(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2012 년 3 월 22 일 (22.03.2012)

PCT

(10) 국제공개번호
WO 2012/036456 A2

(51) 국제특허분류:
H04J 11/00 (2006.01) *H04W 72/04* (2009.01)
H04B 7/26 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2011/006770

(22) 국제출원일: 2011 년 9 월 14 일 (14.09.2011)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
61/382,890 2010 년 9 월 14 일 (14.09.2010) US
61/414,398 2010 년 11 월 16 일 (16.11.2010) US
61/419,234 2010 년 12 월 2 일 (02.12.2010) US
61/422,655 2010 년 12 월 13 일 (13.12.2010) US

(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): **양석철 (YANG, Suckchel)** [KR/KR]; 경기도 안양시 동안구 호계 1 동 533 번지 엘지전자 특허센터, 431-080 Gyeonggi-do (KR). **김민규 (KIM, Mingyu)** [KR/KR]; 경기도 안양시 동안구 호계 1 동 533 번지 엘지전자 특허센터, 431-080 Gyeonggi-do (KR). **안준기 (AHN, Joonkui)** [KR/KR]; 경기도 안양시 동안구 호계 1 동 533 번지 엘지전자 특허센터, 431-080 Gyeonggi-do (KR). **서동연 (SEO, Dongyoun)** [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).

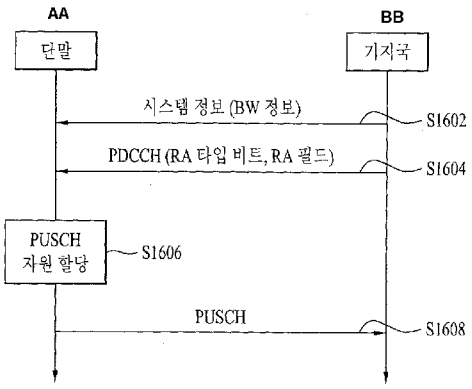
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,

[다음 쪽 계속]

(54) **Title**: METHOD AND DEVICE FOR UPLINK RESOURCE ALLOCATION

(54) **발명의 명칭** : 상향링크 자원 할당을 위한 방법 및 장치

[도 16]



CC

RA 필드 사이즈의 예:

$$\mathrm{Max}\left(\left\lceil \log_2\left(\left(\left\lceil \frac{N_{RB}^{UL}/P+1}{4}\right\rceil\right)\right)\right\rceil, \left\lceil \log_2\left(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2\right)\right\rceil\right)$$

AA ... Terminal
BB ... Base station
CC ... Example of RA field size
S1602 ... System information (BW information)
S1604 ... PDCCH (RA type bit, RA field)
S1606 ... PUSCH resource allocation

(57) **Abstract**: The present invention relates to a wireless communication system. In more detail, the present invention relates to a method for transmitting an uplink in a wireless communication system and to a device therefor, wherein the method for transmitting an uplink in a wireless communication system comprises the steps of: receiving a control channel signal including resource allocation information; and transmitting an uplink signal according to the control channel signal.

(57) **요약서**: 본 발명은 무선 통신 시스템에 관한 것이다. 구체적으로, 본 발명은 무선 통신 시스템에서 상향링크를 전송하는 방법 및 이를 위한 장치에 관한 것으로서, 무선 통신 시스템에서 상향링크 신호를 전송하는 방법에 있어서, 자원 할당 정보를 포함하는 제어 채널 신호를 수신하는 단계; 및 상기 제어 채널 신호에 따라 상향링크 신호를 전송하는 단계를 포함하는 방법 및 이를 위한 장치에 관한 것이다.

WO 2012/036456 A2

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, 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))

【명세서】

【발명의 명칭】

상향링크 자원 할당을 위한 방법 및 장치

【기술분야】

본 발명은 무선 통신 시스템에 관한 것으로서, 구체적으로 연속적 또는 불연속적 상향링크 자원 할당을 위한 방법 및 이를 위한 장치에 관한 것이다.

【배경기술】

무선 통신 시스템이 음성이나 데이터 등과 같은 다양한 종류의 통신 서비스를 제공하기 위해 광범위하게 전개되고 있다. 일반적으로 무선통신 시스템은 가용한 시스템 자원(대역폭, 전송 파워 등)을 공유하여 다중 사용자와의 통신을 지원할 수 있는 다중 접속(multiple access) 시스템이다. 다중 접속 시스템의 예들로는 CDMA(code division multiple access) 시스템, FDMA(frequency division multiple access) 시스템, TDMA(time division multiple access) 시스템, OFDMA(orthogonal frequency division multiple access) 시스템, SC-FDMA(single carrier frequency division multiple access) 시스템 등이 있다.

【발명의 상세한 설명】

【기술적 과제】

본 발명의 목적은 무선 통신 시스템에서 자원을 효율적으로 할당하는 방법 및 이를 위한 장치를 제공하는데 있다. 본 발명의 다른 목적은 상향링크 신호의 전송을 위해 연속적 또는 불연속적으로 자원을 할당하는 방법 및 이를 위한 장치를 제공하는데 있다.

본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 상기 기술적 과제로 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】

본 발명의 일 양상으로, 무선 통신 시스템에서 상향링크 신호를 전송하는 방법에 있어서, 자원 할당 필드를 포함하는 제어 채널 신호를 수신하는 단계; 및

상기 제어 채널 신호에 따라 상향링크 신호를 전송하는 단계를 포함하되, 상기 자원 할당 필드의 사이즈는 하기 수학식에 의해 주어지는 방법이 제공된다:

수학식

$$Max\left(\left\lceil \log_2\left(\binom{\lceil N_{RB}^{UL}/P+1\rceil}{4}\right)\right\rceil, \lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2)\rceil\right)$$

여기서, N_{RB}^{UL}는 UL(UpLik) RB(Resource Block)의 개수를 나타내고,

P는 UL RBG(Resource Block Group) 사이즈를 나타내며,

$\lceil\ \rceil$는 올림(ceiling) 함수를 나타내고,

$Max(x,y)$는 x와 y 중 큰 값을 나타내며,

$\binom{x}{y}$은 $\frac{x(x-1)\cdots(x-y+1)}{y(y-1)\cdots 1}$을 나타낸다.

본 발명의 다른 양상으로, 무선 통신 시스템에 사용되는 통신 장치에 있어서, 무선 주파수(Radio Frequency, RF) 유닛; 및 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는 자원 할당 필드를 포함하는 제어 채널 신호를 수신하고, 상기 제어 채널 신호에 따라 상향링크 신호를 전송하도록 구성되며, 상기 자원 할당 정보는 두 개의 자원 블록 셋을 지시하는데 사용되는 조합 인덱스 r을 가지고, 각각의 자원 블록 셋은 하나 이상의 연속된 자원 블록 그룹(Resource Block Group, RBG)을 포함하며, 상기 자원 할당 필드의 사이즈는 하기 수학식에 의해 주어지는, 통신 장치가 제공된다:

수학식

$$Max\left(\left\lceil \log_2\left(\binom{\lceil N_{RB}^{UL}/P+1\rceil}{4}\right)\right\rceil, \lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2)\rceil\right)$$

여기서, N_{RB}^{UL}는 UL(UpLik) RB(Resource Block)의 개수를 나타내고,

P는 UL RBG(Resource Block Group) 사이즈를 나타내며,

$\lceil\ \rceil$는 올림(ceiling) 함수를 나타내고,

$Max(x,y)$는 x와 y 중 큰 값을 나타내며,

$\binom{x}{y}$은 $\frac{x(x-1)\cdots(x-y+1)}{y(y-1)\cdots 1}$을 나타낸다.

바람직하게, 상기 P는 하기 표에 의해 주어진다:

N_{RB}^{UL}	UL RBG 사이즈 (P)
≤10	1
11 - 26	2
27 - 63	3
64 - 110	4

여기서, UL RBG 사이즈는 연속된 RB의 개수를 나타낸다.

바람직하게, 상기 자원 할당 필드는 두 개의 자원 블록 셋을 지시하는데 사용되는 조합 인덱스 r을 지시하는 정보를 포함하고, 각각의 자원 블록 셋은 하나 이상의 연속된 RBG를 포함하며, 상기 조합 인덱스 r은 하기 수학식에 의해 주어진다:

수학식

$$r=\sum_{i=0}^{M'-1}\left\langle \begin{matrix} N-s_i \\ M'-i \end{matrix} \right\rangle, \quad \left\langle \begin{matrix} x \\ y \end{matrix} \right\rangle=\begin{cases} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} & if\ x \geq y \\ 0 & if\ x < y \end{cases}$$

여기서, M'는 4이고,

N은 UL RBG의 개수+1이며,

s_0과 s_1은 제1 자원 블록 셋의 시작 RBG 인덱스와 끝 RBG 인덱스를 지시하는데 사용되고,

s_2와 s_3은 제2 자원 블록 셋의 시작 RBG 인덱스와 끝 RBG 인덱스를 지시하는데 사용된다.

바람직하게, 상기 제1 자원 블록 셋의 시작 및 끝 RBG 인덱스는 각각 s_0 및 s_1-1이고, 상기 제2 자원 블록 셋의 시작 및 끝 RBG 인덱스는 각각 s_2 및 s_3-1이다.

바람직하게, $\{s_i\}_{i=0}^{M'-1}$는 $1 \leq s_i \leq N$ 및 $s_i < s_{i+1}$을 만족한다.

바람직하게, 상기 조합 인덱스 r을 지시하는 $\log_2\left(\begin{pmatrix} \lceil N_{RB}^{UL}/P+1 \rceil \\ 4 \end{pmatrix}\right)$ 개의 비트가 상기 자원 할당 필드의 LSB(Least Significant Part) 부분에 포함된다.

바람직하게,상기 제어 채널 신호는 PDCCH(Physical Downlink Control Channel) 신호이고, 상기 상향링크 신호는 PUSCH(Physical Uplink Shared Channel) 신호이다.

【유리한 효과】

본 발명에 의하면, 무선 통신 시스템에서 자원을 효율적으로 할당할 수 있다. 구체적으로, 상향링크 전송을 위한 연속적 또는 불연속 자원 할당을 효율적으로 수행할 수 있다.

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

도 1은 3GPP 시스템의 무선 프레임(radio frame)의 구조를 예시한다.

도 2는 하향링크 슬롯의 자원 그리드를 예시한다.

도 3은 하향링크 서브프레임의 구조를 나타낸다.

도 4는 상향링크 서브프레임의 구조를 예시한다.

도 5는 가상 자원블록(Virtual Resource Block, VRB)과 물리 자원블록(Physical Resource Block, PRB)의 맵핑을 예시한다.

도 6A~6C는 기존 LTE의 자원 할당 타입 0~2를 예시한다.

도 7A~7B는 DFT-s-OFDMA(Discrete Fourier Transform Spread Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 송/수신기를 예시한다.

도 8은 로칼화된 DFT-s-OFDMA 자원 맵핑을 예시한다.

도 9는 클러스터된 DFT-s-OFDMA 자원 맵핑을 예시한다.

도 10은 RBG 그룹핑으로 예시한다.

도 11~13은 본 발명의 실시예에 따른 불연속적 상향링크 자원 할당 방법을 예시한다.

도 14~15는 본 발명의 실시예에 따른 상향링크 전송을 예시한다.

도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 상향링크 전송 과정을 예시한다.

도 17은 본 발명에 일 실시예에 적용될 수 있는 기지국 및 단말을 예시한다.

【발명의 실시를 위한 형태】

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 일부로서 하향링크에서 OFDMA를 채용하고 상향링크에서 SC-FDMA를 채용한다. LTE-A(Advanced)는 3GPP LTE의 진화된 버전이다.

설명을 명확하게 하기 위해, 3GPP LTE/LTE-A를 위주로 기술하지만 본 발명의 기술적 사상이 이에 제한되는 것은 아니다. 또한, 이하의 설명에서 사용되는 특정(特定) 용어들은 본 발명의 이해를 돕기 위해서 제공된 것이며, 이러한 특정 용어의 사용은 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위에서 다른 형태로 변경될 수 있다.

도 1은 무선 프레임의 구조를 예시한다.

도 1을 참조하며, 무선 프레임은 10개의 서브프레임을 포함한다. 서브프레임은 시간 도메인에서 두 개의 슬롯을 포함한다. 서브프레임을 전송하는 시간이 전송 시간 간격 (Transmission Time Interval, TTI)으로 정의된다. 예를 들어, 하나의 서브프레임은 1ms의 길이를 가질 수 있고, 하나의 슬롯은 0.5ms의 길이를 가질 수 있다. 하나의 슬롯은 시간 도메인에서 복수의 OFDM(Orthogonal Frequency Division

Multiplexing) 또는 SC-FDMA(Single Carrier Frequency Division Multiple Access) 심볼을 가진다. 3GPP LTE는 하향링크에서 OFDMA를 사용하고 상향링크에서 SC-FDMA를 사용하므로, OFDM 또는 SC-FDMA 심볼은 하나의 심볼 기간을 나타낸다. 자원블록(Resource Block, RB)은 자원 할당 유닛이고, 하나의 슬롯에서 복수의 연속된 부반송파를 포함한다. 무선 프레임의 구조를 예시적 목적을 위해 도시된 것이다. 따라서, 무선 프레임에 포함되는 서브프레임의 개수, 서브프레임에 포함되는 슬롯의 개수, 슬롯에 포함되는 심볼의 개수는 다양한 방식으로 변형될 수 있다.

도 2는 하향링크 슬롯의 자원 그리드를 예시한다.

도 2를 참조하면, 하향링크 슬롯은 시간 도메인에서 복수의 OFDM 심볼을 포함한다. 하나의 하향링크 슬롯은 7(6)개의 OFDM 심볼을 포함하고 자원블록은 주파수 도메인에서 12개의 부반송파를 포함할 수 있다. 자원 그리드 상의 각 요소(element)는 자원 요소(Resource Element, RE)로 지칭된다. 하나의 RB는 12×7(6)개의 RE를 포함한다. 하향링크 슬롯에 포함되는 RB의 개수 N_{RB}^{DL}은 하향링크 전송 대역에 의존한다. 상향링크 슬롯의 구조는 하향링크 슬롯의 구조와 동일하되, OFDM 심볼이 SC-FDMA 심볼로 대체되고, N_{RB}^{DL}이 N_{RB}^{UL}로 대체된다.

도 3은 하향링크 서브프레임의 구조를 예시한다.

도 3을 참조하면, 서브프레임의 첫 번째 슬롯에서 앞부분에 위치한 최대 3(4)개의 OFDM 심볼은 제어 채널이 할당되는 제어 영역에 대응한다. 남은 OFDM 심볼은 PDSCH(Physical Downlink Shared CHancel)이 할당되는 데이터 영역에 해당한다. 3GPP LTE에서 사용되는 하향링크 제어 채널의 예는 PCFICH(Physical Control Format Indicator Channel), PDCCH(Physical Downlink Control Channel), PHICH(Physical hybrid ARQ indicator Channel) 등을 포함한다. PCFICH는 서브프레임의 첫 번째 OFDM 심볼에서 전송되고 서브프레임 내에서 제어 채널의 전송에 사용되는 OFDM 심볼의 개수에 관한 정보를 나른다. PHICH는 상향링크 전송의 응답으로 HARQ ACK/NACK(acknowledgment/negative-acknowledgment) 신호를 나른다.

PDCCH를 통해 전송되는 제어 정보를 DCI(Downlink Control Information)라고 지칭한다. DCI는 단말 또는 단말 그룹을 위한 자원 할당 정보 및 다른 제어 정보를

포함한다. 예를 들어, DCI는 상향/하향링크 스케줄링 정보, 상향링크 전송(Tx) 파워 제어 명령 등을 포함한다.

PDCCH는 하향링크 공유 채널(downlink shared channel, DL-SCH)의 전송 포맷 및 자원 할당 정보, 상향링크 공유 채널(uplink shared channel, UL-SCH)의 전송 포맷 및 자원 할당 정보, 페이징 채널(paging channel, PCH) 상의 페이징 정보, DL-SCH 상의 시스템 정보, PDSCH 상에서 전송되는 랜덤 접속 응답과 같은 상위-계층 제어 메시지의 자원 할당 정보, 단말 그룹 내의 개별 단말들에 대한 Tx 파워 제어 명령 세트, Tx 파워 제어 명령, VoIP(Voice over IP)의 활성화 지시 정보 등을 나른다. 복수의 PDCCH가 제어 영역 내에서 전송될 수 있다. 단말은 복수의 PDCCH를 모니터링 할 수 있다. PDCCH는 하나 또는 복수의 연속된 제어 채널 요소(control channel element, CCE)들의 집합(aggregation) 상에서 전송된다. CCE는 PDCCH에 무선 채널 상태에 기초한 코딩 레이트를 제공하는데 사용되는 논리적 할당 유닛이다. CCE는 복수의 자원 요소 그룹(resource element group, REG)에 대응한다. PDCCH의 포맷 및 PDCCH 비트의 개수는 CCE의 개수에 따라 결정된다. 기지국은 단말에게 전송될 DCI에 따라 PDCCH 포맷을 결정하고, 제어 정보에 CRC(cyclic redundancy check)를 부가한다. CRC는 PDCCH의 소유자 또는 사용 목적에 따라 식별자(예, RNTI(radio network temporary identifier))로 마스킹(또는 스크램블) 된다. 예를 들어, PDCCH가 특정 단말을 위한 것일 경우, 해당 단말의 식별자(예, cell-RNTI (C-RNTI))가 CRC에 마스킹 될 수 있다. PDCCH가 페이징 메시지를 위한 것일 경우, 페이징 식별자(예, paging-RNTI (P-RNTI))가 CRC에 마스킹 될 수 있다. PDCCH가 시스템 정보(보다 구체적으로, 시스템 정보 블록(system information block, SIC))를 위한 것일 경우, SI-RNTI(system information RNTI)가 CRC에 마스킹 될 수 있다. PDCCH가 랜덤 접속 응답을 위한 것일 경우, RA-RNTI(random access-RNTI)가 CRC에 마스킹 될 수 있다. CRC 마스킹(또는 스크램블)은 예를 들어 비트 레벨에서 CRC와 RNTI를 XOR 연산하는 것을 포함한다.

도 4는 LTE에서 사용되는 상향링크 서브프레임의 구조를 예시한다.

도 4를 참조하면, 상향링크 서브프레임은 복수(예, 2개)의 슬롯을 포함한다.

슬롯은 CP(Cyclic Prefix) 길이에 따라 서로 다른 수의 SC-FDMA 심볼을 포함할 수 있다. 일 예로, 보통(normal) CP의 경우 슬롯은 7개의 SC-FDMA 심볼을 포함할 수 있다. 상향링크 서브프레임은 주파수 영역에서 데이터 영역과 제어 영역으로 구분된다. 데이터 영역은 PUSCH를 포함하고 음성 등의 데이터 신호를 전송하는데 사용된다. 제어 영역은 PUCCH를 포함하고 제어 정보를 전송하는데 사용된다. PUCCH는 주파수 축에서 데이터 영역의 양끝 부분에 위치한 RB 쌍(RB pair)(예, m=0,1,2,3)을 포함하며 슬롯을 경계로 호핑한다. 제어 정보는 HARQ ACK/NACK, CQI(Channel Quality Information), PMI(Precoding Matrix Indicator), RI(Rank Indication) 등을 포함한다.

이하, 자원블록 맵핑에 대해서 설명한다. 물리 자원블록(Physical Resource Block, PRB)과 가상 자원블록(Virtual Resource Block, VRB)이 정의된다. 물리 자원블록은 도 2에서 예시한 것과 동일하다. 즉, 물리 자원블록은 시간 영역에서 N_{symb}^{DL} 개의 연속된 OFDM 심볼과 주파수 영역에서 N_{sc}^{RB} 개의 연속된 부반송파로 정의된다. 물리 자원블록은 주파수 영역에서 0~ $N_{RB}^{DL}-1$ 로 번호가 주어진다. 물리 자원블록 번호(n_{PRB})와 슬롯에서 자원요소 (k,l)의 관계는 수학식 1과 같다.

【수학식 1】

$$n_{PRB}=\left\lfloor \frac{k}{N_{sc}^{RB}} \right\rfloor$$

여기에서, k는 부반송파 인덱스이고 N_{sc}^{RB}는 하나의 자원블록에 포함된 부반송파의 개수를 나타낸다.

가상 자원블록은 물리 자원블록과 동일한 크기를 갖는다. 로칼 타입(localized type)의 가상 자원블록(Localized VRB, LVRB) 및 분산 타입(distributed type)의 가상 자원블록(Distributed VRB, DVRB)이 정의된다. 가상 자원블록의 타입과 관계 없이, 서브프레임에서 두 개의 슬롯에 걸쳐 한 쌍의 자원블록이 단일 가상 자원블록 번호(n_{VRB})에 의해 함께 할당된다.

