



- (51) 국제특허분류:
H04J 11/00 (2006.01) H04B 7/04 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2013/011054
- (22) 국제출원일: 2013년 12월 2일 (02.12.2013)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
61/735,044 2012년 12월 9일 (09.12.2012) US
- (71) 출원인: 엘지전자 주식회사 (LG ELECTRONICS INC.) [KR/KR]; 150-721 서울시 영등포구 여의도동 20, Seoul (KR). 연세대학교 산학협력단 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY) [KR/KR]; 120-749 서울시 서대문구 신촌동 134, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 고현수 (KO, Hyunsoo); 431-080 경기도 안양시 동안구 호계 1동 533번지 엘지전자 특허센터, Gyeonggi-do (KR). 최경준 (CHOI, Kyungjun); 120-749 서울시 서대문구 신촌동 연세로 50 연세대학교 제2공

학관 B631호, Seoul (KR). 김광순 (KIM, Kwangsoon); 120-749 서울시 서대문구 신촌동 연세로 50 연세대학교 제2공학관 B631호, Seoul (KR). 정재훈 (CHUNG, Jaehoon); 431-080 경기도 안양시 동안구 호계 1동 533번지 엘지전자 특허센터, Gyeonggi-do (KR). 김진민 (KIM, Jinmin); 431-080 경기도 안양시 동안구 호계 1동 533번지 엘지전자 특허센터, Gyeonggi-do (KR).

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

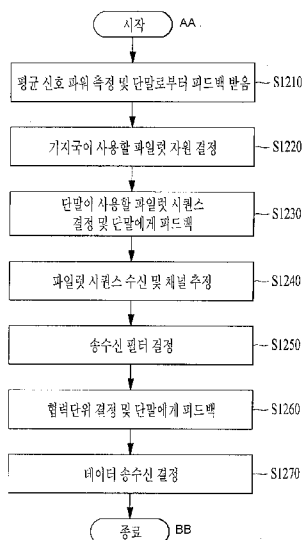
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[다음 쪽 계속]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TRANSMITTING AND RECEIVING SIGNAL IN MULTI-CELL COOPERATIVE COMMUNICATION SYSTEM

(54) 발명의 명칭: 다중 셀 협력 통신 시스템에서 신호 송수신하는 방법 및 이를 위한 장치

FIG. 12



AA ... Start
BB ... End
S1210 ... Measure an average signal power and receive feedback from a terminal
S1220 ... Determine a pilot resource to be used by a base station
S1230 ... Determine a pilot sequence to be used by the terminal and provide feedback to the terminal
S1240 ... Receive the pilot sequence and estimate a channel
S1250 ... Determine a transmission and reception filter
S1260 ... Determine a cooperative unit and provide feedback to the terminal
S1270 ... Determine data transmission and reception

(57) Abstract: The present invention relates to a method of transmitting and receiving a signal in a wireless communication system. In particular, in a time division multi-cell cooperative communication system, a base station may receive a reference signal, estimate a channel of each user terminal based on the reference signal, and determine a transmission and reception filter based on estimated channel information. The base station and a cooperative base station that cooperates with the base station may mutually exchange the reference signal and average signal power information on a terminal and determine the transmission and reception filter based on exchanged information.

(57) 요약서: 본 발명은 무선 통신 시스템에서 신호 송수신 방법에 관한 것이다. 구체적으로 시분할 다중 셀 협력 통신 시스템에서, 기지국이 참조 신호를 수신하여, 이를 기초로 각 사용자 단말과의 채널을 추정하여, 추정된 채널 정보에 근거하여, 송수신 필터를 결정할 수 있다. 기지국 및 기지국에 협력하는 협력 기지국은 참조 신호 및 단말의 평균 신호 파워 정보를 상호 교환하여, 이에 근거하여 송수신 필터를 결정할 수 있다.



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

공개:

- 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))
- 청구범위 보정 기한 만료 전의 공개이며, 보정서를 접수하는 경우 그에 관하여 별도 공개함 (규칙 48.2(h))

【명세서】

【발명의 명칭】

다중 셀 협력 통신 시스템에서 신호 송수신하는 방법 및 이를 위한 장치

【기술분야】

- 5 [1] 본 발명은 무선 통신 시스템에 관한 것으로서, 구체적으로 시분할 다중 셀 협력 통신 시스템에서 신호 송수신하는 방법 및 이를 위한 장치에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 송수신 신호를 필터링하여 신호 간섭을 줄이는 방법 및 이를 위한 장치에 관한 것이다.

【배경기술】

- 10 [2] 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.

- [3] 종래 기술에서는 한 개의 송신 안테나와 한 개의 수신 안테나를 사용했다. MIMO(Multiple Input Multiple Output)는 복수개의 송신 안테나와 복수개의 수신
20 안테나를 사용하는 방법으로서, 이 방법에 의해 데이터의 송수신 효율을 향상시킬 수 있다. 즉 무선통신 시스템의 송신단 혹은 수신단에서 복수개의 안테나를 사용함으로써 용량을 증대시키고 성능을 향상시킬 수 있다. 이하 본 문헌에서 MIMO를 다중 안테나라 지칭할 수 있다.

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

[5] 일반적인 다중 안테나(MIMO) 통신 시스템의 구성에서 송신단에는 송신 안테나가 N_t 개 설치되어 있고, 수신단에서는 수신 안테나가 N_R 개 설치되어 있다. 이렇게 송신단 및 수신단에서 모두 복수개의 안테나를 사용하는 경우에는, 송신단 또는 수신단 중 어느 하나에만 복수개의 안테나를 사용하는 경우보다 이론적인 채널 전송 용량(channel transmission capacity)이 증가한다. 채널 전송 용량의 증가는 안테나 수에 비례한다. 따라서, 전송 레이트(rate)가 향상되고, 주파수 효율이 향상된다. 하나의 안테나를 이용하는 경우의 최대 전송 레이트를 R_0 라고 한다면, 다중 안테나를 사용할 때의 전송 레이트는 이론적으로, 위의 R_0 에 레이트 증가율 R_i 를 곱한 만큼 증가할 수 있다.

[6] 예를 들어 4개의 송신 안테나와 4개의 수신 안테나를 이용하는 MIMO 통신 시스템에서는, 단일 안테나 시스템에 비해 이론상 4배의 전송 레이트를 획득할 수 있다. 이와 같은 다중 안테나 시스템의 이론적 용량 증가가 90년대 중반에 증명된 이후, 실질적으로 데이터 전송률을 향상시키기 위한 다양한 기술들이 현재까지 활발히 연구되고 있으며, 이들 중 몇몇 기술들은 이미 차세대 무선랜 등의 다양한 무선 통신의 표준에 반영되고 있다.

[7] 다중 안테나 시스템은 복수의 송신 안테나와 복수의 수신 안테나를 사용하며, 무선 채널에서 발생하는 페이딩(fading) 영향을 다수의 송수신 경로를 통하여 극복할 수 있다. 따라서, 단일 안테나에 비하여 데이터 전송 속도 증가 및 전송 품질을 증가시킬 수 있는 장점이 있다. 하지만, 다중 안테나 시스템에서 높은 전송 속도를 얻기 위해서는 안테나 간의 충분한 거리가 필요하다. 기지국은 넓은 커버리지로 신호를 송수신하므로 기지국 간에는 충분한 거리를 갖는 안테나를 설치할 수 있지만, 소형화된 단말은 현실적으로 충분한 거리를 확보하기가 어렵다. 따라서, 단일 안테나를 갖는 여러 단말들과 다중 안테나를 갖는 기지국 간의 통신을 가능하게 하는 다중 사용자 다중 안테나 (Multi-user MIMO, MU-MIMO) 시스템이 널리 연구 되고 있을 뿐만 아니라, 3GPP의 표준인 LTE-Advanced 등에 포함되었다.

[8] 다중 셀(Multi-cell) 환경에서 셀의 경계에 위치한 사용자의 전송 속도 및 품질은 주변 셀로부터 발생하는 셀 간 간섭 (Inter-cell Interference, ICI) 에 의하여 상당히 저하된다. 이를 극복하기 위하여, 인접한 셀 간의 직교 주파수 자원을 할당하여 간섭을 줄이는 방법인 주파수 재사용 (frequency reuse) 방식이 있다. 하지만 주파수 재사용 방식은 셀 경계의 사용자의 전송 속도 및 품질의

개선과 동시에 전체 네트워크의 전송 속도 및 품질의 저하를 가져올 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여, 주파수 자원을 효율적으로 활용하여 셀 간 간섭을 줄이기 위한 방식으로 다중 셀 간 협력을 통한 방식인 협력 멀티 포인트 (Coordinated Multi-Point, CoMP) 방식이 있다. 이 방식은 다중 셀 간 사용자의

5 채널 정보 또는 데이터 정보를 교환하여 가상 다중 안테나 (virtual MIMO) 시스템을 형성한다.

[9] 다중 사용자 다중 안테나 시스템(MU-MIMO)에서 효율적인 데이터 송수신을 위해서는 안테나 간의 채널 정보가 필요하다. 시분할 셀룰러 시스템에서는 이러한 채널 정보를 얻기 위하여 기지국이 사용자 단말에게 파일럿 자원을 할당한다.

10 사용자 단말은 할당 받은 파일럿 자원을 통하여 기지국으로 미리 정한 파일럿 시퀀스를 보내고, 기지국은 파일럿을 수신하여 채널 정보를 추정한다. 파일럿 자원은 사용자 단말의 수에 비례하여 요구량이 증가하지만 그 자원이 한정적이므로, 다중 셀 간 서로 직교한 파일럿 자원을 모두에게 할당하는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서, 파일럿 재사용으로 인하여 사용자의 채널을 완벽하게 추정할

15 수 없고, 추정된 채널을 가지고 만든 송수신 필터는 의도하지 않은 간섭을 만들어 낸다. 이러한 파일럿 자원 재사용으로 인한 성능 열화는 협력 셀룰러 환경에서 특히 심각하다.

[10] 따라서 다중 셀 협력 통신 시스템에서는 간섭을 억제하여 높은 전송 속도 및 품질을 얻기 위해서는 파일럿으로부터 발생하는 간섭 제어가 필수적이다. 다시

20 말해서, 기지국은 각 사용자 단말에게 최적의 파일럿 자원을 할당해야 하고, 기지국은 주어진 파일럿 자원을 이용하여 각 사용자 단말 간의 채널을 추정하여야 하고, 추정된 채널을 기반으로 송수신 필터를 설계해야 한다. 또한 전송 속도를 최대화하기 위해서는 상기의 단계들 간의 최적 방식을 설계하는 것이 중요하다. 따라서, 추정된 채널로부터 셀 간 간섭 및/또는 단말 간 간섭을 제거할 수 있는

25 개선된 송수신 필터의 설계 방법이 요구되고 있다.

【발명의 상세한 설명】

【기술적 과제】

[11] 본 발명의 목적은 무선 통신 시스템에서 신호 송수신하는 방법 및 이를 위한 장치를 제공하는데 있다. 본 발명의 다른 목적은 다중 사용자 다중 안테나(MU-

30 MIMO) 시스템에서 신호 간섭을 줄이기 위한 방법 및 이를 위한 장치를 제공하는데 있다.

[12] 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】

5 [13] 본 발명의 일 양상으로, 무선 통신 시스템에서 신호를 송수신하는 방법에 있어서, 기지국이 복수의 단말로부터 참조 신호(pilot signal)를 수신하는 단계; 상기 기지국이 수신한 상기 참조 신호 및 상기 기지국에 협력하는 협력
10 기지국으로부터 전달받은, 상기 협력 기지국에서 상기 복수의 단말로부터 수신한 참조 신호에 기초하여, 상기 복수의 단말과의 통신 채널을 추정하여 채널 정보를 획득하는 단계; 상기 기지국이 상기 획득한 채널 정보를 이용하여, 수신 필터를 결정하는 단계; 및 상기 복수의 단말 중 하나인 제1 단말로부터 수신한 데이터
15 신호를 상기 결정된 수신 필터를 이용하여, 상기 데이터 신호에 포함된 간섭 신호를 제거하는 단계를 포함하고, 상기 제1 단말로부터 수신한 참조 신호는, 상기 복수의 단말 중 상기 제1 단말 이외의 단말로부터 수신한 참조 신호 중 하나
20 이상의 참조 신호와 동일하고, 상기 수신 필터는, 상기 데이터 신호에 기지국 및 단말 간의 평균 신호 파워 값으로 표현된 가중 행렬을 곱하는 방법으로 상기 간섭 신호를 제거할 수 있다.

[14] 바람직하게는, 상기 수신 필터는 상기 데이터 신호를 MRC(Maximum Ratio Combining) 필터에서 필터링 된 신호에 포함된 간섭 신호를 제거할 수 있다.

20 [15] 바람직하게는, 상기 가중 행렬은 $L \times S$ 크기의 행렬의 유사 역행렬로서, L 은 전체 기지국의 수이고, S 는 동일한 참조 신호를 전송하는 단말의 수이다.

[16] 바람직하게는, 상기 간섭 신호는 상기 복수의 단말 중 제 1 단말 이외의 단말에서 전송된 신호일 수 있다.

25 [17] 바람직하게는, 상기 참조 신호는, 상기 기지국에 인접한 하나 이상의 단말에서 측정된 신호 파워 정보를 상기 기지국에서 수신하여, 상기 측정된 신호 파워 정보에 기초하여 결정될 수 있다.

[18] 바람직하게는, 상기 참조 신호는, 상기 기지국에서 측정한 단말의 평균 신호 파워 정보에 기초하여 결정될 수 있다.

30 [19] 바람직하게는, 상기 단말의 평균 신호 파워 정보는, 상기 기지국 및 상기 협력 기지국 간에 상호 교환될 수 있다.

[20] 바람직하게는, 상기 참조 신호는, 상기 기지국 및 상기 협력 기지국 간에 상호 교환될 수 있다.

[21] 바람직하게는, 상기 참조 신호는, 상기 협력 기지국의 참조 신호와 동일한 자원 블록에 할당될 수 있다.

5 [22] 바람직하게는, 상기 참조 신호는, 상기 협력 기지국의 참조 신호와 서로 직교 (orthogonal)하는 자원 블록에 할당될 수 있다.

[23] 바람직하게는, 상기 참조 신호는, 상기 협력 기지국의 참조 신호의 일부와 서로 직교 (orthogonal)하는 자원 블록에 할당될 수 있다.

10 [24] 바람직하게는, 상기 참조 신호는, 상기 협력 기지국의 참조 신호와 서로 크기가 다를 수 있다.

[25] 바람직하게는, 상기 참조 신호가 할당된 자원 블록의 수보다 채널을 추정할 수 있는 단말의 수가 적은 경우, 상기 단말은 직교 참조 신호를 상기 기지국에게 전송할 수 있다.

15 [26] 바람직하게는, 상기 참조 신호가 할당된 자원 블록의 수보다 채널을 추정할 수 있는 단말의 수가 많은 경우, 상기 단말은 다른 단말에서 전송하는 참조 신호와 동일한 참조 신호를 상기 기지국에게 전송할 수 있다.

[27] 바람직하게는, 상기 기지국의 안테나 수가 증가할수록 상기 간섭 신호가 줄어들 수 있다.

20 [28] 본 발명의 또다른 일 양상으로, 무선 통신 시스템에서 신호를 송수신하는 방법에 있어서, 기지국이 복수의 단말로부터 참조 신호(pilot signal)를 수신하는 단계; 상기 기지국이 상기 수신한 참조 신호 및 상기 기지국에 협력하는 협력 기지국으로부터 수신한 상기 복수의 단말에 대한 참조 신호에 기초하여, 상기 복수의 단말과의 통신 채널을 추정하여 채널 정보를 획득하는 단계; 상기 기지국이 상기 획득한 채널 정보를 이용하여, 송신 필터를 결정하는 단계; 및 상기 기지국은
25 데이터를 상기 결정된 송신 필터로 필터링하여, 상기 복수의 단말에게 전송하는 단계를 포함하고, 상기 단말로부터 수신한 참조 신호는, 상기 기지국에서 타 단말로부터 수신한 참조 신호 중 하나 이상의 참조 신호와 동일하고, 상기 송신 필터는 전송할 데이터에 대하여 기지국 및 단말 간의 평균 신호 파워 값으로 표현된 가중 행렬을 곱하는 방법으로 필터링하여 전송할 수 있다.

30 [29] 본 발명의 또다른 일 양상으로, 무선 통신 시스템에서 신호를 송수신하는 기지국 장치에 있어서, 송수신기; 및 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는,

복수의 단말로부터 참조 신호(pilot signal)를 상기 송수신기를 이용하여 수신하고, 상기 수신한 참조 신호 및 상기 기지국에 협력하는 협력 기지국으로부터 수신한 상기 복수의 단말에 대한 참조 신호에 기초하여, 상기 복수의 단말과의 통신 채널을 추정하여 채널 정보를 획득하고, 상기 획득한 채널 정보를 이용하여, 수신

5 필터를 결정하며, 상기 복수의 단말 중 하나인 제1 단말로부터 전송된 데이터 신호를 상기 결정된 수신 필터를 이용하여, 상기 데이터 신호에 포함된 간섭 신호를 제거하도록 설정되며, 상기 제1 단말로부터 수신한 참조 신호는, 상기 복수의 단말 중 상기 제1 단말 이외의 단말로부터 수신한 참조 신호 중 하나 이상의 참조 신호와 동일하고, 상기 수신 필터는 상기 데이터 신호에 기지국 및

10 단말 간의 평균 신호 파워 값으로 표현된 가중 행렬을 곱하는 방법으로 상기 간섭 신호를 제거할 수 있다.

