(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2012 년 4 월 5 일 (05.04.2012)

PCT

(10) 국제공개번호
WO 2012/044088 A2

(51) 국제특허분류:
H04B 7/04 (2006.01) *H04L 1/06* (2006.01)
H04L 27/26 (2006.01) *H04B 7/26* (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2011/007188

(22) 국제출원일: 2011 년 9 월 29 일 (29.09.2011)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:

61/387,472	2010 년 9 월 29 일 (29.09.2010)	US
61/388,615	2010 년 10 월 1 일 (01.10.2010)	US
61/409,535	2010 년 11 월 2 일 (02.11.2010)	US
61/410,355	2010 년 11 월 5 일 (05.11.2010)	US
61/440,714	2011 년 2 월 8 일 (08.02.2011)	US
61/441,616	2011 년 2 월 10 일 (10.02.2011)	US
61/443,219	2011 년 2 월 15 일 (15.02.2011)	US
61/446,059	2011 년 2 월 24 일 (24.02.2011)	US
10-2011-0098949	2011 년 9 월 29 일 (29.09.2011)	KR

(71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **엘지전자 주식회사 (LG ELECTRONICS INC.)** [KR/KR]; 서울 영등포구 여의도동 20, 150-721 Seoul (KR).

(72) 발명자; 겸
(75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **고현수 (KO, Hyunsoo)** [KR/KR]; 경기도 안양시 동안구 호계 1 동 533 번지 엘지전자 특허센터, 431-080 Gyeonggi-do (KR). **정재훈 (CHUNG, Jaehoon)** [KR/KR]; 경기도 안양시 동안구 호계 1 동 533 번지 엘지전자 특허센터, 431-080 Gyeonggi-do (KR). **한승희 (HAN, Seunghee)** [KR/KR]; 경기도 안양시 동안구 호계 1 동 533 번지 엘지전자 특허센터, 431-080 Gyeonggi-do (KR). **이문일 (LEE, Moonil)** [KR/KR]; 경기도 안양시 동안구 호계 1 동 533 번지 엘지전자 특허센터, 431-080 Gyeonggi-do (KR).

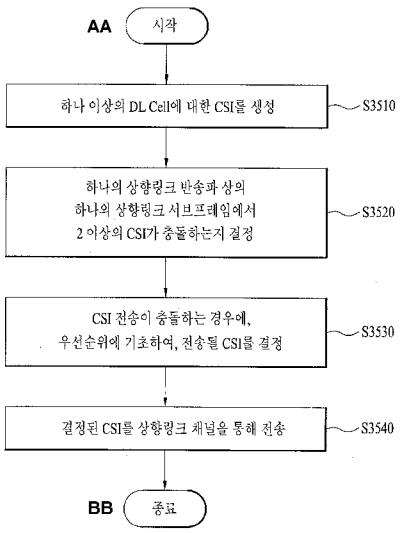
(74) 대리인: **김용인 (KIM, Yong In)** 등; 서울 송파구 잠실동 175-9 현대빌딩 7 층 KBK 특허법률사무소, 138-861 Seoul (KR).

[다음 쪽 계속]

(54) **Title**: METHOD AND APPARATUS FOR EFFICIENT FEEDBACK IN A WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM THAT SUPPORTS MULTIPLE ANTENNAS

(54) **발명의 명칭** : 다중 안테나 지원 무선 통신 시스템에서 효율적인 피드백 방법 및 장치

[도 35]



AA ... Start
S3510 ... Generating a CSI for one or more DL cells
S3520 ... Determining if two or more CSIs collide in one uplink subframe on one uplink carrier
S3530 ... Determining a CSI to be transmitted, based on priority, if CSI transmissions collide against each other
S3540 ... Transmitting the determined CSI through an uplink channel
BB ... End

(57) **Abstract**: The present invention relates to a wireless communication system, and more particularly, to a method and apparatus for efficient feedback in a wireless communication system that supports multiple antennas. The method for transmitting a CSI for downlink multi-carrier transmission according to one embodiment of the present invention comprises the following steps: generating a CSI which contains CQIs calculated on the basis of precoding information determined by a rank indicator (RI), a first PMI, a second PMI, and/or a combination of the first and second PMIs for one or more downlink carriers; determining the CSI to be transmitted, based on priority, if two or more CSIs collide against each other in one uplink subframe on one uplink carrier; and transmitting the determined CSI through an uplink channel. The CSIs are classified into a first group including an RI, a second group including a first wideband PMI, a third group including a wideband CQI, and a fourth group including a sub-band CQI. If the CSI in the first group or the CSI in the second group collides against the CSI in the third group or the CSI in the fourth group, the CSI in the third group or in the fourth group may be suppressed due to the lower priority thereof.

(57) **요약서**:

[다음 쪽 계속]

WO 2012/044088 A2

(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, 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, 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, MD, 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))

본 발명은 무선 통신 시스템에 대한 것으로, 보다 상세하게는 다중 안테나 지원 무선 통신 시스템에서 효율적인 피드백 방법 및 장치가 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 하향링크 다중 반송파 전송에 대한 CSI를 전송하는 방법은, 하나 이상의 하향링크 반송파에 대한 RI, 제 1 PMI, 제 2 PMI, 및 제 1 및 제 2 PMI 의 조합에 의해 결정되는 프리코딩 정보에 기초하여 계산되는 CQI 중 하나 이상을 포함하는 CSI를 생성하는 단계; 하나의 상향링크 반송파 상의 하나의 상향링크 서브프레임에서 2 이상의 CSI가 충돌하는 경우에, 우선순위에 기초하여, 전송될 CSI를 결정하는 단계; 및 결정된 CSI를 상향링크 채널을 통해 전송하는 단계를 포함하고, CSI는 RI를 포함하는 제 1 그룹, 광대역 제 1 PMI를 포함하는 제 2 그룹, 광대역 CQI를 포함하는 제 3 그룹 및 서브대역 CQI를 포함하는 제 4 그룹으로 분류되고, 제 1 그룹에 속한 CSI 또는 제 2 그룹에 속한 CSI가 제 3 그룹에 속한 CSI 또는 제 4 그룹에 속한 CSI와 충돌하는 경우에, 제 3 그룹 또는 제 4 그룹에 속한 CSI는 낮은 우선순위를 갖고 누락될 수 있다.

【명세서】

【발명의 명칭】

다중 안테나 지원 무선 통신 시스템에서 효율적인 피드백 방법 및 장치

【기술분야】

이하의 설명은 무선 통신 시스템에 대한 것으로, 보다 상세하게는 다중 안테나 지원 무선 통신 시스템에서 효율적인 피드백 방법 및 장치에 대한 것이다.

【배경기술】

MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) 기술은 지금까지 한 개의 전송안테나와 한 개의 수신안테나를 사용했던 것에서 탈피하여, 다중전송안테나와 다중수신안테나를 채택하여 송수신 데이터 효율을 향상시킬 수 있는 방법을 말한다. 즉, 무선통신시스템의 송신단(transmitting end) 혹은 수신단(receiving end)에서 다중안테나를 사용하여 용량을 증대시키거나 성능을 개선하는 기술이다. MIMO 기술을 다중 안테나 기술로 칭할 수도 있다. 다중 안테나 전송을 올바르게 수행하기 위해서 다중 안테나 채널을 수신하는 수신단으로부터 채널에 대한 정보를 피드백 받는 것이 요구된다.

기존의 다중 안테나 무선 통신 시스템에서 수신단에서 송신단으로 피드백하는 정보로서, 랭크 지시자(Rank Indicator; RI), 프리코딩 행렬 인덱스(Precoding Matrix Index; PMI), 채널 품질 정보(Channel Quality Information; CQI) 등이 정의되어 있다. 이들 피드백 정보는 기존의 다중 안테나 전송에 적합한 정보로서 구성된다.

기존의 다중 안테나 무선 통신 시스템에 비하여 확장된 안테나 구성을 가지는 새로운 시스템의 도입이 논의되고 있다. 예를 들어, 기존의 시스템에서 4 전송 안테나까지만을 지원하였지만, 확장된 안테나 구성을 갖는 새로운 시스템에서는 8 전송 안테나를 통한 MIMO 전송을 지원하여 보다 증대된 시스템 용량을 제공할 수 있다.

【발명의 상세한 설명】

【기술적 과제】

확장된 안테나 구성을 지원하는 새로운 시스템에서는 기존의 MIMO 전송 동작에 비하여 보다 복잡한 MIMO 전송이 수행되므로, 기존의 MIMO 전송 동작을 위해 정의된 피드백 정보만으로는 새로운 시스템에서의 MIMO 동작을 올바르게 지원할 수 없다.

본 발명은 확장된 안테나 구성에 따른 MIMO 동작을 올바르고 효율적으로

지원하기 위한 피드백 정보를 구성 및 전송하는 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 하향링크 다중 반송파 전송에 대한 채널상태정보(CSI)를 전송하는 방법은, 하나 이상의 하향링크 반송파에 대한 랭크 지시자(RI), 제 1 프리코딩행렬인덱스(PMI), 제 2 PMI, 및 상기 제 1 및 제 2 PMI 의 조합에 의해 결정되는 프리코딩 정보에 기초하여 계산되는 채널품질지시자(CQI) 중 하나 이상을 포함하는 상기 CSI를 생성하는 단계; 하나의 상향링크 반송파 상의 하나의 상향링크 서브프레임에서 2 이상의 CSI가 충돌하는 경우에, 우선순위에 기초하여, 전송될 CSI를 결정하는 단계; 및 상기 결정된 CSI를 상향링크 채널을 통해 전송하는 단계를 포함하고, 상기 CSI는 RI를 포함하는 제 1 그룹, 광대역 제 1 PMI를 포함하는 제 2 그룹, 광대역 CQI를 포함하는 제 3 그룹 및 서브대역 CQI 를 포함하는 제 4 그룹으로 분류되고, 상기 우선순위는, 상기 제 1 그룹에 속한 CSI 또는 상기 제 2 그룹에 속한 CSI가 상기 제 3 그룹에 속한 CSI 또는 상기 제 4 그룹에 속한 CSI와 충돌하는 경우에, 상기 제 3 그룹 또는 상기 제 4 그룹에 속한 CSI는 낮은 우선순위를 갖고 누락(drop)되는 것으로 설정될 수 있다.

상기의 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 다른 실시예에 따른 하향링크 다중 반송파 전송에 대한 채널상태정보(CSI)를 전송하는 단말은, 기지국으로부터 하향링크 신호를 수신하는 수신 모듈; 상기 기지국으로 상향링크 신호를 전송하는 전송 모듈; 및 상기 수신 모듈 및 상기 전송 모듈을 포함하는 상기 단말을 제어하는 프로세서를 포함하며, 상기 프로세서는, 하나 이상의 하향링크 반송파에 대한 랭크 지시자(RI), 제 1 프리코딩행렬인덱스(PMI), 제 2 PMI, 및 상기 제 1 및 제 2 PMI 의 조합에 의해 결정되는 프리코딩 정보에 기초하여 계산되는 채널품질지시자(CQI) 중 하나 이상을 포함하는 상기 CSI를 생성하고; 하나의 상향링크 반송파 상의 하나의 상향링크 서브프레임에서 2 이상의 CSI가 충돌하는

경우에, 우선순위에 기초하여, 전송될 CSI를 결정하고; 상기 전송 모듈을 통하여, 상기 결정된 CSI를 상향링크 채널을 통해 전송하도록 구성되며, 상기 CSI는 RI를 포함하는 제 1 그룹, 광대역 제 1 PMI를 포함하는 제 2 그룹, 광대역 CQI를 포함하는 제 3 그룹 및 서브대역 CQI 를 포함하는 제 4 그룹으로 분류되고, 상기 우선순위는, 상기 제 1 그룹에 속한 CSI 또는 상기 제 2 그룹에 속한 CSI가 상기 제 3 그룹에 속한 CSI 또는 상기 제 4 그룹에 속한 CSI와 충돌하는 경우에, 상기 제 3 그룹 또는 상기 제 4 그룹에 속한 CSI는 낮은 우선순위를 갖고 누락(drop)되는 것으로 설정될 수 있다.

본 발명의 상기 실시예들에 대해서 이하의 사항이 공통적으로 적용될 수 있다.

상기 제 1 그룹에 속한 CSI와 상기 제 2 그룹에 속한 CSI는 동일한 우선순위를 가질 수 있다.

상기 우선순위가 동일한 경우, 8 전송 안테나를 통한 하향링크 전송 모드에 대한 CSI가 다른 하향링크 전송 모드에 대한 CSI와 충돌하는 경우 상기 다른 하향링크 전송 모드에 대한 CSI가 낮은 우선순위를 가지고 누락될 수 있다.

상기 우선순위가 동일한 경우, 상기 하나 이상의 하향링크 반송파 각각에 대해서 상위 계층에 의하여 설정되는 우선순위가 높은 하향링크 반송파에 대한 CSI가 상기 상향링크 채널을 통하여 전송될 수 있다.

상기 제 3 그룹에 속한 CSI와 상기 제 4 그룹에 속한 CSI가 충돌하는 경우, 상기 제 4 그룹에 속한 CSI가 낮은 우선순위를 가지고 누락될 수 있다.

상기 제 1 PMI 가 누락되는 경우에, 누락된 제 1 PMI 에 후속하는 채널상태정보는, 미리 정의된 제 1 PMI 에 기초하여 생성될 수 있다.

상기 상향링크 채널은 물리상향링크제어채널(PUCCH)일 수 있다.

상기 상향링크 채널은 물리상향링크공유채널(PUSCH)이고, 상기 우선순위는 상이한 반송파에 대한 CSI가 충돌하는 경우에 적용될 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, 확장된 안테나 구성에 따른 MIMO 동작을 올바르고 효율적으로 지원하기 위한 피드백 정보를 구성 및 전송하는 방법 및 장치를 제공할 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 무선 프레임의 구조를 나타내는 도면이다.

도 2는 하향링크 슬롯에서의 자원 그리드(resource grid)를 나타내는 도면이다.

도 3은 하향링크 서브프레임의 구조를 나타내는 도면이다.

도 4는 상향링크 서브프레임의 구조를 나타내는 도면이다.

도 5는 다중반송파 지원 시스템의 물리계층(L1) 및 MAC 계층(L2) 구성을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 하향링크 및 상향링크 각각에 대한 구성 반송파(CC)들을 개념적으로 나타내는 도면이다.

도 7는 DL/UL CC 연계의 일례를 나타내는 도면이다.

도 8은 SC-FDMA 전송 방식과 OFDMA 전송 방식을 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 단일 안테나 전송과 다중 안테나 전송의 경우의 최대 전송 전력을 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 다중 안테나(MIMO) 통신 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

도 11은 다중 안테나 시스템에서 일반적인 CDD 구조를 나타내는 도면이다.

도 12는 코드북 기반 프리코딩을 설명하기 위한 도면이다.

도 13은 PUCCH의 자원 매핑 구조를 나타내는 도면이다.

도 14는 CQI 정보 비트의 채널 구조를 나타내는 도면이다.

도 15는 CQI 및 ACK/NACK 정보의 전송을 설명하기 위한 도면이다.

도 16은 채널상태정보의 피드백을 설명하기 위한 도면이다.

도 17은 CQI 보고 모드의 일례를 설명하기 위한 도면이다.

도 18은 단말이 주기적으로 채널 정보를 전송하는 방식의 일례를 나타내는 도면이다.

도 19는 SB CQI 의 전송을 설명하기 위한 도면이다.

도 20은 WB CQI 및 SB CQI의 전송을 설명하기 위한 도면이다.

도 21은 WB CQI, SB CQI 및 RI의 전송을 설명하기 위한 도면이다.

도 22 및 23 는 제한된 랭크의 PMI/CQI 전송 타이밍 및 오프셋에 대한 예시들을 설명하기 위한 도면이다.

도 24 내지 26 은 제한된 랭크의 PMI/CQI 의 보고 주기를 설명하기 위한 도면이다.

도 27 은 PUCCH 보고 모드 2-1에 따른 채널 정보 전송 방안을 설명하기 위한 도면이다.

도 28 은 일부 채널 정보의 누락의 경우의 PUCCH 보고 모드 2-1에 따른 채널 정보 전송 방안을 설명하기 위한 도면이다.

도 29 는 상향링크를 통해 채널 정보들이 보고되는 타이밍의 일례를 나타내는 도면이다.

도 30 은 PTI 값에 따른 PUCCH 보고 모드 2-1에 따른 채널 정보 보고 타이밍을 나타내는 도면이다.

도 31 및 32 는 일부 채널 정보의 누락의 경우의 PUCCH 보고 모드 2-1에 따른 채널 정보 전송 방안을 설명하기 위한 도면이다.

도 33 은 WB CQI/WB W2 및 SB CQI/SB W2 의 보고 주기를 설명하기 위한 도면이다.

도 34 는 하향링크 전송 모드 9 에 대한 주기적 PUCCH 보고 모드 2-1 의 보고 주기를 나타내는 도면이다.

도 35 는 본 발명에 따른 채널상태정보 전송 방법에 대한 순서도이다.

도 36 은 본 발명에 따른 기지국 장치 및 단말 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 결합되지 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, 본 문서에서 기지국이라는 용어는 셀 또는 섹터를 포함하는 개념으로 사용될 수 있다. 한편, 중계기는 Relay Node(RN), Relay Station(RS) 등의 용어에 의해 대체될 수 있다. '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 3GPP LTE-A 시스템을 위주로 설명하지만 본 발명의 기술적 사상이 이에 제한되는 것은 아니다.

도 1을 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 1(a)는 타입 1 무선 프레임의 구조를 나타내는 도면이다. 하향링크 무선 프레임(radio frame)은 10개의 서브프레임(subframe)으로 구성되고, 하나의 서브프레임은 시간 영역(time domain)에서 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 영역에서 복수의 OFDM 심볼을 포함하고, 주파수 영역에서 다수의 자원블록(Resource Block; RB)을 포함한다. 3GPP LTE 시스템에서는 하향링크에서 OFDMA 를 사용하므로, OFDM 심볼이 하나의 심볼 구간을 나타낸다. OFDM 심볼은 또한 SC-FDMA 심볼 또는 심볼 구간으로 칭하여질 수도 있다. 자원 블록(Resource Block; RB)은 자원 할당 단위이고, 하나의 슬롯에서 복수개의

연속적인 부반송파(subcarrier)를 포함할 수 있다.

하나의 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 CP(Cyclic Prefix)의 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 1(b)는 타입 2 무선 프레임의 구조를 나타내는 도면이다. 타입 2 무선 프레임은 2개의 해프 프레임 (half frame)으로 구성되며, 각 해프 프레임은 5개의 서브프레임과 DwPTS (Downlink Pilot Time Slot), 보호구간(Guard Period; GP), UpPTS (Uplink Pilot Time Slot)로 구성되며, 이 중 1개의 서브프레임은 2개의 슬롯으로 구성된다. DwPTS는 단말에서의 초기 셀 탐색, 동기화 또는 채널 추정에 사용된다. UpPTS는 기지국에서의 채널 추정과 단말의 상향 전송 동기를 맞추는 데 사용된다. 보호구간은 상향링크와 하향링크 사이에 하향링크 신호의 다중경로 지연으로 인해 상향링크에서 생기는 간섭을 제거하기 위한 구간이다. 한편, 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 2는 하향링크 슬롯에서의 자원 그리드(resource grid)를 나타내는 도면이다. 하나의 하향링크 슬롯은 시간 영역에서 7 개의 OFDM 심볼을 포함하고, 하나의 자원블록(RB)은 주파수 영역에서 12 개의 부반송파를 포함하는 것으로 도시되어

있지만, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 일반 CP(Cyclic Prefix)의 경우에는 하나의 슬롯이 7 OFDM 심볼을 포함하지만, 확장된 CP(extended-CP)의 경우에는 하나의 슬롯이 6 OFDM 심볼을 포함할 수 있다. 자원 그리드 상의 각각의 요소는 자원 요소(resource element; RE)라 한다. 하나의 자원블록은 12×7 자원 요소를 포함한다. 하향링크 슬롯에 포함되는 자원블록들의 N^{DL}의 개수는 하향링크 전송 대역폭에 따른다. 상향링크 슬롯의 구조는 하향링크 슬롯의 구조와 동일할 수 있다.

도 3은 하향링크 서브프레임의 구조를 나타내는 도면이다. 하나의 서브프레임 내에서 첫 번째 슬롯의 앞 부분의 최대 3 개의 OFDM 심볼은 제어 채널이 할당되는 제어 영역에 해당한다. 나머지 OFDM 심볼들은 물리하향링크공유채널(Physical Downlink Shared Chancel; PDSCH)이 할당되는 데이터 영역에 해당한다. 3GPP LTE 시스템에서 사용되는 하향링크 제어 채널들에는, 예를 들어, 물리제어포맷지시자채널(Physical Control Format Indicator Channel; PCFICH), 물리하향링크제어채널(Physical Downlink Control Channel; PDCCH), 물리HARQ지시자채널(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 개별 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 4는 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. 단일 반송파 특성을 유지하기 위해서, 하나의 단말은 PUCCH와 PUSCH를 동시에 전송하지 않는다. 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.

반송파 병합(Carrier Aggregation)

일반적인 무선 통신 시스템에서는 상향링크와 하향링크간의 대역폭은 서로 다르게 설정되더라도 주로 하나의 반송파(carrier)만을 고려하고 있다. 예를 들어, 단일 반송파를 기반으로, 상향링크와 하향링크를 구성하는 반송파의 수가 각각 1개이고, 상향링크의 대역폭과 하향링크의 대역폭이 일반적으로 서로 대칭적인 무선

통신 시스템이 제공될 수 있다.

ITU(International Telecommunication Union)에서는 IMT-Advanced의 후보기술이 기존의 무선 통신 시스템에 비하여 확장된 대역폭을 지원할 것을 요구하고 있다. 그러나, 전세계적으로 일부 지역을 제외하고는 큰 대역폭의 주파수 할당이 용이하지 않다. 따라서, 조각난 작은 대역을 효율적으로 사용하기 위한 기술로 주파수 영역에서 물리적으로 다수 개의 밴드를 묶어 논리적으로 큰 대역의 밴드를 사용하는 것과 같은 효과를 내도록 하기 위한 반송파 병합(Carrier Aggregation; 대역폭 병합(Bandwidth Aggregation) 또는 스펙트럼 병합(Spectrum Aggregation)이라고도 함) 기술이 개발되고 있다.

반송파 병합은 증가되는 수율(throughput)을 지원하고, 광대역 RF 소자의 도입으로 인한 비용 증가를 방지하고, 기존 시스템과의 호환성을 보장하기 위해 도입되는 것이다. 반송파 병합이란 기존의 무선 통신 시스템(예를 들어, 3GPP LTE-Advanced 시스템의 경우에는 3GPP LTE release 8 또는 9 시스템)에서 정의되는 대역폭 단위의 반송파들의 복수개의 묶음을 통하여 단말과 기지국간에 데이터를 교환할 수 있도록 하는 기술이다. 여기서, 기존의 무선 통신 시스템에서 정의되는 대역폭 단위의 반송파를 구성반송파(Component Carrier; CC)라고 칭할 수 있다. 상향링크 및 하향링크 각각에서 하나 이상의 구성반송파를 이용하는 반송파 병합 기술 적용될 수 있다. 반송파 병합 기술은 하나의 구성반송파가 5MHz, 10MHz 또는 20MHz의 대역폭을 지원하더라도 최대 5 개의 구성반송파를 묶어 최대 100MHz 까지의 시스템 대역폭을 지원하는 기술을 포함할 수 있다.

하향링크 구성반송파는 DL CC로 표현할 수 있고, 상향링크 구성반송파는 UL CC로 표현할 수 있다. 또한, 반송파 또는 구성반송파는 3GPP의 표준에서의 기능 구성 측면에서 기술하고 표현하는 방식에 따라 셀(cell)로서 표현될 수 있다. 이에 따라 DL CC는 DL cell로 UL CC는 UL cell로 표현될 수 있다. 이하 본 발명에서는 반송파 병합이 적용되는 복수개의 반송파들을, 반송파, 구성반송파, CC 또는 셀(cell) 이라는 용어를 사용하여 표현한다.

또한, 이하의 설명에서 하향링크 전송 주체는 주로 기지국(또는 셀)을 예로 들어 설명하고, 상향링크 전송 주체는 주로 단말을 예로 들어 설명하지만, 이에 제한되는 것은 아니다. 즉, 중계기가 단말로의 하향링크 전송 주체가 되거나 단말로부터의 상향링크 수신 주체가 되는 경우, 또는 중계기가 기지국으로의

상향링크 전송 주체가 되거나 기지국으로부터의 하향링크 수신 주체가 되는 경우에도 본 발명의 내용이 적용될 수 있음을 밝힌다.

하향링크 반송파 병합은, 기지국이 단말로 어떤 시간영역 자원(서브프레임 단위)에서 하나 이상의 반송파 대역 상의 주파수영역 자원(부반송파 또는 PRB(Physical Resource Block))을 이용하여 하향링크 전송을 지원하는 것으로 설명할 수 있다. 상향링크 반송파 병합은, 단말이 기지국으로 어떤 시간영역 자원(서브프레임 단위)에서 하나 이상의 반송파 대역 상의 주파수영역 자원(부반송파 또는 PRB)을 이용하여 상향링크 전송을 지원하는 것으로 설명할 수 있다.

도 5를 참조하여 다중반송파 지원 시스템의 물리계층(제1계층, L1) 및 MAC 계층(제2계층, L2) 구성을 설명한다. 단일 반송파를 지원하는 기존의 무선 통신 시스템의 기지국에는 하나의 반송파를 지원하는 하나의 물리계층(PHY) 개체가 존재하고, 하나의 PHY 개체를 제어하는 하나의 MAC(Medium Access Control) 개체가 제공될 수 있다. PHY 계층에서는, 예를 들어, 기저대역 프로세싱 동작이 수행될 수 있다. MAC 계층에서는, 예를 들어, 송신부에서 MAC PDU(Protocol Data Unit) 생성 및 MAC/RLC 서브 계층을 포괄하는 L1/L2 스케쥴러 동작이 수행될 수 있다. MAC 계층의 MAC PDU 패킷 블록은 논리적인 전송 계층(transport layer)을 거쳐 전송 블록(transport block)으로 변환되어 물리계층 입력 정보 블록으로 매핑된다. 본 도면의 MAC 계층은 L2 계층 전체로 표현되어 MAC/RLC/PDCP 서브레이어들을 포괄하는 의미로서 적용될 수 있다. 이러한 적용은 본 발명 전체에서의 MAC 계층 설명에서 모두 치환되어 적용될 수 있음을 명시한다.

한편, 다중반송파 지원 시스템에서 MAC-PHY 개체가 복수개 제공될 수 있다. 즉, 도 5(a)와 같이 n 개의 구성반송파 각각마다 하나씩의 MAC-PHY 개체가 대응되는 형태로 다중반송파 지원 시스템의 송신부와 수신부가 구성될 수 있다. 구성반송파 별로 독립된 PHY 계층과 MAC 계층이 구성되므로, MAC PDU로부터 물리 계층에서 구성반송파 별로 PDSCH가 생성된다.

또는, 다중반송파 지원 시스템에서 하나의 공통 MAC 개체와 복수개의 PHY 개체로서 구성될 수도 있다. 즉, 도 5(b)와 같이 n 개의 구성반송파 각각에 대응하는 n 개의 PHY 개체가 제공되고, n 개의 PHY 개체를 제어하는 하나의 공통 MAC 개체가 존재하는 형태로 다중반송파 지원 시스템의 송신부와 수신부가 구성될 수도 있다.

이 경우, 하나의 MAC 계층으로부터의 MAC PDU가 전송 계층 상에서 복수개의 구성반송파 각각에 대응하는 복수개의 전송 블록으로 분화될 수 있다. 또는 MAC 계층에서의 MAC PDU 생성 시 또는 RLC 계층에서의 RLC PDU 생성 시에, 각각의 구성반송파 별로 분기될 수도 있다. 이에 따라, 물리 계층에서 구성반송파에 별로 PDSCH가 생성된다.

MAC 계층의 패킷 스케쥴러로부터 생성되는 L1/L2 제어 시그널링의 제어정보들을 전송하는 PDCCH는 개별 구성반송파 마다의 물리 자원에 매핑되어 전송될 수 있다. 여기서, 특정 단말에 대한 PDSCH 또는 PUSCH 전송을 위한 제어정보(하향링크 할당 또는 상향링크 그랜트)를 포함하는 PDCCH는, 해당 PDSCH/PUSCH가 전송되는 구성반송파마다 별도로 인코딩될 수 있다. 이러한 PDCCH를 구분 코딩된(separate coded) PDCCH라 칭할 수 있다. 한편, 복수개의 구성반송파들의 PDSCH/PUSCH 전송을 위한 제어 정보들은 하나의 PDCCH로 구성되어 전송될 수도 있으며, 이를 조인트 코딩된(joint coded) PDCCH라 칭할 수 있다.

반송파 병합을 지원하기 위해서, 제어채널(PDCCH 또는 PUCCH) 및/또는 공유채널(PDSCH 또는 PUSCH)이 전송될 수 있도록 기지국과 단말 (또는 중계기) 사이의 연결이 설정되어 있거나 연결 설정을 위한 준비가 필요하다. 특정 단말 (또는 중계기) 별로 위와 같은 연결/연결설정을 위하여 반송파에 대한 측정(measurement) 및/또는 보고(reporting)가 필요하고, 이러한 측정 및/또는 보고의 대상이 되는 구성반송파들을 할당(assign)할 수 있다. 즉, 구성반송파 할당이란, 기지국에서 구성되는 하향링크/상향링크 구성반송파들 중 특정 단말 (또는 중계기)의 성능(capability)과 시스템 환경을 고려하여 하향링크/상향링크 전송에 이용되는 구성반송파를 설정(구성반송파의 개수 및 인덱스를 지정)하는 것을 의미한다.

이때 구성반송파 할당을 제3계층(L3) RRM(Radio Resource Management)에서 제어하는 경우에, 단말-특정(UE-specific) 또는 중계기-특정(RN-specific) RRC 시그널링을 이용할 수 있다. 또는, 셀-특정(cell-specific)이나 셀 클러스터-특정(cell cluster-specific) RRC 시그널링을 이용할 수 있다. 구성반송파 할당에 일련의 구성반송파 활성(activation)/비활성(deactivation)의 설정과 같은 동적인(dynamic) 제어가 필요한 경우에는 L1/L2 제어 시그널링으로서 소정의 PDCCH를 이용하거나, 구성반송파 할당 제어정보 전용의(dedicated) 물리제어채널

또는 L2 MAC 메시지 형태의 PDSCH를 이용할 수도 있다. 한편, 구성반송파 할당을 패킷 스케쥴러에서 제어하는 경우에는 L1/L2 제어 시그널링으로서 소정의 PDCCH를 이용하거나, 구성반송파 할당 제어정보 전용의(dedicated) 물리제어채널을 이용하거나, 또는 L2 MAC 메시지 형태의 PDSCH를 이용할 수도 있다.

도 6은 하향링크 및 상향링크 각각에 대한 구성 반송파(CC)들을 개념적으로 나타내는 도면이다. 도 6의 하향링크(DL) 및 상향링크(UL) CC 는 기지국(셀) 또는 중계기에서 할당할 수 있으며, 예를 들어, DL CC들의 개수는 N개로 설정되고 UL CC들의 개수를 M개로 설정될 수 있다.

단말의 초기 액세스(initial access) 또는 초기 배치(initial deployment) 과정을 통해 DL과 UL에 대하여 각각 단일한 임의의 CC를 기반으로 RRC 연결을 설정하는 단계(셀 탐색(cell search), 시스템 정보(system information) 획득/수신, 초기 임의 접속(initial random access) 과정 등)를 수행한 이후에, 단말 별로 고유한 반송파 설정을 전용 시그널링(단말-특정 RRC 시그널링 또는 단말-특정 L1/L2 PDCCH 시그널링)을 통해 기지국으로부터 제공받을 수 있다. 또는, 단말에 대한 반송파 설정이 기지국(셀 또는 셀 클러스터) 단위로 공통으로 이루어지는 경우 셀-특정 RRC 시그널링 또는 셀-특정 단말-공통 L1/L2 PDCCH 시그널링을 통하여 제공될 수도 있다. 또는, 기지국에서 구성하고 있는 반송파 구성 정보에 대하여 RRC 연결 설정을 위한 시스템 정보를 통하여 단말에게 시그널링할 수도 있고, RRC 연결 설정 단계 이후의 별도의 시스템 정보 또는 셀-특정 RRC 시그널링을 통하여 단말에게 시그널링할 수도 있다.

본 문서에서는 DL/UL CC 설정에 대하여 기지국과 단말간의 관계를 중심으로 설명하지만 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 중계기 영역 내의 단말에 대하여, 중계기가 해당 단말의 DL/UL CC 설정을 제공하는 것에 동일하게 적용될 수 있다. 또한, 기지국 영역 내의 중계기에 대하여, 기지국이 해당 중계기의 DL/UL CC 설정을 제공하는 것에도 동일하게 적용될 수 있다. 이하에서는 명료성을 위하여 기지국 및 단말의 관계를 중심으로 DL/UL CC 설정에 대하여 설명하지만, 동일한 내용이 중계기-단말 간 (액세스 상향링크 및 하향링크) 또는 기지국-중계기 간 (백홀 상향링크 및 하향링크)에 적용될 수 있음을 밝힌다.

위와 같은 DL/UL CC들을 개별 단말에 대해 고유하게 할당(assignment)하는 과정에서 묵시적으로(implicitly), 또는 임의의 시그널링 파라미터의 정의를 통하여

명시적으로(explicitly) DL/UL CC 연계가 설정될 수 있다.

도 7은 DL/UL CC 연계의 일례를 나타내는 도면이다. 기지국이 하향링크 CC 2개 (DL CC #a 및 DL CC #b) 및 상향링크 CC 2개 (UL CC #i 및 UL CC #j)로 CC를 구성(configuration)하는 경우에, 임의의 단말에 대하여 하향링크 CC 2개 (DL CC #a 및 DL CC #b) 및 상향링크 CC 1개 (UL CC #i)가 할당됨에 따라 정의되는 DL/UL CC 연계를 예시하고 있다. 도 7의 DL/UL CC 연계 설정에 있어서 실선으로 표시된 것은 기본적으로 기지국이 구성하는 DL CC와 UL CC의 연계설정을 나타내는 것이며, 이는 SIB 2 에서 정의될 수 있다. 도 7의 DL/UL CC 연계 설정에 있어서 점선으로 표시된 것은 특정 단말에 대해서 설정되는 DL CC와 UL CC의 연계설정을 나타내는 것이다. 도 7의 DL CC와 UL CC의 연계설정은 단지 예시적인 것이며 이에 한정되는 것은 아니다. 즉, 본 발명의 다양한 실시예들에 있어서, 기지국이 구성하는 DL CC와 UL CC의 개수는 임의의 값으로서 설정되는 것이 가능하고, 이에 따라 상기 구성되는 DL CC들과 UL CC들 내에서 단말-특정으로 설정 또는 할당되는 DL CC와 UL CC들의 개수가 임의의 값으로 설정될 수 있고, 이와 연관된 DL/UL CC 연계도 도 7의 방식과 다른 방식으로 정의될 수 있음을 밝힌다.

또한 단말에게 구성되거나 설정되는 DL 및 UL 구성반송파들 중에서 주 구성반송파(primary CC; PCC) (또는 primary cell; P-cell) 또는 앵커 구성반송파 (anchor CC) (또는 anchor cell)가 설정될 수 있다. 일례로서 항상 RRC 연결 설정상의 구성/재구성 정보의 전송을 목적으로 하는 DL PCC (또는 DL P-cell)이 설정될 수 있고 다른 일례로서 임의의 단말이 상향링크로 전송해야 하는 UCI를 전송하기 위한 PUCCH를 전송하는 UL CC를 UL PCC (또는 UL P-cell)이 설정될 수 있다. 본 DL PCC(P-cell) 및 UL PCC(P-cell)는 단말 별로 특정하게 하나를 설정하는 것을 기본으로 한다. 또는, CC가 단말에게 매우 많이 설정되는 경우나 복수 기지국으로부터 CC를 설정받을 수 있는 상황에서는 임의의 단말에게 하나 또는 하나 이상의 기지국들로부터 각각 하나이거나 복수 개의 DL PCC(P-cell) 및/또는 UL PCC(P-cell)이 설정될 수도 있다. 일단 DL PCC(P-cell)과 UL PCC(P-cell)의 연계(linkage)는 임의로 기지국이 단말 특정하게 구성시킬 수 있는 방법이 고려될 수 있다. 이와 다르게 보다 단순화시키기 위한 방법으로 LTE 릴리즈-8(Rel-8)에서 이미 정의하고 SIB(System Information Block (or Base)) 2로 시그널링되는 기본 연계의 관계에 기초하여 DL PCC(P-cell)와 UL PCC(P-cell)의 연계가 구성될 수도

있다. 상기의 연계가 설정되는 DL PCC(P-cell) 및 UL PCC(P-cell)을 묶어 단말 특정하게 P-cell로서 표현할 수도 있다.

SC-FDMA 전송 및 OFDMA 전송

도 8은 이동통신 시스템에서 SC-FDMA 전송 방식과 OFDMA 전송 방식을 설명하기 위한 도면이다. SC-FDMA 전송 방식은 상향링크 전송에 이용될 수 있고, OFDMA 전송 방식은 하향링크 전송에 이용될 수 있다.

상향링크 신호 전송 주체 (예를 들어, 단말) 및 하향링크 신호 전송 주체 (예를 들어, 기지국) 모두 직렬-병렬 변환기(Serial-to-Parallel Converter; 801), 부반송파 맵퍼(803), M-포인트 IDFT(Inverse Discrete Fourier Transform) 모듈(804) 및 병렬-직렬 변환기(Parallel-to- Serial Converter; 805)를 포함하는 점에 있어서는 동일하다. 직렬-병렬 변환기(801)에 입력되는 입력 신호는 채널 코딩 및 변조된 데이터 심볼이다. 다만, SC-FDMA 방식으로 신호를 전송하기 위한 사용자 기기는 N-포인트 DFT (Discrete Fourier Transform) 모듈(802)을 추가적으로 포함하여, M-포인트 IDFT 모듈(804)의 IDFT 처리 영향을 일정 부분 상쇄함으로써 전송 신호가 단일 반송파 특성을 가지도록 할 수 있다. 즉, DFT 모듈(802)에서는 입력된 데이터 심볼을 DFT 확산시킴으로써 상향링크 전송에서 요구되는 단일 반송파 특성(single carrier property)을 만족하도록 할 수 있다. 이러한 SC-FDMA 전송 방식은 기본적으로 양호한 PAPR(Peak to Average Power Ratio) 또는 CM(Cubic Metric)을 제공하여, 상향링크 송신기가 전력 제한 상황인 경우에도 보다 효율적으로 전송을 할 수 있도록 하여, 사용자 수율을 향상시킬 수 있다.

도 9는 단일 안테나 전송과 다중 안테나 전송의 경우의 최대 전송 전력을 설명하기 위한 도면이다. 도 9(a)는 단일 안테나 전송의 경우를 나타낸다. 하나의 안테나에 하나의 전력 증폭기(PA; Power Amplifier)가 제공될 수 있다. 도 9(a)에서 전력 증폭기의 출력 (P_{max}) 는 특정 값을 가질 수 있고, 예를 들어 23 dBm 의 값을 가질 수 있다. 한편, 도 9(b) 및 9(c)는 다중 안테나 전송의 경우를 나타낸다. 도 9(b) 및 9(c)에서 복수개의 전송 안테나 각각에 복수개의 PA가 매핑될 수 있다. 예를 들어, 전송 안테나의 개수가 2 인 경우에는, 2 개의 PA가 각각 전송 안테나에 매핑된다. 2 개의 PA의 출력 값 (즉, 최대 전송 전력)의 설정은 도 9(b) 및 9(c)와 같이 상이하게 구성될 수 있다.

도 9(b)에서는, 단일 안테나 전송의 경우의 최대 전송 전력 값(P_{max})을 PA1 및 PA2 에서 나누어 적용되는 예를 나타낸다. 즉, PA1에 x [dBm] 의 전송 전력 값이 설정되면 PA2에는 (P_{max} - x) [dBm] 의 전송 전력 값이 적용될 수 있다. 이러한 경우에 전체 전송 전력이 Pmax 로 유지되므로, 송신기가 전력 제한 상황에서 PAPR의 증가에 보다 강인한 특성을 가질 수 있다.

한편, 도 9(c)에서는, 하나의 전송 안테나(ANT1) 만이 최대 전송 전력 값(P_{max})을 가지고, 나머지 하나의 전송 안테나(ANT2)의 전송 전력 값은 그 반으로 (P_{max}/2) 설정되는 예를 나타낸다. 이러한 경우, 하나의 전송 안테나만이 PAPR 증가에 강인한 특성을 가질 수 있다.

다중 안테나 시스템

다중 안테나(MIMO) 기술은, 메시지를 수신하기 위해 단일 안테나 경로에 의존하지 않고 여러 안테나에서 수신된 단편적인 데이터 조각을 한데 모아 완성하는 기술을 응용한 것이다. 다중안테나 기술은 특정 범위에서 데이터 전송 속도를 향상시키거나 특정 데이터 전송 속도에 대해 시스템 범위를 증가시킬 수 있기 때문에 이동 통신 단말과 중계기 등에 폭넓게 사용할 수 있는 차세대 이동통신기술이며, 데이터 통신 확대 등으로 인해 한계 상황에 이른 이동통신의 전송량 한계를 극복할 수 있는 차세대 기술로 관심을 모으고 있다.

도 10(a)는 일반적인 다중 안테나(MIMO) 통신 시스템의 구성도이다. 도 10(a)에 도시된 바와 같이 전송 안테나의 수를 N_T개로, 수신 안테나의 수를 N_R개로 동시에 늘리게 되면, 송신기나 수신기에서만 다수의 안테나를 사용하게 되는 경우와 달리 안테나 수에 비례하여 이론적으로 채널 전송 용량이 증가한다. 따라서 전송률(transmission rate)를 향상시키고, 주파수 효율을 획기적으로 향상시키는 것이 가능하다. 채널 전송 용량의 증가에 따른 전송률은 이론적으로 하나의 안테나를 이용하는 경우의 최대 전송률(R_0)에 하기의 수학식 1의 증가율(R_i)이 곱해진 만큼 증가할 수 있다.

【수학식 1】

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

예를 들어, 4개의 전송 안테나와 4개의 수신 안테나를 이용하는 MIMO 통신

시스템에서는 단일 안테나 시스템에 대하여 이론상 4배의 전송률을 획득할 수 있다. 이와 같은 다중안테나 시스템의 이론적 용량 증가가 90년대 중반에 증명된 이후 실질적인 데이터 전송률 향상으로 이끌어 내기 위하여 다양한 기술들이 현재까지 활발히 연구되고 있으며, 이들 중 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, 그리고 전송 신뢰도 향상 및 전송률 향상을 위한 시공간 신호 처리 기술 연구 등 다양한 관점에서 활발한 연구가 진행되고 있다.

다중 안테나 시스템에 있어서의 통신 방법을 보다 구체적인 방법으로 설명하기 위해 이를 수학적으로 모델링 하는 경우 다음과 같이 나타낼 수 있다. 도 10(a)에 도시된 바와 같이 N_T개의 전송 안테나와 N_R개의 수신 안테나가 존재하는 것을 가정한다. 먼저, 전송 신호에 대해 살펴보면, N_T개의 전송 안테나가 있는 경우 최대 전송 가능한 정보는 N_T개이므로, 전송 정보를 하기의 수학식 2와 같은 벡터로 나타낼 수 있다.

【수학식 2】

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

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.

【수학식 3】

$$\hat{\mathbf{s}} = \left[\hat{s}_1, \hat{s}_2, \ldots, \hat{s}_{N_T}\right]^T = \left[Ps_1, Ps_2, \ldots, Ps_{N_T}\right]^T$$

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

【수학식 4】

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

한편, 전송전력이 조정된 정보 벡터 $\hat{\mathbf{s}}$ 에 가중치 행렬 W 가 적용되어 실제 전송되는 N_T 개의 전송신호(transmitted signal) $x_1, x_2, \ldots, x_{N_T}$ 가 구성되는 경우를 고려해 보자. 여기서, 가중치 행렬은 전송 정보를 전송 채널 상황 등에 따라 각 안테나에 적절히 분배해 주는 역할을 수행한다. 이와 같은 전송신호 $x_1, x_2, \ldots, x_{N_T}$ 는 벡터 X 를 이용하여 하기의 수학식 5와 같이 나타낼 수 있다. 여기서 W_{ij} 는 i 번째 전송안테나와 j 번째 정보 간의 가중치를 의미한다. W 는 가중치 행렬(Weight Matrix) 또는 프리코딩 행렬(Precoding Matrix)이라고 불린다.

【수학식 5】

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

N_R개의 수신안테나가 있는 경우 각 안테나의 수신신호 $y_1, y_2, \ldots, y_{N_R}$ 을 벡터로 나타내면 하기의 수학식 6과 같다.

【수학식 6】

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

한편, 다중 안테나 통신 시스템에 있어서의 채널을 모델링 하는 경우, 채널은

송수신 안테나 인덱스에 따라 구분할 수 있으며, 전송 안테나 j 로부터 수신 안테나 i 를 거치는 채널을 h_{ij} 로 표시하기로 한다. 여기서, h_{ij} 의 인덱스의 순서는 수신 안테나 인덱스가 먼저, 전송안테나의 인덱스가 나중임에 유의한다.

이러한 채널은 여러 개를 한데 묶어서 벡터 및 행렬 형태로도 표시 가능하다. 벡터 표시의 예를 들어 설명하면 다음과 같다. 도 10(b)는 N_T개의 전송 안테나에서 수신 안테나 i 로의 채널을 도시한 도면이다.

도 10(b)에 도시된 바와 같이 총 N_T개의 전송 안테나로부터 수신안테나 i 로 도착하는 채널은 다음과 같이 표현 가능하다.

【수학식 7】

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

또한, 상기 수학식 7과 같은 행렬 표현을 통해 N_T개의 전송 안테나로부터 N_R개의 수신 안테나를 거치는 채널을 모두 나타내는 경우 하기의 수학식 8과 같이 나타낼 수 있다.

【수학식 8】

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

실제 채널은 위와 같은 채널 행렬 H 를 거친 후에 백색잡음(AWGN; Additive White Gaussian Noise)이 더해지게 되므로, N_R개의 수신안테나 각각에 더해지는 백색잡음 $n_1, n_2, \cdots, n_{N_R}$ 을 벡터로 표현하면 하기의 수학식 9와 같다.

【수학식 9】

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

상기 수학식들을 이용하여 구한 수신신호는 하기의 수학식 10과 같다.

【수학식 10】

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

한편, 채널 상황을 나타내는 채널 행렬 H 의 행과 열의 수는 전송안테나와 수신 안테나의 개수에 의해 결정된다. 채널 행렬 H 에서 행의 수는 수신 안테나의 개수(N_R)과 동일하고, 열의 수는 전송 안테나의 개수(N_T)와 동일하다. 즉, 채널 행렬 H는 $N_R \times N_T$ 행렬로 표시될 수 있다. 일반적으로, 행렬의 랭크는 서로 독립적인 행의 수와 열의 수 중에서 더 작은 수에 의해 정의된다. 그러므로, 행렬의 랭크는 행렬의 행의 수나 열의 수보다 더 큰 값을 가질 수 없다. 채널 행렬 H 의 랭크는 다음의 수학식 11에 의해 표현될 수 있다.

【수학식 11】

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

다중 안테나 시스템의 운영(operation)을 위해 사용되는 다중 안테나 송수신 기법(scheme)은 FSTD(frequency switched transmit diversity), SFBC(Space Frequency Block Code), STBC(Space Time Block Code), CDD(Cyclic Delay Diversity), TSTD(time switched transmit diversity) 등이 사용될 수 있다. 랭크 2 이상에서는 공간 다중화(Spatial Multiplexing; SM), GCDD(Generalized Cyclic Delay Diversity), S-VAP(Selective Virtual Antenna Permutation) 등이 사용될 수 있다.

FSTD는 각 다중 안테나로 전송되는 신호마다 서로 다른 주파수의 부반송파를 할당함으로써 다이버시티 이득을 얻는 방식이다. SFBC는 공간 영역과 주파수 영역에서의 선택성을 효율적으로 적용하여 해당 차원에서의 다이버시티 이득과 다중 사용자 스케줄링 이득까지 모두 확보할 수 있는 기법이다. STBC는 공간 영역과 시간 영역에서 선택성을 적용하는 기법이다. CDD는 각 송신안테나간의 경로 지연을 이용하여 다이버시티 이득을 얻는 기법이다. TSTD는 다중 안테나로 전송되는 신호를

시간으로 구분하는 기법이다. 공간 다중화는 안테나별로 서로 다른 데이터를 전송하여 전송률을 높이는 기법이다. GCDD는 시간 영역과 주파수 영역에서의 선택성을 적용하는 기법이다. S-VAP는 단일 프리코딩 행렬을 사용하는 기법으로, 공간 다이버시티 또는 공간 다중화에서 다중 코드워드를 안테나 간에 섞어주는 MCW(Multi Codeword) S-VAP와 단일 코드워드를 사용하는 SCW(Single Codeword) S-VAP가 있다.

위와 같은 MIMO 전송 기법들 중에서 STBC 기법은, 동일한 데이터 심볼이 시간 영역에서 직교성을 지원하는 방식으로 반복되어 시간 다이버시티를 획득하는 방식이다. 유사하게, SFBC 기법은 동일한 데이터 심볼이 주파수 영역에서 직교성을 지원하는 방식으로 반복되어 주파수 다이버시티를 획득하는 방식이다. STBC에 사용되는 시간 블록 코드 및 SFBC에 사용되는 주파수 블록 코드의 예시는 아래의 수식 12 및 13과 같다. 수식 12 는 2 전송 안테나 경우의, 수식 13 은 4 전송 안테나의 경우의 블록 코드를 나타낸다.

【수학식 12】

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix} S_1 & S_2 \\ -S_2^* & S_1^* \end{pmatrix}$$

【수학식 13】

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix} S_1 & S_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_3 & S_4 \\ -S_2^* & S_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -S_4^* & S_3^* \end{pmatrix}$$

수학식 12 및 13 에서 S_i (i=1, 2, 3, 4)는 변조된 데이터 심볼을 나타낸다. 또한, 수학식 12 및 13의 행렬의 행(row)은 안테나 포트를 나타내고, 열(column)은 시간

(STBC의 경우) 또는 주파수 (SFBC의 경우)를 나타낸다.

한편, 전술한 MIMO 전송 기법들 중에서 CDD 기법은 지연 확산을 인위적으로 증가시켜 주파수 다이버시티를 증가시키는 방식이다. 도 11은 다중 안테나 시스템에서 일반적인 CDD 구조의 예시를 나타낸다. 도 11(a)는 시간 영역에서의 순환 지연을 적용하는 방식을 나타낸다. 도 11(a)의 순환 지연을 적용하는 CDD 기법은, 도 11(b)와 같이 위상-시프트 다이버시티를 적용하는 것으로 구현될 수도 있다.

한편, 전술한 MIMO 전송 기법들과 관련하여, 코드북 기반 프리코딩 기법에 대하여 설명한다. 도 12는 코드북 기반 프리코딩의 기본 개념을 설명하기 위한 도면이다.

코드북 기반 프리코딩 방식에 따를 경우 송수신단은 전송 랭크, 안테나 개수 등에 따라 미리 정해진 소정 개수의 프리코딩 행렬들을 포함하는 코드북 정보를 공유하게 된다. 즉, 피드백 정보가 유한한(finite) 경우에 프리코딩 기반 코드북 방식이 사용될 수 있다. 수신단은 수신 신호를 통해 채널 상태를 측정하여, 상술한 코드북 정보를 기반으로 유한한 개수의 선호하는 프리코딩 행렬 정보(즉, 해당 프리코딩 행렬의 인덱스)를 송신단에 피드백할 수 있다. 예를 들어, 수신단에서는 ML(Maximum Likelihood) 또는 MMSE(Minimum Mean Square Error) 방식으로 수신 신호를 측정하여 최적의 프리코딩 행렬을 선택할 수 있다. 도 12에서는 수신단이 송신단에 프리코딩 행렬 정보를 코드워드별로 전송하는 것을 도시하고 있으나, 이에 한정될 필요는 없다.

수신단으로부터 피드백 정보를 수신한 송신단은 수신된 정보에 기반하여 코드북으로부터 특정 프리코딩 행렬을 선택할 수 있다. 프리코딩 행렬을 선택한 송신단은 전송 랭크에 대응하는 개수의 레이어 신호에 선택된 프리코딩 행렬을 곱하는 방식으로 프리코딩을 수행하며, 프리코딩이 수행된 전송 신호를 복수의 안테나를 통해 전송할 수 있다.

송신단에서 프리코딩되어 전송된 신호를 수신한 수신단은 송신단에서 이루어진 프리코딩의 역처리를 수행하여 수신 신호를 복원할 수 있다. 일반적으로 프리코딩 행렬은 $U*U^H = I$와 같은 유니터리 행렬(U) 조건을 만족하는바, 상술한 프리코딩의 역처리는 송신단의 프리코딩에 이용된 프리코딩 행렬(P)의 에르미트(Hermit) 행렬(P^H)을 수신 신호에 곱하는 방식으로 이루어질 수 있다.

물리상향링크제어채널(PUCCH)

상향링크 제어 정보를 포함하는 물리상향링크제어채널(PUCCH)에 대하여 설명한다.

PUCCH를 통하여 복수개의 단말의 제어 정보가 전송될 수 있고, 각 단말들의 신호를 구별하기 위하여 코드분할다중화(Code Division Multiplexing; CDM)을 수행하는 경우에 길이 12 의 CAZAC(Constant Amplitude Zero Autocorrelation) 시퀀스를 주로 사용한다. CAZAC 시퀀스는 시간 영역 및 주파수 영역에서 일정한 크기(amplitude)를 유지하는 특성을 가지므로 단말의 PAPR(Peak-to-Average Power Ratio) 또는 CM(Cubic Metric)을 낮추어 커버리지를 증가시키기에 적합한 성질을 가진다. 또한, PUCCH를 통해 전송되는 하향링크 데이터 전송에 대한 ACK/NACK 정보는 직교 시퀀스(orthgonal sequence)를 이용하여 커버링된다.

또한, PUCCH 상으로 전송되는 제어정보는 서로 다른 순환 시프트 값을 가지는 순환 시프트된 시퀀스(cyclically shifted sequence)를 이용하여 구별될 수 있다. 순환 시프트된 시퀀스는 기본 시퀀스(base sequence)를 특정 CS 양(cyclic shift amount) 만큼 순환 시프트시켜 생성할 수 있다. 특정 CS 양은 순환 시프트 인덱스(CS index)에 의해 지시된다. 채널의 지연 확산(delay spread)에 따라 사용가능한 순환 시프트의 수는 달라질 수 있다. 다양한 종류의 시퀀스가 기본 시퀀스로 사용될 수 있으며, 전술한 CAZAC 시퀀스는 그 일례이다.

PUCCH는 스케줄링 요청(Scheduling Request; SR), 하향링크 채널 측정 정보, 하향링크 데이터 전송에 대한 ACK/NACK 정보와 같은 제어 정보를 포함할 수 있다. 채널 측정 정보는 채널품질지시자(Channel Quality Indicator; CQI), 프리코딩행렬인덱스(Precoding Matrix Index; PMI) 및 랭크지시자(Rank Indicator; RI)를 포함할 수 있다.

PUCCH에 포함되는 제어 정보의 종류, 변조 방식 등에 따라서, PUCCH 포맷이 정의된다. 즉, PUCCH 포맷 1은 SR의 전송에 사용되고, PUCCH 포맷 1a 또는 포맷 1b는 HARQ ACK/NACK의 전송에 사용되고, PUCCH 포맷 2는 CQI의 전송에 사용되고, PUCCH 포맷 2a/2b는 CQI 및 HARQ ACK/NACK의 전송에 사용된다.

임의의 서브프레임에서 HARQ ACK/NACK이 단독으로 전송되는 경우에는 PUCCH 포맷 1a 또는 포맷 1b를 사용하고, SR이 단독으로 전송되는 경우에는 PUCCH 포맷 1을

사용한다. 단말은 HARQ ACK/NACK 및 SR을 동일 서브프레임에서 전송할 수도 있으며, 이에 대해서는 후술하여 설명한다.

PUCCH 포맷은 표 1과 같이 요약할 수 있다.

【표 1】

PUCCH format	Modulation scheme	Number of bits per subframe	Usage	etc.
1	N/A	N/A	SR(Scheduling Request)	
1a	BPSK	1	ACK/NACK	One codeword
1b	QPSK	2	ACK/NACK	Two codeword
2	QPSK	20	CQI	Joint Coding ACK/NACK (extended CP)
2a	QPSK+BPSK	21	CQI+ACK/NACK	Normal CP only
2b	QPSK+BPSK	22	CQI+ACK/NACK	Normal CP only

도 13은 상향링크 물리 자원 블록에서 PUCCH의 자원 매핑 구조를 도시한다.

N_{RB}^{UL} 는 상향링크에서의 자원블록의 개수를 나타내고, n_{PRB} 는 물리 자원 블록 번호를 의미한다. PUCCH는 상향링크 주파수 블록의 양쪽 끝단(edge)에 매핑된다. CQI 자원은 주파수 대역 끝단 바로 다음의 물리자원블록에 매핑되고, ACK/NACK 은 그 다음에 매핑될 수 있다.

PUCCH 포맷 1은 SR 전송을 위하여 사용되는 제어 채널이다. 스케줄링 요청(SR)은 단말이 스케줄링되기를 요청하거나 또는 요청하지 않는 방식으로 전송될 수 있다.

PUCCH 포맷 1a/1b 는 ACK/NACK 전송을 위하여 사용되는 제어 채널이다. PUCCH 포맷 1a/1b에 있어서 BPSK 또는 QPSK 변조 방식을 이용하여 변조된 심볼은 길이 12의 CAZAC 시퀀스로 승산(multiply)된다. CAZAC 시퀀스 승산 후에, 직교 시퀀스로 블록 방향으로(block-wise) 확산된다. 일반 ACK/NACK 정보에 대해서는 길이 4의 하다마드(Hadamard) 시퀀스가 사용되고, 짧은(shortened) ACK/NACK 정보 및 참조신호(Reference Signal)에 대해서는 길이 3의 DFT(Discrete Fourier Transform) 시퀀스가 사용될 수 있다. 확장된 CP의 경우의 참조신호에 대해서는 길이 2의 하다마드 시퀀스가 사용될 수 있다.

단말은 HARQ ACK/NACK 및 SR을 동일 서브프레임에서 전송할 수도 있다. 긍정(positive) SR 전송을 위해 단말은 SR용으로 할당된 자원을 통해 HARQ

ACK/NACK을 전송할 수 있다. 부정(negative) SR 전송을 위해서는 단말은 ACK/NACK용으로 할당된 자원을 통해 HARQ ACK/NACK을 전송할 수 있다.

다음으로, PUCCH 포맷 2/2a/2b에 대하여 설명한다. PUCCH 포맷 2/2a/2b는 채널 측정 피드백(CQI, PMI, RI)을 전송하기 위한 제어 채널이다.

PUCCH 포맷 2/2a/2b 에서는 CAZAC 시퀀스에 의한 변조를 지원하고, QPSK 변조된 심볼이 길이 12 의 CAZAC 시퀀스로 승산될 수 있다. 시퀀스의 순환 시프트는 심볼 및 슬롯 간에 변경될 수 있다. 참조신호(RS)에 대해서 직교 커버링이 사용될 수 있다.

도 14는 CQI 정보 비트의 채널 구조를 나타내는 도면이다. CQI 정보 비트는 하나 이상의 필드를 포함할 수 있다. 예를 들어, MCS를 결정하는 CQI 인덱스를 지시하는 CQI 필드, 코드북 상의 프리코딩 행렬의 인덱스를 지시하는 PMI 필드, 랭크를 지시하는 RI 필드 등이 CQI 정보 비트에 포함될 수 있다.