도 5는 가상 자원블록을 물리 자원블록으로 맵핑하는 방법을 예시한다.

도 5를 참조하면, LVRB는 PRB로 직접 맵핑되므로 가상 자원블록 번호(n_{VRB})는 물리 자원블록 번호(n_{PRB})에 동일하게 대응된다($n_{PRB}=n_{VRB}$). VRB는 0~ $N_{VRB}^{DL}-1$ 로 번

호가 주어지며 $N_{VRB}^{DL} = N_{RB}^{DL}$ 이다. 반면, DVRB는 인터리빙을 거쳐 PRB에 맵핑된다. 구체적으로, DVRB는 PRB에 표 1과 같이 맵핑될 수 있다. 표 1은 RB 갭 값을 나타낸다.

【표 1】

시스템 BW (N_{RB}^{DL})	갭(Gap) (N_{gap})	
	1st 갭 ($N_{gap,1}$)	2nd 갭 ($N_{gap,2}$)
6-10	$\lceil N_{RB}^{DL}/2 \rceil$	N/A
11	4	N/A
12-19	8	N/A
20-26	12	N/A
27-44	18	N/A
45-49	27	N/A
50-63	27	9
64-79	32	16
80-110	48	16

N_{gap} 은 동일 번호의 VRB가 첫 번째 슬롯과 두 번째 슬롯의 PRB에 맵핑될 때의 주파수 간격(예, PRB 단위)을 나타낸다. $6 \le N_{RB}^{DL} \le 49$ 의 경우, 하나의 갭 값만이 정의된다($N_{gap} = N_{gap,1}$). $50 \le N_{RB}^{DL} \le 110$ 의 경우, 두 개의 갭 값($N_{gap,1}$ 및 $N_{gap,2}$)의 정의된다. $N_{gap} = N_{gap,1}$ 또는 $N_{gap} = N_{gap,2}$ 는 하향링크 스케줄링을 통해 시그널링 된다. DVRB는 0~$N_{VRB}^{DL}-1$로 번호가 주어지며, $N_{gap} = N_{gap,1}$ 에 대해 $N_{VRB}^{DL} = N_{VRB,gap1}^{DL} = 2 \cdot \min(N_{gap}, N_{RB}^{DL} - N_{gap})$ 이고, $N_{gap} = N_{gap,2}$ 에 대해 $N_{VRB}^{DL} = N_{VRB,gap2}^{DL} = \lfloor N_{RB}^{DL}/2N_{gap} \rfloor \cdot 2N_{gap}$ 이다. min(A,B)은 A 또는 B 중에서 작은 값을 나타낸다.

연속된 $\tilde{N}_{VRB}^{DL}$ VRB 번호들은 VRB 번호 인터리빙을 위한 단위를 구성하고, $N_{gap} = N_{gap,1}$ 인 경우 $\tilde{N}_{VRB}^{DL} = N_{VRB}^{DL}$ 이며, $N_{gap} = N_{gap,2}$ 인 경우 $\tilde{N}_{VRB}^{DL} = 2N_{gap}$ 이다. 각 인터리빙 유닛의 VRB 번호 인터리빙은 4개의 열과 N_{row} 개의 행을 이용해 수행될 수 있다. $N_{row} = \lceil \tilde{N}_{VRB}^{DL}/(4P) \rceil \cdot P$ 이고, P 는 자원블록 그룹(Resource Block Group, RBG) 크기를 나타낸다. RBG는 P개의 연속된 자원블록으로 정의된다. VRB 번호는 행렬에 행-바이-행(row-by-row)으로 기록되고 열-바이-열(column-by-column)로 독출된다. N_{null} 개의 널(null)이 두 번째 및 네 번째 열의 마지막 $N_{null}/2$ 개의 행에 삽입되고,

$N_{\text{null}} = 4N_{\text{row}} - \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}}$ 이다. 널 값은 독출 시에 무시된다.

이하, 기존의 LTE에 정의된 자원 할당 방식에 대해 설명한다. LTE에서 주파수 자원 할당은 매 서브프레임마다 PDCCH를 통해 지시될 수 있다. 자원 할당 시 서브프레임의 첫 번째 절반(즉, 첫 번째 슬롯)의 PRB(Physical RB)는 서브프레임의 두 번째 절반(즉, 두 번째 슬롯)의 동일 주파수의 PRB와 페어링된다. 편의상, 본 명세서는 서브프레임의 첫 번째 절반 관점에서 설명한다. 기존 LTE는 자원 할당을 위해 표 2~3과 같이 다양한 방법을 사용한다. 표 2는 하향링크(DL) 자원 할당 방법을 나타내고, 표 3은 상향링크(UL) 자원 할당 방법을 나타낸다.

【표 2】

DL RA 방법	설명	필요한 비트 수
타입 0: 비트맵	비트맵은 RBG를 지시한다. RBG 사이즈는 시스템 대역에 의존한다.	$\lceil N_{RB}^{DL}/P \rceil$
타입 1: 비트맵	비트맵은 RBG 서브셋 내에서 RB를 개별적으로 지시한다. 서브셋의 개수는 시스템 대역에 의존한다. 비트 수는 타입 0인 경우와 동일하게 설정되며, 따라서 동일한 DCI 포맷이 타입 0 또는 타입 1 정보를 나르는데 사용된다.	$\lceil N_{RB}^{DL}/P \rceil$
타입 2: 연속 할당	자원 블록의 시작 위치와 연속된 자원 블록의 개수를 지시한다.	$\lceil \log_2(N_{RB}^{DL}(N_{RB}^{DL}+1)/2) \rceil$

【표 3】

UL RA 방법	설명	필요한 비트 수
연속 할당	자원 블록의 시작 위치와 연속된 자원 블록의 개수를 지시한다.	$\lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2) \rceil$

여기서, N_{RB}^{DL}는 N_{sc}^{RB}의 배수로 표현한 하향링크 대역폭을 나타낸다. 즉, N_{RB}^{DL}는 하향링크 대역폭을 나타내고 단위는 RB이다. 유사하게, N_{RB}^{UL}는 N_{sc}^{RB}의 배수로 표현한 상향링크 대역폭을 나타낸다. 즉, N_{RB}^{UL}는 상향링크 대역폭을 나타내고 단위는 RB이다. P는 RBG를 구성하는 RB의 개수를 나타낸다.

도 6A, 6B 및 6C는 각각 타입 0 RA(Resource Allocation), 타입 1 RA 및 타입 2 RA를 위한 제어 정보 포맷 및 그에 따른 자원 할당 예를 나타낸다.

단말은 검출된 PDCCH DCI 포맷에 기초해서 자원 할당 필드를 해석한다. 각각의 PDCCH 내의 자원 할당 필드는 자원 할당 헤더 필드와 실제 자원블록 할당 정보의

두 부분(part)을 포함한다. 타입 0 및 타입 1 자원 할당을 위한 PDCCH DCI 포맷 1, 2 및 2A는 동일한 포맷을 갖고 하향링크 시스템 대역에 따라 존재하는 단일 비트 자원 할당 헤더 필드를 통해 서로 구분된다. 구체적으로, 타입 0 RA는 0으로 지시되고 타입 1 RA는 1로 지시된다. PDCCH DCI 포맷 1, 2 및 2A가 타입 0 또는 타입 1 RA에 사용되는 반면, PDCCH DCI 포맷 1A, 1B, 1C 및 1D는 타입 2 RA에 사용된다. 타입 2 RA를 갖는 PDCCH DCI 포맷은 자원 할당 헤더 필드를 갖지 않는다.

도 6A를 참조하면, 타입 0 RA에서 자원블록 할당 정보는 단말에게 할당된 자원블록 그룹(Resource Block Group, RBG)을 지시하는 비트맵을 포함한다. RBG는 연속된 PRB의 세트이다. RBG 크기(P)는 표 4와 같이 시스템 대역에 의존한다.

【표 4】

시스템 대역 N_{RB}^{DL}	RBG 사이즈 (P)
≤10	1
11 - 26	2
27 - 63	3
64 - 110	4

N_{RB}^{DL} 개의 PRB를 갖는 하향링크 시스템 대역에서 RBG의 총 개수(N_{RBG})는 $N_{RBG}=\lceil N_{RB}^{DL}/P \rceil$ 로 주어지고, $\lfloor N_{RB}^{DL}/P \rfloor$ 개의 RBG는 크기가 P이며, $N_{RB}^{DL} \bmod P > 0$ 인 경우 RBG 중 하나는 크기가 $N_{RB}^{DL} - P \cdot \lfloor N_{RB}^{DL}/P \rfloor$으로 주어진다. mod는 모듈로(modulo) 연산을 나타내고, $\lceil \rceil$는 올림(ceiling) 함수를 나타내며, $\lfloor \rfloor$는 내림(flooring) 함수를 나타낸다. 비트맵의 크기는 N_{RBG} 이고 각각의 비트는 하나의 RBG에 대응한다. 전체 RBG는 주파수 증가 방향으로 0 ~ $N_{RBG}-1$로 인덱싱 되고, RBG 0 ~ RBG $N_{RBG}-1$은 비트맵의 MSB(most significant bit)에서 LSB(least significant bit)로 맵핑된다.

도 6B를 참조하면, 타입 1 RA에서 N_{RBG} 크기의 자원블록 할당 정보는 스케줄링 된 단말에게 RBG 서브세트 내의 자원을 PRB 단위로 지시한다. RBG 서브세트 p ($0 \le p < P$)는 RBG p 로부터 시작해서 매 P번째 RBG로 구성된다. 자원블록 할당 정보는 세 개의 필드로 구성된다. 첫 번째 필드는 $\lceil \log_2(P) \rceil$ 개의 비트이고 P 개의 RBG 서브세트 중에서 선택된 RBG 서브세트를 지시한다. 두 번째 필드는 1 비트이고 서브세트 내에서 자원 할당 스팬(span)의 쉬프트를 지시한다. 비트 값이 1인 경우 쉬프

트가 트리거링 되고 반대의 경우 트리거링 되지 않는다. 세 번째 필드는 비트맵을 포함하고, 각각의 비트는 선택된 RBG 세트 내에서 하나의 PRB를 지시한다. 선택된 RBG 서브세트 내에서 PRB를 지시하는데 사용되는 비트맵 부분은 크기가 N_{RB}^{TYPE1} 이고, 수학식 2와 같이 정의된다.

【수학식 2】

$$N_{RB}^{TYPE1} = \lceil N_{RB}^{DL} / P \rceil - \lceil \log_2(P) \rceil - 1$$

선택된 RBG 서브세트에서 어드레스 가능한(addressable) PRB 번호는 선택된 RBG 서브세트 내에서 가장 작은 PRB 번호에 대한 오프셋($\Delta_{shift}(p)$)으로부터 시작하고 비트맵의 MSB에 맵핑될 수 있다. 오프셋은 PRB의 개수로 표현되고 선택된 RBG 서브세트 내에서 적용된다. 자원 할당 스팬의 쉬프트를 위한 두 번째 필드 내의 비트 값이 0으로 세팅된 경우 RBG 서브세트 p를 위한 오프셋은 $\Delta_{shift}(p)=0$으로 주어진다. 그 외의 경우, RBG 서브세트 p를 위한 오프셋은 $\Delta_{shift}(p) = N_{RB}^{RBG\ subset}(p) - N_{RB}^{TYPE1}$ 으로 주어진다. $N_{RB}^{RBG\ subset}(p)$는 RBG 서브세트 p 내에서의 PRB의 개수를 나타내고 수학식 3에 의해 구할 수 있다.

【수학식 3】

$$N_{RB}^{RBG\ subset}(p) = \begin{cases} \left\lfloor \frac{N_{RB}^{DL}-1}{P^2} \right\rfloor \cdot P + P & , p < \left\lfloor \frac{N_{RB}^{DL}-1}{P} \right\rfloor \bmod P \\ \left\lfloor \frac{N_{RB}^{DL}-1}{P^2} \right\rfloor \cdot P + (N_{RB}^{DL}-1) \bmod P + 1 & , p = \left\lfloor \frac{N_{RB}^{DL}-1}{P} \right\rfloor \bmod P \\ \left\lfloor \frac{N_{RB}^{DL}-1}{P^2} \right\rfloor \cdot P & , p > \left\lfloor \frac{N_{RB}^{DL}-1}{P} \right\rfloor \bmod P \end{cases}$$

도 6C를 참조하면, 타입 2 RA에서 자원블록 할당 정보는 스케줄링 된 단말에게 연속적으로 할당된 LVRB 또는 DVRB의 세트를 지시한다. PDCCH DCI 포맷 1A, 1B 또는 1D로 자원 할당을 시그널링 한 경우, 1-비트 플래그가 LVRB 또는 DVRB가 할당되는지 지시한다(예, 0은 LVRB 할당을 나타내고, 1은 DVRB 할당을 나타낸다). 반면, PDCCH DCI 포맷 1C로 자원 할당을 시그널링 할 경우 항상 DVRB만이 할당된다. 타입 2 자원 할당 필드는 자원 지시 값(Resource Indication Value, RIV)을 포함하고, RIV

는 시작 자원블록(RB_{start}) 및 길이에 대응한다. 길이는 가상적으로 연속되게 할당된 자원블록의 개수를 나타낸다.

도 7A~7B는 DFT-s-OFDMA 송/수신기의 블록도를 예시한다. DFT-s-OFDMA 방식이 OFDMA 방식과 다른 점은 IFFT 처리 이전에 DFT 프리코딩(precoding)을 통해 복수의 데이터 심볼(즉, 데이터 심볼 시퀀스)을 주파수 영역에 확산시키는 점에 있다. DFT-s-OFDMA 방식은 SC-FDMA 방식으로 지칭되며 본 명세서에서 양자는 혼용된다.

도 7A를 참조하면, DFT-s-OFDMA 송신기(700)은 성상 맵핑 모듈(702), 직/병렬 변환기(704), Nu-포인트 FFT 확산 모듈(706), 심볼-대-부반송파 맵핑 모듈(708), Nc-포인트 IFFT 모듈(710), 순환전치 모듈(712) 및 병/직렬 변환기(714)를 포함한다. 상기 모듈은 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 예시로서, DFT-s-OFDMA 송신기(700)는 추가적인 모듈을 더 포함할 수 있다. 또한, 일부 모듈은 기능이 서로 통합되어 하나의 모듈로 구현될 수 있다. 여기에서, Nu는 FFT 확산 모듈 입력 크기로서 스케줄링된 부반송파의 개수에 해당한다. 또한, Nc는 시스템 대역 내에 존재하는 전체 부반송파의 개수에 해당한다. 따라서, Nu 값 및 그에 따른 DFT 입출력 크기는 매 스케줄링 시점마다 스케줄링 되는 데이터 심볼량에 따라 $Nu \leq Nc$인 범위 내에서 변할 수 있다.

DFT-s-OFDMA 송신기(700)의 신호 처리 과정은 다음과 같다. 먼저, 비트 스트림(bit stream)이 데이터 심볼 시퀀스(data symbol sequence)로 변조된다(702). 그 후, 직렬의 데이터 심볼 시퀀스는 Nu개씩 병렬로 변환된다(704). Nu 길이의 병렬 데이터 심볼 시퀀스는 동일한 크기의 FFT 처리를 통해 Nu 길이의 주파수 영역 시퀀스로 변환된다(706). FFT 처리는 Nu-포인트 DFT 처리를 통해 수행될 수 있다. 본 명세서에서 FFT는 DFT와 혼용되고, DFT 처리는 DFT 확산 또는 DFT 프리코딩과 혼용된다. 그 후, Nu 길이의 주파수 영역 시퀀스는 전체 Nc개의 부반송파 중에서 할당 받은 Nu개의 부반송파에 맵핑되고 Nc-Nu개의 남은 부반송파에는 0이 패딩(padding)된다(708). Nc 부반송파에 맵핑된 시퀀스는 Nc-포인트 IFFT 처리를 통해 Nc 길이의 시간 영역 시퀀스로 변환된다(710). ISI와 ICI를 줄이기 위해, 시간 영역 시퀀스 중에서 맨 뒤에 있는 Np개의 샘플을 복사하여 시퀀스의 맨 앞에 부가함으로써 순환전치

(Cyclic Prefix)를 구성한다(712). 생성된 시간 영역 시퀀스는 하나의 전송 심볼에 해당하고, 병/직렬 변환기를 통해 직렬 시퀀스로 변환된다(714). 그 후, 직렬 시퀀스는 주파수 상향 변환 등의 과정을 통해 수신기로 전송된다. 다른 사용자는 앞의 사용자가 사용하고 남은 Nc-Nu 부반송파 중에서 가용한 부반송파를 할당받아 데이터를 전송한다.

도 7B를 참조하면, 수신기(720)는 직/병렬 변환기(722), Nc-포인트 FFT 모듈(724), 부반송파-대-심볼 맵핑 모듈(726), Nu-포인트 DFT 역확산 모듈(728), 병/직렬 변환기(730) 및 성상 디맵핑 모듈(732)을 포함한다. 수신기(720)의 신호 처리 과정은 송신기(700)의 역으로 구성되므로 자세한 사항은 도 7A를 참조한다.

LTE의 경우, 하향링크에서는 OFDMA 방식을 사용하고 상향링크에서는 SC-FDMA 방식을 사용한다. OFDMA 송신기는 도 7A의 블록도에서 Nu-포인트 FFT 확산 모듈(706)을 제거한 것에 해당하고, OFDMA 수신기는 도 7B의 블록도에서 Nu-포인트 DFT 역확산 모듈(728)을 제거한 것에 해당한다.

이하, 도 8~9를 참조하여, DFT 프리코딩에 의해 생성된 주파수 영역 시퀀스를 부반송파에 맵핑하는 방법에 대해 설명한다. 기존 LTE는 상향링크에서 하나의 단말에게 하나의 연속된 주파수 자원만을 할당하였다. 그러나, LTE-A (Rel-10 이후) 시스템은 고속 통신의 요구와 주파수 자원 활용의 극대화를 위해, 상향링크에서 하나의 단말에게 하나의 연속된 주파수 자원뿐만 아니라 복수의 불연속적인 주파수 자원을 할당하는 것을 허용하고 있다.

도 8은 로칼화된 DFT-s-OFDMA 송신기의 블록도를 예시한다. 도 8은 기존 LTE의 자원 할당 방법에 해당한다.

도 8을 참조하면, DFT 모듈(806)로부터 출력된 주파수 영역 시퀀스는 시스템 대역 내에서 연속된 부반송파에 맵핑된다. 즉, Nu 길이의 주파수 영역 시퀀스는 Nu 개의 연속된 부반송파에 맵핑된다. 본 방식은 주어진 시점에 연속된 부반송파들을 통해서만 데이터 송신이 가능하므로 스케줄링 유연성이 떨어질 수 있다. 일 예로, 송수신단이 어느 시점에 복수의 서로 떨어진 주파수 영역에서 좋은 무선 채널 응답 특성을 가지는 경우에 본 방식으로는 서로 떨어진 주파수 영역에 동시에 데이터를

전송하는 것이 불가능하다.

도 9는 클러스터된 DFT-s-OFDMA 송신기의 블록도를 예시한다. 도 9는 LTE-A에서 추가적으로 사용되는 자원 할당 방법에 해당한다. LTE-A 단말은 자원 할당 정보에 기초해서 도 8의 방식 또는 도 9의 방식을 사용할 수 있다.

도 9를 참조하면, DFT 모듈(906)로부터 출력된 주파수 영역 시퀀스는 주파수 대역에 불균등하게 불연속적으로 맵핑된다(908). 본 방식은 복수의 서로 떨어진 주파수 영역에 로칼화된 DFT-s-OFDMA 방식을 독립적으로 적용한다고 할 수 있다. 편의상, 로칼화된 DFT-s-OFDMA 방식이 적용되는 각각의 자원 셋(또는 주파수 대역)을 클러스터라고 지칭한다. 클러스터는 하나 이상의 연속된 부반송파를 포함한다. 따라서, 본 방식에서는 DFT 프리코딩을 거친 복수의 데이터 심볼이 주파수 도메인에서 서로 떨어진 M(≥1)개의 클러스터들 안에서 연속된 부반송파에 매핑된다. 도 9는 클러스터가 3개인 경우를 예시한다. 각 클러스터들의 크기(예, 부반송파, RB, 또는 RBG 개수)는 독립적으로 설정될 수 있다. 송신 신호의 PAPR 값은 M 값이 1 보다 클 경우 로칼화된 DFT-s-OFDMA 방식보다 크게 되지만, M 값이 적절히 작은 범위 내에서 설정된다면 여전히 OFDMA 방식보다 작은 PAPR 값을 보장하면서 스케줄링 유연성을 향상할 수 있다.

실시예

LTE-A 시스템에 불연속적 상향링크 자원 할당 방법(편의상, UL RA 타입 1로 지칭)이 도입됨에 따라, UL RA 타입 1을 효율적으로 시그널링 하기 위한 다양한 방안이 당해 업계에서 논의되어 왔다.

