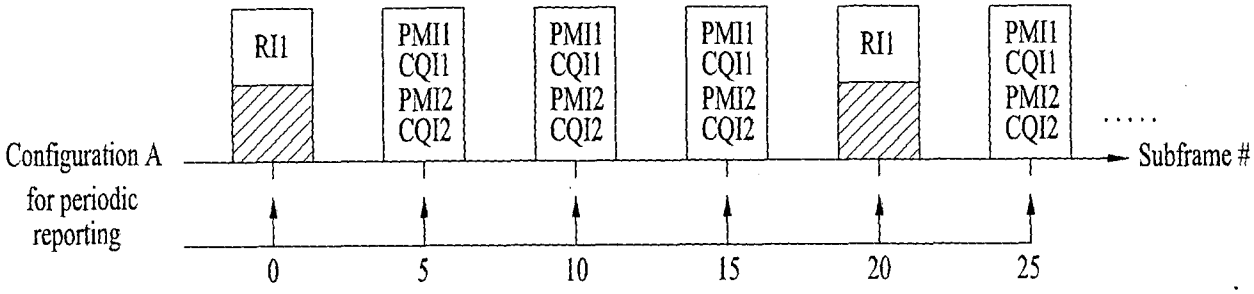
[도 18]


서빙 eNB에 대한
RI / W1 / W2 / CQI
이웃 eNB에 대한
RI / W1 / CQI
UE
서빙 eNB

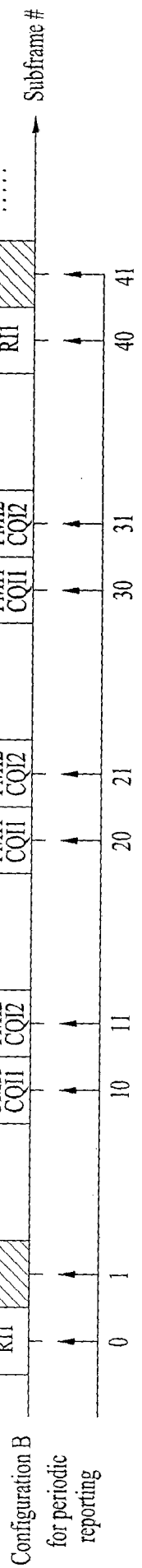
[도 19]


서빙 eNB에 대한
RI / W1 / CQI
이웃 eNB에 대한
RI / W1 / W2 / CQI
UE
서빙 eNB

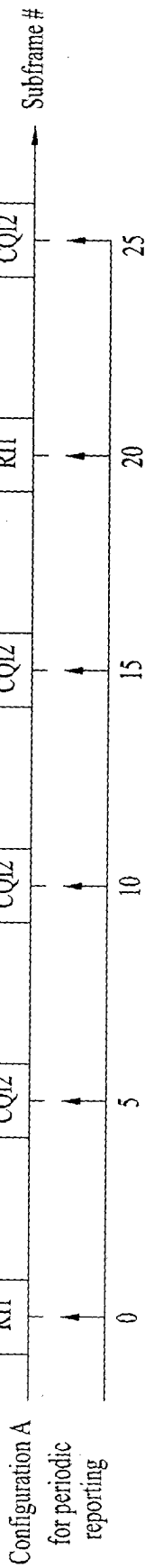
[도 20]


RI1
PMI1
CQI1
PMI2
CQI2
PMI1
CQI1
PMI2
CQI2
PMI1
CQI1
PMI2
CQI2
RI1
PMI1
CQI1
PMI2
CQI2
Configuration A
for periodic
reporting
Subframe #
0
5
10
15
20
25

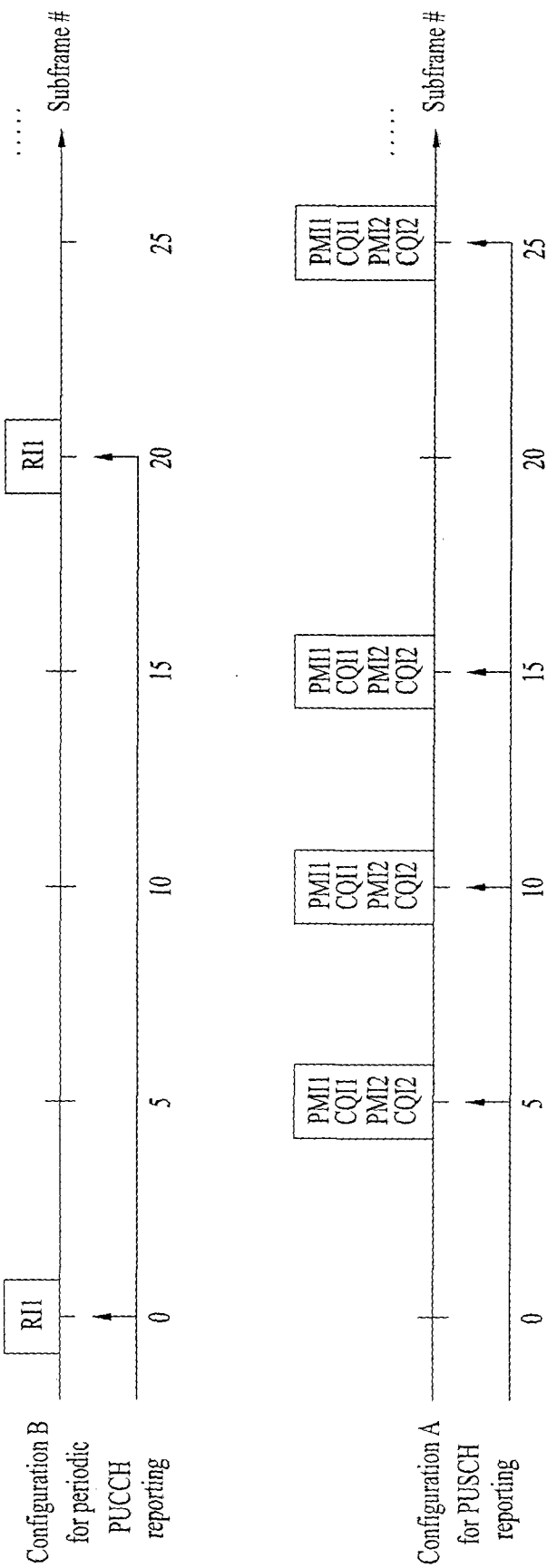
[표 21]