도 14(a)를 참조하여, 하나의 슬롯에 포함되는 7 개의 SC-FDMA 심볼 중 3개의 SC-FDMA 심볼 간격만큼 떨어진 2개의 SC-FDMA 심볼에는 참조신호(RS)가 실리고, 나머지 5개의 SC-FDMA 심볼에는 CQI 정보가 실릴 수 있다. 한 슬롯 안에 두 개의 RS가 사용된 것은 고속 단말을 지원하기 위해서이다. 또한, 각 단말은 시퀀스를 사용하여 구분될 수 있다. CQI 정보 심볼들은 SC-FDMA 심볼 전체에 변조되어 전달되고, SC-FDMA 심볼은 하나의 시퀀스로 구성되어 있다. 즉, 단말은 각 시퀀스로 CQI를 변조해서 전송할 수 있다.

하나의 TTI에 전송할 수 있는 심볼 수는 10개이고, CQI 정보의 변조는 QPSK까지 정해져 있다. SC-FDMA 심볼에 대해 QPSK 매핑을 사용하는 경우 2비트의 CQI 값이 실릴 수 있으므로, 한 슬롯에 10비트의 CQI 값을 실을 수 있다. 따라서, 한 서브프레임에 최대 20비트의 CQI 값을 실을 수 있다. CQI 정보를 주파수 영역에서 확산시키기 위해 주파수 영역 확산 부호를 사용할 수 있다.

주파수 영역 확산 부호로는 CAZAC 시퀀스(예를 들어, ZC 시퀀스)를 사용할 수 있다. 또한, 주파수 영역 확산 부호로 상관 특성이 우수한 다른 시퀀스를 적용할 수도 있다. 특히, 각 제어채널은 서로 다른 순환 시프트(cyclic shift) 값을 갖는 CASAC 시퀀스를 적용하여 구분될 수 있다. 주파수 영역 확산된 CQI 정보에 IFFT가 수행된다.

도 14(b)는 확장된 CP의 경우, PUCCH 포맷 2/2a/2b 전송의 예를 나타낸다. 하나의 슬롯은 6 SC-FDMA 심볼을 포함한다. 각 슬롯의 6 OFDM 심벌 중 1 OFDM 심볼에는

RS가 실리고, 나머지 5 OFDM 심볼에는 CQI 정보 비트가 실릴 수 있다. 이를 제외하면, 도 14(a)의 일반 CP의 경우의 예가 그대로 적용될 수 있다.

도 14(a) 및 14(b)의 RS에 대하여 사용되는 직교 커버링은 표 2와 같다.

【표 2】

Normal CP	Extended CP
[1 1]	[1]

도 15를 참조하여 CQI 정보와 ACK/NACK 정보의 동시 전송에 대하여 설명한다.

일반 CP의 경우에 PUCCH 포맷 2a/2b을 사용하여 CQI 정보와 ACK/NACK 정보를 동시에 전송할 수 있다. ACK/NACK 정보는 CQI RS가 전송되는 심볼을 통하여 전송될 수 있다. 즉, 일반 CP의 경우 두 번째 RS 는 ACK/NACK 심볼로 변조될 수 있다. ACK/NACK 심볼이 PUCCH 포맷 1a와 같이 BPSK 방식으로 변조되는 경우에는 CQI RS가 ACK/NACK 심볼로 BPSK 방식으로 변조되고, ACK/NACK 심볼이 PUCCH 포맷 1b와 같이 QPSK 방식으로 변조되는 경우에는 CQI RS가 ACK/NACK 심볼로 QPSK 방식으로 변조될 수 있다. 한편, 확장된 CP의 경우에는 PUCCH 포맷 2를 사용하여 CQI 정보와 ACK/NACK 정보를 동시에 전송하며, 이를 위하여 CQI 정보와 ACK/NACK 정보가 조인트 코딩(joint coding)될 수 있다.

전술한 사항 이외에 PUCCH에 대한 설명은 3GPP 표준문서 (예를 들어, 3GPP TS36.211 5.4절)를 참조할 수 있으며, 그 구체적인 내용은 설명의 명확성을 위하여 생략한다. 그러나, PUCCH에 대하여 상기 표준문서에 개시된 내용은 이하에서 설명하는 본 발명의 다양한 실시형태에서 이용되는 PUCCH에 적용될 수 있음을 밝힌다.

채널 상태 정보 피드백

MIMO 기법을 올바르게 수행하기 위해서 수신단에서는 랭크 지시자(RI), 프리코딩 행렬 인덱스(PMI) 및 채널품질지시자(CQI)를 송신단으로 피드백할 수 있다. 이들 RI, PMI 및 CQI 를 통칭하여 채널상태정보(Channel Status Information; CSI)라고 할 수도 있다. 또는, RI, PMI 및 CQI 를 포함하는 채널정보의 개념으로서 CQI 라는 용어를 사용할 수도 있다.

도 16은 채널상태정보의 피드백을 설명하기 위한 도면이다.

도 16을 참조하면, 송신기로부터의 MIMO 전송은 채널(H)를 통해 수신기에서 수신될 수 있다. 수신기는 수신 신호에 기초하여 코드북으로부터 선호하는 프리코딩 행렬을 선택하고, 선택된 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 송신기로 피드백할 수 있다. 또한, 수신기는 수신 신호의 신호-대-간섭및잡음비(Signal-to-Interference plus Noise Ratio; SINR) 등을 측정하여 채널 품질 정보(CQI)를 계산하여 송신기로 피드백할 수 있다. 또한, 수신기는 수신 신호에 대한 랭크 지시자(RI)를 송신기로 피드백할 수 있다. 송신기는 수신기로부터 피드백 받은 RI 및 CQI 정보를 이용하여 수신기로의 데이터 전송을 위해 적절한 레이어의 개수, 시간/주파수 자원 및 변조및코딩기법(Modulation and Coding Scheme; MCS) 등을 정할 수 있다. 또한, 송신기는 수신기로부터 피드백 받은 PMI가 지시하는 프리코딩 행렬(W_i)을 이용하여 프리코딩이 수행된 전송 신호를 복수의 안테나를 통해 전송할 수 있다.

이하에서는 채널 상태 정보의 구체적인 내용에 대하여 설명한다.

RI는 채널 랭크 (송신기로부터의 전송에 이용되는 레이어의 개수)에 대한 정보이다. RI는 할당된 전송 레이어의 개수로부터 결정되며, 관련된 하향링크제어정보(DCI)로부터 획득될 수 있다.

PMI는 송신기로부터의 전송에 이용되는 프리코딩 행렬에 대한 정보이다. 수신기로부터 피드백되는 프리코딩 행렬은, RI에 의하여 지시되는 레이어의 개수를 고려하여 결정된다. PMI 는 폐-루프 공간다중화(SM) 및 긴 지연 CDD(large delay CDD) 전송의 경우에 피드백될 수 있다. 개-루프 전송의 경우에는, 송신기가 미리 결정된 규칙에 따라 프리코딩 행렬을 선택할 수 있다. 수신기가 각각의 랭크(랭크 1 내지 4)에 대해서 PMI를 선택하는 과정은 다음과 같다. 수신기는 각각의 PMI에 대하여 후처리(post processing) SINR을 계산하고, 계산된 SINR을 총합 용량(sum capacity)로 변환하여, 총합 용량에 기초하여 최적의(best) PMI를 선택할 수 있다. 즉, 수신기가 PMI를 계산하는 것은 총합 용량에 기초하여 최적의 PMI를 찾는 과정이라 할 수 있다. 수신기로부터 PMI를 피드백 받은 송신기는, 수신기가 추천하는 프리코딩 행렬을 그대로 이용할 수 있고, 이러한 사실을 수신기로의 데이터 전송 스케줄링 할당 정보에 1 비트의 지시자로서 포함시킬 수 있다. 또는, 송신기는 수신기로부터 피드백 받은 PMI가 나타내는 프리코딩 행렬을 그대로 이용하지 않을 수도 있다. 이러한 경우, 송신기가 수신기로의 데이터 전송에 이용하는 프리코딩 행렬 정보를 스케줄링 할당 정보에 명시적으로 포함시킬 수

있다. PMI에 대한 구체적인 사항은 3GPP 표준문서 (예를 들어, 3GPP TS36.211)을 참조할 수 있다.

CQI는 채널 품질을 나타내는 정보이다. CQI는 미리 결정된 MCS 조합으로서 표현될 수 있다. CQI 인덱스는 다음의 표 3 과 같이 주어질 수 있다.

【표 3】

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

상기 표 3 에서 나타내는 바와 같이 CQI 인덱스는 4 비트 (즉, CQI 인덱스 0 내지 15)로 표현되고, 각각의 CQI 인덱스는 해당하는 변조기법(modulation scheme) 및 코드 레이트(code rate)를 나타낸다.

CQI 계산 방법에 대하여 설명한다. 3GPP 표준문서(예를 들어, 3GPP TS36.213)에서는 단말이 CQI 인덱스를 계산함에 있어서 다음과 같은 가정을 고려할 것을 정의하고 있다.

(1) 한 서브프레임의 처음 3 개의 OFDM 심볼들은 제어 시그널링에 의해 점유됨

(2) 주 동기신호(primary synchronization signal), 부(secondary) 동기 신호 또는 물리방송채널(PBCH)에 의해 사용되는 자원요소는 없음

(3) 비-MBSFN 서브프레임의 CP 길이

(4) 리던던시 버전(Redundancy Version)은 0 임

(5) PDSCH 전송 기법은 단말에 대해 현재 설정된 전송 모드(디폴트 모드일 수 있음)에 따름

(6) PDSCH EPRE(Energy Per Resource Element) 대 셀-특정 참조신호 EPRE의 비(ratio)는 ρ_A의 예외를 가지고 주어진 바와 같음 (ρ_A는 다음과 같은 가정에 따를 수 있다. 단말이, 임의의 변조 기법에 대해서, 4 개의 셀-특정 안테나 포트 구성의 전송 모드 2로 설정되거나, 또는 4 개의 셀-특정 안테나 포트 구성이면서 관련된 RI가 1인 전송 모드 3으로 설정되는 경우에는, $\rho_A=P_A+\Delta_{offset}+10\log_{10}(2)$[dB] 이다. 그 외의 경우에는, 임의의 변조 기법 및 임의의 레이어 개수에 대해서, $\rho_A=P_A+\Delta_{offset}$[dB] 이다. Δ_{offset} 은 상위계층 시그널링에 의해 설정되는 *nomPDSCH-RS-EPRE-Offset* 파라미터에 의해 주어진다.)

이와 같은 가정을 정의한 것은 CQI가 채널 품질에 대한 정보뿐만 아니라 해당 단말에 대한 다양한 정보를 포함하고 있음을 의미한다. 즉, 같은 채널 품질에서도 해당 단말의 성능에 따라 서로 다른 CQI 인덱스를 피드백할 수 있기 때문에 일정한 기준을 정의하는 것이다.

단말이 기지국으로부터 하향링크 참조신호(RS)를 수신하고, 수신된 참조신호를 통해 채널의 상태를 파악할 수 있다. 여기서, 참조신호는 기존의 3GPP LTE 시스템에서 정의하는 공용참조신호(Common Reference Signal; CRS)일 수 있고, 확장된 안테나 구성을 갖는 시스템(예를 들어, 3GPP LTE-A 시스템)에서 정의하는 채널상태정보-참조신호(Channel Status Information Reference Signal; CSI-RS)일 수도 있다. 단말은 참조신호를 통해 파악된 채널에서 CQI 계산을 위해 주어진 가정을 만족하면서, 블록에러율(Block Error Rate; BLER)이 10%를 넘지 않는 CQI 인덱스를 계산할 수 있다. 단말은 계산된 CQI 인덱스를 기지국으로 전송할 수 있다. 단말이 CQI 인덱스를 계산함에 있어서 간섭 추정을 개선하는 방법을 적용하지는 않는다.

단말이 채널의 상태를 파악하고 적합한 MCS를 구하는 과정은 단말 구현 측면에서 다양한 방식으로 설계될 수 있다. 예를 들어, 단말은 참조신호를 이용하여 채널 상태 또는 유효 SINR(Signal-to-Interference plus Noise Ratio)를 계산할 수

있다. 또한, 채널 상태 또는 유효 SINR은 전체 시스템 대역폭 (set S 라 칭할 수 있음) 상에서 측정되거나, 또는 일부 대역폭 (특정 서브밴드 또는 특정 RB) 상에서 측정될 수 있다. 전체 시스템 대역폭(set S)에 대한 CQI를 광대역(Wideband; WB) CQI라 하고, 일부 대역에 대한 CQI를 서브밴드(SB) CQI라 할 수 있다. 단말은 계산된 채널 상태 또는 유효 SINR에 기반하여, 가장 높은 MCS를 구할 수 있다. 가장 높은 MCS는, 디코딩시 전송블록에러율이 10%를 초과하지 않고 CQI 계산에 대한 가정을 만족하는 MCS를 의미한다. 단말은 구해진 MCS에 관련된 CQI 인덱스를 결정하고, 결정된 CQI 인덱스를 기지국으로 보고할 수 있다.

또한, 단말이 CQI 만을 전송하는 경우(CQI-only transmission)를 고려할 수 있다. 이는 PUSCH 상의 데이터 없이 비주기적(aperiodic)으로 CQI를 전송하는 경우에 해당한다. 비주기적인 CQI 전송은 기지국으로부터의 요청에 의해 이벤트 기반(event triggered) 방식으로 수행될 수 있다. 이러한 기지국으로부터의 요청은 하향링크제어정보(DCI) 포맷 0 상에서 1 비트로 정의되는 CQI 요청(CQI request)일 수 있다. 또한, CQI만의 전송을 위해서, 아래의 표 4 에서 MCS 인덱스 (I_{MCS}) 29가 시그널링될 수 있다. 이 경우, DCI 포맷 0 의 CQI 요청 비트는 1 로 설정되고, 4 RB 이하의 전송이 설정되며, PUSCH 데이터 재전송에 있어서의 리던던시 버전1(RV1)이 지시되고, 변조 차수(Modulation Order) Q_m 은 2 로 설정될 수 있다. 즉, CQI만을 전송하는 경우에는 변조기법으로 QPSK만이 사용될 수 있다.

【표 4】

MCS Index I_{MCS}	Modulation Order Q'_m	TBS Index I_{TBS}	Redundancy Version rv_{idx}
0	2	0	0
1	2	1	0
2	2	2	0
3	2	3	0
4	2	4	0
5	2	5	0
6	2	6	0
7	2	7	0
8	2	8	0
9	2	9	0
10	2	10	0
11	4	10	0
12	4	11	0
13	4	12	0
14	4	13	0
15	4	14	0
16	4	15	0
17	4	16	0
18	4	17	0
19	4	18	0
20	4	19	0
21	6	19	0
22	6	20	0
23	6	21	0
24	6	22	0
25	6	23	0
26	6	24	0
27	6	25	0
28	6	26	0
29	reserved		1
30			2
31			3

이하에서는 채널품질정보의 보고 동작에 대해 구체적으로 설명한다.

3GPP LTE 시스템에서는 하향링크 수신 주체(예를 들어, 단말)가 하향링크 전송

주체(예를 들어, 기지국)에 접속되어 있을 때에, 하향링크로 전송되는 참조신호의 수신강도(RSRP: reference signal received power), 참조신호의 품질(RSRQ: reference signal received quality) 등에 대한 측정을 임의의 시간에 수행하여, 측정 결과를 기지국에게 주기적(periodic)으로 혹은 이벤트 기반(event triggered)으로 보고할 수 있다.

셀룰라 OFDM 무선 패킷 통신 시스템에서 각각의 단말은 하향링크 채널상황에 따른 하향링크 채널정보를 상향링크를 통해 보고하며, 기지국은 각각의 단말로부터 받은 하향링크 채널정보를 이용하여 각각의 단말 별로 데이터 전송을 위해 적절한 시간/주파수 자원 및 변조및코딩기법(Modulation and Coding Scheme; MCS) 등을 정할 수 있다.

기존의 3GPP LTE 시스템(예를 들어, 3GPP LTE 릴리즈-8 시스템)의 경우 이러한 채널정보는 CQI(Channel Quality Indication), PMI (Precoding Matrix Indicator) 및 RI (Rank Indication)로 구성될 수 있고, 각각의 단말의 전송 모드에 따라 CQI, PMI 및 RI 가 모두 전송되거나 그 중 일부만 전송될 수도 있다. CQI는 단말의 수신신호품질(received signal quality)에 의해 정해지는데, 이는 일반적으로 하향링크 참조신호의 측정에 기반하여 결정될 수 있다. 이때 실제로 기지국에게 전달되는 CQI 값은, 단말이 측정한 수신신호품질에서 블록에러율(Block Error Rate; BLER)을 10% 이하로 유지하면서 최대의 성능을 낼 수 있는 MCS에 해당된다.

또한 이러한 채널정보의 보고방식은 주기적으로 전송되는 주기적 보고(periodic reporting)와 기지국의 요청에 의해서 전송되는 비주기적 보고(aperiodic reporting)로 나눠진다.

비주기적 보고의 경우, 기지국이 단말에게 내려주는 상향링크 스케줄링 정보에 포함된 1 비트의 요청 비트(CQI request bit)에 의해 각각의 단말에게 설정되며, 각각의 단말은 이 정보를 받으면 자신의 전송 모드를 고려한 채널정보를 물리상향링크공유채널(PUSCH)를 통해서 기지국에 전달할 수 있다. 동일한 PUSCH 상에서 RI 및 CQI/PMI 가 전송되지 않도록 설정될 수 있다.

주기적 보고의 경우, 상위계층 신호를 통해 채널정보가 전송되는 주기와 해당 주기에서의 오프셋(offset) 등이 서브프레임 단위로 각각의 단말에게 시그널링되며, 정해진 주기에 따라 각각의 단말의 전송 모드를 고려한 채널정보가 물리상향링크제어채널(PUCCH)를 통해서 기지국에 전달될 수 있다. 정해진 주기에

따라 채널정보가 전송되는 서브프레임에 상향링크로 전송되는 데이터가 동시에 존재하는 경우에는, 이때는 해당 채널정보를 물리상향링크제어채널(PUCCH)이 아닌 데이터와 함께 물리상향링크공유채널(PUSCH)를 통해서 전송할 수 있다. PUCCH를 통한 주기적 보고의 경우에는 PUSCH에 비하여 제한된 비트가 사용될 수 있다. 동일한 PUSCH 상에서 RI 및 CQI/PMI 가 전송될 수 있다.

주기적 보고와 비주기적 보고가 동일한 서브프레임 내에서 충돌하는 경우에는 비주기적 보고만이 수행될 수 있다.

WB CQI/PMI를 계산함에 있어서 가장 최근에 전송된 RI를 사용할 수 있다. PUCCH 보고 모드(reporting mode)에서의 RI는 PUSCH 보고 모드에서의 RI와 독립적(independent)이며, PUSCH 보고 모드에서의 RI는 해당 PUSCH 보고 모드에서의 CQI/PMI 에 대해서만 유효(valid)하다.

PUCCH 보고 모드에 대한 CQI/PMI/RI 피드백 타입은 4 가지로 구분될 수 있다. 타입 1 은 단말이 선택한 서브밴드에 대한 CQI 피드백이다. 타입 2 는 WB CQI 피드백 및 WB PMI 피드백이다. 타입 3 은 RI 피드백이다. 타입 4 는 WB CQI 피드백이다.

표 5를 참조하면, 채널정보의 주기적 보고(periodic reporting)에 있어서 CQI 와 PMI 피드백 타입에 따라, 모드 1-0, 1-1, 2-0 및 2-1의 4가지 보고 모드(reporting mode)로 나눌 수 있다.

【표 5】

		PMI Feedback Type	
		No PMI (OL, TD, single-antenna)	Single PMI (CL)
CQI Feedback Type	Wideband	**Mode 1-0** - RI (only for Open-Loop SM) - One Wideband CQI (4bit) when RI>1, CQI of first codeword	**Mode 1-1** - RI - Wideband CQI (4bit) Wideband spatial CQI (3bit) for RI>1 Wideband PMI (4bit)
	UE Selected	**Mode 2-0** - RI (only for Open-Loop SM) - Wideband CQI (4bit) - Best-1 CQI (4bit) in each BP Best-1 indicator(L-bit label) when RI>1, CQI of first codeword	**Mode 2-1** - RI - Wideband CQI (4bit) Wideband spatial CQI (3bit) for RI>1 Wideband PMI (4bit) - Best-1 CQI (4bit) 1 in each BP Best-1 spatial CQI (3bit) for RI>1 Best-1 indicator (L-bit label)

CQI 피드백 타입에 따라 WB (wideband) CQI와 SB (subband) CQI로 나눠지며, PMI 전송 여부에 따라 No PMI와 단일(single) PMI 로 나눠진다. 표 5 에서는 No PMI 가 개-루프(Open-loop; OL), 전송 다이버시티(Transmit Diversity; TD) 및 단일-안테나(single-antenna)의 경우에 해당하고, 단일 PMI 는 폐-루프(closed-loop; CL)에 해당함을 나타낸다.

모드 1-0 는 PMI 전송은 없고 WB CQI 가 전송되는 경우이다. 이 경우 RI는 개-루프(OL) 공간 다중화(Spatial Multiplexing; SM)의 경우에만 전송되고, 4 비트로 표현되는 하나의 WB CQI 가 전송될 수 있다. RI가 1 초과인 경우에는, 제 1 코드워드에 대한 CQI 가 전송될 수 있다. 모드 1-0에서는, 설정된 보고 주기 내에서 전술한 피드백 타입 3 및 피드백 타입 4 가 각각 상이한 타이밍에 다중화되어 전송될 수 있다 (이를 시간분할다중화(Time Division Multiplexing; TDM) 방식의 채널정보 전송이라 할 수 있다).

모드 1-1 은 단일 PMI 및 WB CQI 가 전송되는 경우이다. 이 경우, RI 전송과 함께, 4 비트의 WB CQI 및 4 비트의 WB PMI 가 전송될 수 있다. 추가적으로, RI 가 1 초과인 경우에는, 3 비트의 WB 공간 차등 CQI (Wideband Spatial Differential CQI) CQI가 전송될 수 있다. 2 코드워드 전송에 있어서 WB 공간 차등 CQI는, 코드워드 1 에 대한

WB CQI 인덱스와 코드워드 2 에 대한 WB CQI 인덱스의 차이 값을 나타낼 수 있다. 이들 차이값은 집합 {-4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3} 중 하나의 값을 가지고, 3 비트로 표현될 수 있다. 모드 1-1 에서는, 설정된 보고 주기 내에서 전술한 피드백 타입 2 및 피드백 타입 3 이 각각 상이한 타이밍에 다중화되어 전송될 수 있다.

모드 2-0 은 PMI 전송은 없고 단말이 선택한(UE selected) 대역의 CQI 가 전송되는 경우이다. 이 경우 RI는 개-루프 공간 다중화(OL SM)의 경우에만 전송되고, 4 비트로 표현되는 WB CQI 가 전송될 수 있다. 또한, 각각의 대역폭 부분(Bandwidth Part; BP)에서 최적(Best-1)의 CQI가 전송되고, Best-1 CQI는 4 비트로 표현될 수 있다. 또한, Best-1 을 지시하는 L 비트의 지시자(indicator)가 함께 전송될 수 있다. RI가 1 초과인 경우에는, 제 1 코드워드에 대한 CQI 가 전송될 수 있다. 모드 2-0 에서는, 설정된 보고 주기 내에서 전술한 피드백 타입 1, 피드백 타입 3 및 피드백 타입 4 가 각각 상이한 타이밍에 다중화되어 전송될 수 있다.

모드 2-1 은 단일 PMI 및 단말이 선택한(UE selected) 대역의 CQI 가 전송되는 경우이다. 이 경우, RI 전송과 함께, 4 비트의 WB CQI, 3 비트의 WB 공간 차등 CQI 및 4 비트의 WB PMI 가 전송될 수 있다. 추가적으로, 각각의 대역폭 부분(BP)에서 4 비트의 Best-1 CQI가 전송되고, L 비트의 Best-1 지시자가 함께 전송될 수 있다. 추가적으로, RI가 1 초과인 경우에는, 3 비트의 Best-1 공간 차등 CQI가 전송될 수 있다. 이는 2 코드워드 전송에 있어서, 코드워드 1 의 Best-1 CQI 인덱스와 코드워드 2 의 Best-1 CQI 인덱스의 차이값을 나타낼 수 있다. 모드 2-1 에서는, 설정된 보고 주기 내에서 전술한 피드백 타입 1, 피드백 타입 2 및 피드백 타입 3 이 각각 상이한 타이밍에 다중화되어 전송될 수 있다.

단말이 선택한(UE selected) SB CQI 보고 모드에 있어서, 대역폭 부분(BP)의 서브밴드 크기는 표 6 과 같이 정의될 수 있다.

【표 6】

System Bandwidth N_{RB}^{DL}	Subband Size k (RBs)	Bandwidth Parts (J)
6 – 7	NA	NA
8 – 10	4	1
11 – 26	4	2
27 – 63	6	3
64 – 110	8	4

상기 표 6 에서는 시스템 대역폭의 크기에 따른 대역폭 부분(BP)의 설정 및 각각의 BP 내의 서브밴드의 크기를 나타낸다. 단말은 각각의 BP 내에서 선호하는(preferred) 서브밴드를 선택하고, 해당 서브밴드에 대한 CQI를 계산할 수 있다. 표 6 에서 시스템 대역폭의 크기가 6 또는 7 인 경우는 서브밴드 크기 및 대역폭 부분(BP) 개수의 적용이 없는 것으로 나타내며, 이는 WB CQI 만이 적용될 수 있고 서브밴드는 존재하지 않으며 BP 는 1 인 것을 의미할 수 있다.

도 17은 단말이 선택한(UE selected) CQI 보고 모드를 설명하기 위한 도면이다. N_{RB}^{DL} 는 전체 대역폭의 RB 개수를 나타낸다. 전체 대역폭은 N (1, 2, 3, ..., N) 개의 CQI 서브밴드로 나뉠 수 있다. 하나의 CQI 서브밴드는 표 6 에서 정의하는 k 개의 RB 를 포함할 수 있다. 전체 대역폭의 RB 개수가 k 의 정수배가 아닌 경우에, 마지막 (N 번째) CQI 서브밴드를 구성하는 RB의 개수는 수학식 14 에 의해 결정될 수 있다.

【수학식 14】

$$N_{RB}^{DL} - k \cdot \lfloor N_{RB}^{DL}/k \rfloor$$

수학식 14 에서 $\lfloor\ \rfloor$ 은 floor 연산을 나타내며, $\lfloor x \rfloor$ 또는 floor(x)는 x를 초과하지 않는 최대의 정수를 의미한다.

또한, N_J 개의 CQI 서브밴드들은 하나의 대역폭 부분(BP)을 구성하고, 전체 대역폭은 J 개의 BP로 나뉠 수 있다. 단말은 하나의 BP 중에서 선호하는 최적의 하나(Best-1)의 CQI 서브밴드에 대한 CQI 인덱스를 계산하고 PUCCH를 통해 CQI 인덱스를 전송할 수 있다. 이 때, 하나의 BP에서 선택된 Best-1 CQI 서브밴드가 어떤 것인지를 나타내는 Best-1 지시자가 함께 전송될 수 있다. Best-1 지시자는 L 비트로 구성될 수 있고, L 은 수학식 15와 같다.

【수학식 15】

$$L = \lceil \log_2 N_J \rceil$$

수학식 15에서 $\lceil\ \rceil$ 는 ceiling 연산을 나타내며, $\lceil x \rceil$ 또는 ceiling(x) 는 x 보다 작지 않은 최소의 정수를 의미한다.

위와 같은 방식으로 단말이 선택한(UE selected) CQI 보고 모드에 있어서, CQI 인덱스가 계산되는 주파수 대역을 결정할 수 있다. 이하에서는, CQI 전송 주기에 대하여 설명한다.

각각의 단말은 채널정보의 전송 주기와 오프셋의 조합으로 이루어진 정보를 상위 계층에서 RRC 시그널링(signaling)을 통해서 전송 받을 수 있다. 단말은 제공받은 채널 정보 전송 주기에 대한 정보에 기초하여 채널 정보를 기지국으로 전송할 수 있다.

도 18은 단말이 주기적으로 채널 정보를 전송하는 방식의 일례를 도시한다. 예를 들어 채널정보의 전송 주기가 '5' 이고 오프셋이 '1' 을 나타내는 조합의 정보를 단말이 받은 경우에는, 단말은 5개의 서브프레임 단위로 채널정보를 전송하되, 0번째 서브프레임을 기준으로 하여 서브프레임 인덱스가 증가하는 방향으로 하나의 서브프레임 오프셋을 두고 PUCCH를 통해 채널 정보를 전송할 수 있다. 이때 서브프레임의 인덱스는 시스템 프레임 번호(n_f)와 시스템 프레임 내의 20 개의 슬롯 인덱스(n_s, 0 ~ 19)의 조합으로 이루어질 수 있다. 하나의 서브프레임은 2 개의 슬롯으로 구성되므로 서브프레임 인덱스는 $10\times n_f+\mathrm{floor}(n_s/2)$로 표현될 수 있다.

CQI 피드백 타입에 따라 WB CQI만을 전송하는 타입과 WB CQI와 SB CQI 모두를 전송하는 타입이 존재한다. WB CQI만을 전송하는 타입의 경우, 매 CQI 전송주기에 해당하는 서브프레임에서 전체 대역에 대한 WB CQI 정보를 전송한다. WB 주기적 CQI 피드백의 전송주기는 {2, 5, 10, 16, 20, 32, 40, 64, 80, 160} ms 또는 전송하지 않음으로 설정될 수 있다. 이때 표 5에서의 PMI 피드백 타입에 따라 PMI도 전송해야 하는 경우에는 PMI 정보를 CQI 정보와 함께 전송한다. WB CQI와 SB CQI 모두를 전송하는 타입의 경우, WB CQI와 SB CQI를 번갈아 가면 전송할 수 있다.

도 19는 WB CQI와 SB CQI 모두를 전송하는 방식의 일례를 나타내는 도면이다. 도

19에서는, 예를 들어, 16개의 자원블록(RB)으로 구성된 시스템을 도시한다. 시스템의 주파수 대역이 16개의 RB를 가진 시스템의 경우, 예를 들어, 두 개의 대역폭부분(BP)으로 구성될 수 있고 (BP0 및 BP1), 각각의 BP는 각각 두 개의 서브밴드(SB)로 구성될 수 있으며 (SB0 및 SB1), 각각의 SB는 4개의 RB로 구성되는 것을 가정한다. 이때 표 6 과 관련하여 설명한 바와 같이 전체 시스템 대역이 몇 개의 RB로 구성되어 있느냐에 따라 BP의 개수 및 각각의 SB의 크기가 정해지며, RB의 개수, BP의 개수 및 SB의 크기에 따라 각각의 BP가 몇 개의 SB로 구성되는지가 결정될 수 있다.

WB CQI와 SB CQI 모두를 전송하는 타입의 경우, CQI 전송 서브프레임에 WB CQI를 전송한 다음, 그 다음 전송 서브프레임에서는 BP0에서 SB0과 SB1중에서 채널 상태가 좋은 SB(즉, Best-1)에 대한 CQI와 해당 SB의 인덱스(즉, Best-1 지시자)를 전송하며, 그 다음 전송 서브프레임에서는 BP1에서의 SB0과 SB1중에서 채널 상태가 좋은 SB(즉, Best-1)에 대한 CQI와 해당 SB의 인덱스(즉, Best-1 지시자)를 전송하게 된다. 이렇게 WB CQI를 전송한 후, 각각의 BP에 대한 CQI 정보를 순차적으로 전송하게 되는데, 이때 한번 전송한 WB CQI와 그 다음에 전송될 WB CQI 사이에 BP에 대한 CQI 정보를 순차적으로 1~4번까지 전송할 수 있다. 예를 들어, 두 WB CQI 사이에 BP에 대한 CQI 정보를 1번 전송하는 경우, WB CQI → BP0 CQI → BP1 CQI → WB CQI순으로 전송될 수 있다. 다른 예로, 두 WB CQI 사이에 BP에 대한 CQI 정보를 4번 전송하는 경우, WB CQI → BP0 CQI → BP1 CQI → BP0 CQI → BP1 CQI → BP0 CQI → BP1 CQI → BP0 CQI → BP1 CQI → WB CQI순으로 전송될 수 있다. 두 WB CQI 사이에서 BP 에 대한 CQI가 몇 번 순차적으로 전송될 것이냐에 대한 정보는, 상위 계층에서 시그널링되며, WB CQI나 SB CQI나에 상관없이, 상기 도 18 에서 예시한 상위 계층에서 시그널링되는 채널 정보 전송 주기와 오프셋의 조합의 정보에 해당되는 서브프레임에서 PUCCH를 통해서 전송할 수 있다.

이때 PMI 피드백 타입에 따라 PMI도 전송해야 하는 경우에는 PMI 정보를 CQI 정보와 함께 전송하는데, 해당 서브프레임에 상향링크 데이터 전송을 위한 PUSCH가 존재한다면 PUCCH가 아닌 PUSCH를 통해 데이터와 함께 CQI 및 PMI를 전송할 수 있다.

도 20 은 WB CQI와 SB CQI가 모두 전송되는 경우의 CQI 전송 방식의 일례를

나타내는 도면이다. 도 20에서는 상기 도 18과 같이 채널 정보 전송 주기가 '5' 이고 오프셋이 '1' 인 조합의 정보를 시그널링 받고, 두 WB CQI/PMI 사이에 BP 에 대한 정보가 1 번 순차적으로 전송되는 경우의 단말의 채널 정보 전송 동작의 일례를 나타낸다.

한편, RI의 전송의 경우, RI는 WB CQI/PMI 전송 주기의 몇 배수로 전송되는 지와 그 전송 주기에서의 오프셋의 조합으로 시그널링될 수 있다. 이때의 오프셋은 CQI/PMI 전송 오프셋에 대한 상대적 오프셋으로서 정의된다. 예를 들어 CQI/PMI 전송 주기의 오프셋이 '1' 이고 RI의 전송 주기의 오프셋이 '0' 이라면, RI 전송주기의 오프셋은 CQI/PMI 전송 주기의 오프셋과 동일함을 의미한다. RI 전송 주기의 오프셋은 0과 음수인 값으로 정의될 수 있다.

도 21 은 상기 도 20과 같은 CQI/PMI 전송이 설정된 경우, RI 전송 주기가 WB CQI/PMI 전송 주기의 1배이며, RI 전송 주기의 오프셋이 '-1' 인 경우를 예시적으로 나타낸다. RI 전송 주기는 WB CQI/PMI 전송 주기의 1배이므로 동일한 주기를 가지고, RI 오프셋 값 '-1' 은 도 20 에서의 CQI 오프셋 '1' 에 대한 상대적으로 ' -1' 값을 가짐을 의미하므로, 서브프레임 인덱스 0번을 기준으로 RI가 전송될 수 있다.

또한, RI 전송과 WB CQI/PMI 또는 SB CQI/PMI 전송이 겹치는 경우, WB CQI/PMI 또는 SB CQI/PMI 를 누락(dropping)할 수 있다. 예를 들어, 만약 RI의 오프셋이 '-1' 이 아닌 '0' 이라면 WB CQI/PMI와 RI의 전송 서브프레임이 겹치게 되며, 이 경우에는 WB CQI/PMI를 누락하고 RI를 전송할 수 있다.

이와 같은 조합에 의해 CQI, PMI, RI가 전송될 수 있고, 이러한 정보들은 상위 계층의 RRC 시그널링에 의해 각각의 단말에서 전송될 수 있다. 기지국은 각각의 단말의 채널 상황 및 기지국 내의 단말 분포 상황 등을 고려하여, 각각의 단말에 적합한 정보를 전송해 줄 수 있다.

한편, PUCCH 상의 보고 타입에 대한 SB CQI, WB CQI/PMI, RI 및 WB CQI에 대한 페이로드 크기(payload size)는 표 7과 같이 설정될 수 있다.

【표 7】

PUCCH Report Type	Reported	Mode State	PUCCH Reporting Modes			
			Mode 1-1	Mode 2-1	Mode 1-0	Mode 2-0
			(bits/BP)	(bits/BP)	(bits/BP)	(bits/BP)
1	Sub-band CQI	RI = 1	NA	4+L	NA	4+L
		RI > 1	NA	7+L	NA	4+L
2	Wideband CQI/PMI	2 TX Antennas RI = 1	6	6	NA	NA
		4 TX Antennas RI = 1	8	8	NA	NA
		2 TX Antennas RI > 1	8	8	NA	NA
		4 TX Antennas RI > 1	11	11	NA	NA
3	RI	2-layer spatial multiplexing	1	1	1	1
		4-layer spatial multiplexing	2	2	2	2
4	Wideband CQI	RI = 1 or RI>1	NA	NA	4	4

다음으로, PUSCH를 이용한 비주기적 CQI, PMI, RI 전송에 대하여 설명한다.

비주기적 보고의 경우, 동일한 PUSCH 상에서 RI와 CQI/PMI 가 전송될 수 있다. 비주기적 보고 모드에 있어서 RI 보고는 해당 비주기적 보고 모드에서의 CQI/PMI 보고에 대해서만 유효하다. 모든 랭크 값에 대해서 지원되는 CQI-PMI 조합은 다음의 표 8 과 같다.

【표 8】

		PMI Feedback Type	
		No PMI (OL, TD, single-antenna)	with PMI (CL)
PUSCH CQI Feedback Type	Wideband (Wideband CQI)		**Mode 1-2: Multiple PMI** - RI - 1st Wideband CQI (4bit) - 2nd Wideband CQI (4bit) if RI>1 - subband PMIs on each subband
	UE Selected (Subband CQI)	**Mode 2-0** - RI (only for Open-Loop SM) - Wideband CQI (4bit) + Best-M CQI (2bit) - Best-M index when RI>1, CQI of first codeword	**Mode 2-2: Multiple PMI** - RI - 1st Wideband CQI (4bit) + Best-M CQI(2bit) - 2nd Wideband CQI (4bit) + Best-M CQI(2bit) if RI>1 - Wideband PMI + Best-M PMI - Best-M index
	Higher layer-configured (subband CQI)	**Mode 3-0** - RI (only for Open-Loop SM) - Wideband CQI (4bit) + subband CQI (2bit) when RI>1, CQI of first codeword	**Mode 3-1: Single PMI** - RI - 1st Wideband CQI (4bit) + subband CQI (2bit) - 2nd Wideband CQI (4bit) + subband CQI (2bit) if RI>1 - Wideband PMI

표 8 의 모드 1-2는 WB 피드백에 대한 것이다. 모드 1-2에서, 각각의 서브밴드에 대해 선호하는 프리코딩 행렬은 해당 서브밴드에서만의 전송을 가정하여 코드북 서브셋(subset)으로부터 선택될 수 있다. 단말은 코드워드마다 하나의 WB CQI 를 보고할 수 있으며, WB CQI 는 전체 시스템 대역폭(set S)의 서브밴드들 상에서의 전송 및 각각의 서브밴드에서의 대응하는 선택된 프리코딩 행렬을 사용하는 것을 가정하여 계산될 수 있다. 단말은 서브밴드 각각에 대하여 선택된 PMI를 보고할 수 있다. 여기서, 서브밴드 크기는 아래의 표 9와 같이 주어질 수 있다. 표 9 에서 시스템 대역폭의 크기가 6 또는 7 인 경우는 서브밴드 크기의 적용이 없는 것으로 나타내며, 이는 WB CQI 만이 적용될 수 있고 서브밴드는 존재하지 않는 것을 의미할 수 있다.

【표 9】

System Bandwidth N_{RB}^{DL}	Subband Size (*k*)
6 - 7	NA
8 - 10	4
11 - 26	4
27 - 63	6
64 - 110	8

표 8의 모드 3-0 및 3-1 은 상위계층에 의해 구성되는(configured) 서브밴드 피드백에 대한 것이다.

모드 3-0 에서, 단말은 전체 시스템 대역폭(set S) 서브밴드들 상에서의 전송을 가정하여 계산되는 WB CQI 값을 보고할 수 있다. 단말은 각각의 서브밴드에 대하여 하나의 서브밴드 CQI 값을 또한 보고할 수 있다. 서브밴드 CQI 값은 해당 서브밴드에서만의 전송을 가정하여 계산될 수 있다. WB CQI 및 SB CQI 모두는, RI>1 인 경우에도, 코드워드 1 에 대한 채널 품질을 나타낼 수 있다.

모드 3-1 에서, 단일 프리코딩 행렬이 전체 시스템 대역폭(set S) 서브밴드들 상에서의 전송을 가정하여 코드북 서브셋으로부터 선택될 수 있다. 단말은 각각의 서브밴드에 대해 코드워드마다 하나의 SB CQI 값을 보고할 수 있다. SB CQI 값은 모든 서브밴드들에서 단일 프리코딩 행렬이 사용되고 대응하는 서브밴드에서의 전송을 가정하여 계산될 수 있다. 단말은 코드워드마다 WB CQI 값을 보고할 수 있다. WB CQI 값은 모든 서브밴드들에서 단일 프리코딩 행렬이 사용되고 전체 시스템 대역폭(set S) 서브밴드들에서의 전송을 가정하여 계산될 수 있다. 단말은 선택된 단일 프리코딩 행렬 지시자를 보고할 수 있다. 각각의 코드워드마다의 SB CQI 값은 2 비트의 서브밴드 차등 CQI 오프셋 (subband differential CQI offset)을 이용하여 WB CQI에 대한 차이값으로서 표현될 수 있다. 즉, 서브밴드 차등 CQI 오프셋은 SB CQI 인덱스와 WB CQI 인덱스의 차이값으로서 정의된다. 서브밴드 차등 CQI 오프셋 값은 {-2, 0, +1, +2} 중 하나의 값을 가질 수 있다. 또한, 서브밴드 크기는 표 9 와 같이 주어질 수 있다.

표 8의 모드 2-0 및 2-2 는 단말이 선택한(UE selected) 서브밴드 피드백에 대한 것이다. 모드 2-0 및 2-2 는 최적의 M 개(best-M)의 평균(average)를 보고하는 것으로 간략하게 설명할 수 있다.

모드 2-0 에서, 단말은 전체 시스템 대역폭(set S) 내에서 M 개의 선호하는 서브밴드의 집합(즉, best-M)을 선택할 수 있다. 하나의 서브밴드 크기는 k 이고, 각각의 시스템 대역폭 범위에 대한 k 및 M 값은 아래의 표 10과 같이 주어질 수 있다. 표 10 에서 시스템 대역폭의 크기가 6 또는 7 인 경우는 서브밴드 크기 및 M 값의 적용이 없는 것으로 나타내며, 이는 WB CQI 만이 적용될 수 있고 서브밴드는 존재하지 않는 것을 의미할 수 있다.

단말은 위에서 결정된 M 개의 선택된(best-M) 서브밴드 상에서만의 전송을 반영하는 하나의 CQI 값을 보고할 수 있다. 이 CQI 값은, RI>1 인 경우에도, 코드워드 1 에 대한 채널 품질을 나타낼 수 있다. 또한, 단말은 전체 시스템 대역폭(set S) 서브밴드들 상에서의 전송을 가정하여 계산되는 WB CQI 값을 보고할 수 있다. WB CQI 는, RI>1 인 경우에도, 코드워드 1 에 대한 채널 품질을 나타낼 수 있다.

【표 10】

System Bandwidth N_{RB}^{DL}	Subband Size k (RBs)	*M*
6 – 7	NA	NA
8 – 10	2	1
11 – 26	2	3
27 – 63	3	5
64 – 110	4	6

모드 2-2에서, 단말은 전체 시스템 대역폭(set S) 서브밴드들 내에서 M 개의 선호하는 서브밴드들의 집합(즉, best-M)을 선택하고 (하나의 서브밴드 크기는 k 임), 이와 함께, 상기 선택된 M 개의 서브밴드 상에서 전송에 대해 사용될 코드북 서브셋으로부터 선호하는 단일 프리코딩 행렬을 선택할 수 있다. 단말은 선택된 M 개의 서브밴드들 상에서만의 전송 및 M 개의 서브밴드들 각각에서 동일한 선택된 단일 프리코딩 행렬이 사용되는 것을 반영하여 코드워드 당 하나의 CQI 값을 보고할 수 있다. 단말은 상기 M 개의 서브밴드들에 대해 선택된 단일 프리코딩 행렬의

지시자를 보고할 수 있다. 또한, 하나의 프리코딩 행렬(전술한 M 개의 선택된 서브밴드에 대한 프리코딩 행렬과 별개의 프리코딩 행렬)이 전체 시스템 대역폭(set S)의 서브밴드들상에서의 전송을 가정하여 코드북 서브셋으로부터 선택될 수 있다. 단말은 전체 시스템 대역폭(set S)의 서브밴드들에서의 전송 및 모든 서브밴드들에서 상기 하나의 프리코딩 행렬을 사용하는 것을 가정하여 계산된 WB CQI 를 코드워드마다 보고할 수 있다. 단말은 모든 서브밴드에 대해 선택된 하나의 프리코딩 행렬의 지시자를 보고할 수 있다.

단말이 선택한(UE-selected) 서브밴드 피드백 모드 (모드 2-0 및 2-2) 전부에 대하여, 단말은 M 개의 선택된 서브밴드들의 위치를 조합 인덱스(combinatorial index) r 을 이용하여 보고할 수 있다. r 은 수학식 16과 같이 정의될 수 있다.

【수학식 16】

$$r = \sum_{i=0}^{M-1} \left\langle \begin{matrix} N - s_i \\ M - i \end{matrix} \right\rangle$$

집합 $\{s_i\}_{i=0}^{M-1}, (1 \le s_i \le N, \quad s_i < s_{i+1})$ 는 M 개의 정렬된(sorted) 서브밴드 인덱스들을 포함할 수 있다. 수학식 16에서 $\left\langle \begin{matrix} x \\ y \end{matrix} \right\rangle$ 는, x≥y 인 경우에 $\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ 이고, x<y 인 경우에 0 인 확장된 이항 계수(extended binomial coefficient)를 의미한다. 이에 따라, r 은 유일한 레이블(unique label)을 갖게 되고, $r \in \left\{0, \cdots, \begin{pmatrix} N \\ M \end{pmatrix} - 1\right\}$ 이다.

또한, 각각의 코드워드에 대한 M 개의 선택된 서브밴드들에 대한 CQI 값은 WB CQI에 대해 상대적인 차이값으로 표현될 수 있다. 이 상대적인 차이값은 2 비트의 차등 CQI 오프셋 레벨(differential CQI offset level)로 표현될 수 있으며, M 개의 선택된 서브밴드들의 CQI 인덱스 - WB CQI 인덱스의 값을 가질 수 있다. 가능한 차등 CQI 값은 {+1, +2, +3, +4} 중 하나일 수 있다.

또한, 지원되는 서브밴드 크기 k 및 상기 M 값은 상기 표 10 과 같이 주어질 수 있다. 표 10 에서 나타내는 바와 같이 k 및 M 값은 시스템 대역폭의 함수로 주어진다.

선택된 M 개(best-M)의 서브밴드들의 위치를 나타내는 레이블은 L 비트로 표현될 수 있고, $L=\left\lceil \log_2 \binom{N}{M} \right\rceil$ 이다.

다중 MIMO 전송 모드에 대한 피드백 정보

전술한 바와 같이, 다중 안테나를 사용하는 송신을 위해서는 채널 상태 정보(CSI: Channel State Information)가 요구된다. CSI는 송신단이 수신단으로부터 피드백 받을 수 있다. 송신단은, CSI로부터, 채널 상태에 따라 적응적으로 사용할 수 있는 프리코딩 가중치(precoding weight)를 획득할 수 있다. 또한, 송신단은 다중 안테나 전송에 사용하기로 결정한 프리코딩 가중치에 의해 변환된 채널 상태 정보로부터 신호 전송을 위한 정보를 획득할 수 있다. 신호 전송을 위한 정보는, 예를 들어, 변조차수(Modulation order), 코딩율(coding rate), 전송블록 크기(transport block size), 스케줄링되는 대역(scheduling band) 등을 포함할 수 있다.

수신단은 송신단이 전송한 참조신호(RS)를 이용해서 송신단과 수신단 사이의 채널 상태에 대한 정보를 획득할 수 있고, 획득된 채널 상태 정보(CSI)를 송신단으로 보고(피드백)할 수 있다. 이 때, 피드백하는 CSI 의 정보량을 줄이기 위해서 다양한 방법들이 사용될 수 있다. 예를 들어, 채널 품질 정보(Channel Quality Information/Index; CQI), 프리코딩 행렬 인덱스(Precoding Matrix Index; PMI), 랭크 지시자(Rank Indicator; RI) 등의 정보를 양자화된 비트로 표현함으로써, 피드백하는 정보의 양을 줄여 효율적인 전송을 수행할 수 있다.

특히, 다중안테나 전송에 있어서 전송에 적합한 랭크에 대한 정보는, 장-기간 페이딩(Long-term fading)에 따라 변하기 때문에, 다른 채널 상태 정보들에 비해 상대적으로 긴 시간 동안 변하지 않는 특성이 있다. 반면 PMI나 CQI는 단-기간 페이딩(Short-term fading)에 의해 급변하는 채널 상태를 반영하는 정보이기 때문에, 상대적으로 짧은 시간 동안에 변하는 특성이 있다. 따라서 RI는 PMI/CQI 보다 상대적으로 긴 주기를 가지고 보고되고, PMI/CQI는 RI보다는 짧은 주기로 보고될 수 있다. 또한, PMI와 CQI는, 전송에 사용되는 랭크에 따라 결정되는 정보이기 때문에, 다음 RI 보고 주기 까지는 이전에 결정된 RI를 기반으로 PMI와 CQI를 계산하게 된다.

이와 같이, 채널상태정보를 산출함에 있어서 랭크 값이 먼저 결정될 필요가 있으며, 랭크 값은 다중 안테나(또는 MIMO) 전송 방식을 고려하여 결정될 수 있다. MIMO 전송 방법은 다중-사용자 MIMO(Multi-User MIMO; MU-MIMO)과 단일-사용자 MIMO(Single-User MIMO; SU-MIMO) 전송 방법으로 구분될 수 있다. 다중안테나를 사용하여 만들어질 수 있는 공간 채널을 다중의 사용자가 할당 받는 경우를 MU-MIMO이라고 하며, 하나의 사용자가 모두 할당 받는 경우 SU-MIMO이라고 지칭한다.

MU-MIMO 전송 기법은, DPC (Dirty Paper Coding), 제로 포싱(Zero Forcing) 등의 기법과 같이 비-유니터리 행렬(non-unitary matrix)을 사용하는 전송 방법과, PU2RC(Per-User Unitary Rate Control) 기법과 같이 유니터리 프리코딩 가중치를 사용하는 전송 방법으로 구분될 수 있다. 두 가지 전송 방식 모두, 단일 사용자 관점에서는 제한된 전송 랭크 기반으로부터 계산된 프리코딩 가중치를 송신단으로 보고하는 것을 특징으로 한다. 예를 들어, M 개의 송신 안테나를 갖는 다중안테나 송신기는 최대 M 개의 공간 채널을 생성하여 신호를 전송할 수 있는데, MU-MIMO 전송에 참여하고 있는 수신단이 할당 받을 수 있는 공간 채널의 개수는, M 개의 공간 채널 보다 적은 개수로 제한될 수 있다. 이 때, 각 사용자가 할당 받는 최대 공간채널의 개수를 N (N<M) 개의 공간채널로 제한하여, 각 사용자가 N 이하의 공간 채널을 수신할 수 있도록 하는 방법을 고려할 수 있다. 이와 같은 상황에서 단말은 최대 N 개의 전송 공간 채널을 할당 받을 수 있다는 가정하에, 전송에 가장 적합한 랭크, 즉, N 이하의 랭크 (1 내지 N) 에서 가장 적합한 랭크를 선택하게 되며, 그 선택된 랭크 값에 따라 프리코딩 가중치 및 채널 품질 정보를 계산하게 된다.

예를 들어, 만일 하나의 수신단에게 할당하는 공간채널의 수를 2개로 한정한다면, 수신단은 자신이 1개 또는 최대 2개의 공간 채널을 할당 받을 수 있다는 가정으로 채널 상태 정보를 측정할 수 있다. 이와 같은 경우, 수신단이 측정해서 보고해야 하는 채널 상태 정보의 양을 줄일 수 있다. 즉, 랭크에 대한 정보는 N 에서 2 로 한정되기 때문에, 랭크 정보를 나타내기 위해 요구되는 비트는 $\log_2(N)$에서 $\log_2(2)$로 줄게 된다.

PMI의 양은 정의되는 코드북 집합(codebook set)에 따라 결정되는데, 랭크-1에서 랭크-N까지 L 개의 코드북 집합이 정의되어 있고, 랭크-1에서 랭크-2까지 K (K<L) 개의 코드북 집합이 정의되어 있다고 가정하면, 최대 랭크가 N

에서 2 로 한정되는 경우에 PMI 보고를 위해 요구되는 피드백 정보의 양도 줄게 된다.

CQI는 각각의 코드워드(CW)에 대해 계산되어야 한다. 다중 코드워드(MCW)를 갖는 시스템에서 랭크-2 상의 전송에서 최대 2개의 CW를 갖는다고 하면, 랭크-2 이상의 전송을 위해서는 2개의 CQI가 보고 되어야 하며, 최대 2개의 공간 채널을 할당받는다고 제한하는 경우에 CQI는 동일한 양으로 (즉 2 개의 CQI가) 보고될 수 있다.

송신단은 전송되는 레이어의 개수를 고려하여 CQI를 계산하게 된다. 만일 MCW를 갖는 전송에서 랭크-2의 전송이라면 제 1 레이어를 통해 전송되는 CW의 CQI를 계산할 때 제 2 레이어를 통해 전송되는 신호는 간섭으로 보고 SINR을 계산할 수 있다. 유사하게, 송신단이 한번에 생성하게 되는 공간채널의 수를 수신단이 알게 된다면, 수신단은 송신단이 생성하게 되는 최대 공간 채널의 수에 적합한 채널 상태 정보를 측정할 수 있게 된다. 이와 같은 경우, CQI에 대한 정확도(accuracy)가 증가할 수 있다. 예를 들어, 송신단에서 최대 2개의 공간채널을 형성하고, 각 공간채널은 2명의 사용자에게 할당된다는 경우에는, 수신단은 CQI를 계산할 때 간섭 레이어가 존재한다는 가정을 이용해서 CQI를 계산할 수 있다.

한편, SU-MIMO 전송은 송신단이 생성하는 공간채널을 한 명의 사용자가 모두 사용하는 것을 특징으로 한다. 수신단은 전송에 적합한 랭크 정보를 송신단으로 보고하며, 또한 랭크 정보를 바탕으로 계산된 PMI와 CQI를 송신단으로 보고할 수 있따. 예를 들어, 송신단이 생성할 수 있는 공간채널이 최대 M 개라면, 수신단은 1 내지 M 의 랭크 중 전송 효율을 가장 높일 수 있는 전송 랭크를 선택하여 송신단에게 보고할 수 있다.

송신단은 SU-MIMO 전송과 MU-MIMO 전송을 동시에 지원할 수 있다. SU-MIMO 전송과 MU-MIMO 전송을 위해 각각 특별한 제어 신호가 요구될 수 있다. 예를 들어, SU-MIMO 에서는 최대 M 개의 랭크까지 수신할 수 있고, MU-MIMO 에서는 송신단은 최대 M 개의 공간채널을 생성할 수 있는데 수신단에서 최대 N 개의 공간채널을 각 사용자에 해당하는 유효한 공간채널로 간주하는 경우, 각 전송 모드에 최적화된 제어 신호를 전송할 수도 있다. 이와 같은 경우, 송신단은 수신단에게 전송 모드에 대한 지시(indication)를 해줌으로써 수신단이 어떤 전송 모드로 신호를 수신하게 되는지를 사전에 알게 하고, 이에 맞는 제어 신호를 전송함으로써 SU-MIMO 와

MU-MIMO 전송을 동시에 지원할 수 있게 된다.

또는, 송신단은 수신단에게 SU-MIMO 전송 모드와 MU-MIMO 전송 모드를 구분할 수 있는 지시(indication)를 주지 않고, 수신단으로 하여금 어느 하나의 전송 모드로 인식하고 데이터를 디코딩하도록 하는 방법을 고려할 수도 있다. 이와 같은 경우, 송신단은 수신단에게 단지 현재 단말이 수신해야 하는 레이어의 개수를 지시해주는 방법을 고려할 수 있다. 이와 같은 경우, 단말에게는 SU-MIMO 모드 / MU-MIMO 모드에 대한 구분이 없게 된다. 따라서 동일한 제어 신호를 사용하여 MIMO 전송을 지원할 수 있게 된다. 그러나, 이와 같은 경우에도 SU-MIMO와 MU-MIMO를 지원하기 위해서는 수신단으로부터 송신단으로 상이한 피드백 정보가 보고 되어야 한다. 예를 들어, SU-MIMO 전송을 지원하기 위해서는 송신단이 생성할 수 있는 최대의 공간채널을 감안하여 전송에 가장 적합한 전송 랭크가 보고될 수 있다. MU-MIMO 전송을 지원하기 위해서는 수신단 관점에서 제한된 수의 레이어를 수신하는 것을 고려하여, 제한된 랭크 중에서 전송에 가장 적합한 랭크가 선택되어 보고될 수 있다.

다중-랭크 PMI 피드백

확장된 안테나 구성을 지원하는 시스템에서의 다중 MIMO 모드를 원활하게 지원하기 위한 피드백 방안에 있어서, 다중-랭크 PMI 피드백이 고려될 수 있다.

예를 들어, SU-MIMO 랭크-r 전송에서 수신단은 기지국으로부터 r개의 레이어를 수신 받게 되며, 랭크-r SU-MIMO 로 전송된다는 가정으로 PMI를 결정할 수 있다. 반면 MU-MIMO 전송에서는 하나의 수신단 관점에서 1 개의 레이어를 수신한다고 하더라도 실제로 송신단에서는 다중-레이어를 전송할 수 있다.

다중-랭크 PMI 피드백은, SU-MIMO 모드 전송의 경우에 랭크-r의 PMI 가 이용되고, MU-MIMO 모드 전송의 경우에 제한된 랭크(예를 들어, 랭크-1 또는 2)의 PMI가 이용되는 것을 의미한다. 예를 들어, 랭크-r 의 SU-MIMO 전송에 대해서는 SU-MIMO 라는 가정에 기초한 랭크-r PMI 가 피드백될 수 있다. 또는, MU-MIMO 페어링(pairing)에 대해서는 SU-MIMO 라는 가정에 기초한 제한된 랭크(예를 들어, 랭크-1 또는 2)의 PMI/CQI 가 피드백 될 수 있다. 제한된 랭크(또는 낮은 랭크)의 PMI 의 이용에 대하여 이하에서 구체적으로 설명한다.

낮은 랭크 값(예를 들어, 랭크-1 또는 2)의 제한된 PMI 는 일반적인 랭크-r PMI 에 부가되어(appended) SU-MIMO 모드와 MU-MIMO 모드 간의 동적인 스위칭을 보다

용이하게 수행할 수 있다. 만약 랭크-1 에서 랭크-8까지의 전체-랭크에서의 동적인 SU-MIMO/MU-MIMO 스위칭을 지원하기 위해서는, 랭크-1에서 랭크-8까지에 대해서 하나의 전송 모드가 매 서브프레임에서의 동적 SU-MIMO/MU-MIMO 스위칭을 지원할 필요가 있다. 즉, 동일한 단말 피드백(랭크-1에서 랭크-8까지에 대한 PMI/CQI)이 SU-MIMO 스케줄링과 MU-MIMO 스케줄링 모두에서 사용될 수 있다.

단말은 실제 전송 모드나 실제 랭크를 알지 못하므로, 단말이 높은 랭크(예를 들어 랭크-3 내지 8)의 PMI/CQI 를 보고하는 경우에 해당 단말에게 낮은 랭크(예를 들어, 랭크-1 또는 2)의 MU-MIMO 전송 모드를 어떻게 스케줄링할 것인지가 문제된다. 이를 해결하기 위한 한가지 방안으로, MU-MIMO 스케줄링을 위해서 단말이 피드백한 높은 랭크(랭크-3 내지 8)의 PMI들에서 처음 2 개의 열(column)을 추출하여 사용하는 것을 고려할 수 있다. 그러나, 이와 같이 "잘라낸 PMI(truncated PMI)" 는, 낮은 랭크(랭크-1 또는 2)라는 가정에 기초하여 계산되는 최적의(optimal) 낮은 랭크(랭크-1 또는 2) PMI가 되지 못하는 경우가 발생한다. 물론 MU-MIMO 성능에 부정적인 영향 (adverse impact)을 줄 수 있겠지만, 이러한 차선의(suboptimal) "잘라낸 PMI" 를 사용할 수도 있다. 또한, 일반적으로 MU-MIMO 전송 모드에 적합한 상황에서의 낮은-이동성(low mobility) 설정(즉, 낮은 랭크에 적합한 설정)에 따라서, 일단 단말이 랭크-r PMI 를 보고하면 단말은 랭크-1 PMI를 보고하지 않고 계속해서 긴 주기로 랭크-r PMI 를 보고할 수 있다. 따라서, 다중-랭크 PMI 를 이용하게 되면, 랭크-1 또는 2 의 MU-MIMO 페어링에 대하여 충분한 CSI 정확성을 달성할 수 있는 최적의 낮은-랭크 PMI 를 단말이 추가적으로 제공할 수 있다.