【유리한 효과】

[30] 본 발명에 의하면, 무선 통신 시스템에서 참조 신호 및 데이터 신호를 효율적으로 송수신할 수 있다. 구체적으로, 송수신 신호를 필터링하여 셀 간

15 간섭을 줄일 수 있다.

[31] 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】

[32] 본 발명에 관한 이해를 돕기 위해 상세한 설명의 일부로 포함되는, 첨부

20 도면은 본 발명에 대한 실시 예를 제공하고, 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 설명한다.

[33] 도 1은 무선 통신 시스템의 일례인 3GPP LTE 시스템에 이용되는 물리 채널들 및 이들을 이용한 일반적인 신호 전송 방법을 예시한다.

25 [34] 도 2는 무선 프레임(radio frame)의 구조를 예시한다.

[35] 도 3은 하향링크 슬롯의 자원 그리드를 예시한다.

[36] 도 4는 하향링크 프레임의 구조를 나타낸다.

[37] 도 5는 상향링크 서브프레임의 구조를 예시한다.

[38] 도 6은 다중 셀 협력 통신 시스템의 일 예를 보여주는 도면이다.

30 [39] 도 7은 본 발명에 적용하려고 하는 단말 및 기지국의 구성의 일 예를 보여주는 도면이다.

[40] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 셀간 협력 통신을 위한 단말 및 기지국의 기능 블록 흐름도이다.

[41] 도 9는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 셀간 협력 통신을 위한 단말 및 기지국의 기능 블록 흐름도이다.

5 [42] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 셀간 협력 통신을 위한 기지국 간의 기능 블록 흐름도이다.

[43] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 단말의 데이터 송수신 과정의 흐름을 보여주는 도면이다.

10 [44] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 기지국의 데이터 송수신 과정의 흐름을 보여주는 도면이다.

[45] 도 13은 본 발명에 적용되는 파일럿 자원의 다양한 형태를 보여주는 도면이다.

[46] 도 14는 본 발명에 적용되는 파일럿 자원을 단말에 할당하는 다양한 형태를 보여주는 도면이다.

15 [47] 도 15는 본 발명에서 적용하려는 수신 필터 구조의 일 실시 예를 나타내는 도면이다.

[48] 도 16은 본 발명에서 적용하려는 송신 필터 구조의 일 실시 예를 나타내는 도면이다.

20 [49] 도 17은 본 발명에 따른 파일럿 재사용 팩터(f_p)를 적응적으로 변화시켜, 기지국 전체의 전송 속도를 증가하기 위한 동작의 흐름도이다.

【발명의 실시를 위한 형태】

[50] 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

25
30

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.

- 5 [51] 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.
- 10 [52] 무선 통신 시스템에서 단말은 기지국으로부터 하향링크(Downlink, DL)를 통해 정보를 수신하고, 단말은 기지국으로 상향링크(Uplink, UL)를 통해 정보를 전송한다. 기지국과 단말이 송수신하는 정보는 데이터 및 다양한 제어 정보를 포함하고, 이들이 송수신 하는 정보의 종류/용도에 따라 다양한 물리 채널이 존재한다.
- 15 [53] 도 1은 3GPP LTE 시스템에 이용되는 물리 채널들 및 이들을 이용한 일반적인 신호 전송 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [54] 전원이 꺼진 상태에서 다시 전원이 켜지거나, 새로이 셀에 진입한 단말은 단계 S101에서 기지국과 동기를 맞추는 등의 초기 셀 탐색(Initial cell search) 작업을 수행한다. 이를 위해 단말은 기지국으로부터 주동기 채널(Primary Synchronization Channel, P-SCH) 및 부동기 채널(Secondary Synchronization Channel, S-SCH)을 수신하여 기지국과 동기를 맞추고, 셀 ID 등의 정보를 획득한다. 그 후, 단말은 기지국으로부터 물리방송채널(Physical Broadcast Channel)을 수신하여 셀 내 방송 정보를 획득할 수 있다. 한편, 단말은 초기 셀 탐색 단계에서 하향링크 참조 신호(Downlink Reference Signal, DL RS)를 수신하여 하향링크 채널 상태를 확인할 수 있다.
- 20 [55] 초기 셀 탐색을 마친 단말은 단계 S102에서 물리 하향링크제어채널(Physical Downlink Control Channel, PDCCH) 및 물리하향링크제어채널 정보에 따른 물리하향링크공유 채널(Physical Downlink Control Channel, PDSCH)을 수신하여 좀더 구체적인 시스템 정보를 획득할 수 있다.
- 25 [56] 이후, 단말은 기지국에 접속을 완료하기 위해 이후 단계 S103 내지 단계 S106과 같은 임의 접속 과정(Random Access Procedure)을 수행할 수 있다. 이를

위해 단말은 물리임의접속채널(Physical Random Access Channel, PRACH)을 통해 프리앰블(preamble)을 전송하고(S103), 물리하향링크제어채널 및 이에 대응하는 물리하향링크공유 채널을 통해 프리앰블에 대한 응답 메시지를 수신할 수 있다(S104). 경쟁 기반 임의 접속의 경우 추가적인 물리임의접속채널의 전송(S105) 및 물리하향링크제어채널 및 이에 대응하는 물리하향링크공유 채널 수신(S106)과 같은 충돌해결절차(Contention Resolution Procedure)를 수행할 수 있다.

[57] 상술한 바와 같은 절차를 수행한 단말은 이후 일반적인 상/하향링크 신호 전송 절차로서 물리하향링크제어채널/물리하향링크공유채널 수신(S107) 및 물리상향링크공유채널(Physical Uplink Shared Channel, PUSCH)/ 물리상향링크 제어채널(Physical Uplink Control Channel, PUCCH) 전송(S108)을 수행할 수 있다. 단말이 기지국으로 전송하는 제어 정보를 통칭하여 상향링크 제어 정보(Uplink Control Information, UCI)라고 지칭한다. UCI는 HARQ ACK/NACK (Hybrid Automatic Repeat and reQuest Acknowledgement/Negative-ACK), SR(Scheduling Request), CQI(Channel Quality Indicator), PMI(Precoding Matrix Indicator), RI(Rank Indication) 등을 포함한다. 본 명세서에서, HARQ ACK/NACK은 간단히 HARQ-ACK 혹은 ACK/NACK(A/N)으로 지칭된다. HARQ-ACK은 포지티브 ACK(간단히, ACK), 네거티브 ACK(NACK), DTX 및 NACK/DTX 중 적어도 하나를 포함한다. UCI는 일반적으로 PUCCH를 통해 전송되지만, 제어 정보와 트래픽 데이터가 동시에 전송되어야 할 경우 PUSCH를 통해 전송될 수 있다. 또한, 네트워크의 요청/지시에 의해 PUSCH를 통해 UCI를 비주기적으로 전송할 수 있다.

[58] 도 2는 무선 프레임의 구조를 예시한다. 셀룰라 OFDM 무선 패킷 통신 시스템에서, 상향링크/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.

[59] 도 2(a)는 타입 1 무선 프레임의 구조를 예시한다. 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)라 한다. 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 OFDMA를 사용하므로, OFDM 심볼이 하나의 심볼 구간을 나타낸다. OFDM 심볼은 또한 SC-FDMA 심볼 또는 심볼 구간으로 칭하여질 수도 있다.

5 자원 할당 단위로서의 자원 블록(RB)은 하나의 슬롯에서 복수개의 연속적인 부반송파(subcarrier)를 포함할 수 있다.

[60] 하나의 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 CP(Cyclic Prefix)의 구성(configuration)에 따라 달라질 수 있다. CP에는 확장된 CP(extended CP)와 표준 CP(normal CP)가 있다. 예를 들어, OFDM 심볼이 표준 CP에 의해 구성된 경우,

10 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 표준 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
15 위해 확장된 CP가 사용될 수 있다.

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

20 [62] 도 2(b)는 타입 2 무선 프레임의 구조를 예시한다. 타입 2 무선 프레임은 2개의 하프 프레임(half frame)으로 구성되며, 각 하프 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
25 사용된다. UpPTS는 기지국에서의 채널 추정과 단말의 상향링크 전송 동기를 맞추는데 사용된다. 보호구간은 상향링크와 하향링크 사이에 하향링크 신호의 다중경로 지연으로 인해 상향링크에서 생기는 간섭을 제거하기 위한 구간이다.

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

[64] 도 3은 하향링크 슬롯의 자원 그리드를 예시한다.

[65] 도 3을 참조하면, 하향링크 슬롯은 시간 도메인에서 복수의 OFDM 심볼을 포함한다. 하나의 하향링크 슬롯은 7(6)개의 OFDM 심볼을 포함하고 자원 블록은 주파수 도메인에서 12개의 부반송파를 포함할 수 있다. 자원 그리드 상의 각 요소(element)는 자원 요소(Resource Element, RE)로 지칭된다. 하나의 RB는 5 12×7(6)개의 RE를 포함한다. 하향링크 슬롯에 포함되는 RB의 개수 NRB는 하향링크 전송 대역에 의존한다. 상향링크 슬롯의 구조는 하향링크 슬롯의 구조와 동일하되, OFDM 심볼이 SC-FDMA 심볼로 대체된다.

[66] 도 4는 하향링크 서브프레임의 구조를 예시한다.

[67] 도 4를 참조하면, 서브프레임의 첫 번째 슬롯에서 앞부분에 위치한 최대 10 3(4)개의 OFDM 심볼은 제어 채널이 할당되는 제어 영역에 대응한다. 남은 OFDM 심볼은 PDSCH(Physical Downlink Shared CHancel)가 할당되는 데이터 영역에 해당한다. 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 15 서브프레임의 첫 번째 OFDM 심볼에서 전송되고 서브프레임 내에서 제어 채널의 전송에 사용되는 OFDM 심볼의 개수에 관한 정보를 나른다. PHICH는 상향링크 전송에 대한 응답으로 HARQ ACK/NACK(Hybrid Automatic Repeat request acknowledgment/negative-acknowledgment) 신호를 나른다.

[68] PDCCH를 통해 전송되는 제어 정보를 DCI(Downlink Control Information)라고 20 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.

[69] 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 25 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 30 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

5 정보에 CRC(cyclic redundancy check)를 추가한다. CRC는 PDCCH의 소유자 또는 사용 목적에 따라 식별자(예, RNTI(radio network temporary identifier))로 마스킹 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

10 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.

[70] 도 5는 LTE에서 사용되는 상향링크 서브프레임의 구조를 예시한다.

15 [71] 도 5를 참조하면, LTE 상향링크 전송의 기본 단위인 1ms 길이의 서브프레임(500)은 두 개의 0.5ms 슬롯(501)으로 구성된다. 노멀(Normal) 순환 전치(Cyclic Prefix, CP)의 길이를 가정할 때, 각 슬롯은 7개의 심벌(502)로 구성되며 하나의 심벌은 하나의 SC-FDMA 심벌에 대응된다. 자원 블록(Resource Block, RB)(503)은 주파수 영역에서 12개의 부반송파, 그리고 시간영역에서 한

20 슬롯에 해당되는 자원 할당 단위이다. LTE의 상향링크 서브프레임의 구조는 크게 데이터 영역(504)과 제어 영역(505)으로 구분된다. 데이터 영역은 PUSCH를 포함하고 음성 등의 데이터 신호를 전송하는데 사용된다. 제어 영역은 PUCCH를 포함하고 상향링크 제어 정보(Uplink Control Information, UCI)를 전송하는데 사용된다. PUCCH는 주파수 축에서 데이터 영역의 양끝 부분에 위치한 RB 쌍(RB

25 pair)을 포함하며 슬롯을 경계로 호핑한다.

[72] PUCCH는 다음의 제어 정보를 전송하는데 사용될 수 있다.

[73] - SR(Scheduling Request): 상향링크 UL-SCH 자원을 요청하는데 사용되는 정보이다. OOK(On-Off Keying) 방식을 이용하여 전송된다.

[74] - HARQ ACK/NACK: PDSCH 상의 하향링크 데이터 패킷에 대한 응답 신호이다.

30 하향링크 데이터 패킷이 성공적으로 수신되었는지 여부를 나타낸다. 단일 하향링크

코드워드에 대한 응답으로 ACK/NACK 1비트가 전송되고, 두 개의 하향링크 코드워드에 대한 응답으로 ACK/NACK 2비트가 전송된다.

[75] - CQI(Channel Quality Indicator): 하향링크 채널에 대한 피드백 정보이다. MIMO(Multiple Input Multiple Output) 관련 피드백 정보는 RI(Rank Indicator), PMI(Precoding Matrix Indicator), PTI(Precoding Type Indicator) 등을 포함한다. 5 서브프레임 당 20비트가 사용된다.

[76] 단말이 서브프레임에서 전송할 수 있는 제어 정보(UCI)의 양은 제어 정보 전송에 가용한 SC-FDMA의 개수에 의존한다. 제어 정보 전송에 가용한 SC-FDMA는 서브프레임에서 참조 신호 전송을 위한 SC-FDMA 심볼을 제외하고 남은 SC-FDMA 10 심볼을 의미하고, SRS(Sounding Reference Signal)가 설정된 서브프레임의 경우 서브프레임의 마지막 SC-FDMA 심볼도 제외된다. 참조 신호는 PUCCH의 코히어런트 검출에 사용된다. PUCCH는 전송되는 정보에 따라 7개의 포맷을 지원한다.

[77] 표 1은 LTE에서 PUCCH 포맷과 UCI의 맵핑 관계를 나타낸다.

[78] 【표 1】

PUCCH 포맷	상향링크 제어 정보 (Uplink Control Information, UCI)
포맷 1	SR(Scheduling Request) (비변조된 파형)
포맷 1a	1-비트 HARQ ACK/NACK (SR 존재/비존재)
포맷 1b	2-비트 HARQ ACK/NACK (SR 존재/비존재)
포맷 2	CQI (20개의 코딩된 비트)
포맷 2	CQI 및 1- 또는 2-비트 HARQ ACK/NACK (20비트) (확장 CP만
포맷 2a	해당)
포맷 2b	CQI 및 1-비트 HARQ ACK/NACK (20+1개의 코딩된 비트)
	CQI 및 2-비트 HARQ ACK/NACK (20+2개의 코딩된 비트)

15 [79] 사운딩 참조 신호(Sounding Reference Signal, SRS)는 하나의 서브프레임에서 시간 축 상에서 가장 마지막에 위치하는 SC-FDMA 심볼을 통하여 전송된다. 동일한 서브프레임의 마지막 SC-FDMA로 전송되는 여러 단말의 SRS들은 주파수 위치/시퀀스에 따라 구분이 가능하다.

[80] 기존 LTE에서 SRS는 주기적으로 전송된다. SRS의 주기적 전송을 위한 20 구성(configuration)은 셀-특정(cell-specific) SRS 파라미터와 단말-특정(UE-specific) SRS 파라미터에 의해 구성(configure)된다. 셀-특정 SRS 파라미터(다른 말로, 셀-특정 SRS 구성)와 단말-특정 SRS 파라미터(다른 말로, 단말-특정 SRS

구성)는 상위 계층(예, RRC) 시그널링을 통해 단말에게 전송된다. 유사하게, 릴레이 시스템의 경우, 릴레이를 위한 SRS 구성은 셀-특정(cell-specific) SRS 파라미터와 릴레이-특정(RN-specific) SRS 파라미터에 의해 구성(configure)된다.

[81] 셀-특정 SRS 파라미터는 srs-BandwidthConfig, srs-SubframeConfig를 포함한다. srs-BandwidthConfig는 SRS가 전송될 수 있는 주파수 대역에 대한 정보를 지시하고, srs-SubframeConfig는 SRS가 전송될 수 있는 서브프레임에 대한 정보를 지시한다. 셀 내에서 SRS가 전송될 수 있는 서브프레임은 프레임 내에서 주기적으로 설정된다. 표 2은 셀-특정 SRS 파라미터 중에서 srs-SubframeConfig를 나타낸다.

[82] 【표 2】

srs-SubframeConfig	Binary	Configuration Period T_{SFC} (subframes)	Transmission offset Δ_{SFC} (subframes)
0	0000	1	{0}
1	0001	2	{0}
2	0010	2	{1}
3	0011	5	{0}
4	0100	5	{1}
5	0101	5	{2}
6	0110	5	{3}
7	0111	5	{0,1}
8	1000	5	{2,3}
9	1001	10	{0}
10	1010	10	{1}
11	1011	10	{2}
12	1100	10	{3}
13	1101	10	{0,1,2,3,4,6,8}
14	1110	10	{0,1,2,3,4,5,6,8}
15	1111	reserved	Reserved

[83] TSFC는 셀-특정 서브프레임 구성(configuration)을 나타내고, Δ_{SFC} 는 셀-특정 서브프레임 오프셋을 나타낸다. srs-SubframeConfig는 상위 계층(예, RRC 계층)에 의해 제공된다. SRS는 $\lfloor n_s/2 \rfloor \bmod T_{SFC} \in \Delta_{SFC}$ 을 만족하는 서브프레임을 통해 전송된다. n_s 는 슬롯 인덱스를 나타낸다. $\lfloor \cdot \rfloor$ 는 내림 함수(flooring function)를 나타내고, mod는 모듈로(modulo) 연산을 나타낸다.