첫 번째 방안으로, DL RA 타입 0과 같이, UL RB (또는 RBG)를 개별적으로 지시하는 비트맵을 이용하는 방법이 제안된 바 있다. 본 방안에 따르면, 불연속적 자원 할당 시에 완전한 스케줄링 자유도가 보장되지만, UL 대역에 n개의 RB (또는 RBG)가 있으면 n 비트의 RA 필드가 필요하므로 제어 정보의 양이 지나치게 증가될 수 있다. 더구나, 기존의 PUSCH 스케줄링을 위한 RA 필드의 사이즈가 $\lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2) \rceil$ 로 정해져 있는 점을 고려할 때, 본 방안을 지원하기 위해 새로운 DCI 포맷이 정의되어야 한다.

두 번째 방안으로, 기존의 연속 할당 방식(RA 타입 2)을 재활용하되, 각각의 클러스터가 할당될 수 있는 자원 영역을 제한하는 방법이 제안된 바 있다. 예를 들어, UL 대역이 10개의 RBG를 포함하는 경우, 첫 번째 클러스터는 RBG 0~4 내에서만 할당될 수 있고 두 번째 클러스터는 RBG 5~9 내에서만 할당될 수 있다. 이 경우, RA 필드의 사이즈는 $2\cdot\lceil \log_2\left(N_{\mathrm{RBG}}^{\mathrm{Cluster\,Span}}\cdot\left(N_{\mathrm{RBG}}^{\mathrm{Cluster\,Span}}+1\right)/2\right)\rceil$ 로 주어질 수 있다. $N_{\mathrm{RBG}}^{\mathrm{Cluster\,Span}}$ 는 각각의 클러스터가 할당될 수 있는 영역의 크기를 나타내며 RBG 단위이다. 본 방안에 따르면, $N_{\mathrm{RBG}}^{\mathrm{Cluster\,Span}}$ 의 크기를 조절함에 따라 기존 RA 필드를 이용하여 불연속적 자원 할당을 하는 것이 가능하다. 그러나, 각각의 클러스터가 할당될 수 있는 영역이 제한되므로 스케줄링 자유도가 줄어드는 문제가 있다.

상술한 바와 같이, 불연속적 상향링크 자원 할당 시에 개별 RB (또는 RBG)를 지시하는 비트맵을 이용하는 경우, 제어 정보의 양이 상당히 증가할 수 있으며 이로 인해 기존 DCI 포맷을 재활용할 수 없는 문제가 있다. 또한, 불연속적 상향링크 자원 할당 시에 기존의 연속 할당 방식(즉, RIV) 및 DCI 포맷을 재활용하는 경우, 기존 DCI 포맷의 사이즈를 유지하기 위해 클러스터가 할당될 수 있는 영역이 제한되므로 스케줄링 자유도가 떨어지는 문제가 있다.

이하, 도면을 참조하여, 본 발명은 자원 할당을 위한 정보의 양을 증가시키지 않으면서도 스케줄링 자유도를 보장할 수 있는 불연속적 상향링크 자원 할당 방법에 대해 설명한다. 구체적으로, 본 발명은 불연속적으로 할당된 복수의 자원 셋에 대응하는 조합 인덱스(combinatorial index)를 이용할 것을 제안한다. 조합 인덱스는 PUSCH 스케줄링을 위한 DCI 포맷의 RA 필드에 포함될 수 있다. 조합 인덱스는 전체 경우에서 특정 조합의 인덱스들이 선택되는 경우를 지시하는데 사용된다. 편의상, 특정 조합의 인덱스 집합을 $\{s_i\}_{i=0}^{M'-1}$ 으로 표시한다. $M'=2M$ 이고, M 은 할당된 자원 셋(예, 클러스터)의 개수를 나타낸다. 이 경우, $\{s_0,s_1\}$ 은 첫 번째 자원 셋에 대응하고, $\{s_2,s_3\}$ 은 두 번째 자원 셋에 대응한다. 즉, $\{s_{2m-2},s_{2m-1}\}$ 은 $m(m=1,2,\cdots,M)$ 번째 자원 셋에 대응한다. 대응 관계는 다르게 정의될 수 있다. 조합 인덱스를 이용한 자원 할당 방법은 뒤에서 보다 구체적으로 예시한다.

설명에 앞서, 전체 UL 시스템 대역폭 혹은 자원 할당에 가용한 UL 대역폭에 해당하는 총 RB 수를 N_{RB}^{UL}라고 정의한다. 편의상, 본 발명의 실시예는 자원 할당 최소 단위(granularity)로 RBG를 사용하지만, 이는 예시로서 자원 할당 최소 단위는 다르게 정의될 수 있다. RBG를 구성하는 RB 수를 P(P=1, 2, …)라고 하면, 전체 N_{RB}^{UL}개의 RB에 대해 총 N_{RBG}^{UL}개의 자원 할당용 RBG를 정의할 수 있다. 구체적으로, N_{RBG}^{UL}는 $\lceil N_{RB}^{UL}/P \rceil$ (또는, ceiling(N_{RB}^{UL}/P))로 주어질 수 있다. $\lceil x \rceil$ 또는 ceiling(x)는 x보다 크거나 같은 최소 정수를 나타낸다. 한편, 자원 할당 필드의 정의 및 사이즈에 따라, N_{RBG}^{UL}는 $\lfloor N_{RB}^{UL}/P \rfloor$ (또는, floor(N_{RB}^{UL}/P)) 또는 round(N_{RB}^{UL}/P)로 주어질 수 있다. $\lfloor x \rfloor$ 또는 floor(x)는 x보다 작거나 같은 최대 정수를 나타낸다. round(x)는 x에 대한 반올림을 의미한다.

또한, 단말에게 불연속적으로 할당되는 자원 셋(예, RBG 클러스터)의 개수는 M (M=2,3,…)으로 정의된다. M은 모든 단말에서 동일한 값으로 (즉, 셀-특정(cell-specific)) 설정되거나, 각 단말별로 독립적으로(즉, 단말-특정(UE-specific)) 설정될 수 있다. 바람직하게, 모든 단말에 대해 M=2로 고정될 수 있다.

도 10은 자원 할당을 위한 RBG 인덱싱 기반 RBG 맵의 예를 도시한다. 도 10은 UL 대역이 20개의 RB을 포함하는 경우를 가정한다($N_{RB}^{UL}=20$). 이 경우, 표 4를 참조하면, RBG는 2개의 RB로 구성된다. 따라서, RB #1~#20은 RBG #1~#10으로 그룹핑 된다. 이하에서, RBG는 기본 UL 자원 할당 단위로 사용된다. 도면은 RB 인덱스와 RBG 인덱스가 1부터 시작하는 것으로 예시하고 있으나, 구현 예에 따라 RB 인덱스 및/또는 RBG 인덱스는 0부터 시작하도록 정의될 수도 있다.

<u>방법 1: 조합 인덱스가 RBG 인덱스의 조합을 지시</u>

본 방법은 RBG 인덱싱에 기반하여 복수의 불연속적 상향링크 자원 셋(예, RBG 클러스터)을 할당하는 방법을 예시한다. 편의상, 단말에게 할당되는 RBG 클러스터의 시작(starting) RBG 인덱스와 끝(ending) RBG 인덱스를 각각 S, E로 지칭한다. m번째 RBG 셋의 시작 RBG 인덱스와 끝 RBG 인덱스는 각각 S_m, E_m으로 지칭한다. 편의상, 두 개의 RBG 클러스터가 할당되는 경우를 위주로 설명한다. 이 경우, 조합 인덱스는

$\{s_i\}_{i=0}^{M'-1}(M'=4)$을 지시하는데 사용될 수 있다.

자원 할당을 위해, 단순하게는 $\{s_0,s_1\}=\{S_1,E_1\}$, $\{s_2,s_3\}=\{S_2,E_2\}$로 정의할 수 있다. 그러나, RBG 클러스터가 하나의 RBG로 구성되는 경우를 고려하면, 조합 인덱스가 $s_0=s_1$ 및/또는 $s_2=s_3$인 조합을 지시할 수 있어야 한다. 이 경우, 중복 선택으로 인해 전체 조합의 수가 증가하므로 더 많은 제어 정보가 필요할 수 있다. 따라서, 중복 선택을 배제하기 위해, $s_i<s_{i+1}$의 제한을 둘 수 있다. 다만, $s_i<s_{i+1}$의 제한이 적용될 경우, 한 RBG로 구성된 자원 셋을 할당할 수 없는 문제가 발생한다.

따라서, 다음의 방안을 고려할 수 있다.

- 방법 1-1: $\{s_0,s_1\}=\{S_1,E_1+1\}$, $\{s_2,s_3\}=\{S_2,E_2+1\}$
- 방법 1-2: $\{s_0,s_1\}=\{S_1-1,E_1\}$, $\{s_2,s_3\}=\{S_2-1,E_2+1\}$

방법 1-1에 따르면, 할당된 자원 셋의 RBG 인덱스는 $\{S_m,E_m\}=\{s_{2m-2},s_{2m-1}-1\}$로 주어진다($m=1,2,\cdots,M$). 유사하게, 방법 1-2에 따르면, 할당된 자원 셋의 RBG 인덱스는 $\{S_m,E_m\}=\{s_{2m-2}+1,s_{2m-1}\}$로 주어진다.

이하, 도면을 참조하여 방법 1-1 및 1-2에 대해 보다 구체적으로 예시한다.

방법 1-1: RBG 클러스터의 시작(starting)/끝-다음(ending-rear) RBG를 지시

도 11은 방법 1-1에 따른 자원 할당 방안을 예시한다.

도 11을 참조하면, 본 방법은 RBG 인덱싱을 기반으로 하며, 전체 N_{RBG}개의 RBG 중 단말에게 할당되는 M개의 RBG 클러스터 각각에 대하여 $\{S_m,E_m+1\}$(즉, 시작 RBG 인덱스와 끝-다음 RBG 인덱스를 알려준다. 앞에서 설명한 바와 같이, PUSCH 스케줄링을 위한 DCI 포맷에 포함된 조합 인덱스는 $\{s_i\}_{i=0}^{M'-1}(M'=2M)$을 지시하고, 단말은 $\{s_{2m-2},s_{2m-1}\}=\{S_m,E_m+1\}$의 관계로부터 $\{S_m,E_m\}$를 확인할 수 있다.

본 방법의 경우, RBG 클러스터의 끝 RBG를 마지막 RBG 인덱스에도 할당할 수 있도록 하기 위해 도 11처럼 마지막 RBG 인덱스의 뒤쪽 (높은 RBG 인덱스 방향)에 가상(virtual) RBG 하나를 추가로 정의할 수 있다. 여기서, 가상 RBG의 경우, 실제 자원 할당은 불가능하고 단지 인덱싱만을 목적으로 사용된다.

본 방법에서, M개의 RBG 클러스터 할당을 위한 2M(=M')개의 인덱스는, 각각의

인덱스가 서로 다른 비트들로 인코딩되거나, 혹은 클러스터별로 서로 다른 비트들로 인코딩되거나, 혹은 자원 할당에 소요되는 비트 수를 줄이기 위해 모든 클러스터의 모든 인덱스가 함께 조인트 인코딩될 수 있다. 또한, 앞에서 언급한 바와 같이, 본 방법에서 M개의 RBG 클러스터를 구분하기 위한 2M(= M')개의 인덱스들은 서로 중복되지 않는 조합만 선택될 수 있다. 편의상, N=N_{RBG}라고 하면 총 RBG 인덱스 수는 가상 RBG까지 포함하여 N+1이 된다. 따라서, 본 방법에서 자원 할당에 요구되는 비트 수는 ceiling($\log_2({}_{N+1}C_{2M})$)가 된다. 보다 구체적으로, 본 방법에서 N+1개의 RBG 인덱스를 1부터 N+1까지로 정의할 때, M개의 RBG 클러스터 자원 할당을 시그널링 하기 위한 조합 인덱스(combinatorial index) r은 아래와 같이 표현 가능하다.

【수학식 4】

$$r=\sum_{i=0}^{M'-1}\left\langle \begin{matrix}(N+1)-s_i\\ M'-i\end{matrix}\right\rangle,\quad \left\langle \begin{matrix}x\\ y\end{matrix}\right\rangle=\begin{cases}\binom{x}{y} & if\ x\geq y\\ 0 & if\ x<y\end{cases}$$

여기서, $\{s_i\}_{i=0}^{M'-1}\ (1\leq s_i\leq N+1, s_i<s_{i+1})$ 는 쏘팅(sorting)된 $M'(=2M)$ 개의 RBG 인덱스를 의미한다. $\binom{x}{y}$은 $\frac{x(x-1)\cdots(x-y+1)}{y(y-1)\cdots 1}=\frac{x!}{(x-y)!y!}$을 나타낸다.

다른 방식으로, N+1개의 RBG 인덱스를 0부터 N까지로 정의할 때 M개의 RBG 클러스터 자원 할당을 시그널링 하기 위한 조합 인덱스 r 은 아래와 같이 표현 가능하다.

【수학식 5】

$$r=\sum_{i=0}^{M'-1}\left\langle \begin{matrix}N-s_i\\ M'-i\end{matrix}\right\rangle,\quad \left\langle \begin{matrix}x\\ y\end{matrix}\right\rangle=\begin{cases}\binom{x}{y} & if\ x\geq y\\ 0 & if\ x<y\end{cases}$$

여기서, $\{s_i\}_{i=0}^{M'-1}\ (0\leq s_i\leq N, s_i<s_{i+1})$ 는 쏘팅된 $M'(=2M)$ 개의 RBG 인덱스를 의미한다. $\binom{x}{y}$은 $\frac{x(x-1)\cdots(x-y+1)}{y(y-1)\cdots 1}$을 나타낸다.

수학식 4~5에서, N은 하기 수학식에 의해 주어질 수 있다.

【수학식 6】

$\lceil N_{RB}^{UL} / P \rceil + 1$

여기서, N_{RB}^{UL} 는 상향링크 대역의 자원 블록 개수를 나타낸다. P 는 RBG를 구성하는 자원 블록 개수를 나타낸다. $\lceil \ \rceil$ 는 올림(ceiling) 함수를 나타낸다.

표 5는 시스템 대역에 따른 RBG 크기(P)를 예시한다.

【표 5】

시스템 대역 N_{RB}^{UL}	RBG 사이즈 (P)
≤10	1
11 - 26	2
27 - 63	3
64 - 110	4

추가적으로, 본 방법에서 $\{E_m + 1\} = \{s_{2m-1}\}$ 은 m번째 RBG 클러스터의 뒤쪽으로 인접해 있는 비할당 RBG 영역의 시작 RBG 인덱스로 해석될 수 있다.

방법 1-2) RBG 클러스터의 시작-전(starting-front)/끝(ending) RBG를 지시

도 12는 방법 1-1에 따른 자원 할당 방안을 예시한다.

도 12를 참조하면, 본 방법은 RBG 인덱싱을 기반으로 하며, 전체 N_{RBG}개의 RBG 중 단말에게 할당되는 M개의 RBG 클러스터 각각에 대하여 $\{S_m - 1, E_m\}$ (즉, 시작-전 RBG 인덱스와 끝 RBG 인덱스를 알려준다. 앞에서 설명한 바와 같이, PUSCH 스케줄링을 위한 DCI 포맷에 포함된 조합 인덱스는 $\{s_i\}_{i=0}^{M'-1} (M' = 2M)$ 을 지시하고, 단말은 $\{s_{2m-2}, s_{2m-1}\} = \{S_m - 1, E_m\}$ 의 관계로부터 $\{S_m, E_m\}$ 를 확인할 수 있다.

본 방법의 경우, RBG 클러스터의 끝 RBG를 마지막 RBG 인덱스에도 할당할 수 있도록 하기 위해 도 12처럼 첫 번째 RBG 인덱스의 앞쪽 (낮은 RBG 인덱스 방향)에 가상(virtual) RBG 하나를 추가로 정의할 수 있다. 여기서, 가상 RBG의 경우, 실제 자원 할당은 불가능하고 단지 인덱싱만을 목적으로 사용된다.

본 방법에서, M개의 RBG 클러스터 할당을 위한 2M(=M')개의 인덱스는, 각각의 인덱스가 서로 다른 비트들로 인코딩되거나, 혹은 클러스터별로 서로 다른 비트들로 인코딩되거나, 혹은 자원 할당에 소요되는 비트 수를 줄이기 위해 모든 클러스터의 모든 인덱스가 함께 조인트 인코딩될 수 있다. 또한, 앞에서 언급한 바와 같이, 본 방법에서 M개의 RBG 클러스터를 구분하기 위한 2M(= M')개의 인덱스들은 서로

중복되지 않는 조합만 선택될 수 있다. 편의상, $N=N_{RBG}$라고 하면 총 RBG 인덱스 수는 가상 RBG까지 포함하여 N+1이 된다. 따라서, 본 방법에서 자원 할당에 요구되는 비트 수는 $\text{ceiling}(\log_2({}_{N+1}C_{2M}))$가 된다.

N+1개의 RBG 인덱스가 1부터 N+1까지로 정의될 경우, M개의 RBG 클러스터 자원 할당을 시그널링 하기 위한 조합 인덱스 r은 수학식 4와 같이 표현 가능하다. 또한, N+1개의 RBG 인덱스가 0부터 N까지로 정의될 경우, M개의 RBG 클러스터 자원 할당을 시그널링 하기 위한 조합 인덱스 r은 수학식 5와 같이 표현 가능하다.

추가적으로, 본 방법에서 $\{S_m - 1\} = \{s_{2m-2}\}$은 m번째 RBG 클러스터의 앞쪽으로 인접해 있는 비할당 RBG 영역의 끝 RBG 인덱스로 해석될 수 있다.

방법 2: 조합 인덱스가 RBG 경계의 조합을 지시

본 방법은 RBG 경계(boder) 인덱싱에 기반하여 복수의 불연속적 상향링크 자원 셋(예, RBG 클러스터)을 할당하는 방법을 예시한다. 편의상, 단말에게 할당되는 RBG 클러스터의 시작 RBG 경계 인덱스와 끝 RBG 경계 인덱스를 각각 SB, EB로 지칭한다. m번째 RBG 셋의 시작 RBG 경계 인덱스와 끝 RBG 경계 인덱스는 각각 SB_m, EB_m으로 지칭한다. 편의상, 두 개의 RBG 클러스터가 할당되는 경우를 위주로 설명한다. 이 경우, 조합 인덱스는 $\{s_i\}_{i=0}^{M'-1}(M'=4)$을 지시하는데 사용될 수 있다.

도 13A~B는 방법 2에 따른 자원 할당 방안을 예시한다.

도 13A~B를 참조하면, 본 방법은 RBG 경계 인덱싱을 기반으로, 전체 N_{RBG}개의 RBG 중 단말에게 할당되는 M개의 RBG 클러스터 각각에 대하여 $\{SB_m, EB_m\}$(즉, 시작 RBG 경계 인덱스와 끝 RBG 경계 인덱스를 알려준다. 앞에서 설명한 바와 같이, PUSCH 스케줄링을 위한 DCI 포맷에 포함된 조합 인덱스는 $\{s_i\}_{i=0}^{M'-1}(M'=2M)$을 지시하고, 단말은 $\{s_{2m-2}, s_{2m-1}\} = \{SB_m, EB_m\}$의 관계로부터 $\{SB_m, EB_m\}$를 확인할 수 있다.

본 방법에서 M개의 RBG 클러스터 할당을 위한 2M(=M')개의 인덱스는, 각각의 인덱스가 서로 다른 비트들로 인코딩되거나, 혹은 클러스터별로 서로 다른 비트들로 인코딩되거나, 혹은 자원 할당에 소요되는 비트 수를 줄이기 위해 모든 클러스터의 모든 인덱스가 함께 조인트 코딩될 수 있다. 또한, 본 방법에서 M개의 RBG 클러스터를 구분하기 위한 2M(=M')개의 인덱스들은 서로 중복되지 않는 조합만

선택될 수 있다. 편의상, $N=N_{RBG}$라고 하면 총 RBG 경계 인덱스 수는 N+1이 된다. 따라서, 본 방법에서 자원 할당에 요구되는 비트 수는 $\text{ceiling}(\log_2({}_{N+1}C_{2M}))$가 된다.

N+1개의 RBG 경계 인덱스를 1부터 N+1까지로 정의할 때, M개의 RBG 클러스터 자원 할당을 시그널링 하기 위한 조합 인덱스 r은 아래와 같이 표현 가능하다.

【수학식 7】

$$r=\sum_{i=0}^{M'-1}\left\langle \begin{matrix}(N+1)-s_i\\ M'-i\end{matrix}\right\rangle,\quad \left\langle \begin{matrix}x\\ y\end{matrix}\right\rangle=\begin{cases}\binom{x}{y} & if\ x\geq y\\ 0 & if\ x<y\end{cases}$$

여기서, $\{s_i\}_{i=0}^{M'-1}\ (1\leq s_i\leq N+1, s_i<s_{i+1})$ 는 쏘팅된 $M'(=2M)$ 개의 RBG 경계 인덱스를 의미한다. $\binom{x}{y}$은 $\frac{x(x-1)\cdots(x-y+1)}{y(y-1)\cdots 1}$을 나타낸다.