따라서, 다중-랭크 PMI 를 사용하게 되면 동적인 SU-MIMO/MU-MIMO 스위칭을 용이하게 할 뿐만 아니라 CSI 정확성을 개선할 수도 있다.

8 전송 안테나를 위한 프리코더

확장된 안테나 구성을 지원하는 시스템(예를 들어, 3GPP LTE 릴리즈-10 시스템)에서는, 예를 들어 8 개의 전송 안테나를 이용한 MIMO 전송이 수행될 수 있으며, 이를 지원하기 위한 코드북 설계가 요구된다.

8 개의 안테나 포트를 통하여 전송되는 채널에 대한 CSI 보고를 위해서, 표 11 내지 18 과 같은 코드북을 사용하는 것을 고려할 수 있다. 8 개의 CSI 안테나 포트를 안테나 포트 15 내지 22 의 인덱스로 표현할 수 있다. 표 11 은 안테나 포트 15 내지

22 를 이용한 1-레이어 CSI 보고에 대한 코드북의 일례이다. 표 12 는 안테나 포트 15 내지 22 를 이용한 2-레이어 CSI 보고에 대한 코드북의 일례이다. 표 13 은 안테나 포트 15 내지 22 를 이용한 3-레이어 CSI 보고에 대한 코드북의 일례이다. 표 14 는 안테나 포트 15 내지 22 를 이용한 4-레이어 CSI 보고에 대한 코드북의 일례이다. 표 15 은 안테나 포트 15 내지 22 를 이용한 5-레이어 CSI 보고에 대한 코드북의 일례이다. 표 16 은 안테나 포트 15 내지 22 를 이용한 6-레이어 CSI 보고에 대한 코드북의 일례이다. 표 17 은 안테나 포트 15 내지 22 를 이용한 7-레이어 CSI 보고에 대한 코드북의 일례이다. 표 18 은 안테나 포트 15 내지 22 를 이용한 8-레이어 CSI 보고에 대한 코드북의 일례이다.

표 11 내지 18 에 있어서, φ_n 및 v_m 은 수학식 17 과 같이 주어질 수 있다.

【수학식 17】

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

$$v_m = \left[1 \quad e^{j2\pi m/32} \quad e^{j4\pi m/32} \quad e^{j6\pi m/32}\right]^T$$

【표 11】

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

【표 12】

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

【표 13】

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 3	$W^{(3)}_{8i_1,8i_1,8i_1+8}$	$W^{(3)}_{8i_1+8,8i_1,8i_1+8}$	$\tilde{W}^{(3)}_{8i_1,8i_1+8,8i_1+8}$	$\tilde{W}^{(3)}_{8i_1+8,8i_1,8i_1}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0 - 3	$W^{(3)}_{8i_1+2,8i_1+2,4i_1+10}$	$W^{(3)}_{8i_1+10,8i_1+2,8i_1+10}$	$\tilde{W}^{(3)}_{8i_1+2,8i_1+10,8i_1+10}$	$\tilde{W}^{(3)}_{8i_1+10,8i_1+2,8i_1+2}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0 - 3	$W^{(3)}_{8i_1+4,8i_1+4,8i_1+12}$	$W^{(3)}_{8i_1+12,8i_1+4,8i_1+12}$	$\tilde{W}^{(3)}_{8i_1+4,8i_1+12,8i_1+12}$	$\tilde{W}^{(3)}_{8i_1+12,8i_1+4,8i_1+4}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0 - 3	$W^{(3)}_{8i_1+6,8i_1+6,8i_1+14}$	$W^{(3)}_{8i_1+14,8i_1+6,8i_1+14}$	$\tilde{W}^{(3)}_{8i_1+6,8i_1+14,8i_1+14}$	$\tilde{W}^{(3)}_{8i_1+14,8i_1+6,8i_1+6}$
where $W^{(3)}_{m,m',m''}=\frac{1}{\sqrt{24}}\begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ v_m & -v_{m'} & -v_{m''} \end{bmatrix}$, $\tilde{W}^{(3)}_{m,m',m''}=\frac{1}{\sqrt{24}}\begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ v_m & v_{m'} & -v_{m''} \end{bmatrix}$				

【표 14】

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

【표 15】

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

【표 16】

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

【표 17】

i_1	i_2
	0
0 - 3	$W^{(7)}_{i_1} = \frac{1}{\sqrt{56}}\begin{bmatrix} v_{2i_1} & v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+24} \\ v_{2i_1} & -v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & -v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & -v_{2i_1+16} & v_{2i_1+24} \end{bmatrix}$

【표 18】

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

DCI 포맷 0

DCI 포맷 0 는 PUSCH 전송을 스케줄링하기 위해 사용된다. DCI 포맷 0 에 의해

전송되는 제어정보들에 대해서 설명한다.

'Flag for format 0/format 1A differentiation' (포맷 0/포맷 1A 구별을 위한 플래그) 필드는 1 비트로 주어지며 DCI 포맷 0 과 DCI 포맷 1A 를 구별하기 위한 필드이다. DCI 포맷 1A 는 하향링크 전송을 스케줄링하는 DCI 포맷이며 DCI 포맷 0 과 동일한 페이로드 크기를 가지므로, DCI 포맷 0 과 DCI 포맷 1A 이 동일한 형태의 포맷을 가지도록 하면서 이들을 구별할 수 있는 필드가 포함된 것이다. 'Flag for format 0/format 1A differentiation' 필드가 0 값을 가지면 DCI 포맷 0 을 나타내고, 1 값을 가지면 DCI 포맷 1A 를 나타낸다.

'Frequency hopping flag' (주파수 호핑 플래그) 필드는 1 비트로 주어지며 PUSCH 주파수 호핑이 적용되는지 여부를 나타낸다. 'Frequency hopping flag' 필드가 0 값을 가지면 PUSCH 주파수 호핑이 적용되지 않는 것을 나타내고, 1 값을 가지면 PUSCH 주파수 호핑이 적용되는 것을 나타낸다.

'Resource block assignment and hopping resource allocation' (자원 블록 할당 및 호핑 자원 할당) 필드는 PUSCH 주파수 호핑 여부에 따른 상향링크 서브프레임에서의 자원블록 할당 정보를 나타낸다. 'Resource block assignment and hopping resource allocation' 필드는 $\lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2) \rceil$ 비트로 구성된다. N_{RB}^{UL} 은 상향링크 대역폭 설정(configuration) 값이며 자원 블록의 개수로 표현된다. PUSCH 호핑이 적용되는 경우에, $\tilde{n}_{PRB}(i)$ (물리자원블록의 인덱스)를 획득하기 위해서 N_{UL_hop} 의 MSB(Most Significant Bit) 비트가 사용되고, $\left(\lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2) \rceil - N_{UL_hop} \right)$ 비트가 상향링크 서브프레임의 제 1 슬롯의 자원 할당을 제공한다. 여기서, N_{UL_hop} 는 시스템 대역폭의 크기에 따라서 1 또는 2 비트를 가지는 호핑 정보를 나타낸다. 한편, PUSCH 호핑이 적용되지 않는 경우에는, $\left(\lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2) \rceil \right)$ 비트가 상향링크 서브프레임의 자원 할당을 제공한다.

'Modulation and coding scheme and redundancy version' (변조및코딩기법 및 리던던시 버전) 필드는 5 비트로 주어지며 PUSCH 에 대한 변조 차수(modulation order) 및 리던던시 버전(RV)을 나타낸다. RV 는 재전송의 경우 어떤 서브패킷을 재전송하는 것인지에 대한 정보를 나타낸다. 5 비트에 의해 표현되는 32 개의 상태(state) 중에서 0 내지 28 은 변조 차수를 나타내기 위해 사용되고, 29 내지 31 은 RV 인덱스(1, 2 및 3)를 나타낼 수 있다.

'New data indicator' (신규데이터지시자) 필드는 1 비트로 주어지며 상향링크 스케줄링 정보가 신규 데이터에 대한 것인지 재전송에 대한 것인지를 나타낸다. 이전 전송의 NDI 값에 비하여 토글링되는 경우에는 신규 데이터 전송임을 나타내고, 토글링되지 않는 경우에는 재전송임을 나타낸다.

'TPC command for scheduled PUSCH' (스케줄링된 PUSCH에 대한 전송전력제어 명령) 필드는 2 비트로 주어지며 PUSCH 전송에 대한 전송 전력을 결정할 수 있는 값을 나타낸다.

'Cyclic shift for DMRS' (복조참조신호에 대한 순환 시프트) 필드는 3 비트로 주어지며 상향링크 복조 참조신호(DeModulation Reference Signal; DMRS)를 위한 시퀀스 생성에 이용되는 순환 시프트(Cyclic Shift) 값을 나타낸다. DMRS는 안테나 포트 별 또는 레이어 별 상향링크 채널 추정을 위해 사용되는 참조신호이다.

'UL index (for TDD)' (상향링크 인덱스 (TDD 경우)) 필드는 2 비트로 주어지며 시분할듀플렉스(TDD) 방식으로 무선 프레임이 구성되는 경우에 특정 상향링크-하향링크 설정(configuration)에 있어서 상향링크 전송으로 설정되는 서브프레임 인덱스 등을 나타낼 수 있다.

'Downlink Assignment Index (for TDD)' (하향링크 할당 인덱스 (TDD 경우)) 필드는 2 비트로 주어지며 TDD 방식으로 무선 프레임이 구성되는 경우에 특정 상향링크-하향링크 설정에 있어서 PDSCH 전송으로 설정되는 서브프레임의 총 개수 등을 나타낼 수 있다.

'CQI request' (채널품질지시자 요청) 필드는 1 비트로 주어지며 PUSCH 를 이용하여 비주기적인 CQI(Channel Quality Information), PMI(Precoding Matrix Indicator) 및 RI(Rank Indicator) 보고를 하도록 요청하는 것을 나타낸다. 'CQI request' 필드가 1 로 설정되면 단말은 PUSCH 를 이용한 비주기적 CQI, PMI 및 RI 보고를 전송하게 된다.

'Modulation and coding scheme and redundancy version' 에 의해서 전술한 표 4 와 같이 5 비트에 의해서 32 개의 상태(state)를 표현하는 MCS 인덱스(I_{MCS})가 시그널링될 수 있다. $29 \le I_{MCS} \le 31$ 에 대해서, $I_{MCS} = 29$ 가 시그널링되면, DCI 포맷 0 의 'CQI request' 비트는 1 로 설정되고, 4 RB 이하($N_{PRB} \le 4$)의 전송이 설정되며, PUSCH 데이터 재전송에 있어서의 리던던시 버전1(RV1)이 지시되고, 변조

차수(Modulation Order) $Q_m = 2$로 설정될 수 있다. 즉, CQI만을 전송하는 경우에는 변조기법으로 QPSK만이 사용될 수 있다.

3GPP LTE-A 시스템에서 SU-MIMO는 최대 8개의 레이어를 사용하여 신호를 전송할 수 있고, MU-MIMO를 위해서는 최대 2개의 레이어를 사용하여 신호를 전송할 수 있다. 수신단 관점에서는 SU-MIMO와 MU-MIMO의 전송 방법에 관계 없이 동일한 동작으로 신호를 복조하게 된다.

수신단은 송신단에게 신호 전송을 위한 정보들(CSI 등)을 제공하게 되는데, 일반적으로 CSI 정보를 보고할 때는 SU-MIMO 전송을 가정한다. 일반적으로 SU-MIMO 기반의 CSI 정보는 셀-내 간섭(intra-cell interference)에 대한 고려 없이 계산되기 때문에, SU-MIMO 기반의 CSI 정보를 사용하여 MU-MIMO 전송을 시도한다면 CQI 부정합(mismatch)에 의해 성능 저하가 발생할 수 있다. 따라서 MU-MIMO 전송의 성능을 향상시키기 위해서, MU-MIMO 전송에 적합한 프리코더를 보고하는 방안에 대해서 고려할 필요가 있다.

단말이 SU-MIMO 전송에서 최대 효율을 낼 수 있는 전송 랭크를 기지국에 보고하는 경우에, 예를 들어, 랭크-8 기반의 코드북 인덱스와 CQI가 계산되어 보고되는 경우에, 피드백 정보는 랭크-8 전송에 적합한 정보가 될 수 있지만 랭크-1/2를 갖는 단말들을 다중화하여 전송하는 MU-MIMO 전송에는 부적합한 정보가 될 수 있다. 따라서 SU-MIMO 전송을 위한 CSI 정보뿐만 아니라 MU-MIMO 전송을 위한 CSI 정보가 보고되어야 성능 저하를 방지할 수 있다.

한편, 수신단이 송신단에게 CSI 정보를 보고하는 방법으로는 크게 2가지 방법을 고려할 수 있다. 하나는 약속된 시간에 약속된 자원을 사용하여 CSI 정보를 보고하는 방법이고, 다른 하나는 송신단의 지시에 의해 특정 시간에 CSI 정보를 보고하는 방법이다. 약속된 시간에 CSI정보를 보고하는 방법으로는, 3GPP LTE 릴리즈-8 시스템에서와 같이 주기적 CQI 보고를 PUCCH를 통해 전송될 수 있다 (주기적 CSI가 보고되는 타이밍에 PUSCH 데이터가 전송되는 경우에는 CSI가 데이터와 다중화되어 전송될 수 있다). 한편, 송신단의 지시에 의해 특정 시간에 CSI 정보를 보고하는 방법으로는, 하향링크 제어채널에 포함되는 상향링크전송을 위한 제어정보 (예를 들어, DCI 포맷 0) 중에 비주기적 CSI 보고 요청 필드를 설정함으로써 PUSCH를 통해 CSI 가 보고될 수 있다.

실시예 1

본 실시예 1 에서는 PUSCH를 통해 보고되는 비주기적(aperiodic) CSI 보고 방식으로 SU-MIMO와 MU-MIMO전송을 효과적으로 지원할 수 있는 CSI 정보 보고 방안에 대하여 설명한다. 본 실시예 1 은, 단말이 추천하는(UE recommended) CSI 와 제한된 랭크에 대한 CSI 를 동시에 보고하는 방안과(실시예 1-A), 단말이 추천하는 CSI 와 제한된 랭크에 대한 CSI 중에서 하나를 보고하는 방안(실시예 1-B)으로 크게 나눌 수 있다.

실시예 1-A

본 실시예 1-A 은, 단말이 추천하는 CSI 와 제한된 랭크에 대한 CSI 를 동시에 보고하는 방안에 대한 것이다.

수신단(즉, 단말)이 측정할 수 있는 랭크의 범위가 랭크-N이라고 가정할 때, 수신단은 랭크-1 내지 랭크-N 에 대한 CQI를 계산하여 수율을 최대로 할 수 있는 랭크를 선택하게 된다. 이 때, 수신단이 랭크-M (예를 들어, M=3) 이상의 랭크를 선택하는 경우, 랭크-M 보다 작은 랭크(예를 들어, 랭크-1 및 2)에 대한 정보(이는 MU-MIMO전송을 위해 필요한 정보임)가 추가로 보고될 수 있다. 이 때, 제한된 랭크(restricted rank)가 설정되고 최대 랭크 내에서 랭크 적응(rank adaptation)이 가능한 경우, 랭크 지시자가 요구된다. 만약 제한된 랭크가 1 또는 2 와 같이 한정적인 값으로 결정되면, 랭크 지시자 없이 PMI와 CQI 값만 보고될 수 있다.

한편, 단말이 추천하는 랭크가 M (예를 들어, M=2) 이하의 값이면, 단말이 추천하는 CSI만이 보고된다. 단말이 추천하는 랭크가 M (예를 들어, M=2) 보다 큰 값이면, 단말이 추천하는 랭크에 대한 CSI 뿐만 아니라 제한된 랭크에 대한 CSI 또한 보고될 수 있다.

실시예 1-B

본 실시예 1-B 는, 단말이 추천하는 CSI 와 제한된 랭크에 대한 CSI 중에서 하나를 보고하는 방안에 대한 것이다.

수신단이 측정할 수 있는 랭크의 범위가 랭크-N이라고 가정할 때, 일반적으로 수신단은 랭크-1 내지 랭크-N 에 대한 CQI를 계산하여 수율을 최대로 할 수 있는 랭크를 선택하게 된다. 이 때, 수신단이 랭크-M이상 (예를 들어, M=3) 의 랭크를 보고하면, 송신단에서 MU-MIMO 전송을 수행하기 위해서는 M보다 낮은 랭크의 CSI

정보가 필요하게 된다. 이 경우, 송신단은 수신단이 계산하여 보고할 수 있는 범위보다 낮은 범위의 랭크 정보를 보고하라고 요청할 수 있다. 이에 대한 본 발명의 다양한 실시예들에 대하여 이하에서 설명한다.

실시예 1-B-1

PDCCH의 DCI 포맷에 지시자를 정의함으로써 기지국이 원하는 범위의 랭크 정보를 보고하도록 지시하는 방안을 고려할 수 있다.

상향링크 전송을 위한 제어 정보에 CQI 속성에 대해서 지시하는 지시자를 정의함으로써, 송신단이 지정하는 범위 안에 있는 랭크의 CQI를 보고하도록 수산단에게 지시할 수 있다.

예를 들어, 3GPP LTE 릴리즈-8 에서 정의하는 DCI 포맷 0 에는 'CQI 요청 필드'가 정의되어 있다. CQI 요청 필드가 1 값을 가지는 경우에 단말은 CSI 정보를 전송하게 된다. 이 때 전송되는 CSI 정보에는 RI, PMI, CQI 가 포함된다. 일반적으로 랭크 정보는 단말이 선호하는 값으로 선택하게 된다.

확장된 안테나 구성을 가지는 시스템(예를 들어, 3GPP LTE 릴리즈-10 시스템)에서 본 발명에 따라서 상향링크 전송을 위해 새롭게 정의되는 DCI 포맷(예를 들어, DCI 포맷 4 라 칭할 수 있음) 에서는, 기지국이 CQI 요청을 할 때 단말이 선호하는 랭크를 우선적으로 보고하며, 만일 기지국이 랭크를 지시하면 기지국이 설정한(eNB configured) 랭크에 맞춰 단말이 CSI를 보고하도록 할 수 있다. 여기서, 기지국이 지시하는 랭크는 특정 랭크 값을 지정할 수도 있고, 최대 랭크 값을 지정할 수도 있고, 최대 랭크 값에 대한 인덱스를 지시할 수도 있고, 약속된(미리 결정된) 랭크 값을 사용하겠다는 지시자 일수도 있고, 약속된 최대 랭크 값을 사용하겠다는 지시자 일수도 있다.

기지국이 설정한 랭크 (또는 제한된 랭크)를 사용하라는 지시자는 DCI 포맷에 포함될 수 있다. 예를 들어, DCI 포맷에 정의되어 있는 필드 중 CQI 요청 필드가 활성화되면, 해당 DCI 포맷 내에서 사용되지 않는 다른 필드를 기지국이 설정한 랭크를 사용하기 위한 지시자로서 바꿔서 해석(즉, 재사용)할 수 있다. 또는 다른 필드들과의 조합으로서 기지국이 설정한 랭크에 대한 지시자의 용도로서 사용할 수 있다.

예를 들어, DCI 포맷 4의 비트 필드를 표 19 와 같이 정의할 수 있다.

【표 19】

Contents		Number of bit
Resource block assignment		N
1st TB	MCS and RV	5
	NDI	1
2nd TB	MCS and RV	5
	NDI	1
Precoding information		M
TPC command for scheduled PUSCH		2
Cyclic shift for DMRS		3
UL index (for TDD)		2
Downlink Assignment Index (for TDD)		2
CQI request		1
Aperiodic SRS request		1

표 19 에서 CQI 요청 필드가 활성화되면, 제 2 전송블록(TB)에 대한 MCS 및 RV 필드는 사용되지 않을 수 있다. 이 경우, 제 2 TB 에 대한 MCS 및 RV 필드는 기지국이 설정하는 랭크 (또는 제한된 랭크) 를 지시하는 용도로 재사용될 수 있다.

실시예 1-B-2

PDCCH의 DCI 포맷의 종류에 따라서 보고하는 랭크의 범위가 설정되는 방안을 고려할 수 있다.

상향링크 전송을 위한 제어정보들을, 단일 레이어 전송을 지원하기 위한 DCI 포맷과 다중 레이어 전송을 지원하기 위한 DCI 포맷으로 구분할 수 있다. 예를 들어, 단일 안테나 전송은 단일 레이어 전송이며 이를 위해 DCI 포맷 0 가 정의되어 있다. 또한 단일 레이어 전송이지만 특정 할당 방법을 지원하기 위해 새로운 DCI 포맷 (예를 들어, DCI 포맷 0A 라 칭할 수 있음)이 정의될 수 있고, 단일 레이어 전송이지만 단일 레이어 프리코더 지시자를 포함하는 새로운 DCI 포맷(예를 들어, DCI 포맷 0B 라 칭할 수 있음)이 정의될 수 있다. 또한, 다중-안테나 전송을 위한 DCI 포맷을 정의할 수 있는데, 다중-전송블록 전송을 위해 새로운 DCI 포맷(예를 들어, DCI 포맷 4 라 칭할 수 있음)가 정의될 수 있다.

각각의 DCI 포맷에는 CQI 요청 필드가 정의될 수 있다. 이 때, 단일 전송블록을 지원하기 위한 DCI 포맷의 CQI 요청 필드가 활성화 되는 경우, 단말은 '제한된 랭크' 에서 CQI를 계산하여 보고하도록 할 수 있다. 그리고 다중-전송블록을 지원하기 위한 DCI 포맷의 CQI 요청 필드가 활성화되는 경우, 단말은 측정 및 수신 가능한 범위 내의 랭크 에서 CQI를 계산하여 보고하도록 할 수 있다.

달리 표현하자면, DCI 포맷 0, 0A, 0B 와 같이 단일 전송블록을 지원하는 DCI 포맷으로부터 CQI 요청을 지시 받는 경우에 단말은 제한된 랭크 내에서 내에서 CQI를 계산하고, DCI 포맷 4 와 같이 다중 전송블록을 지원하는 DCI 포맷으로부터 CQI 요청을 지시 받는 경우에는 단말이 측정 및 수신 가능한 범위의 랭크에서 CQI를 계산하여 보고하도록 할 수 있다.

여기서, 제한된 랭크는 단말이 측정가능한 범위의 랭크와는 독립적인 값으로 설정될 수 있다. 제한된 랭크는 RRC 시그널링을 통해서 알려지거나, 고정된 값으로 결정될 수도 있다. 예를 들어, 제한된 랭크는 최대 랭크 2로 설정될 수도 있다.

실시예 1-B-3

전송되는 PUSCH의 번호에 따라서 보고되는 정보의 종류를 다르게 설정하는 방안을 고려할 수 있다.

기존의 3GPP LTE 릴리즈-8 에서는 DCI 포맷 0의 CQI 요청 필드가 1 로 설정되는 경우에, PDCCH를 통해 DCI를 수신한 시점(n 번째 서브프레임)으로부터 k 개의 서브프레임이 지난 시점인 n+k 번째 서브프레임에서 PUSCH를 전송하게 된다. FDD인 경우 k=4로 설정된다.

만약 비주기적 CQI를 요청하는 CQI 요청 필드가 활성화된 DCI 포맷을 수신한 시점인 n 번째 서브프레임을 기준으로, n 이 짝수인지 또는 홀수인지에 따라서 보고하는 CSI 정보가 달라지도록 할 수 있다. 예를 들어, n 번째 서브프레임이 짝수 번째 서브프레임인 경우에 단말이 추천하는 랭크의 CSI가 보고되고, 홀수 번째 서브프레임인 경우에 제한된 랭크의 CSI 가 보고될 수 있다. 또는, n 번째 서브프레임이 홀수 번째 서브프레임인 경우에 단말이 추천하는 랭크의 CSI가 보고되고, 짝수 번째 서브프레임인 경우에 제한된 랭크의 CSI 가 보고될 수 있다.

한편, 만약 비주기적 CQI를 요청하는 CQI 요청 필드가 활성화된 DCI 포맷을 n 번째 서브프레임에서 수신하여 CSI 가 보고되는 시점인 n+k 번째 서브프레임을 기준으로, n+k 가 짝수인지 또는 홀수인지에 따라서 보고하는 CSI 정보가 달라지도록

할 수도 있다. 예를 들어, n+k 번째 서브프레임이 짝수 번째 서브프레임인 경우에 단말이 추천하는 랭크의 CSI가 보고되고, 홀수 번째 서브프레임인 경우에 제한된 랭크의 CSI 가 보고될 수 있다. 또는, n+k 번째 서브프레임이 홀수 번째 서브프레임인 경우에 단말이 추천하는 랭크의 CSI가 보고되고, 짝수 번째 서브프레임인 경우에 제한된 랭크의 CSI 가 보고될 수 있다.

확장된 안테나 구성을 지원하는 시스템(예를 들어, 3GPP LTE-A 시스템)에서 새롭게 정의 되는 전송 모드에 대해서 본 실시예 1 에서 제안하는 바와 같은 SU-MIMO와 MU-MIMO전송을 효과적으로 지원할 수 있는 CSI 보고 방안이 적용될 수 있다.

실시예 2

본 실시예 2 에서는 단말이 추천하는(UE recommended) 랭크가 제한된 랭크(restricted rank)보다 높은 경우에 단말이 추천하는 랭크에 맞춰 선택된 프리코더를 사용하여 제한된 랭크에 맞는 프리코더를 선택하는 방안에 대하여 설명한다.

랭크-N을 갖는 프리코더는 N개의 프리코딩 벡터의 조합으로 구성된다. N개의 벡터들 중 일부 벡터를 사용하면 낮은 랭크의 전송이 가능하다. 이와 같이 프리코더의 일부 벡터를 사용하는 것을 서브셋 선택(subset selection)이라고 칭할 수 있다.

기지국이 단말로부터 보고받은 프리코더에 대해 서브셋 선택을 수행하는 방법으로는, 임의의 벡터들을 무작위로 선택하는 방법, 미리 정해진(즉, 약속된) 규칙에 따라 서브셋을 선택하는 방법, 보고하는 측(단말)에서 선호하는 벡터를 보고하는 방법 등을 고려할 수 있다. 여기서, 임의의 벡터들을 선택하는 방법이나 약속된 규칙에 따라 서브셋을 선택하는 방법에는 별도의 시그널링 없이 수행될 수 있다. 한편, 보고하는 측에서 선호하는 벡터를 보고하는 방법의 경우에는, 보고하는 측(단말)이 보고받는 측(기지국)에게 서브셋 선택에 대한 정보를 제공해야 한다.

약속된 규칙에 따라 서브셋을 선택하는 방법에서 적용될 수 있는 규칙의 예시들에 대하여 이하에서 설명한다.

일례로서, 프리코더의 첫 번째 열(column)부터 차례대로 선택하는 규칙을 적용할 수 있다. 예를 들어, 랭크-1인 경우 첫 번째 열 하나를 선택하고, 랭크-2인

경우 첫 번째 열 및 두 번째 열을 선택할 수 있다.

다른 예로서, 전송블록(TB)이 매핑되는 레이어를 고려하여 서브셋을 선택하는 규칙을 적용할 수도 있다. 예를 들어, TB가 매핑되는 레이어 중에서 M-번째 레이어에 해당하는 프리코더를 선택할 수 있다. 예를 들어, 2개의 TB(TB1 및 TB2)가 4개의 레이어(레이어1, 레이어2, 레이어3, 레이어4)에 매핑되는 경우에 TB1는 레이어1 및 레이어2에 매핑되고 TB2는 레이어3 및 레이어4에 매핑된다고 가정한다. 이 때, 프리코더 서브셋 선택에 있어서 M=1 으로 주어지는 경우, TB1이 매핑되는 첫 번째 레이어(즉, 레이어1) 및 TB2가 매핑되는 첫 번째 레이어(즉, 레이어3)에 해당하는 서브셋이 2 개의 프리코더로서 선택될 수 있다.

한편, 보고하는 측에서 선호하는 벡터를 보고하는 방법에서 적용될 수 있는 시그널링 방안의 예시들에 대하여 이하에서 설명한다.

일례로서, 프리코더의 서브셋을 비트맵 형식으로 보고할 수 있다. 예를 들어, 랭크-N인 경우 N개의 벡터를 N개의 비트로 구성된 비트맵을 이용하여, 단말이 선호하는 프리코더 벡터가 무엇인지를 기지국에게 보고할 수 있다.

다른 예로서, 프리코더의 서브셋 중에서 하나의 벡터를 선호하는 것으로 보고하는 경우에는, $\log_2(N)$의 비트를 사용하여 (여기서 N = 랭크) 단말이 선호하는 프리코더 벡터가 무엇인지를 기지국에게 보고할 수 있다.

전술한 바와 같은 다양한 방안에 따라서 프리코더가 선택되는 경우에, 선택된 프리코더에 해당하는 CQI 가 계산되어 보고될 수 있다. SU-MIMO 전송을 위해 랭크-N 프리코더가 선택되고, 선택된 프리코더에 맞춰 CQI가 계산될 수 있다. 이 때 랭크-N 프리코더 중에서 일부 프리코더 벡터가 선택되는 경우에, 선택된 서브셋에 해당하는 CQI가 다시 계산될 수 있다. 예를 들어, 랭크-4를 위한 프리코더가 선택되었다면 이 프리코더에 의해 랭크-4에 대한 CQI가 계산될 수 있다. 또한 랭크-4 프리코더를 바탕으로 2개의 프리코더 벡터들이 선택되었다면 랭크-2에 대한 CQI가 계산될 수 있다.

이와 같이 프리코더 선택이 이루어지는 경우에 적용될 수 있는 피드백 방안의 예시들에 대하여 이하에서 설명한다.

첫 번째로, RI - PMI1 - CQI1 - PMI2 - CQI2 을 피드백하는 방안을 고려할 수 있다. 여기서, RI는 PMI1(또는 Precoder1)에 해당하는 랭크 정보이고, CQI1은 PMI1을 바탕으로 계산된 값이다. PMI2(또는 Precoder2)는 PMI1으로부터 선택된

프리코더(들)이며, CQI2는 PMI2를 바탕으로 계산된 값이다. 여기서, PMI1, PMI2, CQI1 및 CQI2 각각은 하나 이상이 전송될 수 있다.

두 번째로, RI - PMI1 - CQI1 - CQI2 을 피드백하는 방안을 고려할 수 있다. 여기서, RI 는 PMI1(또는 Precoder1)에 해당하는 랭크 정보이고, CQI1은 PMI1을 바탕으로 계산된 값이다. CQI2는 PMI2(또는 Precoder2)를 바탕으로 계산된 값이다. PMI2는 PMI1으로부터 선택된 프리코더(들)이며, 약속된 규칙에 의해 PMI2 가 선택되는 경우 PMI2는 보고되지 않는다. 즉, PMI2를 보고하지 않고 CQI2만을 보고할 수 있다. 여기서, PMI1, CQI1 및 CQI2 각각은 하나 이상이 전송될 수 있다.

세 번째로, RI - PMI1 - CQI1 - PSI(Precoder Selection Indicator) - CQI2 을 피드백하는 방안을 고려할 수 있다. 여기서, RI 는 PMI1(또는 Precoder1)에 해당하는 랭크 정보이고, CQI1은 PMI1을 바탕으로 계산된 값이다. PMI2(또는 Precoder2)는 PMI1으로부터 선택된 프리코더(들)이며, 선택된 PMI2가 어떤 값인지를 알려주기 위해서 PSI 를 보고할 수 있다. CQI2는 PMI2를 바탕으로 계산된 값이다. 여기서, PMI1, CQI1 및 CQI2 각각은 하나 이상이 전송될 수 있다.

위와 같은 피드백 방안을 적용함에 있어서, 보고되는 채널(즉, PUSCH 또는 PUCCH)에 따라서 피드백 정보들이 동시에 보고될 수도 있고 다른 주기로 보고될 수도 있다. 예를 들어, PUSCH를 통한 피드백 보고의 경우에는 RI, PMI 및 CQI 가 하나의 채널을 통해 보고될 수 있으며, 위와 같이 PMI1 의 일부 서브셋으로 선택된 PMI2 가 보고되는 경우에는, PMI2 및 CQI2 가 하나의 채널을 통해 동시에 보고될 수도 있다. 또는, PUCCH를 통한 피드백 보고의 경우에는 'RI' 와 'PMI 및 CQI' 가 각각 상이한 주기로 보고될 수 있으며, 위와 같이 PMI1 의 일부 서브셋으로 선택된 PMI2 가 보고되는 경우에는, 'PMI2 및 CQI2' 가 또 다른 주기로 보고될 수 있다.

실시예 3

본 실시예 3 에서는 제한된 랭크에 대한 프리코더 정보가 전송되는 경우에 피드백 정보의 전송 타이밍을 결정하는 방안에 대하여 설명한다.

일반적으로, MU-MIMO 전송을 위해서는 한 사용자 관점에서는 낮은 랭크의 프리코더를 사용하고, 공간적으로 상관 관계가 적은 사용자들을 다중화하여 전송하는 것이 바람직하다. MU-MIMO 전송의 경우에도 단말은 MU-MIMO 와 SU-MIMO 를 구별하지 않고 SU-MIMO 를 가정하여 자신에게 최대의 수율이 기대되는 랭크 값을

결정하여 보고할 수 있다. 단말이 추천하는(UE recommended) 랭크와 해당 랭크에 따른 프리코더가 선택되어 보고되는 경우에, 높은 랭크의 프리코더와 해당 프리코더에 따른 CQI가 계산되어 보고될 수 있다. 이와 같이 높은 랭크의 프리코더가 보고될 때, MU-MIMO 전송을 하기 위해서는 보고된 프리코더의 서브셋을 이용하여 낮은 랭크의 프리코더를 구성하거나, 낮은 랭크의 프리코더를 추가적으로 보고하는 방안을 고려할 수 있다.

우선, 기지국이 단말로부터 보고된 프리코더의 서브셋을 선택하여 MU-MIMO전송을 하는 경우에 대하여 설명한다. 단말이 추천하는 랭크에 따른 프리코더의 서브셋을 MU-MIMO 전송을 위한 프리코더로 사용하는 경우에, 기지국이 MU-MIMO 전송을 하기 위해서는 CQI 가 필요하다. 기지국은 단말이 추천하는 랭크에 따른 프리코더를 기반으로 계산된 CQI 를 보고 받기 때문에, 이 CQI 를 MU-MIMO를 위한 CQI 로서 사용하는 것을 고려할 수 있다. 그러나, 단말이 추천하는 랭크에 따른 프리코더를 기반으로 계산된 CQI 가 나타내는 채널 상태는, 해당 프리코더의 서브셋을 사용하여 전송하는 상황에서의 채널 상태와는 차이가 있을 수 있다. 따라서, 기지국이 단말이 추천하는 랭크에 따른 프리코더를 기반으로 계산된 CQI 를 MU-MIMO 를 위한 CQI 로 사용하는 경우에, CQI 부정합(mismatch)이 발생할 수 있다. 따라서 MU-MIMO 성능 개선을 위해서는 프리코더의 서브셋을 바탕으로 계산된 CQI가 보고되는 것이 바람직하다.

다음으로, 단말이 낮은 랭크의 프리코더를 추가적으로 보고하는 경우에 대하여 설명한다. 낮은 랭크를 갖는 프리코더가 보고될 때, 해당 프리코더를 기반으로 계산된 CQI가 함께 보고되는 것이 바람직하다.

기존의 방식에 따라 채널 정보 보고를 위해 기지국이 단말에게 할당하는 상향링크 제어채널(PUCCH)의 자원은 제한적이며, PUCCH를 통해서는 단말이 추천하는 랭크에 대한 프리코더 및 그에 따라 계산된 CQI 정보를 보고할 수 있다. 따라서, 본 실시예에서 제안하는 바와 같이 프리코더 서브셋 및 그에 따라 계산된 CQI 를 보고하거나, 제한된 랭크에 대한 프리코더 및 그에 따라 계산된 CQI 를 보고하기 위해서는, 이러한 추가적인 피드백 정보들이 보고되는 타이밍 및/또는 자원을 새롭게 정의할 것이 요구된다.

실시예 3-A

제한된 랭크에 기반한 프리코더 및 그에 따라 계산된 CQI 를 보고하는 오프셋을

설정하는 방안에 대하여 이하에서 설명한다.

주기적 PUCCH 피드백 보고의 경우에, RI와 PMI/CQI 전송에 대한 타이밍이 정의되어 있다. 일반적으로 RI와 PMI/CQI 정보는 서로 다른 서브프레임에서 보고된다. 특히 RI는 PMI/CQI 보다 더 긴 주기로 보고된다. 랭크가 보고되는 경우에, 다음 랭크가 보고되기 전까지는 이전에 보고된 랭크에 해당하는 PMI/CQI 정보가 해당 전송주기에 맞춰 보고된다.

전술한 바와 같이 높은 랭크가 보고되는 경우에는, 낮은 랭크를 갖는 PMI 및 그에 따라 계산된 CQI 가 보고되거나, 또는 높은 랭크를 갖는 프리코더의 서브셋 및 그에 따라 계산된 CQI 가 보고될 필요가 있다. 이와 같이 낮은 랭크를 갖는 PMI/CQI 정보를 제한된 랭크의 PMI/CQI 정보라고 표현할 수 있다.

제한된 랭크의 PMI/CQI 가 보고되는 타이밍은 높은 랭크의 PMI/CQI가 보고되는 타이밍 중 일부가 될 수 있다. 즉, 랭크가 보고되는 주기 사이에서 높은 랭크의 PMI/CQI 가 보고되는 시점들 중 일부 시점을, 제한된 랭크의 PMI/CQI 를 보고하는 시점으로 사용할 수 있다. 제한된 랭크의 PMI/CQI는 단말이 추천하는 랭크의 PMI/CQI 보고 주기보다 더 긴 주기로 (즉, 덜 빈번하게) 보고될 수 있고, 단말이 추천하는 랭크의 PMI/CQI가 보고되는 타이밍에 대해서 소정의 오프셋을 갖고 보고될 수 있다. 특히, 제한된 랭크의 PMI/CQI가 전송되는 타이밍에 대한 오프셋은, 제한된 랭크의 PMI/CQI가 단말이 추천하는 랭크의 PMI/CQI가 전송되는 타이밍보다 늦게 보고되도록 설정될 수 있다.

한편, 랭크 정보가 전송되는 서브프레임의 타이밍 오프셋은, 단말이 추천하는 랭크의 PMI/CQI가 전송되는 서브프레임을 기준으로, 동일한 서브프레임 또는 보다 앞선 서브프레임이 되도록 설정될 수 있다. 따라서, 제한된 랭크의 PMI/CQI 의 전송이 랭크 정보의 전송과 충돌되지 않도록 (즉, 동일한 서브프레임에서 전송되지 않도록) 하기 위해서, 제한된 랭크의 PMI/CQI 는 단말이 추천하는 랭크의 PMI/CQI가 전송되는 서브프레임을 기준으로, 나중의 서브프레임에서 보고되도록 설정할 수 있다. 제한된 랭크의 PMI/CQI 의 전송 타이밍에 대한 오프셋은 0 을 포함하지 않는 정수(integer) (즉, 양의 정수 또는 음의 정수)로 설정될 수 있다.

도 22 및 23 을 참조하여, 제한된 랭크의 PMI/CQI 전송 타이밍 및 오프셋에 대한 예시들에 대하여 설명한다. 도 22 및 23 에서 Ns 는 슬롯 인덱스를 나타내며, 0, 1, …, Ns 의 값을 가진다. 즉, 도 22 및 23 의 예시에서는 10 개의 서브프레임으로

구성되는 하나의 무선프레임을 도시하며, $\lfloor Ns/2 \rfloor$ 는 서브프레임 인덱스에 대응된다.

도 22 에서는 단말이 추천하는 랭크에 따른 CQI/PMI 는 Np 의 주기로 전송되고, RI는 단말이 추천하는 랭크에 따른 CQI/PMI 주기의 정수배의 주기($Np \times M_{RI}$)로 전송되며, RI는 단말이 추천하는 랭크에 따른 CQI/PMI 전송 타이밍에 비하여 소정의 오프셋($N_{offset,RI}$) 만큼 앞선 타이밍으로 전송되는 것을 나타낸다. 전술한 본 발명의 실시예에서와 같이, 제한된 랭크의 PMI/CQI 는 단말이 추천하는 랭크에 따른 CQI/PMI 전송 타이밍에 비해 소정의 오프셋($N_{offset,CQI}$) 만큼 늦은 타이밍에서 전송될 수 있으며, 단말이 추천하는 랭크에 따른 CQI/PMI 전송 주기에 비해 긴 주기로 전송될 수 있다.

도 23 에서는 단말이 추천하는 랭크에 따른 CQI/PMI 로서 WB CQI/PMI 및 SB CQI 가 전송되는 것을 나타낸다. WB CQI/PMI 와 SB CQI 의 전송은 Np 의 주기로 번갈아 전송되고, WB CQI/PMI 의 전송 주기는 $H \times Np$ 가 될 수 있다. RI는 단말이 추천하는 랭크에 따른 WB CQI/PMI 주기의 정수배의 주기($H \times Np \times M_{RI}$)로 전송되며, RI는 단말이 추천하는 랭크에 따른 CQI/PMI 전송 타이밍에 비하여 소정의 오프셋($N_{offset,RI}$) 만큼 앞선 타이밍으로 전송되는 것을 나타낸다. 전술한 본 발명의 실시예에서와 같이, 제한된 랭크의 PMI/CQI 는 단말이 추천하는 랭크에 따른 CQI/PMI 전송 타이밍에 비해 소정의 오프셋($N_{offset,CQI}$) 만큼 늦은 타이밍에서 전송될 수 있으며, 단말이 추천하는 랭크에 따른 CQI/PMI 전송 주기에 비해 긴 주기로 전송될 수 있다.

실시예 3-A-1

제한된 랭크에 기반한 PMI/CQI 에 대한 피드백 모드의 일례에 대하여 이하에서 설명한다.

본 실시예에 따르면, 제한된 랭크의 PMI/CQI 를 보고하기 위한 피드백 모드는, 단말이 추천하는 랭크의 PMI/CQI 에 대한 피드백 모드를 따를 수 있다. 예를 들어, 단말이 추천하는 랭크의 PMI/CQI 에 대한 피드백 모드가 WB PMI/WB CQI로 전송되는 모드인 경우에, 제한된 랭크의 PMI/CQI 또한 WB PMI/WB CQI로 전송될 수 있다. 또는, 단말이 추천하는 랭크의 PMI/CQI 에 대한 피드백 모드가 WB PMI/SB CQI로 전송되는 모드인 경우에, 제한된 랭크의 PMI/CQI 또한 WB PMI/SB CQI로 전송될 수 있다.

또한, 대역 순환(band cycling)과 같은 방식으로 SB CQI 가 보고되는 경우에, WB

CQI가 보고되고 각각의 BP(Bandwidth Part)에 대한 SB CQI 가 모두 보고되는 하나의 순환(cycle)을 고려할 수 있다. 이 경우에, WB CQI 및 각각의 BP 에 대한 SB CQI 가 보고되는 하나의 순환(cycle) 내에서, 제한된 랭크의 PMI/CQI 가 보고될 수 있다. 즉, RI 보고 주기 사이에서 하나의 주기 이상의 주기를 가지는 대역 순환 보고 주기(band cyclic reporting period) 중에서 적어도 하나의 주기는 제한된 랭크의 PMI/CQI를 보고하는 주기로 설정할 수 있다.

도 24 를 참조하여, 제한된 랭크의 PMI/CQI 의 보고 주기에 대한 예시에 대하여 설명한다. 도 24 에서 RI 보고 주기($H \times Np \times M_{RI}$) 사이에서 WB CQI 및 각각의 BP 에 대한 CQI 가 보고되는 대역 순환 보고 주기 중 하나는 $\lfloor Ns/2 \rfloor$ 값 1 내지 4 에 해당할 수 있다. 도 24 의 예시에서는, 전술한 본 발명의 실시예에서 설명하는 바와 같이, 대역 순환 보고 주기 중의 하나에서 제한된 랭크의 PMI/CQI 가 전송될 수 있다.

실시예 3-A-2

제한된 랭크에 기반한 PMI/CQI 에 대한 피드백 모드의 다른 일례에 대하여 이하에서 설명한다.

본 실시예에 따르면, 제한된 랭크의 PMI/CQI의 피드백 모드는, 단말이 추천하는 랭크의 PMI/CQI의 피드백 모드에 상관없이, 항상 일정한 피드백 모드를 갖도록 설정할 수 있다. 예를 들어, 제한된 랭크의 PMI/CQI는 항상 WB PMI 및 WB CQI 를 보고하는 피드백 모드를 갖도록 설정될 수 있다.

실시예 3-B-1

다중-단위(multiple granular) 프리코더가 정의되는 경우의 피드백 방안에 대한 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명한다.

다중-단위 프리코더는 서로 다른 2 개의 코드북(W1 및 W2)의 조합으로 구성될 수 있다. W1과 W2는 다양한 형태의 코드북으로 구성될 수 있다. 이에 따라, 기지국에서는 프리코더에 대한 서로 다른 종류의 피드백 지시자(W1 및 W2)을 보고 받아서 전체 프리코더를 선택할 수 있다. 프리코더에 대한 서로 다른 정보(W1 및 W2)는 서로 다른 타이밍에 보고될 수 있다. 예를 들어, W1은 장-기간(long-term)으로 보고되고, W2는 단-기간(short-term)으로 보고될 수 있다. W1 이 장-기간으로 보고될 때, 랭크 정보와 함께 보고될 수도 있다. 또는, W1은 W2 와 함께 보고될 수도 있다. 즉, 다중-단위 프리코더가 적용되는 경우에, 표 20 과 같이

피드백 정보의 전송 타이밍이 설정될 수 있다.

【표 20】

	T1	T2
Mode (1)	Rank+W1(wideband)	W2(wideband)+CQI(wideband)
Mode (2)	Rank	W1(wideband)+W2(wideband)+CQI(wideband)

표 20 의 모드 (1) 와 같이, 랭크 정보(RI) 및 WB W1 이 동일한 시점(T1)에서 전송되고, 그 후의 임의의 시점(T2) 에서 WB W2 및 WB CQI 가 전송될 수 있다. 또는, 표 20 의 모드 (2) 와 같이, 랭크 정보(RI)가 T1 에서 전송되고, 그 후의 임의의 시점(T2)에서 WB W1, WB W2 및 WB CQI 가 전송될 수 있다.

이와 같이, 프리코더에 대한 지시자 W1 및 W2 이 서로 다른 타이밍 또는 동일한 타이밍으로 보고되는 상황에서, 제한된 랭크의 PMI/CQI 가 피드백 되는 경우를 고려할 수 있다. 제한된 랭크의 PMI/CQI 가 보고되는 경우에는, 제한된 랭크에 맞춰서 적합한 W1 및 W2 가 선택되어 피드백될 수 있다. 또한, 선택된 W1 및 W2 에 따라 계산된 CQI 가 피드백 될 수 있다. 여기서, W1, W2 및 CQI 는 동일한 시점(하나의 서브프레임)에서 보고될 수 있다.

도 25 및 26 을 참조하여 다중-단위 프리코더가 적용되는 경우에 제한된 랭크의 PMI/CQI 를 포함하는 피드백 방안에 대하여 설명한다.

도 25 에서는 RI 및 PMI1(즉, WB W1)이 동시에 전송되고, 그 후의 시점에서 WB PMI2(즉, WB W2) 및 WB CQI 가 전송되는 것을 나타낸다. 여기서 전송되는 PMI1, PMI2 및 CQI 는 단말이 추천하는 랭크에 따라 선택 및 계산되는 피드백 정보들이다. 또한, 제한된 랭크의 PMI/CQI 는 단말이 추천하는 랭크에 따른 CQI/PMI 전송 타이밍에 비해 소정의 오프셋($N_{offset,CQI}$) 만큼 늦은 타이밍에서 전송될 수 있다. 도 25 에서는 제한된 랭크에 따른 PMI1, PMI2 및 CQI 가 $\lfloor Ns/2 \rfloor$ 값 2 인 타이밍에서 전송되는 것을 나타낸다.

도 26 에서는 RI 가 전송되고, 그 후의 시점에서 WB PMI1(즉, WB W1), WB PMI2(즉, WB W2) 및 WB CQI 가 동시에 전송되는 것을 나타낸다. 여기서 전송되는 PMI1, PMI2 및 CQI 는 단말이 추천하는 랭크에 따라 선택 및 계산되는 피드백 정보들이다. 또한, 제한된 랭크의 PMI/CQI 는 단말이 추천하는 랭크에 따른 CQI/PMI 전송 타이밍에 비해 소정의 오프셋($N_{offset,CQI}$) 만큼 늦은 타이밍에서 전송될 수 있다. 도 26 에서는 제한된 랭크에 따른 PMI1, PMI2 및 CQI 가 $\lfloor Ns/2 \rfloor$ 값 2 인 타이밍에서 전송되는

것을 나타낸다.

실시예 3-B-2

다중-단위(multiple granular) 프리코더가 정의되는 경우의 피드백 방안에 대한 본 발명의 다른 실시예에 대하여 설명한다.

기지국이 다중-단위 프리코더 지시자(즉, W1 및 W2)를 보고받는 경우에, 프리코더 종류 지시(Precoder Type Indication; PTI) 비트를 사용하여 서로 다른 피드백 모드가 지시될 수 있다.

하나의 피드백 모드는, RI, W1 및 W2/CQI 가 서로 다른 서브프레임에서 전송되고, W1, W2 및 CQI 는 WB 정보로 설정되는 것이다. 다른 하나의 피드백 모드는, W2와 CQI 가 동일한 서브프레임에서 보고되며, 보고되는 서브프레임에 따라서 W2/CQI 의 주파수 단위(granularity)가 WB 또는 SB 인 것이다. 즉, 표 21 과 같은 피드백 모드들이 정의될 수 있다.

【표 21】

	T1	T2	T3
Mode (1)	PTI(0)+Rank	W1(wideband)	W2(wideband)+CQI(wideband)
Mode (2)	PTI(1)+Rank	W2(wideband)+CQI(wideband)	W2(subband)+CQI(subband)

표 21 에서 PTI 가 0 값을 가지는 경우에는 T1 에서 RI 가 전송되고, 그 후 임의의 시점(T2)에서 WB W1 가 전송되고, 그 후 임의의 시점(T3)에서 WB W2 및 WB CQI 가 전송되는 모드에 따라서 피드백이 수행될 수 있다. 표 21 에서 PTI 가 1 값을 가지는 경우에는 T1에서 RI 가 전송되고, 그 후 임의의 시점(T2)에서 WB W1 및 WB CQI 가 전송되고, 그 후 임의의 시점(T3)에서 SB W2 및 SB CQI 가 전송되는 모드에 따라서 피드백이 수행될 수 있다.

랭크 정보의 피드백 주기에 맞춰서 표 21 의 모드 (1) 또는 모드 (2) 가 결정될 수 있다. PTI에 의해 모드 (1) 또는 모드 (2)가 결정된 후에는 CQI 주기에 맞춰 WB W1, WB W2/WB CQI 가 보고되거나 (모드 (1)) 또는 WB W2/WB CQI, SB W2/SB CQI가 보고될 수 있다(모드 (2)). 보고되는 주기의 기준은 WB W2/WB CQI 의 전송 타이밍으로 설정될 수 있다. WB W2/WB CQI의 전송 타이밍에 대한 오프셋으로 다른 피드백 정보들의 전송 타이밍이 결정될 수 있다.

본 실시예에 따른 피드백 방안에 있어서, WB W1 가 피드백되는 주기 및 오프셋의 설정 방안에 대하여 이하에 설명한다.

첫 번째 방안으로, WB W1의 전송 주기는 PTI/RI 가 전송되는 주기보다 더 긴

주기로 (즉, 덜 빈번하게) 설정될 수 있다. 또한, WB W1의 주기는 WB W2/WB CQI 가 전송되는 주기의 정수배로 설정될 수 있다. 또한, WB W1 전송 타이밍은 기준 타이밍 (즉, WB W2/WB CQI 의 전송 서브프레임)에 대한 오프셋 값으로 설정될 수 있다.

두 번째 방안으로, WB W1 의 전송 타이밍은 기준 타이밍 (즉, WB W2/WB CQI 의 전송 서브프레임)에 대한 오프셋 값으로 설정될 수 있다. 그리고, PTI/RI 피드백 정보에서 PTI 가 소정의 값(0 또는 1)으로 설정되는 경우에 PTI/RI 전송 타이밍 직후에 바로 WB W1 이 한번 전송되는 것으로 설정될 수 있다.

본 실시예에 따른 피드백 방안에 있어서, 제한된 랭크의 PMI/CQI 가 피드백되는 방안에 대하여 이하에서 설명한다. 전술한 WB W1, WB W2, WB CQI, SB W2 및 SB CQI 는 단말이 추천하는 랭크에 따라 선택 및 계산되는 피드백 정보이며, 이에 추가적으로 제한된 랭크의 PMI/CQI 가 전송될 수 있다.

RI와 함께 보고되는 PTI가 0 으로 설정되는 경우, 제한된 랭크의 PMI/CQI 로서 WB PMI/WB CQI 가 보고될 수 있다. 제한된 랭크의 WB W1, WB W2 및 WB CQI 는 동일한 타이밍으로 보고된다. 단말이 추천하는 랭크에 따른 WB W2+WB CQI 가 보고되는 서브프레임 중에서 일부 서브프레임에서, 제한된 랭크의 WB W1, WB W2 및 WB CQI 가 동시에 보고될 수 있다.

또는, RI와 함께 보고되는 PTI가 1 로 설정되는 경우, 제한된 랭크의 PMI/CQI 가 보고될 수 있다. 이 때, 제한된 랭크의 PMI/CQI 를 보고하는 방안으로서 2 가지 방안을 고려할 수 있다.

하나의 방안으로, 제한된 랭크의 PMI/CQI 로서 제한된 랭크의 WB W1, WB W2 및 WB CQI 만을 보고하는 것을 고려할 수 있다.

다른 방안으로, 제한된 랭크의 WB W1, WB W2 및 WB CQI 를 하나의 서브프레임에서 보고하고, 제한된 랭크의 SB W2 및 SB SQI 를 다른 서브프레임에서 보고하며, 이들의 전송 타이밍은 대역 순환(band cylic) 보고 주기에 맞춰서 설정될 수 있다.

실시예 4

본 실시예 4 에서는 전체 프리코더를 구성하는 서로 다른 프리코더 인덱스의 비트수를 결정하는 방안에 대하여 설명한다.

전술한 표 11 내지 18 에서는 3GPP LTE 시스템에서 8개의 전송 안테나를 갖는 기지국에서 CSI 보고를 위해 정의된 코드북을 정의하고 있다. 상기 표 11 내지 18 와

같은 CSI 보고를 위한 코드북은, 2가지의 피드백 보고에 의해 코드북 요소(codebook element)가 결정될 수 있다. 표 11 내지 18 에서는 이러한 2 가지의 피드백 보고 값을 i1 및 i2 로서 표현하였지만, 이는 전술한 프리코더 인덱스 W1 (또는 PMI1) 및 W2 (또는 PMI2)에 각각 대응하는 개념이다. 2개의 보고 값은 서로 다른 타이밍을 가지고 또한 서로 다른 주파수 단위(frequency granularity)를 가지도록 설정될 수 있다. 그리고 코드북을 구성하는 요소의 개수(# of element)는 전송을 위해 단말이 추천하는 랭크의 수에 따라 서로 다른 값을 갖도록 설정되는데, 아래의 표 22와 같이 나타낼 수 있다.

【표 22】

Rank	1	2	3	4	5	6	7	8
# of element for i1	16	16	4	4	4	4	4	1
# of element for i2	16	16	16	8	1	1	1	1

표 22에 따르면 i1은 랭크에 따라서 16, 4 또는 1의 요소(element)를 갖도록 정의되며, i2는 랭크에 따라서 16, 8 또는 1의 요소를 갖도록 정의된다. 그리고 피드백을 위해서 i1은 0 내지 4 비트로 표현될 수 있고, i2는 0 내지 4 비트로 표현될 수 있다. 랭크에 따라서 i1과 i2를 표현할 수 있는 최대 비트 수(Maximum bits)는 표 23 과 같이 나타낼 수 있다.

【표 23】

Rank	1	2	3	4	5	6	7	8
Maximum bits for i1	4	4	2	2	2	2	2	0
Maximum bits for i2	4	4	4	3	0	0	0	0

피드백 정보를 보고하기 위해 정의되는 제어채널의 용량의 한계로 인하여, CSI 보고를 위한 i1과 i2를 표현할 수 있는 비트에 제약이 적용될 수 있다. 즉, CSI 보고를 위해서는 i1과 i2를 모두 전송해야 하는데, i1 를 위한 지시자(indicator) 및/또는 i2를 위한 지시자가 RI 또는 CQI 와 동시에 전송되는 경우에는, 기존의 3GPP LTE 릴리즈-8 또는 릴리즈-9에서 정의하고 있는 RI 또는 CQI를 보고하는 채널의 에러율(error rate)과 비슷한 수준의 에러율을 갖도록 하면서 피드백 정보를 보내는 것을 고려할 수 있다.

i1 를 위한 지시자 및/또는 i2를 위한 지시자가 RI 또는 CQI 와 동시에 전송되는

경우로는, 예를 들어, 하나의 서브프레임에서 RI를 보고하고, 다른 서브프레임에서 i1을 위한 지시자, i2를 위한 지시자 및 CQI가 동시에 보고되는 경우를 고려할 수 있다. 다른 예로, 하나의 서브프레임에서 RI 및 i1을 위한 지시자를 동시에 보고하고, 다른 서브프레임에서 i2를 위한 지시자 및 CQI를 동시에 전송하는 경우를 고려할 수도 있다.

기존의 3GPP LTE 릴리즈-8 또는 릴리즈-9에서는 RI를 위해서 최대 2 비트의 전송을 가정하고 있으며, PUCCH를 통한 RI 전송의 경우 ACK/NACK과 동일한 코딩방법이 사용될 수 있다. 또한, CQI/PMI를 보고하기 위해서는 최대 11 비트의 전송을 가정하고 있으며 이를 위하여 13 비트까지 지원이 가능한 RM(Reed-Muller) 코드를 사용하여 코딩이 수행될 수 있다.

확장된 안테나 구성을 지원하는 시스템(예를 들어, 3GPP LTE 릴리즈-10 시스템)에서 i1/i2/CQI가 동시에 보고되는 것을 가정한다면, 랭크-1 또는 2인 경우 최대 15 (=4+4+7) 비트가 요구될 수 있다. 15 비트 전송을 위해서는 기존의 RM 코드를 확장하는 코딩방법을 적용하거나, 기존에 정의되어 있는 컨볼루션 코드(convolution code)를 사용하여 제어 신호를 보고하는 것을 고려할 수 있다. 또한 기존의 시스템에서 정의하고 있는 최대 비트 크기와 동일한 수준을 갖도록 하기 위해서, i1과 i2를 위한 지시자 비트의 크기를 줄이는 것도 고려할 수 있다.