[84] 단말-특정 SRS 파라미터는 srs-Bandwidth, srs-HoppingBandwidth, freqDomainPosition, srs-ConfigIndex, transmissionComb, cyclicShift를 포함한다. srs-Bandwidth는 해당 단말이 SRS를 전송해야 하는 주파수 대역을 설정하는데 사용되는 값을 나타낸다. srs-HoppingBandwidth는 SRS의 주파수 도약을 설정하는데 사용되는 값을 지시한다. FreqDomainPosition는 SRS가 전송되는 주파수 위치를 결정하는데 사용되는 값을 지시한다. srs-ConfigIndex는 해당 단말이 SRS를 전송해야 할 서브프레임을 설정하는데 사용되는 값을 지시한다. transmissionComb은 SRS 전송 콤을 설정하는데 사용되는 값을 지시한다. cyclicShift는 SRS 시퀀스에 적용되는 사이클릭 쉬프트 값을 설정하는데 사용되는 값을 지시한다.

[85] 표 3 및 4는 srs-ConfigIndex에 따른 SRS 전송 주기와 서브프레임 오프셋을 나타낸다. SRS 전송 주기는 단말이 SRS를 주기적으로 전송해야 하는 시간 간격(단위, 서브프레임 또는 ms)을 나타낸다. 표 3은 FDD인 경우를 나타내고 표 4는 TDD인 경우를 나타낸다. SRS 구성 인덱스(ISRS)는 단말 별로 시그널링되며, 각 단말은 SRS 구성 인덱스(ISRS)를 이용하여 SRS 전송 주기(TSRS)와 SRS 서브프레임 오프셋(Toffset)을 확인한다.

[86] 【표 3】

SRS Configuration Index ISRS	SRS Periodicity T_{SRS} (ms)	SRS Subframe Offset T_{offset}
0 - 1	2	ISRS
2 - 6	5	ISRS - 2
7 - 16	10	ISRS - 7
17 - 36	20	ISRS - 17
37 - 76	40	ISRS - 37
77 - 156	80	ISRS - 77
157 - 316	160	ISRS - 157
317 - 636	320	ISRS - 317
637 - 1023	reserved	reserved

[87] 【표 4】

Configuration Index ISRS	SRS Periodicity T_{SRS} (ms)	SRS Subframe Offset T_{offset}
0	2	0, 1
1	2	0, 2

2	2	1, 2
3	2	0, 3
4	2	1, 3
5	2	0, 4
6	2	1, 4
7	2	2, 3
8	2	2, 4
9	2	3, 4
10 - 14	5	ISRS - 10
15 - 24	10	ISRS - 15
25 - 44	20	ISRS - 25
45 - 84	40	ISRS - 45
85 - 164	80	ISRS - 85
165 - 324	160	ISRS - 165
325 - 644	320	ISRS - 325
645 - 1023	reserved	reserved

[88] 정리하면, 기존 LTE에서 셀-특정 SRS 파라미터는 셀 내에서 SRS 전송을 위해 점유된 서브프레임을 단말에게 알려주고, 단말-특정 SRS 파라미터는 SRS를 위해 점유된 서브프레임 중에서 해당 단말이 실제로 사용할 서브프레임을 알려준다. 단말은 단말-특정 SRS 파라미터로 지정된 서브프레임의 특정 심볼(예, 마지막 심볼)을 통해 SRS를 주기적으로 전송한다.

[89] 한편, 셀-특정 SRS 파라미터를 통해 점유된 서브프레임에서 SRS 전송을 보호하기 위해, 단말은 해당 서브프레임에서 실제로 SRS를 전송하는지 여부와 관계없이 서브프레임의 마지막 심볼을 통해 상향링크 신호를 전송하지 않을 것이 필요하다.

[90] 본 문서는 주로 단말과 기지국 간의 데이터 송수신 관계를 중심으로 설명된다. 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), 액세스 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. 또한, 이하에서 본 발명에서 말하는 참조 신호(reference signal)는 파일럿 신호(pilot signal), 파일럿 자원, 및 파일럿 시퀀스 등의 용어에 의해 대체될 수 있다.

[91] 다중 안테나 시스템

- 5 [92] 가상 다중 안테나(virtual multiple antenna) 시스템의 가장 큰 특징은, 기존 LTE-Advanced 대비하여 상당히 많은 수의 안테나를 통하여 신호의 송수신이 이루어 진다는 점이다. 널리 알려진 사실에 의하면, 안테나 수가 N 개이고 사용자의 수가 K 인 가상 다중 안테나 시스템의 전송 용량 C 는 높은 signal-to noise ratio (SNR) 에서 다음과 같이 근사화 된다.

10 [93] 【수식 1】

$$C \approx \min(N, K) \log(SNR)$$

[94] 상기 수식 1에서와 같이, 안테나(N)와 사용자 단말(K)의 수를 증가시키면 막대한 양의 전송 용량의 증가를 기대할 수 있다. 하지만 수식 1의 전송 용량은 다음 두 가지 가정이 필수적이다.

- 15 [95] 가정 1) 기지국은 모든 기지국 안테나와 모든 사용자 단말 간의 채널은 완벽하게 알고 있다. 이때, 채널을 알기 위한 코스트(cost)는 무시한다.

- [96] 가정 2) 기지국은 최대의 전송 용량을 얻을 수 있는 최적의 송수신 방법을 사용한다. 하향링크(DL)에서는 Dirty-paper code (DPC)를 사용하고, 상향링크(UL)에서는 minimum mean-square error successive interference cancellation (MMSE-SIC)를 사용한다.

- [97] 위 두 가지 가정은 안테나 수가 증가할수록 현실과는 맞지 않게 된다. 채널을 완벽하게 알기 위해서는 각 사용자 단말마다 직교 파일럿 시퀀스가 필요하고, 상당히 높은 파워로 파일럿을 송신하여야 한다. 여기서 K 개의 사용자 단말에게 직교하는 파일럿 시퀀스를 할당하기 위한 파일럿 자원은 $O(K)$ 로
25 사용자의 수에 비례하여 증가한다. 따라서, 다수의 안테나를 사용하는 시스템의 전송 용량은 할당된 파일럿 자원에 의하여 제한된다. 또한, 기지국의 안테나 수가 증가하면 증가할수록 DPC나 MMSE-SIC 방식은 계산 복잡도 문제로 인하여 사용할 수 없다. 더욱이, 간단한 선형 필터를 사용하더라도, Maximum ratio transmission/combining (MRT/C)의 경우 $O(NK)$, zero-forcing (ZF)의 경우의 복잡도를 가지므로,
30 기지국이 동시에 사용하는 안테나의 수를 일정 수 이상으로 증가시킬 수 없다.

따라서 시스템의 전송 용량은 주어진 송수신 필터의 계산 복잡도에 의하여 제한된다.

[98] 본 발명은 다수의 안테나와 다수의 사용자 간의 통신을 통하여 막대한 양의 전송 용량을 달성하기 위하여 앞서 제시한 두 가지 가정 중 첫 번째 가정의 문제점을 해결하는데 초점을 맞춘다. 파일럿 자원의 제한을 낮추기 위하여 협력 기지국의 정보, 파일럿 할당 정보, 단말과 기지국의 간의 평균 파워 정보를 활용한 송수신 필터 설계 방식을 제안한다. 제안하는 방식을 이용하면, 협력 기지국의 수가 L 일 때, 종래의 기술 대비 최대 L 의 파일럿 자원만을 사용하여 송수신하거나, 최대 L 배 많은 사용자와 동시에 송수신이 가능하게 한다. 나아가, 각 기지국마다 파일럿 재사용 팩터(pilot reuse factor)를 적응적으로 조절하여서 전체 네트워크의 전송 용량을 증가시킬 수 있다.

[99] 다중 셀 협력 통신 시스템

[100] 도 6은 다중 셀 협력 통신 시스템의 일 예를 보여주는 도면이다.

[101] 다중 셀 협력 통신 시스템을 구성하는 복수의 기지국은 매크로 셀(macro cell), 마이크로 셀(micro cell), 펌토 셀(femto cell) 등과 같은 통상적인 셀을 관할하는 기지국 뿐만 아니라 릴레이 노드(relay node)를 포함할 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 셀 협력 통신 시스템은 통상적인 셀들에 의한 협력 통신, 릴레이 노드들의 협력 통신 및 통상적인 셀들과 릴레이 노드들의 협력 통신 등 다양한 형태의 협력 통신에 적용될 수 있다.

[102] 도 6에 도시된 바와 같이, 다중 셀 협력 통신 시스템(기지국간 협력 통신; Coordinated Multi Point, CoMP)에서 다수의 인접한 기지국(도 6에서는 A부터 E)이 백홀(backhaul)을 통하여 중앙 프로세서에 연결되어 있다. 협력에 참가하는 기지국들은 서로 다른 안테나를 가질 수 있으며, 본 발명에서는 설명의 편의상 기지국당 동일한 M ($M=1,2,\dots$) 개의 안테나를 가지고 있다고 가정한다. 협력에 참가하는 기지국의 수는 백홀 연결 유무에 및 네트워크 환경에 따라 결정될 수 있으며, 여기서는 L ($L=1,2,\dots$) 이라고 한다. 셀에는 통신을 요구하는 K 개의 사용자 단말이 분산되어 있으며, 각 단말은 서로 다른 개수의 안테나를 가질 수 있다. 이하에서 설명의 편의상 모든 단말은 단일 안테나를 가지고 있다고 가정한다. 다중 안테나를 갖는 사용자의 경우, 각 안테나를 서로 다른 단말이라고 생각할 수 있다. L 번째 기지국(Radio Unit; RU) 포트와 K 번째 사용자 단말 간의 하향링크 채널은 다음 수식 2와 같이 나타난다.

[103] 【수식 2】

$$\mathbf{g}_{lk} = \sqrt{\beta_{lk}} \mathbf{h}_{lk}$$

[104] 여기서 β_{lk} 는 L번째 RU 포트 및 K번째 단말간의 평균 신호 파워이고, $\mathbf{h}_{lk}$ 는 분산이 1인 벡터 채널이다. 평균 신호 파워는 포트와 단말 간의 거리에 의한 경로
5 감쇄와 섀도잉(shadowing)에 의하여 결정되므로 긴 시간 동안 변하지 않는다. 하지만 $\mathbf{h}_{lk}$ 는 신호의 상쇄 또는 보강 간섭에 의하여 영향을 받는 부분으로 짧은 시간 동안에는 변하지 않는다.

[105] 협력 통신 시스템은 신호를 처리하는 프로세서의 위치에 따라 나눌 수 있다. 기지국 간의 정보를 백홀(backhaul)을 통하여 전송하고, 각 기지국의 프로세서를
10 이용하여 송수신하는 방법과 기지국의 정보를 백홀을 통하여 중앙 프로세서에 전송하여 중앙 프로세서에서 통합적으로 처리하는 분산 안테나 시스템이 있다. 백홀 망은 무선 채널 대비 큰 전송 용량을 갖는 망 또는 전송 용량에 제한이 있는 망 모두 가능하다. 전자의 경우 기지국 간의 손실 없는 신호 전송이 가능하지만, 후자의 경우 백홀 망에서 전송 손실이 발생할 수 있다.

15 [106] 도 7은 본 발명에 적용하려는 단말 및 기지국의 구성을 나타내는 블록도이다.

[107] 도 7(a) 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 단말(700) 장치를 제어하는 프로세서(710)와 메모리(720)의 구성 블록도이고, 도 7(b)는 본 발명의 일 실시형태에 따른 기지국(750) 장치를 제어하는 프로세서(760)와 메모리(770)의 구성 블록도이다.

20 [108] 도 7(a) 에 도시된 바와 같이, 단말기(700)의 프로세서(710)는 평균 신호 파워 측정부(711), 파일럿 시퀀스 송신부(712) 및 데이터 송수신부(713)로 구성될 수 있다. 평균 신호 파워 측정부(721)는 단말기가 인접 셀 기지국 (자기 셀 포함)으로부터 평균 신호 파워를 누적하여 측정하여 기지국에 피드백 할 수 있다. 기지국은 단말(700)로부터 피드백 받은 평균 신호 파워를 이용하여, 파일럿 자원
25 분배, 파일럿 시퀀스 할당, 송신 필터 설계 및 수신 필터 설계에 사용할 수 있다. 파일럿 시퀀스 송신부(712)는 기지국으로부터 할당 받은 파일럿 자원을 통하여 파일럿 시퀀스 인덱스에 해당하는 파일럿 시퀀스를 송신할 수 있다. 데이터 송수신부(713)는 기지국으로 데이터를 송신하거나 기지국으로부터 전송된 데이터 신호를 수신 할 수 있다.

[109] 도 7(a) 를 참고하면, 단말기의 메모리는 평균 신호 파워 저장부(721) 및 파일럿 시퀀스 저장부(722)로 구성 될 수 있다. 평균 신호 파워 저장부(721)는 단말에서 측정된 평균 신호 파워를 계속하여 누적한 후 저장한다. 저장된 평균 신호 파워는 일정 시간마다 기지국으로 피드백 될 수 있다. 파일럿 시퀀스 저장부(722)는 시스템이 미리 결정한 파일럿 시퀀스를 저장한다. 시스템이 지원하는 모든 가능한 파일럿 자원에 해당하는 파일럿 시퀀스를 저장할 수 있다.

[110] 도 7(b) 를 참고하면, 기지국(750)의 프로세서(760)는 평균 신호 파워 측정부(761), 파일럿 자원 결정부(762), 파일럿 시퀀스 결정부(763), 채널 추정 수행부(764), 송신 필터 결정부(765), 수신 필터 결정부(766) 및 송수신 결정부(767)로 구성 될 수 있다. 평균 신호 파워 측정부(761)는 기지국(750)이 인접하는 셀의 사용자 단말(자기 셀 사용자 포함)로부터 평균 신호 파워를 누적하여 측정한다. 측정된 평균 신호 파워는 파일럿 자원 결정부(762), 파일럿 시퀀스 결정부(763), 채널 추정 수행부(764), 송신 필터 결정부(765) 및 수신 필터 결정부(766)에 사용될 수 있다. 파일럿 자원 결정부(762)는 시스템이 지원하는 자원 중 어떤 자원을 파일럿 자원으로 사용할지 및 어느 정도의 양을 파일럿 자원에 사용할 지 결정한다. 파일럿 시퀀스 결정부(763)는 결정된 파일럿 자원에 해당하는 파일럿 시퀀스를 사용자 단말들에서 할당하는 역할을 수행한다. 예를 들어, 사용자 단말의 수가 주어진 파일럿 시퀀스의 수보다 많으면 파일럿 시퀀스를 중복하여 사용자 단말에게 할당할 수 있다. 채널 추정 수행부(764)는 단말이 할당 받은 파일럿 자원을 통하여 상향 링크로 송신한 파일럿 시퀀스를 모아서 사용자 단말들의 채널을 추정하는 역할을 수행한다. 예를 들어, 채널 정보를 추정하기 위하여 Least-square (LS) 채널 추정 방법, minimum mean-square error (MMSE) 채널 추정 방법, maximum likelihood (ML) 채널 추정 방법 등을 수행할 수 있다. 송신 필터 결정부(765)는 기지국에서 협력 단말들에게 데이터를 전송하는 하향링크에 사용하는 송신 필터(또는 프리코더)를 설계하는 역할을 수행한다. 예를 들어, 단말의 평균 신호 파워 정보, 파일럿 할당 정보 및 채널 추정 정보를 이용하여 전송 속도 및 품질을 최대화하는 송신 필터를 설계한다. 수신 필터 결정부(766)는 협력 단말들이 기지국(750)으로 데이터를 전송하는 상향링크에 사용하는 수신 필터(또는 포스트코더)를 설계하는 역할을 수행한다. 예를 들어, 단말의 평균 신호 파워 정보, 파일럿 할당 정보 및 채널 추정 정보를 이용하여 전송 속도 및 품질을 최대화하는 수신 필터를 설계한다. 송수신 결정부(767)는

송수신 필터를 기반으로 송신 및 수신할 단말들을 결정하는 역할을 한다. 예를 들어, 모든 단말을 선택하는 방법, 단일 단말을 선택하는 방법 및 여러 단말을 선택하는 방법 등을 수행할 수 있다.

[111] 도 7(b)를 참고하여, 기지국(750)의 메모리(770)는 평균 신호 파워 저장부(771), 파일럿 할당 저장부(772), 파일럿 시퀀스 저장부(773) 및 채널 추정 저장부(774)로 구성될 수 있다. 평균 신호 파워 저장부(771)는 단말과 기지국 간의 평균 신호 파워를 저장한다. 예를 들어 기지국(750)에서 측정된 평균 신호 파워를 누적하여 저장할 수 있고, 단말에서 기지국(750)으로 피드백된 평균 신호 파워를 저장할 수 있다. 파일럿 할당 저장부(772)는 기지국에서 할당한 파일럿 정보를 저장할 수 있다. 파일럿 시퀀스 저장부(773)는 시스템이 미리 결정한 파일럿 시퀀스를 저장할 수 있다. 채널 추정 저장부(774)는 채널 추정 수행 과정에서 얻은 채널 추정 정보를 저장하는 역할을 할 수 있다.