다른 방식으로, N+1개의 RBG 경계 인덱스를 0부터 N까지로 정의할 때 M개의 RBG 클러스터 자원 할당을 시그널링 하기 위한 조합 인덱스 r은 아래와 같이 표현 가능하다.

【수학식 8】

$$r=\sum_{i=0}^{M'-1}\left\langle \begin{matrix}N-s_i\\ M'-i\end{matrix}\right\rangle,\quad \left\langle \begin{matrix}x\\ y\end{matrix}\right\rangle=\begin{cases}\binom{x}{y} & if\ x\geq y\\ 0 & if\ x<y\end{cases}$$

여기서, $\{s_i\}_{i=0}^{M'-1}\ (0\leq s_i\leq N, s_i<s_{i+1})$는 쏘팅된 $M'(=2M)$ 개의 RBG 경계 인덱스를 의미한다. $\binom{x}{y}$은 $\frac{x(x-1)\cdots(x-y+1)}{y(y-1)\cdots 1}$을 나타낸다.

방법 2의 경우, RBG 인덱싱이 아닌 RBG 경계 인덱싱을 이용하는 반면, 앞서 방법 1에서처럼 추가적인 가상 RBG의 정의를 필요로 하지 않는다.

도 14는 본 발명의 실시예에 따라 상향링크 신호를 전송하는 예를 나타낸다.

도 14를 참조하면, 단말은 네트워크 노드(예, 기지국 또는 릴레이)로부터 조합 인덱스를 포함하는 자원 할당 정보를 수신한다(S1402). 자원 할당 정보를 위한 필드는 DCI에 포함되며 하향링크 제어 채널(예, PDCCH)를 통해 수신될 수 있다. 서브프레임 n에서 PUSCH 스케줄링을 위한 DCI 포맷을 가지는 PDCCH가 검출되면,

단말은 서브프레임 n+4에서 PDCCH 정보에 기초하여 PUSCH 전송을 위한 과정을 수행한다. 이를 위해, 단말은 자원 할당 정보를 해석한다. 구체적으로, 단말은 조합 인덱스에 대응하는 $\{s_i\}_{i=0}^{M'-1}$ 를 획득하고(S1404), 그에 대응하는 자원 셋을 확인한다. 이 후, 단말은 $\{s_i\}_{i=0}^{M'-1}$ 에 대응하는 복수의 연속된 자원 셋(예, RBG 클러스터)에 상향링크 신호를 맵핑한다(S1406). 도면에는, 두 개의 RBG 클러스터가 할당된다는 가정 하에, 방법 1-1/1-2/2에 따른 $\{s_i\}_{i=0}^{M'-1}$ 와 자원 셋의 관계를 도시하였다. 상향링크 신호는 UL-SCH(Shared Channel) 데이터 및/또는 제어 정보를 포함한다. 최종적으로 단말은 네트워크 노드(예, 기지국 또는 릴레이)로부터 할당 받은 자원 셋을 이용하여 상향링크 전송을 수행한다(S1408). 상향링크 전송은 상향링크 공유 채널(예, PUSCH)을 통해 수행될 수 있다.

도 15는 본 발명에 실시예에 따른 자원 할당 정보의 해석 예를 나타낸다. 본 예는 RBG 개수가 9이고 두 개의 자원 셋(예, RBG 클러스터)이 할당되는 경우를 가정한다. 각각의 자원 셋은 연속된 자원(예, RBG)으로 구성된다.

도 15를 참조하면, 자원 할당 정보 내의 조합 인덱스 r 이 117을 지시하는 경우, $r=70+35+10+2=117$ 이므로 $\{s_0,s_1,s_2,s_3\}=\{2,3,5,8\}_{RBG}$ 가 된다. 상술한 방법 1-1에 따를 경우, $\{S_m,E_m\}=\{s_{2m-2},s_{2m-1}-1\}$ 이므로 $\{S_1,E_1\}=\{s_0,s_1-1\}=\{2,2\}_{RBG.}$ 과 $\{S_2,E_2\}=\{s_2,s_3-1\}=\{5,7\}_{RBG}$ 이 된다. 따라서, RBG #2와 RBG #5~7이 상향링크 신호를 전송하는데 사용된다.

도시하지는 않았지만, 방법 1-2와 방법 2가 사용될 경우, 상향링크 신호를 전송하는데 사용되는 다음과 같다.

- 방법 1-2: $\{S_m,E_m\}=\{s_{2m-2}+1,s_{2m-1}\}$

=> $\{S_1,E_1\}=\{s_0+1,s_1\}=\{3,3\}_{RBG}$ $\{S_2,E_2\}=\{s_2+1,s_3\}=\{6,8\}_{RBG}$

=> RBG #3과 RBG #6~8이 상향링크 신호를 전송하는데 사용된다.

- 방법 2: $\{SB_m,EB_m\}=\{s_{2m-2},s_{2m-1}\}$=>$\{S_m,E_m\}=\{s_{2m-2}+1,s_{2m-1}\}$

=> $\{S_1,E_1\}=\{s_0+1,s_1\}=\{3,3\}_{RBG}$ $\{S_2,E_2\}=\{s_2+1,s_3\}=\{6,8\}_{RBG}$

=> RBG #3과 RBG #6~8이 상향링크 신호를 전송하는데 사용된다.

상술한 설명은 불연속적 상향링크 자원 할당을 위주로 설명하였다. LTE-A 시스템의 경우, 연속적 상향링크 자원 할당(편의상, UL RA 타입 0으로 지칭)과 불연속적 상향링크 자원 할당(편의상, UL RA 타입 1로 지칭)을 모두 지원할 수 있다. 두 가지 자원 할당 방식은 동일한 DCI 포맷을 통해 시그널링 될 수 있다. 이 경우, 실제 적용되는 자원 할당 타입은 플래그 비트를 이용하여 구분될 수 있다. 예를 들어, DL RA 타입 0/1과 같이, PUSCH 스케줄링을 위한 DCI 포맷에 1비트 플래그(편의상, RA 타입 비트라고 지칭)를 두고, 이를 통해 UL RA 타입 0과 UL RA 타입 1을 선택적으로 시그널링 하는 것이 가능하다.

한편, 기존 LTE에서 DL RA를 위한 RBG 사이즈 P (즉, RBG당 (최대) P 개의 RB)는 BW 크기 (예, DL BW 내 DL RB의 개수 N_{RB}^{DL})에 따라 상술한 표 5와 같이 정의되어 있다. 또한, LTE에서 UL 스케줄링을 위한 DCI 포맷 0은 RIV (Resource Indication Value) 기반의 RA 타입 2를 지원하며, RA 필드를 구성하는 비트 수는 $\lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2) \rceil$ (1-비트 주파수 호핑 플래그 (즉, FH(frequency hopping) 플래그) 제외)이 된다. N_{RB}^{UL}는 DL BW 내 DL RB의 개수를 나타낸다. LTE-A에서도 기존 LTE에 정의된 RBG 사이즈를 기반으로 기존 DCI 포맷 0를 RA 필드 사이즈의 변화 없이 그대로 적용하여 2개의 RBG 클러스터를 할당하는 UL 불-연속적 RA를 고려하고 있다. 이를 위해, 1-비트 FH 플래그까지 포함 (즉, 불연속적 RA 시에는 FH를 하지 않음)하여 총 $O_{DCI0} = \lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2) \rceil + 1$ 개의 비트를 RA 필드로 사용하는 것을 고려할 수 있다. 여기서, UL 불연속적 RA를 위해 상기 제안 방법 1, 2를 적용할 경우 총 $O_{cluster} = \lceil \log_2({}_{N+1}C_4) \rceil$ 비트가 필요하다($N = \lceil N_{RB}^{UL}/P \rceil$). 따라서, 기존의 DCI 포맷 0를 그대로 사용하여 UL 불연속적 RA를 하기 위해서는 $O_{cluster} \le O_{DCI0}$ 의 조건이 충족되어야 한다.

표 6은 상기 표 5를 기반으로 산출된 LTE에서의 BW별 RBG 사이즈 P 및 RBG 수 N을 나타낸다. 표 6에서 회색 음영 부분 (BW: 7, 9~10, 55~63, 85~90, 101~110 RBs)은 $O_{cluster} \le O_{DCI0}$를 충족하지 못하는 BW를 나타낸다.

【표 6】

BW [RB]	RBG size	# of RBGs	BW [RB]	RBG size	# of RBGs	BW [RB]	RBG size	# of RBGs
6	1	6	41	3	14	76	4	19
7	1	7	42	3	14	77	4	20
8	1	8	43	3	15	78	4	20
9	1	9	44	3	15	79	4	20
10	1	10	45	3	15	80	4	20
11	2	6	46	3	16	81	4	21
12	2	6	47	3	16	82	4	21
13	2	7	48	3	16	83	4	21
14	2	7	49	3	17	84	4	21
15	2	8	50	3	17	85	4	22
16	2	8	51	3	17	86	4	22
17	2	9	52	3	18	87	4	22
18	2	9	53	3	18	88	4	22
19	2	10	54	3	18	89	4	23
20	2	10	55	3	19	90	4	23
21	2	11	56	3	19	91	4	23
22	2	11	57	3	19	92	4	23
23	2	12	58	3	20	93	4	24
24	2	12	59	3	20	94	4	24
25	2	13	60	3	20	95	4	24
26	2	13	61	3	21	96	4	24
27	3	9	62	3	21	97	4	25
28	3	10	63	3	21	98	4	25
29	3	10	64	4	16	99	4	25
30	3	10	65	4	17	100	4	25
31	3	11	66	4	17	101	4	26
32	3	11	67	4	17	102	4	26
33	3	11	68	4	17	103	4	26
34	3	12	69	4	18	104	4	26
35	3	12	70	4	18	105	4	27
36	3	12	71	4	18	106	4	27
37	3	13	72	4	18	107	4	27
38	3	13	73	4	19	108	4	27
39	3	13	74	4	19	109	4	28
40	3	14	75	4	19	110	4	28

이하, 상기 제안 방법 1, 2 기반의 UL 불연속적 RA 지원을 위해 상기 조건 ($O_{cluster} \le O_{DCI0}$)을 만족시키기 위한 방안을 제시한다. 먼저, 기존 DCI 포맷 0를 사용할 경우에 대해 설명한 뒤, UL MIMO용 DCI 포맷 (편의상, DCI 포맷 X라고 지칭)을 사용할 경우에 대해 설명한다.

<u>DCI 포맷 0을 이용한 UL 불연속적 RA</u>

상기 조건 ($O_{cluster} \le O_{DCI0}$)을 만족시키기 위해 다음의 방안을 고려할 수 있다.

Alt 0) $O_{cluster} \le O_{DCI0}$를 만족하는 BW에 대해서만 불연속적 RA를 지원,

Alt 1) 기존 LTE에 정의되어 있는 BW별 RBG 사이즈의 일부를 변경,

Alt 2) 기존 LTE에 정의된 BW별 RBG 사이즈를 그대로 적용하되, RA가 적용되는 BW를 별도로 정의,

Alt 3) RRC 시그널링으로 RA가 적용 가능한 RBG 혹은 RB 범위를 지시,

Alt 4) DCI 포맷 0내 특정 비트를 차용/추가하여 RA 필드를 확장, 및

Alt 5) LTE-A를 위한 DCI 포맷 0의 RA 필드를 새로 정의

이하, 각각의 경우에 대해 구체적으로 설명한다.

Alt 0) $O_{cluster} \le O_{DCI0}$를 만족하는 BW에 대해서만 불연속적 RA 지원

$O_{cluster} > O_{DCI0}$인 BW에서 O_{DCI0}개의 비트로 구성된 RA 필드만으로 불연속적 RA를 지원하기 위해, 기존 LTE에 정의되어 있는 BW내 RBG 수와 적용 범위 및/또는 RBG 사이즈 등을 불가피하게 조정해야 할 필요가 있을 수 있다. 예를 들어, RBG 수/적용 범위 축소 혹은 RBG 사이즈 확장 등을 해야 할 필요가 있을 수 있다. 그러나, 이로 인해, 스케줄링 유연성 및 그래뉼리티(granularity)가 열화될 수 있다. 따라서 $O_{cluster} \le O_{DCI0}$를 만족하는 BW에 대해서는 기존 LTE RIV 방식 기반의 연속적 RA와 상기 제안 방법 1, 2 기반의 불연속적 RA를 모두 지원하고, $O_{cluster} > O_{DCI0}$가 되는 BW에 대해서는 연속적 RA만을 지원하는 방법을 고려할 수 있다. 만약, $O_{cluster} > O_{DCI0}$가 되는 BW에서 RA 타입 비트가 불연속적 RA 방식을 지시할 경우, 단말은 에러가 발생했다고 간주하고 UL 전송을 드랍할 수 있다.

Alt 1) 기존 LTE에 정의되어 있는 BW별 RBG 사이즈의 일부를 변경

먼저, BW내 N개의 모든 RBG에 대해 RA 적용을 고려하는 경우, BW별 UL RBG 사이즈는 표 7과 같이 변경될 수 있다($N = \lceil N_{RB}^{UL} / P \rceil$, $O_{cluster} = \lceil \log_2({}_{N+1}C_4) \rceil$).

【표 7】

시스템 대역 N_{RB}^{UL}	UL RBG 사이즈 (P)
≤10	미정의
11 - 26	2
27 - 54	3
55 - 84	4
85 - 110	5

다음으로, BW내 $N-1$개의 UL RBG에 대해 RA 적용을 고려하는 경우, BW별 UL RBG 사이즈는 표 8과 같이 변경될 수 있다($N=\lceil N_{RB}^{UL}/P \rceil$, $O_{cluster}=\lceil \log_2({}_N C_4) \rceil$). 여기서, RA 대상에서 제외되는 1개의 RBG는 첫 번째 혹은 마지막 RBG 인덱스를 갖는 RBG일 수 있다. 바람직하게는, 마지막 RBG를 구성하는 RB 수가 P 개 이하일 수 있으므로, 마지막 RBG 인덱스를 갖는 RBG가 제외될 수 있다.

【표 8】

시스템 대역 N_{RB}^{UL}	UL RBG 사이즈 (P)
≤9	1
10 - 26	2
27 - 57	3
58 - 88	4
89 - 110	5

다음으로, BW내 $N-2$개의 UL RBG에 대해 RA 적용을 고려하는 경우, BW별 UL RBG 사이즈는 표 9와 같이 변경될 수 있다($N=\lceil N_{RB}^{UL}/P \rceil$, $O_{cluster}=\lceil \log_2({}_{N-1} C_4) \rceil$). 여기서, RA 대상에서 제외되는 2개의 RBG는 바람직하게는, 첫 번째 RBG 인덱스와 마지막 RBG 인덱스를 갖는 RBG일 수 있다. PUCCH 전송은 슬롯을 경계로 주파수 밴드의 반대편으로 호핑하므로, 주파수 대역의 양쪽 끝으로부터 제외된 RBG는 PUCCH 신호 전송을 위해 활용될 수 있다.

【표 9】

시스템 대역 N_{RB}^{UL}	UL RBG 사이즈 (P)
≤10	1
11 - 26	2
27 - 60	3
61 - 108	4
109 - 110	5

Alt 2) 기존 LTE에 정의된 BW별 RBG 사이즈를 그대로 적용하되 RA가 적용되는 BW를 별도로 정의

먼저, 상기 표 5 기반의 RBG 인덱싱을 적용하되, RA가 적용되는 BW(간단히, RA 대상 BW, BW_{RA})를 별도로 정의할 수 있다. 일 예로, BW_{RA}는 실제 BW로부터 제외되는 RBG 개수 $N_{RBG}^{UL,ex}$를 이용하여 정의될 수 있다. 즉, RA 대상 BW (총 $N-N_{RBG}^{UL,ex}$ 개의 RBG)에 대해서만 RA가 적용될 수 있다 ($N=\lceil N_{RB}^{UL}/P \rceil$, $O_{cluster}=\lceil \log_2({}_{N-N_{RBG}^{UL,ex}+1}C_4) \rceil$).

여기서, $N_{RBG}^{UL,ex}=1$ 인 경우 제외 대상 RBG 1개는 마지막 RBG 인덱스를 갖는 RBG일 수 있다. 이는 마지막 RBG를 구성하는 RB 수가 P 개 이하일 수 있기 때문이다. $N_{RBG}^{UL,ex}=2$ 인 경우 제외 대상 RBG 2개는 첫 번째 RBG 인덱스와 마지막 RBG 인덱스를 갖는 RBG일 수 있다. 이는 PUCCH 전송이 슬롯의 경계로 주파수 밴드의 반대쪽으로 호핑하는 것을 고려하여, PUCCH 자원을 효율성을 높이기 위함이다. $N_{RBG}^{UL,ex}=3$ 인 경우 제외 대상 RBG 3개는 첫 번째 RBG 인덱스와 마지막 RBG 인덱스, 그리고 마지막 RBG 인덱스와 인접한 인덱스 (즉, 마지막 RBG 인덱스 - 1)를 갖는 RBG일 수 있다.

표 10은 BW에 따른 $N_{RBG}^{UL,ex}$를 예시한다.

【표 10】

시스템 대역 N_{RB}^{UL}	제외되는 UL RBG 개수 (N_{RBG}^{ex})
6, 8, 11 - 54, 64 - 84, 91 - 100	0
7, 9, 55 - 57, 85 - 88, 101 - 104	1
10, 58 - 60, 89 - 90, 105 - 108	2
61 - 63, 109 - 110	3

다음으로, BW_{RA}의 정의를 위해, 실제 BW로부터 제외되는 UL RB 개수 $N_{RB}^{UL,ex}$를 표 11과 같이 정의할 수 있다. 이 경우, BW_{RA} (총 $N_{RB}^{UL}-N_{RB}^{UL,ex}$ 개의 RB)에 대해서만 상기 표 5를 기반으로 RBG 인덱싱을 하여 RA를 적용할 수 있다($N=\lceil (N_{RB}^{UL}-N_{RB}^{UL,ex})/P \rceil$, $O_{cluster}=\lceil \log_2({}_{N+1}C_4) \rceil$). 여기서, $N_{RB}^{UL,ex}=2a-1$ (a는 양의 정수)인 경우 제외 대상 RB는 처음 $a-1$개의 RB 인덱스와 마지막 a개의 RB 인덱스에 해당하는 RB일 수 있다. $N_{RB}^{UL,ex}=2a$ 인 경우 제외 대상 RB는 처음 a 개의 RB 인덱스와 마지막 a 개의 RB 인덱스에 해당하는 RB일 수 있다.

【표 11】

시스템 대역 N_{RB}^{UL}	제외되는 UL RB 개수 ($N_{RB}^{UL,ex}$)
6, 8, 11 - 54, 64 - 84, 91 - 100	0
7, 9, 55, 85, 101	1
10, 56, 86, 102	2
57, 87, 103	3
58, 88, 104	4
59, 89, 105	5
60, 90, 106	6
61, 107	7
62, 108	8
63, 109	9
110	10

Alt 3) RRC 시그널링으로 RA 적용 가능한 RBG 혹은 RB 범위를 지시

RRC 시그널링을 통해 RA가 적용되는 UL RBG 범위(간단히, RA 대상 UL RBG 범위,

RBG_{RA} 범위)를 지시할 수 있다. 이 경우, 해당 RBG들(즉, RBG_{RA}들)에 대해서만 상기 표 5 기반의 RBG 인덱싱을 적용한 후, 해당 RBG 범위에 대해서만 RA를 적용할 수 있다. RBG_{RA} 범위를 지시하기 위해, 해당 범위의 시작 RBG 인덱스 및/또는 마지막 RBG 인덱스, 혹은 시작 RBG 인덱스 및 연속된 RBG의 개수를 알려줄 수 있다.

다른 예로, RRC 시그널링을 통해 RA가 적용되는 RB 범위(간단히, RA 대상 RB 범위, RB_{RA} 범위)를 지시할 수 있다. 이 경우, 해당 RB들(즉, RB_{RA}들)에 대해서만 상기 표 5 기반의 인덱싱을 적용한 후, 해당 RB 범위에 대해서만 RA를 적용할 수 있다. RB_{RA} 범위를 지시하기 위해, 해당 범위의 시작 RB 인덱스 및/또는 마지막 RB 인덱스, 혹은 시작 RB 인덱스 및 연속된 RB의 개수를 알려줄 수 있다.