표 24 는 i1/i2/CQI가 동시에 보고될 때 요구되는 비트 수를 정리한 것으로, i1과 i2를 위한 지시자 비트가 0 내지 4 인 경우에, 하나의 서브프레임에서 전송되는 비트 수를 나타낸다. 또한, 랭크에 따라서 i1 또는 i2을 위한 지시자 비트의 수가 전체집합(풀셋(full set))일 수도 있고 부분집합(서브셋(subset))일 수도 있다. 예를 들어, i1의 지시자 비트가 4이고 i2의 지시자 비트가 4인 경우, 랭크-1과 랭크-2전송을 위해서는 코드북의 풀셋(fullest)을 모두 사용할 수 있다. 또는, i1(또는 W1)을 위해 2 비트가 사용되고 i2(또는 W2)를 위해 4 비트가 사용되는 경우 랭크-1 또는 2에서는 i1의 서브셋이 사용되고, i2의 풀셋이 사용될 수 있으며, 랭크-3에서는 i1과 i2 모두 풀셋이 사용될 수 있다. 표 24 에서 F 는 풀셋을 나타내고, S 는 서브셋을 나타낸다. 또한, 표 24 에서 F/F, F/S, S/F 또는 S/S 라는 표현에 있어서, '/' 의 앞에 표시되는 것은 i1 에 대한 비트이고 '/' 의 뒤에 표시되는 것은 i1 에 대한 비트를 의미한다.

【표 24】

R	i1	i2	i1+i2+CQI	Rank							
				1	2	3	4	5	6	7	8
1/	4	4	4+4+7	F / F	F / F	-	-	-	-	-	-
2/		3	4+3+7	F / S	F / S	-	-	-	-	-	-
3		2	4+2+7	F / S	F / S	-	-	-	-	-	-
		1	4+1+7	F / S	F / S	-	-	-	-	-	-
		0	4+0+7	F / S	F / S	-	-	-	-	-	-
	3	4	3+4+7	S / F	S / F	-	-	-	-	-	-
		3	3+3+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		2	3+2+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		1	3+1+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		0	3+0+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
	2	4	2+4+7	S / F	S / F	F / F	-	-	-	-	-
		3	2+3+7	S / S	S / S	F / S	F / F	-	-	-	-
		2	2+2+7	S / S	S / S	F / S	F / S	-	-	-	-
		1	2+1+7	S / S	S / S	F / S	F / S	-	-	-	-
		0	2+0+7	S / S	S / S	F / S	F / S	F / F	F / F	F / F	-
	1	4	1+4+7	S / F	S / F	S / F	-	-	-	-	-
		3	1+3+7	S / S	S / S	S / F	S / F	-	-	-	-
		2	1+2+7	S / S	S / S	S / S	S / S	-	-	-	-
		1	1+1+7	S / S	S / S	S / S	S / S	-	-	-	-
		0	1+0+7	S / S	S / S	S / S	S / S	S / F	S / F	S / F	-
	0	0	0+0+7	S / S	S / S	S / S	S / S	S / S	S / S	S / S	F / F

PUCCH를 통한 피드백 전송에서 기존의 코딩방법을 적용하거나 기존의 피드백 채널과 유사한 수준의 에러율을 얻기 위해서, 하나의 서브프레임에서 13 비트 이하의 비트를 전송하는 것을 고려할 수 있다. 여기서, 너무 적은 개수의 코드북 요소만을 포함하는 서브셋을 사용하는 경우에는, 실제 채널 상태에 적합한 CSI를 표현하기 위한 코드북 요소가 해당 서브셋에 포함될 확률이 낮아지기 때문에 전송의 수율을 떨어뜨릴 수 있다. 따라서, 피드백 비트의 수를 감소하면서도 적당한 수준의 서브셋을 사용하여야 한다.

예를 들어, 랭크-1과 랭크-2를 위해서 i1과 i2는 최대 각각 4 비트가 요구되는데, (i1 지시자를 위한 비트 / i2 지시자를 위한 비트) 가 (4/3), (4/2), (3/3), (3/2), (2/3), (2/2) 등이 되는 인덱스의 서브셋을 사용하는 것을 고려할 수 있다.

또한, 랭크에 따라서 인덱스의 서브셋이 사용될 수도 있고 풀셋이 사용될 수도 있다. 예를 들어, 최대 11 비트의 수준으로 맞추기 위해서는 i1/i2를 위해

2비트/2비트를 사용하는 것을 고려할 수 있다. 이 때, 랭크-1 내지 4 에서는 2비트/2비트가 사용되고, 랭크-5 내지 7에서는 2비트/0비트가 사용되고, 랭크-8에서는 0비트/0비트가 사용되는 것을 고려할 수 있다. 또는, 최대 13 비트의 수준으로 맞추기 위해서 i1/i2를 위해 3비트/2비트를 사용하는 것을 고려할 수 있다. 이 때, 랭크-1 내지 2에서는 3비트/2비트가 사용되고, 랭크-3에서는 2비트/4비트가 사용되고 랭크-4에서는 2비트/3비트가 사용되고, 랭크-5 내지 7에서는 2비트/0비트가 사용되고, 랭크-8에서는 0비트/0비트가 사용되는 것을 고려해 볼 수 있다. 표 25 는 랭크 별로 i1/i2 를 위해 사용될 수 있는 비트수의 예시들을 나타내는 것이다.

【표 25】

Rank	(i1/i2)
1	(4/2), (3/3), (3/2), (2/3), (2/2)
2	(4/2), (3/3), (3/2), (2/3), (2/2)
3	(2/4), (2/3), (2/2), (2/1), (2/0), (1/4), (1/3), (1/2), (1/1), (1/0)
4	(2/3), (2/2), (2/1), (2/0), (1/3), (1/2), (1/1)
5	(2/0)
6	(2/0)
7	(2/0)
8	(9/0)

표 26 은 표 25 에서의 i1/i2 비트수의 바람직한 조합을 나타내는 것이다.

【표 26】

Rank / i1/i2	1	2	3	4	5	6	7	8
	4 / 2	4 / 2	2 / 4	2 / 3	2 / 0	2 / 0	2 / 0	0 / 0
	3 / 3	3 / 3	2 / 4	2 / 3	2 / 0	2 / 0	2 / 0	0 / 0
	3 / 2	3 / 2	2 / 3	2 / 3	2 / 0	2 / 0	2 / 0	0 / 0
	2 / 2	2 / 2	2 / 2	2/ 2	2 / 0	2 / 0	2 / 0	0 / 0

표 27 은 RI와 i1 인덱스가 하나의 서브프레임에서 동시에 전송되고, 다른 서브프레임에서 i2 인덱스와 CQI가 동시에 전송되는 경우, 소요되는 비트를 나타낸 표이다.

【표 27】

RI	i1	i2	RI+i1	i2+CQI	Rank

					1	2	3	4	5	6	7	8
3	4	4	3+4	4+7	F / F	F / F	-	-	-	-	-	-
		3		3+7	F / S	F / S	-	-	-	-	-	-
		2		2+7	F / S	F / S	-	-	-	-	-	-
		1		1+7	F / S	F / S	-	-	-	-	-	-
		0		0+7	F / S	F / S	-	-	-	-	-	-
	3	4	3+3	4+7	S / F	S / F	-	-	-	-	-	-
		3		3+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		2		2+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		1		1+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		0		0+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
	2	4	3+2	4+7	S / F	S / F	F / F	-	-	-	-	-
		3		3+7	S / S	S / S	F / S	F / F	-	-	-	-
		2		2+7	S / S	S / S	F / S	F / S	-	-	-	-
		1		1+7	S / S	S / S	F / S	F / S	-	-	-	-
		0		0+7	S / S	S / S	F / S	F / S	F / F	F / F	F / F	-
	1	4	3+1	4+7	S / F	S / F	S / F	-	-	-	-	-
		3		3+7	S / S	S / S	S / F	S / F	-	-	-	-
		2		2+7	S / S	S / S	S / S	S / S	-	-	-	-
		1		1+7	S / S	S / S	S / S	S / S	-	-	-	-
		0		0+7	S / S	S / S	S / S	S / S	S / F	S / F	S / F	-
	0	0	3+0	0+7	S / S	S / S	S / S	S / S	S / S	S / S	S / S	F / F
2	4	4	2+4	4+7	F / F	F / F	-	-	-	-	-	-
		3		3+7	F / S	F / S	-	-	-	-	-	-
		2		2+7	F / S	F / S	-	-	-	-	-	-
		1		1+7	F / S	F / S	-	-	-	-	-	-
		0		0+7	F / S	F / S	-	-	-	-	-	-
	3	4	2+3	4+7	S / F	S / F	-	-	-	-	-	-
		3		3+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		2		2+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		1		1+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		0		0+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
	2	4	2+2	4+7	S / F	S / F	F / F	-	-	-	-	-
		3		3+7	S / S	S / S	F / S	F / F	-	-	-	-
		2		2+7	S / S	S / S	F / S	F / S	-	-	-	-
		1		1+7	S / S	S / S	F / S	F / S	-	-	-	-
		0		0+7	S / S	S / S	F / S	F / S	-	-	-	-
	1	4	2+1	4+7	S / F	S / F	S / F	-	-	-	-	-

		3		3+7	S / S	S / S	S / F	S / F	-	-	-	-
		2		2+7	S / S	S / S	S / S	S / S	-	-	-	-
		1		1+7	S / S	S / S	S / S	S / S	-	-	-	-
		0		0+7	S / S	S / S	S / S	S / S	-	-	-	-
	0	0	2+0	0+7	S / S	S / S	S / S	S / S	-	-	-	-
1	4	4	1+4	4+7	F / F	F / F	-	-	-	-	-	-
		3		3+7	F / S	F / S	-	-	-	-	-	-
		2		2+7	F / S	F / S	-	-	-	-	-	-
		1		1+7	F / S	F / S	-	-	-	-	-	-
		0		0+7	F / S	F / S	-	-	-	-	-	-
	3	4	1+3	4+7	S / F	S / F	-	-	-	-	-	-
		3		3+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		2		2+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		1		1+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		0		0+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
	2	4	1+2	4+7	S / F	S / F	-	-	-	-	-	-
		3		3+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		2		2+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		1		1+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		0		0+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
	1	4	1+1	4+7	S / F	S / F	-	-	-	-	-	-
		3		3+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		2		2+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		1		1+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
		0		0+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-
	0	0	1+0	0+7	S / S	S / S	-	-	-	-	-	-

단말이 수신할 수 있는 최대 랭크 또는 기지국이 전송하고자 하는 최대 랭크에 따라서 단말이 보고하는 최대 랭크 수가 결정되면, 랭크를 지시하기 위한 비트가 결정될 수 있다. RI와 i1 이 결합되어 동시에 전송되는 경우에는, 피드백에 소요되는 최대 비트는 7 (=3+4) 비트가 될 수 있고, 최소 비트는 5 (=1+4) 비트가 될 수 있다.

랭크 정보는 다른 피드백 정보들을 선택 및 계산하는 기반이 되기 때문에 강건하게(robust) 전송될 필요가 있으므로, 랭크가 전송되는 서브프레임에 포함되는 비트 수를 가능한 줄여서 보내는 것이 바람직하다. 이와 같은 전송을 위해서 i1 지시자의 비트를 줄이는 방안에 대해서 고려해 볼 수 있다. 표 28 은 이와 같은

사항을 고려하여 랭크 별로 i1/i2 를 위해 사용될 수 있는 비트수의 예시들을 나타내는 것이다.

【표 28】

Rank	(i1/i2)
1	(3/4), (3/3), (3/2), (2/4), (2/3), (2/2)
2	(3/4), (3/3), (3/2), (2/4), (2/3), (2/2)
3	(2/4), (2/3), (2/2), (2/1), (2/0), (1/4), (1/3), (1/2), (1/1), (1/0)
4	(2/3), (2/2), (2/1), (2/0), (1/3), (1/2), (1/1)
5	(2/0), (1/0)
6	(2/0), (1/0)
7	(2/0), (1/0)
8	(0/0)

i1/i2를 위한 지시자의 서브셋의 설정에 있어서, 예를 들어, 선호하는 랭크에 따라서 i1과 i2의 서브셋의 크기가 다르게 설정될 수 있다. 다른 예로, 단말의 카테고리(UE category)에 따라 i1과 i2의 서브셋의 크기가 다르게 설정될 수도 있다. 단말의 카테고리는 단말의 성능(capability)에 따라 구분될 수 있다.

실시예 5

본 발명에 따라서 서로 다른 프리코더 인덱스 (i1/i2) 를 통해 코드북 서브셋을 설정하는 방안에 대하여 설명한다.

표 29 는 상기 표 11 의 랭크-1 CSI 보고에 적합한 코드북을 다른 방식으로 표현한 것이다. 랭크-1 코드북은 4 Tx DFT 벡터 v_m 을 기본으로 하여 구성되며, 위상 φ_n 과의 조합으로 나타낼 수 있다. i1 의 인덱스가 0 내지 15 로 정의되고, i2 의 인덱스가 0 내지 15 로 정의되는 경우에, 32PSK(Phase Shift Keying)의 위상을 갖는 v_m 와 QPSK(Quadrature PSK)의 위상을 갖는 φ_n 에 의해서 코드북이 구성될 수 있다. 여기서, i1의 인접한 인덱스들 사이에서는 동일한 요소(element)들이 반복되어 배치될 수 있다.

【표 29】

i2 / i1	0	1	2	3	4	5	6	7
0	V0 V0	V0 jV0	V0 -V0	V0 -jV0	V1 V1	V1 jV1	V1 -V1	V1 -jV1

1	V2 V2	V2 jV2	V2 -V2	V2 -jV2	V3 V3	V3 jV3	V3 -V3	V3 -jV3
2	V4 V4	V4 jV4	V4 -V4	V4 -jV4	V5 V5	V5 jV5	V5 -V5	V5 -jV5
3	V6 V6	V6 jV6	V6 -V6	V6 -jV6	V7 V7	V7 jV7	V7 -V7	V7 -jV7
4	V8 V8	V8 jV8	V8 -V8	V8 -jV8	V9 V9	V9 jV9	V9 -V9	V9 -jV9
5	V10 V10	V10 jV10	V10 -V10	V10 -jV10	V11 V11	V11 jV11	V11 -V11	V11 -jV11
6	V12 V12	V12 jV12	V12 -V12	V12 -jV12	V13 V13	V13 jV13	V13 -V13	V13 -jV13
7	V14 V14	V14 jV14	V14 -V14	V14 -jV14	V15 V15	V15 jV15	V15 -V15	V15 -jV15
8	V16 V16	V16 jV16	V16 -V16	V16 -jV16	V17 V17	V17 jV17	V17 -V17	V17 -jV17
9	V18 V18	V18 jV18	V18 -V18	V18 -jV18	V19 V19	V19 jV19	V19 -V19	V19 -jV19
10	V20 V20	V20 jV20	V20 -V20	V20 -jV20	V21 V21	V21 jV21	V21 -V21	V21 -jV21
11	V22 V22	V22 jV22	V22 -V22	V22 -jV22	V23 V23	V23 jV23	V23 -V23	V23 -jV23
12	V24 V24	V24 jV24	V24 -V24	V24 -jV24	V25 V25	V25 jV25	V25 -V25	V25 -jV25
13	V26 V26	V26 jV26	V26 -V26	V26 -jV26	V27 V27	V27 jV27	V27 -V27	V27 -jV27
14	V28 V28	V28 jV28	V28 -V28	V28 -jV28	V29 V29	V29 jV29	V29 -V29	V29 -jV29
15	V30 V30	V30 jV30	V30 -V30	V30 -jV30	V31 V31	V31 jV31	V31 -V31	V31 -jV31

i2 i1	8	9	10	11	12	13	14	15
0	V2 V2	V2 jV2	V2 -V2	V2 -jV2	V3 V3	V3 jV3	V3 -V3	V3 -jV3
1	V4 V4	V4 jV4	V4 -V4	V4 -jV4	V5 V5	V5 jV5	V5 -V5	V5 -jV5
2	V6 V6	V6 jV6	V6 -V6	V6 -jV6	V7 V7	V7 jV7	V7 -V7	V7 -jV7
3	V8 V8	V8 jV8	V8 -V8	V8 -jV8	V9 V9	V9 jV9	V9 -V9	V9 -jV9
4	V10 V10	V10 jV10	V10 -V10	V10 -jV10	V11 V11	V11 jV11	V11 -V11	V11 -jV11
5	V12	V12	V12	V12	V13	V13	V13	V13

	V12	jV12	-V12	-jV12	V13	jV13	-V13	-jV13
6	V14 V14	V14 jV14	V14 -V14	V14 -jV14	V15 V15	V15 jV15	V15 -V15	V15 -jV15
7	V16 V16	V16 jV16	V16 -V16	V16 -jV16	V17 V17	V17 jV17	V17 -V17	V17 -jV17
8	V18 V18	V18 jV18	V18 -V18	V18 -jV18	V19 V19	V19 jV19	V19 -V19	V19 -jV19
9	V20 V20	V20 jV20	V20 -V20	V20 -jV20	V21 V21	V21 jV21	V21 -V21	V21 -jV21
10	V22 V22	V22 jV22	V22 -V22	V22 -jV22	V23 V23	V23 jV23	V23 -V23	V23 -jV23
11	V24 V24	V24 jV24	V24 -V24	V24 -jV24	V25 V25	V25 jV25	V25 -V25	V25 -jV25
12	V26 V26	V26 jV26	V26 -V26	V26 -jV26	V27 V27	V27 jV27	V27 -V27	V27 -jV27
13	V28 V28	V28 jV28	V28 -V28	V28 -jV28	V29 V29	V29 jV29	V29 -V29	V29 -jV29
14	V30 V30	V30 jV30	V30 -V30	V30 -jV30	V31 V31	V31 jV31	V31 -V31	V31 -jV31
15	V0 V0	V0 jV0	V0 -V0	V0 -jV0	V1 V1	V1 jV1	V1 -V1	V1 -jV1

따라서 코드북의 서브셋을 구성할 때는, v_m 를 구성하는 DFT 행렬의 위상 또는 φ_n 의 위상에 제한을 두는 방법, 하나의 i1에 포함되는 코드북 요소들의 서로 다른 i1의 인덱스에서는 서로 다른 코드북 요소들로 i1을 구성하는 방법 등을 고려할 수 있다. 이와 같은 방법에 따라서 코드북 서브셋을 구성할 수 있다.

i1과 i2의 서브셋을 사용하는 것에 따라서 v_m DFT 벡터와 φ_n 가 갖는 위상이 결정된다. 예를 들어, i1의 지시(indication)를 위해 3 비트가 사용되고 인덱스는 짝수(0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14)인 8개가 사용되고, i2의 지시를 위해 3 비트가 사용되고 인덱스는 0, 1, 2, 3, 8, 9, 10, 11 의 8개가 사용될 때, v_m 을 위해서 16 PSK의 위상을 갖는 4Tx DFT 벡터와 φ_n 위해서 QPSK를 갖도록 구성할 수 있다.

이와 같이 i1을 위한 지시 비트와 i2를 위한 지시 비트가 결정될 때, 각 비트에 맞는 인덱스의 조합에 따라 v_m 을 구성하는 4Tx DFT 벡터의 위상과 φ_n 를 구성하는 위상을 표 30과 같이 나타낼 수 있다.

【표 30】

	Bit for i1	Bit for i2	v_m	φ_n

	(elements number)	(elements number)		
1	2 (4n, n:0~3)	1 (0, 1)	QPSK	{1,j}
2	2 (4n, n:0~3)	1 (0, 2)	QPSK	BPSK
3	2 (4n, n:0~3)	2 (0~3)	QPSK	QPSK
4	2 (4n, n:0~3)	2 (2m, m:0~3)	QPSK+QPSK(2pi/32)	BPSK
5	2 (4n, n:0~3)	3 (0~7)	QPSK+QPSK(2pi/32)	QPSK
6	2 (4n, n:0~3)	3 (0~3, 8~11)	QPSK+QPSK(2x2pi/32)	QPSK
7	2 (4n, n:0~3)	3 (2m, m:0~7)	QPSK+QPSK(2pi/32) +QPSK(2x2pi/32) +QPSK(2x3pi/32)	BPSK
8	2 (4n, n:0~3)	4 (0~15)	QPSK+QPSK(2pi/32) +QPSK(2x2pi/32) +QPSK(2x3pi/32)	QPSK
9	3 (2n, n:0~7)	1 (0, 1)	8 PSK	{1,j}
10	3 (2n, n:0~7)	1 (0, 2)	8 PSK	BPSK
11	3 (2n, n:0~7)	2 (0~3)	8 PSK	QPSK
12	3 (2n, n:0~7)	2 (2m, m:0~3)	8 PSK + 8 PSK(2pi/32)	BPSK
13	3 (2n, n:0~7)	3 (0~7)	8 PSK + 8 PSK(2pi/32)	QPSK
14	3 (2n, n:0~7)	3 (0~3, 8~11)	16 PSK	QPSK
15	3 (2n, n:0~7)	3 (2m, m:0~7)	32 PSK	BPSK
16	3 (2n, n:0~7)	4 (0~15)	32 PSK	QPSK
17	4 (0~15)	1 (0,1)	16 PSK	{1,j}
18	4 (0~15)	1 (0,2)	16 PSK	BPSK
19	4 (0~15)	2 (0~3)	16 PSK	QPSK
20	4 (0~15)	2 (2m, m:0~3)	32 PSK	BPSK
21	4 (0~15)	3 (0~7)	32 PSK	QPSK
22	4 (0~15)	3 (0~3, 8~11)	16 PSK (Overraped)	QPSK
23	4 (0~15)	3 (2m, m:0~7)	32 PSK (Overraped)	BPSK
24	4 (0~15)	4 (0~15)	32 PSK (Overraped)	QPSK

아래의 표 31은 상기 표 12 의 랭크-2 CSI 보고에 적합한 코드북을 다른 방식으로 표현한 것이다. 랭크-2 CSI 보고에서는 i1과 i2를 위해서 각각 16개의 인덱스(0 내지 15)를 정의한다.

【표 31】

i2	0		1		2		3	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
i1	0	2	1	3	4	6	5	7
0	V0 V0	V0 -V0	V0 jV0	V0 -jV0	V1 V1	V1 -V1	V1 jV1	V1 -jV1
1	V2	V2	V2	V2	V3	V3	V3	V3

	V2	-V2	jV2	-jV2	V3	-V3	jV3	-jV3
2	V4	V4	V4	V4	V5	V5	V5	V5
	V4	-V4	jV4	-j V4	V5	-V5	jV5	-j V5
3	V6	V6	V6	V6	V7	V7	V7	V7
	V6	-V6	jV6	-j V6	V7	-V7	jV7	-j V7
4	V8	V8	V8	V8	V9	V9	V9	V9
	V8	-V8	jV8	-j V8	V9	-V9	jV9	-j V9
5	V10	V10	V10	V10	V11	V11	V11	V11
	V10	-V10	jV10	-j V10	V11	-V11	jV11	-j V11
6	V12	V12	V12	V12	V13	V13	V13	V13
	V12	-V12	jV12	-j V12	V13	-V13	jV13	-j V13
7	V14	V14	V14	V14	V15	V15	V15	V15
	V14	-V14	jV14	-j V14	V15	-V15	jV15	-j V15
8	V16	V16	V16	V16	V17	V17	V17	V17
	V16	-V16	jV16	-j V16	V17	-V17	jV17	-j V17
9	V18	V18	V18	V18	V19	V19	V19	V19
	V18	-V18	jV18	-j V18	V19	-V19	jV19	-j V19
10	V20	V20	V20	V20	V21	V21	V21	V21
	V20	-V20	jV20	-j V20	V21	-V21	jV21	-j V21
11	V22	V22	V22	V22	V23	V23	V23	V23
	V22	-V22	jV22	-j V22	V23	-V23	jV23	-j V23
12	V24	V24	V24	V24	V25	V25	V25	V25
	V24	-V24	jV24	-j V24	V25	-V25	jV25	-j V25
13	V26	V26	V26	V26	V27	V27	V27	V27
	V26	-V26	jV26	-j V26	V27	-V27	jV27	-j V27
14	V28	V28	V28	V28	V29	V29	V29	V29
	V28	-V28	jV28	-j V28	V29	-V29	jV29	-j V29
15	V30	V30	V30	V30	V31	V31	V31	V31
	V30	-V30	jV30	-j V30	V31	-V31	jV31	-j V31

i2	4		5		6		7	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
i1	8	10	9	11	12	14	13	15
0	V2	V2	V2	V2	V3	V3	V3	V3
	V2	-V2	jV2	-jV2	V3	-V3	jV3	-jV3
1	V4	V4	V4	V4	V5	V5	V5	V5
	V4	-V4	jV4	-j V4	V5	-V5	jV5	-j V5
2	V6	V6	V6	V6	V7	V7	V7	V7
	V6	-V6	jV6	-j V6	V7	-V7	jV7	-j V7
3	V8	V8	V8	V8	V9	V9	V9	V9
	V8	-V8	jV8	-j V8	V9	-V9	jV9	-j V9
4	V10	V10	V10	V10	V11	V11	V11	V11
	V10	-V10	jV10	-j V10	V11	-V11	jV11	-j V11
5	V12	V12	V12	V12	V13	V13	V13	V13

	V12	-V12	jV12	-j V12	V13	-V13	jV13	-j V13
6	V14	V14	V14	V14	V15	V15	V15	V15
	V14	-V14	jV14	-j V14	V15	-V15	jV15	-j V15
7	V16	V16	V16	V16	V17	V17	V17	V17
	V16	-V16	jV16	-j V16	V17	-V17	jV17	-j V17
8	V18	V18	V18	V18	V19	V19	V19	V19
	V18	-V18	jV18	-j V18	V19	-V19	jV19	-j V19
9	V20	V20	V20	V20	V21	V21	V21	V21
	V20	-V20	jV20	-j V20	V21	-V21	jV21	-j V21
10	V22	V22	V22	V22	V23	V23	V23	V23
	V22	-V22	jV22	-j V22	V23	-V23	jV23	-j V23
11	V24	V24	V24	V24	V25	V25	V25	V25
	V24	-V24	jV24	-j V24	V25	-V25	jV25	-j V25
12	V26	V26	V26	V26	V27	V27	V27	V27
	V26	-V26	jV26	-j V26	V27	-V27	jV27	-j V27
13	V28	V28	V28	V28	V29	V29	V29	V29
	V28	-V28	jV28	-j V28	V29	-V29	jV29	-j V29
14	V30	V30	V30	V30	V31	V31	V31	V31
	V30	-V30	jV30	-j V30	V31	-V31	jV31	-j V31
15	V0	V0	V0	V0	V1	V1	V1	V1
	V0	-V0	jV0	-jV0	V1	-V1	jV1	-jV1

i2	8		9		10		11	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
i1	0	6	1	7	4	10	5	9
0	V0	V1	V0	V1	V1	V2	V1	V2
	V0	-V1	jV0	-jV1	V1	-V2	jV1	-jV2
1	V2	V3	V2	V3	V3	V4	V3	V4
	V2	-V3	jV2	-jV3	V3	-V4	jV3	-j V4
2	V4	V5	V4	V5	V5	V6	V5	V6
	V4	-V5	jV4	-j V5	V5	-V6	jV5	-j V6
3	V6	V7	V6	V7	V7	V8	V7	V8
	V6	-V7	jV6	-j V7	V7	-V8	jV7	-j V8
4	V8	V9	V8	V9	V9	V10	V9	V10
	V8	-V9	jV8	-j V9	V9	-V10	jV9	-j V10
5	V10	V11	V10	V11	V11	V12	V11	V12
	V10	-V11	jV10	-j V11	V11	-V12	jV11	-j V12
6	V12	V13	V12	V13	V13	V14	V13	V14
	V12	-V13	jV12	-j V13	V13	-V14	jV13	-j V14
7	V14	V15	V14	V15	V15	V16	V15	V16
	V14	-V15	jV14	-j V15	V15	-V16	jV15	-j V16
8	V16	V17	V16	V17	V17	V18	V17	V18
	V16	-V17	jV16	-j V17	V17	-V18	jV17	-j V18
9	V18	V19	V18	V19	V19	V20	V19	V20

	V18	-V19	jV18	-j V19	V19	-V20	jV19	-j V20
10	V20	V21	V20	V21	V21	V22	V21	V22
	V20	-V21	jV20	-j V21	V21	-V22	jV21	-j V22
11	V22	V23	V22	V23	V23	V24	V23	V24
	V22	-V23	jV22	-j V23	V23	-V24	jV23	-j V24
12	V24	V25	V24	V25	V25	V26	V25	V26
	V24	-V25	jV24	-j V25	V25	-V26	jV25	-j V26
13	V26	V27	V26	V27	V27	V28	V27	V28
	V26	-V27	jV26	-j V27	V27	-V28	jV27	-j V28
14	V28	V29	V28	V29	V29	V30	V29	V30
	V28	-V29	jV28	-j V29	V29	-V30	jV29	-j V30
15	V30	V31	V30	V31	V31	V0	V31	V0
	V30	-V31	jV30	-j V31	V31	-V0	jV31	-jV0

i2	12		13		14		15	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
i1	0	14	1	13	4	14	5	15
0	V0	V3	V0	V3	V1	V3	V1	V3
	V0	-V3	jV0	-jV3	V1	-V3	jV1	-jV3
1	V2	V5	V2	V5	V3	V5	V3	V5
	V2	-V5	jV2	-j V5	V3	-V5	jV3	-j V5
2	V4	V7	V4	V7	V5	V7	V5	V7
	V4	-V7	jV4	-j V7	V5	-V7	jV5	-j V7
3	V6	V9	V6	V9	V7	V9	V7	V9
	V6	-V9	jV6	-j V9	V7	-V9	jV7	-j V9
4	V8	V11	V8	V11	V9	V11	V9	V11
	V8	-V11	jV8	-j V11	V9	-V11	jV9	-j V11
5	V10	V13	V10	V13	V11	V13	V11	V13
	V10	-V13	jV10	-j V13	V11	-V13	jV11	-j V13
6	V12	V15	V12	V15	V13	V15	V13	V15
	V12	-V15	jV12	-j V15	V13	-V15	jV13	-j V15
7	V14	V17	V14	V17	V15	V17	V15	V17
	V14	-V17	jV14	-j V17	V15	-V17	jV15	-j V17
8	V16	V19	V16	V19	V17	V19	V17	V19
	V16	-V19	jV16	-j V19	V17	-V19	jV17	-j V19
9	V18	V21	V18	V21	V19	V21	V19	V21
	V18	-V21	jV18	-j V21	V19	-V21	jV19	-j V21
10	V20	V23	V20	V23	V21	V23	V21	V23
	V20	-V23	jV20	-j V23	V21	-V23	jV21	-j V23
11	V22	V25	V22	V25	V23	V25	V23	V25
	V22	-V25	jV22	-j V25	V23	-V25	jV23	-j V25
12	V24	V27	V24	V27	V25	V27	V25	V27
	V24	-V27	jV24	-j V27	V25	-V27	jV25	-j V27
13	V26	V29	V26	V29	V27	V29	V27	V29

	V26	-V29	jV26	-j V29	V27	-V29	jV27	-j V29
14	V28 V28	V31 -V31	V28 jV28	V31 -j V31	V29 V29	V31 -V31	V29 jV29	V31 -j V31
15	V30 V30	V1 -V1	V30 jV30	V1 -jV1	V31 V31	V1 -V1	V31 jV31	V1 -jV1

코드북 서브셋을 구성함에 있어서, 이와 같이 i1을 위한 지시 비트와 i2를 위한 지시 비트가 결정될 때, 각 비트에 맞는 인덱스의 조합에 따라 v_m 을 구성하는 4Tx DFT 벡터의 위상과 φ_n를 구성하는 위상을 표 30과 같이 나타낼 수 있다.

i1과 i2의 서브셋을 사용하는 것에 따라서 v_m DFT 벡터와 φ_n 가 갖는 위상이 결정된다. 표 31 과 같이 이와 같이 i1을 위한 지시 비트와 i2를 위한 지시 비트가 결정될 때, 각 비트에 맞는 인덱스의 조합에 따라 v_m 을 구성하는 4Tx DFT 벡터의 위상과 φ_n를 구성하는 위상을 표 32와 같이 나타낼 수 있다.

【표 32】

	Bit for i1 (elements number)	Bit for i2 (elements number)	v_m	φ_n
1	2 (4n, n:0~3)	1 (0,1)	QPSK+QPSK(2pi/32)	QPSK
2	2 (4n, n:0~3)	1 (0,2)	QPSK+QPSK(2pi/32)	BPSK
3	2 (4n, n:0~3)	2 (0~3)	QPSK+QPSK(2pi/32)	QPSK
4	2 (4n, n:0~3)	2 (0,1,4,5)	QPSK+QPSK(2x2pi/32)	QPSK
5	2 (4n, n:0~3)	2 (2m, m:0~3)	QPSK+QPSK(2pi/32) +QPSK(2x2pi/32) +QPSK(2x3pi/32)	BPSK
6	2 (4n, n:0~3)	2 (2m+8, m:0~3)	QPSK+QPSK(2pi/32) +QPSK(2x2pi/32) +QPSK(2x3pi/32)	BPSK
7	2 (4n, n:0~3)	3 (0~7)	QPSK+QPSK(2pi/32) +QPSK(2x2pi/32) +QPSK(2x3pi/32)	QPSK
8	2 (4n, n:0~3)	3 (8~15)	QPSK+QPSK(2pi/32) +QPSK(2x2pi/32) +QPSK(2x3pi/32)	QPSK
9	2 (4n, n:0~3)	3 (2m, m:0~7)	QPSK+QPSK(2pi/32) +QPSK(2x2pi/32) +QPSK(2x3pi/32)	BPSK
10	2 (4n, n:0~3)	4 (0~15)	QPSK+QPSK(2pi/32) +QPSK(2x2pi/32) +QPSK(2x3pi/32)	QPSK

11	3 (2n, n:0~7)	1 (0,1)	8 PSK	QPSK
12	3 (2n, n:0~7)	1 (0,2)	16 PSK	BPSK
13	3 (2n, n:0~7)	1 (8,9)	8 PSK	QPSK
14	3 (2n, n:0~7)	1 (8,10)	16 PSK	BPSK
15	3 (2n, n:0~7)	2 (0~3)	8 PSK+8PSK(2pi/32)	QPSK
16	3 (2n, n:0~7)	2 (0,1,4,5)	16 PSK	QPSK
17	3 (2n, n:0~7)	2 (2m, m:0~3)	32 PSK	BPSK
18	3 (2n, n:0~7)	2 (2m+8, m:0~3)	32 PSK	BPSK
19	3 (2n, n:0~7)	3 (0~7)	32 PSK	QPSK
20	3 (2n, n:0~7)	3 (8~15)	32 PSK	QPSK
21	3 (2n, n:0~7)	3 (2m, m:0~7)	32 PSK	BPSK
22	3 (2n, n:0~7)	4 (0~15)	32 PSK	QPSK
23	4 (0~15)	1 (0,1)	16 PSK	QPSK
24	4 (0~15)	1 (0,2)	32 PSK	BPSK
25	4 (0~15)	2 (0~3)	32 PSK	QPSK
26	4 (0~15)	2 (0,1,4,5)	16 PSK(Overraped)	QPSK
27	4 (0~15)	2 (2m, m:0~3)	32 PSK	BPSK
28	4 (0~15)	2 (2m+8, m:0~3)	32 PSK	BPSK
29	4 (0~15)	3 (0~7)	32 PSK(Overraped)	QPSK
30	4 (0~15)	3 (8~15)	32 PSK	QPSK
31	4 (0~15)	3 (2m, m:0~7)	32 PSK(Overraped)	QPSK
32	4 (0~15)	4 (0~15)	32 PSK (Overraped)	QPSK
33	4 (0~15)	2 (8,9,10,11)		
34	4 (0~15)	2 (0,1,8,9)		
35	4 (0~15)	2 (0,2,9,10)		
36	4 (0~15)	2 (8,10,12,14)		

위와 유사한 방식으로 상기 표 13 내지 18 의 랭크-3 내지 랭크-8 에 적합한 코드북에 대해서, i1/i2 으로 표현되는 코드북의 서브셋을 선택하는 방안이 적용될 수 있다.

예를 들어, 상기 표 13 의 랭크-3 코드북의 i2 는 0부터 15까지 16개의 요소로 구성되어 있으며, 각각은 2개의 벡터를 사용하여 3개의 직교하는 빔(orthogonal beam)을 생성하는 행렬로 구성된다. 2개의 벡터를 사용하여 4가지 타입의 랭크-3 코드북을 구성할 수 있다.

예를 들어, i2 가 0, 1, 2 및 3 의 경우에, 4가지 타입(타입-A, 타입-B, 타입-C 및 타입-D)의 랭크-3 코드북은 각각 다음과 같이 표현될 수 있다.

타입-A 는 제 1 열(1st column)이 '+' 의 공통-위상(co-phase)를 갖는 $W_{8i_1}^{(3)}$ 로 구성되고, 제 2 열(2nd column)이 '-' 의 공통-위상을 갖는 $W_{8i_1}^{(3)}$ 로 구성되고, 제 3

열(3rd column)이 '-' 의 공통-위상을 갖는 $W_{8i_1+8}^{(3)}$로 구성되는 타입을 칭한다 [A: 1st col ($W_{8i_1}^{(3)}$with (+) co-phase), 2nd col ($W_{8i_1}^{(3)}$ with (-) co-phase), 3rd col ($W_{8i_1+8}^{(3)}$ with (-) co-phase)].

타입-B 는 제 1 열(1st column)이 '+' 의 공통-위상(co-phase)를 갖는 $W_{8i_1+8}^{(3)}$로 구성되고, 제 2 열(2nd column)이 '-' 의 공통-위상을 갖는 $W_{8i_1}^{(3)}$로 구성되고, 제 3 열(3rd column)이 '-' 의 공통-위상을 갖는 $W_{8i_1+8}^{(3)}$로 구성되는 타입을 칭한다 [B: 1st col ($W_{8i_1+8}^{(3)}$with (+) co-phase), 2nd col ($W_{8i_1}^{(3)}$ with (-) co-phase), 3rd col ($W_{8i_1+8}^{(3)}$ with (-) co-phase)].

타입-C 는 제 1 열(1st column)이 '+' 의 공통-위상(co-phase)를 갖는 $W_{8i_1}^{(3)}$로 구성되고, 제 2 열(2nd column)이 '+' 의 공통-위상을 갖는 $W_{8i_1+8}^{(3)}$로 구성되고, 제 3 열(3rd column)이 '-' 의 공통-위상을 갖는 $W_{8i_1+8}^{(3)}$로 구성되는 타입을 칭한다 [C: 1st col ($W_{8i_1}^{(3)}$with (+) co-phase), 2nd col ($W_{8i_1+8}^{(3)}$with (+) co-phase), 3rd col ($W_{8i_1+8}^{(3)}$ with (-) co-phase)].

타입-D 는 제 1 열(1st column)이 '+' 의 공통-위상(co-phase)를 갖는 $W_{8i_1+8}^{(3)}$로 구성되고, 제 2 열(2nd column)이 '+' 의 공통-위상을 갖는 $W_{8i_1}^{(3)}$로 구성되고, 제 3 열(3rd column)이 '-' 의 공통-위상을 갖는 $W_{8i_1}^{(3)}$로 구성되는 타입을 칭한다 [D: 1st col ($W_{8i_1+8}^{(3)}$with (+) co-phase), 2nd col ($W_{8i_1}^{(3)}$with (+) co-phase), 3rd col ($W_{8i_1}^{(3)}$ with (-) co-phase)].

위 예시에서 코드북에 사용되는 2 개의 벡터는 $W_{8i_1}^{(3)}$ 벡터와 $W_{8i_1+8}^{(3)}$ 벡터이다. i2=0과 i2=2 에 대해서는 제 1 열을 위해 $W_{8i_1}^{(3)}$ 벡터가 사용되고, i2=1과 i2=3 에 대해서는 제 1 열을 위해 $W_{8i_1+8}^{(3)}$ 벡터가 사용된다. 또한, i2=0과 i2=1 에 대해서는 제 2 열 및 제 3 열에 2 개의 서로 다른 벡터, 즉, $W_{8i_1}^{(3)}$ 벡터와 $W_{8i_1+8}^{(3)}$ 벡터가 사용되어, 두 열 간에 직교성을 갖도록 할 수 있다. 반면, i2=2와 i2=3 에 대해서는 제 2 열 및 제 3 열 모두에 하나의 벡터, 즉, $W_{8i_1}^{(3)}$ 벡터 또는 $W_{8i_1+8}^{(3)}$ 벡터가 사용되면서, 공통-위상 성분을 서로 다른 것('+' 및 '-')을 사용하여 직교성을 갖도록 할 수 있다.

다음으로, 상기 표 13 의 랭크-3 코드북에서 i2=0, 1, 2, 3 인 경우와 i2=4, 5, 6, 7 인 경우를 비교하면, 코드북을 구성하는 벡터가 다른 것을 알 수 있다. 즉, i2=0, 1, 2, 3 에 대해서는 $W_{8i_1}^{(3)}$ 및 $W_{8i_1+8}^{(3)}$ 벡터가 사용되는데, i2=4, 5, 6, 7 에 대해서는 $W_{8i_1+2}^{(3)}$ 및 $W_{8i_1+10}^{(3)}$ 벡터가 사용된다.

위에서 정의하는 타입 A 내지 D 을 이용하여, 랭크-3 코드북 생성 행렬은 아래의 표 33 과 같이 다시 표현될 수 있다.

【표 33】

I2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I1	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
0	$W_{8i_1}^{(3)}$, $W_{8i_1+8}^{(3)}$				$W_{8i_1+2}^{(3)}$, $W_{8i_1+10}^{(3)}$				$W_{8i_1+4}^{(3)}$, $W_{8i_1+12}^{(3)}$				$W_{8i_1+6}^{(3)}$, $W_{8i_1+14}^{(3)}$			
1	$W_{8i_1+8}^{(3)}$, $W_{8i_1+16}^{(3)}$				$W_{8i_1+10}^{(3)}$, $W_{8i_1+18}^{(3)}$				$W_{8i_1+12}^{(3)}$, $W_{8i_1+20}^{(3)}$				$W_{8i_1+14}^{(3)}$, $W_{8i_1+22}^{(3)}$			
2	$W_{8i_1+16}^{(3)}$, $W_{8i_1+24}^{(3)}$				$W_{8i_1+18}^{(3)}$, $W_{8i_1+26}^{(3)}$				$W_{8i_1+20}^{(3)}$, $W_{8i_1+28}^{(3)}$				$W_{8i_1+22}^{(3)}$, $W_{8i_1+30}^{(3)}$			
3	$W_{8i_1+24}^{(3)}$, $W_{8i_1}^{(3)}$				$W_{8i_1+26}^{(3)}$, $W_{8i_1+2}^{(3)}$				$W_{8i_1+28}^{(3)}$, $W_{8i_1+4}^{(3)}$				$W_{8i_1+30}^{(3)}$, $W_{8i_1+6}^{(3)}$			

코드북 지시에 필요한 비트 크기를 줄이기 위한 방법으로 서브-샘플링(sub-sampling)을 적용하는 것을 고려할 수 있다.

예를 들어, 랭크-3 코드북을 구성하는 2개의 지시 비트 크기를, 표 34 와 같은 비트로 줄이는 것을 고려할 수 있다.

【표 34】

I1	I2	Total bit size
2	4	6
1	4	5
2	3	5
0	4	4
1	3	4
2	2	4

코드북 지시를 위한 전체 비트 크기를 4 비트로 구성하는 3 가지 방안(즉, i1+i2=0+4 또는 1+3 또는 2+2)을 고려할 수 있다. 이 중에서 i1을 0 비트로 구성하게 되면, 즉, 1 개의 요소로 구성하게 되면, 빔의 해상도(beam resolution)가 떨어져 성능이 크게 낮아질 수 있다. 이하에서는, i1을 0 비트로 하는 방안 이외의 방안들에

대해서 설명한다.

먼저, i1를 위해 1 비트가 할당되고 i2 를 위해 3 비트가 할당되는 경우에 대하여 i1 의 서브셋 및 i2 의 서브셋을 구성하는 방안들에 대하여 설명한다.

i1 및 i2 의 전체 인덱스 중에서 서브셋을 선택하여 사용함에 있어서, 어떤 인덱스를 선택하느냐에 따라서 생성될 수 있는 코드북의 요소가 달라지게 되므로, 좋은 성능을 갖는 코드북이 구성되도록 인덱스를 적절하게 선택하는 것이 요구된다.

i1이 1 비트로 할당되는 경우, i1의 인덱스 (0, 1, 2, 3) 중에서 2 개의 인덱스를 선택할 수 있다. 코드북을 구성하는 재료로 사용될 수 있는 벡터의 개수는, i1의 인덱스 (0, 1, 2, 3) 중에서 무엇을 선택하느냐에 따라서 12개 또는 16개가 된다. 예를 들어, i1의 인덱스 (0, 1, 2, 3) 중에서 (0, 1) 을 선택하는 경우, $W_{8i_1+m}^{(3)}$ (m=0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22) 의 12개의 벡터가 사용될 수 있다. 다른 예로, i1의 인덱스 (0, 1, 2, 3) 중에서 (0, 2) 를 선택하는 경우, $W_{8i_1+m}^{(3)}$ (m=0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30) 의 16개의 벡터가 사용될 수 있다. 즉 i1=(0, 1) 일 때 i1=0와 i1=1에 대해서 중복된 벡터들을 사용하는 경우가 있고, I1=(0, 2) 일 때는 i1=0와 i1=2의 대해서 서로 다른 벡터들을 사용하게 된다. 따라서, 빔 해상도(beam resolution) 관점에서는 I1=(0, 2)을 사용하는 것이 바람직하다.

한편, i2 가 3 비트로 할당되는 경우에, 0 내지 15 의 16 개의 i2 의 인덱스 중에서 8 개의 인덱스를 선택할 수 있다. 8 개의 인덱스를 선택하는 첫 번째 방법은 빔 해상도를 높이기 위해서 다양한 벡터들을 포함하도록 i2 의 인덱스를 선택하는 것이고, 두 번째 방법은 랭크-3 요소를 만드는 4가지 타입(타입-A,B,C,D)를 모두 포함하도록 선택하는 것이다.

첫 번째 방법은, 예를 들어, i2 의 인덱스의 (0, 1, 2, 3), (4, 5, 6, 7), (8, 9, 10, 11), (12, 13, 14, 15)의 4개 그룹에서 2개씩을 선택해서 8개의 인덱스를 취하는 방식으로 구현될 수 있다. 예를 들어, i2 의 인덱스로서 (0, 2), (4, 6), (8, 10), (12, 14) 의 8 개를 선택하면, 8개의 벡터를 사용하여 타입-A/타입-C의 방법을 적용한 랭크-3 코드북 요소를 생성할 수 있다. 다른 예로, i2 의 인덱스로서 (1, 3), (5, 7), (9, 11), (13, 15) 의 8 개를 선택하면, 8개의 벡터를 사용하여 타입-B/타입-D의 방법을 적용한 랭크-3 코드북 요소를 생성할 수 있다.

두 번째 방법은, 예를 들어, (0, 1, 2, 3), (4, 5, 6, 7), (8, 9, 10, 11), (12, 13, 14, 15)의 4개 그룹에서 2개의 그룹을 선택하여 8개의 인덱스를 취하는 방식으로 구현될 수 있다. 랭크-3 코드북을 구성하는 행렬을 살펴보면, 공통-위상(co-phase) 성분으로 +1 및 -1 이 사용됨을 알 수 있다. 또한, 공통-위상 성분에 의해 8 Tx DFT 벡터를 형성할 수 있는 벡터들이 존재한다. 예를 들어, 0, 8, 16, 24 번의 벡터들의 경우에는 공통-위상 성분으로서 +1 을 사용하면 8 Tx DFT 벡터를 형성할 수 있다. 다른 예로, 4, 14, 20, 28 번의 벡터들의 경우에는 공통-위상 성분으로서 -1 을 사용하면 8 Tx DFT 벡터를 형성할 수 있다. 공통-극성을 가진(co-polarized) 안테나 구성을 고려하면, 8Tx DFT 벡터들을 사용하는 것이 높은 성능을 달성할 수 있다.

랭크-3 코드북을 구성하는 행렬에서 사용되는 공통-위상 성분은 +1 및 -1 이므로, 이 공통-위상 성분을 이용하여 8Tx DFT 벡터를 형성할 수 있는 0, 8, 16, 24, 4, 14, 20, 28 번 벡터들을 포함하도록 i2 인덱스를 선택하는 것이 바람직하다. 예를 들어, i2 의 인덱스로서 (0, 1, 2, 3), (8, 9, 10, 11)을 선택할 수 있다.

다음으로, i1 을 위해 2 비트가 할당되고 i2 를 위해 2 비트가 할당되는 경우에, i2 의 서브셋을 구성하는 방안들에 대하여 이하에서 설명한다. i1 은 0, 1, 2 및 3 의 인덱스가 존재하므로 2 비트를 통해 전체 인덱스를 모두 표현할 수 있다.

예를 들어, i2 의 인덱스 0 내지 15 를 (0, 1, 2, 3), (4, 5, 6, 7), (8, 9, 10, 11), (12, 13, 14, 15)의 4개 그룹으로 나누는 경우에, i2 의 인덱스의 서브셋을 선택하는 방법으로서, 한 그룹을 선택하여 해당 그룹의 4개 요소를 모두 사용하거나, 4 개의 그룹의 각각에서 한 개씩의 인덱스를 선택하여 4 개의 요소를 구성하거나, 또는, 4 개의 그룹 중 2 개의 그룹을 선택하고 선택된 그룹 각각에서 2 개씩의 인덱스를 선택하여 4 개의 요소를 구성하는 방법 등을 고려할 수 있다.

랭크-3 코드북 요소를 구성하는 4가지 타입-A/B/C/D 중에서 2가지 타입을 선택적으로 사용할 수 있는 경우의 수는 6 이고, 각각의 경우는, (A, B), (A, C), (A, D), (B, C), (B, D), (C, D) 이다.

또한, i2 의 인덱스의 4 개의 그룹 중에서 2 개의 그룹을 선택하는 경우의 수는 6 이다. i2 의 인덱스 그룹의 제일 앞의 벡터의 숫자로 해당 그룹을 지칭하는 경우에, 각각의 그룹은 0, 4, 8, 12 번 그룹으로 표현할 수 있으며, 4 개의 그룹 중에서 2 개의 그룹을 선택하는 각각의 경우는, (0, 4), (0, 8), (0, 12), (4, 8), (4, 12), (8, 12)

이다.

따라서, 랭크-3 코드북 요소 구성 방법에 대한 6 가지 경우와, 벡터 그룹을 선택하는 6 가지 경우의 조합으로, 총 36 가지의 i2 인덱스의 서브셋을 구성하는 방법이 만들어진다.

위에서 설명한 본 발명의 예시들에 따라서, 랭크-3 코드북에 대해서, i1를 위해 1 비트가 할당되고 i2 를 위해 3 비트가 할당되는 경우, 및 i1 을 위해 2 비트가 할당되고 i2 를 위해 2 비트가 할당되는 경우에, i1 의 서브셋 및 i2 의 서브셋을 구성한 예시들은 아래의 표 35 와 같이 나타낼 수 있다.

【표 35】

i1 Bit (index)	i2 Bit (index)
1 (0,1)	3 (0,2) (4,6) (8,10) (12,14)
1 (0,1)	3 (1,3) (5,7) (9,11) (13,15)
1 (0,1)	3 (0,1) (4,5) (8,9) (12,13)
1 (0,1)	3 (2,3) (6,7) (10,11) (14,15)
1 (0,1)	3 (0,1,2,3) (8,9,10,11)
1 (0,1)	3 (0,1,2,3) (4,5,6,7)
1 (0,1)	3 (4,5,6,7) (12,13,14,15)
1 (0,1)	3 (0,2) (4,6) (8,10) (12,14)
1 (0,1)	3 (1,3) (5,7) (9,11) (13,15)
1 (0,1)	3 (0,1) (4,5) (8,9) (12,13)
1 (0,1)	3 (2,3) (6,7) (10,11) (14,15)
1 (0,1)	3 (0,1,2,3) (8,9,10,11)
1 (0,1)	3 (0,1,2,3) (4,5,6,7)
1 (0,1)	3 (4,5,6,7) (12,13,14,15)
2 (0,1,2,3)	2 (0,1,2,3)
2 (0,1,2,3)	2 (4,5,6,7)
2 (0,1,2,3)	2 (8,9,10,11)
2 (0,1,2,3)	2 (12,13,14,15)
2 (0,1,2,3)	2 (0, 4, 8, 12)
2 (0,1,2,3)	2 (1, 5, 9, 13)
2 (0,1,2,3)	2 (2, 6, 10, 14)
2 (0,1,2,3)	2 (3, 7, 11, 15)
2 (0,1,2,3)	2 (0, 2, 4, 6)
2 (0,1,2,3)	2 (0, 2, 8, 9)
2 (0,1,2,3)	2 (1, 3, 5, 7)
2 (0,1,2,3)	2 (1, 3, 10, 11)

랭크 4 에 대한 코드북을 구성하는 경우에도, 다음과 같은 방법의 서브샘플링을 고려할 수 있다. 예를 들어, 전술한 랭크-3 코드북을 구성하는 2개의 지시자(i1 및 i2) 의 비트 크기를 아래의 표 36 와 같이 줄이는 것을 고려할 수 있다.

【표 36】

I1'	I2	Total bit size
2	3	5
1	3	4
2	2	2

랭크-4 코드북에 대해서도 전술한 랭크-3 코드북에서 서브셋을 선택하는 것과 유사한 원리에 따라, i1 및 i2 의 인덱스의 서브셋을 선택할 수 있다. 중복되는 사항은 명료성을 위하여 설명을 생략한다.

랭크-4 코드북에 대해서, i1 을 위해 1 비트가 할당되고 i2 를 위해 3 비트가 할당되는 경우, 및 i1를 위해 2 비트가 할당되고 i2 를 위해 2 비트가 할당되는 경우에 대한, i1 의 서브셋 및 i2 의 서브셋을 구성한 예시들은 아래의 표 37 과 같이 나타낼 수 있다.

【표 37】

i1 Bit (index)	i2 Bit (index)
1 (0,1)	3
1 (0,2)	3
2 (0,1,2,3)	2 (0,1,2,3)
2 (0,1,2,3)	2 (4,5,6,7)
2 (0,1,2,3)	2 (0,1,4,5)
2 (0,1,2,3)	2 (2,3,6,7)
2 (0,1,2,3)	2 (0,2,4,6)
2 (0,1,2,3)	2 (1,3,5,7)

한편, 위와 같이 선택된 코드북 서브셋은 PUSCH 보고에서도 사용될 수 있다. 예를 들어, PUSCH 보고 모드 1-2와 같이 각 서브대역 별로 PMI를 보고하는 모드에서, PMI에 대한 피드백 오버헤드를 줄이기 위한 방법으로 i1/i2의 서브셋을 사용할 수 있다. 이 때, i1 에 대해서는 WB 에서 하나의 인덱스가 보고되고, i2 에 대해서는 SB 별로 인덱스가 보고될 수 있다.

또한, 3GPP LTE 릴리즈-10 시스템에서는 새로운 PUSCH 보고 모드로서, SB CQI 와 SB PMI가 보고되는 모드를 고려해 볼 수 있다. 이와 같은 보고 모드에서도, 코드북을 나타내기 위한 보고 비트를 줄이기 위한 방안으로 코드북 서브셋을 이용할 수 있다. 이 때, i1 에 대해서는 WB 에서 하나의 인덱스가 보고되고, i2 에 대해서는 SB 별로 인덱스가 보고될 수 있다.

실시예 6

본 실시예 6 에서는 다중 제어 정보의 PUCCH 주기적 보고 모드를 정의하고, 제어 정보의 보고시에 적용될 수 있는 전송 우선순위(priority)를 결정하는 방안에 대하여 설명한다.

상기 표 5 와 관련하여 설명한 바와 같이, 단말은 PUCCH 보고 모드(모드 1-0, 1-1, 2-0, 2-1)에 따라서 다양한 제어 정보(RI, PMI, CQI)를 PUCCH 를 통해서 주기적으로 피드백할 수 있으며, 단말의 주기적 피드백은 상위 계층에 의해서 반-정적으로(semi-statically) 설정될 수 있다. 하향링크 전송이 단일 안테나 전송, 전송 다이버시티 전송, 폐-루프 공간 다중화 전송, 이중(dual) 레이어 전송 등인지에 따라서, 해당 하향링크 전송에 대해서 적절한 PUCCH 보고 모드가 적용될 수 있다. 또한, PUCCH 보고 모드에 대한 CQI/PMI/RI 피드백 타입은 4 가지로 구분될 수 있다. 타입 1 은 단말이 선택한 서브밴드에 대한 CQI 피드백이다. 타입 2 는 WB CQI 피드백 및 WB PMI 피드백이다. 타입 3 은 RI 피드백이다. 타입 4 는 WB CQI 피드백이다.

한편, 기존의 3GPP LTE 릴리즈-8 또는 릴리즈-9 시스템에서는 상향링크 전송에 있어서 다양한 제어 정보가 충돌하는 경우(즉, 제어 정보들이 동일한 서브프레임에서 전송되도록 설정되는 경우)에 누락(drop)할 수 있는 제어 정보들에 대하여 정의하고 있다.

구체적으로, PUCCH 를 통한 피드백에 있어서, RI 전송과 WB CQI/PMI 가 충돌(collision)하는 경우(즉, 동일한 서브프레임에서 전송되도록 설정되는 경우)에는, WB CQI/PMI 가 누락될(dropped) 수 있다. 또는, PUCCH 를 통한 피드백에 있어서, RI 전송과 SB CQI 가 충돌(collision)하는 경우에는, SB CQI 가 누락될 수 있다. 또한, 긍정(positive) SR 과 RI/PMI/CQI 가 충돌하는 경우에는, RI/PMI/CQI 가 누락될 수 있다. 또한, 서브프레임 묶음 동작(bundling operation)이 적용되는 상향링크-공유채널(UL-SCH)과 주기적 RI/PMI/CQI 보고가 충돌하는 경우에는, 그

서브프레임에서 주기적 CQI/PMI/RI 보고를 누락할 수 있고, 주기적 CQI/PMI 및/또는 RI 를 해당 서브프레임의 PUSCH 전송과 다중화하지 않을 수 있다. 또한, PUSCH 가 전송되지 않는 서브프레임에서 HARQ-ACK 과 RI/PMI/CQI 가 충돌하는 경우에 있어서, 상위 레이어에서 제공되는 소정의 파라미터(simultaneousAckNackAndCQI) 값이 1 인 경우에는 PUCCH 상에서 CQI/PMI/RI 를 HARQ-ACK 과 다중화하고, 그 외의 경우에는 CQI/PMI/RI 를 누락할 수 있다.

전술한 바와 같이, 3GPP LTE 릴리즈-8/9에서는 다중의 제어 정보가 한 서브프레임의 시간에 동시에 전송되어야 하는 경우, 제한된 제어 정보가 보고되도록 정의하고 있다. 제어 정보들의 충돌 시에 적용되는 전송 우선순위는, SR, HARQ-ACK, UL-SCH(서브프레임 묶음 동작의 경우) > RI > WB CQI/PMI, WB CQI, SB CQI 로 정리할 수 있다.

확장된 안테나 구성을 지원하는 시스템에서는 프리코더에 대한 2 개의 서로 다른 인덱스(i1 및 i2)가 피드백되는 것을 고려할 수 있다. 이에 따라, RI, I1, I2, CQI 의 충돌 시의 전송 우선순위를 결정하는 것이 필요하다. 이들 제어 정보의 전송 우선순위를 결정하기에 앞서, 이들 제어 정보들을 보고하는 타이밍을 정의하는 보고 모드가 정의될 필요가 있다.

PUCCH 보고 모드의 예시들

우선, 주기적 CQI/PMI/RI 전송에 있어서, CQI, CQI/PMI, 선호하는 서브대역 선택 및 CQI 정보는 마지막으로 보고된 (the last reported) 주기적 RI 를 기반으로 계산될 수 있고, 서브대역 선택 및 CQI 값은 마지막으로 보고된 주기적 WB PMI 및 RI 를 기반으로 계산될 수 있다. 또한, 2 개의 프리코더 인덱스 (I1 및 I2) 는 서로 다른 타이밍에 보고될 수도 있고, 동일한 타이밍에 보고될 수도 있다. 이와 같은 사항을 고려하여, 예를 들어, 피드백 정보들의 전송에 있어서 표 38 과 같은 보고 모드들을 고려할 수 있다.

【표 38】

		T1	T2	T3
Mode 1-1-1		(RI + I1)_WB	(I2 + CQI)_WB	
Mode 1-1-2		(RI)_WB	(I1 + I2 + CQI)_WB	
Mode 2-1	Mode 2-1(1)	(RI + PTI(0))	(I1)_WB	(I2 + CQI)_WB
	Mode 2-1(2)	(RI + PTI(1))	(I2 + CQI)_WB	(I2 + CQI)_SB

표 38 에서 I1와 I2는 프리코더 요소(precoder element)들로 구성된 코드북의 인덱스를 의미한다. 또한, PTI는 프리코더 종류 지시(Precoder Type Indication) 비트를 의미한다.