[112] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 셀간 협력 통신을 위한 단말기와 기지국의 프로세스의 기능 블록의 흐름도이다.

[113] 도 8에 도시된 바와 같이, 단말기의 평균 신호 파워 측정부는 인접 기지국의 신호 파워를 측정하여(S800) 기지국으로 피드백할 수 있고(S805), 기지국의 평균 신호 파워 측정부는 인접 단말들의 신호 파워를 측정하여 메모리에 저장할 수 있다. 단말은 주기적으로 평균 신호 파워를 피드백할 수 있으며, 또는 기지국의 요청에 의하여 피드백할 수 있다. 인접한 기지국은 단말로부터 피드백받은 평균 신호 파워 또는 기지국에서 측정한 평균 신호 파워를 백홀을 통해 서로 주고 교환할 수 있다. 각 기지국에서 백홀을 통하여 수신한 평균 신호 파워는 기지국의 메모리 중 평균 파워 저장부에 저장된다. 기지국은 백홀을 통하여 수신한 평균 신호 파워 정보를 이용하여 각 셀에서 사용할 파일럿 자원을 결정할 수 있고(S810), 그 정보를 단말에게 피드백할 수 있다(S820). 파일럿 자원이 결정된 후, 기지국은 단말이 사용할 파일럿 시퀀스를 할당(결정)할 수 있고(S815), 할당한 파일럿 시퀀스를 단말에게 피드백할 수 있다(S825). 기지국은 각 단말에게 할당된 파일럿 시퀀스에 대한 정보를 기지국의 메모리 중 파일럿 시퀀스 저장부에 저장할 수 있고, 단말은 기지국으로부터 피드백받은 파일럿 자원 정보와 파일럿 시퀀스 정보를 단말의 메모리 중 파일럿 시퀀스 저장부에 저장할 수 있다(S830). 단말의 파일럿 시퀀스 송신부는 단말의 메모리 중 파일럿 시퀀스 저장부에 저장된 정보를 이용하여 상향링크로 파일럿 시퀀스를 보낼 수 있다(S835). 기지국에서는 파일럿

자원을 이용하여 단말들로부터 송신된 파일럿 시퀀스를 수신하고 단말과 기지국 간의 무선 채널을 추정하는데 사용할 수 있다. 기지국에서 추정된 무선 채널 정보는 기지국의 메모리 중 채널 추정 저장부에 저장될 수 있으며, 그 정보는 데이터 송신 및 수신을 위한 송신 및 수신 필터를 설계하는 데 사용할 수 있다.

- 5 기지국은 하향링크 전송 경우, 송신 필터 결정부를 통하여 송신 필터를 만들고 (S840), 상향링크 통신의 경우 수신 필터를 만든다(S845). 이 때, 기지국의 메모리 중 평균 신호 저장부, 파일럿 시퀀스 저장부, 파일럿 할당 저장부, 채널 추정 저장부를 이용할 수 있다. 송수신 결정부는 추정된 채널 정보와 평균 신호 파워 및 송수신 필터를 이용하여 협력 전송할 단말들을 결정할 수 있으며, 기지국은 협력
- 10 전송할 단말들에게 송수신 결정 정보를 피드백하여 알려 줄 수 있다(S850).

[114] 도 9는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 셀간 협력 통신을 위한 단말기와 기지국의 프로세스의 기능 블록의 흐름도이다.

- [115] 도 9에 도시된 바와 같이, 기지국 메모리 저장부에 저장된 단말의 평균 신호 파워 정보를 통하여 각 셀들에서 사용할 파일럿 자원을 결정 할 수 있고(S900), 그
- 15 정보를 단말에게 피드백 할 수 있다(S910). 파일럿 자원이 결정된 후, 기지국은 단말이 사용할 파일럿 시퀀스를 할당할 수 있고(S905), 할당한 파일럿 시퀀스를 단말에게 피드백 할 수 있다(S915). 기지국은 각 단말에게 할당된 파일럿 시퀀스에 대한 정보를 기지국의 메모리 중 파일럿 시퀀스 저장부에 저장할 수 있고, 단말은
- 20 메모리 중 파일럿 시퀀스 저장부에 저장할 수 있다. 단말의 파일럿 시퀀스 송신부는 단말의 메모리 중 파일럿 시퀀스 저장부에 저장된 정보를 이용하여 상향링크로 파일럿 시퀀스를 보낼 수 있다(S920). 기지국에서는 파일럿 자원을 통하여 수신한 신호의 평균 파워를 측정하여(S930) 평균 신호 파워 저장부에 저장할 수 있다. 저장된 정보는 다음 파일럿 자원을 결정하는데 사용 할 수 있다.
- 25 기지국에서는 파일럿 자원을 통하여 단말들로부터 송신된 파일럿 시퀀스를 수신하고 단말과 기지국 간의 무선 채널을 추정하는데 사용할 수 있다(S925). 기지국에서 추정된 무선 채널 정보는 기지국의 메모리 중 채널 추정 저장부에 저장될 수 있으며, 그 정보는 데이터 송신 및 수신을 위한 송신 및 수신 필터를 설계하는 데 사용할 수 있다. 기지국은 하향링크 전송 경우 송신 필터 결정부를
- 30 통하여 송신 필터를 만들고(S935), 상향링크 통신의 경우 수신 필터를 만든다(S940). 이 때, 기지국의 메모리 중 평균 신호 저장부, 파일럿 시퀀스

저장부, 파일럿 할당 저장부 및 채널 추정 저장부를 이용할 수 있다. 송수신 결정부는 추정된 채널 정보와 평균 신호 파워 및 송수신 필터를 이용하여 협력 전송할 단말들을 결정할 수 있으며(S945), 기지국은 협력 전송할 단말들에게 송수신 결정 정보를 피드백하여 알려 줄 수 있다(S950).

5 [116] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 셀간 협력 통신을 위한 기지국의 프로세서 간의 흐름도이다.

[117] 도 10에 도시된 바와 같이, 기지국 1 및 기지국 2의 평균 신호 파워 측정부는 평균 신호 파워를 측정하여(S1000 및 S1005) 서로 교환할 수 있다(S1010). 기지국 1 및 기지국 2는 교환한 평균 신호 파워를 기초하여 파일럿 자원을 결정하고(S1015 및 S1025) 결정한 파일럿 자원 정보를 교환할 수 있다(S1035). 기지국 1 및 기지국 2는 교환된 파일럿 자원 정보에 기초하여 사용자 단말의 파일럿 시퀀스를 결정할 수 있으며(S1020 및 S1030), 결정한 파일럿 시퀀스 정보를 교환 할 수 있다(S1040). 기지국의 프로세서 중 송신 필터 결정부, 수신 필터 결정부 및 송수신 결정부는 도 8과 동일한 역할을 수행할 수 있다.

15 [118] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따라 협력 통신을 수행하는 기지국의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

[119] 도 11에 도시된 바와 같이, 단말은 인접한 기지국의 평균 신호 파워를 측정하여 기지국에게 피드백 할 수 있다(S1110). 단말은 기지국에서 결정된 파일럿 자원 및 파일럿 시퀀스 정보를 수신할 수 있다(S1120). 단말은 해당 파일럿 자원을 통하여 할당된 파일럿 시퀀스를 송신할 수 있다(S1130). 단말은 기지국으로부터 송수신 결정 정보를 수신할 수 있다. 수신한 송수신 정보에 포함되어 있으면(S1140) 단말은 데이터 송수신을 수행하고(S1150), 그렇지 않으면 데이터 송수신을 수행하지 않는다(S1170).

25 [120] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따라 협력 통신을 수행하는 기지국의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

[121] 도 12에 도시된 바와 같이, 기지국은 인접 단말들의 평균 신호 파워를 측정하거나 또는 단말로부터 평균 신호 파워를 수신할 수 있다(S1210). 기지국은 사용할 파일럿 자원을 평균 신호 파워를 이용하여 결정할 수 있다(S1220). 기지국은 단말들이 사용할 파일럿 시퀀스를 결정하고 이 정보를 단말들에게 피드백 할 수 있다(S1230). 기지국은 단말이 송신한 파일럿 시퀀스를 수신하여 단말과 기지국 간의 채널은 추정할 수 있다(S1240). 기지국은 단말들과의 송수신을 위한

송수신 필터를 결정할 수 있다(S1250). 기지국은 단말들 중 협력하여 송수신할 단말을 결정할 수 있으며, 그 정보를 단말들에게 피드백할 수 있다(S1260). 기지국은 데이터 송수신을 결정할 수 있다(S1270).

[122] 기지국의 프로세서 중 파일럿 자원 결정부에서는 주어진 자원 블록 (resource block) 중 파일럿 자원으로 사용할 자원 블록의 양 및 위치를 결정하는 역할을 수행할 수 있다. 구체적으로, 시스템은 시간, 주파수 및 코드 자원 블록을 가질 수 있으며, 전체 자원 블록 N_{tot} 중 일부를 파일럿 자원으로 할당할 수 있다. 파일럿 자원의 할당 양은 기지국이 서빙(serving)해야 하는 단말의 수, 기지국과 단말의 안테나 수, 기지국과 단말의 평균 신호 파워 등 다양한 정보를 참고하여 결정할 수 있다. l 번째 기지국이 자원 블록 중 파일럿 자원에 사용하는 자원 블록들의 집합 $\mathcal{P}_l = \{p_{l1}, p_{l2}, \dots\}$ 은 기지국의 메모리 중 파일럿 자원 저장부에 저장될 수 있다.

[123] 파일럿 자원 할당

[124] 도 13은 본 발명에 적용되는 파일럿 자원의 다양한 형태를 보여주는 도면이다.

[125] 도 13(a)에 도시된 바와 같이, 협력에 참가하는 다중 기지국들은 동일한 파일럿 자원을 사용할 수 있다. 하나의 실시 예로 협력에 참가하는 세 기지국 1, 2, 3은 세 자원 블록 (resource block) 1, 2, 3을 파일럿 자원으로 사용할 수 있다. 기지국의 메모리 중 파일럿 자원 저장부는 $\mathcal{P}_1 = \{1, 2, 3\}$, $\mathcal{P}_2 = \{1, 2, 3\}$, $\mathcal{P}_3 = \{1, 2, 3\}$ 를 저장할 수 있다.

[126] 도 13(b)에 도시된 바와 같이, 협력에 참가하는 다중 기지국들은 서로 직교하는 파일럿 자원을 사용할 수 있다. 하나의 실시 예로, 협력에 참가하는 기지국 1은 세 자원 블록 1, 2, 3을 파일럿 자원에 사용하고, 기지국 2는 세 자원 블록 4, 5, 6을 파일럿 자원에 사용하고, 기지국 3은 세 자원 블록 7, 8, 9를 사용할 수 있다. 기지국의 메모리 중 파일럿 자원 저장부는 $\mathcal{P}_1 = \{1, 2, 3\}$, $\mathcal{P}_2 = \{4, 5, 6\}$, $\mathcal{P}_3 = \{7, 8, 9\}$ 를 저장할 수 있다.

[127] 도 13(c)에 도시된 바와 같이, 협력에 참가하는 다중 기지국들은 일부의 자원 블록이 겹치도록 파일럿 자원을 사용할 수 있다. 하나의 실시 예로 협력에 참가하는 기지국 1은 세 자원 블록 1, 2, 3을 파일럿 자원에 사용하고, 기지국 2는 세 자원 블록 3, 4, 5를 파일럿 자원에 사용하고, 기지국 3은 세 자원 블록 5, 6,

7을 사용할 수 있다. 기지국의 메모리 중 파일럿 자원 저장부는 $\mathcal{P}_1 = \{1, 2, 3\}$, $\mathcal{P}_2 = \{3, 4, 5\}$, $\mathcal{P}_3 = \{5, 6, 7\}$ 를 저장 할 수 있다.

[128] 도 13(d)에 도시된 바와 같이, 각 기지국은 서로 다른 크기의 자원을 파일럿 자원으로 사용할 수 있다. 하나의 실시 예로 기지국 1은 세(3) 자원 블록 1, 2, 3을 파일럿 자원에 사용하고, 기지국 2는 다섯(5) 자원 블록 1, 2, 3, 4, 5를 파일럿 자원에 사용하고, 기지국 3는 네(4) 자원 블록 1, 2, 3, 4를 파일럿 자원에 사용할 수 있다. 기지국의 메모리 중 파일럿 자원 저장부는 $\mathcal{P}_1 = \{1, 2, 3\}$, $\mathcal{P}_2 = \{1, 2, 3, 4, 5\}$, $\mathcal{P}_3 = \{1, 2, 3, 4\}$ 를 저장 할 수 있다.

[129] 기지국의 프로세서 중 파일럿 시퀀스 결정부는 주어진 파일럿 자원에 맞는 파일럿 시퀀스를 단말에게 할당하는 역할을 수행할 수 있다. 이때, 기지국과 단말은 파일럿 자원에 맞는 파일럿 시퀀스들은 미리 공유할 수 있다. 파일럿 시퀀스는 서로 직교할 수 있고, 유사 임의 (Pseudo-random) 시퀀스 등 다양할 수 있다. 기지국의 메모리 중 파일럿 할당 저장부는 각 단말에게 할당된 파일럿 시퀀스를 저장 할 수 있고, 이 정보를 단말에게 피드백할 수 있다. 단말은 기지국이 피드백한 파일럿 시퀀스 정보를 수신하여 단말의 메모리 중 파일럿 시퀀스 저장부에 저장할 수 있다.

[130] 파일럿 자원을 할당받은 단말에 관한 직교 파일럿 시퀀스와 파일럿 재사용 팩터(pilot reuse factor)에 대하여 먼저 설명한다. P개의 자원 블록을 파일럿 자원으로 할당하면 사용할 수 있는 파일럿 시퀀스의 길이는 P이고, 직교 파일럿을 사용할 때, 최대 P개의 직교 파일럿 시퀀스를 만들 수 있다. 직교 파일럿 시퀀스 집합은 $\Phi^P = \{\phi^P, \dots, \phi^P\}$ 라 하자. 여기서 $\phi_i^P \in \mathbb{C}^P$ 는 길이가 P인 직교 파일럿 시퀀스로 다음 수식 3과 같은 특성을 갖는다.

[131] 【수식 3】

$$(\phi^P)^H \phi_j^P = \begin{cases} P, & \text{if } i = j \\ 0, & \text{if } i \neq j \end{cases}$$

[132] 파일럿 재사용 팩터 (pilot reuse factor)는 주어진 직교 파일럿 자원의 수 대비 파일럿 자원을 할당받은 사용자 단말의 수로 정의되며, 하기의 수식 4와 같다.

[133] 【수식 4】

$$f_P = \frac{K}{P}$$

[134] 여기서 K 는 파일럿 자원을 할당받은 단말의 수이다. 파일럿 재사용 팩터의 정의는 기존의 셀룰러 시스템의 주파수 재사용 팩터 (frequency reuse factor)의 정의와 유사하다.

[135] 도 14는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 파일럿 자원을 나타내는
5 도면이다.

[136] 도 14에 도시된 바와 같이, 기지국의 프로세서 중 파일럿 시퀀스 결정부는 각각의 단말들에게 주어진 파일럿 자원에 해당하는 파일럿 자원을 할당할 수 있다. 파일럿 재사용 팩터에 따라 미과적(Under-loaded) 상태 ($f_p \leq 1$) 및 과적(Over-loaded) 상태 ($f_p > 1$) 두 가지 상태로 분류할 수 있다. 여기서 Under-loaded
10 상태는 K 개의 사용자 단말이 직교 파일럿 자원을 할당받을 수 있는 경우이다. 이 상태는 단말들의 채널 독립적으로 추정할 수 있으므로, 높은 품질의 추정 채널을 얻을 수 있다. 하지만, 채널을 추정할 수 있는 단말 수는 P 보다 적으므로 협력 통신에 참가 할 수 있는 단말의 수가 감소하여서 성능이 저하될 수 있다. Over-loaded 상태는 K 단말들 중 적어도 하나 이상이 파일럿 시퀀스를 재사용하는
15 경우이다. 이 상태는 적은 양을 파일럿 자원으로 다수의 단말들의 채널을 추정할 수 있지만, 상당히 높은 추정 오차를 동반한다.

[137] 도 14(a)에 도시된 바와 같이, 기지국은 자원 블록 1, 2, 3, 4를 통하여 보낼 수 있는 직교 파일럿 시퀀스 $\phi_1^4, \phi_2^4, \phi_3^4, \phi_4^4$ 중 단말 1에게 ϕ_1^4 를 할당하고 단말
20 2에 ϕ_2^4 를 할당할 수 있다. 이때, 파일럿 재사용 팩터는 $1/2$ (2 단말/4 직교 파일럿 시퀀스이므로)로서 Under-loaded 상황이다.