Alt 4) DCI 포맷 0 내 특정 비트를 차용/추가하여 RA 필드를 확장

DCI 포맷 0 내의 특정 비트를 차용하여 불연속적 RA시 RA 필드에 포함시킬 수 있다. 일 예로, 불연속적 RA 사용시, DCI 포맷 0 내의 CQI 요청(request) 필드의 1비트는 RA 필드의 일부로 사용/해석될 수 있다. CQI 요청 필드는 1비트로 구성되므로 불연속적 RA 시에 CQI 요청은 기능은 디스에이블(disable)된다. 즉, 불연속적 RA 적용 시에 기지국은 CQI 요청을 지시할 수 없다. 다른 예로, 불연속적 RA 시, DMRS(DeModulation Reference Signal)의 CS(Cyclic Shift)를 알려주는 3비트 필드 중 1비트를 차용하여 RA 필드에 포함시킬 수 있다. 즉, 불연속적 RA 적용 시, DMRS CS 필드를 구성하는 3비트 중 2비트는 원래의 용도에 맞춰 DMRS의 CS를 지시하는데 사용되고, 1비트는 RA 필드의 일부로 사용/해석된다.

표 12는 본 방안을 위한 BW별 RBG 사이즈를 예시한다. 표 12는 RA 필드의 사이즈 확장을 위해, 다른 필드로부터 1비트를 차용한 경우를 예시한다.

【표 12】

시스템 대역 N_{RB}^{UL}	UL RBG 사이즈 (P)
≤9	1
10 - 26	2
27 - 63	3
64 - 110	4

또한, LTE-A는 기존 LTE에서의 주기적 SRS 전송에 추가적으로, 상향링크에서의 다중 안테나 전송 및 버트 트래픽 처리 등을 위해 동적/비주기적 SRS 전송을 수행하는 방안을 고려하고 있다. 이를 위해, 동적/비주기적 SRS 전송을 PDCCH를 통해 트리거하는 방식을 고려할 수 있고, 이때 DCI 포맷에 SRS 트리거용 1비트를 추가하는 방안도 고려할 수 있다. 이 경우, 상술한 바와 마찬가지로, 불연속적 RA 시, SRS 트리거용 1비트를 차용하여 RA 필드에 포함시키는 방법을 고려할 수 있다. 따라서, 불연속적 RA 적용 시에는 SRS 트리거 기능이 자동적으로 디스에이블되고, 기지국과 단말은 해당 1비트를 RA 필드의 일부로 사용/해석한다(즉, 불연속적 RA 적용 시에는 기지국이 SRS 트리거를 지시할 수 없다).

한편, 불연속적 RA시, DCI 포맷 0 내의 특정 비트 (예, CQI 요청 필드의 1비트, DMRS CS 필드의 1비트, SRS 트리거 필드의 1비트)를 RA 필드로 차용할 것인지, 본래 기능대로 사용할 것인지를 RRC 시그널링 등을 통해 설정할 수 있다. 또한, 상기 특정 비트를 차용하지 않고(즉, 해당 비트의 기능을 디스에이블하지 않고), RA 필드 확장 용도로 DCI 포맷 0에 1 비트를 추가하는 방안도 고려할 수 있다. 이때, PDCCH를 위한 공통 검색 공간(common search space)에서의 추가적인 블라인드 디코딩 증가를 막기 위해, 상기 DCI 포맷 0의 RA 필드에 1 비트를 추가하는 방안은 PDCCH를 위한 UE-특정 검색 공간에만 국한하여 적용될 수 있다. 이에 부합하여, 공통 검색 공간에 할당되는 DCI 포맷 0의 경우, 기존 LTE DCI 포맷 0의 RA 필드 사이즈와 동일하게 할당한 후, 상기 제안 Alt 0~3을 적용시키거나 혹은 모든 BW에 대하여 불연속적 RA를 지원하지 않는 방안을 고려할 수 있다.

바람직하게, Alt 4의 방식은 $O_{cluster} > O_{DCI0}$가 되는 BW, 즉 상기 표 6의 회색 음영 부분(BW: 7, 9~10, 55~63, 85~90, 101~110 RBs)의 경우에만 적용될 수 있다.

Alt 5) LTE-A를 위한 DCI 포맷 0의 RA 필드를 새로 정의

기존 LTE에 정의된 BW별 RBG 사이즈를 기반으로 기존 RIV 기반 RA 타입 2와 상기 제안 방법 1, 2를 별도의 처리 없이 모두 적용 가능하게 하기 위해, LTE-A에서의 DCI 포맷 0를 위한 RA 필드 내 총 비트 수 O_{DCI0} (1-비트 FH 플래그 제외)를 아래 수학식 9와 같이 새로 정의할 수 있다.

【수학식 9】

$$O_{DCI0} = Max\left(\left\lceil \log_2({}_{N+1}C_4)\right\rceil - 1, \left\lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2)\right\rceil\right)$$
$$N = \left\lceil N_{RB}^{UL}/P\right\rceil.$$

여기서, O_{DCI0}는 RBG 할당을 위한 RA 필드의 비트 수를 나타낸다. N은 UL RBG의 개수를 나타낸다. N_{RB}^{UL}는 UL RB의 개수를 나타낸다. P는 UL RBG 사이즈를 나타낸다. UL RBG 사이즈는 BW에 따라 표 5와 같이 주어질 수 있다. $\lceil\ \rceil$는 올림(ceiling) 함수를 나타낸다. $Max(x,y)$는 x와 y 중 큰 값을 나타낸다. ${}_xC_y$는 x개 중에서 y개를 선택하는 경우의 수를 나타낸다. ${}_xC_y = \binom{x}{y} = \frac{x(x-1)\cdots(x-y+1)}{y(y-1)\cdots 1}$로 주어진다.

수학식 9에 있는 N을 $\lceil N_{RB}^{UL}/P\rceil$로 치환하면 다음과 같이 정리된다.

【수학식 10】

$$O_{DCI0} = Max\left(\left\lceil \log_2\left(\binom{\lceil N_{RB}^{UL}/P\rceil+1}{4}\right)\right\rceil - 1, \left\lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2)\right\rceil\right)$$
$$= Max\left(\left\lceil \log_2\left(\binom{\lceil N_{RB}^{UL}/P+1\rceil}{4}\right)\right\rceil - 1, \left\lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2)\right\rceil\right)$$

이때, PDCCH를 위한 공통 검색 공간에서의 추가적인 블라인드 디코딩 증가를 막기 위하여, DCI 포맷 0의 RA 필드를 새로 정의하는 방안은 UE-특정 검색 공간에만 국한하여 적용될 수 있다. 이에 부합하여, 공통 검색 공간에서의 LTE-A DCI 포맷 0를 위한 RA 필드의 경우, 기존 LTE DCI 포맷 0의 RA 필드 사이즈와 동일하게 할당한 후, 상기 제안 Alt 0 ~ 4를 적용시키거나 혹은 모든 BW에 대하여 불연속적 RA를 지원하지 않는 방안을 고려할 수 있다.

바람직하게, BW가 10 RB 이하인 경우, RB 수가 적으므로 불연속적 RA를 적용하지 않을 수 있다. 이에 따라 10 RB 이하의 BW에 대해서는 상기 모든 제안 Alt 0 ~ 5를 적용하지 않을 수 있다.

다음으로, DCI 포맷 0의 RA 필드 내에 RA 정보 비트를 배치하는 방안에 대해 설명한다. 설명을 위해, 상기 Alt 0 ~ 5가 적용된 DCI 포맷 0의 RA 필드 (1-비트 FH

플래그 포함)를 구성하는 비트 수를 N_1, 불연속적 RA에 소요되는 비트 수를 M_1이라 가정한다. 불연속적 RA 적용 시, $M_1 < N_1$인 경우, N_1 비트 RA 필드에 M_1개의 비트를 배치하는 방법으로 다음을 고려할 수 있다. 편의상, 1-비트 FH 플래그부터 시작되는 RA 필드 구성 비트 순서를 $b_1, b_2, \cdots, b_{N_1}$라 정의한다(즉, b_1은 FH 플래그를 의미).

1) MSB 파트(즉, $b_1, \cdots, b_{M_1}$)에 M_1개의 비트를 할당

2) FH 플래그를 제외한 MSB 파트(즉, $b_2, \cdots, b_{M_1+1}$)에 M_1개의 비트를 할당

3) LSB 파트(즉, $b_{N_1-M_1+1}, \cdots, b_{N_1}$)에 M_1개의 비트를 할당

여기서, 1), 2), 3)을 통해 할당되는 상기 M_1개의 비트에 해당되지 않는 나머지 $N_1 - M_1$ 비트(들)은 미리 지정된 값으로 셋팅(예, 모두 0으로 셋팅)되어 오류 검출을 위한 가상(virtual) CRC 용도로 사용될 수 있다.

다음으로, 상기 Alt 0 ~ 5가 적용된 DCI 포맷 0의 RA 필드 (1-비트 FH 플래그 제외)를 구성하는 비트 수를 N_2, 연속적 RA (1-비트 FH 플래그 제외)에 소요되는 비트 수를 M_2이라고 가정한다. 연속적 RA 적용 시, $M_2 < N_2$인 경우, N_2 비트 RA 필드에 M_2개의 비트를 배치하는 방법으로 다음을 고려할 수 있다. 편의상, 1-비트 FH 플래그가 제외된 RA 필드 구성 비트 순서를 $b_1, b_2, \cdots, b_{N_2}$라 정의한다.

1) MSB 파트(즉, $b_1, \cdots, b_{M_2}$)에 M_2개의 비트를 할당

2) LSB 파트(즉, $b_{N_2-M_2+1}, \cdots, b_{N_2}$)에 M_2개의 비트를 할당

여기서, 1), 2)를 통해 할당되는 상기 M_2개의 비트에 해당되지 않는 나머지 $N_2 - M_2$ 비트(들)은 미리 지정된 값으로 셋팅 (예,, 모두 0으로 셋팅)되어 오류 검출을 위한 가상 CRC 용도로 사용될 수 있다.

DCI 포맷 X를 이용한 UL 불연속적 RA

LTE-A에서는 기존 LTE에서와는 달리 상향링크 다중 안테나 (포트) 전송을 지원할 수 있으며, 이를 위한 UL MIMO 스케줄링용 DCI 포맷 (즉, DCI 포맷 X)을 새로 정의할 수 있다. 또한, UL MIMO 전송 시에도 불연속적 RA가 지원될 수 있으며, DCI 포맷 X내 RA 필드 역시 이를 고려하여 설계될 수 있다. UL MIMO에서는 주파수 호핑이 지원되지 않으며, 이로 인해 1-비트 FH 플래그 역시 정의되지 않을 수 있다.

따라서, DCI 포맷 X를 이용하여 불연속적 RA 적용 시, DCI 포맷 X의 RA 필드 사이즈를 기존 DCI 포맷 0의 RA 필드 사이즈 (1-비트 FH 플래그 포함)와 동일하게 할당($O_{DCIX} = O_{DCI0} = \lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2) \rceil + 1$)하고 상기 Alt 0 ~ 4를 적용할 수 있다(Alt 0 ~ 4).

다른 방안으로, 기존 LTE에 정의된 BW별 RBG 사이즈를 기반으로 RA 타입 0과 RA 타입 1에 따른 RA를 별도의 처리 없이 모두 적용 가능하게 하기 위해, 상기 RA 필드 내 총 비트 수 O_{DCIX}를 아래 식과 같이 새로 정의할 수 있다(Alt 5).

【수학식 11】

$$O_{DCIX} = Max\left(\lceil \log_2({}_{N+1}C_4) \rceil, \lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2) \rceil \right)$$
$$N = \lceil N_{RB}^{UL}/P \rceil$$

여기서, O_{DCIX}는 RBG 할당을 위한 RA 필드의 비트 수를 나타낸다. N은 UL RBG의 개수를 나타낸다. N_{RB}^{UL}는 UL RB의 개수를 나타낸다. P는 UL RBG 사이즈를 나타낸다. UL RBG 사이즈는 UL BW에 따라 표 5와 같이 주어질 수 있다. $\lceil \rceil$는 올림(ceiling) 함수를 나타낸다. $Max(x,y)$는 x와 y 중 큰 값을 나타낸다. ${}_xC_y$는 x개 중에서 y개를 선택하는 경우의 수를 나타낸다. ${}_xC_y = \binom{x}{y} = \frac{x(x-1)\cdots(x-y+1)}{y(y-1)\cdots 1}$ 로 주어진다.

수학식 11에 있는 N을 $\lceil N_{RB}^{UL}/P \rceil$로 치환하면 다음과 같이 정리된다.

【수학식 12】

$$O_{DCIX} = Max\left(\left\lceil \log_2\left(\binom{\lceil N_{RB}^{UL}/P \rceil + 1}{4} \right) \right\rceil, \lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2) \rceil \right)$$
$$= Max\left(\left\lceil \log_2\left(\binom{\lceil N_{RB}^{UL}/P + 1 \rceil}{4} \right) \right\rceil, \lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2) \rceil \right)$$

UL MIMO용 DCI 포맷 X의 경우, 다른 DCI 포맷과는 독립적으로 블라인드 디코딩이 수행될 수 있다. 따라서, 상기 제안 Alt 4에서 RA 필드에 1 비트 추가하는 방안 및 상기 Alt 5 기반의 상기 수학식 10의 경우 공통 검색 공간과 UE-특정 검색

공간의 구분 없이 공통적으로 적용될 수 있다.

한편, 상기 Alt 0 ~ 5가 적용된 UL MIMO용 DCI 포맷 X의 RA 필드를 구성하는 비트 수를 L, (RA 타입 여부에 관계없이) 실제 RA에 소요되는 비트 수를 K라 할 때, K < L인 경우 RA 필드에 K개의 비트를 배치하는 방법으로 다음을 고려할 수 있다. RA 필드의 사이즈와 RA 정보의 사이즈가 다른 경우는 다음의 경우에 발생할 수 있다. 발명의 이해를 돕기 위해, Alt-5의 경우를 위주로 설명한다. Alt-5에 따르면, 설정된 UL BW에서 RA 필드의 사이즈는 RA 타입 0의 RA 정보 사이즈와 RA 타입 1의 정보 사이즈 중 큰 값으로 결정된다. 따라서, RA 필드의 사이즈가 RA 타입 0을 기준으로 주어지고, RA 타입 비트가 RA 타입 1을 지시할 경우, RA 정보의 사이즈는 RA 필드의 사이즈는 작을 수 있다. 반대로, RA 필드의 사이즈가 RA 타입 1을 기준으로 주어지고, RA 타입 비트가 RA 타입 0을 지시할 경우, RA 정보의 사이즈는 RA 필드의 사이즈보다 작을 수 있다.

설명의 편의를 위해, RA 필드 구성 비트 순서를 $b_1, b_2, \cdots, b_L$라 정의한다.

1) MSB 파트(즉, $b_1, \cdots, b_K$)에 K개의 비트를 할당

2) LSB 파트(즉, $b_{L-K+1}, \cdots, b_L$)에 K개의 비트를 할당

여기서, 1), 2)를 통해 할당되는 상기 K개의 비트에 해당되지 않는 나머지 L- K 비트(들)은 미리 지정된 값으로 셋팅(예, 모두 0으로 셋팅)되어 오류 검출을 위한 가상 CRC 용도로 사용될 수 있다.

도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 상향링크 전송 과정을 예시한다. 편의상, Alt 5를 적용하는 경우를 가정한다.

도 16을 참조하면, 기지국은 단말에게 시스템 정보를 방송한다(S1602). 시스템 정보는 시스템 대역(BW)에 대한 정보를 포함한다. 시스템 대역에 대한 정보는 상향링크 BW에 대한 정보를 포함한다. 상향링크 BW는 UL RB 개수(N_{RB}^{UL})를 이용하여 주어질 수 있다. 이후, 기지국은 단말에게 상향링크 스케줄링을 위한 PDCCH 신호를 전송한다(S1604). PDCCH 신호는 상향링크 스케줄링을 위한 DCI 포맷을 포함한다. 단일 안테나 (포트) 전송 모드인 경우, PDCCH 신호는 DCI 포맷 0을 포함한다. 다중 안테나 (포트) 전송 모드인 경우, PDCCH 신호는 DCI 포맷 X를

포함한다. DCI 포맷 0/X는 자원 할당(RA) 타입 비트 및 자원 할당(RA) 필드를 포함한다. RA 타입 비트는 RA 타입 0 또는 1을 지시하는데 사용되며 1비트로 구성될 수 있다. RA 필드는 UL RBG 할당을 위해 사용된다. RA 필드의 사이즈는 수학식 9~12에 의해 주어질 수 있다(예, $Max\left(\left\lceil \log_2\left(\left\lceil N_{RB}^{UL}/P+1 \right\rceil \atop 4\right)\right\rceil, \left\lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2)\right\rceil\right)$).

단말은 PDCCH 신호의 RA 타입 비트 및 RA 필드를 해석한 뒤, PUSCH 전송을 위한 자원을 할당한다(S1604). RA 타입 0의 경우, PUSCH 전송을 위한 자원은 RA 필드의 RIV 값에 따라 하나 이상의 연속된 RB(들)로 구성된다. 반면, RA 타입 1의 경우, PUSCH 전송을 위한 자원은 RA 필드의 조합 인덱스에 따라 두 개의 불연속 클러스터로 구성된다(도 11~15 참조). 각각의 클러스터는 하나 이상의 연속된 RBG(들)로 구성된다. 이후, 단말은 할당된 자원을 이용하여 PUSCH 신호를 기지국으로 전송한다(S1606).

도 17은 본 발명에 일 실시예에 적용될 수 있는 기지국 및 단말을 예시한다. 도시된 기지국-단말의 블록도는 기지국-릴레이의 블록도, 릴레이-단말의 블록도로 대체될 수 있다.

도 17을 참조하면, 무선 통신 시스템은 기지국(BS, 110) 및 단말(UE, 120)을 포함한다. 기지국(110)은 프로세서(112), 메모리(114) 및 무선 주파수(Radio Frequency, RF) 유닛(116)을 포함한다. 프로세서(112)는 본 발명에서 제안한 절차 및/또는 방법들을 구현하도록 구성될 수 있다. 메모리(114)는 프로세서(112)와 연결되고 프로세서(112)의 동작과 관련한 다양한 정보를 저장한다. RF 유닛(116)은 프로세서(112)와 연결되고 무선 신호를 송신 및/또는 수신한다. 단말(120)은 프로세서(122), 메모리(124) 및 RF 유닛(126)을 포함한다. 프로세서(122)는 본 발명에서 제안한 절차 및/또는 방법들을 구현하도록 구성될 수 있다. 메모리(124)는 프로세서(122)와 연결되고 프로세서(122)의 동작과 관련한 다양한 정보를 저장한다. RF 유닛(126)은 프로세서(122)와 연결되고 무선 신호를 송신 및/또는 수신한다. 기지국(110) 및/또는 단말(120)은 단일 안테나 또는 다중 안테나를 가질 수 있다.

이상에서 설명된 실시예들은 본 발명의 구성요소들과 특징들이 소정 형태로

결합된 것들이다. 각 구성요소 또는 특징은 별도의 명시적 언급이 없는 한 선택적인 것으로 고려되어야 한다. 각 구성요소 또는 특징은 다른 구성요소나 특징과 결합되지 않은 형태로 실시될 수 있다. 또한, 일부 구성요소들 및/또는 특징들을 결합하여 본 발명의 실시예를 구성하는 것도 가능하다. 본 발명의 실시예들에서 설명되는 동작들의 순서는 변경될 수 있다. 어느 실시예의 일부 구성이나 특징은 다른 실시예에 포함될 수 있고, 또는 다른 실시예의 대응하는 구성 또는 특징과 교체될 수 있다. 특허청구범위에서 명시적인 인용 관계가 있지 않은 청구항들을 결합하여 실시예를 구성하거나 출원 후의 보정에 의해 새로운 청구항으로 포함시킬 수 있음은 자명하다.

본 문서에서 본 발명의 실시예들은 주로 단말과 기지국 간의 데이터 송수신 관계를 중심으로 설명되었다. 본 문서에서 기지국에 의해 수행된다고 설명된 특정 동작은 경우에 따라서는 그 상위 노드(upper node)에 의해 수행될 수 있다. 즉, 기지국을 포함하는 복수의 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. 기지국은 고정국(fixed station), Node B, eNode B(eNB), 억세스 포인트(access point) 등의 용어에 의해 대체될 수 있다. 또한, 단말은 UE(User Equipment), MS(Mobile Station), MSS(Mobile Subscriber Station) 등의 용어로 대체될 수 있다.

본 발명에 따른 실시예는 다양한 수단, 예를 들어, 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어 또는 그것들의 결합 등에 의해 구현될 수 있다. 하드웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 일 실시예는 하나 또는 그 이상의 ASICs(application specific integrated circuits), DSPs(digital signal processors), DSPDs(digital signal processing devices), PLDs(programmable logic devices), FPGAs(field programmable gate arrays), 프로세서, 콘트롤러, 마이크로 콘트롤러, 마이크로 프로세서 등에 의해 구현될 수 있다.