표 38 의 Mode 1-1-1 에서, 프리코더 인덱스 I1 은 현재 서브프레임에서 전송되는 RI를 기반으로 계산 및 선택된 프리코더의 인덱스를 나타낸다. 프리코더 인덱스 I2는 마지막으로 보고된 RI 및 마지막으로 보고된 I1 을 기반으로 계산 및 선택된 프리코더의 인덱스를 나타낸다. CQI 는 마지막으로 보고된 RI, 마지막으로 보고된 I1 및 현재 보고되는 I2 를 기반으로 계산된 값을 나타낸다.

표 38 의 Mode 1-1-2 에서, 프리코더 인덱스 I1 및 I2는 마지막으로 보고된 RI 를 기반으로 계산 및 선택된 프리코더의 인덱스를 나타낸다. CQI는 마지막으로 보고된 RI와 현재 보고되는 I1 및 I2를 기반으로 계산된 값을 나타낸다.

표 38 의 Mode 2-1(1) 에서, 프리코더 인덱스 I1 은 마지막으로 보고된 RI 를 기반으로 계산 및 선택된 프리코더 인덱스를 나타낸다. 프리코더 인덱스 I2는 마지막으로 보고된 RI 및 마지막으로 보고된 I1을 기반으로 계산 및 선택된 프리코더 인덱스를 나타낸다. CQI는 마지막으로 보고된 RI, 마지막으로 보고된 I1 및 현재 보고되는 I2를 기반으로 계산된 값을 나타낸다. (RI+PTI)의 전송 주기 사이에 (I1)과 (I2+CQI)가 보고될 때, (I1)은 한번 보고되고 다수의 (I2+CQI)가 보고될 수 있다. 또는, (RI+PTI)의 전송 주기 사이에 (I1)과 (I2+CQI)가 보고될 때, (I1)은 두 번 보고되고 다수의 (I2+CQI)가 보고될 수 있다. 또는, (I1)은 연속해서 보고될 수도 있다. 또는, (I1)은 (I2+CQI)와 교차해서(번갈아) 보고될 수 있다. 또는, (I1)은 (RI+PTI)가 보고된 바로 직후에 보고되고, 다음 (RI+PTI)가 보고되기 전에 보고될 수도 있다.

표 38 의 Mode 2-1(2) 에서, 프리코더 인덱스 I2는 마지막으로 보고된 RI를 기반으로 계산 및 선택된 프리코더 인덱스를 나타낸다. 프리코더 인덱스 I2는 마지막으로 보고된 RI 및 마지막으로 보고된 I1을 기반으로 계산 및 선택된 프리코더 인덱스를 나타낸다. CQI는 마지막으로 보고된 RI, 마지막으로 보고된 I1 및 현재 보고되는 I2를 기반으로 계산된 값을 나타낸다. SB CQI와 SB I2는 마지막으로 보고된 RI와 마지막으로 보고된 I1을 기반으로 계산 및 선택된 값 및 인덱스를 나타낸다.

상기 표 38 의 Mode 2-1 에 대하여 이하에서 보다 구체적으로 설명한다.

상기 표 38 의 Mode 2-1 (Mode 2-1(1) 및 2-1(2))는 상기 표 5 의 PUCCH 보고 모드 2-1 을 확장한 형태의 보고 모드에 해당할 수 있다. 상기 표 5 의 PUCCH 보고 모드 2-1은 3GPP LTE 릴리즈-8/9 시스템에서 정의되는 PUCCH 보고 모드로서, WB PMI/CQI 및 SB CQI 를 보고하는 모드로 정의된다. 여기서, SB CQI는 BP 내에서 선택된 SB 의 CQI를 의미한다. BP 는 시스템 대역폭의 서브셋이며, 시스템 대역폭 내에서 정의될 수 있는 BP 를 시간의 순서에 따라서 순환적(cyclic)으로 선택하여 BP 의 CQI 를 보고하기 때문에, SB CQI 는 다수개가 보고될 수 있다. 즉, (RI)-(WB PMI/CQI)-(첫 번째 BP에서의 SB CQI)-(두 번째 2 BP에서의 SB CQI)-...-(n 번째 BP 에서의 SB CQI) 와 같은 시간 순서로 RI/PMI/CQI가 보고될 수 있다. 이 때, RRC 시그널링을 통해 PMI/CQI의 보고 주기와 오프셋이 결정되면, WB PMI/CQI 및 SB CQI 들은 설정된 보고 주기에 맞춰 보고될 수 있다. 그리고 RI는 WB PMI/CQI가 보고되는 주기를 기준으로 정수배의 주기를 갖도록 설정되며, 오프셋 지시자를 이용하여 WB PMI/CQI 의 전송 타이밍에 비하여 설정된 오프셋만큼의 서브프레임 앞에서 보고되도록 설정될 수 있다.

확장된 안테나 구성을 지원하는 시스템(예를 들어, 3GPP LTE 릴리즈-10 시스템)에서의 PUCCH 보고 모드를 위해서 전술한 바와 같은 표 5 의 PUCCH 보고 모드 2-1 을 확장한 형태의 보고 모드를 정의할 수 있다.

3GPP LTE 릴리즈-8/9 시스템에서 PUCCH 보고 모드에 대한 CQI/PMI/RI 피드백 타입으로 4 가지의 피드백 타입(즉, 타입 1 은 단말이 선택한 서브밴드에 대한 CQI 피드백이고, 타입 2 는 WB CQI 피드백 및 WB PMI 피드백이고, 타입 3 은 RI 피드백이며, 타입 4 는 WB CQI 피드백임)이 정의되는 것과 유사하게, 3GPP LTE 릴리즈-10 시스템에서 PUCCH 보고 모드에 대하여 예를 들어 4 가지의 CQI/PMI/RI 피드백 타입을 정의할 수 있다. 예를 들어, 보고 타입 1 은 RI/PTI 피드백이고, 보고 타입 2 는 WB I1 피드백이고, 보고 타입 3은 WB I2/CQI 피드백이며, 보고 타입 4는 SB I2/CQI 피드백으로 정의할 수 있다. 타입 1 의 PTI 가 설정되는 것에 따라, 보고에 사용되는 타입이 결정될 수 있다. 예를 들어, 타입 1 의 PTI=0 이면 타입 1 - 타입 2 - 타입 3가 보고에 사용되고, 타입 1 의 PTI=1 이면 타입 1 - 타입 3 - 타입 4 가 보고에 사용되는 것으로 정의할 수 있다. 이에 따라, 상기 표 38 의 Mode 2-1(1) 및 Mode 2-1(2) 이 정의될 수 있다.

2 개의 전송 안테나 전송 또는 4 개의 전송 안테나 전송의 경우에서와 같이

하나의 프리코더 인덱스를 사용하여 프리코더 요소를 지시하는 경우에는, PTI를 항상 1로 설정(setting)하여 타입 1 - 타입 3 - 타입 4 가 보고에 사용되도록 정의할 수 있다. 본 방식이 3GPP LTE 릴리즈-8/9 시스템에서의 보고 방식과 상이한 점은, 타입 4 에서 SB PMI/CQI가 전송된다는 점이다. 3GPP LTE 릴리즈-10 시스템에서의 타입 4의 전송이 3GPP LTE 릴리즈-8/9 시스템과 유사하게 동작하도록 하기 위해서, 시스템 대역폭 내의 하나 이상의 BP에 대해서 순환적으로 보고하고 BP 내에서 선호하는 SB 에 대한 PMI/CQI를 보고하는 것으로 정의할 수 있다. 이와 같은 경우, 타입 3 또는 타입 4의 보고 주기는 3GPP LTE 릴리즈-8/9 시스템에서의 PMI/CQI의 주기 설정과 동일한 방법으로 결정할 수 있다. 예를 들어, 타입 3 과 타입 4 는 PMI/CQI를 위해 설정된 주기에 맞춰 보고될 수 있다. 그리고 타입 1을 위한 주기 또한 3GPP LTE 릴리즈-8/9 시스템에서의 RI의 주기 설정과 동일한 방법으로 결정할 수 있다. 예를 들어, 타입 1의 보고 주기는 타입 3가 보고되는 주기를 기준으로 정수배의 관계를 갖도록 설정할 수 있다. 그리고 타입 3가 보고되는 서브프레임을 기준으로 특정 개수만큼 앞선 서브프레임에서 타입 1이 전송되도록 오프셋 값이 설정될 수 있다.

한편, 8 개의 전송 안테나 전송과 같이 2 개의 서로 다른 프리코더 인덱스를 사용하여 프리코더 요소를 지시하는 경우에는, PTI의 값에 따라서 (타입 1 - 타입 2 - 타입 3) 또는 (타입 1 - 타입 3 - 타입 4) 가 보고될 수 있다. PTI 에 따라서 2 가지의 상이한 피드백 타입의 집합이 선택될 때, 각각의 피드백 타입을 위한 보고 주기가 결정되어야 한다. 각각의 피드백 타입에 적용될 보고 주기를 알려주기 위한 구체적인 방안에 대하여 이하에서 설명한다.

첫 번째 방안으로서, PTI의 지시(indication)에 상관 없이 타입 1(RI+PTI)의 주기가 설정되는 경우, 타입 1(RI+PTI)의 주기는, PTI=1일 때의 타입 3(즉, 타입 1 - 타입 3 - 타입 4 순서의 보고 모드에 있어서의 타입 3)을 기준으로 설정될 수 있다.

두 번째 방안으로서, PTI의 지시(indication)에 상관 없이 타입 1(RI+PTI)의 주기가 설정되는 경우, 타입 1(RI+PTI)의 주기는, PTI=0일 때의 타입 3(즉, 타입 1 - 타입 2 - 타입 3 순서의 보고 모드에 있어서의 타입 3)을 기준으로 설정될 수 있다.

세 번째 방안으로서, PTI의 지시에 상관 없이 타입 1(RI+PTI)의 주기가

설정되는 경우, 타입 1(RI+PTI)의 주기는, PTI=0일 때의 타입 2(즉, 타입 1 - 타입 2 - 타입 3 순서의 보고 모드에 있어서의 타입 2)를 기준으로 설정될 수 있다.

네 번째 방안으로서, 타입 1(RI+PTI)의 주기가 PTI의 지시에 따라 상이하게 설정될 수 있다. 예를 들어, PTI=1 인 경우에, 하나의 타입 3(WB I2/CQI) 및 하나 또는 복수개의 타입 4 (SB I2/CQI) 의 전송을 위한 하나의 순환(one cycle)이 설정될 때에, 타입 1(RI+PTI(=1))의 주기는, 상기 하나의 순환의 정수배로 설정될 수 있다. 한편, PTI=0 인 경우에, 하나의 타입 2(WB I1) 및 하나의 타입 3 (WB I2/CQI) 의 전송을 위한 하나의 순환이 설정될 때에, 타입 1(RI+PTI(=0))의 주기는, 상기 하나의 순환의 정수배로 설정될 수 있다. 이와 같이 PTI=0와 PTI=1일 때 요구되는 최소 순환이 서로 다르게 설정될 수 있다.

다섯 번째 방안으로서, PTI=1 일 때 CQI/PMI 전송을 위해 필요한 구간(duration)과 PTI=0 일 때 CQI/PMI 전송을 위해 필요한 구간이 서로 상이한 경우에, 보다 긴 구간을 가지는 쪽의 구간을 기준으로 하여 짧은 구간을 가지는 쪽에서 피드백 정보의 반복적인 전송이 수행될 수 있다. 예를 들어, PTI=0의 경우에 하나의 타입 2(WB I1) 및 하나의 타입 3 (WB I2/CQI) 의 전송이 요구되고, PTI=1 인 경우에 하나의 타입 3(WB I2/CQI) 및 다수개의 타입 4(SB I2/CQI)의 전송이 요구되는 경우에, PTI=0 인 경우가 짧은 구간에 해당하고 PTI=1 인 경우가 긴 구간에 해당할 수 있다. 이 경우, 긴 구간의 길이에 대응하는 만큼, 짧은 구간이 여러 번 반복될 수 있다. 즉, PTI=0 인 경우의 타입 2 및/또는 타입 3 이 반복적으로 전송되도록 할 수 있다. 여기서, 타입 2 가 보고된 후에 타입 3 가 반복적으로 보고되도록 할 수도 있고, 또는 타입 2 와 타입 3 이 모두 반복적으로 보고될 수도 있다.

여섯 번째 방안으로서, PTI=1 일 때 CQI/PMI 전송을 위해 필요한 구간(duration)과 PTI=0 일 때 CQI/PMI 전송을 위해 필요한 구간이 서로 상이한 경우에, 보다 짧은 구간을 가지는 쪽의 구간을 기준으로 하여 긴 구간을 가지는 쪽의 일부 보고 내용을 누락하거나 다음 타입 1 전송 구간에서 전송하도록 할 수 있다. 예를 들어, PTI=0의 경우에 하나의 타입 2(WB I1) 및 하나의 타입 3 (WB I2/CQI) 의 전송이 요구되고, PTI=1 인 경우에 하나의 타입 3(WB I2/CQI) 및 다수개의 타입 4(SB I2/CQI)의 전송이 요구되는 경우에, PTI=0 인 경우가 짧은 구간에 해당하고 PTI=1 인 경우가 긴 구간에 해당할 수 있다. 이 경우, 긴 구간을 가지는 PTI=1 쪽에서 일부 정보 (예를 들어, 타입 4) 를 누락하고 하나의 타입 3 및 하나의

타입 4 를 보고하도록 할 수 있다. 또한, 타입 4 가 밴드 순환 방식으로 CQI/PMI 를 보고하는 경우라면, 타입 1 전송 구간에 따라서 다른 BP 의 CQI/PMI 가 전송되도록 할 수도 있다.

한편, 전술한 3GPP LTE 릴리즈-10 시스템에서 적용될 수 있는 PUCCH 보고 모드들의 예시들에 대하여 보다 구체적으로 설명한다.

3GPP LTE 릴리즈-10 시스템에서 다양한 하향링크 전송 모드들이 정의됨에 따라서, 하향링크 전송을 위한 CSI 를 PUCCH 를 통해 전송하기 위해서 다양한 PUCCH 피드백 보고 모드들이 정의될 수 있다. 이 때, 서로 다른 2 개의 프리코더 인덱스(I1 및 I2)(본 명세서에서는 I1 및 I2 를 각각 PMI1 및 PMI2 로 칭할 수도 있고, 또는 각각 W1 및 W2로 칭할 수도 있다)를 사용하는 것과, 기존의 3GPP LTE 릴리즈-8/9 에서 정의되는 PUCCH 보고 모드들을 기본적으로 이용하는 것을 고려할 수 있다. PUCCH 전송 자원은 제한적이기 때문에, 코드북 서브샘플링(sub-sampling) 등을 이용한 보고 비트폭 최적화(reporting bitwidth optimization)를 고려한 PUCCH 보고 모드를 설계하는 것이 요구된다. 이하에서는 3GPP LTE 릴리즈-10 시스템에 적용될 수 있는 PUCCH 피드백 보고 모드에 대하여 본 발명에서 제안하는 예시들을 설명한다.

우선, PUCCH 보고 비트의 크기는 (3GPP LTE 릴리즈-8에서와 같이) 11 비트를 넘지 않도록 설정될 수 있다. 이를 고려하여, 각각의 PUCCH 보고 모드의 비트 크기가 적절하게 설정되도록 해야 한다. 또한, 3GPP LTE 릴리즈-8 시스템에서의 PMI 전송에 대한 PUCCH 보고 모드(상기 표 5 의 PUCCH 보고 모드 1-1, 2-1)의 확장(extension)으로서 3GPP LTE 릴리즈-10 시스템에 적용되는 PUCCH 보고 모드들을 정의할 수 있다. 이에 따라, 3 가지의 새로운 PUCCH 보고 모드를 정의할 수 있다.

상기 표 5 의 PUCCH 보고 모드 1-1 의 하나의 확장 형태로서 PUCCH 모드-A 를 정의하고, 상기 표 5 의 PUCCH 보고 모드 1-1 의 다른 하나의 확장 형태로서 PUCCH 모드-B 를 정의하고, 상기 표 5 의 PUCCH 보고 모드 2-1 의 확장 형태로서 PUCCH 모드-C 를 정의할 수 있다. 모드-A, B, C 는 각각 상기 표 38 의 Mode 1-1-1, 1-1-2, 2-1 에 대응한다. 이러한 3 가지의 PUCCH 보고 모드에서 하나의 타이밍(서브프레임)에서 전송되는 제어 정보들을 보고 타입으로 표현할 수 있다. 이하에서는 PUCCH 보고 모드-A, B 및 C 각각에서 전송되는 보고 타입들에 대하여 설명한다.

PUCCH 보고 모드-A 에서는 2 개의 보고 타입(타입-5 및 타입-2a)이 사용될 수

있다. 타입-5 는 조인트코딩된 RI 및 W1 피드백이고, 타입-2a 는 WB CQI 및 W2 피드백이다.

PUCCH 보고 모드-B 에서는 2 개의 보고 타입(타입-3 및 타입-2b)이 사용될 수 있다. 타입-3 은 RI 피드백이고, 타입-2b는 WB CQI, W1 및 W2 피드백이다.

PUCCH 보고 모드-C 에서는 4 개의 보고 타입(타입-6, 타입-2a, 타입-7 및 타입-8)이 사용될 수 있다. 타입-6은 조인트 코딩된 RI 및 PTI 피드백이고, 타입-2a는 WB CQI 및 W2 피드백이고, 타입-7은 WB W1 피드백이고, 타입-8은 선택된 대역의 지시자를 포함하는 SB CQI 및 W2 피드백이다.

전술한 다양한 보고 타입들은 상이한 서브프레임에서 보고되므로, 프리코더 인덱스 W1 및 W2 가 상이한 타이밍에 보고되는 PUCCH 보고 모드-A 및 C 의 경우에는, 전체 프리코딩 행렬 및 그에 기반하여 계산되는 CQI 를 결정하기 위해서, 복수개의 서브프레임(TTI)이 요구된다.

이하에서는 PUCCH 보고 모드들의 서브샘플링에 대해서 설명한다. 우선 기존의 PUCCH 보고 모드 1-1 의 확장에 해당하는 PUCCH 보고 모드-A 및 B 에 대하여 설명한다.

PUCCH 보고 모드-A 및 B 에 대하여 코드북 서브샘플링이 적용되지 않는 경우에, 보고 타입들에 대한 피드백 오버헤드(즉, 요구되는 비트수)를 랭크 값에 따라 정리하면 아래의 표 39 와 같이 나타낼 수 있다.

【표 39】

Rank	PUCCH Mode-A		PUCCH Mode-B	
	Type-5 reporting (Joint of RI and W1)	Type-2a reporting (W2+CQI)	Type-3 reporting (RI)	Type-2b reporting (W1+W2+CQI)
1	6	8 (4+4)	3	12 (4+4+4)
2		11 (4+[4+3])		15 (4+4+[4+3])
3		11 (4+[4+3])		13 (2+4+[4+3])
4		10 (3+[4+3])		12 (2+3+[4+3])
5		7 (0+[4+3])		9 (2+0+[4+3])
6		7 (0+[4+3])		9 (2+0+[4+3])
7		7 (0+[4+3])		9 (2+0+[4+3])
8		7 (0+[4+3])		7 (0+0+[4+3])

표 39 에서, PUCCH 모드-B 에서 일부 타입-2 보고는 11 비트를 초과하므로, PUCCH 전송 비트의 제한을 초과하게 된다. 따라서, 이하의 표 40 와 같이 PUCCH 모드-B 에서

타입-2 보고에 대해 코드북 서브샘플링을 적용할 수 있다.

【표 40】

Rank	PUCCH Mode-B			
	Type-3 reporting RI	Type-2b reporting (W1+W2+CQI)		
1	3	11 (4+3+4)	W1: All, W2: 0~7	32 PSK DFT vector (no overlapped) QPSK co-phasing
2		11 (3+1+[4+3])	W1: 2n(n:0~7), W2:0,4	16 PSK DFT vector (no overlapped) BPSK co-phasing
3		11 (1+3+[4+3])	W1: 0,2, W2: 2m(m:0~7)	16 PSK DFT vector (no overlapped) Two types of W(3)
4		11 (1+3+[4+3])	W1: 0,2, W2:All	16 PSK DFT vector (no overlapped) QPSK co-phasing
5		9 (2+0+[4+3])	W1: All	16 PSK DFT vector (no overlapped) BPSK co-phasing
6		9 (2+0+[4+3])	W1: All	16 PSK DFT vector (no overlapped) BPSK co-phasing
7		9 (2+0+[4+3])	W1: All	16 PSK DFT vector (no overlapped) BPSK co-phasing
8		7 (0+0+[4+3])		QPSK DFT vector (no overlapped) BPSK co-phasing

표 39 의 예시에서 타입-2a 보고가 11 비트를 초과하지 않으므로 서브샘플링이 필요하지 않지만, 타입-5 보고는 타입-3 보고에 비해서 2 배의 비트를 필요로 한다. 타입-5 및 타입-3 보고가 랭크 정보를 나르기(carry) 때문에, 이들 보고 타입은 강건한 신뢰성(robust reliability)를 가져야 한다. 랭크 정보는 PUCCH 보고에 있어서 높은 우선순위를 가지며, 동일한 서브프레임에서 복수개의 타입들이 보고되어야 하는 경우에 RI 전송 서브프레임에서 CQI 및 PMI 는 누락(drop)될 수 있다. 이러한 점을 고려하면, 랭크 피드백의 신뢰성을 높이기 위해서 타입-5 보고에도 코드북 서브샘플링이 적용될 수 있다.

타입-5 보고에 대한 서브샘플링의 적용은 예를 들어 표 41 내지 44 와 같이 나타낼 수 있다. 표 41 및 42 는 최대 랭크 2 의 경우에 대한 예시들이고, 표 43 은 최대 랭크 4 인 경우에 대한 예시이고, 표 44 는 최대 랭크 8 인 경우에 대한 예시이다.

【표 41】

Rank	PUCCH Mode-A			
	Type-5 reporting Joint of RI andW1	Type-2a reporting (W2+CQI)		
1	5 (1 + 4)	8 (4+4)	W1: All, W2: All	non-overlapped 32 oversampled beam QPSK co-phasing
2		11 (4+[4+3])		non-overlapped 32 oversampled beam QPSK co-phasing

【표 42】

Rank	PUCCH Mode-A		
	Type-5 reporting Joint of RI andW1	**Type-2a reporting (W2+CQI)**	
1	**4 (log2(8+8))**	**8 (4+4)**	**W1: 2n (n:0~7), W2: All**
2		**11 (4+[4+3])**	

【표 43】

Rank	PUCCH Mode-A			
	Type-5 reporting Joint of RI andW1	Type-2a reporting (W2+CQI)		
1	5 (2 + 3)	8 (4+4)	W1: 2n (n:0~7) , W2: All	non-overlapped 32 oversampled beam QPSK co-phasing
2		11 (4+[4+3])		non-overlapped 32 oversampled beam QPSK co-phasing
3		11	W1: All, W2: All	non-overlapped 16

		(4+[4+3])		oversampled beam Two types of W(3)
4		10 (3+[4+3])		non-overlapped 16 oversampled beam QPSK co-phasing

【표 44】

Rank	PUCCH Mode-A			
	Type-5 reporting Joint of RI andW1	Type-2a reporting (W2+CQI)		
1	5 (3 + 2)	8 (4+4)	W1: 4n (n:0~3) , W2: All	QPSK co-phasing
2		11 (4+[4+3])		QPSK co-phasing
3		11 (4+[4+3])	W1: All, W2: All	16 PSK DFT vector (overlapped) Two types of W(3)
4		10 (3+[4+3])		16 PSK DFT vector (no overlapped) QPSK co-phasing
5		7 (0+[4+3])		16 PSK DFT vector (no overlapped) BPSK co-phasing
6		7 (0+[4+3])		16 PSK DFT vector (no overlapped) BPSK co-phasing
7		7 (0+[4+3])		16 PSK DFT vector (no overlapped) BPSK co-phasing
8		7 (0+[4+3])		QPSK DFT vector (no overlapped) BPSK co-phasing

표 41 의 예시는 RI에 대한 타입-5의 비트를 5 비트로 고정하고, W1은 풀셋으로 사용할 수 있으므로 시스템 성능을 향상할 수 있다.

표 42 의 예시는 RI에 대한 타입-5의 비트를 4 비트로 사용하기 때문에 표 40 의 예시보다 더 강건하게 RI 를 전송할 수 있다. 한편, W1 의 풀셋을 사용하지 않고 서브샘플링된 W1 를 사용하므로 시스템 성능의 면에서는 표 40 의 예시에 비하여 낮은 성능을 나타낼 수 있다. 한편, 표 42, 43 및 44 의 예시에 따라 구성되는

경우에는 최대 랭크에 무관하게 랭크 1 및 2 의 W1, W2 가 동일한 세트로 구성되므로, 네스티드(nested) 특성을 가질 수 있다.

위에서 설명한 PUCCH 모드-A 및 모드-B 를 비교하면, PUCCH 모드-A 에 대한 코드북 서브샘플링에 의해 공통-위상 특성(co-phase property)을 유지하면서 빔 단위(beam granularity)를 줄일 수 있다. 한편, PUCCH 모드-B 에 대한 코드북 서브샘플링에 의해 PUCCH 모드-A 에 비하여 보다 정밀한 빔 단위가 제공되지만 공통-위상 특성은 낮아지게 된다.

다음으로, 기존의 PUCCH 보고 모드 2-1 의 확장에 해당하는 PUCCH 보고 모드-C 에 대하여 설명한다.

PUCCH 모드-C 에 대해 요구되는 피드백 오버헤드(피드백 비트 수)는 표 45 과 같이 나타낼 수 있다.

【표 45】

Rank	PUCCH Mode-C (PTI=0)			PUCCH Mode-C (PTI=1)		
	Type-6 reporting (RI+PTI)	Type-7 reporting W1	Type-2a reporting (wb-W2+CQI)	Type-6 reporting (RI+PTI)	Type-2a reporting (wb-W2+wb-CQI)	Type-8 reporting (sb-W2 +sb-CQI +L-bit)
1	4 (3+1)	4	8 (4+4)	4 (3+1)	8 (4+4)	10 (4+4+2)
2		4	11 (4+[4+3])		11 (4+[4+3])	13 (4+[4+3]+2)
3		2	11 (4+[4+3])		11 (4+[4+3])	13 (4+[4+3]+2)
4		2	10 (3+[4+3])		10 (3+[4+3])	12 (3+[4+3]+2)
5		2	7 (0+[4+3])		7 (0+[4+3])	9 (0+[4+3]+2)
6		2	7 (0+[4+3])		7 (0+[4+3])	9 (0+[4+3]+2)
7		2	7 (0+[4+3])		7 (0+[4+3])	9 (0+[4+3]+2)
8		2	7 (0+[4+3])		7 (0+[4+3])	9 (0+[4+3]+2)

표 45에서 나타내는 바와 같이, 타입-6 의 보고에 있어서 PTI=1 인 경우에 랭크 2 내지 4 에서는 타입-8 보고를 위해 요구되는 비트가 11 비트를 초과하게 되므로, 이에 대해 코드북 서브샘플링을 적용할 수 있다. 전술한 PUCCH 모드-B 에 대해 사용된 코드북 서브샘플링과 유사한 원리가 타입-8 의 W2 에 적용될 수 있다. 또한, 표 45 에서 나타내는 바와 같이, PUCCH 모드-C 의 RI 피드백 신뢰성은, 1 비트의 PTI 지시로 인하여 전술한 PUCCH 모드-B 에 비해서 낮아지게 된다. 또한, W1 보고의 동작 주기(duty cycle)는 RI 의 동작 주기에 비해서 길게 된다. 이러한 점을 고려하여, 보고되는 타입들에 대한 보고 타이밍 및 우선순위를 결정할 수 있다.

피드백 정보들의 우선순위

위와 같이 피드백 정보들의 전송 타이밍에 대한 보고 모드들이 정의되는 경우, 각각의 모드에서 제어 정보들이 충돌하는 경우에 누락되는 제어 정보에 대하여 이하에서 설명한다.

하향링크 채널에 대한 CQI/PMI/RI 정보가 상향링크 채널을 통해 보고될 수 있다. 각 제어정보들의 전송 우선순위는 각 제어정보들의 속성(보고 주기, 적용되는 대역폭, 다른 제어정보의 선택/계산의 바탕이 되는지 여부 등)에 따라서 결정될 수 있으므로, 이하에서는, 각 제어정보들의 속성 에 대하여 먼저 설명한다.

RI는 보고될 수 있는 최대 레이어의 개수에 따라 RI 비트가 결정된다. RI는 일반적으로 CQI/PMI에 비해 장-기간(long-term)으로 보고되며, 하나의 반송파 관점에서 시스템 대역폭 (WB) 단위로 적용될 수 있다.

PMI는 하향링크 전송에 적용될 프리코딩 행렬의 집합인 코드북의 지시자로서 전송될 수 있다. 코드북은 단일 인덱스로 표현되거나, 서로 다른 2 개의 인덱스 (즉, I1 및 I2)로 표현될 수도 있다. 예를 들어, 3GPP LTE 릴리즈-8/9에서 2 전송 안테나 또는 4 전송 안테나를 위해 정의된 코드북의 경우에는, 단일 인덱스로 프리코더 요소를 결정할 수 있다. 확장된 안테나 구성을 지원하는 3GPP LTE 릴리즈-10 에서 새롭게 정의되는 8 전송 안테나 전송을 위해 정의된 코드북의 경우에는, 서로 다른 2 개의 지시자(I1, I2)를 사용하여 프리코더 요소를 결정할 수 있다. I1 및 I2 를 사용하는 경우, 각 인덱스가 보고되는 주기와 적용되는 주파수 대역폭이 서로 다르게 정의될 수도 있다. I1 은 예를 들어, 코드북의 행 인덱스(row index)를 나타내는 것으로 설명할 수도 있다. I1 은 비교적 장-기간 주기 또는 단-기간(short-term) 주기로 보고되고, 하나의 반송파 관점에서 정의되는 시스템 대역폭(WB)에 적용될 수 있다. 한편, I2 는 예를 들어, 코드북의 열 인덱스(column index)를 나타내는 것으로 설명할 수도 있다. I2는 비교적 단-기간 주기로 보고되고, 하나의 반송파 관점에서 정의되는 시스템 대역폭(WB)에 적용되거나, 서브대역(SB)단위로 적용될 수도 있다.

만약, 전송주기 관점에서 I1 지시자가 I2 지시자보다 더 장-기간 주기로 보고되는 경우, I1 지시자는 I2 지시자에 비해 높은 우선순위를 갖고 보고되어야 한다. 달리 표현하자면, I1 과 I2 보고가 동일한 서브프레임에서 설정되는 경우에 I1 을 전송하고 I2 를 누락(drop)할 수 있다.

CQI 정보는 결정된 프리코더를 기반으로 계산되는 값이며, I2 지시자와 함께 보고될 수 있다.

이하에서는 상기 표 38 의 PUCCH 보고 모드들을 예로 들어서 피드백 정보들의 전송 우선순위에 대해서 구체적으로 설명한다.

상기 표 38 의 Mode 1-1-1-은 WB로 적용되는 RI 및 I1이 장-기간으로 보고되고, WB로 적용되는 I2 및 CQI가 단-기간으로 보고되는 것으로 정의할 수 있다. 따라서, 상기 표 38 의 Mode 1-1-1 에서, (RI+I1)과 (I2+CQI)의 전송 타이밍이 충돌되는 경우, (I2+CQI)를 누락할 수 있다. 즉, 장-기간으로 보고되는 RI 및 I1는, 단-기간으로 보고되는 I2 및 CQI 보다 높은 우선순위를 가지고 보고되도록 할 수 있다.

상기 표 38 의 Mode 1-1-2 는 WB로 적용되는 RI가 장-기간으로 보고되고, WB로 적용되는 I1, I2 및 CQI가 단-기간으로 보고되는 것으로 정의할 수 있다. 상기 표 38 의 Mode 1-1-2 에서, (RI)와 (I1+I2+CQI)의 보고 주기가 충돌하는 경우, (I1+I2+CQI)를 누락할 수 있다. 즉, 장-기간으로 보고되는 RI는 단-기간으로 보고되는 I1, I2 및 CQI 정보보다 높은 우선순위를 가지고 보고되도록 할 수 있다.

상기 표 38 의 Mode 2-1 에서는, RI 가 PMI/CQI 보다 높은 우선순위를 가지도록 하는 것을 고려할 수 있다. 즉, 상기 표 38 의 Mode 2-1(1) 에서, (RI+PTI)와 (I1) 또는 (I2+CQI)의 보고 주기가 충돌하는 경우에는, (I1) 또는 (I2+CQI)를 누락할 수 있다. 또한, 상기 표 38 의 Mode 2-1(2) 에서, (RI+PTI)와 (I2+CQI)_WB 또는 (I2+CQI)_SB가 충돌하는 경우에는, (I2+CQI)_WB 또는 (I2+CQI)_SB를 누락할 수 있다.

또한, 상기 표 38 의 Mode 2-1 에서는, PTI의 지시(indication)에 따라서 후속하여 보고되는 정보의 속성을 결정할 수 있다. PTI가 0을 지시하는 경우(즉, Mode 2-1(1))에서는, WB에 적용되는 I1 이 보고되고 WB에 적용되는 I2 및 CQI가 보고된다. 이 때, I1은 I2 및 CQI보다 장-기간으로 보고될 수도 있고, 또는 동일한 주기로 보고될 수도 있다. 한편, PTI가 1을 지시하는 경우(즉, Mode 2-1(2))에서는, WB에 적용되는 I2 및 CQI 가 보고되고 SB에 적용되는 I2 및 CQI가 보고된다. 이 때, WB에 적용되는 I2 및 CQI는 SB에 적용되는 I2 및 CQI보다 장-기간으로 보고된다. Mode 2-1 에서 PTI는 RI와 함께 보고되며, 장-기간으로 보고된다.

Mode 2-1 에서 (RI, PTI), (I1)_WB, (I2, CQI)_WB 및 (I2, CQI)_SB 전송 주기를 살펴보면, (I1)_WB는 (RI, PTI) 보다 더 장-기간으로 보고될 수도 있다. 따라서 Mode

2-1 과 같은 경우 (I1)_WB의 정보는 (RI, PTI)_WB에 비해 높은 우선 순위를 갖고 보고되도록 하는 것이 바람직하다. 즉, (I1)_WB 과 (RI, PTI)_WB 가 충돌하는 경우에, (RI, PTI)_WB 를 누락(drop)할 수 있다.

실시예 7

본 실시예 7 에서는 다중 반송파(또는 반송파 병합)가 적용되는 경우에 있어서, 다중 제어 정보가 보고될 때에 적용될 수 있는 전송 우선순위를 결정하는 방안에 대하여 설명한다. 이하의 설명에 있어서, 다중 반송파 또는 반송파 병합이 적용된다는 의미는, 1 개 보다 많은 반송파(또는 서빙 셀) (more than one seving cell)가 설정(configure)된다는 의미이다. 즉, 본 실시예는 단말에게 복수개의 반송파(또는 셀)가 설정되는 경우에 대해 적용 가능함을 명시한다.

다중 반송파 전송에 있어서 하향링크에 설정되는 복수개의 반송파에 대한 제어 정보가 상향링크 반송파를 통해서 단말로부터 기지국으로 보고될 때, 특정 목적을 위해서 설정된 하나의 반송파(예를 들어, UL P-cell)를 통해 제어 정보가 보고될 수 있다. 이와 같은 경우, 하향링크의 각각의 반송파를 위한 제어 정보들에 대한 전송 주기는 각각의 반송파 별로 독립적으로 설정될 수 있다. 즉, 긍정 SR / HARQ-ACK / CQI/PMI/RI 등은 각각의 반송파들 별로 독립적인 전송 주기를 갖고 상향링크 반송파를 통해 보고될 수 있다. 만약 하나의 상향링크 반송파를 통해 제어 정보가 전송된다고 할 때, 다른 종류의 제어 정보들이 서로 충돌하는 경우가 발생할 수 있으므로, 이러한 경우에 어떤 제어 정보에 전송 우선순위를 줄 것인지를 결정하는 것이 필요하다. 이하에서는, 하향링크 다중-반송파 전송을 효과적으로 지원하기 위한 본 발명의 제어 정보 전송 방안들에 대하여 설명한다.

첫 번째 방안으로서, 긍정 SR 또는 하향링크 다중-반송파들을 위한 HARQ-ACK 정보가 보고되는 타이밍과 CQI/PMI/RI가 보고되는 타이밍이 동일한 경우에는, CQI/PMI/RI를 누락(drop)할 수 있다.

두 번째 방안으로서, 하향링크 개별 반송파의 CQI/PMI/RI 정보는 독립적인 전송주기를 갖고 보고될 수 있도록 설정될 수 있으며, 하향링크 반송파의 우선순위에 따라 CQI/PMI/RI 보고의 우선순위가 결정될 수 있다. 예를 들어, 반송파-A가 반송파-B보다 보고에 대한 우선순위가 높다고 할 때, 반송파-A에 대한 CQI/PMI/RI와 반송파-B에 대한 CQI/PMI/RI가 서로 충돌하는 경우에는, 반송파-B에 대한

CQI/PMI/RI를 누락할 수 있다.

세 번째 방안으로서, 다중-반송파 전송에서 하향링크 다중-반송파들을 위한 CQI/PMI/RI의 보고되는 주기에 CQI/PMI/RI 가 서로 충돌하는 경우에 어떤 정보가 누락될 것인지를 결정할 수 있다. 어떤 하향링크 반송파에 대한 것인지에 무관하게, 피드백 정보의 속성에 따라서 우선순위를 부여할 수 있다. CQI/PMI는 마지막으로 보고된 RI를 기반으로 계산 및 선택될 수 있다. 프리코더에 대해서 다중 인덱스(예를 들어, I1 및 I2)를 보고하는 경우에, 각각의 프리코더는 마지막으로 보고된 RI 를 기반으로 계산 및 선택될 수 있으며, I2 와 함께 전송되는 CQI는 마지막으로 보고된 RI, 마지막으로 보고된 I1 및 현재 전송되는 I2를 기반으로 계산될 수 있다. 또는, I1/I2 와 함께 보고되는 CQI는 마지막으로 보고된 RI와 현재 보고되는 I1/I2를 기반으로 계산될 수 있다. 이를 고려하여, 보다 장-기간의 주기로 보고되는 제어 정보에 보다 높은 우선순위를 부여할 수 있다. 예를 들어, I1 이 가장 높은 우선순위를 가지고, RI 가 그 다음의 우선순위를 가지며, I2 및 CQI 가 그 다음의 우선순위를 가지도록 설정할 수 있다. 낮은 우선순위의 제어 정보가 높은 우선순위의 제어 정보와 동일한 타이밍에 전송될 것이 설정되는 경우에, 낮은 우선순위의 제어 정보가 누락되고 높은 우선순위의 제어정보가 전송될 수 있다.

다중반송파가 설정된 경우에 PUCCH를 이용한 주기적 CSI 보고의 우선순위에 대한 위 방안을 정리하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

먼저, 단말에게 1 개 보다 많은 서빙 셀(more than one serving cell)이 설정되는 경우에, 단말은 임의의 서브프레임에서 (in any given subframe) 오직 하나의 서빙 셀에 대한 채널상태정보(CSI)를 전송할 수 있다.

임의의 서브프레임에서 피드백 정보의 속성에 따라 제1 서빙셀의 피드백 정보가 제2 서빙셀의 피드백 정보보다 높은 우선순위를 가지면, 제2 서빙셀의 피드백 정보가 더 낮은 우선순위를 가지고 누락(drop)될 수 있다. 피드백 정보의 우선순위는, 예를 들어, RI 또는 장-기간 보고 주기를 가지는 PMI (또는 광대역 PMI (W1 또는 I1))을 포함하는 CSI가 다른 CSI 들에 비해 높은 우선순위를 가질 수 있다. 다른 CSI 들 중에서는, 장-기간 보고 주기를 가지는 (또는 광대역 속성의) PMI 및/또는 CQI 가, 단-기간 보고 주기를 가지는 (또는 서브대역 속성의) PMI 및/또는 CQI에 비하여 높은 우선순위를 가질 수 있다.

실시예 8

본 실시예 8 에서는 다중의 제어 정보가 보고될 때 어떤 제어 정보가 누락되는 경우에 대한 보고 방안에 대하여 설명하고, RI 또는 I1 (PMI 또는 W1) 가 누락되는 경우에 대한 구체적인 보고 방안에 대하여 설명한다.

본 실시예 8 에서는, 예시적으로 하나의 반송파의 측면에서 RI 또는 I1 누락의 경우의 보고 방안에 대하여 설명하지만 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 본 실시예 8 의 내용은, 본 문서에서 설명하는 다중 반송파(또는 1 개 초과의 서빙셀)이 설정되는 단말에서 피드백 정보(예를 들어, CSI)의 충돌시에 우선순위에 기초하여 소정의 피드백 정보가 누락(drop)되는 예시들에 대해서 적용될 수도 있음을 명시한다. 예를 들어, CSI 정보의 속성에 따른 우선순위 또는 서빙셀에 대한 기정의된 우선순위에 따라 누락되는 정보가 RI 또는 I1(장-기간 광대역 속성의 PMI 또는 W1)인 경우에 대한 구체적인 CSI 보고 방안으로서, 이하에서 설명하는 예시들이 적용될 수도 있다.

이하에서는 CQI/PMI/RI 가 상기 표 38 의 Mode 2-1 (즉, Mode 2-1(1) 및 Mode 2-1(2))에 따라 PUCCH 를 통해 주기적으로 보고되는 경우를 가정하여, 제어 정보 누락이 적용되는 경우의 보고 방안에 대해서 설명한다.

도 27 및 표 46을 참조하여 Mode 2-1 에서의 제어 정보 전송 방안에 대하여 구체적으로 설명한다. 도 27 은 Mode 2-1 의 경우에 RI/PMI/CQI 가 보고되는 타이밍에 대한 예시들을 나타내는 것이다. 표 46 은 Mode 2-1 의 경우에 RI/PMI/CQI 보고의 타이밍 및 속성들을 설명하기 위한 것이다.

【표 46】

Case	Feedback information			
Case 1	RI(=N)+PTI(=0)	I1(for rank-N)_WB	I2,CQI (based on I1 for rank-N)_WB	I2,CQI_WB
	RI(=M)+PTI(=0)	I1(for rank-M)_WB	I2,CQI (based on I1 for rank-M) _WB	I2,CQI_WB
Case 2-1	RI(=N)+PTI(=0)	I1(for rank-N)_WB	I2,CQI (based on I1 for rank-N)_WB	I2,CQI_WB
	~~RI(=M)+PTI(=0)~~	I1(for rank-MN)_WB	I2,CQI (based on I1 for rank-MN) _WB	I2,CQI_WB
Case 2-2	RI(=N)+PTI(=0)	I1(for rank-N)_WB	I2,CQI (based on I1 for rank-N) _WB	I2,CQI_WB
	RI(=N)+PTI(=1)	I2,CQI(based on I1 for rank-N)_WB	I2,CQI_SB	I2,CQI_SB

	~~RI(=M)+PTI(=0)~~	I1(for rank-~~M~~N)_WB	I2,CQI (based on I1 for rank-~~M~~N)_WB	I2,CQI_WB
	RI(=N)+PTI(=1)	I2,CQI(based on I1 for rank-N)_WB	I2,CQI_SB	I2,CQI_SB
Case 3-1	**RI(=N)+PTI(=0)**	I1(for rank-N) _WB	I2,CQI (based on I1 for rank-N)_WB	I2,CQI_WB
	RI(=M)+PTI(=0)	~~I1 (for rank-M)~~	I2,CQI (based on I1 for rank-M)_WB	I2,CQI_WB
Case 3-2	**RI(=N)+PTI(=0)**	I1(for rank-N)_WB	I2,CQI (based on I1 for rank-N)_WB	I2,CQI_WB
	RI(=N)+PTI(=1)	I2,CQI(based on I1 for rank-N)_WB	I2,CQI_SB	I2,CQI_SB
	RI(=M)+PTI(=0)	~~I1(for rank-M)~~	I2,CQI(based on I1 for rank-M)_WB	I2,CQI_WB
	RI(=M)+PTI(=1)	I2,CQI(based on I1 for rank-M)_WB	I2,CQI_SB	I2,CQI_SB

I1, I2 및 CQI 는 보고되는 RI의 지시(indication)에 따라서 결정될 수 있다. 표 46 의 Case 1 에서는 랭크-N이라는 정보가 보고가 되면, 이를 기반으로 랭크-N을 위한 코드북에서 I1이 선택되어 보고된다. 그 후 선택된 I1을 기반으로 I2가 선택되고 CQI가 계산되어 보고된다. 그 후, 랭크 값이 바뀌어서 RI 값이 랭크-M 으로 보고되면 그 이후에는 랭크-M을 기반으로 I1, I2가 선택되고 CQI가 계산된다.

한편, 표 46 의 case 2-1 및 case2-2 는 RI 가 누락(drop)되는 경우의 제어 피드백 정보 속성을 나타내는 것이다.

표 46 의 Case 2-1 및 2-2는 RI가 누락(drop)되었을 때 I1과 I2, CQI가 참조하는 RI의 정보를 나타낸다. I1, I2 및 CQI는 가장 최근에 보고된 RI의 랭크 값을 기반으로 선택/계산된다고 정의하면, RI가 누락되는 상황에서도 I1, I2 및 CQI의 선택/계산에는 문제가 발생하기 않는다. 즉, Case 2-1 에서 랭크-M 을 나타내는 RI 가 누락되는 경우에 단말은 마지막으로 보고된 RI 랭크 값(즉, N)을 기반으로 I1, I2 및 CQI 를 선택/계산할 수 있다. 또한, Case 2-2와 같이 PTI가 0 또는 1으로 설정되더라도, 마지막으로 보고된 랭크 값에 따라서 I1, I2 및 CQI 를 선택/계산할 수 있다. 여기서, PTI 1인 경우의 RI 는 PTI 0일 때의 RI로 보고된 랭크 정보와 동일한 랭크 정보를 보고하는 것이 바람직하다.

한편, I1 이 누락(drop)되는 경우를 고려할 수 있다. I1정보는 I2의 선택과 CQI 계산을 위한 정보로 사용된다. 랭크 정보가 바뀌는 순간 I1이 누락되는 경우 I2

선택과 CQI 계산에 혼란을 줄 수 있다. 예를 들어, 표 46 의 Case 3-1 및 Case 3-2와 같이 랭크 정보가 N에서 M으로 바뀌는 상황에서 랭크-M 기반의 I1이 누락되면, 그 이후에 선택/계산되어야 하는 I2, CQI 정보에 있어서는 랭크-M기반의 I1 정보가 없기 때문에 선택/계산에 문제가 발생한다. 따라서 I1이 누락되는 경우에 대한 I1 선택 및 CQI 계산에 있어서의 불명료성을 해소하는 것이 요구된다.

이하에서는 I1이 누락되는 경우의 I2 및 CQI 의 선택/계산에 대한 본 발명의 예시들에 대하여 설명한다.

실시예 8-A

I2/CQI 계산이 랭크 M 기반으로 수행되어야 하는 경우에, 이전에 보고된 랭크 M 에 대한 I1 중 가장 최근에 보고된 I1(for rank-M)을 기반으로 I2 및 CQI를 계산할 수 있다. 또는, I2/CQI 계산이 랭크 M 기반으로 수행되어야 하는 경우에, 랭크-M기반의 I1을 미리-정의(pre-define)하여 사용할 수도 있다. 다시 말하자면, 가장 최근에 보고된 I1 (제1 PMI) 이 가장 최근에 보고된 RI 와 상이한 RI 를 가정하여 계산된 경우나, 또는, 가장 최근에 보고된 I1 이 없는(또는 누락된) 경우에는, I2(제2 PMI) 또는 CQI 는 미리 정의된 I1(제1 PMI)에 기초하여 선택/계산될 수 있다. 예를 들어, 미리정의된 I1(제1 PMI)는 가장 최근에 보고된 RI 를 조건으로 하는 코드북서브셋제한(codebookSubsetRestriction)의 비트맵 파라미터에서 허용되는 가장 작은 인덱스를 가진 I1(제1 PMI)로 정의될 수 있다. 이에 따라, 이전에 보고된 랭크 M 에 대한 I1 이 없는 경우에도 랭크-M 에 대한 I2 및 CQI 가 선택/계산될 수 있다. 이를 정리하면 표 47 와 같이 나타낼 수 있다.

【표 47】

Case A	RI(=N)+PTI(=0)	I1(for rank-N) _WB	I2,CQI (based on I1 for rank-N) _WB	I2,CQI_WB
	RI(=N)+PTI(=1)	I2,CQI (based on I1 for rank-N) _WB	I2,CQI_SB	I2,CQI_SB
	RI(=M)+PTI(=0)	~~I1 (for rank-M)~~	I2,CQI (based on I1 for rank-M)_WB	I2,CQI_WB
	RI(=M)+PTI(=1)	I2,CQI (based on I1 for rank-M) _WB	I2,CQI_SB	I2,CQI_SB

실시예 8-B

랭크가 N 에서 M 으로 변경되는 경우에, 랭크-M 에 대한 I1 이 누락되는 경우에는,

가장 최근에 보고된 I1 의 랭크의 정보를 덮어서 사용(override)할 수 있다.

예를 들어, 랭크-M 을 지시하는 RI 가 전송되고 랭크-M 에 대한 I1 보고가 누락되고 후속하여 랭크-M 에 기반한 I2/CQI 가 선택/계산되어야 하는 경우에, 가장 최근에 보고된 I1이 랭크-N을 기반으로 선택된 지시자인 경우를 가정할 수 있다. 이 경우에는, 가장 최근에 보고된 RI 에 따른 랭크 정보(즉, 랭크-M)을 무시하고, 가장 최근에 보고된 I1과 그 I1 의 랭크값(랭크-N)에 기반하여 I2/CQI를 계산할 수 있다. 또한, 다음번 RI(여전히 랭크-M을 나타냄)전송 주기에서 보고되는 PTI 지시에 따라 WB I2, CQI와 SB I2/CQI가 보고되어야 하는 경우에도, 랭크-M 기반하여 선택된 I1 이 누락된 상태이므로, 이 경우에도 가장 최근에 보고된 I1과 그 I1 의 랭크에 기반하여 I2/CQI를 계산할 수 있다. 이를 정리하면 표 48 와 같이 나타낼 수 있다.

【표 48】

Case B	RI(=N)+PTI(=0)	I1(for rank-N) _WB	I2,CQI (based on I1 for rank-N) _WB	I2,CQI_WB
	RI(=N)+PTI(=1)	I2,CQI (based on I1 for rank-N) _WB	I2,CQI_SB	I2,CQI_SB
	RI(=M)+PTI(=0)	~~I1 (for rank-M)~~	I2,CQI (based on I1 for rank-N)_WB	I2,CQI_WB
	RI(=N)+PTI(=1)	I2,CQI (based on I1 for rank-N) _WB	I2,CQI_SB	I2,CQI_SB

실시예 8-C

I1이 누락되는 경우에는 그 다음 RI 보고 주기에는 PTI=0을 지시하여 I1이 보고되도록 할 수 있다. 이를 정리하면 표 49 와 같이 나타낼 수 있다.

【표 49】

Case C	RI(=N)+PTI(=0)	I1(for rank-N) _WB	I2,CQI (based on I1 for rank-N) _WB	I2,CQI_WB
	RI(=N)+PTI(=1)	I2,CQI (based on I1 for rank-N) _WB	I2,CQI_SB	I2,CQI_SB
	RI(=N)+PTI(=1)	I2,CQI (based on I1 for rank-N) _WB	I2,CQI_SB	I2,CQI_SB
	RI(=M)+PTI(=0)	~~I1 (for rank-M)~~	I2,CQI (based on I1 for rank-M)_WB	I2,CQI_WB
	RI(=M)+PTI(=0)	I1(for rank-M) _WB	I2,CQI (based on I1 for rank-M) _WB	I2,CQI_WB
	RI(=M)+PTI(=1)	I2,CQI (based on I1 for rank-M) _WB	I2,CQI_SB	I2,CQI_SB

실시예 8-D

I1이 누락되는 경우, I1의 보고를 연기하여 I1이 보고하도록 할 수 있다. 예를 들어, I1의 보고 타이밍에 후속하는 N번째 서브프레임에서 I1 을 보고하도록 할 수 있다.

예를 들어, N 번째 서브프레임은 원래의 I1 보고 타이밍 이후의 CQI 보고 타이밍 중 하나가 되도록 N 값이 설정될 수 있다. CQI가 보고되기로 약속된 주기 중 임의의 타이밍에서 원래 전송되어야 할 제어 정보 대신에 누락된 I1이 보고될 수 있다. 예를 들어, 도 28(a)에서 나타내는 바와 같이, I1이 보고된 후 I2/CQI가 보고되기로 되어 있었다면, I2/CQI를 보고하는 대신 I1을 보고할 수 있다. 또는, I1 이 누락된 이후에 최초의 CQI 보고 타이밍에서 누락된 I1 이 보고될 수 있다. 또는, 도 28(b)에서 도시하는 바와 같이, 원래의 I1 보고 타이밍 직후의 최초 서브프레임에서 누락된 I1 이 보고되도록 N 값이 설정될 수도 있다. 이를 정리하면 표 50 와 같이 나타낼 수 있다.

【표 50】

Case D	RI(=N)+PTI(=0)	I1(for rank-N) _WB	I2,CQI(based on I1 for rank-N)_WB	I2,CQI_WB
	RI(=N)+PTI(=1)	I2,CQI (based on I1 for rank-N) _WB	I2,CQI_SB	I2,CQI_SB
	RI(=M)+PTI(=0)	~~I1 (for rank-M)~~	*I1 (for rank-M)*	I2,CQI(based on I1 for rank-M)_WB
	RI(=M)+PTI(=1)	I2,CQI (based on I1 for rank-M) _WB	I2,CQI_SB	I2,CQI_SB

실시예 9

본 실시예 9 에서는 다중의 제어 정보가 보고될 때 제어 정보 전송의 우선순위에 대하여 설명하고, 다중-반송파 전송의 경우에 있어서의 제어 정보 전송의 우선순위의 구체적인 설정 방안에 대하여 설명한다. 이하의 설명에 있어서, 다중 반송파 또는 반송파 병합이 적용된다는 의미는, 1 개 보다 많은 반송파(또는 서빙 셀) (more than one seving cell)가 설정(configure)된다는 의미이다. 즉, 본 실시예는 단말에게 복수개의 반송파(또는 셀)가 설정되는 경우에 대해 적용 가능함을 명시한다.

3GPP LTE 시스템에서 하향링크 채널을 측정하여 상향링크 채널을 통해 보고할 때, 하향링크 채널에 대한 정보로서 RI/PMI/CQI 등이 보고될 수 있다. 여기서, PUCCH를 사용하여 하향링크 채널 정보를 보고하는 경우에, CQI/PMI가 적용되는 주파수 단위(frequency granularity)에 따라 크게 2가지 모드가 사용될 수 있다. WB에 적용되는 CQI/PMI를 보고하는 모드들은 PUCCH 보고 모드 1-1 계열로 칭할 수 있고, WB CQI/PMI와 함께 SB CQI를 보고하는 모드를 PUCCH 보고 모드 2-1 계열로 칭할 수 있다. PUCCH는 한번에 보낼 수 있는 채널 용량이 제한적이기 때문에, 랭크, WB CQI/PMI, SB CQI는 서로 다른 타이밍에 보고되는 것으로 정의될 수 있다. 도 29에서는 각 채널 정보들이 보고되는 타이밍의 일례를 나타낸다. 각 채널 정보들이 보고되는 주기를 비교하면 RI는 상대적으로 장-기간 주기로 보고되고, SB CQI/PMI, SB CQI는 상대적으로 단-기간으로 보고될 수 있다.

만약 다중-반송파(반송파 병합) 전송이 적용되는 것을 고려한다면, 하향링크의 각 반송파들의 정보를 측정하여 보고해야 한다. 하향링크 채널 정보는 하나의 상향링크 반송파(예를 들어, UL P-cell)을 통해 보고될 수 있고, 하향링크의 각 반송파들에 대한 정보를 보고하는 타이밍은 DL 반송파 별로 독립적인 전송 주기를 갖도록 설정할 수 있다. 이와 같은 경우, 하나의 상향링크의 반송파로 보고되어야 하는 DL 반송파들에 대한 정보들의 보고 타이밍이 겹치는 (즉, 상이한 DL 반송파에 대한 정보가 동일한 시간에 보고되는) 경우가 발생할 수 있다.

이를 해결하기 위하여 각 CSI(RI/PMI/CQI)에 대하여 우선순위를 정하여 우선순위가 높은 정보를 전송하고, 낮은 우선순위를 갖는 채널 정보는 누락할 수 있다. 도 29 에서 도시하는 바와 같이, 랭크 정보는 비교적 장-기간 주기로 보고되고, CQI/PMI 정보는 비교적 단-기간 정보로 보고되기 때문에, 상대적으로 장-기간 주기로 보고되는 정보에 대해서 전송 우선순위를 주어 최신의 채널 정보가 보고될 수 있도록 할 수 있다.

3GPP LTE-A 시스템에서는 8 전송 안테나 전송에 대한 프리코딩 정보를 나타내기 위해서 2개의 인덱스(I1 및 I2 (또는 PMI1(W1) 및 PMI2(W2))를 이용하는 코드북을 정의하고 있다. 2개의 인덱스가 모두 보고가 되어야 프리코더 요소에 대한 정보를 명확하게 결정할 수 있다. I1은 비교적 장-기간/WB의 정보로서 보고될 수 있고, I2는 비교적 단-기간/SB 정보로서 보고될 수 있다. 기존의 3GPP LTE 릴리즈-8/9 시스템에서의 CSI 보고와 비교하여, 2개의 코드북 지시자를 어떤 방식으로 보고할

것인지가 추가적으로 정의될 필요가 있다. 이에 대하여, RI, I1, I2 및 CQI 정보를 보고하기 위하여 다음과 같은 상기 표 38 의 Mode 2-1(1) 및 Mode 2-1(2)와 같은 PUCCH 보고 모드를 적용할 수 있다.

상기 표 38 의 Mode 2-1 에서 설명한 바와 같이, PTI에 따라서 다음에 보고되는 정보의 속성이 결정된다. 즉, RI 와 함께 전송되는 PTI가 0으로 설정되면, W1이 전송되고 그 이후에 WB W2와 CQI가 전송된다. 이 때, W2와 CQI는 앞서 보고된 W1를 기반으로 선택/계산된다. PTI 가 1 로 설정되면 WB W2/CQI 가 전송되고 그 이후에 SB W2/CQI 가 전송된다. 도 30 은 Mode 2-1 에 따라 PTI=0 일때와 PTI=1 일때의 CSI 보고 타이밍을 나타내는 도면이다.

CSI의 보고 주기를 살펴보면, 도 30 에서 나타내는 바와 같이, W1이 상대적으로 천천히(덜 빈번하게) 보고되고, RI+PTI는 W1에 비해 비교적 빈번하게 보고된다. 그리고 WB W2/CQI와 SB W2/CQI는 빈번히 보고된다. 따라서 앞에서 설명한 바와 같이 다중-반송파 전송에서 특정 타이밍에서 전송될 CSI 정보를 선택해야 할 때, 각각의 CSI 정보의 전송 우선순위는, W1 > RI+PTI > W2 = CQI 로 정의할 수 있다.

한편, 상기 표 38 의 Mode 1-1-1 및 Mode 1-1-2 와 같은 PUCCH 보고 모드를 적용할 수도 있다. 이러한 PUCCH 보고 모드들에서는 보고 주기에 기초하여 각 CSI 각각의 CSI 정보의 전송 우선순위가 결정될 수 있다. 즉, 상기 표 38 의 Mode 1-1-1 에서는 (RI+I1)_WB > (I2+CQI)_WB 의 우선순위가 정의될 수 있고, 상기 표 38 의 Mode 1-1-2 에서는 (RI)_WB > (I1+I2+CQI)_WB 의 우선순위가 정의될 수 있다.