[138] 도 14(b)에 도시된 바와 같이, 기지국은 자원 블록 1, 2, 3, 4를 통하여 보낼 수 있는 직교 파일럿 시퀀스 $\phi_1^4, \phi_2^4, \phi_3^4, \phi_4^4$ 중 단말 1에게 ϕ_1^4 를 할당하고 단말
2에 ϕ_2^4 를 할당하고 단말 3에 ϕ_3^4 를 할당할 수 있다. 이때, 파일럿 재사용 팩터는 $3/4$ 로서 Under-loaded 상황이다.

[139] 도 14(c)에 도시된 바와 같이, 기지국은 자원 블록 1, 2를 통하여 보낼 수 있는 직교 파일럿 시퀀스 ϕ_1^2, ϕ_2^2 중 단말 1에게 ϕ_1^2 를 할당하고 단말 2에 ϕ_2^2 를
할당하고 단말 3에 ϕ_1^2 를 할당할 수 있다. 여기서 단말 1에게 할당한 파일럿 시퀀스를 단말 3에게 다시 할당하여 동일한 파일럿 시퀀스를 공유할 수 있다. 이때,

파일럿 재사용 팩터는 3/2로서 Over-loaded 상황이다. 따라서, Over-loaded 상황에서는 동일한 파일럿 시퀀스를 둘 이상의 단말에서 사용하므로, 기지국 입장에서는 파일럿 시퀀스가 특정 단말에 대하여 간접 신호로 작용될 수 있다.

[140] 기지국의 메모리 중 파일럿 시퀀스 저장부는 기지국의 프로세서 중 파일럿 시퀀스 결정부에서 결정된 파일럿 시퀀스를 저장할 수 있다. 추가적으로, Over-loaded 상황일 때, 각 단말마다 자신에게 할당된 파일럿 시퀀스와 동일한 파일럿 시퀀스를 사용하는 단말들의 정보를 저장할 수 있다.

[141] 도 14(c)에 도시된 바와 같이, 단말 1 및 단말 3이 동일한 파일럿 시퀀스 ϕ_1^2 를 사용하고 단말 2는 ϕ_2^2 를 사용하므로, $\mathcal{I}_1 = \{1,3\}$, $\mathcal{I}_2 = \{2\}$, $\mathcal{I}_3 = \{1,3\}$ 을 저장할 수 있다. 이 정보는 채널 추정 수행부, 송신 필터 결정부, 수신 필터 결정부에서 사용될 수 있다.

[142] 기지국의 채널 추정

[143] 기지국은 앞선 파일럿 자원의 결정 및 파일럿 시퀀스 결정 과정을 거쳐서, 단말로부터 파일럿 시퀀스를 수신할 수 있으며, 수신한 파일럿 시퀀스를 이용하여 단말과 기지국 간의 채널을 추정할 수 있다.

[144] 시분할을 이용하는 무선 통신 시스템에서 coherent 송수신을 위한 채널 추정 과정은 아래와 같습니다. 기지국과 사용자는 다양한 길이의 직교 시퀀스를 가지고 있다. 예를 들어, 길이가 4인 직교 시퀀스는 4개는 다음과 같이 표현된다.

[145] $\phi^4 = [1\ 0\ 0\ 0]^T, \phi^4 = [0\ 1\ 0\ 0]^T, \phi^4 = [0\ 0\ 1\ 0]^T, \phi^4 = [0\ 0\ 0\ 1]^T$

[146] 여기서 $(\cdot)^T$ 는 transpose이다.

[147] 먼저, 기지국은 파일럿 자원 및 시퀀스를 할당한다. 기지국은 사용자 단말에게 사용할 직교 시퀀스의 길이와 인덱스(index)를 알려준다. k 번째 사용자에게 할당된 직교 시퀀스의 index는 $M(k)$ 으로 나타낸다. 예를 들어, k 번째 사용자에게 길이가 4이고 index가 3인 직교 시퀀스를 사용하라고 알려준다면 $M(k)=3$ 이다.

[148] 기지국은 상향링크 참조 신호를 전송한다. 사용자 단말은 할당받은 직교 시퀀스를 이용하여 상향링크로 참조 신호를 전송할 수 있다. n 번째 time-slot에 해당하는 k 번째 사용자의 참조 신호는 다음과 같다.

[149] $s_k^{(p)}[n] = \phi_{M(k)}^H[n], n = 1, \dots, P$

[150] 여기서 P 는 할당 받은 파일럿 길이이고, $M(k)$ 는 k 번째 사용자의 직교 시퀀스 index이다.

[151] 기지국의 프로세서 중 채널 추정 수행부는 채널 추정을 위하여 다음의 과정을 수행할 수 있다. 파일럿 시퀀스를 할당 받은 K 개의 단말은 주어진 파일럿
5 자원을 사용하여 파일럿 시퀀스를 상향링크로 송신한다. 각 기지국은 사용자들의 참조 신호의 중첩(superposition)된 신호를 수신한다. L 번째 기지국에서 수신한 참조 신호를 P 타임 슬롯(time-slot) 동안 모으면 다음과 같다. 상향링크에서 L 번째 기지국에서 수신된 신호는 하기의 수식 5와 같이 나타난다.

[152] 【수식 5】

$$\mathbf{Y}_l^{(p)} = \sum_{k=1}^K \sqrt{\beta_{lk}} \mathbf{h}_{lk} \phi_{M(k)}^H + \mathbf{V}_l^{(p)}$$

[153] 여기서 $\mathbf{V}_l^{(p)}$ 는 잡음 성분이고, $M(k)$ 는 k 번째 단말이 할당받은 파일럿의 인덱스, β_{lk} 는 k 번째 단말과 l 번째 RU간의 평균 채널 파워로 large-scale 페이딩을 나타내고, $\mathbf{h}_{lk}$ 는 small-scale 페이딩을 나타낸다. k 번째 단말의 채널을 추정하기 위하여 k 번째 단말에 할당된

파일럿 시퀀스 $\frac{1}{P\sqrt{\beta_{lk}}} \phi_{M(k)}^p$ 를 곱한다. 즉, 추정된 채널은 다음 수식 6과 같다.

[154] 【수식 6】

$$\hat{\mathbf{h}}_{lk} = \frac{1}{P\sqrt{\beta_{lk}}} \mathbf{Y}_l^{(p)} \phi_{M(k)} = \mathbf{h}_{lk} + \sum_{j \in \mathcal{I}_k \setminus \{k\}} \sqrt{\frac{\beta_{lj}}{\beta_{lk}}} \mathbf{h}_{lj} + \tilde{\mathbf{v}}_l^{(p)}$$

[155] 여기서 $\tilde{\mathbf{v}}_l^{(p)} = \frac{1}{P\sqrt{\beta_{lk}}} \mathbf{V}_l^{(p)} \phi_{M(k)}$ 는 잡음 성분이고, $\mathcal{I}_k$ 는 k 번째 유저와 동일한 파일럿 시퀀스를 할당 받은 유저의 인덱스 집합으로 다음과 같다. $\mathbf{h}_{lk}$ 는 기지국이

목적하는 채널이다. 참고로 under-loaded 상황($f_p \leq 1$) 이면, $\mathcal{I}_k = \{k\}$ 이다.

[156] 기지국의 프로세서 중 송신 필터 설계부 및 수신 필터 설계부는 앞서 얻은 추정된 채널을 가지고 설계할 수 있다. 송신 필터 $\mathbf{W}$ 는 하향링크 통신을 위하여 사용하고 수신 필터 $\mathbf{F}$ 는 상향링크 통신을 위하여 사용한다. 하향링크 통신일 때, k 번째 단말이 수신한 신호는 하기의 수식 7과 같다.

[157] 【수식 7】

$$y_k^{(DL)} = \mathbf{g}_k^H \mathbf{W} \mathbf{s}^{(DL)} + n_k^{(DL)}$$

[158] 여기서 $\mathbf{g}_k = [\mathbf{g}_{1k}^H, \mathbf{g}_{2k}^H, \dots, \mathbf{g}_{Lk}^H]^H$ 는 채널 벡터이고, $n_k^{(DL)}$ 는 하향링크 잡음 성분, $\mathbf{s}^{(DL)}$ 는 하향링크 송신 심볼 벡터이다. 따라서 k번째 단말의 signal-to interference noise ratio (SINR)은 하기의 수식 8과 같다.

[159] 【수식 8】

$$SINR_k^{(DL)} = \frac{|\mathbf{g}_k^H \mathbf{w}_k|^2}{\sum_{j \neq k} |\mathbf{g}_k^H \mathbf{w}_j|^2 + \sigma_n^2}$$

5

[160] 상향링크 통신을 할 때, 수신한 신호가 수신필터 $\mathbf{f}_k$ 를 통과한 신호는 하기의 수식 9와 같다.

[161] 【수식 9】

$$x_k^{(UL)} = \mathbf{f}_k^H (\mathbf{G}\mathbf{s}^{(UL)} + \mathbf{n}^{(UL)})$$

10 [162] 여기서 $\mathbf{G} = [\mathbf{g}_1, \mathbf{g}_2, \dots, \mathbf{g}_K]$ 는 채널 매트릭스이고, $\mathbf{n}^{(UL)}$ 는 상향링크 잡음 벡터, $\mathbf{s}^{(UL)}$ 는 상향링크 송신 심볼 벡터이다. k번째 단말의 SINR은 하기의 수식 10과 같다.

[163] 【수식 10】

$$SINR_k^{(UL)} = \frac{|\mathbf{f}_k^H \mathbf{g}_k|^2}{\sum_{j \neq k} |\mathbf{f}_k^H \mathbf{g}_j|^2 + \sigma_n^2 \|\mathbf{f}_k\|^2}$$

15 [164] 본 발명에서 제안한 송수신 필터는 다른 단말들로부터 발생하는 간섭을 제거하는 것을 목적으로 한다. 하향링크에서 간섭을 제거하기 위한 조건은 하기의 수식 11과 같다.

[165] 【수식 11】

$$|\mathbf{g}_k^H \mathbf{w}_j|^2 = \begin{cases} 1 & \text{if } j = k \\ 0 & \text{if } j \neq k \end{cases}$$

[166] 상향링크에서 간섭을 제거하기 위한 조건은 하기의 수식 12와 같다.

20 [167] 【수식 12】

$$|\mathbf{f}_k^H \mathbf{g}_j|^2 = \begin{cases} 1 & \text{if } j = k \\ 0 & \text{if } j \neq k \end{cases}$$

[168] 기지국에서 단말들의 채널 정보를 완벽하게 알고 있을 때, 위의 조건을 만족하는 송수신 필터에 대하여 당업자라면 쉽게 이해할 수 있다. 그러나 현실적으로 기지국에서 채널 정보를 완벽하게 알지 못하므로, 간섭을 완벽하게

제거하는 것은 불가능하다. 본 발명에서 제안하는 방식은 기지국의 안테나가 증가함에 따라 점근적으로 조건을 만족하도록 설계하는 것이다. 구체적으로, 하향링크의 간섭이 점근적으로 제거될 조건은 하기의 수식 13과 같다.

[169] 【수식 13】

$$\left| \mathbf{g}_k^H \mathbf{w}_j \right|^2 = \begin{cases} 1 & \text{if } j = k \\ 0 & \text{if } j \neq k \end{cases} \quad \text{as } M \rightarrow \infty$$

5

[170] 더불어, 상향링크의 간섭이 점근적으로 제거될 조건은 하기의 수식 14와 같다.

[171] 【수식 14】

$$\left| \mathbf{f}_k^H \mathbf{g}_j \right|^2 = \begin{cases} 1 & \text{if } j = k \\ 0 & \text{if } j \neq k \end{cases} \quad \text{as } M \rightarrow \infty$$

10 [172] 수신 필터 설계

[173] 도 15는 본 발명에서 적용하려는 수신 필터 구조의 일 실시 예를 나타내는 도면이다.

[174] 도 15에 도시된 바와 같이, 제안한 수신 필터의 구조는 두 부분으로 나눌 수 있다. 첫 번째 부분은 각 RU 포트에서 수신 신호에 maximum ratio combining (MRC)

15 필터 $\mathbf{c}_{lk}$ 를 사용한다. 두 번째 부분은 MRC를 통과하고 나온 결과에 post-processing 필터 $\mathbf{t}_k$ 를 통과 시키는 것이다. L번째 RU에서 K번째 단말의 신호를 검출하기 위한 MRC필터는 하기의 수식 15와 같다.

[175] 【수식 15】

$$\mathbf{c}_{lk} = \hat{\mathbf{g}}_{lk}$$

20 [176] 그리고 총 수신 필터는 하기의 수식 16과 같다.

[177] 【수식 16】

$$\mathbf{f}_{lk} = \mathbf{t}_k \hat{\mathbf{g}}_{lk}$$

[178] 이 경우 총 수신 필터로 상향링크 간섭이 점근적으로 제거될 조건은 하기의 수식 17과 같다.

25 [179] 【수식 17】

$$\left| \mathbf{t}_k \sum_{l=1}^L \hat{\mathbf{g}}_{lk}^H \mathbf{g}_{lk} \right|^2 \rightarrow 1, \quad \sum_{j=1, j \neq k}^{\bar{K}} \left| \mathbf{t}_k \sum_{l=1}^L \hat{\mathbf{g}}_{lk}^H \mathbf{g}_{lj} \right|^2 \rightarrow 0 \quad \text{as } M \rightarrow \infty$$

[180] 일반성을 잃지 않고 $\mathcal{I}_k = \{1, \dots, S\}$ 라고 가정하면, post-processing 필터 $\mathbf{t}_1, \mathbf{t}_2, \dots, \mathbf{t}_S$ 는 하기의 수식 18의 방법으로 얻는다.

[181] 【수식 18】

$$[\mathbf{t}_1, \mathbf{t}_2, \dots, \mathbf{t}_S] = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \cdots & \beta_{1S} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & & \beta_{2S} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \beta_{L1} & \beta_{L2} & \cdots & \beta_{LS} \end{bmatrix}^\dagger$$

5 [182] 여기서 $\mathbf{A}^\dagger$ 는 매트릭스 $\mathbf{A}$ 의 유사 역행렬로 $\mathbf{A}^\dagger = \mathbf{A}(\mathbf{A}^H \mathbf{A})^{-1}$ 이다.

[183] 송신 필터 설계

[184] 도 16은 본 발명에서 적용하려는 송신 필터 구조의 일 실시 예를 나타내는 도면이다.

[185] 도 16에 도시된 바와 같이, 제안한 수신 필터의 구조는 두 부분으로

10 나뉘는데, 첫 번째 부분은 pre-processing 매트릭스 필터 $\mathbf{U} = [\mathbf{u}_1, \dots, \mathbf{u}_K]$ 를 사용하고, 두 번째 부분은 pre-processing 필터를 통과한 신호에 maximum ratio transmission (MRT) 필터 $\mathbf{b}_{lk}$ 를 통과 시키는 것이다. L번째 RU에서 K번째 단말을 위한 MRT 필터는 하기의 수식 19와 같다.

[186] 【수식 19】

15
$$\mathbf{b}_{lk} = \mathbf{g}_{lk}$$

[187] 그리고 총 송신 필터는 하기의 수식 20과 같다.

[188] 【수식 20】

$$\mathbf{w}_{lk} = u_k \hat{\mathbf{g}}_{lk}$$

[189] 이 경우 하향링크 간섭이 점근적으로 제거될 조건은 하기의 수식 21과 같다.

20 [190] 【수식 21】

$$\left| u_k \sum_{l=1}^L \mathbf{g}_{lk}^H \hat{\mathbf{g}}_{lk} \right|^2 \rightarrow 1, \quad \sum_{j=1, j \neq k}^K \left| u_k \sum_{l=1}^L \mathbf{g}_{lj}^H \hat{\mathbf{g}}_{lk} \right|^2 \rightarrow 0 \quad \text{as } M \rightarrow \infty$$

[191] 일반성을 잃지 않고 $\mathcal{I}_k = \{1, \dots, S\}$ 라고 가정하면, pre-processing 필터 $\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_S$ 는 다음 수식 22의 방법으로 얻는다.

[192] 【수식 22】

$$[\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_S] = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \cdots & \beta_{1S} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & & \beta_{2S} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \beta_{L1} & \beta_{L2} & \cdots & \beta_{LS} \end{bmatrix}^T$$

[193] 도 15 및 도 16에서 MRC/MRT와 포스트/프리 필터를 이용한 송수신 필터 설계 방법에 대한 실시 예를 살펴보았다. 종래의 송수신 필터 설계 방식과 비교하여, 추가적인 부분은 파일럿 재사용으로 인한 간섭을 제거하기 위하여 포스트/프리
5 필터가 더해졌다. 이러한 포스트/프리 필터의 형태는 $L \times S$ 행렬의 역행렬로 나타난다. 따라서 포스트 필터 $\mathbf{t}_k$, 프리 필터 $\mathbf{u}_k$ 를 생성하기 위한 추가적인 계산 복잡도는 $O(LS)$ 이다. 참고로, S 는 파일럿 재사용 팩터 f_p 에 의하여 결정되고 $S \leq \lceil f_p \rceil$ 를 만족한다. 결과적으로 추가적인 계산 복잡도는 $O(L \lceil f_p \rceil)$ 보다 작다.

[194] 도 17은 본 발명에 따른 파일럿 재사용 팩터(f_p)를 적응적으로 변화시켜,
10 기지국 전체의 전송 속도를 증가하기 위한 동작의 흐름도이다.