펌웨어나 소프트웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 일 실시예는 이상에서 설명된 기능 또는 동작들을 수행하는 모듈, 절차, 함수 등의 형태로 구현될 수 있다.

소프트웨어 코드는 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.

본 발명은 본 발명의 특징을 벗어나지 않는 범위에서 다른 특정한 형태로 구체화될 수 있음은 당업자에게 자명하다. 따라서, 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

【산업상 이용가능성】

본 발명은 단말, 릴레이, 기지국 등과 같은 무선 통신 장치에 사용될 수 있다.

【청구의 범위】

【청구항 1】

무선 통신 시스템에서 상향링크 신호를 전송하는 방법에 있어서,

자원 할당 필드를 포함하는 제어 채널 신호를 수신하는 단계; 및

상기 제어 채널 신호에 따라 상향링크 신호를 전송하는 단계를 포함하되,

상기 자원 할당 필드의 사이즈는 하기 수학식에 의해 주어지는 방법:

수학식

$$Max\left(\left\lceil \log_2\left(\binom{\lceil N_{RB}^{UL}/P+1\rceil}{4}\right)\right\rceil, \lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2)\rceil\right)$$

여기서, N_{RB}^{UL}는 UL(UpLik) RB(Resource Block)의 개수를 나타내고,

P는 UL RBG(Resource Block Group) 사이즈를 나타내며,

$\lceil\ \rceil$는 올림(ceiling) 함수를 나타내고,

$Max(x,y)$는 x와 y 중 큰 값을 나타내며,

$\binom{x}{y}$은 $\frac{x(x-1)\cdots(x-y+1)}{y(y-1)\cdots 1}$을 나타낸다.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 P는 하기 표에 의해 주어지는 방법:

N_{RB}^{UL}	UL RBG 사이즈 (P)
≤10	1
11 - 26	2
27 - 63	3
64 - 110	4

여기서, UL RBG 사이즈는 연속된 RB의 개수를 나타낸다.

【청구항 3】

제1항에 있어서,

상기 자원 할당 필드는 두 개의 자원 블록 셋을 지시하는데 사용되는 조합 인덱스 r을 지시하는 정보를 포함하고,

각각의 자원 블록 셋은 하나 이상의 연속된 RBG를 포함하며,

상기 조합 인덱스 r은 하기 수학식에 의해 주어지는 방법:

수학식

$$r=\sum_{i=0}^{M'-1}\left\langle\begin{matrix}N-s_i\\M'-i\end{matrix}\right\rangle,\quad \left\langle\begin{matrix}x\\y\end{matrix}\right\rangle=\begin{cases}\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix} & if\ x\geq y\\ 0 & if\ x<y\end{cases}$$

여기서, M'는 4이고,

N은 UL RBG의 개수+1이며,

s_0과 s_1은 제1 자원 블록 셋의 시작 RBG 인덱스와 끝 RBG 인덱스를 지시하는데 사용되고,

s_2와 s_3은 제2 자원 블록 셋의 시작 RBG 인덱스와 끝 RBG 인덱스를 지시하는데 사용된다.

【청구항 4】

제3항에 있어서,

상기 제1 자원 블록 셋의 시작 및 끝 RBG 인덱스는 각각 s_0 및 s_1-1이고,

상기 제2 자원 블록 셋의 시작 및 끝 RBG 인덱스는 각각 s_2 및 s_3-1인 방법.

【청구항 5】

제3항에 있어서,

$\{s_i\}_{i=0}^{M'-1}$는 $1\leq s_i\leq N$ 및 $s_i<s_{i+1}$을 만족하는 방법.

【청구항 6】

제3항에 있어서,

상기 조합 인덱스 r을 지시하는 $\log_2\left(\begin{pmatrix}\lceil N_{RB}^{UL}/P+1\rceil\\4\end{pmatrix}\right)$ 개의 비트가 상기 자원 할당 필드의 LSB(Least Significant Part) 부분에 포함되는 방법.

【청구항 7】

제1항에 있어서,

상기 제어 채널 신호는 PDCCH(Physical Downlink Control Channel) 신호이고, 상기 상향링크 신호는 PUSCH(Physical Uplink Shared Channel) 신호인 방법.

【청구항 8】

무선 통신 시스템에 사용되는 통신 장치에 있어서,

무선 주파수(Radio Frequency, RF) 유닛; 및

프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는 자원 할당 필드를 포함하는 제어 채널 신호를 수신하고, 상기 제어 채널 신호에 따라 상향링크 신호를 전송하도록 구성되며,

상기 자원 할당 정보는 두 개의 자원 블록 셋을 지시하는데 사용되는 조합 인덱스 r을 가지고, 각각의 자원 블록 셋은 하나 이상의 연속된 자원 블록 그룹(Resource Block Group, RBG)을 포함하며,

상기 자원 할당 필드의 사이즈는 하기 수학식에 의해 주어지는, 통신 장치:

수학식

$$Max\left(\left\lceil \log_2\left(\binom{\lceil N_{RB}^{UL}/P+1 \rceil}{4}\right)\right\rceil, \lceil \log_2(N_{RB}^{UL}(N_{RB}^{UL}+1)/2) \rceil\right)$$

여기서, N_{RB}^{UL}는 UL(UpLik) RB(Resource Block)의 개수를 나타내고,

P는 UL RBG(Resource Block Group) 사이즈를 나타내며,

$\lceil\ \rceil$는 올림(ceiling) 함수를 나타내고,

$Max(x,y)$는 x와 y 중 큰 값을 나타내며,

$\binom{x}{y}$은 $\frac{x(x-1)\cdots(x-y+1)}{y(y-1)\cdots 1}$을 나타낸다.

【청구항 9】

제8항에 있어서,

상기 P는 하기 표에 의해 주어지는 통신 장치:

N_{RB}^{UL}	UL RBG 사이즈 (P)
≤10	1
11 - 26	2
27 - 63	3
64 - 110	4

여기서, UL RBG 사이즈는 연속된 RB의 개수를 나타낸다.

【청구항 10】

제8항에 있어서,

상기 자원 할당 필드는 두 개의 자원 블록 셋을 지시하는데 사용되는 조합 인덱스 r을 지시하는 정보를 포함하고,

각각의 자원 블록 셋은 하나 이상의 연속된 RBG를 포함하며,

상기 조합 인덱스 r은 하기 수학식에 의해 주어지는 통신 장치:

수학식

$$r=\sum_{i=0}^{M'-1}\left\langle \begin{matrix} N-s_i \\ M'-i \end{matrix} \right\rangle, \quad \left\langle \begin{matrix} x \\ y \end{matrix} \right\rangle=\begin{cases} \binom{x}{y} & if\ x \geq y \\ 0 & if\ x < y \end{cases}$$

여기서, M'는 4이고,

N은 UL RBG의 개수+1이며,

s_0과 s_1은 제1 자원 블록 셋의 시작 RBG 인덱스와 끝 RBG 인덱스를 지시하는데 사용되고,

s_2와 s_3은 제2 자원 블록 셋의 시작 RBG 인덱스와 끝 RBG 인덱스를 지시하는데 사용된다.

【청구항 11】

제10항에 있어서,

상기 제1 자원 블록 셋의 시작 및 끝 RBG 인덱스는 각각 s_0 및 s_1-1이고,

상기 제2 자원 블록 셋의 시작 및 끝 RBG 인덱스는 각각 s_2 및 s_3-1인 통신 장치.

【청구항 12】

제10항에 있어서,

$\{s_i\}_{i=0}^{M'-1}$는 $1 \leq s_i \leq N$ 및 $s_i < s_{i+1}$을 만족하는 통신 장치.

【청구항 13】

제10항에 있어서,

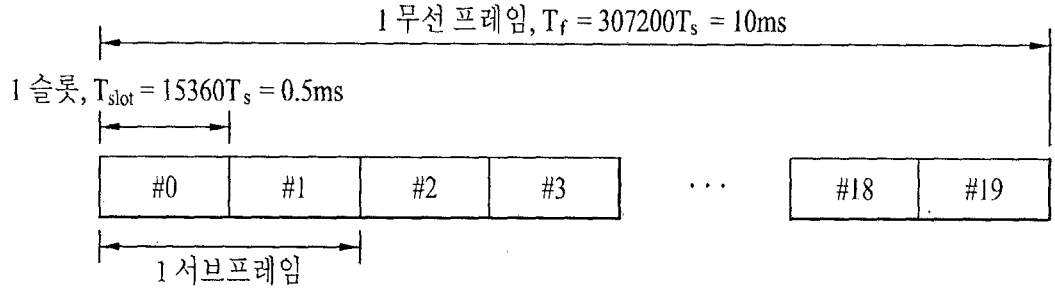
상기 조합 인덱스 r을 지시하는 $\log_2\left(\binom{\lceil N_{RB}^{UL}/P+1 \rceil}{4}\right)$ 개의 비트가 상기 자원 할당 필드의 LSB(Least Significant Part) 부분에 포함되는 통신 장치.

【청구항 14】

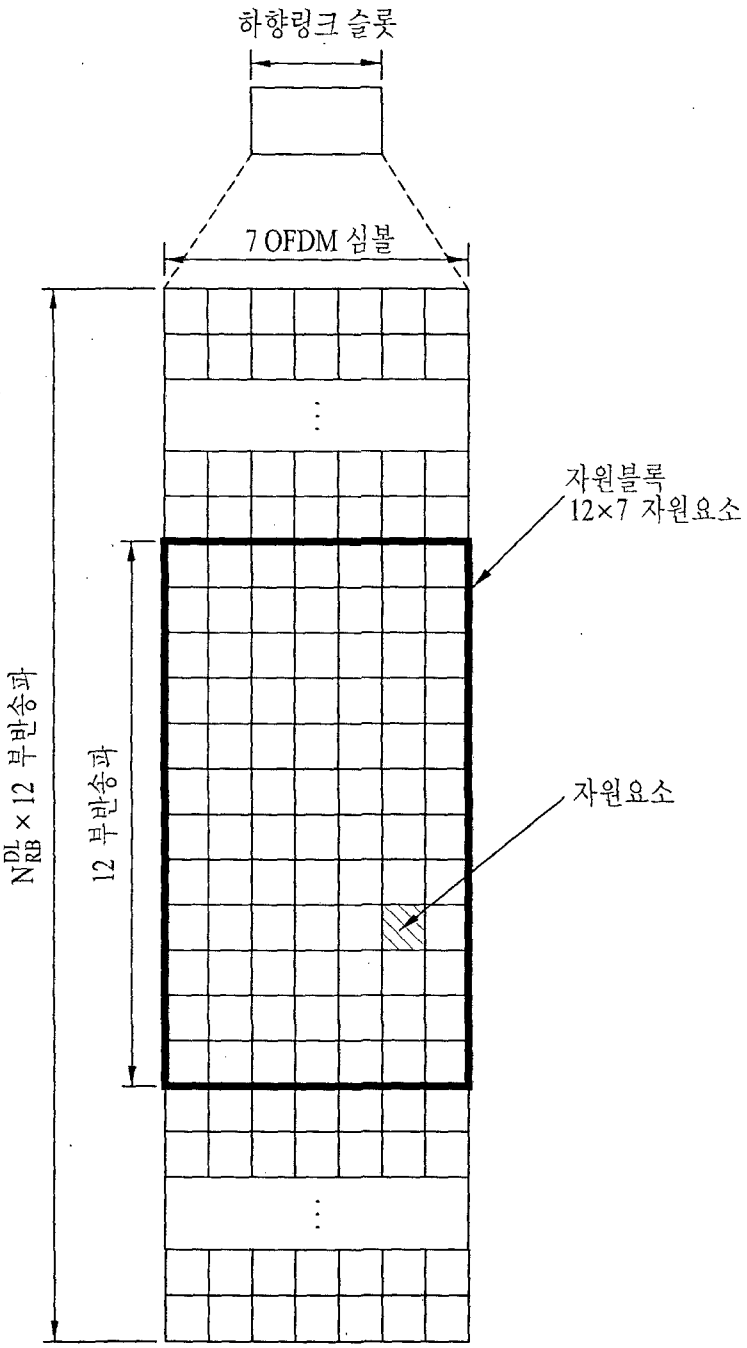
제8항에 있어서,

상기 제어 채널 신호는 PDCCH(Physical Downlink Control Channel) 신호이고, 상기 상향링크 신호는 PUSCH(Physical Uplink Shared Channel) 신호인 통신 장치.

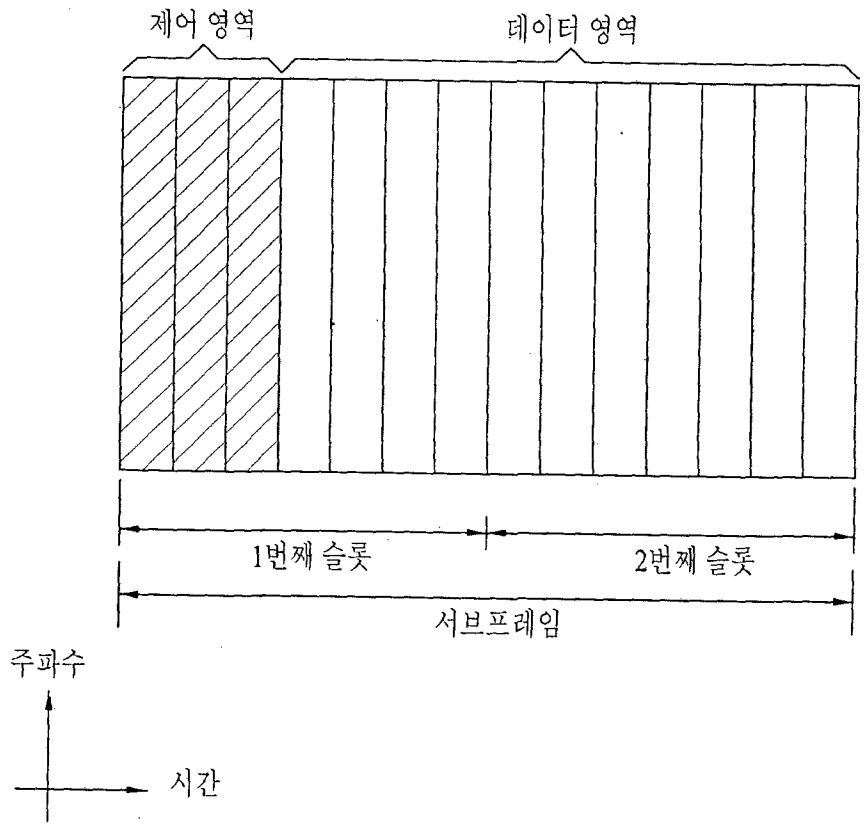
[도 1]


1 무선 프레임, $T_f = 307200T_s = 10ms$
1 슬롯, $T_{slot} = 15360T_s = 0.5ms$
#0
#1
#2
#3
· · ·
#18
#19
1 서브프레임

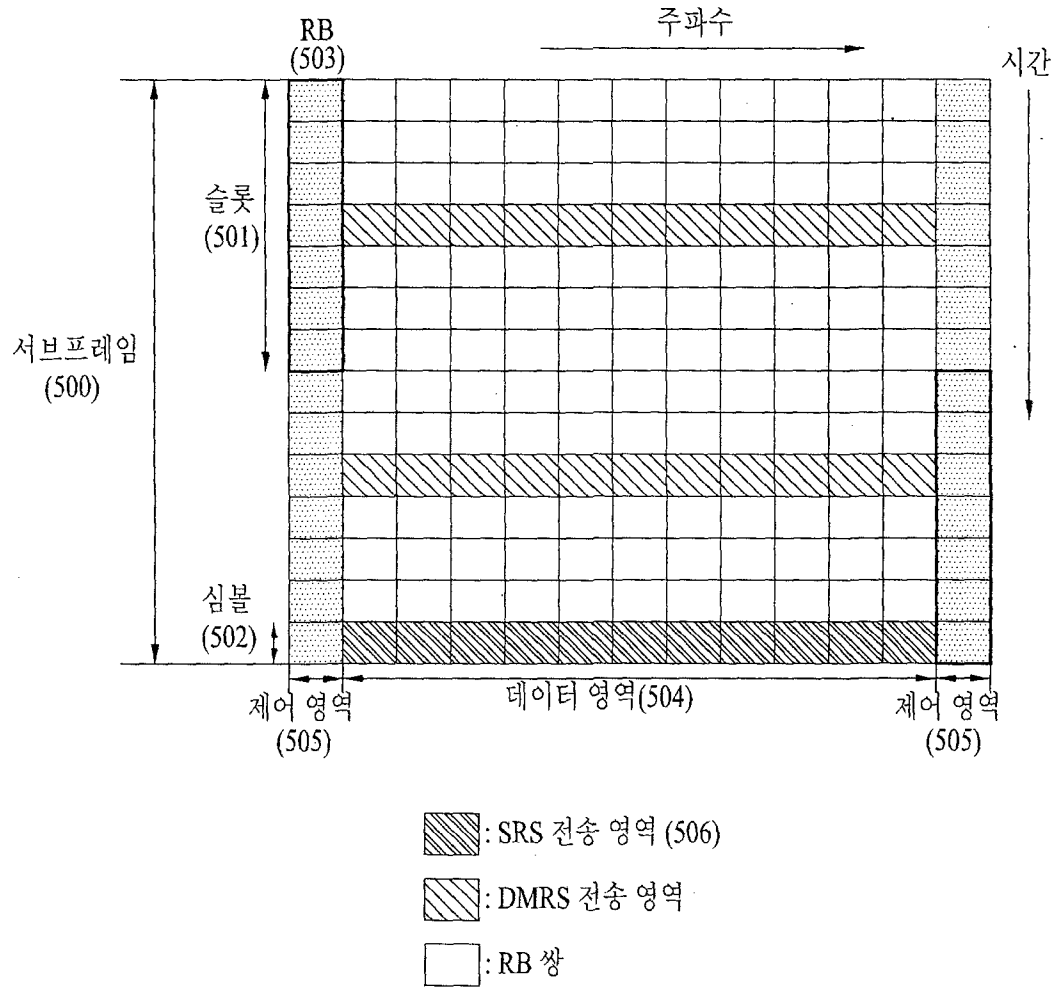
[도 2]


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

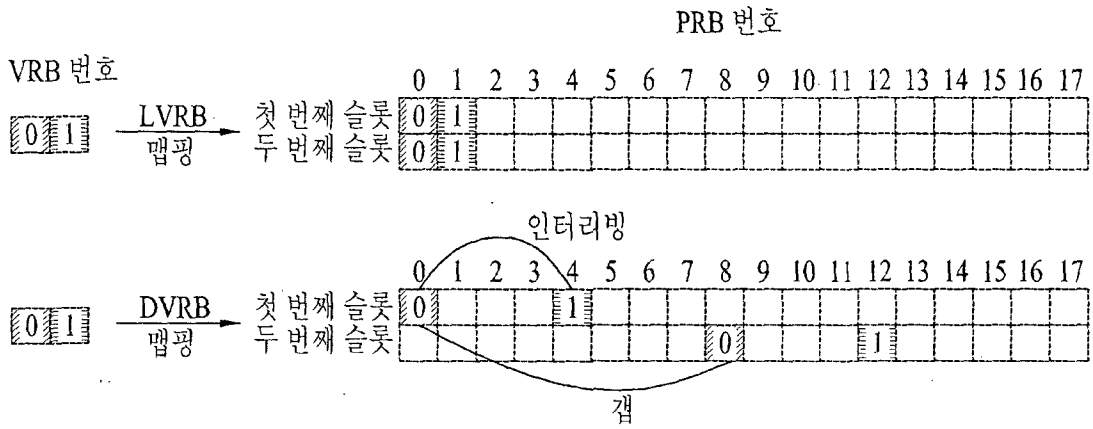
[도 3]