이 경우에, 다중-반송파 전송이 적용되는 경우에는 제 1 DL 반송파에 대한 (RI+I1)_WB과 제 2 반송파에 대한 (RI)_WB 전송이 충돌하는 경우가 발생할 수도 있다. I1 은 경우에 따라서 RI 보다 상대적으로 장-기간 주기로 보고될 수 있는 점을 고려하면, I1 의 누락이 미치는 영향이 더 클 수 있기 때문에 I1 의 우선순위를 높게 설정할 수 있다. 즉, (RI+I1) > (RI)의 우선 순위를 갖도록 설정할 수 있다.

상기 표 38 과 같은 3 가지 종류의 피드백 모드 (Mode 1-1-1, Mode 1-1-2 및 Mode 2-1)를 종합적으로 고려하면, (I1)_WB가 가장 높은 우선순위를 가지도록 설정할 수 있다.

다중반송파가 설정된 경우에 PUCCH를 이용한 주기적 CSI 보고의 우선순위에 대한 위 방안을 정리하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

먼저, 단말에게 1 개 보다 많은 서빙 셀(more than one serving cell)이 설정되는

경우에, 단말은 임의의 서브프레임에서 (in any given subframe) 오직 하나의 서빙 셀에 대한 채널상태정보(CSI)를 전송할 수 있다.

임의의 서브프레임에서 피드백 정보의 속성에 따라 제1 서빙셀의 피드백 정보가 제2 서빙셀의 피드백 정보보다 높은 우선순위를 가지면, 제2 서빙셀의 피드백 정보가 더 낮은 우선순위를 가지고 누락(drop)될 수 있다. 피드백 정보의 우선순위는, 예를 들어, RI, (RI+I1)_WB, (RI+PTI) 또는 I1_WB 이 다른 다른 CSI 들에 비해 높은 우선순위를 가질 수 있다.

실시예 10

본 실시예 10 에서는 다중의 제어 정보가 보고될 때 제어 정보 전송의 우선순위에 대하여 설명하고, RI 및 PTI 가 누락되는 경우에 대한 피드백 방안에 대하여 이하의 실시예 10-A 및 10-B 에서 설명한다.

실시예 10-A

상기 표 38 의 Mode 2-1 과 같은 PUCCH 보고 모드가 적용되는 경우에, RI+PTI 가 다양한 이유에 의해 누락될 수 있다. 이 경우에는 가장 최근에 보고된 RI+PTI의 지시에 따라서 다음에 보고될 정보가 결정될 수 있다.

예를 들어, RI+PTI(=0)이 보고되면 후속하여 (W1)_WB 가 보고되고 (W2 + CQI)_WB 보고되도록 설정된다. 이 경우에, RI+PTI(=0)이 누락되면 후속하여 보고될 정보는 가장 마지막으로 보고된 PTI 의 값에 따라서 결정될 수 있다. 도 31 에서는, RI+PTI(=0) 가 누락되는 경우에, 마지막으로 보고된 PTI 가 1 을 지시하므로, 이에 따라 (W2 + CQI)_WB 가 보고되고 (W2 + CQI)_SB 가 보고되는 예시를 나타낸다.

실시예 10-B

상기 표 38 의 Mode 2-1 과 같은 PUCCH 보고 모드가 적용되는 경우에, RI+PTI 가 누락되면, 가장 최근에 보고된 RI 가 지시하는 랭크 값에 따라서 후속하여 보고되는 정보들이 계산/선택될 수 있다.

예를 들어, RI(=M)+PTI 이 보고되면 후속하여 전송되는 W1, W2, CQI 는 랭크-M 에 기반하여 선택/계산되어 보고되어야 한다. 이 경우에, RI(=M)+PTI 이 누락되면, 후속하여 보고될 정보는 가장 마지막으로 보고된 RI 의 랭크 값에 따라서 선택/계산될 수 있다. 도 32 에서는, RI(=M)+PTI 가 누락되는 경우에, W1_WB 가 랭크-M 이 아닌 가장 마지막으로 보고된 RI(=N)에 따라서 랭크-N 에 기초하여 선택

및 보고되는 것을 나타낸다. 이 경우에, 후속하는 W1/CQI 는 랭크-N 및 랭크-N에 기초한 W1 에 기초하여 선택/계산될 수 있다. 만약 PTI의 지시 타이밍이 결정되어 있다면, PTI의 지시는 결정된 타이밍에 따라서 보고될 수 있다.

실시예 11

본 실시예 11 에서는 PUCCH 보고 모드에 적용될 수 있는 코드북 서브샘플링 방안 및 MU-MIMO 경우와 PUSCH 보고 모드의 정의에 대해서 설명한다.

실시예 11-A

확장된 안테나 구성을 지원하는 시스템(예를 들어, 3GPP LTE 릴리즈-10 시스템)에서 기존의 PUCCH 보고 모드의 확장으로서, 상기 표 38 에서와 같은 3 가지의 PUCCH 보고 모드(Mode 1-1-1, Mode 1-1-2, Mode 2-1) (또는 모드-A, 모드-B, 모드-C)가 적용될 수 있다.

Mode 1-1-1 는 조인트 코딩된 RI 및 I1 을 보고하고, 광대역 CQI 및 광대역 I2 를 보고하는 모드이다. Mode 1-1-2 는 (RI)_WB, (I1 + I2 + CQI)_WB 를 전송하는 모드이다. Mode 2-1은 PTI 에 따라 다른 피드백 정보를 전송할 수 있다. PTI=0 인 경우에는 (RI + PTI(0)), (I1)_WB, (I2 + CQI)_WB 를 전송할 수 있다. PTI=1 인 경우에는 (RI + PTI(1)), (I2 + CQI)_WB, (I2 + CQI)_SB 를 전송할 수 있다. 한편, 본 명세서에서 2 개의 프리코더 인덱스 I1 및 I2 는 각각 W1 및 W2 로 표현될 수도 있다.

이하에서는 각각의 PUCCH 보고 모드에 대해서 코드북 서브샘플링을 적용하여 보고 대역폭 최적화를 달성하면서 PUCCH 피드백 커버리지(coverage)를 기존의 3GPP LTE 릴리즈-8/9 와 같이 유지하는 방안에 대하여 설명한다.

PUCCH 보고 모드 1-1-1 및 1-1-2 에 대하여 요구되는 시그널링 오버헤드는 상기 표 39 와 같다 (표 39 에서 Mode-A 는 PUCCH 보고 모드 1-1-1 에 해당하고, Mode-B 는 PUCCH 보고 모드 1-1-2에 해당한다).

상기 표 39 를 참조하여 알 수 있는 바와 같이, PUCCH 보고 모드 1-1-1 에서 타입-5(조인트 코딩된 RI 및 W1) 보고를 위해서 6 비트가 요구된다. RI 가 W1 과 조인트 코딩되면서 RI 및 W1 을 위해 6 비트가 할당되기 때문에, RI 전송의 커버리지가 기존의 3GPP LTE 릴리즈-8 시스템에 비하여 현저하게 낮아지게 된다. 이는 RI 검출실패 또는 성능 저하를 야기할 수 있다. 따라서, RI의 커버리지를 증가시키기 위해서 W1 을 서브샘플링하는 것을 고려할 수 있다. 한편, Mode 1-1-1

에서 타입-2a(W2 및 CQI) 보고는 타입-5 보고에 비하여 더 빈번하게 갱신되기 때문에, 타입-2a(W2 및 CQI)를 반드시 보호할 필요는 없다고 볼 수 있다. 따라서, 보고되는 대역폭이 1 비트 크기를 초과하지 않는 한, W2 에 대한 서브샘플링은 필요하지 않다.

PUCCH 보고 모드 1-1-2 에서는 RI 가 다른 CSI 정보와 조인트 코딩되지 않으므로 RI 커버리지가 기존의 3GPP LTE 릴리즈-8 시스템과 같이 유지될 수 있다. 그러나, 상기 표 39 에서 나타내는 바와 같이, 랭크 1, 2, 3, 4 에서는 타입-2b(W1+W2+CQI) 보고에 대해서 11 비트가 초과하는 시그널링 오버헤드가 요구된다. 따라서, 3GPP LTE 릴리즈-8 의 PUCCH 포맷 2 를 재사용하기 위해서는 코드북 서브샘플링이 필요하게 된다.

우선, PUCCH 보고 모드 1-1-1 에 대해 적용될 수 있는 서브샘플링 방안에 대하여 설명한다.

W1 후보는 전송 랭크에 따라서 상이한 개수일 수 있다, 즉, 상기 표 11 내지 18 에서와 같이 W1 의 후보의 개수는 랭크 1 내지 8 에 대하여 각각 16개, 16 개, 4 개, 4 개, 4 개, 4 개, 4 개, 1 개가 될 수 있다. RI 및 W1 이 조인트 코딩되어 보고되는 경우, 요구되는 시그널링 오버헤드는 6 (=ceiling(log2(53))) 비트이다. RI 커버리지를 확장하기 위해서, W1 의 서브샘플링을 통해서, 시그널링 오버헤드를 5 또는 4 비트로 줄이는 것을 고려할 수 있다. W1 의 서브샘플링의 예시들은 아래의 표 51 과 같다.

【표 51】

Alternative		W1
Alt-1	Rank-1 and 2	8 elements for each rank: (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14)
	Rank-3 and 4	4 elements for each rank: (0,1,2,3)
	Rank-5,6 and 7	2 elements for each rank: (0,1)
	Rank-8	1 element : (0)
	Total number of element	**31 elements (5bit)**
Alt-2	Rank-1 and 2	4 elements for each rank: (0, 4, 8, 12)
	Rank-3 and 4	2 elements for each rank: (0, 2)
	Rank-5,6,7 and 8	1 elements for each rank: (0)
	Total number of element	**16 elements (4bit)**

이중-단계(dual-stage) 코드북 구조에서는 빔 그룹 간에 중첩되는(overlapped) 빔들이 존재하므로, 표 51 의 Alt-1 방안에서와 같이 코드북에서 홀수 번호의 W1 만을 제외하는 방식으로 W1 에 대해서 서브샘플링이 적용되더라도 코드북의 모든 빔들이 유지될 수 있다. 그러나, 전체 코드북을 구성하기 위한 W1 및 W2 가 다른 서브프레임에서 전송되기 때문에, 서브샘플링이 적용되지 않는 전체 코드북을 사용하는 것에 비하여 성능 저하는 발생할 수 있다. 한편, 상기 표 51 의 Alt-2 방안에서와 같이 더 많은 빔들을 제외하는 서브샘플링되는 적용되는 경우에는, 코드북의 모든 빔을 유지하는 상기 Alt-1 방안과 달리 코드북에서 몇몇 빔들이 사용될 수 없으므로, 성능 저하가 발생할 수 있다.

표 52 는 8×2 SU-MIMO 방식의 전송에 있어서, 코드북 서브샘플링의 적용에 따른 PUCCH 보고 모드 1-1-1 의 시스템 레벨 성능을 나타내는 것이다. 표 52 에서는, 랭크-1 및 2 에 대해 W1 및 W2 의 비트로 4+4 를 사용하는 경우를 기준으로, Alt-1 및 Alt-2 방안이 적용될 때에, 교차-극성(cross-polarized) 및 공통-극성(co-polarized) 안테나 구성의 경우에 대한 평균 스펙트럼 효율(Spectral Efficiency; SE) 및 셀-경계(cell-edge) SE 를 나타낸다. 표 52 의 Alt-1 방안에서는 평균 SE 및 셀-경계 SE 모두에서 미미한(marginal) 성능 저하가 발생하지만, Alt-2 방안에서는 셀-경계 SE 에서 상대적으로 큰 성능 저하가 발생한다.

【표 52】

Feedback information (W1+W2 for rank-1, W1+W2 for rank-2)	Cross-polarized (4 λ) Antenna		Co-polarized (0.5 λ) Antenna	
	Average SE (bps/Hz)	Cell Edge SE (bps/Hz)	Average SE (bps/Hz)	Cell Edge SE (bps/Hz)
Reference (4+4, 4+4)	1.63 (0.00%)	0.0436 (0.00%)	1.72 (0.00%)	0.0730 (0.00%)
Alt-1 (3+4, 3+4)	1.59 (-2.00%)	0.0436 (0.00%)	1.71 (-1.00%)	0.0730 (0.00%)
Alt-2 (2+4, 2+4)	1.59 (-2.00%)	0.0404 (-7.00%)	1.68 (-2.00%)	0.0714 (-2.00%)

표 52 에서 알 수 있는 바와 같이, 5 비트로 서브샘플링된 코드북은 시스템 성능을 유지하지만, 4 비트로 서브샘플링된 코드북은 최대 7% 만큼 시스템 성능을

감소시킨다. 따라서, Alt-1 방안이 Alt-2 방안에 비하여 RI 커버리지는 상대적으로 작게 되지만, 시스템 성능의 관점에서 보다 바람직하다.

다음으로, PUCCH 보고 모드 1-1-2 에 대해 적용될 수 있는 서브샘플링 방안에 대하여 설명한다.

PUCCH 보고 모드 1-1-2 의 W1+W2+CQI 보고에 있어서, W1 및 W2 는 동일한 서브프레임에서 보고된다. 따라서, 보고 대역폭을 11 비트 이하로 유지하기 위해서는 서브샘플링이 적용될 수 있다. 전술한 바와 같이, W1 에 대해서 1 비트만큼 줄이는 서브샘플링이 적용되는 경우 (예를 들어, 16 개의 인덱스 중 8 개의 인덱스 서브셋을 선택하는 경우) 코드북의 모든 빔들을 유지할 수 있으므로, 시스템 성능 저하가 최소화될 수 있다. 그러나, 1 비트 보다 많이 W1를 서브샘플링하는 경우에는 코드북에서 특정 방향의 빔 그룹이 제외되게 되므로 시스템 성능 저하가 크게 발생할 수 있다. 따라서, 랭크 1 내지 4 에 대해서 W1 로부터 1 비트만큼을 서브샘플링하고, W2 에서 보다 많은 비트를 제외하도록 서브샘플링하는 것이 바람직할 수 있다. 이하의 표 53 은 PUCCH 보고 모드 1-1-2 에 적용될 수 있는 서브샘플링 방안의 예시들을 나타낸 것이다.

【표 53】

Alt		W1	W2
Alt-1	Rank-1	3bit : (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14)	4bit : (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15)
	Rank-2	3bit : (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14)	1bit : (0,1)
	Rank-3	1bit : (0, 2)	3bit : (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14)
	Rank-4	1bit : (0, 2)	3bit : (0,1,2,3,4,5,6,7)
	Rank-5~7	2 bit	0 bit
	Rank-8	0 bit	0 bit
Alt-2	Rank-1	3bit : (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14)	2bit : (0,1,2,3)
	Rank-2	3bit : (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14)	1bit : (0,1)
	Rank-3	1bit : (0, 2)	3bit : (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14)
	Rank-4	1bit : (0, 2)	3bit : (0,1,2,3,4,5,6,7)

	Rank -5~7	2 bit	0 bit
	Rank -8	0 bit	0 bit

표 53 에서, Alt-1 및 Alt-2 방안 모두에서, 모든 빔 그룹을 잃지 않기 위해서 랭크 1 내지 4 에 대해 W1 에 1 비트만이 감소된다. 이에 따라서, W2 는 요구되는 대역폭에 따라서 서브샘플링된다.

표 54 는 8×2 SU-MIMO 방식의 전송에 있어서, 표 53 의 Alt-1 및 Alt-2 방안이 적용되는 경우에 대한 PUCCH 보고 모드 1-1-2 의 시스템 레벨 성능을 나타내는 것이다. 표 54 에서는, 랭크-1 및 2 에 대해 W1 및 W2 의 비트로 4+4 를 사용하는 경우를 기준으로, Alt-1 및 Alt-2 방안이 적용될 때에, 교차-극성(cross-polarized) 및 공통-극성(co-polarized) 안테나 구성의 경우에 대한 평균 스펙트럼 효율(Spectral Efficiency; SE) 및 셀-경계(cell-edge) SE 를 나타낸다.

【표 54】

Feedback information (W1+W2 for rank-1, W1+W2 for rank-2)	Cross-polarized (4 λ) Antenna		Co-polarized (0.5 λ) Antenna	
	Average SE (bps/Hz)	Cell Edge SE (bps/Hz)	Average SE (bps/Hz)	Cell Edge SE (bps/Hz)
Reference (4+4, 4+4)	1.63 (0.00%)	0.0416 (0.00%)	1.72 (0.00%)	0.0736 (0.00%)
Alt-1 (3+4, 3+1)	1.60 (-2.00%)	0.0416 (0.00%)	1.68 (-2.00%)	0.0708 (-4.00%)
Alt-2 (3+2, 3+1)	1.58 (-3.00%)	0.0416 (0.00%)	1.66 (-3.00%)	0.0698 (-5.00%)

표 54 에서 나타내는 바와 같이, 8 전송 안테나에서의 몇몇 빔 조향(steering) 벡터가 W2 서브샘플링으로부터 제외되기 때문에, 교차-극성 안테나 구성에 비하여 공통-극성 안테나 구성에서 성능 저하가 상대적으로 크게 나타난다. 한편, 교차-극성 안테나 구성에 대해서는 미미한(marginal) 성능 저하가 나타난다.

따라서, 3 비트로 서브샘플링된 W1 가 이용되는 경우에 서브샘플링된 코드북을 사용함으로써 발생하는 성능 저하는 수용가능한 것으로 볼 수 있다. 따라서, PUCCH 보고 모드 1-1-2 에 대해서 Alt-1 방안을 적용하는 것이 바람직하다.

다음으로, PUCCH 보고 모드 2-1 에 대해 적용될 수 있는 서브샘플링 방안에

대하여 설명한다.

PUCCH 보고 모드 2-1 에서는 4 개의 상이한 보고 타입((RI+PTI), (W1)_WB, (W2+CQI)_WB, (W2+CQI)_SB)이 피드백될 수 있다. 보고 타입은 PTI 선택에 따라서 달라질 수 있다. 상기 표 45 에서는 PUCCH 모드 2-1 (표 45 에서는 mode-C 로 표현함)의 경우에 각각의 보고 타입에 대해서 요구되는 시그널링 오버헤드에 대해서 나타낸다. 표 45 에서는 PTI=1 에서의 (W2+CQI)_SB 보고의 경우에, 단말이 선택한 서브대역에 대한 L 비트 지시자를 포함하는 것으로 가정한다.

표 45 에서 나타내는 바와 같이, PTI 가 1 이 지시되는 경우의 랭크 2, 3 및 4 의 경우에는, (W2+CQI)_SB 및 SB 에 대한 L 비트 지시자를 보고하기 위해 요구되는 오버헤드가 11 비트를 초과하게 된다. 이에 대한 시그널링 오버헤드를 감소해야, 3GPP LTE 릴리즈-8 의 PUCCH 포맷 2 를 재사용할 수 있다. 시그널링 오버헤드 감소를 위하여 다음과 같은 2 가지 방안을 고려할 수 있다. 첫 번째 방안(option 1)은, L-비트의 선택된 대역 지시자를 사용하지 않고, 미리 약속된 SB 순환(cycling)을 새롭게 정의하는 것이다. 두 번째 방안(option 2)은, W2 를 서브샘플링함으로써 L-비트의 선택된 대역 지시자를 재사용하는 것이다.

방안 1 의 경우에, SB CQI 및 SB W2 가 PUCCH 포맷 2 를 통해서 보고될 수 있다. 그러나, 방안 1 에 따르는 경우 각각의 서브밴드에서의 CQI 보고 주기를 증가시킬 수 있으므로, 미리 정의된 SB 순환을 사용하는 것에 의해, 시간-선택적(time-selective) 채널에서 보다 민감하게 성능 저하가 발생할 수 있다. 또한, 대역폭 부분(BP) 보고 구간(duration)의 순환 사이에서 WB CQI 및 WB W2 가 보고되어야 하므로, 각각의 서브밴드에서의 CQI 보고 주기를 더욱 크게 증가시킬 수 있어서, 보다 큰 성능 저하가 나타날 수 있다.

방안 2 의 경우에, SB CQI 및 SB W2 가 L-비트의 선택된 대역 지시자와 함께 보고되므로, 랭크 2, 3 및 4 에서는 보고를 위해 요구되는 비트의 개수가 11 을 초과하게 된다. 따라서 W2 서브샘플링을 적용할 수 있으며, 아래의 표 53 에서는 W2 서브샘플링의 일례를 나타낸다.

【표 55】

Alternative	W2
Rank-1	2bit : (0,1,2,3)
Rank-2	2bit : (0,1,8,9)

Rank-3	2bit : (0,2,8,10)
Rank-4	2bit : (0,1,4,5)
Rank-5 ~ 8	0 bit

표 56 은 8×2 SU-MIMO 방식의 전송에 있어서, 전술한 2 개의 방안(option 1 및 option 2)이 적용되는 경우에 대한 PUCCH 보고 모드 2-1 의 시스템 레벨 성능을 나타내는 것이다. 표 56 에서는, 2 개의 방안이 적용될 때에, 교차-극성(cross-polarized) 및 공통-극성(co-polarized) 안테나 구성의 경우에 대한 평균 스펙트럼 효율(Spectral Efficiency; SE) 및 셀-경계(cell-edge) SE 를 나타낸다. 시스템 성능의 측정을 위해서, SB CQI 및 SB W2 가 5ms 보고 주기로 보고되고, WB W1 는 45ms 마다 갱신되는 것으로 가정한다. 또한, 방안 2 에 대해서는 2 비트로 서브샘플링된 W2 가 사용되는 것을 가정한다.

【표 56】

Feedback information (W1+W2 for rank-1)	Cross-polarized (4 λ) Antenna		Co-polarized (0.5 λ) Antenna	
	Average SE (bps/Hz)	Cell Edge SE (bps/Hz)	Average SE (bps/Hz)	Cell Edge SE (bps/Hz)
Option-1: Predefined cycling (4+4)	1.63 (0.00%)	0.0472 (0.00%)	2.24 (0.00%)	0.0892 (0.00%)
Option-2: UE band selection with W2 subsampling (4+2)	1.70 (4.00%)	0.0480 (1.00%)	2.30 (3.00%)	0.0896 (0.00%)

표 56 에서 나타내는 바와 같이, 방안 1 은 방안 2 에 비하여 평균 SE 에 있어서 3 내지 4% 의 시스템 성능 저하를 보인다. 이는, 방안 1 에서의 WB CQI/WB W2 보고 동작 주기가 방안 2 에서의 보고 주기에 비하여 더 길어지기 때문이다. 예를 들어, 시스템 대역폭이 5MHz 인 경우에 미리정의된 SB 순환이 적용되는 경우의 보고 구간을 나타내는 도 33 에서와 같이, 방안 1 에서는 모든 서브대역에 대한 CSI 를 보고하기 때문에 방안 1 에서의 WB CQI/WB W2 보고 주기가 방안 2 의 주기에 비하여 길어지게 된다.

전술한 바와 같이, 방안 2 가 방안 1 에 비하여 높은 성능을 나타내므로, 단말이 선택한 대역에 대한 L-비트 지시자를 포함하고 W2 서브샘플링을 적용하는 것이 성능

관점에서 보다 바람직하다. 또한, 단말의 대역 선택 기능은 기존의 시스템(3GPP LTE 릴리즈-8 시스템)에서 사용된 것이므로, 방안 2 의 구현의 복잡성 역시 감소하게 된다.

따라서, PUCCH 모드 각각에 대하여 적용되는 본 발명에서 제안하는 코드북 서브샘플링 방안에 따르면, 기존의 PUCCH 포맷 2 를 재사용하면서 시스템 성능의 감소를 최소화할 수 있다.

한편, 이하의 표 57 은 상기 표 52, 54 및 56 의 시스템 성능의 시뮬레이션에 적용된 파라미터들을 나타내는 것이다. 또한, 표 58, 59 및 60 은 각각 PUCCH 포맷 1-1-1, 1-1-2 및 2-1 의 시스템 성능의 시뮬레이션에 적용된 파라미터들을 나타낸 것이다.

【표 57】

Parameter	Assumption
Number of cells	57
Deployment model	Hex grid, 3 sector sites
Inter site distance	200 m
Average number of UEs per cell	10
Traffic model	Full buffer
UE speeds of interest	3 km/h
Bandwidth	5 MHz
Carrier frequency	2.5 GHz
Control OFDM symbols per RB pair	3
Max number of HARQ retransmissions	5
Channel model	ITU Urban Micro
BS antenna configuration	Two closely spaced ±45° cross-poles with 0.5 λ separation
	ULA with 0.5 λ separation and vertical polarization
UE antenna configuration	2 Rx: cross-polarized 0° /90° , 0.5 λ separation
Receiver	MMSE with no inter-cell interference suppression
Scheduler	Proportional fair in time and frequency
Channel estimation	Perfect channel estimation
Outer-loop link adaptation	Yes
Target BLER	10%
Number of RBs per subband	4 RBs
Number of Subband	8

Number of Bandwidth part	2
Frequency granularity for CQI reporting	4 RBs
Feedback delay	5 ms
Feedback codebook for 8Tx transmission	LTE-A 8Tx codebook

【표 58】

RI reporting periodicity		20 ms
CQI reporting periodicity / frequency granularity		5 ms / Wideband
PMI reporting periodicity / frequency granularity	W1	20 ms / Wideband
PMI reporting periodicity / frequency granularity	W2	5 ms / Wideband
Transmission mode		SU-MIMO (Rank adaptation - up to Rank-2)

【표 59】

RI reporting periodicity		20 ms
CQI reporting periodicity / frequency granularity		5 ms / Wideband
PMI reporting periodicity / frequency granularity	W1	5 ms / Wideband
PMI reporting periodicity / frequency granularity	W2	5 ms / Wideband
Transmission mode		SU-MIMO (Rank adaptation - up to Rank-2)

【표 60】

RI reporting periodicity		45 ms
CQI reporting periodicity / frequency granularity		5 ms / Wideband
PMI reporting periodicity /	W1	45 ms / Wideband

frequency granularity		
PMI reporting periodicity / frequency granularity	W2	5 ms / Subband
Transmission mode		MU-MIMO (Rank-1 per UE, Max 2-Layer pairing) ZF beamforming
Codebook subsampling		For UE band selection, all codebook for W1 and subsampling for W2: 2bit (0,1,2,3)

실시예 11-B

MU-MIMO 전송에 있어서는 송신단에서 송신하는 레이어의 개수와 수신단에서 수신하는 레이어의 개수의 차이가 존재한다. 또한, 수신단에서는 SU-MIMO 로 가정하여 CSI 를 보고하게 되므로, 수신단이 보고하는 채널 정보가 실제 채널 정보와 맞지 않는(mismatch) 문제가 발생할 수 있다. 예를 들어, 기존의 PUSCH 보고 모드 3-1 을 사용하는 경우에 MU-MIMO 에서의 채널상태정보를 정확하게 피드백하지 못하므로, CQI 보고를 개선하기 위한 방안이 요구된다.

이를 해결하기 위해, 기존의 PUSCH 보고 모드 3-1 에서 추가적으로 MU-MIMO 에 대한 CQI 를 보고하도록 하는 방안을 고려할 수 있다. 이에 따라, SU-MIMO 모드와 MU-MIMO 모드 간의 유연한(flexible) 스케줄링을 허용함으로써 시스템 성능을 최적화할 수 있다. 그러나, SU-MIMO 모드와 MU-MIMO 모드 간의 동적 스위칭(dynamic switching)을 지원하기 위해서, MU-MIMO CQI 는 SU-MIMO CQI 에 덧붙여져서 피드백되어야 하므로, MU-MIMO CQI 피드백을 위한 추가적인 오버헤드가 요구된다.

또 다른 해결 방안으로서, 새로운 PUSCH 보고 모드를 적용할 수 있다. 예를 들어, RI, 제 1 코드워드(CW) 에 대한 WB CQI, 제 2 CW 에 대한 WB CQI, WB W1, SB W2를 전송하는 PUSCH 보고 모드 3-2 를 적용할 수 있다. PUSCH 보고 모드 3-2 에 의해서 보다 정밀한 주파수 피드백 단위(granularity)에 대한 PMI 가 피드백될 수 있어서, 피드백 정보의 정확성이 향상될 수 있다. PUSCH 보고 모드 3-2 에서는 추가적인 MU-MIMO CQI 피드백이 요구되지 않지만, 보다 정밀한 PMI 피드백 주파수 단위를 향상시키기 위해서 피드백 오버헤드가 증가하게 된다.

아래의 표 61 은 4 전송 안테나 전송에 있어서, PUSCH 보고 모드 3-1를 적용하는

경우, 추가적인 MU-MIMO CSI 와 함께 PUSCH 보고 모드 3-1를 적용하는 경우, 및 PUSCH 보고 모드 3-2 를 적용하는 경우에 대해서 요구되는 피드백 오버헤드를 나타낸 것이다. 표 61 에서 N 은 서브대역의 개수를 나타내고, L 은 선택된 대역을 지시하기 위해 요구되는 비트의 개수를 나타낸다.

【표 61】

Feedback information	Rank-1	Rank-2~ 4
PUSCH reporting mode 3-1	CQI: 4 + 2 x N PMI: 4	CQI: (4 + 2 x N) x 2 PMI: 4
	22, 26, 34 (5, 10, 20MHz)	40, 48, 64
PUSCH reporting mode 3-1 with additional MU-MIMO CQI	CQI: (4 + 2 x N) x 2 PMI: 4	CQI: (4 + 2 x N) x 3 PMI: 4 x 2
	40, 48, 64	62, 74, 98
PUSCH reporting mode 3-2	CQI: 4 + 2 x N PMI: 4 x N	CQI: (4 + 2 x N) x 2 PMI: 4 x N
	46, 58, 82	64, 80, 112

상기 표 61 에서 나타내는 바와 같이, 2 가지의 CQI 보고 개선 방안들(MU-MIMO CQI 를 전송하는 방안과 PUSCH 보고 모드 3-2 를 사용하는 방안) 모두, PUSCH 보고 모드 3-1 에 비해서 피드백 오버헤드가 크게 증가된다. 피드백 오버헤드는 시스템 대역폭이 넓어질수록 더욱 크게 증가하게 된다. 따라서, 위와 같은 CQI 보고 개선 방안을 적용하기 위해서는 충분한 성능 이득이 있어야 한다.

이하의 표 62 내지 64 에서는 4×2 MU-MIMO 전송의 경우에 각각의 CQI 개선 방안에 따른 시스템 레벨 성능을 나타내는 것이다. 표 62 내지 64 에서는, 하나의 단말에 대해서 하나의 레이어만이 할당되는 것을 가정한다. 표 62 및 63 은 MU-MIMO 스케줄링되는 단말들의 최대 개수는 2 개인 경우이고, 표 64 는 MU-MIMO 스케줄링되는 단말들의 최대 개수가 4 개인 경우에 대한 것이다. MU-MIMO CQI 계산을 위해서, 단말은 SU-MIMO 방식과 유사하게 선호하는 빔 벡터를 찾고, 다른 간섭 빔 벡터들은 미리 정의된 것으로 가정한다. 이에 따라, 공통-채널(co-channel) 간섭을 고려하여 하나의 선호하는 빔 벡터 및 다른 간섭 빔 벡터들에 의해서 프리코더가 형성되고, 이와 같이 형성된 프리코더에 기초하여 MU-MIMO CQI 계산이 수행될 수

있다.

【표 62】

Feedback information	Cross-polarized (4 λ) Antenna		Co-polarized (0.5 λ) Antenna	
	Average SE (bps/Hz)	Cell Edge SE (bps/Hz)	Average SE (bps/Hz)	Cell Edge SE (bps/Hz)
PUSCH mode 3-1	1.70 (0.00%)	0.0560 (0.00%)	2.22 (0.00%)	0.0911 (0.00%)
PUSCH mode 3-1 with additional MU-MIMO CQI	1.70 (0.00%)	0.0559 (0.00%)	2.23 (0.00%)	0.0910 (0.00%)
PUSCH mode 3-2	1.74 (2.00%)	0.0568 (1.00%)	2.23 (0.00%)	0.0930 (1.00%)

【표 63】

Feedback information	Cross-polarized (4 λ) Antenna		Co-polarized (0.5 λ) Antenna	
	Average SE (bps/Hz)	Cell Edge SE (bps/Hz)	Average SE (bps/Hz)	Cell Edge SE (bps/Hz)
PUSCH mode 3-1	1.73 (0.00%)	0.0550 (0.00%)	2.23 (0.00%)	0.0882 (0.00%)
PUSCH mode 3-1 with additional MU-MIMO CQI	1.71 (-1.10%)	0.0540 (-1.70%)	2.21 (-1.00%)	0.0880 (-0.20%)
PUSCH mode 3-2	1.75 (1.10%)	0.0544 (-1.00%)	2.23 (0.00%)	0.0904 (2.30%)

【표 64】

Feedback information	Cross-polarized (4 λ) Antenna		Co-polarized (0.5 λ) Antenna	
	Average SE (bps/Hz)	Cell Edge SE (bps/Hz)	Average SE (bps/Hz)	Cell Edge SE (bps/Hz)
PUSCH mode 3-1	1.73 (0.00%)	0.0560 (0.00%)	2.34 (0.00%)	0.0922 (0.00%)
PUSCH mode 3-1 with additional MU-MIMO CQI	1.82 (5.20%)	0.0540 (-3.50%)	2.32 (-0.85%)	0.0918 (-0.69%)
PUSCH mode 3-2	1.79 (3.40%)	0.0564 (1.00%)	2.33 (-0.43%)	0.0921 (-0.20%)

상기 표 62 내지 64 에서와 같이 기존의 PUSCH 보고 모드 3-1에 비해서 상기 CQI 개선 방안들이 제공하는 성능 이득이 존재하는 것을 알 수 있다. 경우에 따라서는, CQI 개선 방안에 따른 성능 이득이 크지 않으므로 시그널링 오버헤드를 증가시키는 CQI 개선 방안을 적용하는 대신에 기존의 PUSCH 보고 모드 3-1 을 사용하는 것을 고려할 수도 있다.

이하의 표 65 는 서브대역의 개수 및 서브대역 지시를 위해 요구되는 비트 수를 나타내는 것이다.

【표 65】

		5 MHz (25RBs)	10 MHz (50RBs)	20 MHz (100RBs)
Mode 3-1 / 3-2	Subband size	4 RBs	6 RBs	8 RBs
	The number of subbands (N)	7	9	13

이하의 표 66 은 상기 표 62 내지 64 의 시스템 성능의 시뮬레이션에 적용된 파라미터들을 정리한 것이다.

【표 66】

Parameter	Assumption
Number of cells	57
Deployment model	Hex grid, 3 sector sites
Average number of UEs per cell	10
Traffic model	Full buffer
Bandwidth	10 MHz
Channel model	ITU Urban Micro
Antenna configuration	4Tx-2Rx
BS antenna configuration	ULA with 0.5 λ separation and vertical polarization
	Two closely spaced ±45° cross-poles with 4 λ separation
UE antenna configuration	ULA with, 0.5 λ separation
	Cross-polarized 0° /90° , 0.5 λ separation
Receiver	MMSE with no inter-cell interference suppression
Scheduler	Proportional fair in time and frequency
Channel estimation	Perfect channel estimation

Outer-loop link adaptation		Yes
Target BLER		10%
Max number of HARQ retransmissions		5
PUSCH Feedback Mode 3-1	Number of RBs per subband	6 RBs
	CQI reporting periodicity / frequency granularity	5 ms / Subband
	PMI reporting periodicity / frequency granularity	5 ms / Wideband
PUSCH Feedback Mode 3-2	Number of RBs per subband	6 RBs
	CQI reporting periodicity / frequency granularity	5 ms / Subband
	PMI reporting periodicity / frequency granularity	5 ms / Subband
Feedback delay		5 ms
RI reporting periodicity		20 ms
Feedback codebook		Release-8 HH
Transmission mode		MU-MIMO : ZF beamforming, Rank-1 per UE, Max 2 Layer pairing
CQI reporting type		SU-MIMO based CQI MU-MIMO based CQI [4]
Overhead	PDCCH	3 OFDM symbols
	CRS	2-Tx pattern
	DMRS	12 REs per RB for rank-1 and 2

실시예 12

본 실시예 12 에서는 W1 및 W2 가 조인트 코딩되는 경우에 적용될 수 있는 W1 및 W2 의 서브샘플링 방안에 대하여 설명한다.

상기 표 38 의 PUCCH 보고 모드 1-1-2 의 경우에, W1 및 W2 가 WB CQI 와 함께 전송된다 (표 38 에서는 W1 및 W2 를 I1 및 I2 으로 나타낸다). 기존의 3GPP LTE 릴리즈-8 의 PUCCH 보고 방식에서의 에러 발생확률과 동일한 수준을 가지도록

피드백 모드를 설정하기 위해서, 각각의 랭크의 프리코더에 대한 비트는 4 비트 크기를 가지도록 설계할 수 있다.

예를 들어, 표 67 과 같이 각각의 랭크에 따른 W1 및 W2 의 비트수를 설정할 수 있다. 표 67 에서 설명하는 W1 및 W2 에 대한 인덱스는 상기 표 11 내지 14 에서 나타내는 코드북에 대한 인덱스 (i1, i2) 에 해당한다.

【표 67】

	W1	W2
Rank-1	3bit: {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14}	1bit: {0, 2}
Rank-2	3bit: {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14}	1bit: {0, 1}
Rank-3	1bit: {0, 2}	3bit: {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14}
	1bit: {0, 2}	3bit: {2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15}
	1bit: {0, 2}	3bit: {0, 1, 2, 3, 8, 9, 10, 11}
	1bit: {0, 2}	3bit: {2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13}
Rank-4	1bit: {0, 2}	3bit: {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}

실시예 13

본 실시예 13 에서는 PUCCH 보고 모드 2-1 에 적용될 수 있는 W2 서브샘플링 방안에 대하여 설명한다.

상기 표 38 에서 설명한 PUCCH 보고 모드 2-1 에서, PTI=1 인 경우에 SB CQI 가 전송될 때, SB CQI 는 대역폭 부분(BP) 내에서 선택될 수 있다. 즉, 제 1 보고 시간에 WB CQI와 WB W2가 보고되고, 제 2 보고 시간에 어떤 BP 내에서 선택된 SB CQI, 선택된 대역 인덱스 및 SB W2가 보고된다 (표 38 에서는 W1 및 W2 를 I1 및 I2 으로 나타낸다). 제 3 보고 시간에는, 제 2 보고 시간에 고려된 BP 와 다른 BP 내에서 선택된 SB CQI, 선택된 대역 인덱스 및 SB W2가 보고된다.

여기서, SB CQI 는 4 비트 또는 7 비트로 표현된다. 선택된 대역 인덱스는 2 비트로 표현되고, SB W2 는 4 비트로 표현된다. 이를 고려하면, 하나의 보고 시간 (즉, 하나의 서브프레임) 에서 전송되어야 하는 비트의 총합으로 10 또는 13 비트가 요구된다. 그러나, 전술한 바와 같이 PUCCH 를 통해 (예를 들어, PUCCH 포맷 2 를 사용하는 경우) 전송될 수 있는 피드백 정보의 비트 수가 11 비트로 제한되는 것을 고려하면, 랭크-2 이상에서 2 비트를 줄여야 한다.

W2 에서 2 비트를 줄이는 방안으로서, 다음의 표 67 과 같은 W2 서브대역 보고를 적용할 수 있다. 표 68 은 8 전송 안테나 전송의 경우에, 랭크-2, 3 및 4 에 있어서

W2 서브샘플링을 적용하는 일례를 나타내는 것이다.

【표 68】

	W2
Rank-2	2bit: {0,2,4,6}
Rank-3	2bit: {0,4,8,12}
	2bit: {2,3,10,11}
Rank-4	2bit: {0,2,4,6}

또한, W2 의 서브샘플링을 적용하는 경우에, W1 및 W2 를 통해서 프리코더가 특정되므로, 프리코더 요소의 누락을 피하기 위해서 W1 에 대해서는 서브샘플링을 적용하지 않는 것을 고려할 수 있다. 또는 피드백 오버헤드를 더욱 줄이기 위해서 W1 가 최대 3 비트를 가지도록 설정할 수도 있다. 표 69 는 W2 의 서브샘플링이 적용되는 경우의 W1 의 비트수 설정의 일례를 나타내는 것이다.

【표 69】

	W1 (no sub-sampling)	W1 (max 3-bit)
Rank-1	4bit	3bit
Rank-2	4bit	3bit
Rank-3	2bit	2bit
Rank-4	2bit	2bit

본 실시예 13 에 있어서 W2 를 2 비트로 서브샘플링하는 구체적인 방안으로서 전술한 본 발명의 다양한 실시예들에서 설명한 방안이 적용될 수 있다.

실시예 14

본 실시예 14 에서는 다중-반송파 전송을 위한 채널 상태 보고의 구체적인 방안에 대하여 설명하고, 다중-반송파 전송의 경우에 피드백 정보의 전송 우선순위를 설정함으로써 상이한 피드백 정보가 충돌하는 경우에 어떤 피드백 정보를 누락(drop)할 것인지에 대해서 설명한다. 이하의 설명에 있어서, 다중 반송파 또는 반송파 병합이 적용된다는 의미는, 1 개 보다 많은 반송파(또는 서빙 셀) (more than one seving cell)가 설정(configure)된다는 의미이다. 즉, 본 실시예는 단말에게 복수개의 반송파(또는 셀)가 설정되는 경우에 대해 적용 가능함을 명시한다.

하향링크 다중-반송파 전송에 대한 주기적 CQI/PMI/RI 보고에 있어서, 기존의 3GPP LTE 릴리즈-8 에서 정의된 바와 같이 상위 계층 설정 파라미터를 통해서 각각의 하향링크 반송파에 대해서 독립적으로 주기적 피드백 방식이 설정될 수 있다.

PUCCH 및 PUSCH 가 동시에 설정되지 않는 경우에는 하나의 서브프레임에서 하나의 DL 반송파만에 대한 주기적 CQI/PMI/RI 가 보고될 수 있다. 어떤 DL 반송파에 대한 주기적 CQI/PMI/RI 를 보고할 것인지에 대해서 우선순위(priority)가 설정될 수 있다. 우선순위 설정과 관련하여, 보고 모드 또는 타입에 기반하여 반송파들 간의 우선순위가 설정될 수 있다. 만약 보고 모드/타입이 동일한 경우에는, 반송파들 간의 우선순위가 상위 계층(예를 들어, RRC)에 의해서 설정될 수 있다. 이와 같은 피드백 전송의 우선순위 설정은, PUSCH 없이 피드백이 전송되는 경우 및 PUSCH 와 함께 피드백이 전송되는 경우 모두에 대해서 적용될 수 있다. 하나의 서브프레임에서 하나의 DL 반송파만에 대한 CQI/PMI/RI 가 보고되므로, 다른 DL 반송파에 대한 CQI/PMI/RI 는 누락(drop)될 수 있다. 피드백되는 것으로 결정되는 하나의 DL 반송파에 대해서, 3GPP LTE 릴리즈-8 에서 정의하는 바와 같은 RI, WB CQI/PMI, SB CQI 가 충돌하는 경우의 우선순위 설정 (즉, RI > WB CQI/PMI, WB CQI, SB CQI) 에 따라 피드백 정보들이 전송될 수 있다.

PUCCH 및 PUSCH 가 동시에 설정되지 않는 경우에 HARQ A/N 정보 없이 주기적 CQI/PMI/RI 만이 전송되는 경우에는, PUSCH 가 이용가능하지 않다면 PUCCH 를 통해서 CQI/PMI/RI 가 전송될 수 있다. 한편, PUSCH 가 이용가능하다면 PUSCH 를 통해서 CQI/PMI/RI 가 전송될 수 있다.

PUCCH 를 통한 주기적 CQI/PMI/RI 보고에 있어서 전술한 바와 같이 다양한 PUCCH 보고 모드 및 보고 타입이 설정될 수 있다.

PUCCH 보고 모드로서, 2 또는 4 전송 안테나 전송에 대해서는, 모드 1-0, 모드 1-1, 모드 2-0, 모드 2-1 이 설정될 수 있고, 8 전송 안테나 전송에 대해서는 모드 1-1-1, 모드 1-1-2, 모드 2-1 이 설정될 수 있다.

본 명세서 전체에 설명하는 내용에 있어서, 8 전송 안테나 전송을 위한 피드백 모드는, 3GPP LTE 릴리즈-10 에서 정의하는 하향링크 전송 모드 9 를 위한 피드백 모드라고 표현할 수 있다. 하향링크 전송 모드 9 는 8 레이어 전송을 지원하는 하향링크 전송 모드이다. 또한, 2 또는 4 전송 안테나 전송을 위한 피드백 모드는 하향링크 전송 모드 9 를 제외한 전송 모드들에 대해서 사용되는 피드백 모드라고

표현할 수도 있다. 예를 들어, 8 전송 안테나 전송을 위한 보고 모드 2-1 는 전송 모드 9 에 대해 사용된다고 표현할 수 있다. 또한, 전술한 바와 같이, 보고 모드 1-1-1 은 전송 모드 9 를 위해 설정된 보고 모드 1-1 의 하위-모드(sub-mode) 1 을 의미하고, 보고 모드 1-1-2 는 전송 모드 9 를 위해 설정된 보고 모드 1-1 의 하위-모드 2 를 의미한다.

PUCCH 보고 타입은 표 70 과 같이 설정될 수 있다.

【표 70】

Reporting Type	Contents
Type 1	CQI feedback for the UE selected sub-bands
Type 1a	Subband CQI and second PMI feedback
Type 2/2b/2c	Wideband CQI and PMI feedback
Type 2a	Wideband PMI feedback
Type 3	RI feedback
Type 4	Wideband CQI
Type 5	RI and wideband PMI feedback
Type 6	RI and PTI feedback

위와 같은 PUCCH 보고 타입들에 대해 적용될 수 있는 우선순위에 대해서 설명한다. 단일 반송파 상에서의 주기적 CSI 보고에 있어서는, PUCCH 보고 타입 3, 5 또는 6 이 가장 긴 보고 주기를 가진다. 또한, PUCCH 보고 타입 1, 1a, 2, 2a, 2b 및 4 의 피드백 정보들은 보고된 RI, wb 1st PMI 또는 PTI에 기초하여 결정된다. 따라서, PUCCH 보고 타입 3, 5 또는 6 이 PUCCH 보고 타입 1, 1a, 2, 2a, 2b, 2c 또는 4 와 충돌하는 경우에는 PUCCH 보고 타입 1, 1a, 2, 2a, 2b, 2c 이 낮은 우선순위를 가지고 누락될 수 있다.

한편, 상기 실시예 6 에서 설명한 바와 같이, 다중의 제어 정보들의 충돌 시에 적용되는 전송 우선순위는, SR, HARQ-ACK, UL-SCH(서브프레임 묶음 동작의 경우) > RI > WB CQI/PMI, WB CQI, SB CQI 가 적용될 수 있다. 예를 들어, SR 제어 정보와 CQI/PMI/RI 가 동일한 서브프레임에서 충돌하는 경우에는 CQI/PMI/RI 가 누락되고 SR 이 전송될 수 있다.

전술한 사항을 바탕으로, 피드백 우선순위 설정에 대한 본 발명에서 제안하는 실시예에 대하여 설명한다.

방안 1 로서, 보고 타입을 기준으로 피드백 우선순위를 결정할 수 있다.

방안 2 로서, 상이한 DL 반송파에 대한 피드백을 수행할 때에 동일한 보고

타입이 충돌하는 경우에는, 보고 모드에 따라서 피드백 우선순위를 결정할 수 있다.

방안 3 으로서, 보고 타입을 그룹화하여 보고 타입 그룹을 기준으로 피드백 우선순위를 결정할 수 있다.

방안 4 로서 상이한 DL 반송파에 대한 피드백을 수행할 때에 동일한 보고 타입 그룹이 충돌하는 경우에는, 보고 모드에 따라서 피드백 우선순위를 결정할 수 있다.

전술한 바와 같은 PUCCH 보고 모드는 다수의 보고 타입의 조합으로 구성된다. 이를 정리하면 표 71 과 같이 나타낼 수 있다. 표 71 에서 wb 는 광대역(wideband)에 대한 피드백 정보를 나타내고, sb 는 서브대역(subband)에 대한 피드백 정보를 나타내며, 1st PMI 는 프리코더 인덱스 1 (즉, 전술한 설명에서 i1 또는 W2에 대응함)을 나타내고, 2nd PMI 는 프리코더 인덱스 2 (즉, 전술한 설명에서 i2 또는 W2에 대응함) 을 나타낸다.

【표 71】

Tx	Reporting Mode	Reporting Type		
For 2, 4Tx	Mode 1-0	Type 3 (RI)	Type 4 (wbCQI)	-
	Mode 1-1	Type 3 (RI)	Type 2 (wbCQI+wbPMI)	-
	Mode 2-0	Type 3 (RI)	Type 4 (wbCQI)	Type 1 (sbCQI)
	Mode 2-1	Type 3 (RI)	Type 2 (wbCQI+wbPMI)	Type 1 (sbCQI)
For 8Tx	Mode 1-1-1 (Sub-mode 1 of Mode 1-1)	Type 5 (RI+wb 1st PMI)	Type 2b (wbCQI+wb 2nd PMI)	-
	Mode 1-1-2 (Sub-mode 2 of Mode 1-1)	Type 3 (RI)	Type 2c (wbCQI+wb 1st PMI+wb 2nd PMI)	-
	Mode 2-1 for Transmission Mode 9	Type 6 (RI+PTI)	Type 2a (wb 1st PMI)	Type 2b (wbCQI+wb 2nd PMI)
		Type 6 (RI+PTI)	Type 2b (wbCQI+wb 2nd PMI)	Type 1a (sbCQI+sb 2nd PMI)

다음으로, 전송 주기 및 피드백 정보의 속성에 따라서 보고 타입들은 다음의 표 72 와 같이 그룹화될 수 있다.

【표 72】

A	B	C	D
Type 3. RI Type 5. RI+wb 1st PMI Type 6. RI+PTI	Type 2a. wb 1st PMI	Type 4. wb CQI Type 2. wb CQI+ wb PMI Type 2b. wbCQI+wb 2nd PMI Type 2c. wbCQI + wb 1st PMI + wb 2nd PMI	Type 1. sb CQI Type 1a. sb CQI + sb 2nd PMI

상기 표 71 에서 보고 타입 그룹 A 는 RI 를 포함하는 피드백 정보들의 집합으로 구성되고, 보고 타입 그룹 B 는 wb 1st PMI 를 포함하는 피드백 정보들의 집합으로 구성되고, 보고 타입 그룹 C 는 wb CQI 를 포함하는 피드백 정보들의 집합으로 구성되며, 보고 타입 그룹 D 는 sb CQI 를 포함하는 피드백 정보들의 집합으로 구성된다.

이에 따라, 전술한 방안 3에서 제안한 바와 같이, 보고 타입 그룹에 따라서 피드백 우선순위를 설정할 수 있다. 각 피드백 정보의 속성에 기초하여 우선순위를 설정하는 본 발명의 예시들에 대하여 구체적으로 설명한다.

RI 정보는 간헐적으로 보고되는 정보다. RI 정보가 보고되지 않는다면, RI는 상당히 긴 보고주기를 가지기 때문에 다음 RI 보고까지는 오래된(또는 잘못된) 랭크 정보가 적용될 수 있으므로, 이에 따라 성능 열화를 가져올 수 있다. 따라서 다른 피드백 정보들과 비교할 때, RI 는 높은 우선순위를 갖도록 설정할 수 있다. 보고 타입 3, 5 및 6 과 같이 RI를 포함하고 있는 그룹 A(즉, RI 보고 그룹)는 CQI/PMI 를 포함하는 그룹들에 비하여 높은 피드백 우선순위를 갖도록 할 수 있다.

다음으로, wb 1st PMI는 wb CQI/wb 2nd PMI/sb CQI/sb 2nd PMI 등을 선택/계산하는 기초가 되는 정보이다. 만약 wb 1st PMI가 보고되지 않는다면, 이 후에 보고되는 CQI/PMI 정보들을 선택/계산되기 어렵다. 따라서 wb 1st PMI는 wb CQI/wb 2nd PMI/sb CQI/sb 2nd PMI 보다 높은 피드백 우선순위를 가지도록 할 수 있다. wb 1st PMI의 보고 주기는 RRC 시그널링을 통해 결정될 수 있는데, RI 정보가 보고되는 주기 내에서 반복적으로 보고가 될 수 있도록 wb 1st PMI의 보고 주기를 결정할 수 있다.

다음으로, wb CQI와 sb CQI 정보의 우선순위를 결정하는데 있어서, 보고의 빈도와 의존성(dependency)를 고려해 볼 수 있다. 2 및 4 전송 안테나 전송에 대한 PUCCH 피드백 모드 2-1에서 wb CQI+wb PMI 정보가 전송된 후 보고된 wb PMI를 기반으로 sb CQI를 계산하게 된다. 따라서 sb CQI는 wb CQI+wb PMI에 의존성을 가진다고 할 수 있다. 또한 sb CQI 정보는 성능을 개선하기 위한 보조 정보로서 인식될 수 있으며, wb CQI 정보보다 빈번하게 전송된다. 따라서, wb CQI 정보는 sb CQI 정보보다 높은 우선순위를 갖도록 설정할 수 있다. 보고 타입 4, 2, 2b, 2c 과 같이 wb CQI를 포함하는 그룹 C(즉, wb CQI 보고 그룹)는, 보고 타입 1, 1a 와 같이 sb CQI 를 포함하는 그룹 D(즉, sb CQI 보고 그룹)에 비하여 높은 피드백 우선순위를 갖도록 설정할 수 있다.

전술한 사항을 바탕으로, 서로 다른 보고 타입 그룹 A, B, C, D 가 동일한 서브프레임에서 충돌하는 경우에, 우선순위 설정은 다양한 방식으로 정의될 수 있다. 다음의 표 73 은 우선순위 설정의 예시들을 나타내는 것이다.

【표 73】

Ex1	A > B > C > D
Ex2	A = B > C > D
Ex3	A > B = C > D
Ex4	B > A > C > D

표 73 의 예시 1 번은 RI 를 포함하는 그룹이 가장 높은 우선순위를 가지고, wb 1st PMI 를 포함하는 그룹, wb CQI 를 포함하는 그룹, sb CQI 를 포함하는 그룹의 순서대로 그 다음의 우선순위를 설정하는 예시이다. 예시 2 번은 RI 를 포함하는 그룹과 wb 1st PMI 를 포함하는 그룹이 동일한 우선순위를 가지고, wb CQI 를 포함하는 그룹, sb CQI 를 포함하는 그룹의 순서대로 그 다음 우선순위를 설정하는 예시이다. 예시 3 번은 RI 를 포함하는 그룹이 가장 높은 우선순위를 가지고, 그 다음 우선순위로서 wb 1st PMI 를 포함하는 그룹과 wb CQI 를 포함하는 그룹이 동일한 우선순위를 가지며, sb CQI 를 포함하는 그룹이 가장 낮은 우선순위를 가지는 예시이다. 예시 4 번은 wb 1st PMI 를 포함하는 그룹이 가장 높은 우선순위를 가지고, RI 를 포함하는 그룹, wb CQI 를 포함하는 그룹, sb CQI 를 포함하는 그룹의 순서대로 그 다음의 우선순위를 설정하는 예시이다.

한편, 전술한 방안 4와 같이 동일한 보고 타입 그룹에 속한 피드백 정보들에

대해서 보고 모드에 따라 피드백 우선순위를 설정할 수 있다.

예를 들어, 8 전송 안테나 전송에 대한 보고 모드 2-1 은, 2 또는 4 전송 안테나 전송에 대한 보고 모드 1-0, 1-1, 2-0 또는 2-1 과 8 전송 안테나 전송에 대한 보고 모드 1-1-1 또는 1-1-2 보다 높은 우선순위를 가지도록 설정할 수 있다. 이에 따라, 하나의 보고 타입 그룹 내에서 각 보고 타입의 우선순위를 결정할 수 있다.

예를 들어, 그룹 A(RI를 포함하는 보고 타입의 그룹)에는 보고 타입 3, 5 및 6이 속한다. 보고 타입 6은 8 전송 안테나 전송을 위한 피드백 모드 2-1을 구성하기 위해 사용된다. 보고 타입 3 은 2 또는 4 전송 안테나 전송을 위한 보고 모드 1-0, 1-1, 2-0, 2-1 을 구성하기 위해 사용된다. 보고 타입 5 는 8 전송 안테나 전송을 위한 보고 모드 1-1-1, 1-1-2 를 구성하기 위해 사용된다. 여기서, 8 전송 안테나 전송을 위한 보고 모드 2-1에서는, RI와 함께 전송되는 PTI 값에 따라 이후에 보고되는 프리코딩 타입이 결정된다. 따라서 RI+PTI 는 RI 만의 전송 또는 RI+PMI의 전송에 비하여 높은 중요도를 가지도록 할 수 있다.

또한, 그룹 C(wb CQI를 포함하는 보고 타입의 그룹)에는 보고 타입 4, 2, 2b, 2c가 속한다. 보고 타입 4, 2, 2b는 sb CQI 보고 모드 2-0, 2-1 및 8 전송 안테나 전송을 위한 보고 모드 2-1을 위해 사용된다. 또한, 보고 타입 4, 2, 2b는 wb CQI 보고 모드 1-0, 1-1 및 8 전송 안테나 전송을 위한 보고 모드 1-1-1을 위해 사용된다. 여기서, sb CQI 보고에서 보고 타입 4, 2, 2b는 그 이후에 보고되어야 하는 피드백 정보들을 위해 항상 사용되어야 하는 정보이기 때문에 높은 중요도를 가지도록 설정할 수 있다. 따라서 같은 보고 타입의 피드백 정보라고 하더라도, 어떤 피드백 모드에서 전송되느냐에 따라서 그 중요도가 결정될 수 있다.

이에 따라, 보고 타입 그룹 내에서 각각의 보고 타입들의 우선순위 설정에 대한 예시는 다음의 표 74 와 같이 나타낼 수 있다.

【표 74】

Group	Priority
A	type 6 > type 5 > type 3
A	type 6 > type 5, type 3
C	type 2b for reporting mode 2-1 > type 2b for reporting mode 1-1-1
C	type 2 for reporting mode 2-1 > type 2 for reporting mode 1-1
C	type 4 for reporting mode 2-0 > type 4 for reporting mode 1-0

피드백 우선순위 설정에 대한 본 발명에서 제안하는 추가적인 실시예에 대하여

이하에서 설명한다.

방안 5 로서, 보고 타입 또는 보고 타입 그룹 별로 우선순위를 주고, 동일한 보고 타입 그룹에 속한 보고 타입들 간에 대해서는, 하향링크 반송파 별로 RRC 설정에 의해 주어지는 우선순위를 따라서 보고 타입의 우선순위가 설정될 수 있다.

방안 6 으로서, 보고 타입 또는 보고 타입 그룹 별로 우선순위를 주고, 동일한 보고 타입 그룹에 속한 보고 타입들 간에 대해서는 RRC 설정에 의해서 우선순위가 설정될 수 있다.

상기 표 72 와 같이 보고 타입의 그룹이 설정되고, 상기 표 73 의 예시 1 번과 같이 보고 타입 그룹 간의 우선순위가 설정되는 경우 (즉, A>B>C>D), 다중-반송파 전송의 상황에서 각각의 하향링크 반송파에 대한 피드백 보고에 있어서의 각각의 보고 타입에 대한 우선순위는, 보고 타입 그룹의 우선순위에 따라서 설정될 수 있다.

예를 들어, 보고 타입 3, 5 또는 6 가 보고 타입 1, 1a, 2, 2a, 2b, 2c 또는 4 와 충돌하는 경우에, 보고 타입 1, 1a, 2, 2a, 2b, 2c 또는 4 은 낮은 우선순위를 가지고 누락될 수 있다. 보고 타입 2a 가 보고 타입 1, 1a, 2, 2b, 2c 또는 4 와 충돌하는 경우에, 보고 타입 1, 1a, 2, 2b, 2c 또는 4는 낮은 우선순위를 가지고 누락될 수 있다. 보고 타입 2, 2b, 2c 또는 4 가 보고 타입 1 또는 1a와 충돌하는 경우에, 후자의 보고 타입 1, 1a 는 낮은 우선순위를 가지고 누락될 수 있다.

다음으로, 상기 표 72 와 같이 보고 타입의 그룹이 설정되고, 상기 표 73 의 예시 2 번과 같이 보고 타입 그룹 간의 우선순위가 설정되는 경우 (즉, A=B>C>D), 다중-반송파 전송의 상황에서 각각의 하향링크 반송파에 대한 피드백 보고에 있어서의 각각의 보고 타입에 대한 우선순위는, 보고 타입 그룹의 우선순위에 따라서 설정될 수 있다.