[195] 기지국은 새로운 단말이 셀 영역에 발생하거나 기존의 단말 셀 영역에서 사라지는 경우, 새로운 사용자 association을 생성한다. 이러한 단말 정보의 변화로 인하여 사용 중인 파일럿 재사용 팩터가 비효율적일 수 있다. 이를
15 적응적으로 변화시키기 위하여 기지국은 상향링크의 경우 수식 10, 하향링크의 경우 수식 12를 사용하여 모든 단말의 SINR을 계산한다. 그 후, 기지국은 상/하향링크의 네트워크 전송량(Network throughput)을 다음의 수식 23을 통하여 계산한다.

[196] 【수식 23】

$$C^{(UL)} = (N_{\text{tot}} - P) \sum_{k=1}^K \log(1 + \text{SINR}_k^{(UL)})$$

[197] 【수식 24】

$$C^{(DL)} = (N_{\text{tot}} - P) \sum_{k=1}^K \log(1 + \text{SINR}_k^{(DL)})$$

[198] 여기서 N_{tot} 는 전체 직교 자원 블록의 수이다. 끝으로, 기지국은 상/하향링크의 네트워크 전송량을 최대화하는 선택할 단말의 수 K , 파일럿 자원의
수 P , 및 파일럿 재사용 팩터 f_p 를 결정한다.

【산업상 이용가능성】

[199] 상술한 설명에서는 본 발명을 다중 셀 협력 통신 시스템에 적용되는 형태를 중심으로 설명하였으나, 본 발명은 다양한 이동통신 시스템에 동일 또는 균등한 원리로 이용될 수 있다.

【청구의 범위】

【청구항 1】

무선 통신 시스템에서 신호를 송수신하는 방법에 있어서,

기지국이 복수의 단말로부터 참조 신호(pilot signal)를 수신하는 단계;

5 상기 기지국이 수신한 상기 참조 신호 및 상기 기지국에 협력하는 협력
기지국으로부터 전달받은, 상기 협력 기지국에서 상기 복수의 단말로부터 수신한
참조 신호에 기초하여, 상기 복수의 단말과의 통신 채널을 추정하여 채널 정보를
획득하는 단계;

10 상기 기지국이 상기 획득한 채널 정보를 이용하여, 수신 필터를 결정하는
단계; 및

 상기 복수의 단말 중 하나인 제1 단말로부터 수신한 데이터 신호를 상기
결정된 수신 필터를 이용하여, 상기 데이터 신호에 포함된 간섭 신호를 제거하는
단계;

 를 포함하고,

15 상기 제1 단말로부터 수신한 참조 신호는, 상기 복수의 단말 중 상기 제1
단말 이외의 단말로부터 수신한 참조 신호 중 하나 이상의 참조 신호와 동일하고,

 상기 수신 필터는, 상기 데이터 신호에 기지국 및 단말 간의 평균 신호 파워
값으로 표현된 가중 행렬을 곱하는 방법으로 상기 간섭 신호를 제거하는, 신호
송수신 방법.

20 【청구항 2】

 제 1 항에 있어서,

 상기 수신 필터는 상기 데이터 신호를 MRC(Maximum Ratio Combining)
필터에서 필터링 된 신호에 포함된 간섭 신호를 제거하는, 신호 송수신 방법.

【청구항 3】

25 제 1 항에 있어서,

 상기 가중 행렬($[t_1, t_2, \dots, t_s]$)은 하기의 $L \times S$ 크기의 행렬의 유사
역행렬로서, 다음과 같이 표현되며,

$$[\mathbf{t}_1, \mathbf{t}_2, \dots, \mathbf{t}_S] = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \cdots & \beta_{1S} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & & \beta_{2S} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \beta_{L1} & \beta_{L2} & \cdots & \beta_{LS} \end{bmatrix}^\dagger$$

상기 β_{LS} 는 L번째 기지국 및 S번째 단말간의 평균 신호 파워 값이고, L은 전체 기지국의 수이고, S는 동일한 참조 신호를 전송하는 단말의 수이며, $\mathbf{A}^\dagger$ 는 매트릭스 $\mathbf{A}$ 의 유사 역행렬로 $\mathbf{A}^\dagger = \mathbf{A}(\mathbf{A}^H \mathbf{A})^{-1}$ 인, 신호 송수신 방법.

5 **【청구항 4】**

제 1 항에 있어서,

상기 간섭 신호는 상기 복수의 단말 중 제 1 단말 이외의 단말에서 전송된 신호인, 신호 송수신 방법.

【청구항 5】

10 제 1 항에 있어서,

상기 참조 신호는, 상기 기지국에 인접한 하나 이상의 단말에서 측정된 신호 파워 정보를 상기 기지국에서 수신하여, 상기 측정된 신호 파워 정보에 기초하여 결정된 신호인, 신호 송수신 방법.

【청구항 6】

15 제 1 항에 있어서,

상기 참조 신호는, 상기 기지국에서 측정한 단말의 평균 신호 파워 정보에 기초하여 결정된 신호인, 신호 송수신 방법.

【청구항 7】

제 6 항에 있어서,

20 상기 단말의 평균 신호 파워 정보는, 상기 기지국 및 상기 협력 기지국 간에 상호 교환되는, 신호 송수신 방법.

【청구항 8】

제 6 항에 있어서,

25 상기 참조 신호는, 상기 기지국 및 상기 협력 기지국 간에 상호 교환되는, 신호 송수신 방법.

【청구항 9】

제 1 항에 있어서,
상기 참조 신호는, 상기 협력 기지국의 참조 신호와 동일한 자원 블록에 할당되는, 신호 송수신 방법.

5 【청구항 10】

제 1 항에 있어서,
상기 참조 신호는, 상기 협력 기지국의 참조 신호와 서로 직교 (orthogonal)하는 자원 블록에 할당되는, 신호 송수신 방법.

【청구항 11】

10 제 1 항에 있어서,
상기 참조 신호는, 상기 협력 기지국의 참조 신호의 일부와 서로 직교 (orthogonal)하는 자원 블록에 할당되는, 신호 송수신 방법.

【청구항 12】

15 제 1 항에 있어서,
상기 참조 신호는, 상기 협력 기지국의 참조 신호와 서로 크기가 다른 신호인, 신호 송수신 방법.

【청구항 13】

제 1 항에 있어서,
상기 참조 신호가 할당된 자원 블록의 수보다 채널을 추정할 수 있는 단말의
20 수가 적은 경우, 상기 단말은 직교 참조 신호를 상기 기지국에게 전송하는, 신호 송수신 방법.

【청구항 14】

제 1 항에 있어서,
상기 참조 신호가 할당된 자원 블록의 수보다 채널을 추정할 수 있는 단말의
25 수가 많은 경우, 상기 단말은 다른 단말에서 전송하는 참조 신호와 동일한 참조 신호를 상기 기지국에게 전송하는, 신호 송수신 방법.

【청구항 15】

제 1 항에 있어서,
상기 간섭 신호는 상기 기지국의 안테나 수가 증가할수록 줄어들도록
30 설정되는, 신호 송수신 방법.

【청구항 16】

무선 통신 시스템에서 신호를 송수신하는 방법에 있어서,

기지국이 복수의 단말로부터 참조 신호(pilot signal)를 수신하는 단계;

상기 기지국이 상기 수신한 참조 신호 및 상기 기지국에 협력하는 협력
기지국으로부터 수신한 상기 복수의 단말에 대한 참조 신호에 기초하여, 상기

5 복수의 단말과의 통신 채널을 추정하여 채널 정보를 획득하는 단계;

상기 기지국이 상기 획득한 채널 정보를 이용하여, 송신 필터를 결정하는
단계; 및

상기 기지국은 데이터를 상기 결정된 송신 필터로 필터링하여, 상기 복수의
단말에게 전송하는 단계;

10 를 포함하고,

상기 단말로부터 수신한 참조 신호는, 상기 기지국에서 타 단말로부터
수신한 참조 신호 중 하나 이상의 참조 신호와 동일하고,

상기 송신 필터는 전송할 데이터에 대하여 기지국 및 단말 간의 평균 신호
파워 값으로 표현된 가중 행렬을 곱하는 방법으로 필터링하여 전송하는, 상기 신호

15 송수신 방법.

【청구항 17】

무선 통신 시스템에서 신호를 송수신하는 기지국 장치에 있어서,

송수신기; 및

프로세서를 포함하고,

20 상기 프로세서는,

복수의 단말로부터 참조 신호(pilot signal)를 상기 송수신기를 이용하여
수신하고, 상기 수신한 참조 신호 및 상기 기지국에 협력하는 협력 기지국으로부터
수신한 상기 복수의 단말에 대한 참조 신호에 기초하여, 상기 복수의 단말과의
통신 채널을 추정하여 채널 정보를 획득하고, 상기 획득한 채널 정보를 이용하여,
수신 필터를 결정하며, 상기 복수의 단말 중 하나인 제1 단말로부터 전송된 데이터
25 신호를 상기 결정된 수신 필터를 이용하여, 상기 데이터 신호에 포함된 간섭
신호를 제거하도록 설정되며,

상기 제1 단말로부터 수신한 참조 신호는, 상기 복수의 단말 중 상기 제1
단말 이외의 단말로부터 수신한 참조 신호 중 하나 이상의 참조 신호와 동일하고,

상기 수신 필터는 상기 데이터 신호에 기저국 및 단말 간의 평균 신호 파워 값으로 표현된 가중 행렬을 곱하는 방법으로 상기 간섭 신호를 제거하는, 기저국 장치.