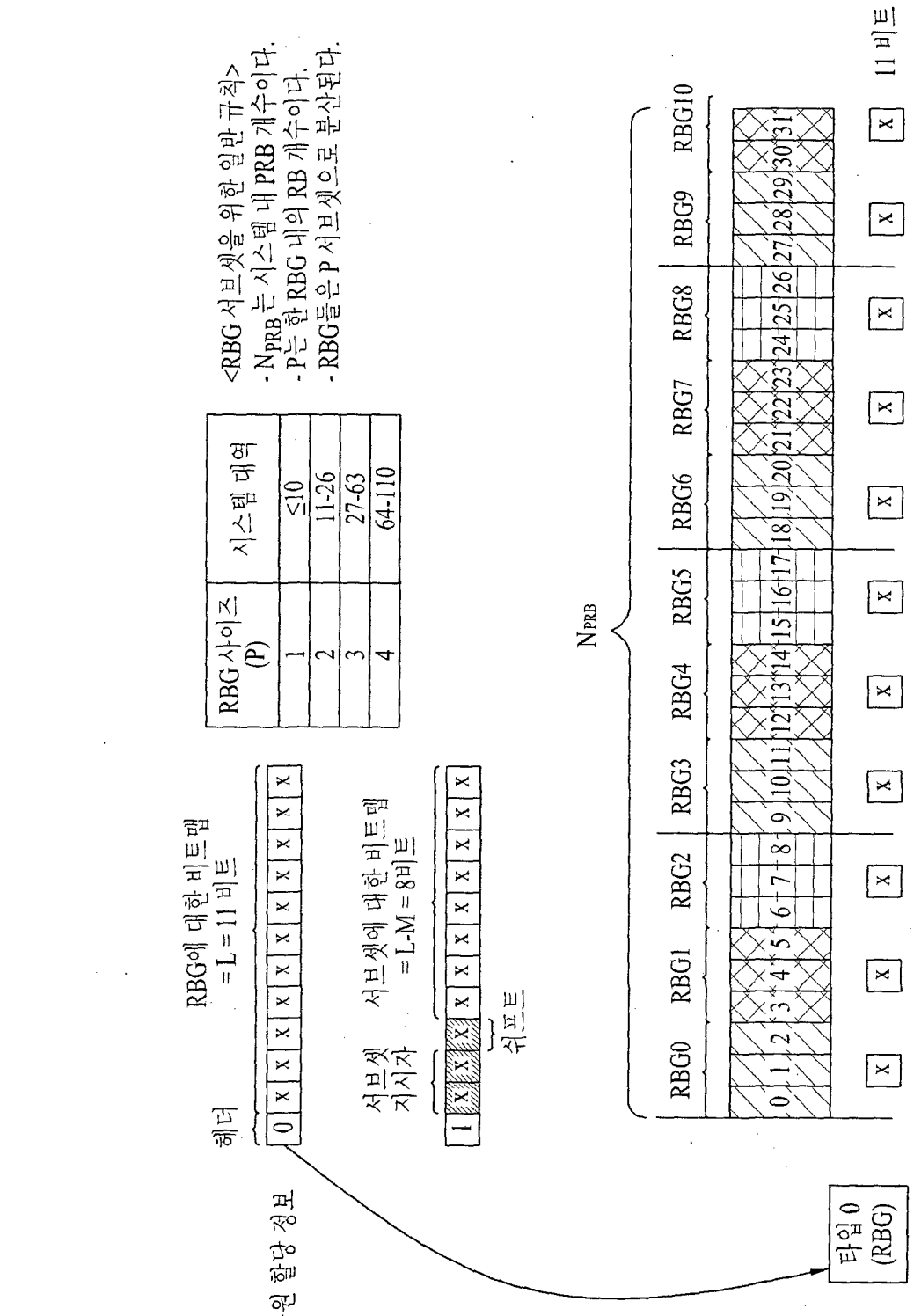
[도 4]


RB
(503)
주파수
시간
슬롯
(501)
서브프레임
(500)
심볼
(502)
제어 영역
(505)
데이터 영역(504)
제어 영역
(505)
: SRS 전송 영역 (506)
: DMRS 전송 영역
: RB 쌍

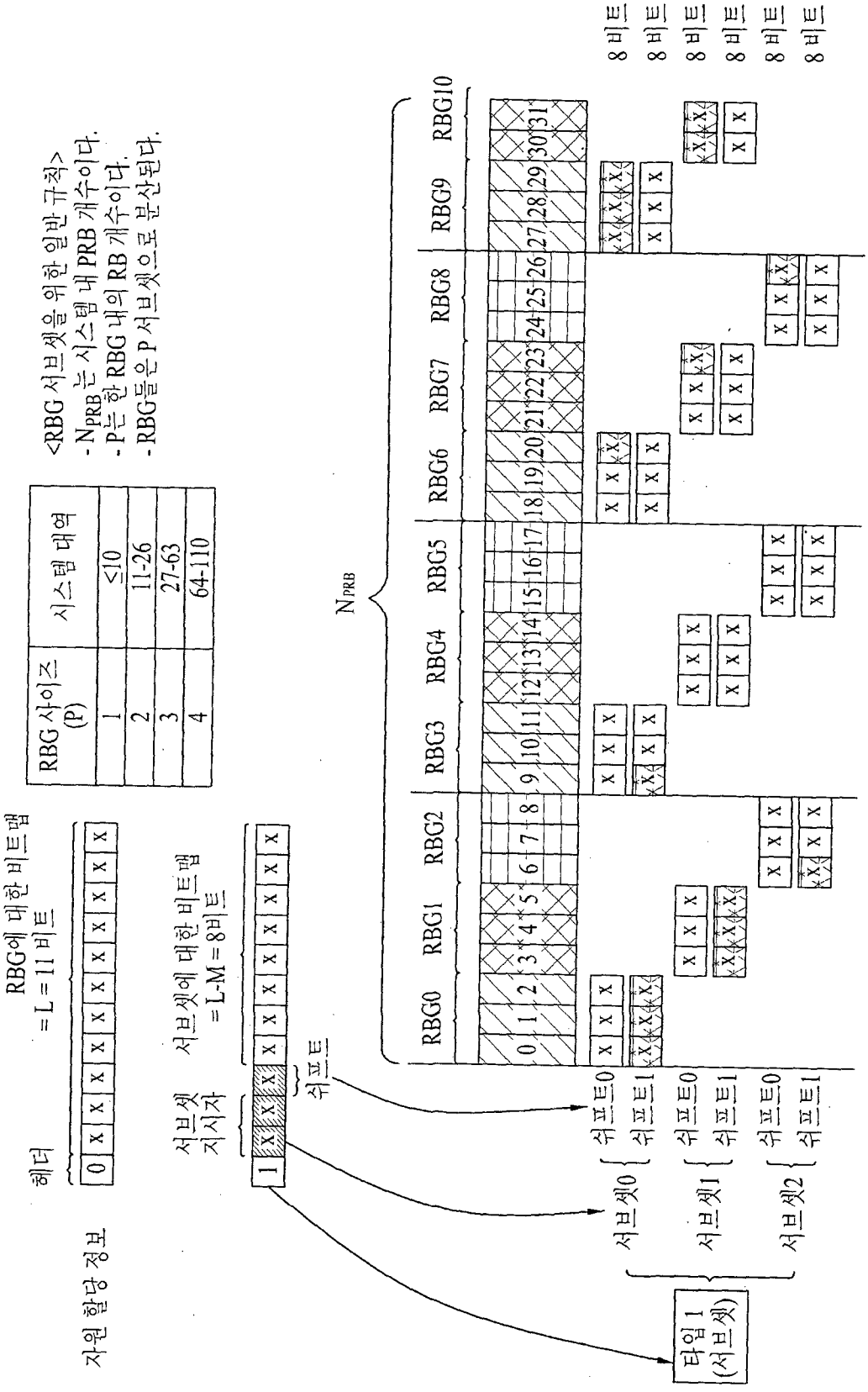
[도 5]


PRB 번호
VRB 번호
0 1
LVRB
맵핑
첫 번째 슬롯
두 번째 슬롯
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
인터리빙
DVRB
맵핑
갭

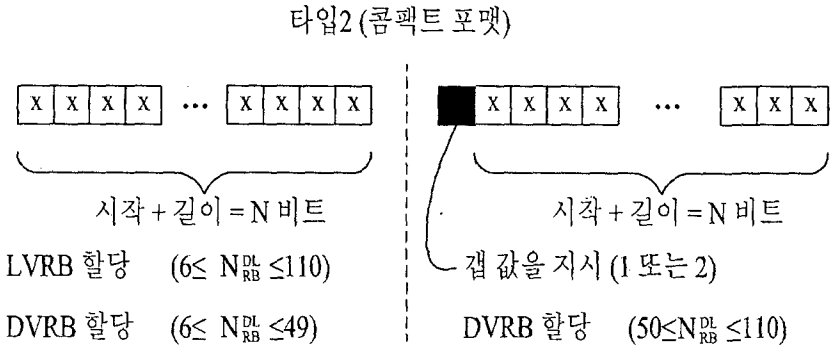
[도 6A]


RBG 서브셋을 위한 일반 규칙>
- N_{PRB}는 시스템 내 PRB 개수이다.
- P는 한 RBG 내의 RB 개수이다.
- RBG들은 P 서브셋으로 분산된다.
RBG 사이즈 (P)
시스템 대역
1
≤10
2
11-26
3
27-63
4
64-110
자원 할당 정보
헤더
RBG에 대한 비트맵 =L = 11 비트
서브셋 지시자
서브셋에 대한 비트맵 =L-M = 8비트
쉬프트
타입 0 (RBG)
N_{PRB}
RBG0
RBG1
RBG2
RBG3
RBG4
RBG5
RBG6
RBG7
RBG8
RBG9
RBG10
11 비트

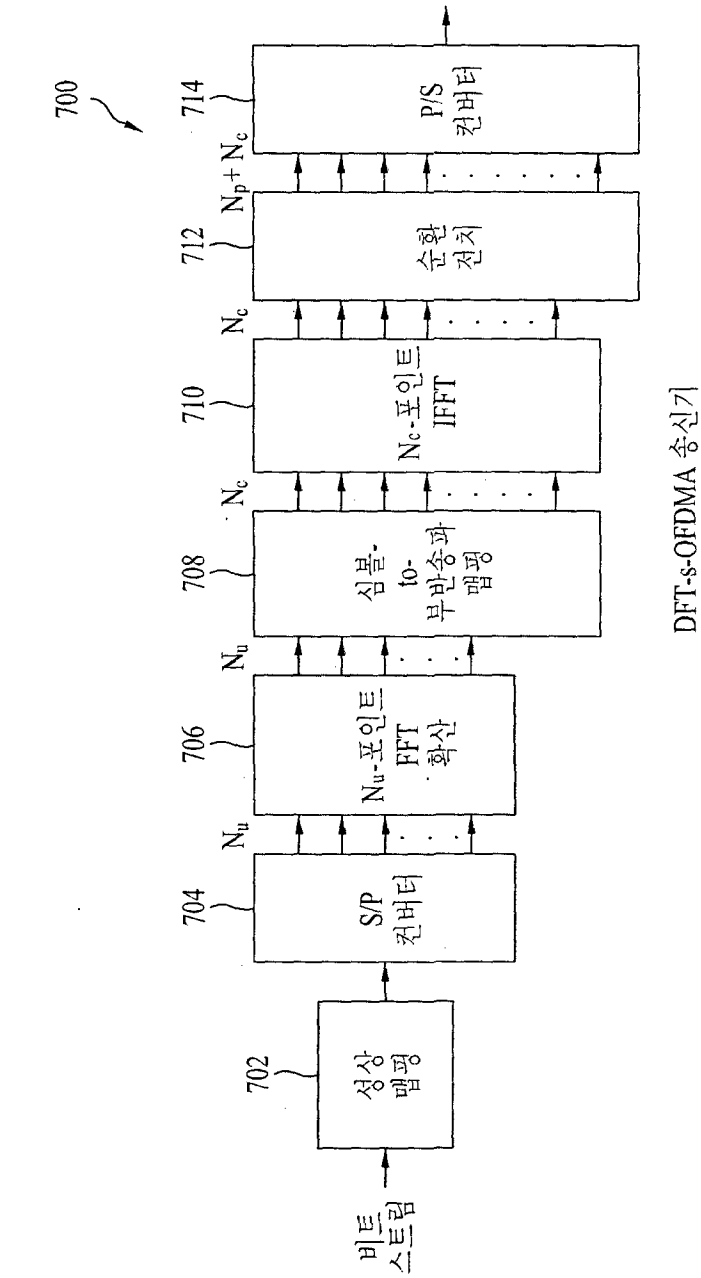
[도 6B]


RBG 사이즈 (P)
시스템 대역
1
≤10
2
11-26
3
27-63
4
64-110
<RBG 서브셋을 위한 일반 규칙>
- N_{PRB}는 시스템 내 PRB 개수이다.
- P는 한 RBG 내의 RB 개수이다.
- RBG들은 P 서브셋으로 분산된다.
자원 할당 정보
헤더
RBG에 대한 비트맵
=L=11 비트
서브셋 지시자
서브셋에 대한 비트맵
=L-M=8비트
쉬프트
N_{PRB}
RBG0 RBG1 RBG2 RBG3 RBG4 RBG5 RBG6 RBG7 RBG8 RBG9 RBG10
8비트
타입1 (서브셋)
서브셋0
서브셋1
서브셋2
쉬프트0
쉬프트1

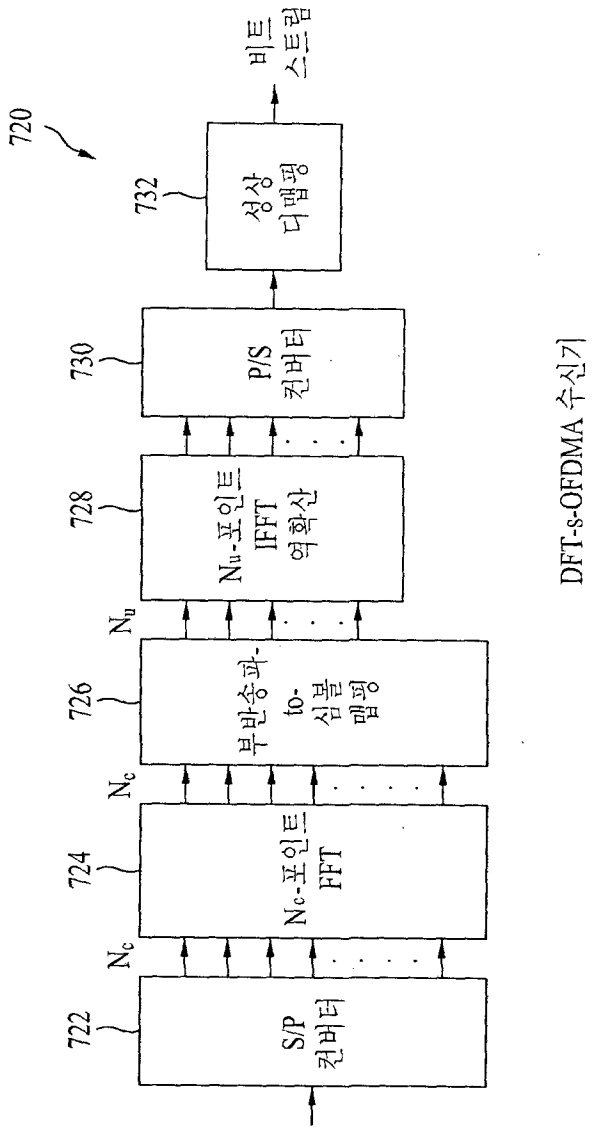
[도 6C]


타입2 (콤팩트 포맷)
X X X X ... X X X X
시작 + 길이 = N 비트
LVRB 할당 (6≤ N_{RB}^{DL} ≤110)
DVRB 할당 (6≤ N_{RB}^{DL} ≤49)
X X X X ... X X X
시작 + 길이 = N 비트
갭 값을 지시 (1 또는 2)
DVRB 할당 (50≤N_{RB}^{DL} ≤110)

[도 7A]

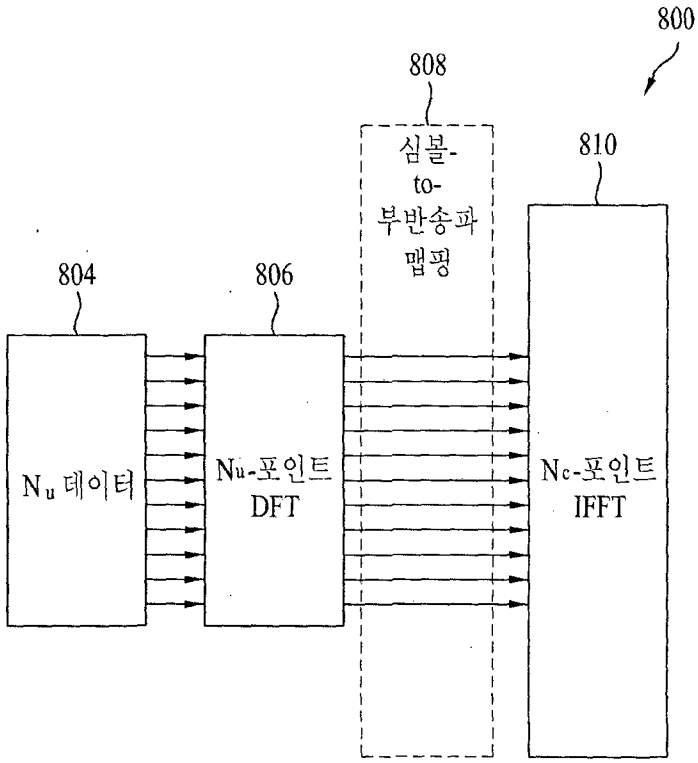

700
비트 스트림
702
성상 맵핑
704
S/P 컨버터
N_u
706
N_u-포인트 FFT 확산
N_u
708
심볼-to-부반송파 맵핑
N_c
710
N_c-포인트 IFFT
N_c
712
순환 전치
N_p+N_c
714
P/S 컨버터
DFT-s-OFDMA 송신기

[도 7B]



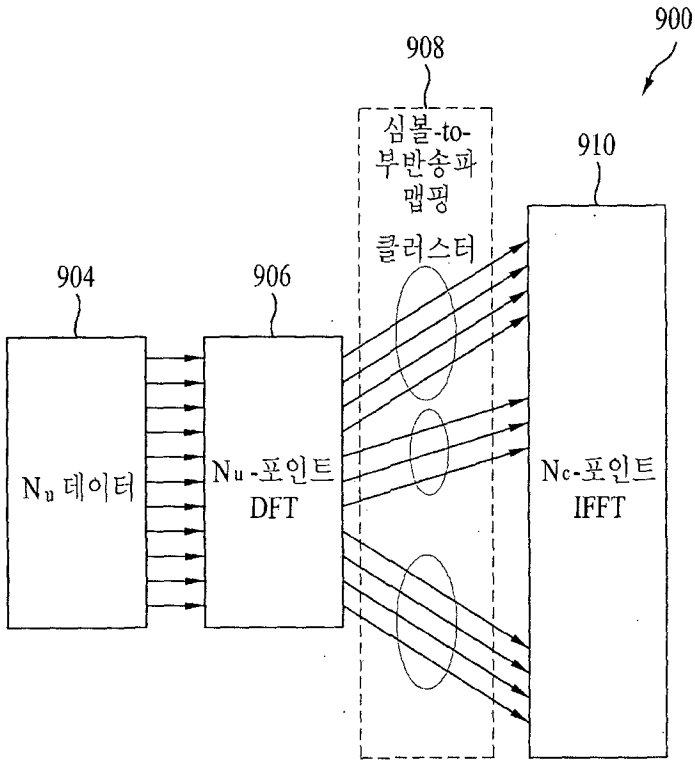
DFT-s-OFDMA 수신기

[도 8]



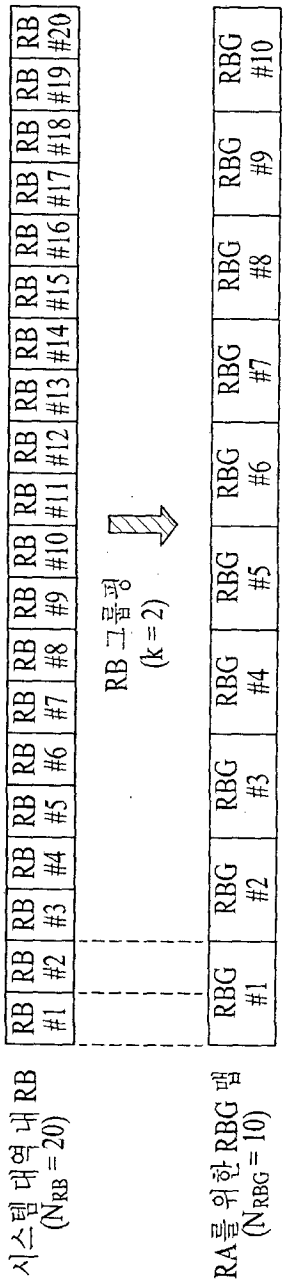
Localized DFT-s-OFDMA

[도 9]