예를 들어, 보고 타입 3, 5, 6 또는 2a이 보고 타입 4, 2, 2b, 2c, 1 또는 1a와 충돌되는 경우, 보고 타입 4, 2, 2b, 2c, 1 또는 1a는 낮은 우선 순위를 갖고 누락될 수 있다. 또한, 보고 타입 4, 2, 2b 또는 2c이 보고 타입 1 또는 1a 와 충돌되는 경우, 보고 타입 1 또는 1a는 낮은 우선 순위를 갖고 누락될 수 있다.

다음으로, 상기 표 72 와 같이 보고 타입의 그룹이 설정되고, 상기 표 73 의 예시 3 번과 같이 보고 타입 그룹 간의 우선순위가 설정되는 경우 (즉, A>B=C>D), 다중-반송파 전송의 상황에서 각각의 하향링크 반송파에 대한 피드백 보고에

있어서의 각각의 보고 타입에 대한 우선순위는, 보고 타입 그룹의 우선순위에 따라서 설정될 수 있다.

예를 들어, 보고 타입 3, 5 또는 6이 Type 2a, 4, 2, 2b, 2c, 1 또는 1a와 충돌되는 경우, 보고 타입 2a, 4, 2, 2b, 2c, 1 또는 1a는 낮은 우선 순위를 갖고 누락될 수 있다. 또한, 보고 타입 2a, 4, 2, 2b 또는 2c이 보고 타입 1 또는 1a와 충돌되는 경우, 보고 타입 1 또는 1a는 낮은 우선 순위를 갖고 누락될 수 있다.

이하에서는, 다중 반송파 전송의 경우에 어떤 반송파에 대한 주기적 CSI 보고에 우선순위를 줄 것인지에 대하여 전술한 사항들을 바탕으로 보다 구체적으로 설명한다. 다중 반송파 전송의 경우에는 주기적 CSI 보고에 있어서, 주기적 PUCCH 보고에 대한 상위 계층 설정 파라미터들이 각각의 하향링크 반송파에 대해서 독립적으로 결정되므로, 단일 반송파 전송의 경우에 비하여 보고 타입들이 충돌하는 경우가 더 다양하게 발생한다.

상기 표 71 과 같이 하향링크 전송 모드 9 및 이외의 전송 모드에 대한 PUCCH 보고 모드 및 보고 타입이 설정되는 경우를 가정한다. 예를 들어, 단일 반송파 전송에 대한 주기적 CSI 보고에 있어서는 PUCCH 보고 타입 1 과 2 가 충돌하는 경우가 발생하지 않지만, 다중 반송파 전송의 경우에는 이들 간의 충돌이 발생할 수도 있다. 따라서, 이에 대한 해결방안이 요구된다.

다중 반송파 전송에 대한 주기적 CSI 보고에 있어서, 전술한 바와 같이 보고 모드에 기초한 우선순위에 따라서 하향링크 반송파 (또는 DL cell) 선택이 가능하다. 그러나, 보고 모드에 기초하여 주기적 CQI/PMI/RI 보고에 대한 DL 반송파 선택의 우선순위를 적용하는 것을 전제 조건으로서 적용하는 경우에, 활성화된(activated) DL 반송파에 대해서 필수적인(essential) 보고 정보들이 자주 누락되는 경우가 발생할 수 있다. 또한, 보고 타입의 충돌의 경우에서와 마찬가지로, 주기적 CQI/PMI/RI 보고에 대하여 RRC 설정된 규칙에 따라서 DL 반송파 선택의 우선순위를 적용할 수도 있는 점을 고려해야 한다. 따라서, 다중 반송파가 설정되는 상황에서 보고 모드에 기초한 DL 반송파 선택의 우선순위를 적용하는 경우에 불명확성이 존재하게 된다. 반면, 보고 타입에만 기초하여 보고 우선순위를 결정하는 것은 중요한 피드백 정보의 누락을 방지하고 단순하게 구현가능하다는 장점이 있다.

따라서, 상기 표 72 와 같이 보고 타입을 그룹화하고 보고 타입 그룹에 따른 피드백 우선순위를 A>B=C>D 와 같이 적용할 수 있다. 그 하나의 방안으로, 반송파

병합의 경우에, 가장 높은 우선순위를 가지는 보고 타입들(보고 타입 3, 5 또는 6)이 그 우선순위를 유지하고, DL 반송파는 보고 타입에 기초한 우선순위에 따라서 결정될 수 있다.

다음으로, wb 1st PMI 를 포함하는 PUCCH 보고 타입 2a의 우선순위를 결정하는 것에 대하여 구체적으로 설명한다.

도 34 는 상기 표 71 에서 설명한 전송 모드 9 에 대한 주기적 PUCCH 보고 모드 2-1 의 보고 주기를 나타내는 도면이다. 전송 모드 9 에 대한 주기적 PUCCH 보고 모드 2-1 의 보고 주기는, 보고 타입 및 PTI 설정에 따라서 결정될 수 있다. 도 34 를 참조하면, 보고 타입 6 (RI+PTI) 는 $(J \cdot K+1) \cdot N_{pd} \cdot M_{RI}$ 의 보고 주기를 가질 수 있다. 도 34(a)에서 나타내는 바와 같이, PTI=0 의 경우에는, 보고 타입 2a (wb 1st PMI) 가 $M \cdot N_{pd}$ $where M = \{2,4\}$ 의 보고 주기를 가지고, 보고 타입 2b (wb 2nd PMI 및 wb CQI) 보고 타입 2a 전송 이후 N_{pd} 의 타이밍에서 보고될 수 있다. 또한, PTI=1 의 경우에는, 보고 타입 2b 가 $(J \cdot K+1) \cdot N_{pd}$ 의 보고 주기를 가지고, 보고 타입 1a (sb 2nd PMI 및 sb CQI)가 보고 타입 2b 전송 이후 N_{pd} 의 타이밍에서 보고될 수 있다. 도 34 에서는 M=2 인 경우에 대한 8 안테나 포트의 CSI-RS 를 통한 하향링크 전송 모드 9 에 대한 PUCCH 보고 모드 2-1 의 보고 주기의 일례를 나타낸 것이다.

도 34(a)에서 도시하는 바와 같이, PTI=0 의 경우에 보고 타입 2a 는 보고 타입 2b 와 동일한 주기를 가질 수 있다. 또한, 도 34(b)에서 도시하는 바와 같이, PTI=1 인 경우에 보고 타입 2a 의 보고 주기는 보고 타입 2b 의 보고 주기에 비하여 훨씬 짧을 수도 있다.

만약, 보다 긴 보고 주기를 가지는 보고 타입이 더 높은 우선순위를 가지도록 하는 우선순위 규칙을 단순하게 적용한다면, 보고 타입 2b 가 보고 타입 2a 에 비하여 더 높은 우선순위를 가져야 할 것이다. 그러나, 8 전송 안테나 전송에 대한 코드북 구조에 있어서, 보고 타입 2a (wb 1st PMI) 가 장-기간(long-term) 공간 채널 정보를 포함하고, 보고 타입 2b (wb 2nd PMI 및 wb CQI) 가 단-기간(short-term) 공간 채널 정보에 보다 더 관련되어 있다. 따라서, 보고 타입 2a 가 보고 타입 6 (RI+PTI) 을 제외한 다른 보고 타입들 보다 높은 우선순위를 가지도록 하는 것이 바람직하다. 따라서, 다중-반송파 상황에서 전송 모드 9 에 대한 PUCCH 보고 모드 2-1 에 대해서, 보고 타입 2a 가 보고 타입 1, 1a, 2, 2b, 2c 및 4에 비해서 높은 우선순위를

가지도록 할 수 있다.

전술한 바에 따라서, 다중 반송파 전송의 경우에 주기적 CQI/PMI/RI 보고에 대한 DL 반송파 (또는 DL cell) 선택의 우선순위에 대한 전반적인 규칙을 정리하면 다음과 같다.

어떤 DL 반송파의 CSI 를 피드백할 것인지에 대한 우선순위로서, CSI 피드백의 보고 타입에 기초하여 활성화된 DL 반송파들 간의 우선순위를 정할 수 있다. 이를 위하여, 상기 표 72 와 같이, RI 를 포함하는 그룹 A (보고 타입 3, 5, 6), CQI 없이 wb 1st PMI 를 포함하는 그룹 B (보고 타입 2a), wb CQI 를 포함하는 그룹 C (보고 타입 2, 2b, 2c, 4) 및 sb CQI 를 포함하는 그룹 D (보고 타입 1, 1a) 로 보고 타입들을 분류하고, 각 보고 타입 그룹의 우선순위는 A>B>C>D 로 정의할 수 있다. 만약 보고 타입의 우선순위가 동일한 경우에는 활성화된 DL 반송파들 간에 RRC 설정된 우선순위에 따라서 어떤 DL 반송파의 CSI 를 피드백할 것인지를 결정할 수 있다. 이와 같이 결정된 DL 반송파에 대한 CQI/PMI/RI 를 전송하고, 다른 DL 반송파에 대한 CQI/PMI/RI 는 누락할 수 있다.

만약 동일한 PUCCH 보고 타입이 충돌하는 경우에는, 상위 계층에 의해서 활성화된 DL 반송파(DL cell)들 간에 가장 높은 우선순위가 설정되는 DL 반송파의 PUCCH 보고 타입이 보고되고, 다른 DL 반송파들에 대한 CQI/PMI/RI 는 누락될 수 있다. 예를 들어, DL 반송파 (DL cell) #1 에 대한 CSI 로서 PUCCH 보고 타입 6 이 특정 타이밍 x 에서 전송되도록 설정되는 경우에, 다른 DL 반송파 (DL cell) #2 에 대한 CSI 로서 PUCCH 보고 타입 6 이 동일한 타이밍 x 에서 전송되도록 설정되는 경우를 가정할 수 있다. 이때, DL 반송파 #1 에 대해서 RRC-설정되는 우선순위가 DL 반송파 #2 보다 높은 경우에는, DL 반송파 #1 에 대한 PUCCH 보고 타입 6 이 전송되고, 다른 DL 반송파 #2 에 대한 PUCCH 보고 타입 6 는 누락(drop)될 수 있다.

위와 같은 본 발명의 제안에 따라서, 보고 타입 그룹 간의 우선순위가 A>B>C>D 로 설정되는 경우에, 하나 이상의 DL 반송파(또는 DL cell)에 대하여 어떤 DL 반송파의 CSI 를 전송할 것인지에 대한 우선순위 설정 방안을 다음과 같이 표현할 수 있다.

PUCCH 보고 타입 3, 5 또는 6 가 PUCCH 보고 타입 1, 1a, 2, 2a, 2b, 2c 또는 4 와 충돌하는 경우에, 후자의 PUCCH 보고 타입 (1, 1a, 2, 2a, 2b, 2c 또는 4) 은 낮은 우선순위를 가지고 누락될 수 있다.

PUCCH 보고 타입 2a 가 PUCCH 보고 타입 1, 1a, 2, 2b, 2c 또는 4 와 충돌하는 경우에, 후자의 PUCCH 보고 타입 (1, 1a, 2, 2b, 2c 또는 4)는 낮은 우선순위를 가지고 누락될 수 있다.

PUCCH 보고 타입 2, 2b, 2c 또는 4 가 PUCCH 보고 타입 1 또는 1a와 충돌하는 경우에, 후자의 PUCCH 보고 타입 (1, 1a) 는 낮은 우선순위를 가지로 누락될 수 있다.

동일한 PUCCH 보고 타입이 충돌하는 경우에는, 활성화된 DL 반송파(DL cell)들 간에 상위 계층에 의해서 설정되는 가장 높은 우선순위를 가지는 PUCCH 보고 타입이 보고되고, 다른 DL 반송파들에 대한 CQI/PMI/RI 는 누락될 수 있다.

한편, 상기 표 72 와 같이, RI 를 포함하는 그룹 A (보고 타입 3, 5, 6), CQI 없이 wb 1st PMI 를 포함하는 그룹 B (보고 타입 2a), wb CQI 를 포함하는 그룹 C (보고 타입 2, 2b, 2c, 4) 및 sb CQI 를 포함하는 그룹 D (보고 타입 1, 1a) 로 보고 타입들을 그룹화하고, 보고 타입에 기초하여 활성화된 DL 반송파들 간의 우선순위를 결정함에 있어서, 보고 타입 그룹의 우선순위의 다른 설정에 따른 본 발명의 실시예에 대하여 이하에서 설명한다.

하나의 실시예로서, 보고 타입 그룹 간의 우선순위가 A=B>C=D 로 설정되는 경우에는, 보고 타입 3, 5, 6 또는 2a이 보고 타입 4, 2, 2b, 2c, 1 또는 1a와 충돌되는 경우, 보고 타입 4, 2, 2b, 2c, 1 또는 1a는 낮은 우선 순위를 갖고 누락될 수 있다. PUCCH 보고 타입의 우선순위가 동일한 경우에는, 활성화된 DL 반송파(DL cell) 간에 RRC-설정되는 우선순위에 의하여 피드백 우선순위가 결정될 수 있다. 다른 DL 반송파에 대한 CQI/PMI/RI 는 누락될 수 있다.

다른 하나의 실시예로서, 보고 타입 그룹 간의 우선순위가 A>B>C=D 로 설정되는 경우에는, PUCCH 보고 타입 3, 5, 또는 6 이 PUCCH 보고 타입 2, 2a, 2b, 2c, 4, 1 또는 1a와 충돌되는 경우, PUCCH 보고 타입 2, 2a, 2b, 2c, 4, 1 또는 1a는 낮은 우선 순위를 갖고 누락될 수 있다. 또한, PUCCH 보고 타입 2a 이 PUCCH 보고 타입 2, 2b, 2c, 4, 1 또는 1a와 충돌되는 경우, PUCCH 보고 타입 2, 2b, 2c, 4, 1 또는 1a는 낮은 우선 순위를 갖고 누락될 수 있다. PUCCH 보고 타입의 우선순위가 동일한 경우에는, 활성화된 DL 반송파(DL cell) 간에 RRC-설정되는 우선순위에 의하여 피드백 우선순위가 결정될 수 있다. 다른 DL 반송파에 대한 CQI/PMI/RI 는 누락될 수 있다.

전술한 본 실시예 14 에 있어서, 다중반송파가 설정된 경우에 PUCCH를 이용한

주기적 CSI 보고의 우선순위에 대한 위 방안을 정리하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

먼저, 단말에게 1 개 보다 많은 서빙 셀(more than one serving cell)이 설정되는 경우에, 단말은 임의의 서브프레임에서 (in any given subframe) 오직 하나의 서빙 셀에 대한 채널상태정보(CSI)를 전송할 수 있다.

임의의 서브프레임에서 피드백 정보의 속성에 따라 제1 서빙셀의 피드백 정보가 제2 서빙셀의 피드백 정보보다 높은 우선순위를 가지면, 제2 서빙셀의 피드백 정보가 더 낮은 우선순위를 가지고 누락(drop)될 수 있다.

예를 들어, CSI 에 대한 피드백 정보의 우선순위를 상기 표 70 의 보고 타입(또는 PUCCH 보고 타입)에 기초하여 상기 표 73 의 예시 2 번을 설명하면 다음과 같다.

임의의 서브프레임에서 하나의 서빙 셀의 PUCCH 보고 타입 3, 5, 6, 또는 2a 가 다른 서빙 셀의 PUCCH 보고 타입 1, 1a, 2, 2b, 2, 또는 4 와 충돌하는 경우에, 후자의 (the latter) CSI (즉, PUCCH 보고 타입 1, 1a, 2, 2b, 2, 또는 4) 가 보다 낮은 우선순위를 가지고 누락될 수 있다.

임의의 서브프레임에서 하나의 서빙 셀의 PUCCH 보고 타입 2, 2b, 2c, 또는 4 가 다른 서빙 셀의 PUCCH 보고 타입 1 또는 1a 와 충돌하는 경우에, 후자의 (the latter) CSI (즉, PUCCH 보고 타입 1 또는 1a) 가 보다 낮은 우선순위를 가지고 누락될 수 있다.

임의의 서브프레임에서 동일한 우선순위를 가지는 PUCCH 보고 타입을 가진 서로 다른 복수개의 서빙 셀들의 CSI 보고들이 서로 간에 충돌하는 경우에, 특정 서빙 셀(RRC 설정에 따라 높은 우선순위를 가지는 서빙 셀, 예를 들어, 가장 낮은 서빙셀 인덱스를 가지는 서빙셀)에 대한 CSI 가 보고되고, 나머지 모든 서빙셀(들)에 대한 CSI 는 누락될 수 있다.

도 35 를 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 채널상태정보 보고 방법에 대하여 설명한다.

기지국으로부터 단말로의 하향링크 전송에 대해 단말이 하향링크 채널상태를 측정하고 그 결과를 기지국으로 상향링크를 통해서 피드백할 수 있다. 예를 들어, 기지국의 하향링크 전송에 8 전송 안테나가 사용되는 경우에, 기지국은

채널상태정보-참조신호(CSI-RS)를 8 개의 안테나 포트(안테나 포트 인덱스 15 내지 22)를 통해 전송할 수 있다. 단말은 상기 CSI-RS 를 통해서 하향링크 채널 상태를 측정한 결과 (RI, PMI, CQI 등)를 전송할 수 있다. RI/PMI/CQI 의 선택/산출의 구체적인 방안은 전술한 본 발명의 다양한 예시들이 적용될 수 있다. 기지국은 수신한 채널상태정보(RI/PMI/CQI)에 따라서 하향링크 전송의 레이어의 개수, 프리코더, 변조및코딩기법(MCS) 레벨 등을 결정할 수 있고, 이에 따라 하향링크 신호를 전송할 수 있다.

도 35 의 단계 S3510 에서 단말은 하나 이상의 하향링크 반송파(DL Cell) 각각에 대한 채널상태정보(CSI)를 생성할 수 있다. CSI 는 하나 이상의 하향링크 반송파에 대한 RI, 제 1 PMI, 제 2 PMI, 및 제 1 및 제 2 PMI 의 조합에 의해 결정되는 프리코딩 정보에 기초하여 계산되는 CQI 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

단계 S3520 에서 단말은 하나의 상향링크 반송파 상의 하나의 상향링크 서브프레임에서 2 이상의 CSI가 충돌하는지를 결정할 수 있다.

2 이상의 CSI 가 충돌하는 경우에, 단계 S3530에서 우선순위에 기초하여, 전송될 CSI를 결정할 수 있다. 여기서, 우선순위를 결정하기 위하여, CSI는 RI를 포함하는 제 1 그룹, 광대역 제 1 PMI를 포함하는 제 2 그룹, 광대역 CQI를 포함하는 제 3 그룹 및 서브대역 CQI 를 포함하는 제 4 그룹으로 분류될 수 있다. 이에 따라, 제 1 그룹에 속한 CSI 또는 제 2 그룹에 속한 CSI가 제 3 그룹에 속한 CSI 또는 제 4 그룹에 속한 CSI와 충돌하는 경우에, 제 3 그룹 또는 제 4 그룹에 속한 CSI는 낮은 우선순위를 갖고 누락(drop)될 수 있다. 또한, 제 1 그룹에 속한 CSI와 제 2 그룹에 속한 CSI는 동일한 우선순위를 가질 수 있다. 제 3 그룹에 속한 CSI와 제 4 그룹에 속한 CSI가 충돌하는 경우, 제 4 그룹에 속한 CSI가 낮은 우선순위를 가지고 누락될 수 있다.

또한, 그룹에 따라 부여된 우선순위가 동일한 경우, 8 전송 안테나를 통한 하향링크 전송 모드에 대한 CSI가 다른 하향링크 전송 모드에 대한 CSI와 충돌하는 경우 다른 하향링크 전송 모드에 대한 CSI가 낮은 우선순위를 가지고 누락될 수 있다. 이에 추가적으로 또는 별개로, 하나 이상의 하향링크 반송파 각각에 대해서 상위 계층에 의하여 설정되는 우선순위가 높은 하향링크 반송파에 대한 CSI가 더 높은 우선순위를 가질 수 있다. 또는, 전술한 본 발명에서 설명한 다양한 방식의 우선순위 설정이 적용될 수도 있다.

단계 S3540 에서 단말은 전송되는 것으로 결정된 CSI를 상향링크 채널을 통해

전송할 수 있다. 상향링크 채널은 PUCCH일 수 있다. 또는, 상향링크 채널은 PUSCH이고, 전술한 우선순위는 상이한 반송파에 대한 CSI가 충돌하는 경우에 적용될 수 있다.

도 35 와 관련하여 설명한 본 발명의 채널상태정보 전송방법에 있어서, 전술한 본 발명의 다양한 실시예에서 설명한 사항들이 독립적으로 적용되거나 또는 2 이상의 실시예가 동시에 적용될 수 있으며, 중복되는 내용은 명확성을 위하여 설명을 생략한다.

또한, 기지국과 중계기간의 (백홀 상향링크 및 백홀 하향링크에서의) MIMO 전송 및 중계기와 단말간의 (액세스 상향링크 및 액세스 하향링크에서의) MIMO 전송에 대한 채널상태정보 피드백에 대해서도 본 발명에서 제안하는 동일한 원리가 적용될 수 있다.

도 36 은 본 발명에 따른 기지국 장치 및 단말 장치의 구성을 도시한 도면이다.

도 36를 참조하여 본 발명에 따른 기지국 장치(3610)는, 수신모듈(3611), 전송모듈(3612), 프로세서(3613), 메모리(3614) 및 복수개의 안테나(3615)를 포함할 수 있다. 복수개의 안테나(3615)는 MIMO 송수신을 지원하는 기지국 장치를 의미한다. 수신모듈(3611)은 단말로부터의 상향링크 상의 각종 신호, 데이터 및 정보를 수신할 수 있다. 전송모듈(3612)은 단말로의 하향링크 상의 각종 신호, 데이터 및 정보를 전송할 수 있다. 프로세서(3613)는 기지국 장치(3610) 전반의 동작을 제어할 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 따른 기지국 장치(3610)는 최대 8 전송 안테나를 통한 하향링크 전송을 하고, 하향링크 전송에 대한 채널상태정보를 단말 장치(3620)로부터 수신하도록 구성될 수 있다. 또한, 기지국 장치는 하나 이상의 하향링크 반송파에 대한 채널상태정보를 단말로부터 수신할 수 있다. 기지국이 하나의 상향링크 반송파의 PUCCH 를 통해서 하나 이상의 하향링크 반송파에 대한 채널상태정보를 수신하는 경우에, 기지국이 수신하는 채널상태정보는 단말에서 우선순위에 따라 결정된 채널상태정보일 수 있다.

기지국 장치(3610)의 프로세서(3613)는 그 외에도 기지국 장치(3610)가 수신한 정보, 외부로 전송할 정보 등을 연산 처리하는 기능을 수행하며, 메모리(3614)는 연산 처리된 정보 등을 소정시간 동안 저장할 수 있으며, 버퍼(미도시) 등의 구성요소로 대체될 수 있다.

도 36를 참조하여 본 발명에 따른 단말 장치(3620)는, 수신모듈(3621), 전송모듈(3622), 프로세서(3623), 메모리(3624) 및 복수개의 안테나(3625)를 포함할 수 있다. 복수개의 안테나(3625)는 MIMO 송수신을 지원하는 단말 장치를 의미한다. 수신모듈(3621)은 기지국으로부터의 하향링크 상의 각종 신호, 데이터 및 정보를 수신할 수 있다. 전송모듈(3622)은 기지국으로의 상향링크 상의 각종 신호, 데이터 및 정보를 전송할 수 있다. 프로세서(3623)는 단말 장치(3620) 전반의 동작을 제어할 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 따른 단말 장치(3620)는 기지국 장치(3610)로부터의 최대 8 전송 안테나를 통한 하향링크 전송을 수신하고, 이러한 하향링크 전송에 대한 채널상태정보를 기지국으로 피드백하도록 구성될 수 있다. 상기 단말 장치의 프로세서(3623)는, 하나 이상의 하향링크 반송파에 대한 RI, 제 1 PMI, 제 2 PMI, 및 제 1 및 제 2 PMI 의 조합에 의해 결정되는 프리코딩 정보에 기초하여 계산되는 CQI 중 하나 이상을 포함하는 CSI를 생성하도록 구성될 수 있다. 또한, 프로세서(3623)는, 하나의 상향링크 반송파 상의 하나의 상향링크 서브프레임에서 2 이상의 CSI가 충돌하는 경우에, 우선순위에 기초하여, 전송될 CSI를 결정하도록 구성될 수 있다. 또한, 프로세서(3623)는, 전송 모듈(3622)을 통하여, 결정된 CSI를 상향링크 채널을 통해 전송하도록 구성될 수 있다. 여기서, CSI는 RI를 포함하는 제 1 그룹, 광대역 제 1 PMI를 포함하는 제 2 그룹, 광대역 CQI를 포함하는 제 3 그룹 및 서브대역 CQI 를 포함하는 제 4 그룹으로 분류될 수 있다. 또한, 상기 우선순위는, 제 1 그룹에 속한 CSI 또는 제 2 그룹에 속한 CSI가 제 3 그룹에 속한 CSI 또는 제 4 그룹에 속한 CSI와 충돌하는 경우에, 제 3 그룹 또는 제 4 그룹에 속한 CSI는 낮은 우선순위를 갖고 누락(drop)되는 것으로 설정될 수 있다.

단말 장치(3620)의 프로세서(3623)는 그 외에도 단말 장치(3620)가 수신한 정보, 외부로 전송할 정보 등을 연산 처리하는 기능을 수행하며, 메모리(3624)는 연산 처리된 정보 등을 소정시간 동안 저장할 수 있으며, 버퍼(미도시) 등의 구성요소로 대체될 수 있다.

위와 같은 기지국 장치 및 단말 장치의 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 36에 대한 설명에 있어서 기지국 장치(3610)에 대한 설명은 하향링크 전송 주체 또는 상향링크 수신 주체로서의 중계기 장치에 대해서도 동일하게 적용될 수 있고, 단말 장치(3620)에 대한 설명은 하향링크 수신 주체 또는 상향링크 전송 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 다중 안테나를 사용하는 시스템에서 피드백 정보를 효과적으로 보고하는 방안에 대한 본 발명의 다양한 실시예들은, 다중 안테나를 사용하는 다양한 이동통신 시스템(OFDMA, SC-FDMA, CDMA, TDMA 등의 다중 접속 기술에 기반한 모든 이동 통신 시스템)에서 적용할 수 있다.

【청구의 범위】

【청구항 1】

하향링크 다중 반송파 전송에 대한 채널상태정보(CSI)를 전송하는 방법으로서,

하나 이상의 하향링크 반송파에 대한 랭크 지시자(RI), 제 1 프리코딩행렬인덱스(PMI), 제 2 PMI, 및 상기 제 1 및 제 2 PMI 의 조합에 의해 결정되는 프리코딩 정보에 기초하여 계산되는 채널품질지시자(CQI) 중 하나 이상을 포함하는 상기 CSI를 생성하는 단계;

하나의 상향링크 반송파 상의 하나의 상향링크 서브프레임에서 2 이상의 CSI가 충돌하는 경우에, 우선순위에 기초하여, 전송될 CSI를 결정하는 단계; 및

상기 결정된 CSI를 상향링크 채널을 통해 전송하는 단계를 포함하고,

상기 CSI는 RI를 포함하는 제 1 그룹, 광대역 제 1 PMI를 포함하는 제 2 그룹, 광대역 CQI를 포함하는 제 3 그룹 및 서브대역 CQI 를 포함하는 제 4 그룹으로 분류되고,

상기 우선순위는, 상기 제 1 그룹에 속한 CSI 또는 상기 제 2 그룹에 속한 CSI가 상기 제 3 그룹에 속한 CSI 또는 상기 제 4 그룹에 속한 CSI와 충돌하는 경우에, 상기 제 3 그룹 또는 상기 제 4 그룹에 속한 CSI는 낮은 우선순위를 갖고 누락(drop)되는 것으로 설정되는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 그룹에 속한 CSI와 상기 제 2 그룹에 속한 CSI는 동일한 우선순위를 가지는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 3】

제 1 항에 있어서,

상기 우선순위가 동일한 경우, 8 전송 안테나를 통한 하향링크 전송 모드에 대한 CSI가 다른 하향링크 전송 모드에 대한 CSI와 충돌하는 경우 상기 다른 하향링크 전송 모드에 대한 CSI가 낮은 우선순위를 가지고 누락되는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 4】

제 1 항에 있어서,

상기 우선순위가 동일한 경우, 상기 하나 이상의 하향링크 반송파 각각에

대해서 상위 계층에 의하여 설정되는 우선순위가 높은 하향링크 반송파에 대한 CSI가 상기 상향링크 채널을 통하여 전송되는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 5】

제 1 항에 있어서,

상기 제 3 그룹에 속한 CSI와 상기 제 4 그룹에 속한 CSI가 충돌하는 경우, 상기 제 4 그룹에 속한 CSI가 낮은 우선순위를 가지고 누락되는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 6】

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 PMI 가 누락되는 경우에, 누락된 제 1 PMI 에 후속하는 채널상태정보는, 미리 정의된 제 1 PMI 에 기초하여 생성되는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 7】

제 1 항에 있어서,

상기 상향링크 채널은 물리상향링크제어채널(PUCCH)인, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 8】

제 1 항에 있어서,

상기 상향링크 채널은 물리상향링크공유채널(PUSCH)이고,

상기 우선순위는 상이한 반송파에 대한 CSI가 충돌하는 경우에 적용되는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 9】

하향링크 다중 반송파 전송에 대한 채널상태정보(CSI)를 전송하는 단말로서,

기지국으로부터 하향링크 신호를 수신하는 수신 모듈;

상기 기지국으로 상향링크 신호를 전송하는 전송 모듈; 및

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

상기 프로세서는,

하나 이상의 하향링크 반송파에 대한 랭크 지시자(RI), 제 1 프리코딩행렬인덱스(PMI), 제 2 PMI, 및 상기 제 1 및 제 2 PMI 의 조합에 의해 결정되는 프리코딩 정보에 기초하여 계산되는 채널품질지시자(CQI) 중 하나 이상을

포함하는 상기 CSI를 생성하고;

하나의 상향링크 반송파 상의 하나의 상향링크 서브프레임에서 2 이상의 CSI가 충돌하는 경우에, 우선순위에 기초하여, 전송될 CSI를 결정하고;

상기 전송 모듈을 통하여, 상기 결정된 CSI를 상향링크 채널을 통해 전송하도록 구성되며,

상기 CSI는 RI를 포함하는 제 1 그룹, 광대역 제 1 PMI를 포함하는 제 2 그룹, 광대역 CQI를 포함하는 제 3 그룹 및 서브대역 CQI 를 포함하는 제 4 그룹으로 분류되고,

상기 우선순위는, 상기 제 1 그룹에 속한 CSI 또는 상기 제 2 그룹에 속한 CSI가 상기 제 3 그룹에 속한 CSI 또는 상기 제 4 그룹에 속한 CSI와 충돌하는 경우에, 상기 제 3 그룹 또는 상기 제 4 그룹에 속한 CSI는 낮은 우선순위를 갖고 누락(drop)되는 것으로 설정되는, 채널상태정보 전송 단말.

【청구항 10】

제9 항에 있어서,

상기 제 1 그룹에 속한 CSI와 상기 제 2 그룹에 속한 CSI는 동일한 우선순위를 가지는, 채널상태정보 전송 단말.

【청구항 11】

제 9 항에 있어서,

상기 우선순위가 동일한 경우, 8 전송 안테나를 통한 하향링크 전송 모드에 대한 CSI가 다른 하향링크 전송 모드에 대한 CSI와 충돌하는 경우 상기 다른 하향링크 전송 모드에 대한 CSI가 낮은 우선순위를 가지고 누락되는, 채널상태정보 전송 방법.

【청구항 12】

제 9 항에 있어서,

상기 우선순위가 동일한 경우, 상기 하나 이상의 하향링크 반송파 각각에 대해서 상위 계층에 의하여 설정되는 우선순위가 높은 하향링크 반송파에 대한 CSI가 상기 상향링크 채널을 통하여 전송되는, 채널상태정보 전송 단말.

【청구항 13】

제 9 항에 있어서,

상기 제 3 그룹에 속한 CSI와 상기 제 4 그룹에 속한 CSI가 충돌하는 경우, 상기

제 4 그룹에 속한 CSI가 낮은 우선순위를 가지고 누락되는, 채널상태정보 전송 단말.

【청구항 14】

제 9 항에 있어서,

상기 제 1 PMI 가 누락되는 경우에, 누락된 제 1 PMI 에 후속하는 채널상태정보는, 미리 정의된 제 1 PMI 에 기초하여 생성되는, 채널상태정보 전송 단말.

【청구항 15】

제 9 항에 있어서,

상기 상향링크 채널은 물리상향링크제어채널(PUCCH)인, 채널상태정보 전송 단말.

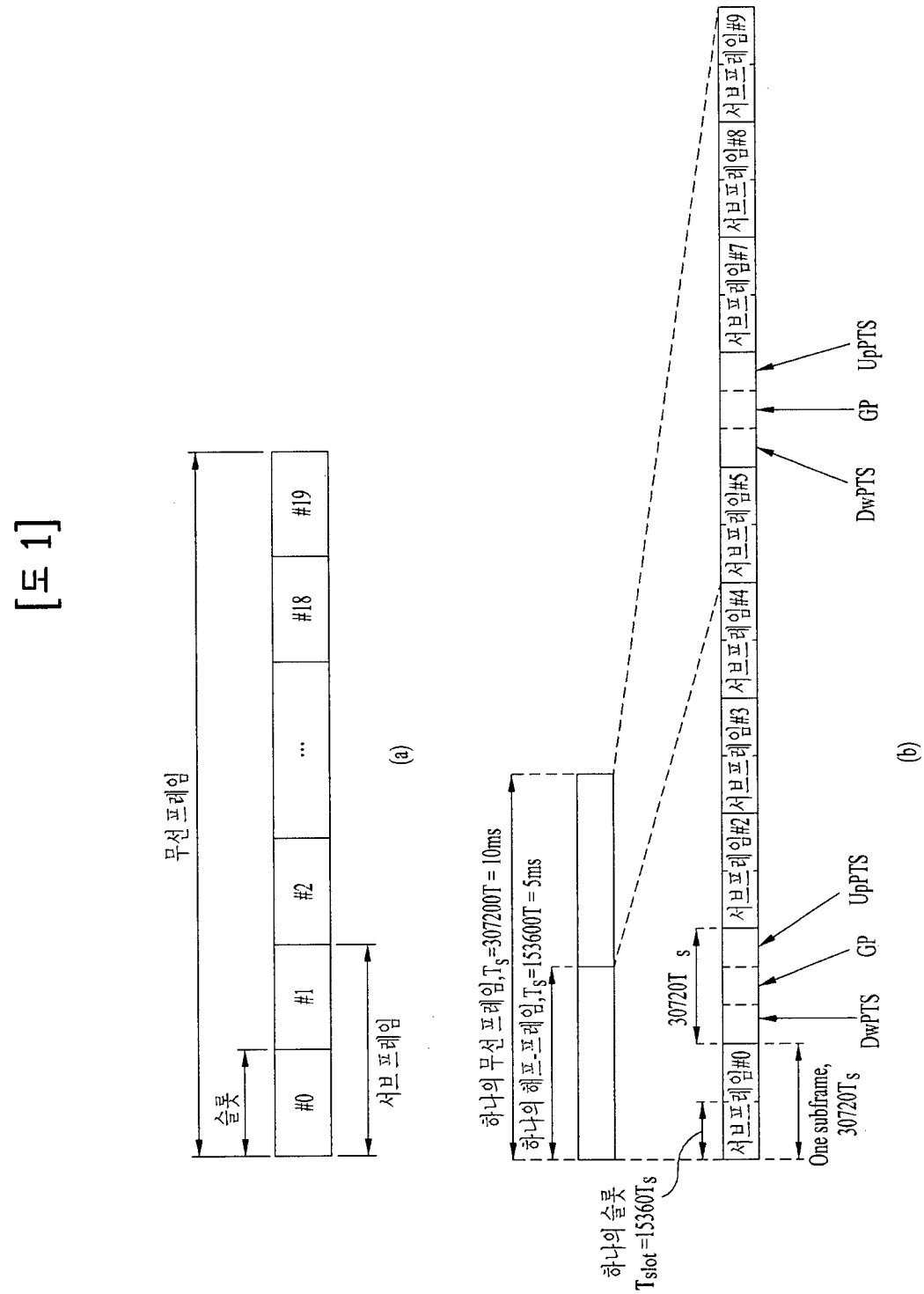
【청구항 16】

제 9 항에 있어서,

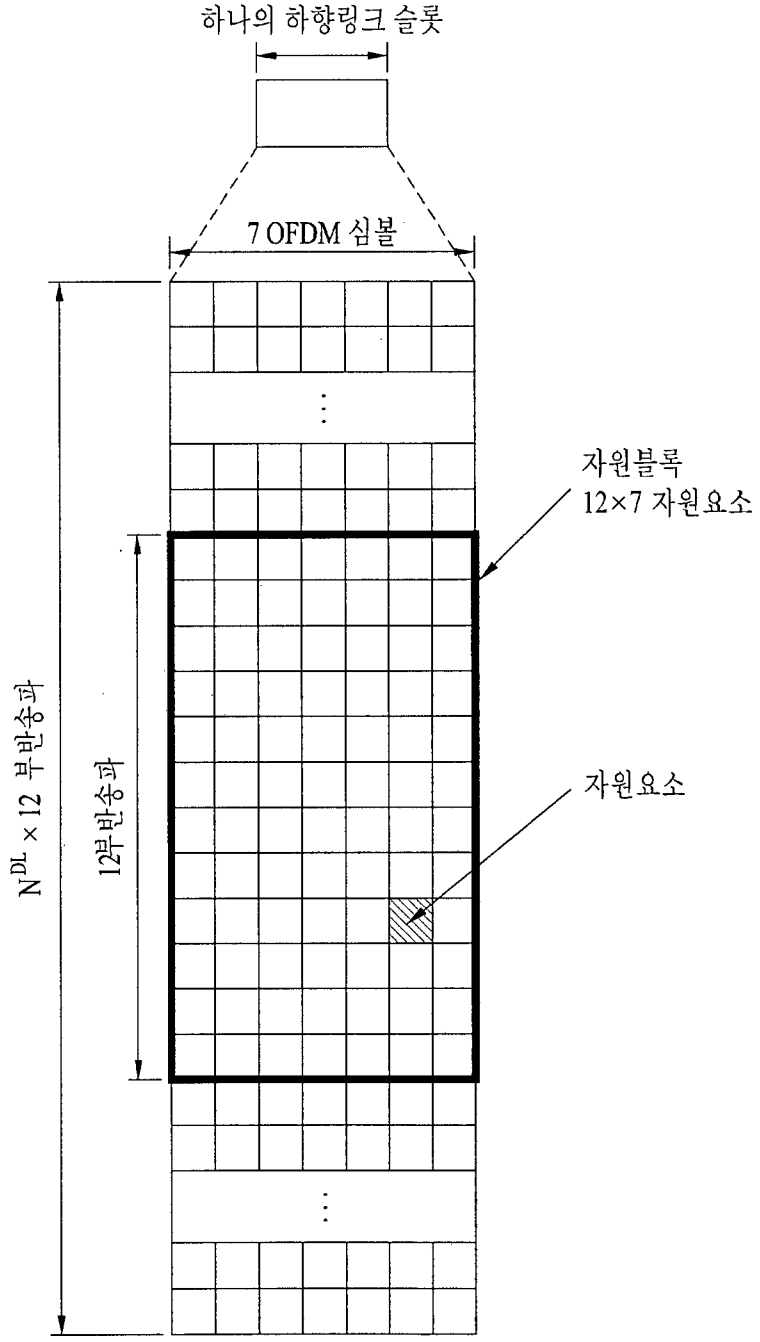
상기 상향링크 채널은 물리상향링크공유채널(PUSCH)이고,

상기 우선순위는 상이한 반송파에 대한 CSI가 충돌하는 경우에 적용되는, 채널상태정보 전송 단말.

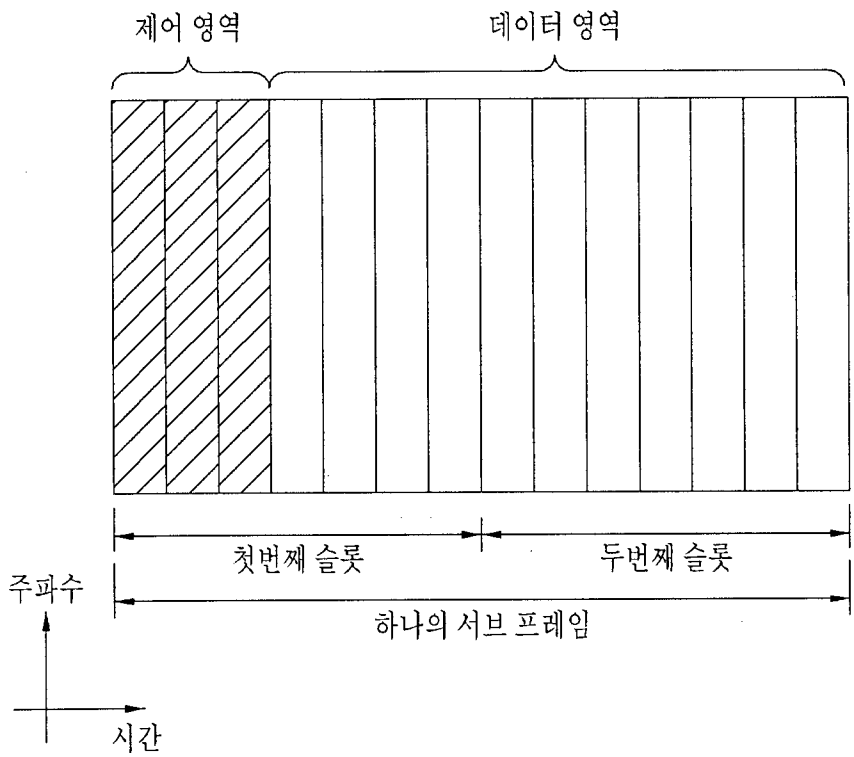
[도 1]


무선 프레임
슬롯
#0
#1
#2
...
#18
#19
서브 프레임
(a)
하나의 무선 프레임, T_s=307200T = 10ms
하나의 헤프-프레임, T_s=153600T = 5ms
30720T s
하나의 슬롯 T_{slot}=15360T_s
서브프레임#0
서브프레임#2
서브프레임#3
서브프레임#4
서브프레임#5
서브프레임#7
서브프레임#8
서브프레임#9
DwPTS
GP
UpPTS
One subframe, 30720T_s
(b)

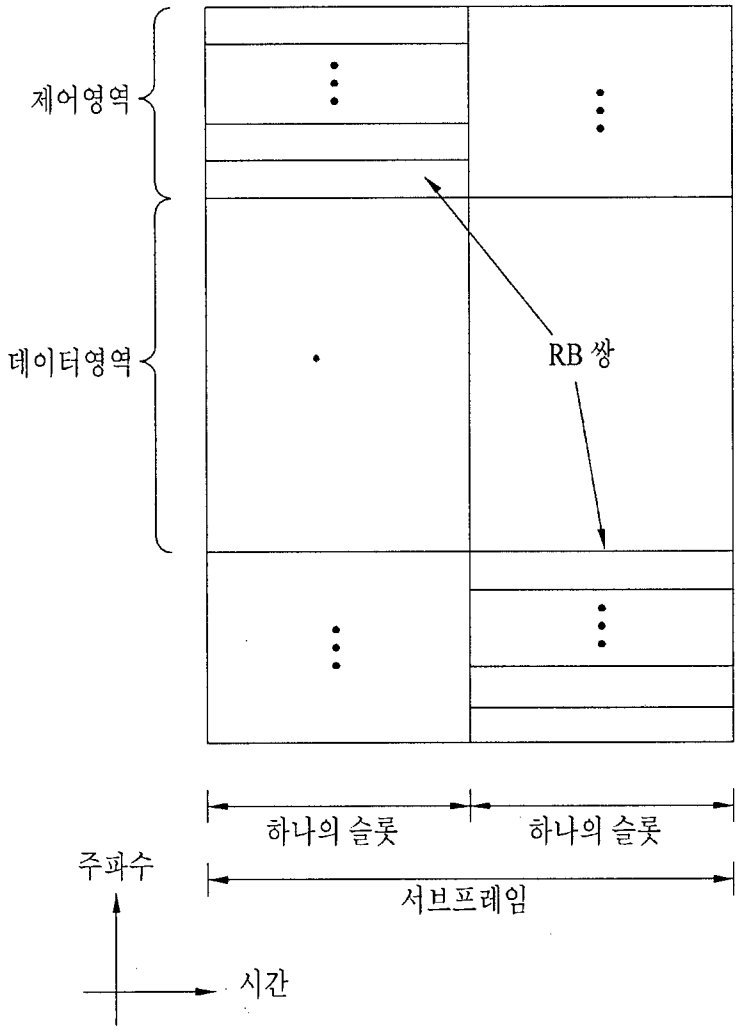
[도 2]


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

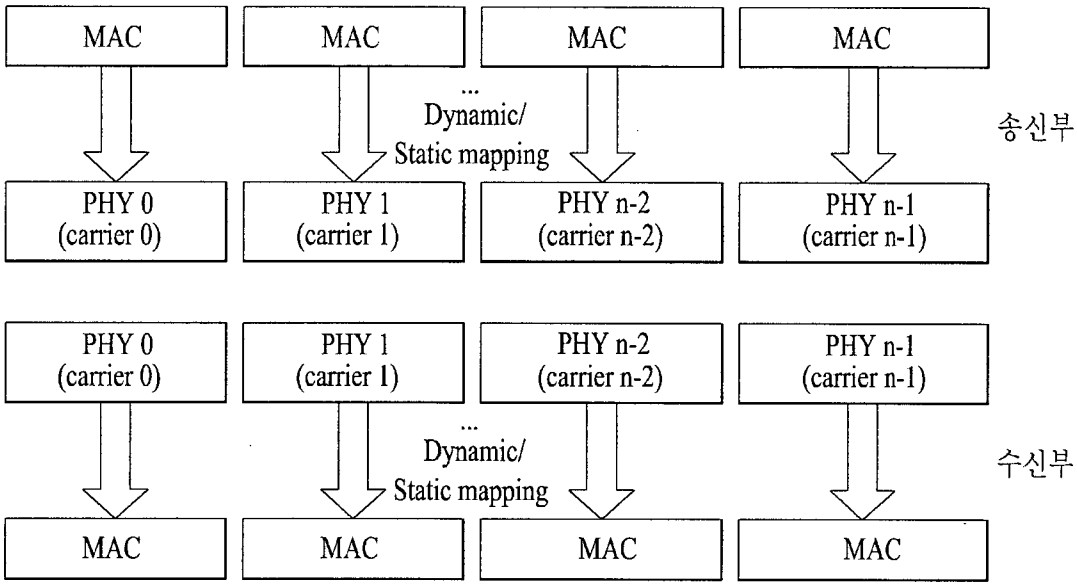
[도 3]



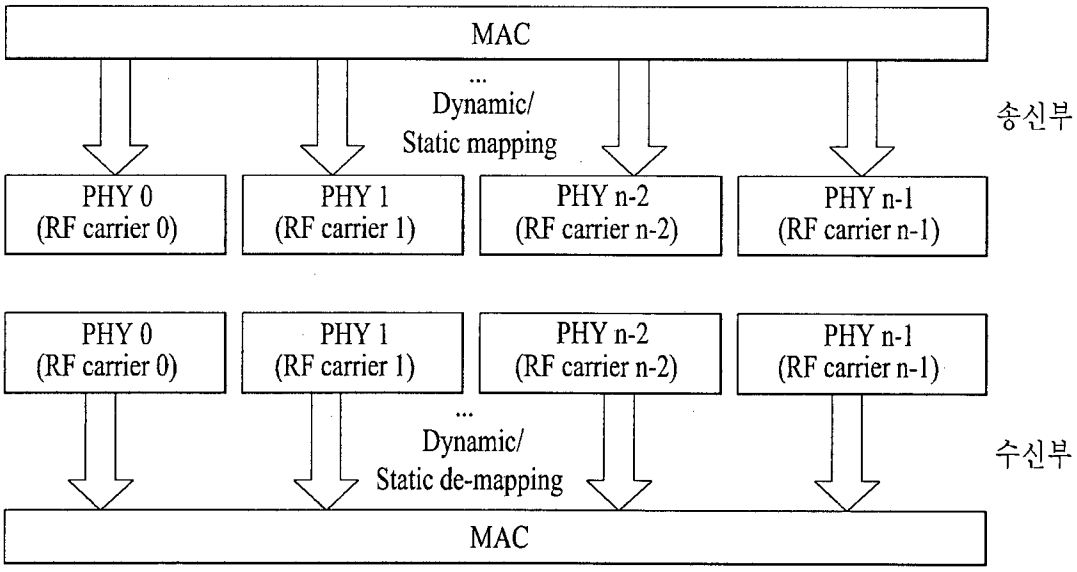
[도 4]



[도 5]

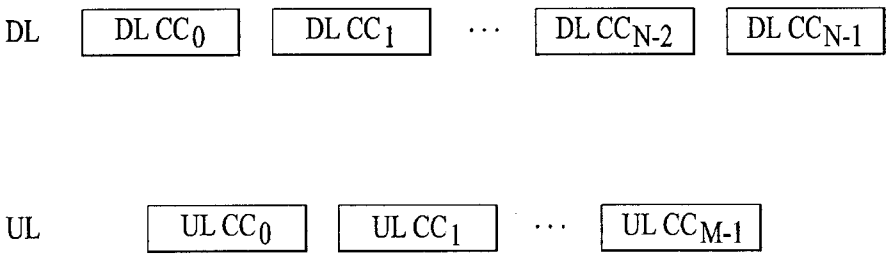

MAC
MAC
MAC
MAC
Dynamic/
Static mapping
송신부
PHY 0
(carrier 0)
PHY 1
(carrier 1)
PHY n-2
(carrier n-2)
PHY n-1
(carrier n-1)
PHY 0
(carrier 0)
PHY 1
(carrier 1)
PHY n-2
(carrier n-2)
PHY n-1
(carrier n-1)
Dynamic/
Static mapping
수신부
MAC
MAC
MAC
MAC

(a)

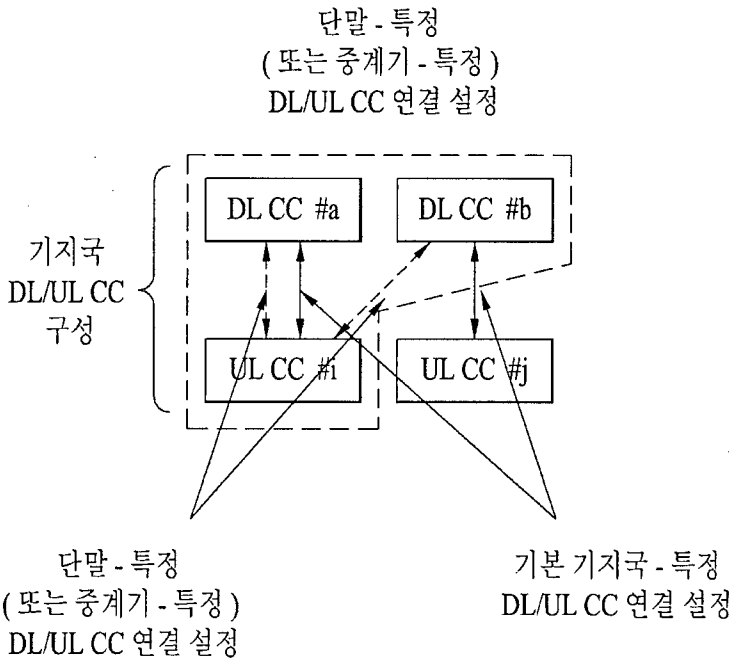

MAC
Dynamic/
Static mapping
송신부
PHY 0
(RF carrier 0)
PHY 1
(RF carrier 1)
PHY n-2
(RF carrier n-2)
PHY n-1
(RF carrier n-1)
PHY 0
(RF carrier 0)
PHY 1
(RF carrier 1)
PHY n-2
(RF carrier n-2)
PHY n-1
(RF carrier n-1)
Dynamic/
Static de-mapping
수신부
MAC

(b)

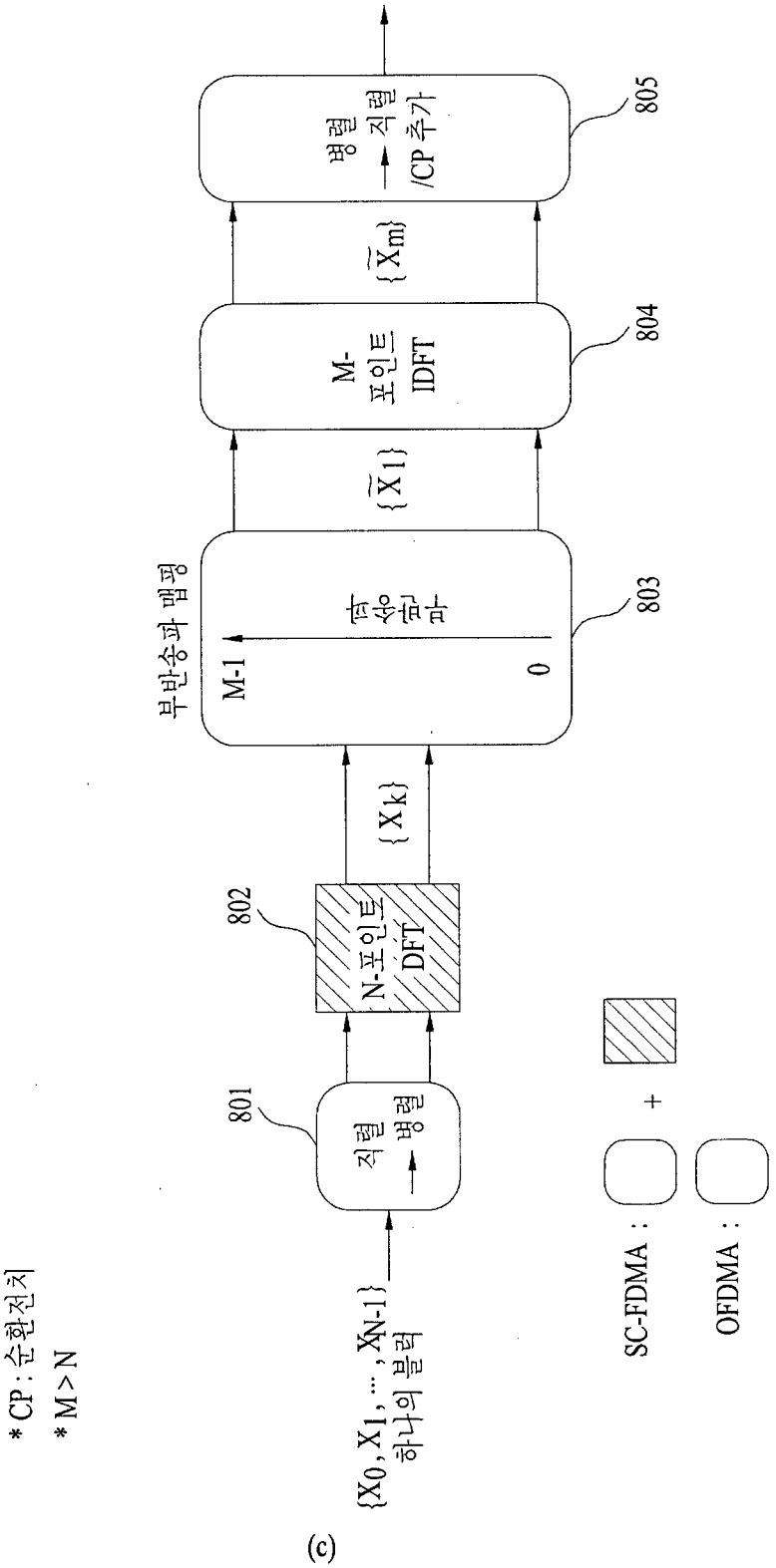
[도 6]



[도 7]

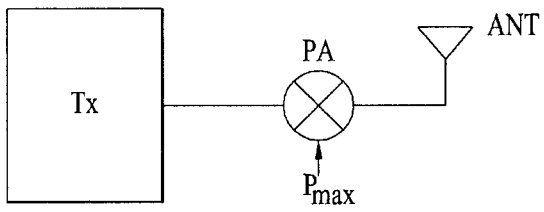

단말 - 특정
(또는 중계기 - 특정)
DL/UL CC 연결 설정
기지국
DL/UL CC
구성
DL CC #a
DL CC #b
UL CC #i
UL CC #j
단말 - 특정
(또는 중계기 - 특정)
DL/UL CC 연결 설정
기본 기지국 - 특정
DL/UL CC 연결 설정

[도 8]

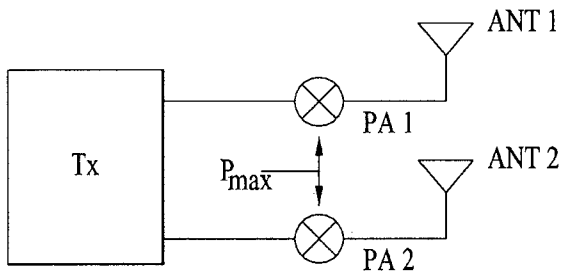

{X0, X1, ···, XN-1}
하나의 블럭
801
직렬 → 병렬
802
N-포인트 DFT
{Xk}
803
부반송파 맵핑
M-1
0
{X̃1}
804
M-포인트 IDFT
{X̃m}
805
병렬 → 직렬 /CP 추가
SC-FDMA :
+
OFDMA :
* CP : 순환전치
* M > N

(c)

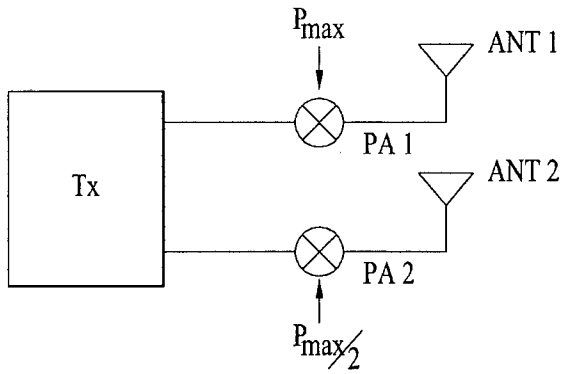
[도 9]


Tx
PA
ANT
P_{max}

(a)

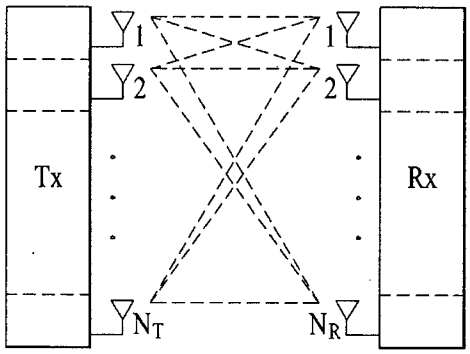

Tx
ANT 1
PA 1
P_{max}
ANT 2
PA 2

(b)

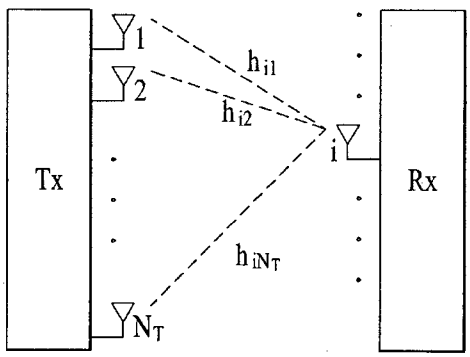

Tx
P_{max}
ANT 1
PA 1
ANT 2
PA 2
$P_{max}/2$

(c)

[도 10]