FIG. 1

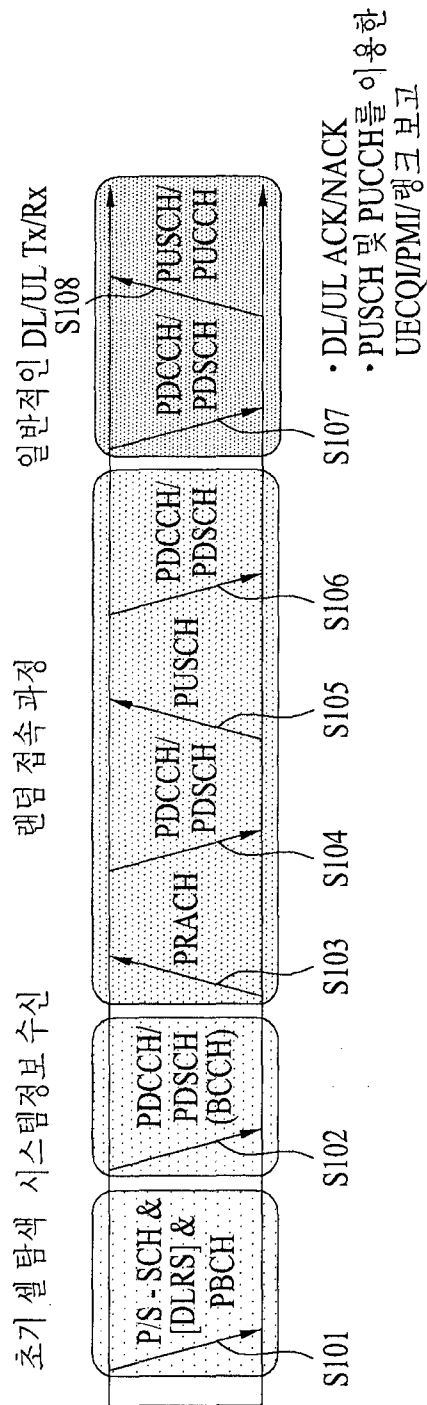


FIG. 2

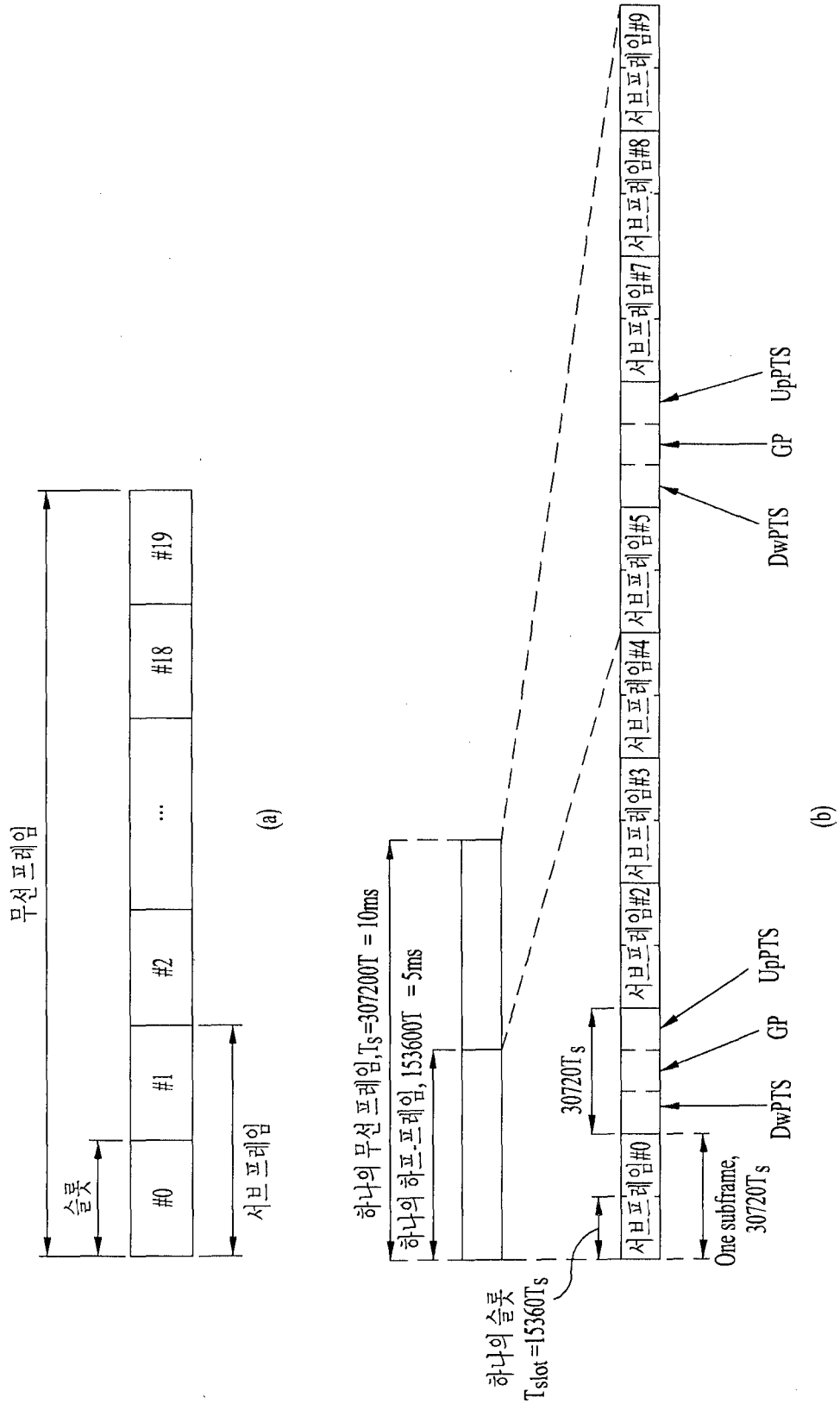


FIG. 3

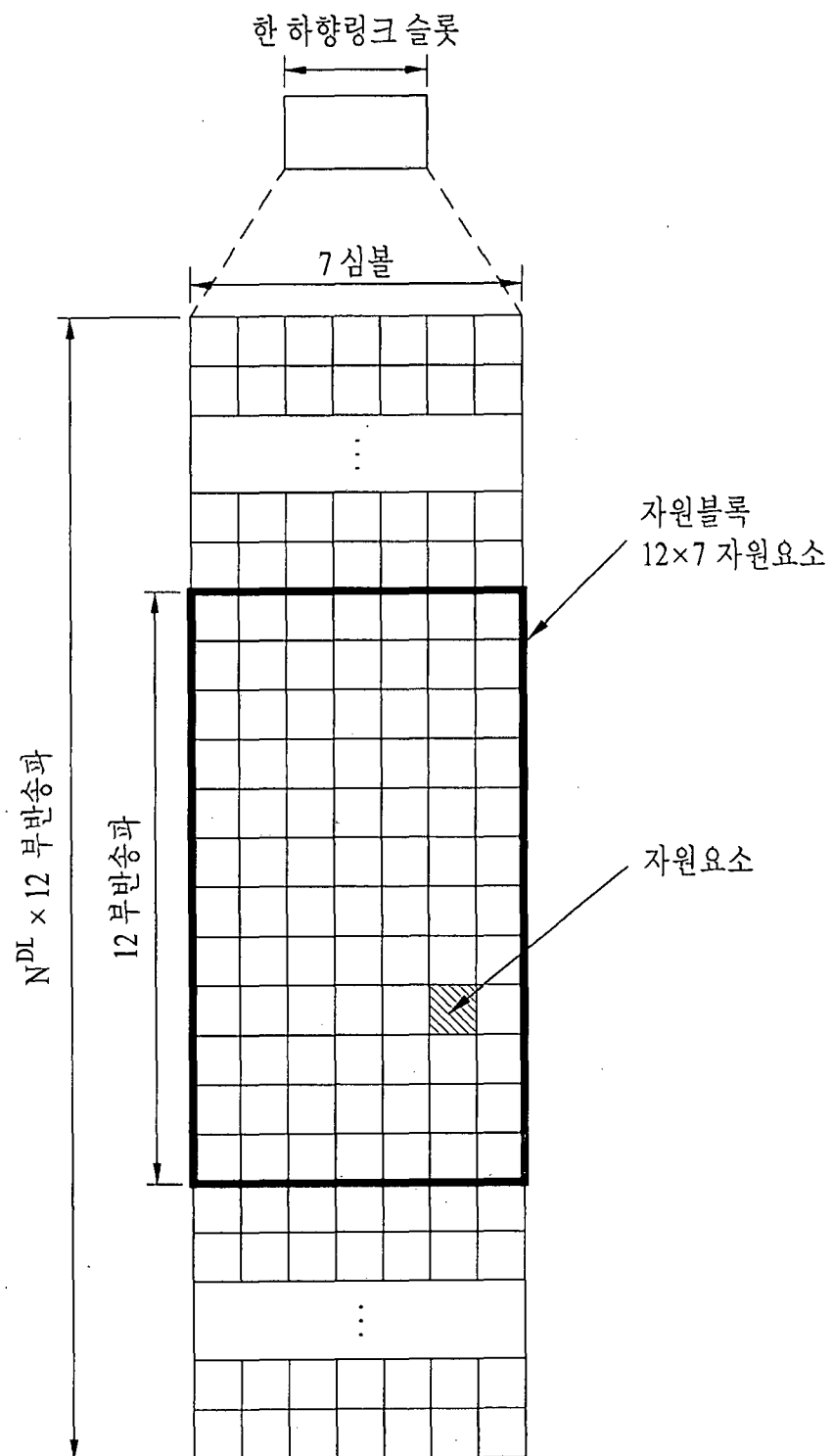


FIG. 4

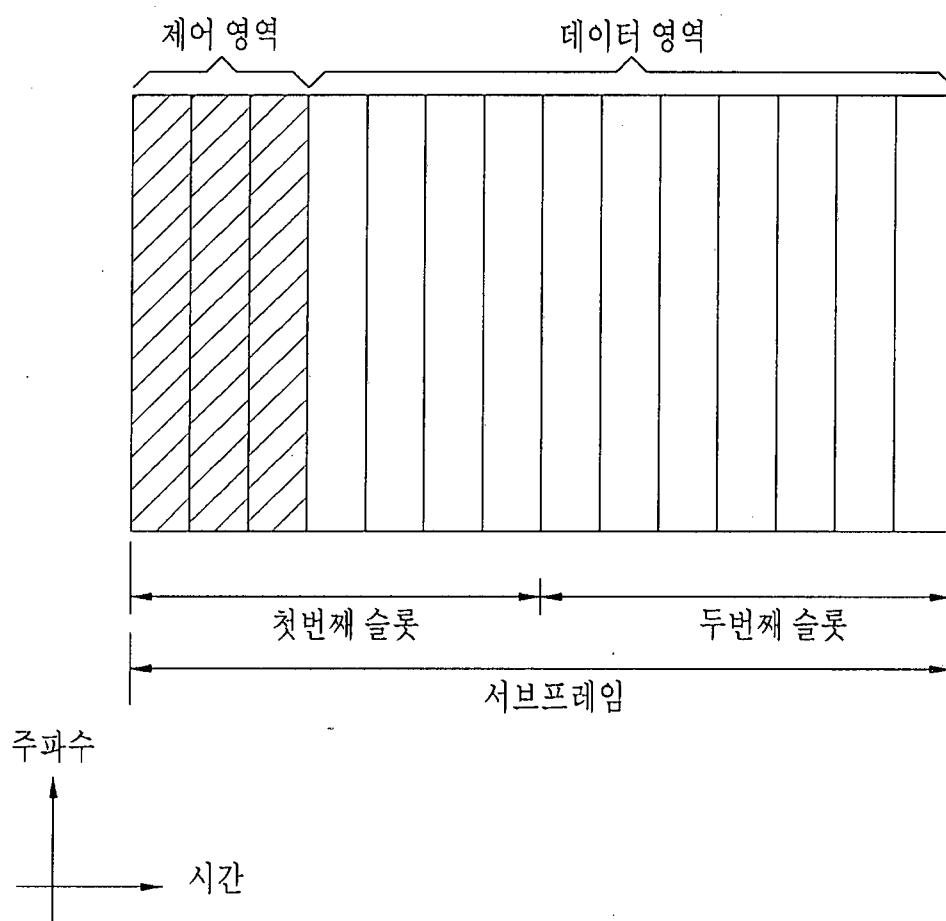


FIG. 5

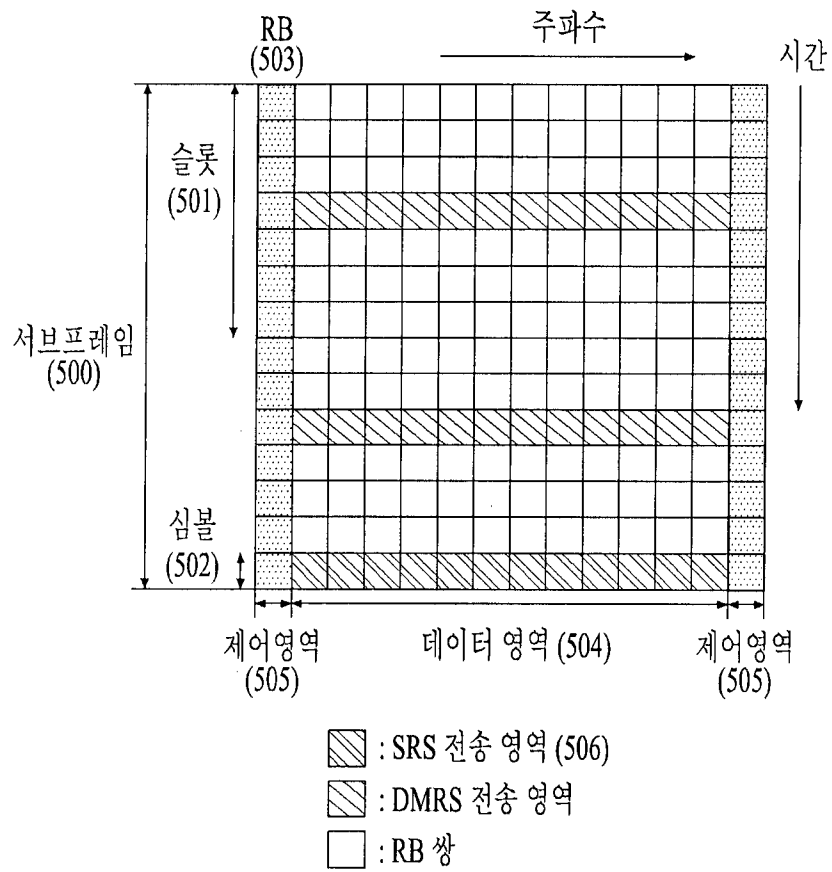


FIG. 6

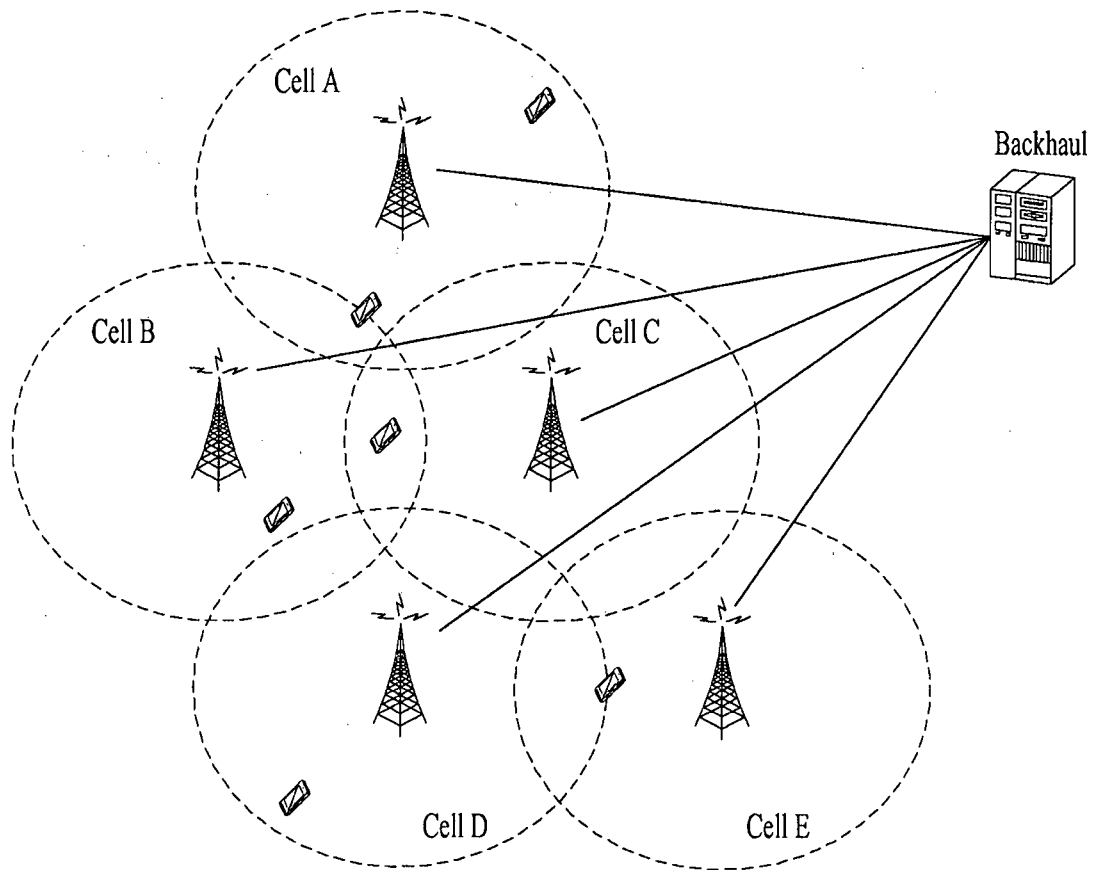
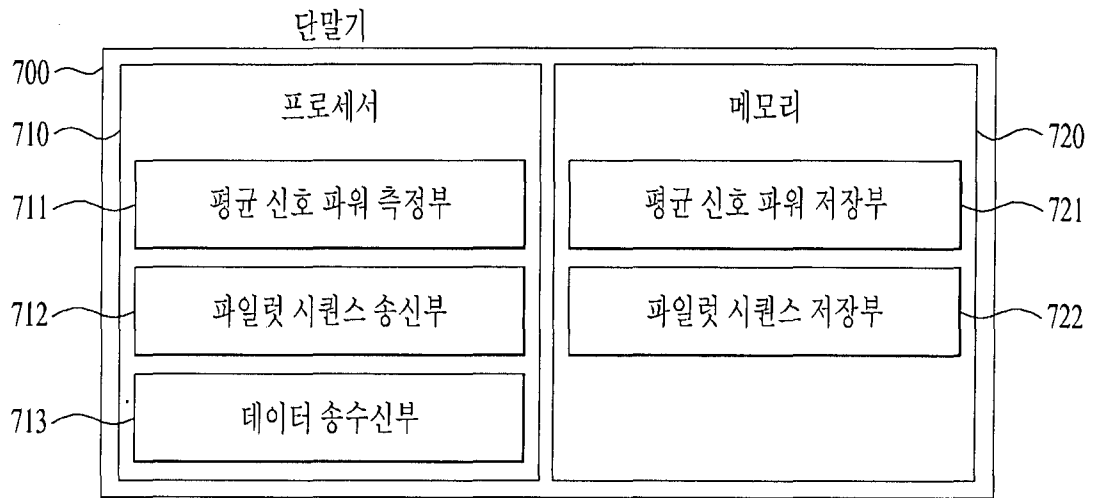


FIG. 7



(a)



(b)