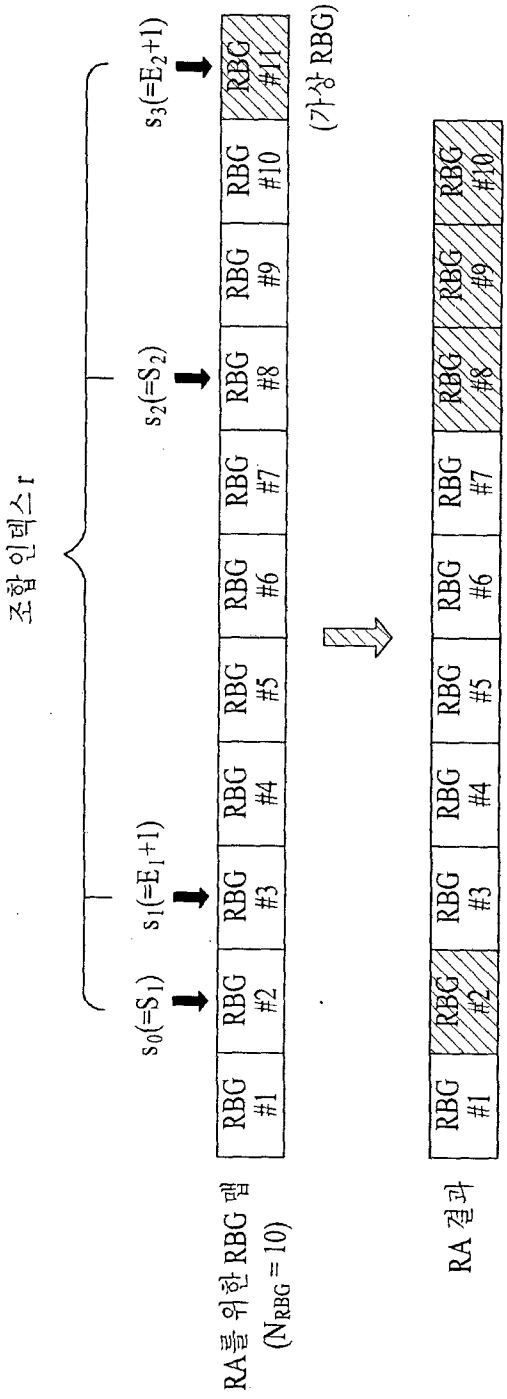


Clustered DFT-s-OFDMA

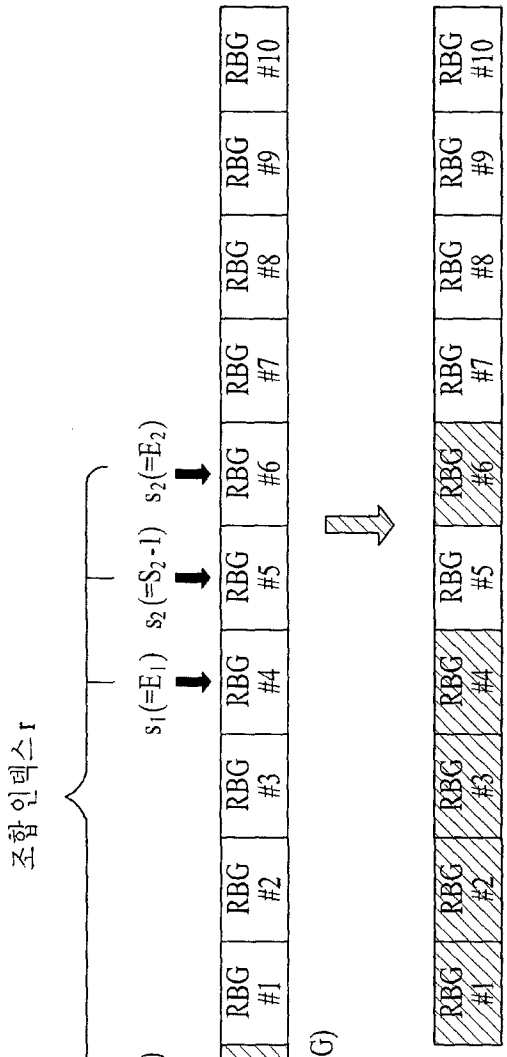
[도 10]


시스템 대역 내 RB
(N_{RB} = 20)
RB #1
RB #2
RB #3
RB #4
RB #5
RB #6
RB #7
RB #8
RB #9
RB #10
RB #11
RB #12
RB #13
RB #14
RB #15
RB #16
RB #17
RB #18
RB #19
RB #20
RB 그룹핑
(k = 2)
RA를 위한 RBG 맵
(N_{RBG} = 10)
RBG #1
RBG #2
RBG #3
RBG #4
RBG #5
RBG #6
RBG #7
RBG #8
RBG #9
RBG #10

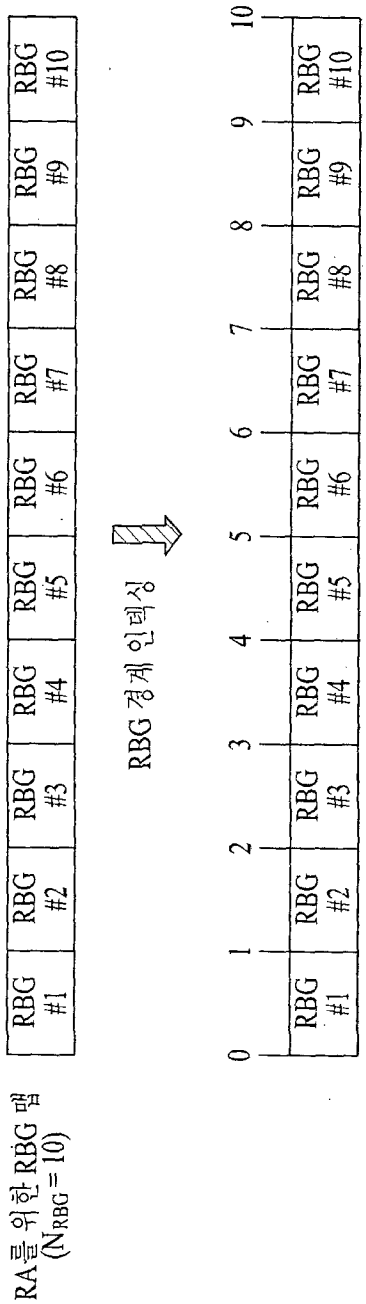
[도 11]


조합 인덱스 r
$s_0(=S_1)$
$s_1(=E_1+1)$
$s_2(=S_2)$
$s_3(=E_2+1)$
RA를 위한 RBG 맵
(N_{RBG} = 10)
RBG #1
RBG #2
RBG #3
RBG #4
RBG #5
RBG #6
RBG #7
RBG #8
RBG #9
RBG #10
RBG #11
(가상 RBG)
RA 결과
: 할당된 RBG
: 비-할당된 RBG

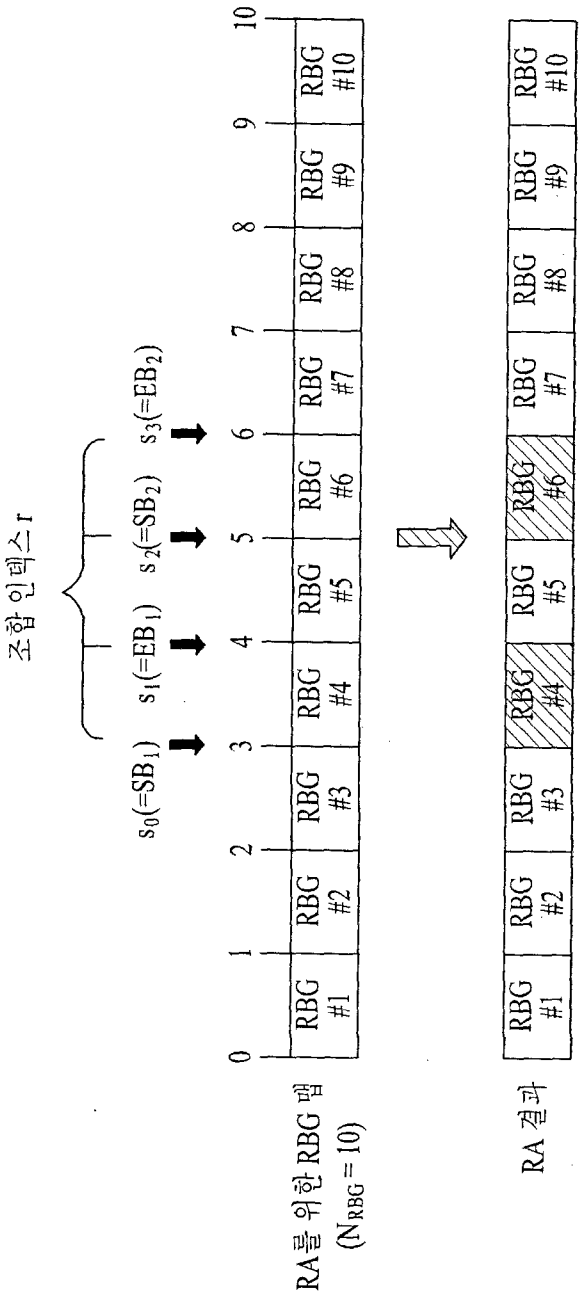
[도 12]


조합 인덱스 r
$s_0(=S_1-1)$
$s_1(=E_1)$
$s_2(=S_2-1)$
$s_2(=E_2)$
RA를 위한 RBG 맵 ($N_{RBG}=10$)
RBG #0
RBG #1
RBG #2
RBG #3
RBG #4
RBG #5
RBG #6
RBG #7
RBG #8
RBG #9
RBG #10
(가상 RBG)
RA 결과
: 할당된 RBG
: 비-할당된 RBG

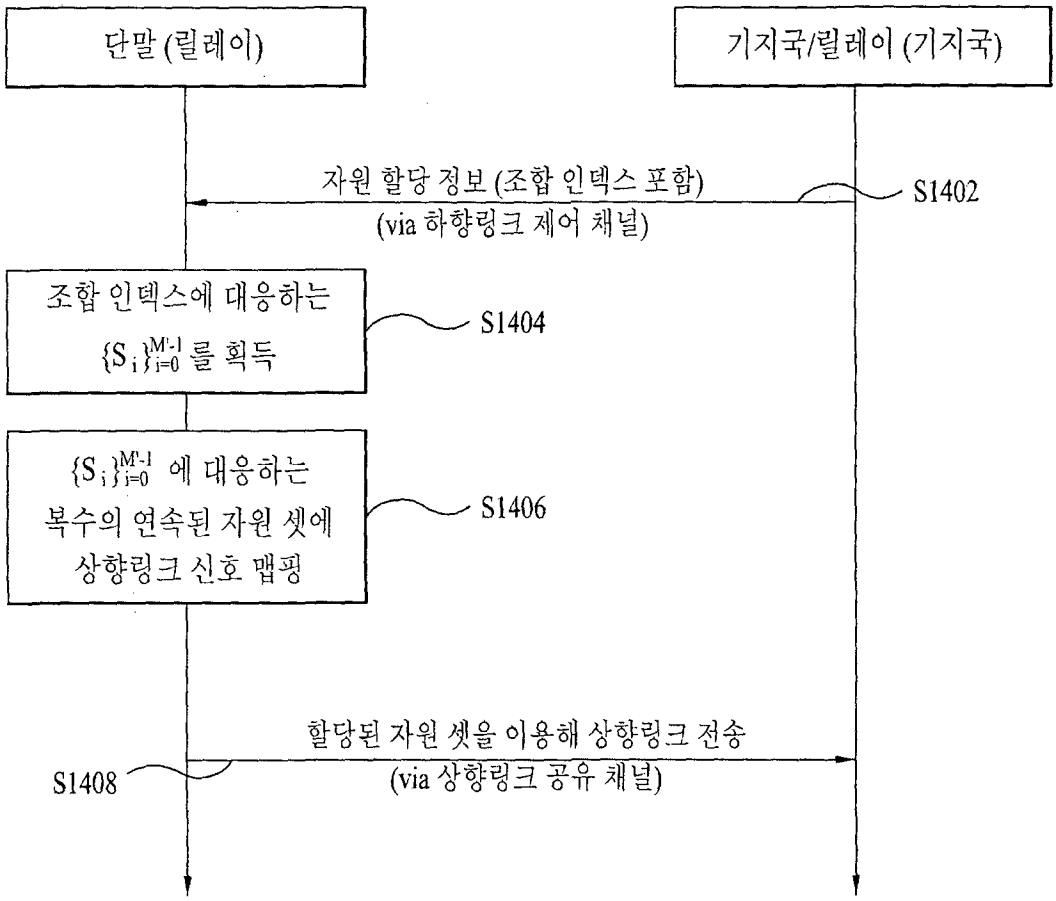
[도 13A]


RA를 위한 RBG 맵
(N_{RBG} = 10)
RBG #1
RBG #2
RBG #3
RBG #4
RBG #5
RBG #6
RBG #7
RBG #8
RBG #9
RBG #10
RBG 경계 인덱싱
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
RBG #1
RBG #2
RBG #3
RBG #4
RBG #5
RBG #6
RBG #7
RBG #8
RBG #9
RBG #10

[도 13B]


조합 인덱스 r
$s_0(=SB_1)$ $s_1(=EB_1)$ $s_2(=SB_2)$ $s_3(=EB_2)$
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
RBG #1 RBG #2 RBG #3 RBG #4 RBG #5 RBG #6 RBG #7 RBG #8 RBG #9 RBG #10
RA를 위한 RBG 맵 (N_{RBG} = 10)
RA 결과
: 할당된 RBG
: 비-할당된 RBG

[도 14]

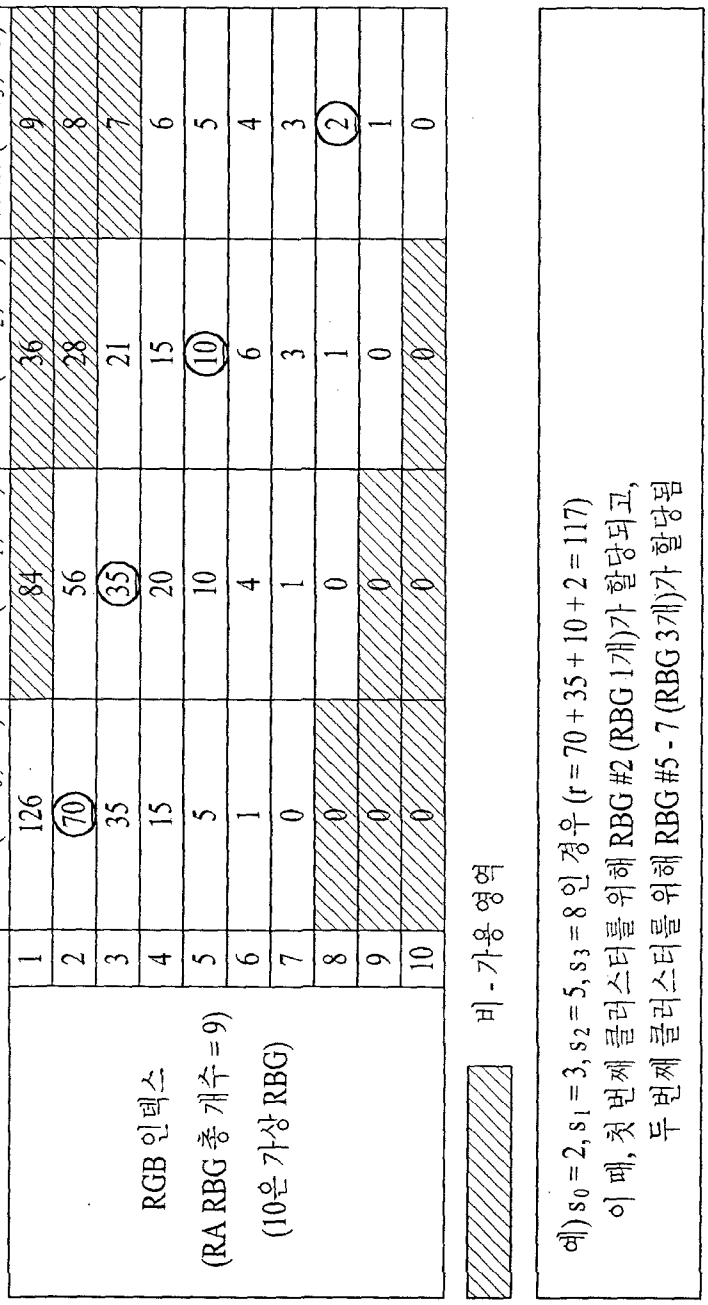


방법 1-1 (RBG 인덱스 기반)
제1 자원 셋: 시작 RBG 인덱스=s_0, 끝 RBG 인덱스=s_1-1
제2 자원 셋: 시작 RBG 인덱스=s_2, 끝 RBG 인덱스=s_3-1

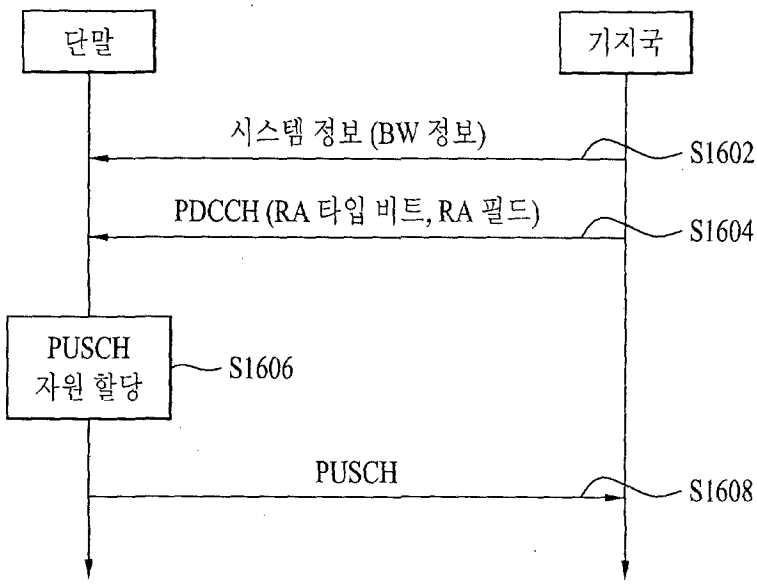
방법 1-2 (RBG 인덱스 기반)
제1 자원 셋: 시작 RBG 인덱스=s_0+1, 끝 RBG 인덱스=s_1
제2 자원 셋: 시작 RBG 인덱스=s_2+1, 끝 RBG 인덱스=s_3

방법 2 (RBG 경계 인덱스 기반)
제1 자원 셋: 시작 RBG 인덱스=s_0+1, 끝 RBG 인덱스=s_1
제2 자원 셋: 시작 RBG 인덱스=s_2+1, 끝 RBG 인덱스=s_3

[도 15]


RGB 인덱스
(RA RBG 총 개수 = 9)
(10은 가상 RBG)
s_0
comb (10-s_0, 4-0)
s_1
comb (10-s_1, 4-1)
s_2
comb (10-s_2, 4-2)
s_3
comb (10-s_3, 4-3)
1 126 84 36 9
2 70 56 28 8
3 35 35 21 7
4 15 20 15 6
5 5 10 10 5
6 1 4 6 4
7 0 1 3 3
8 0 0 1 2
9 0 0 0 1
10 0 0 0 0
비 - 가용 영역
예) $s_0 = 2, s_1 = 3, s_2 = 5, s_3 = 8$ 인 경우 ($r = 70 + 35 + 10 + 2 = 117$)
이 때, 첫 번째 클러스터를 위해 RBG #2 (RBG 1개)가 할당되고,
두 번째 클러스터를 위해 RBG #5 - 7 (RBG 3개)가 할당됨

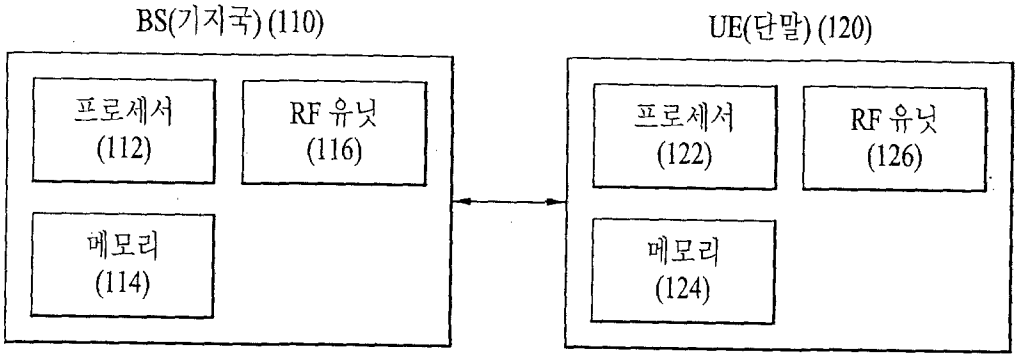
[도 16]



RA 필드 사이즈의 예:

$$\mathrm{Max}\left(\left\lceil \log_2\left(\left\lceil \frac{N_{RB}^{UL}/P+1}{4}\right\rceil\right)\right\rceil, \left\lceil \log_2\left(N_{RB}^{UL}\left(N_{RB}^{UL}+1\right)/2\right)\right\rceil\right)$$

[도 17]


BS(기지국) (110)
프로세서 (112)
RF 유닛 (116)
메모리 (114)
UE(단말) (120)
프로세서 (122)
RF 유닛 (126)
메모리 (124)