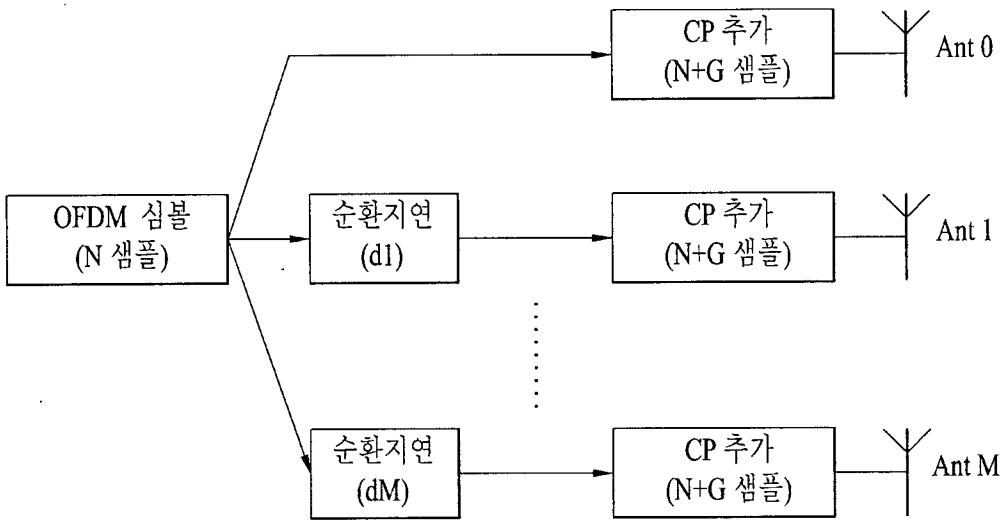


(a)

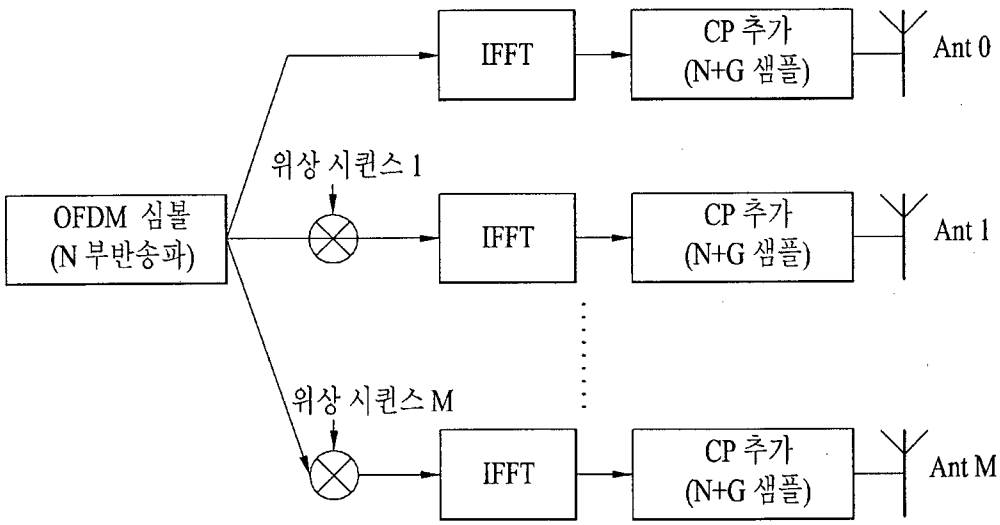


(b)

[도 11]

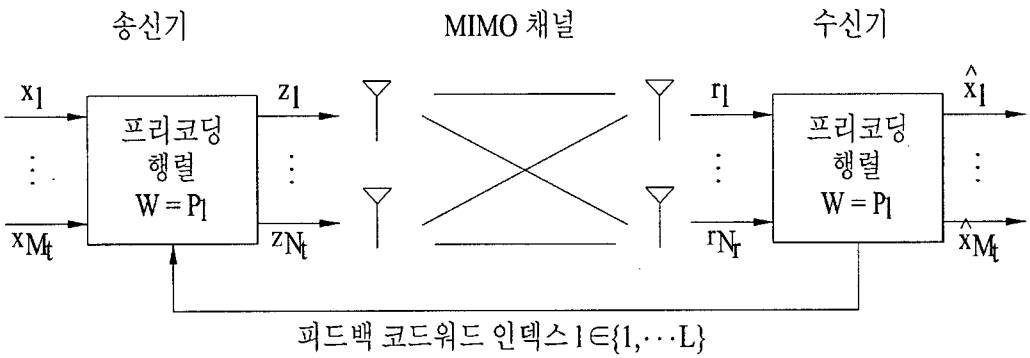

OFDM 심볼
(N 샘플)
순환지연
(d1)
순환지연
(dM)
CP 추가
(N+G 샘플)
CP 추가
(N+G 샘플)
CP 추가
(N+G 샘플)
Ant 0
Ant 1
Ant M

(a)

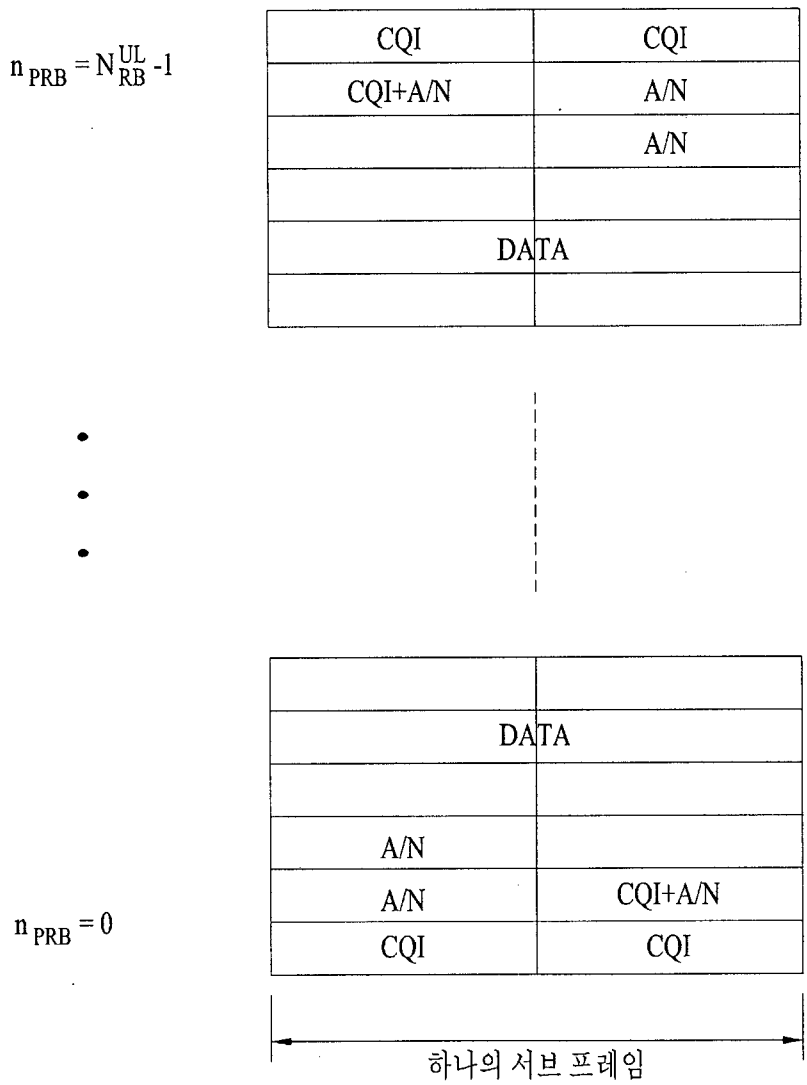

OFDM 심볼
(N 부반송파)
위상 시퀀스 1
위상 시퀀스 M
IFFT
IFFT
IFFT
CP 추가
(N+G 샘플)
CP 추가
(N+G 샘플)
CP 추가
(N+G 샘플)
Ant 0
Ant 1
Ant M

(b)

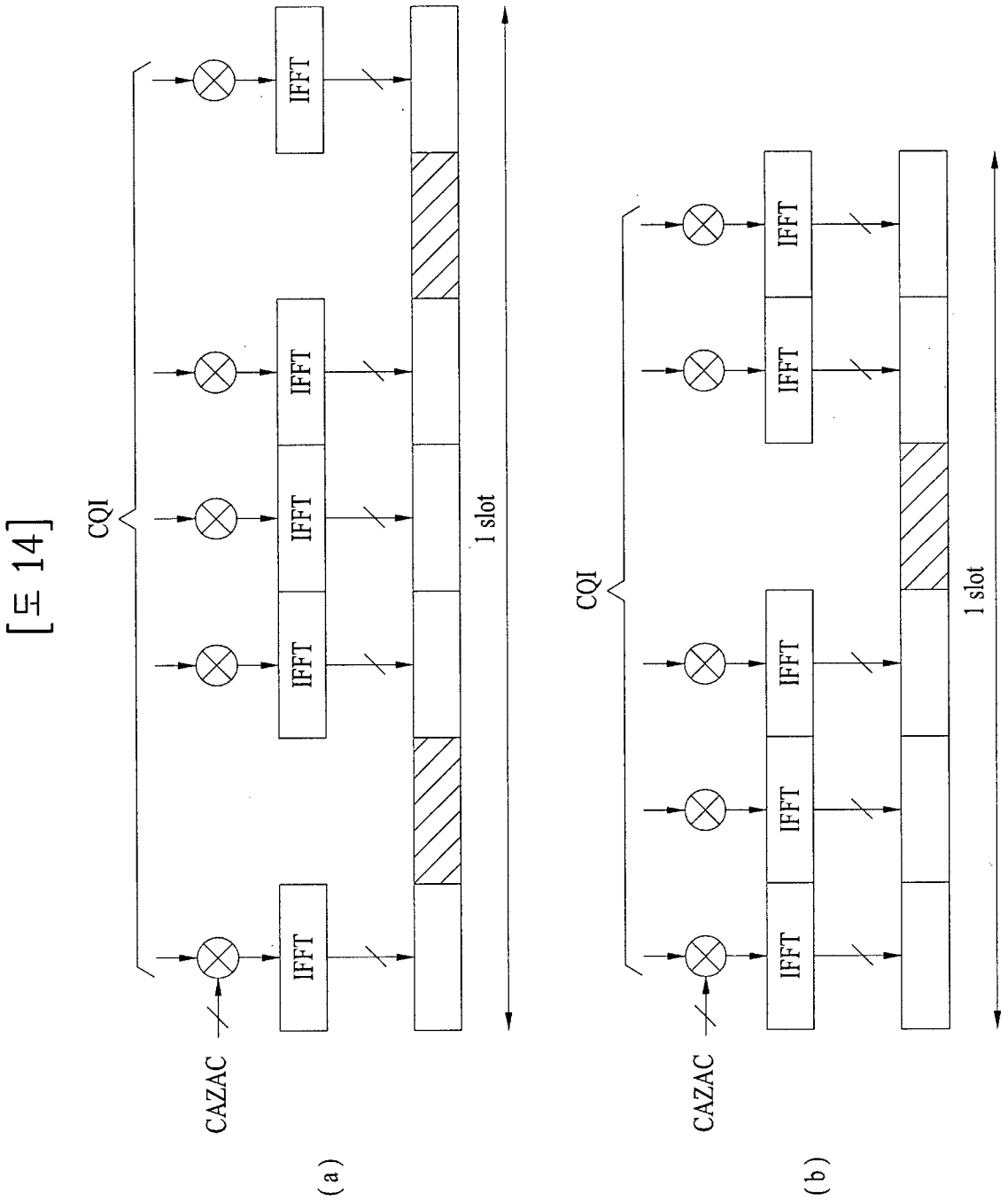
[도 12]


송신기
MIMO 채널
수신기
x_1
x_{M_t}
프리코딩 행렬 W = P_l
z_1
z_{N_t}
r_1
r_{N_r}
프리코딩 행렬 W = P_l
$\hat{x}_1$
$\hat{x}_{M_t}$
피드백 코드워드 인덱스 $l \in \{1, \cdots L\}$

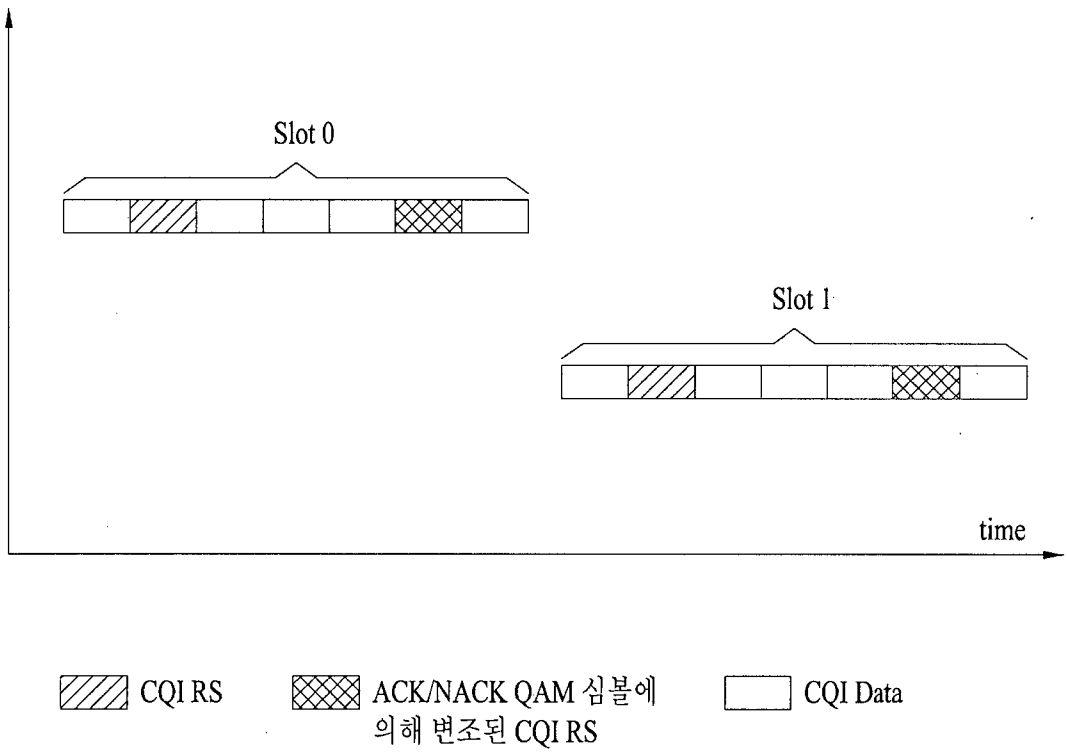
[도 13]


$n_{PRB} = N_{RB}^{UL} - 1$
CQI
CQI
CQI+A/N
A/N
A/N
DATA
DATA
A/N
A/N
CQI+A/N
$n_{PRB} = 0$
CQI
CQI
하나의 서브 프레임

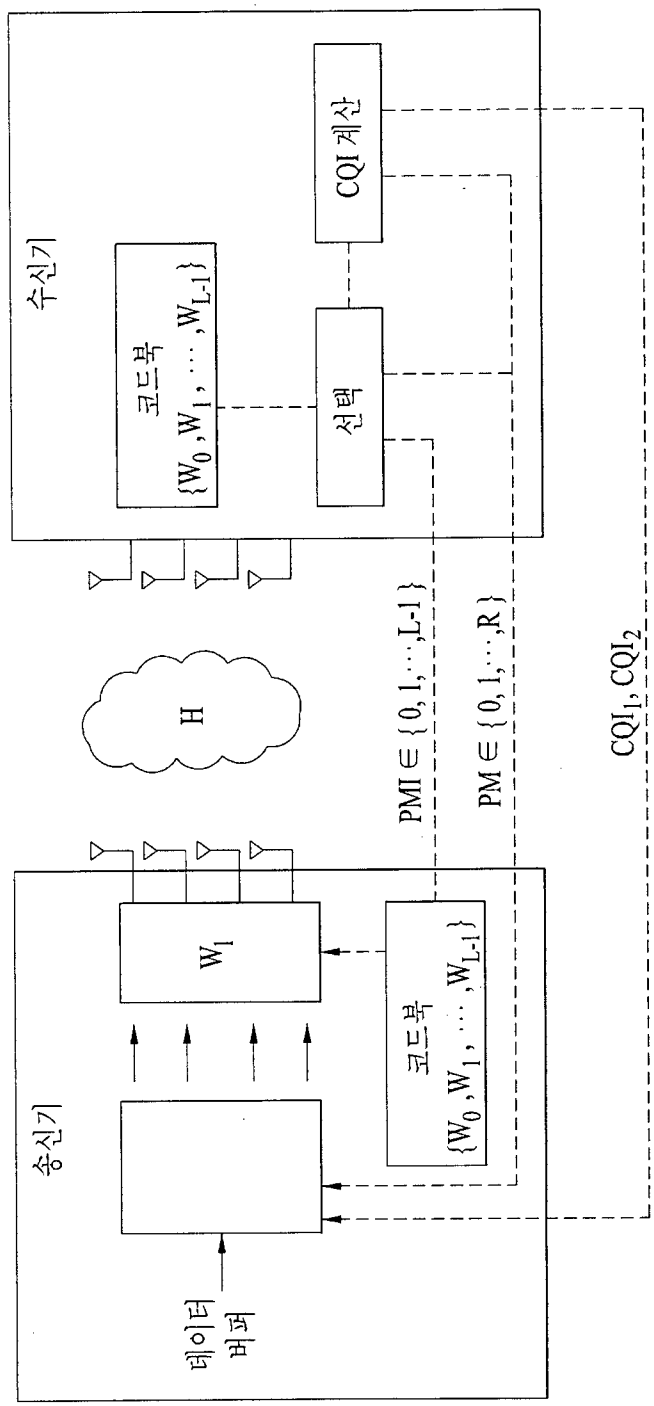
[도 14]



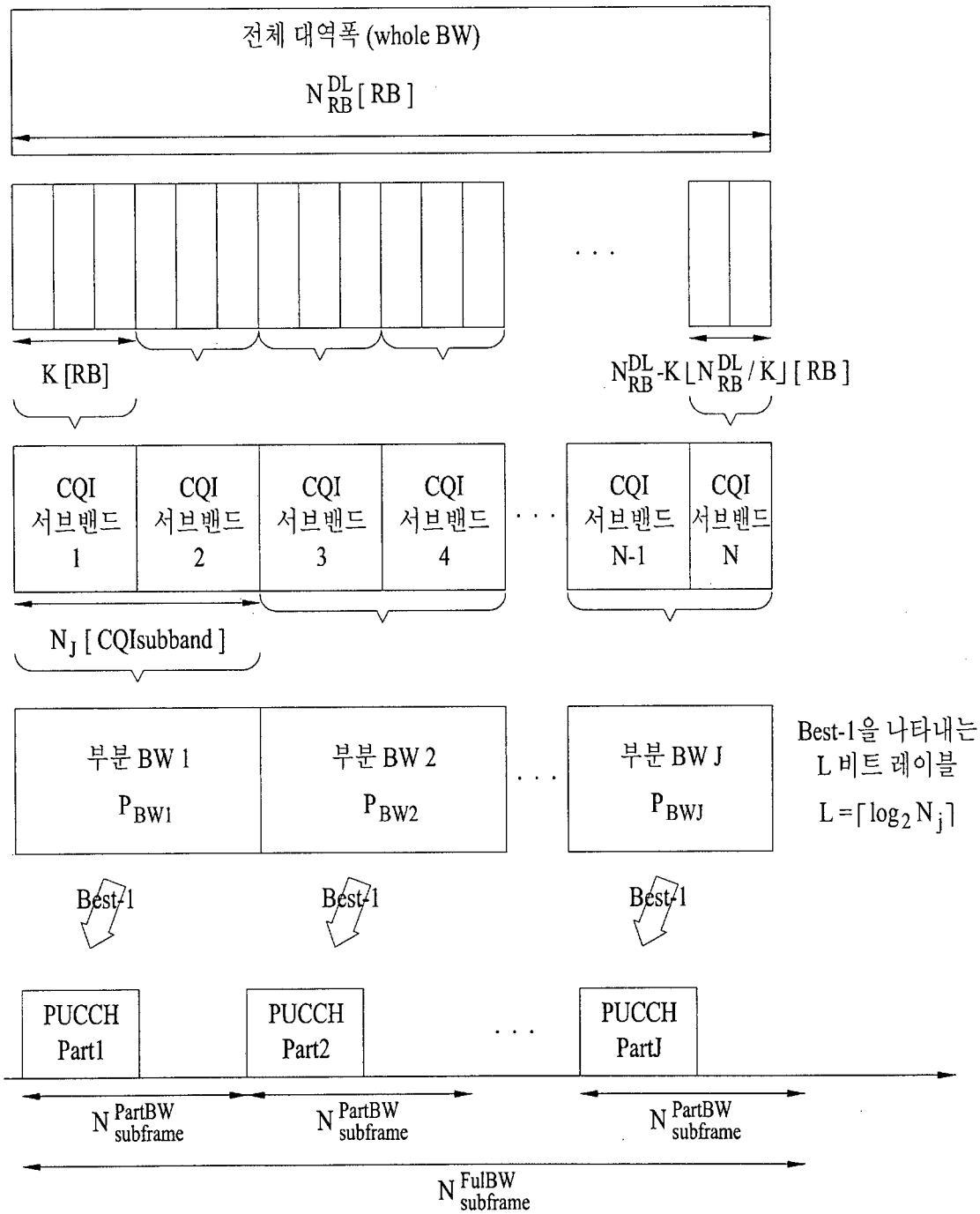
[도 15]



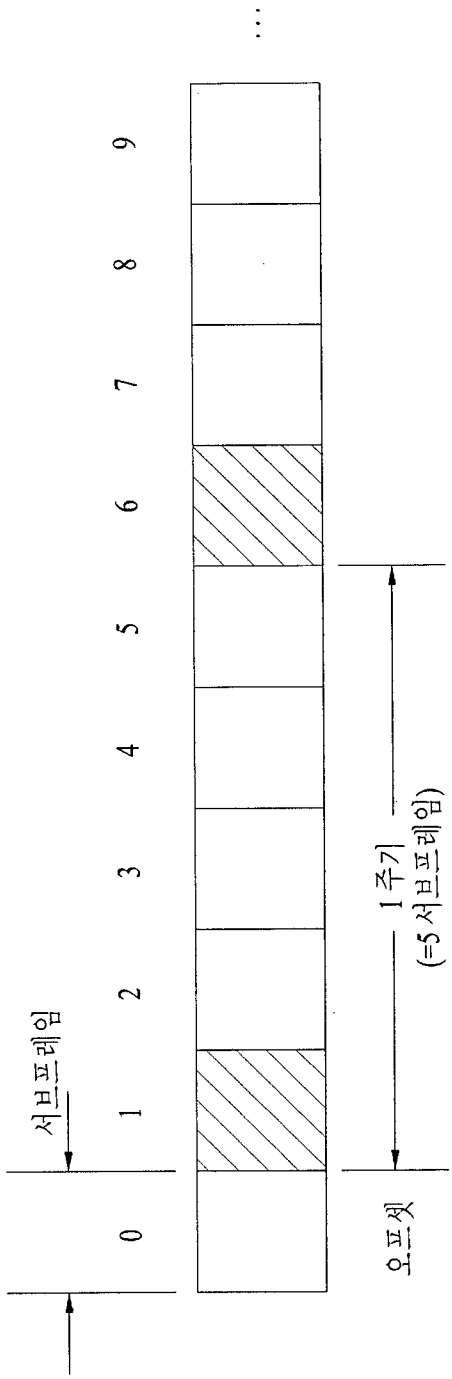
[도 16]


수신기
코드북
{W0, W1, ···, WL-1}
선택
CQI 계산
H
PMI ∈ {0, 1, ···, L-1}
PM ∈ {0, 1, ···, R}
CQI1, CQI2
송신기
W1
코드북
{W0, W1, ···, WL-1}
데이터
버퍼

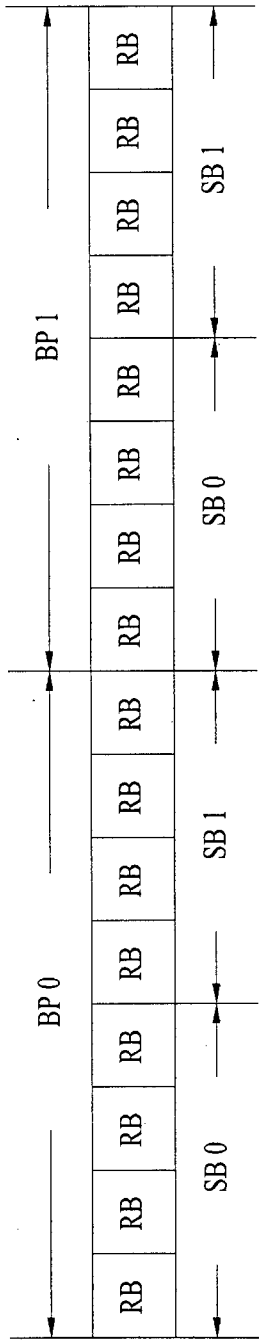
[도 17]


전체 대역폭 (whole BW)
N_{RB}^{DL} [RB]
K [RB]
N_{RB}^{DL}-K⌊N_{RB}^{DL}/K⌋ [RB]
CQI 서브밴드 1
CQI 서브밴드 2
CQI 서브밴드 3
CQI 서브밴드 4
CQI 서브밴드 N-1
CQI 서브밴드 N
N_J [CQIsubband]
부분 BW 1
P_{BW1}
부분 BW 2
P_{BW2}
부분 BW J
P_{BWJ}
Best-1을 나타내는 L 비트 레이블
$L = \lceil \log_2 N_j \rceil$
Best-1
Best-1
Best-1
PUCCH Part1
PUCCH Part2
PUCCH PartJ
$N_{subframe}^{PartBW}$
$N_{subframe}^{PartBW}$
$N_{subframe}^{PartBW}$
$N_{subframe}^{FulBW}$

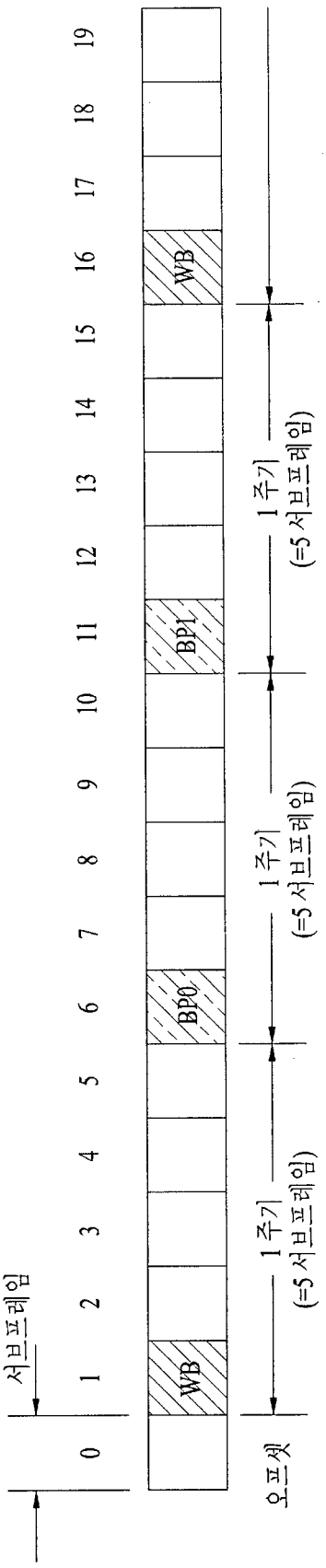
[도 18]



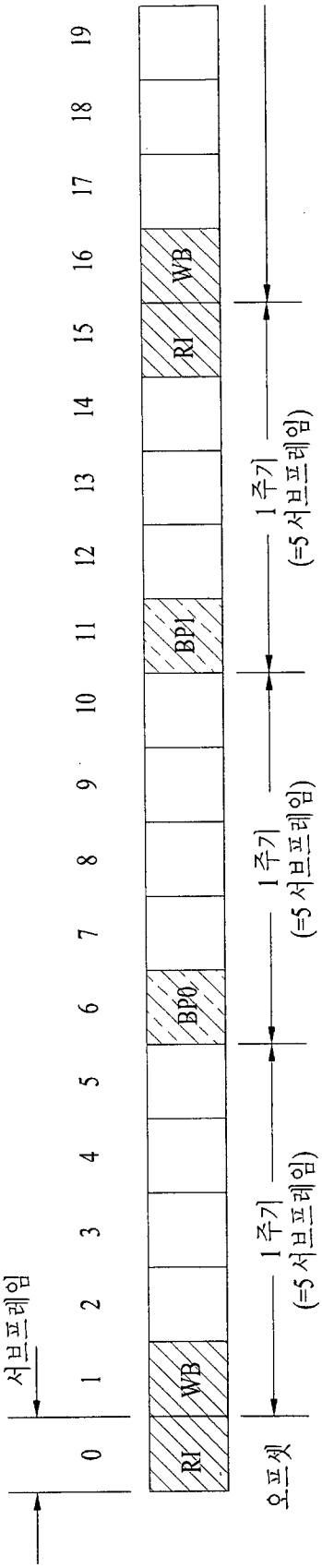
[도 19]



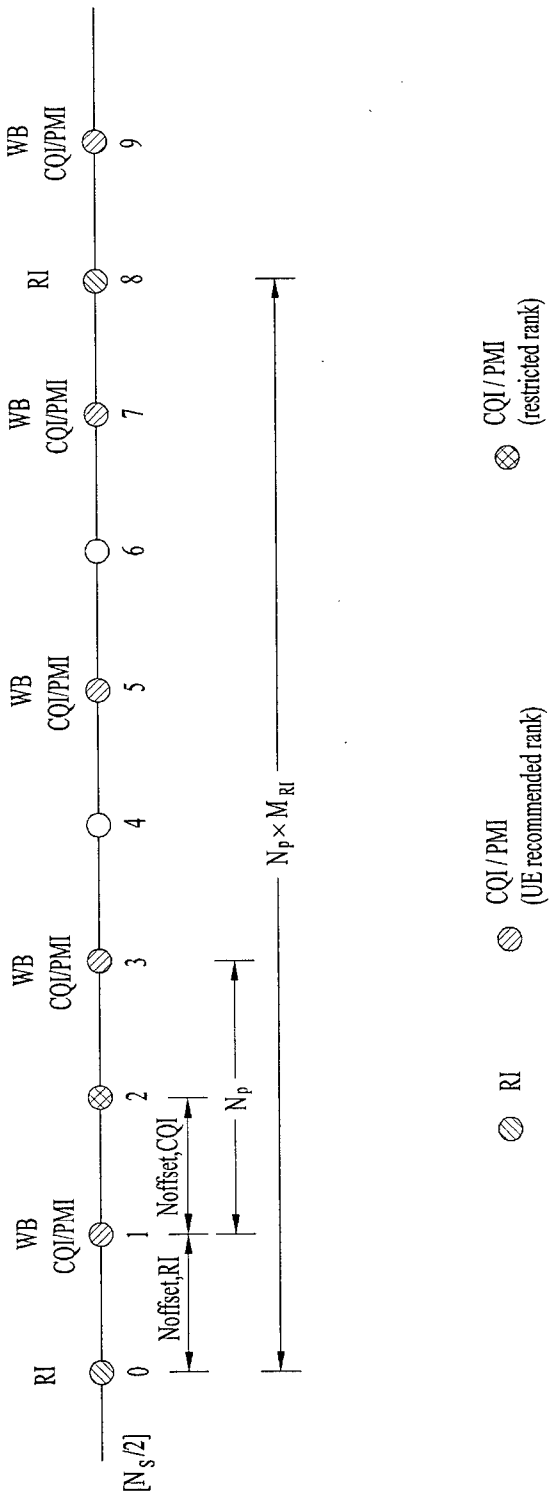
[도 20]


0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
서브프레임
오프셋
WB
BP0
BP1
WB
1 주기
(=5 서브프레임)
1 주기
(=5 서브프레임)
1 주기
(=5 서브프레임)

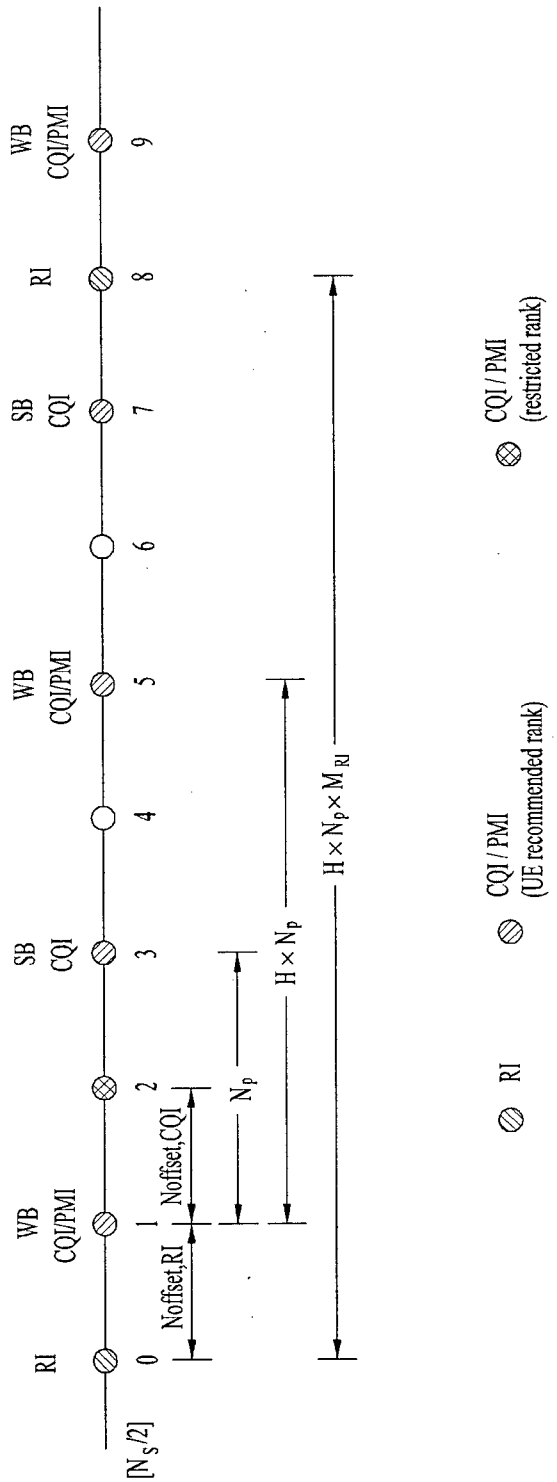
[도 21]


서브프레임
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
RI
WB
BP0
BP1
RI
WB
오프셋
1 주기
(=5 서브프레임)
1 주기
(=5 서브프레임)
1 주기
(=5 서브프레임)

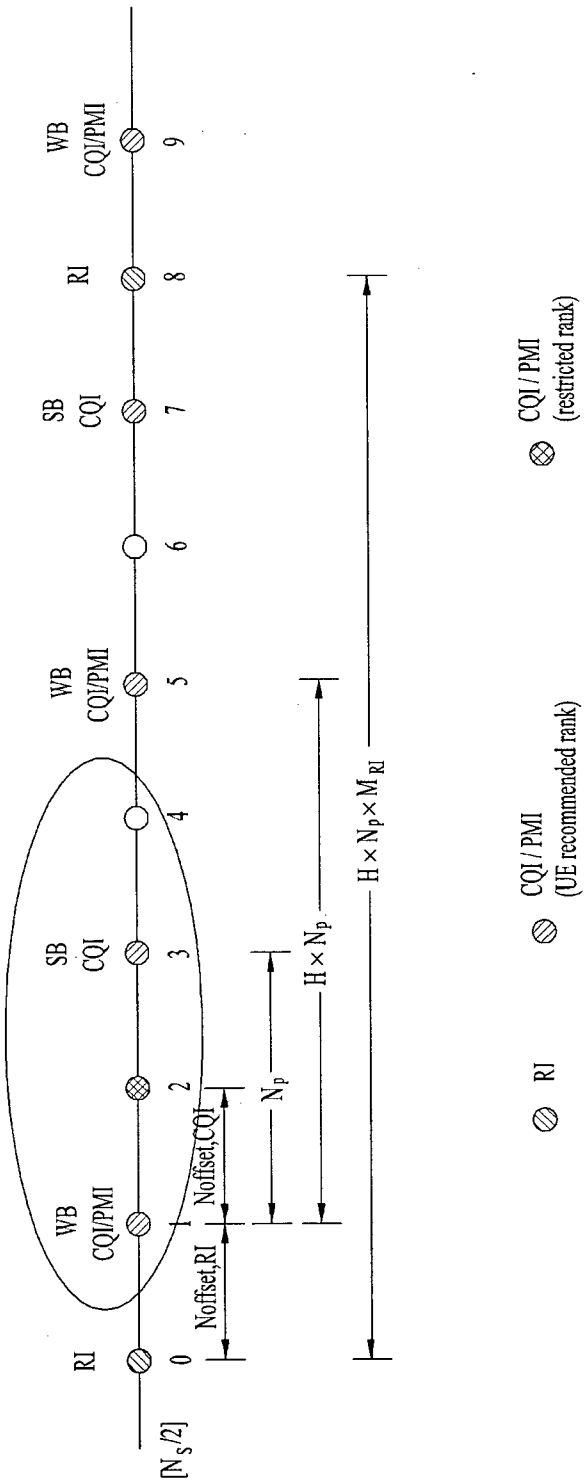
[도 22]


RI
WB CQI/PMI
WB CQI/PMI
WB CQI/PMI
WB CQI/PMI
RI
WB CQI/PMI
[Ns/2]
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
Noffset,RI
Noffset,CQI
Np
Np × MRI
RI
CQI / PMI (UE recommended rank)
CQI / PMI (restricted rank)

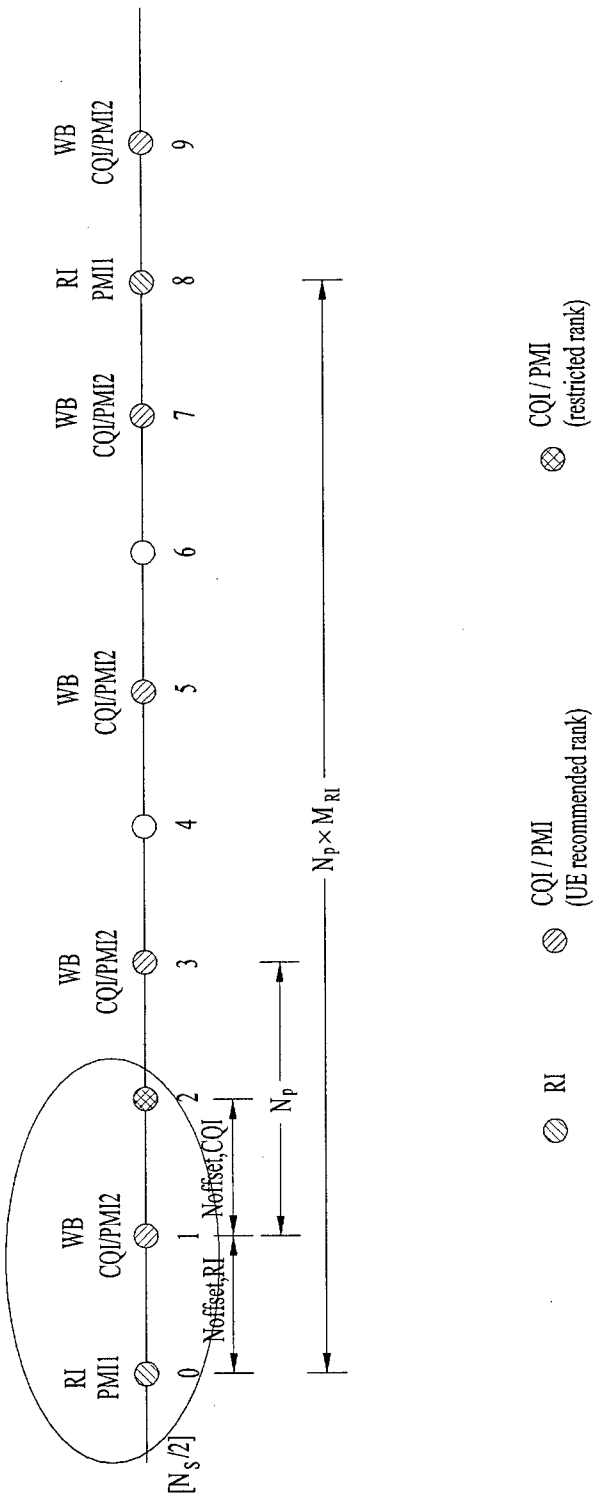
[도 23]


RI
WB CQI/PMI
SB CQI
WB CQI/PMI
SB CQI
RI
WB CQI/PMI
[N_S/2]
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
N_offset,RI
N_offset,CQI
N_p
H × N_p
H × N_p × M_RI
RI
CQI / PMI (UE recommended rank)
CQI / PMI (restricted rank)

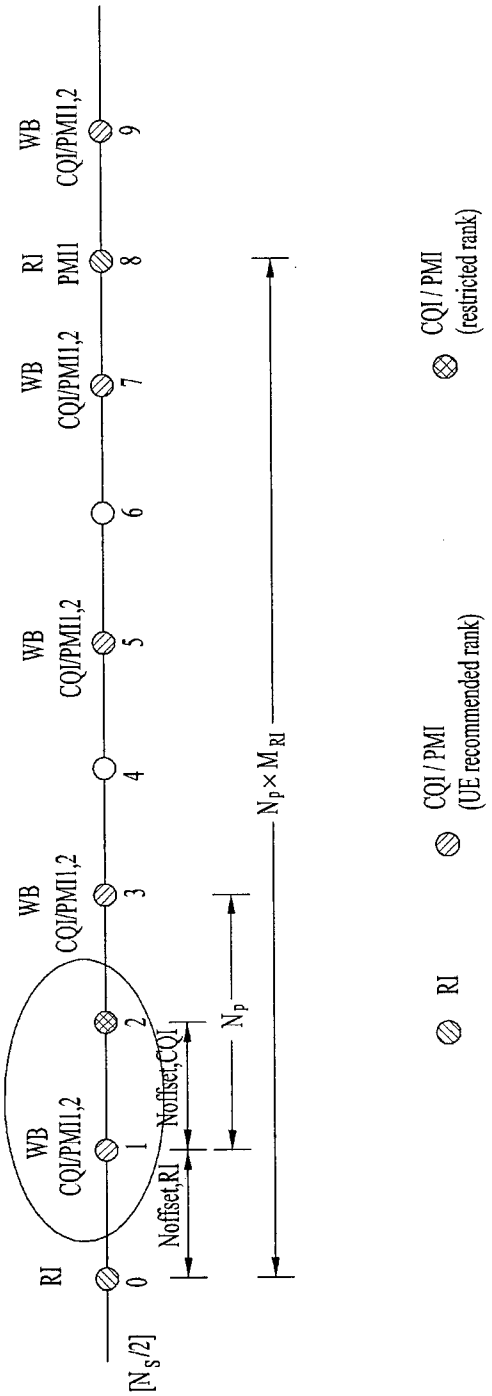
[도 24]


RI
WB CQI/PMI
SB CQI
WB CQI/PMI
SB CQI
RI
WB CQI/PMI
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
[N_S/2]
N_offset,RI
N_offset,CQI
N_p
H × N_p
H × N_p × M_RI
RI
CQI / PMI (UE recommended rank)
CQI / PMI (restricted rank)

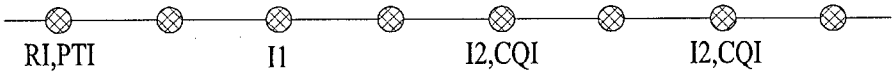
[도 25]


RI
PMI1
WB
CQI/PMI2
WB
CQI/PMI2
WB
CQI/PMI2
RI
PMI1
WB
CQI/PMI2
WB
CQI/PMI2
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
[Ns/2]
Noffset,RI
Noffset,CQI
Np
Np×MRI
RI
CQI / PMI
(UE recommended rank)
CQI / PMI
(restricted rank)

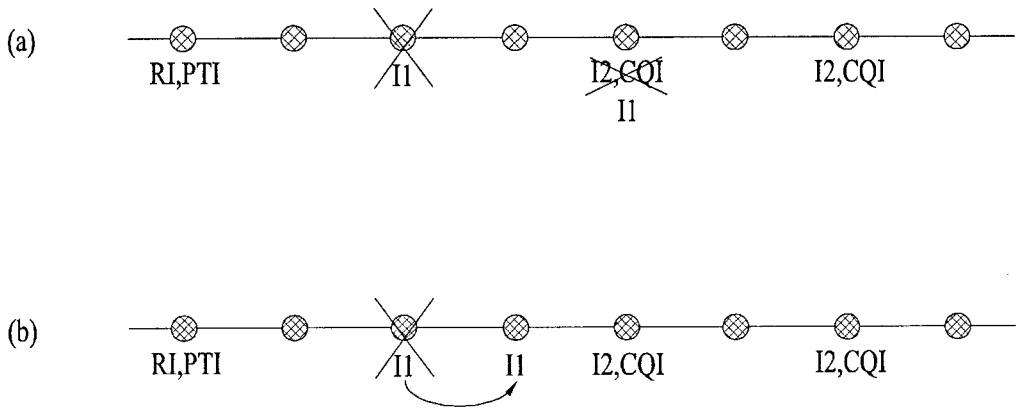
[도 26]


RI
WB CQI/PMI1,2
WB CQI/PMI1,2
WB CQI/PMI1,2
RI PMI1
WB CQI/PMI1,2
WB CQI/PMI1,2
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
[N_S/2]
Noffset,RI
Noffset,CQI
N_p
N_p × M_RI
RI
CQI / PMI (UE recommended rank)
CQI / PMI (restricted rank)

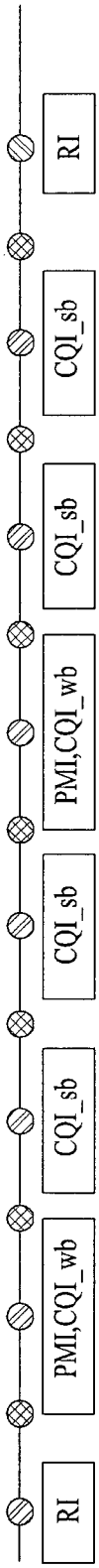
[도 27]


RI,PTI
I1
I2,CQI
I2,CQI

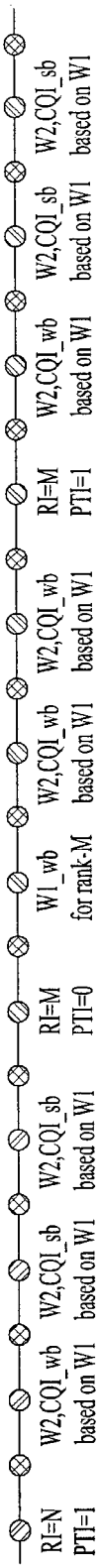
[도 28]


(a)
RI,PTI
I1
I2,CQI
I1
I2,CQI
(b)
RI,PTI
I1
I1
I2,CQI
I2,CQI

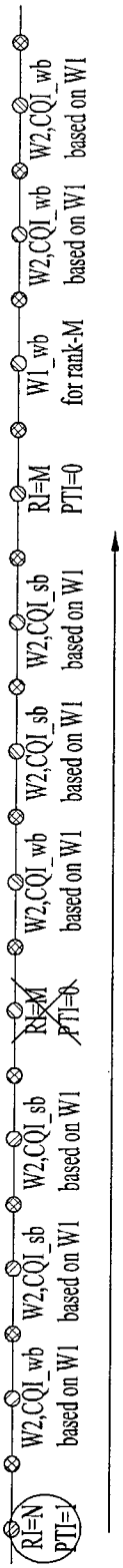
[도 29]



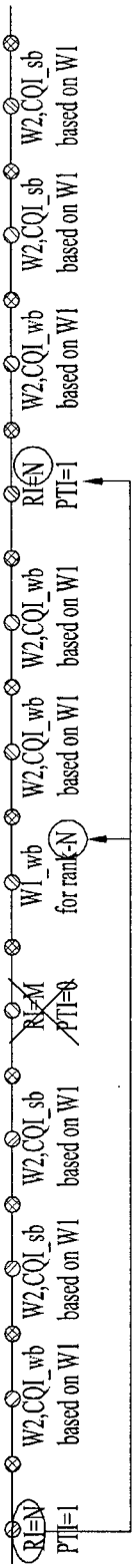
[도 30]


RI=N
PTI=1
W2,CQI_wb
based on W1
W2,CQI_sb
based on W1
W2,CQI_sb
based on W1
RI=M
PTI=0
W1_wb
for rank-M
W2,CQI_wb
based on W1
W2,CQI_wb
based on W1
RI=M
PTI=1
W2,CQI_wb
based on W1
W2,CQI_sb
based on W1
W2,CQI_sb
based on W1

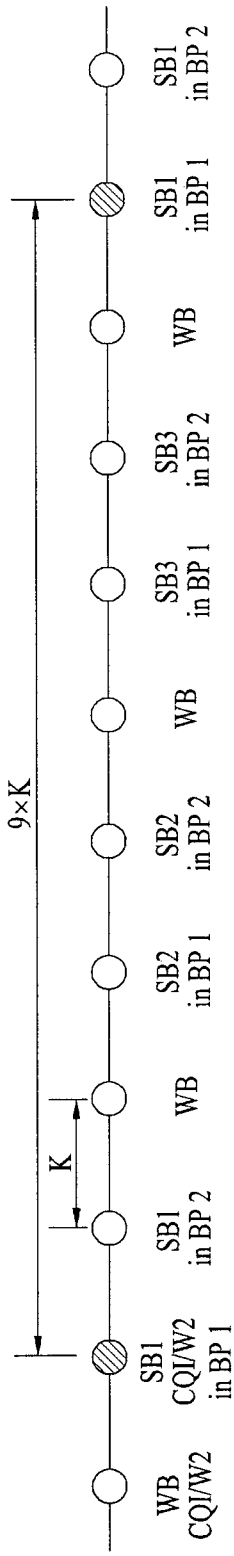
[도 31]


RI=N
PTI=1
W2,CQI_wb
based on W1
W2,CQI_sb
based on W1
W2,CQI_sb
based on W1
RI=M
PTI=0
W2,CQI_wb
based on W1
W2,CQI_sb
based on W1
W2,CQI_sb
based on W1
RI=M
PTI=0
W1_wb
for rank-M
W2,CQI_wb
based on W1
W2,CQI_wb
based on W1

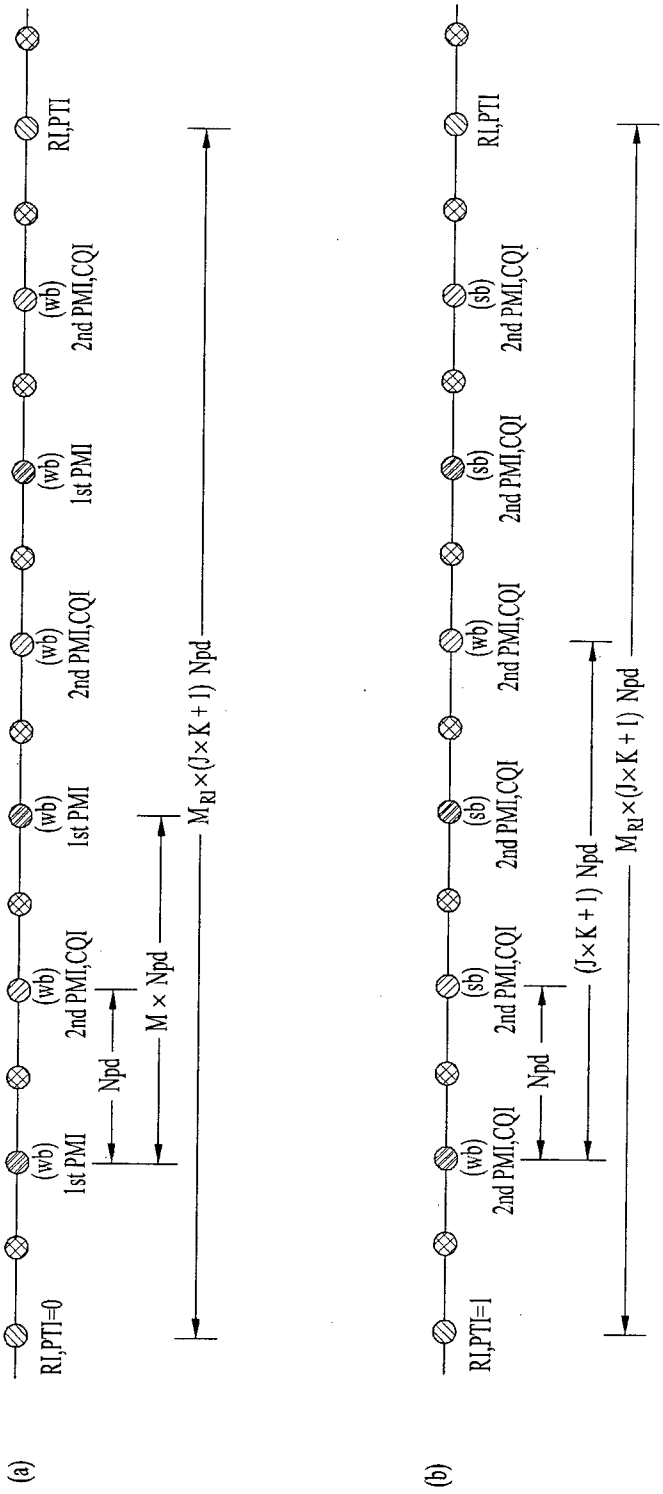
[도 32]


RI=N
PTI=1
W2,CQI_wb
based on W1
W2,CQI_sb
based on W1
RI=M
PTI=0
W1_wb
for rank=N

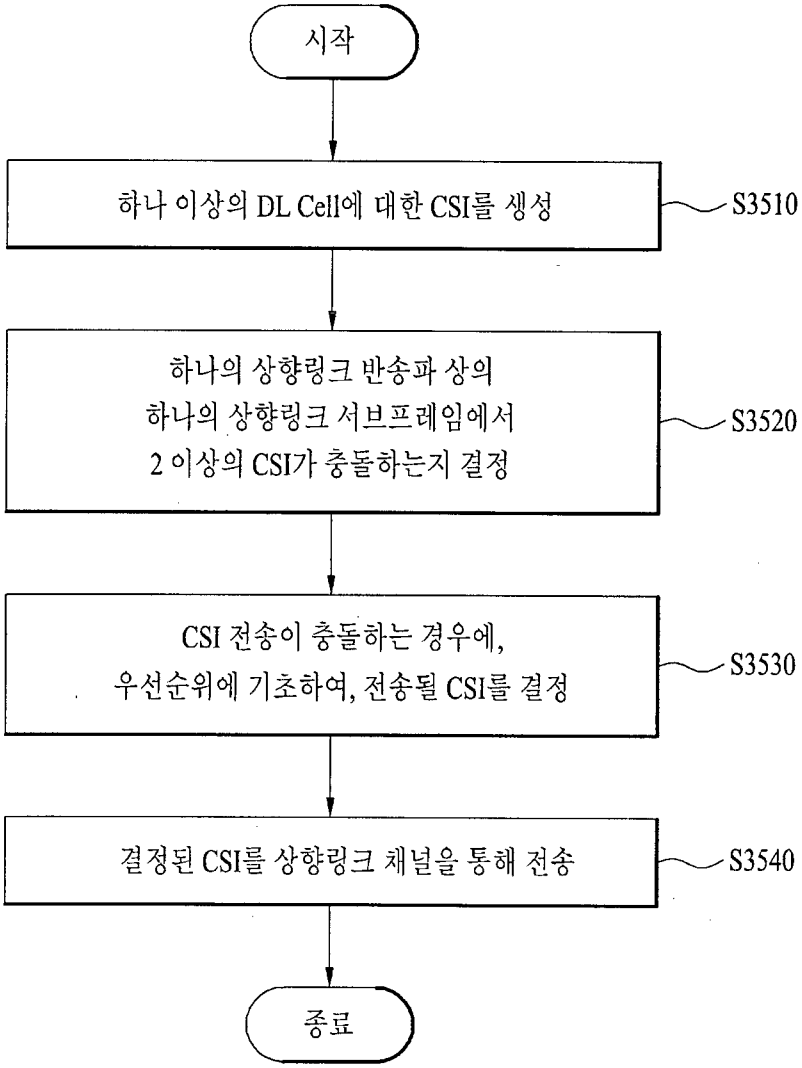
[도 33]


WB CQI/W2
SB1 CQI/W2 in BP 1
SB1 in BP 2
K
WB
SB2 in BP 1
SB2 in BP 2
WB
SB3 in BP 1
SB3 in BP 2
WB
SB1 in BP 1
SB1 in BP 2
9×K

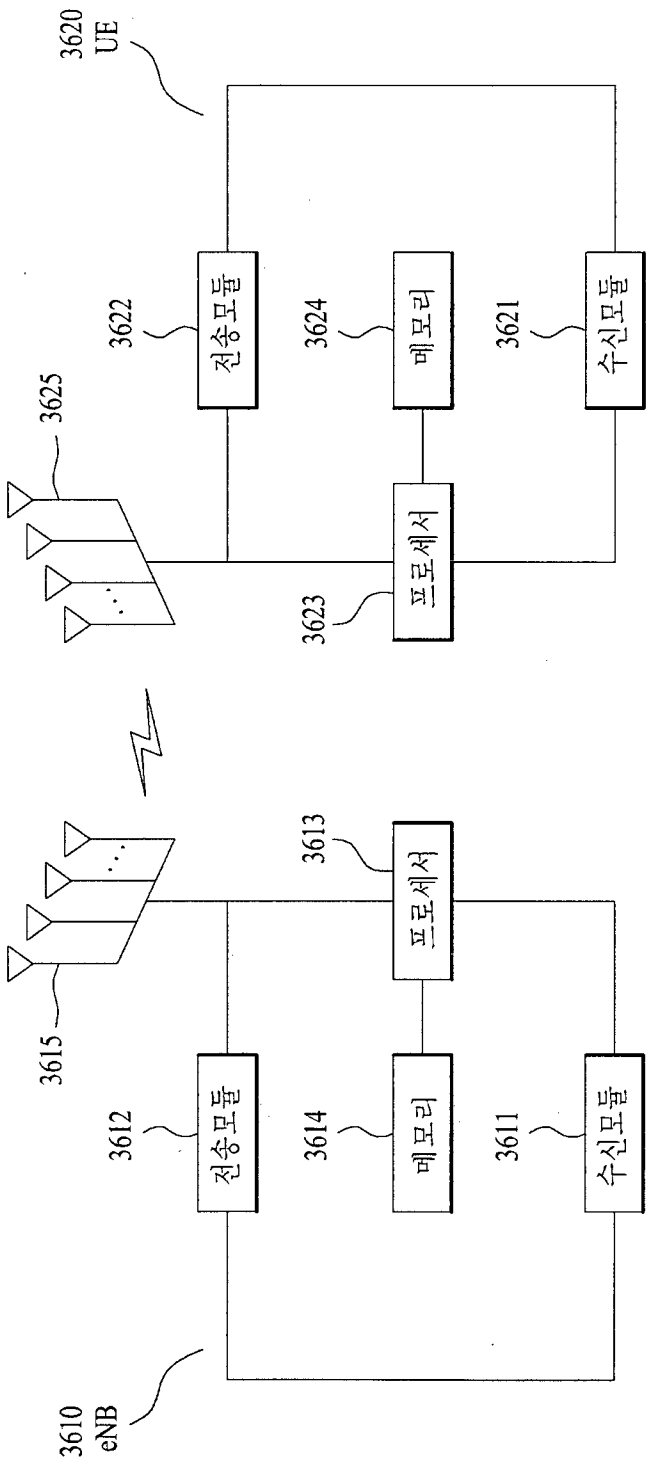
[도 34]


(a)
RI,PTI=0
1st PMI
(wb)
2nd PMI,CQI
Npd
M × Npd
M_{RI}×(J×K+1) Npd
RI,PTI
(b)
RI,PTI=1
2nd PMI,CQI
(sb)
(J×K+1) Npd

[도 35]


시작
하나 이상의 DL Cell에 대한 CSI를 생성
S3510
하나의 상향링크 반송파 상의
하나의 상향링크 서브프레임에서
2 이상의 CSI가 충돌하는지 결정
S3520
CSI 전송이 충돌하는 경우에,
우선순위에 기초하여, 전송될 CSI를 결정
S3530
결정된 CSI를 상향링크 채널을 통해 전송
S3540
종료

[도 36]


3620
UE
3622
전송모듈
3624
메모리
3621
수신모듈
3625
3623
프로세서
3613
프로세서
3615
3612
전송모듈
3614
메모리
3611
수신모듈
3610
eNB