Configuration B
for periodic
reporting
RI1
PMI1
CQI1
PMI2
CQI2
.....
Subframe #
0
1
10
11
20
21
30
31
40
41

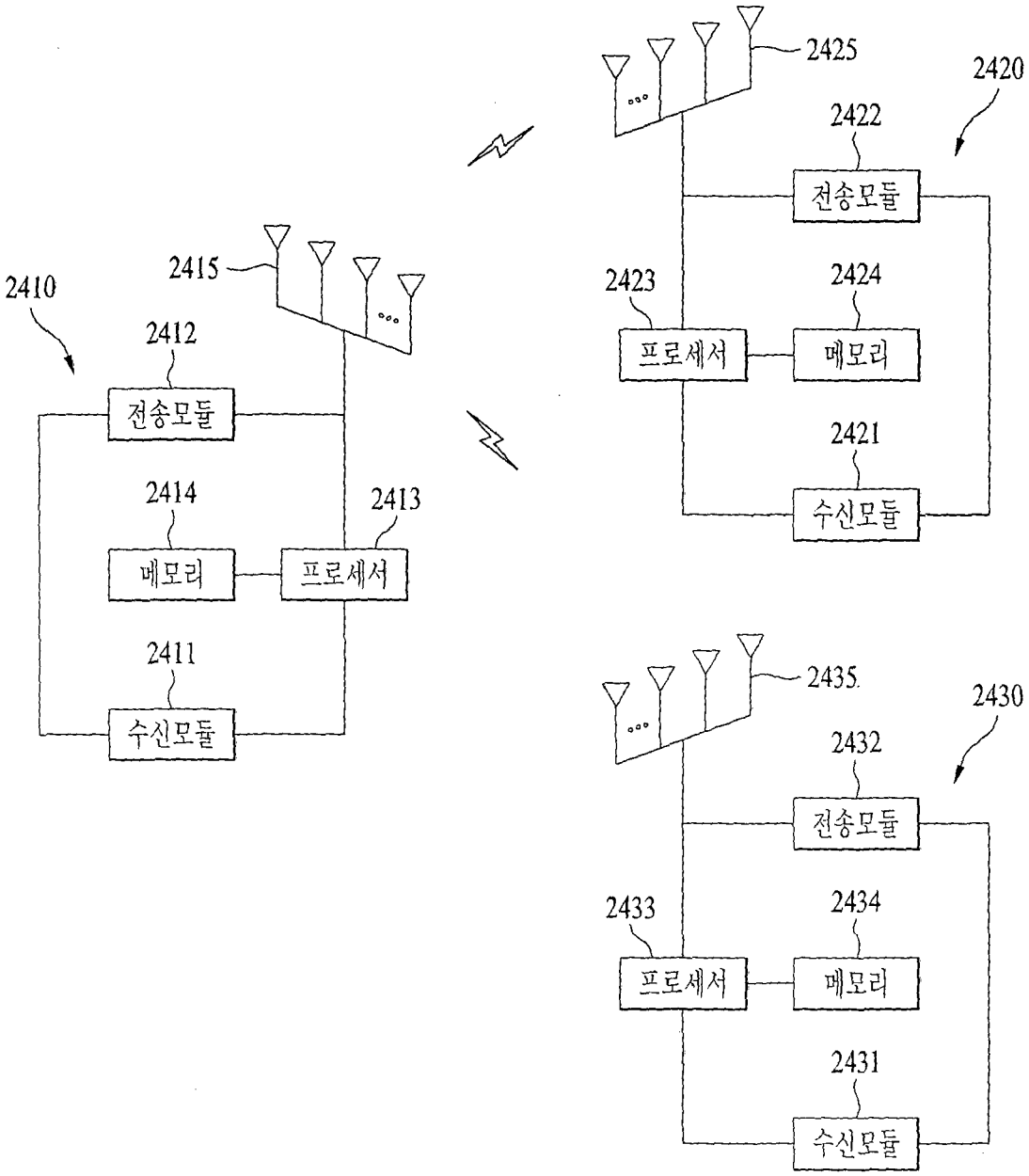
[도 22]


Configuration A
for periodic
reporting
RI1
PMI1
CQI1
PMI2
CQI2
0
5
10
15
20
25
Subframe #

[도 23]


Configuration B for periodic PUCCH reporting
RI1
0
5
10
15
20
25
Subframe #
.....
Configuration A for PUSCH reporting
PMI1 CQI1 PMI2 CQI2
0
5
10
15
20
25
Subframe #
.....

[도 24]


2410
2412
전송모듈
2414
메모리
2413
프로세서
2411
수신모듈
2415
2425
2420
2422
전송모듈
2423
프로세서
2424
메모리
2421
수신모듈
2435
2430
2432
전송모듈
2433
프로세서
2434
메모리
2431
수신모듈