FIG. 9

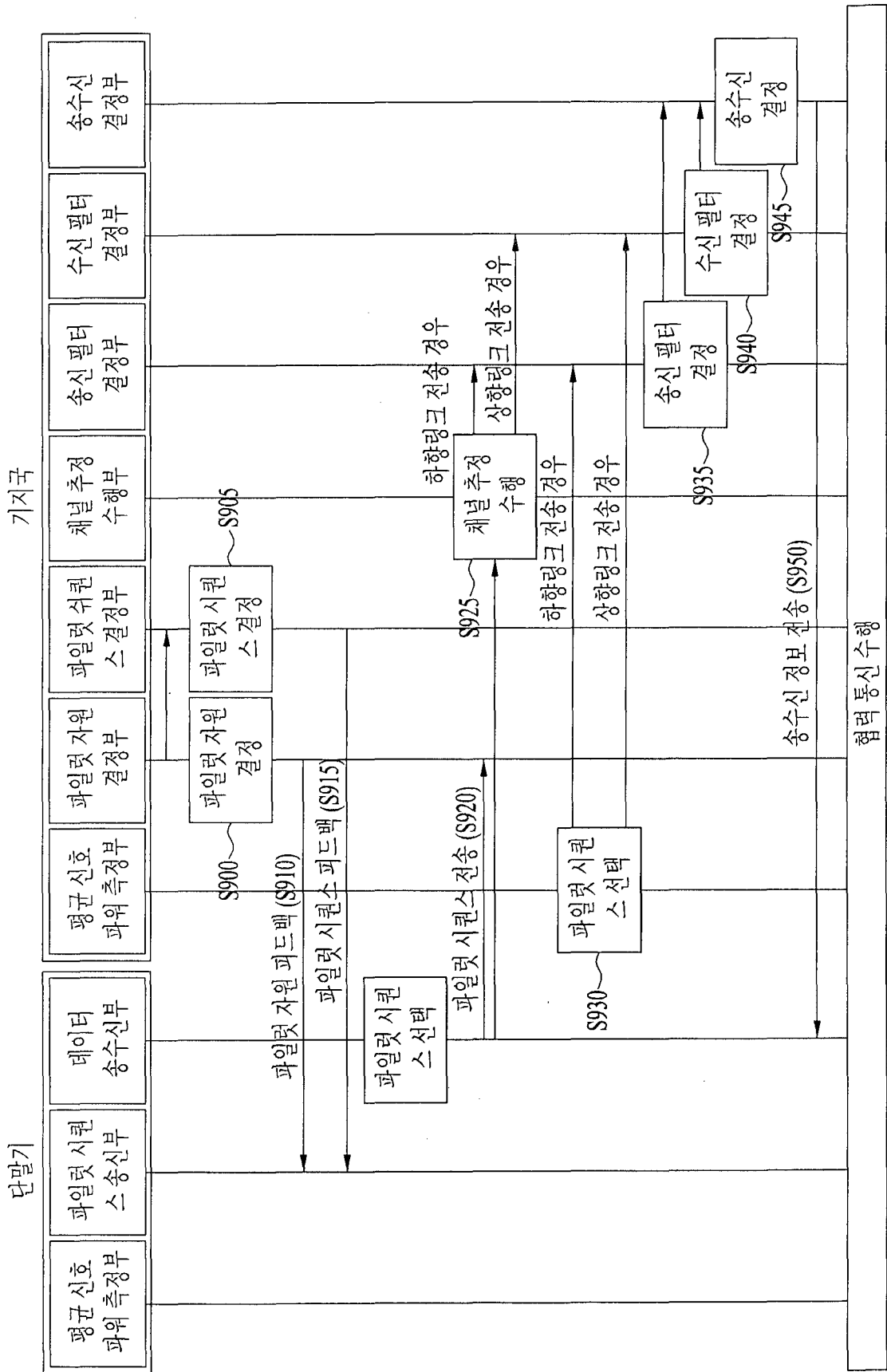


FIG. 10

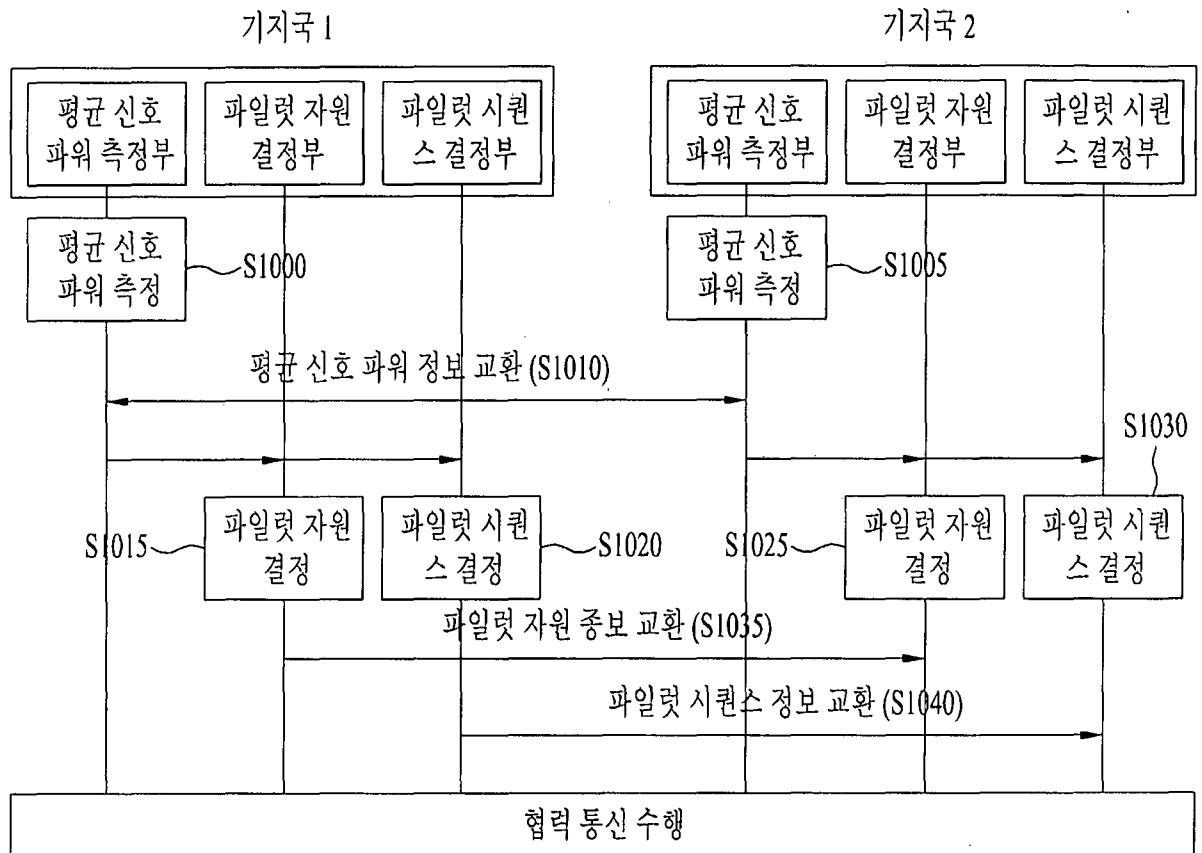


FIG. 11

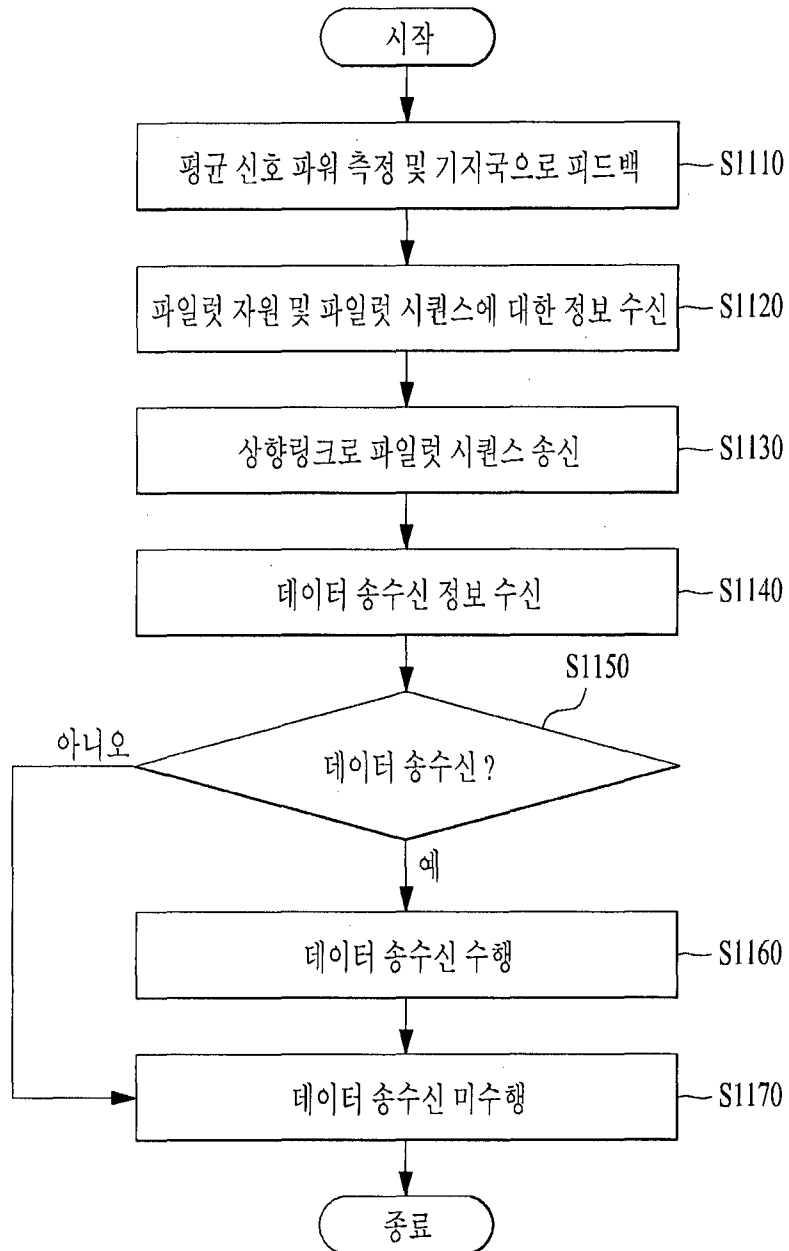


FIG. 12

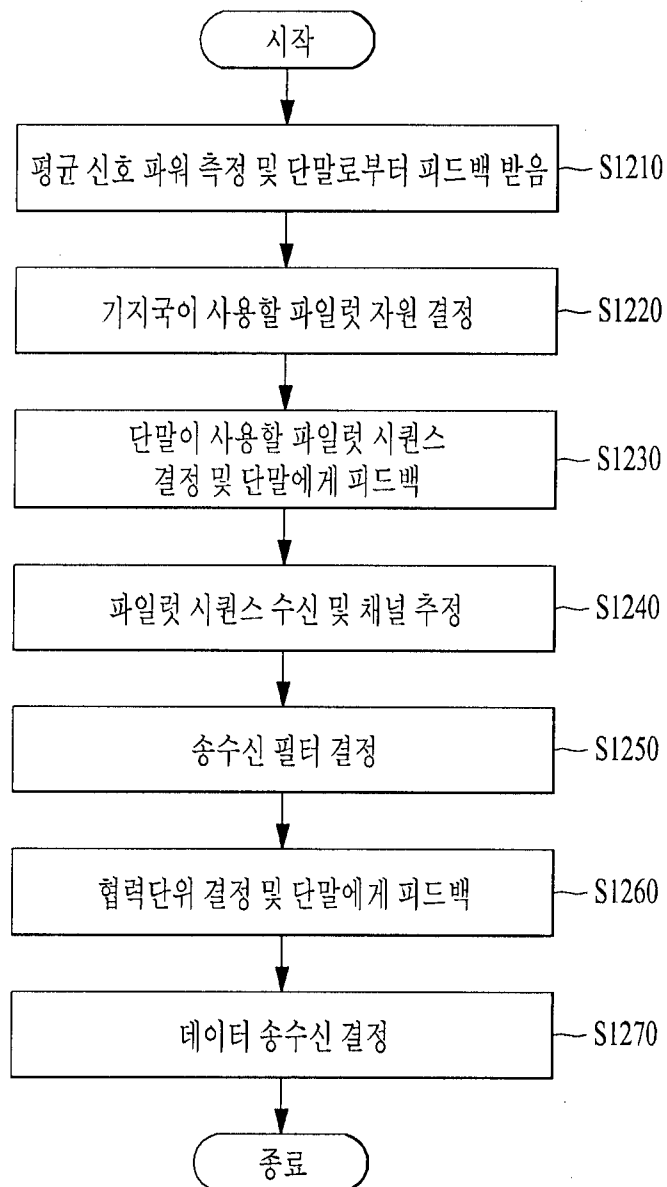


FIG. 13

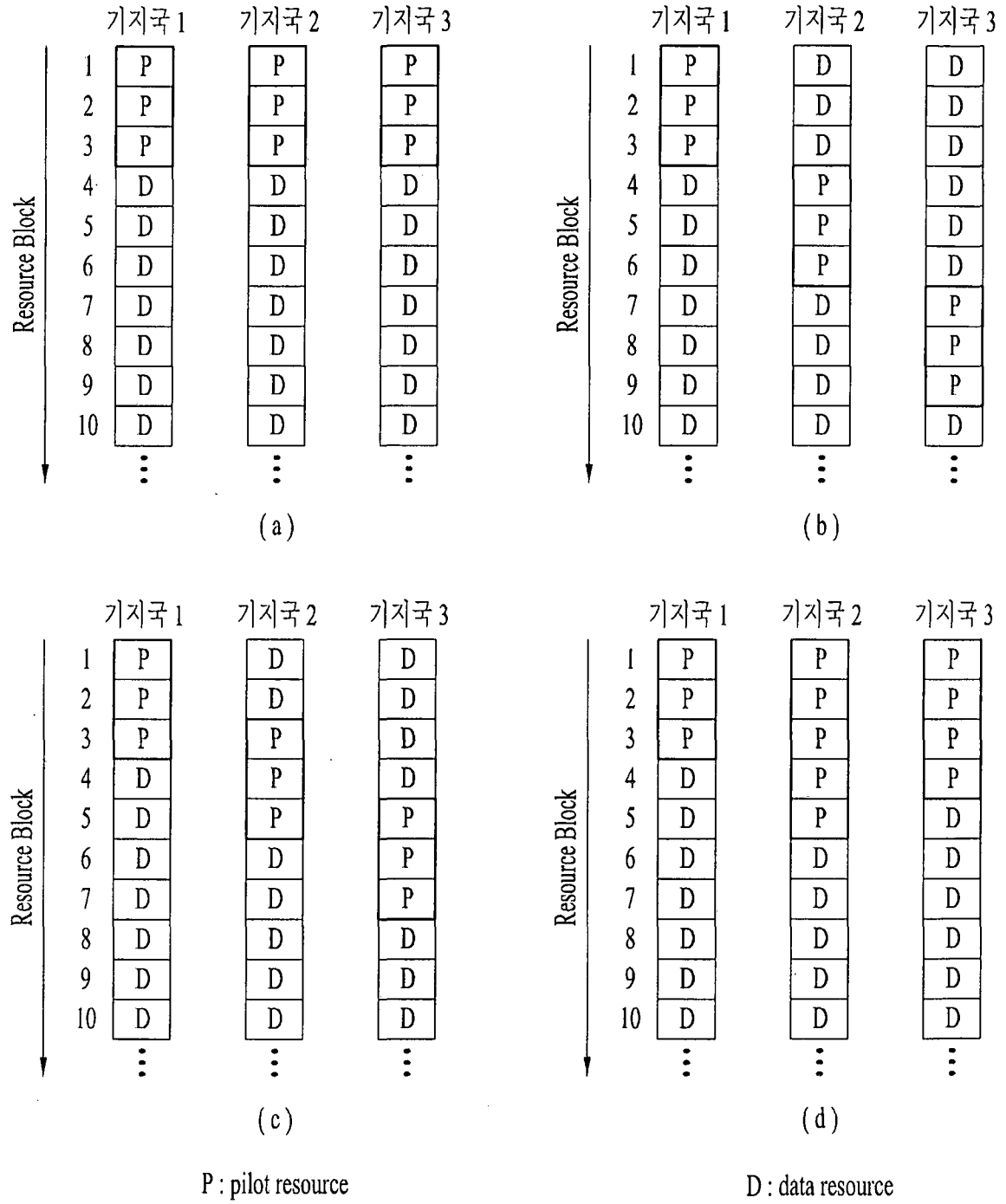


FIG. 14

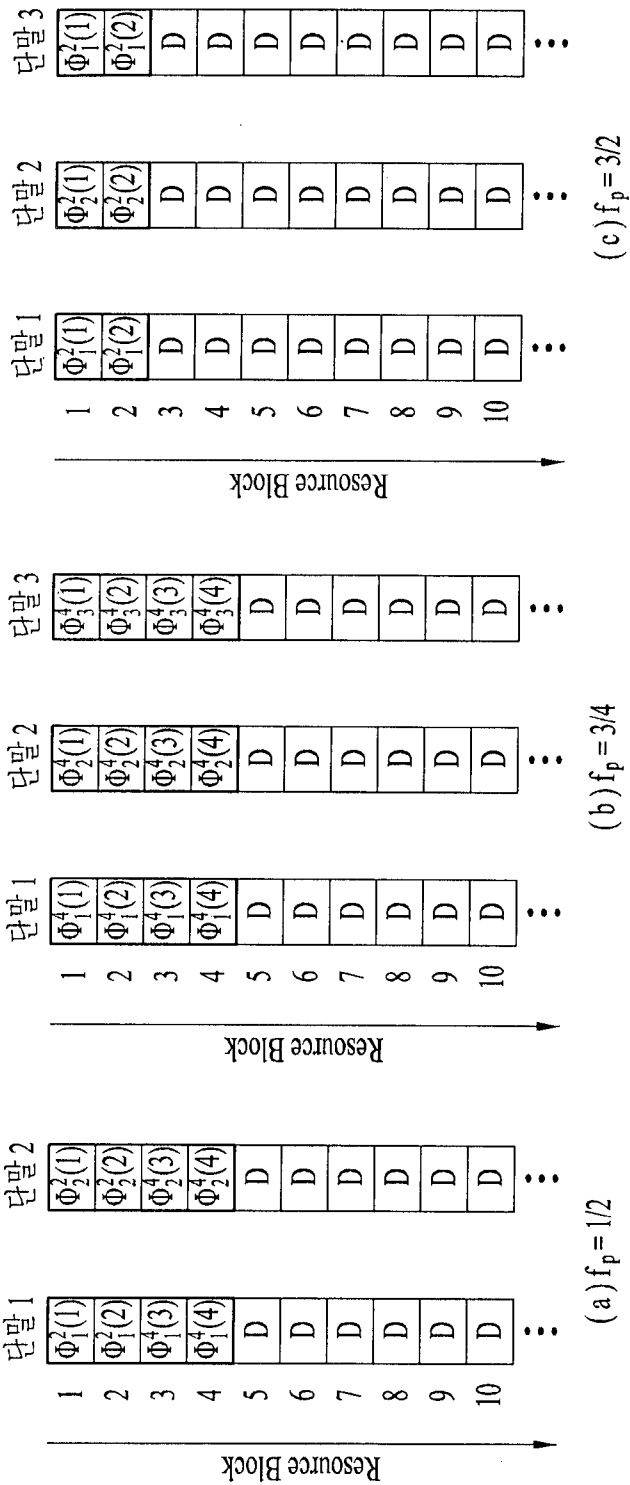


FIG. 15

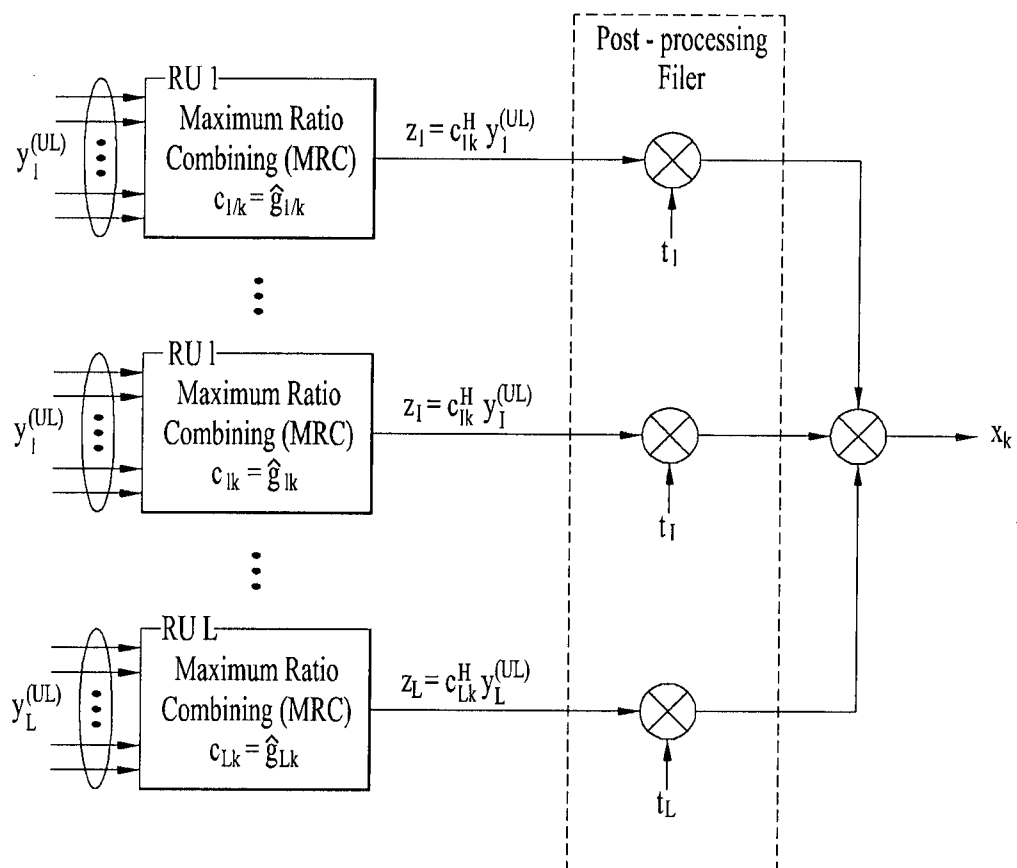


FIG. 16

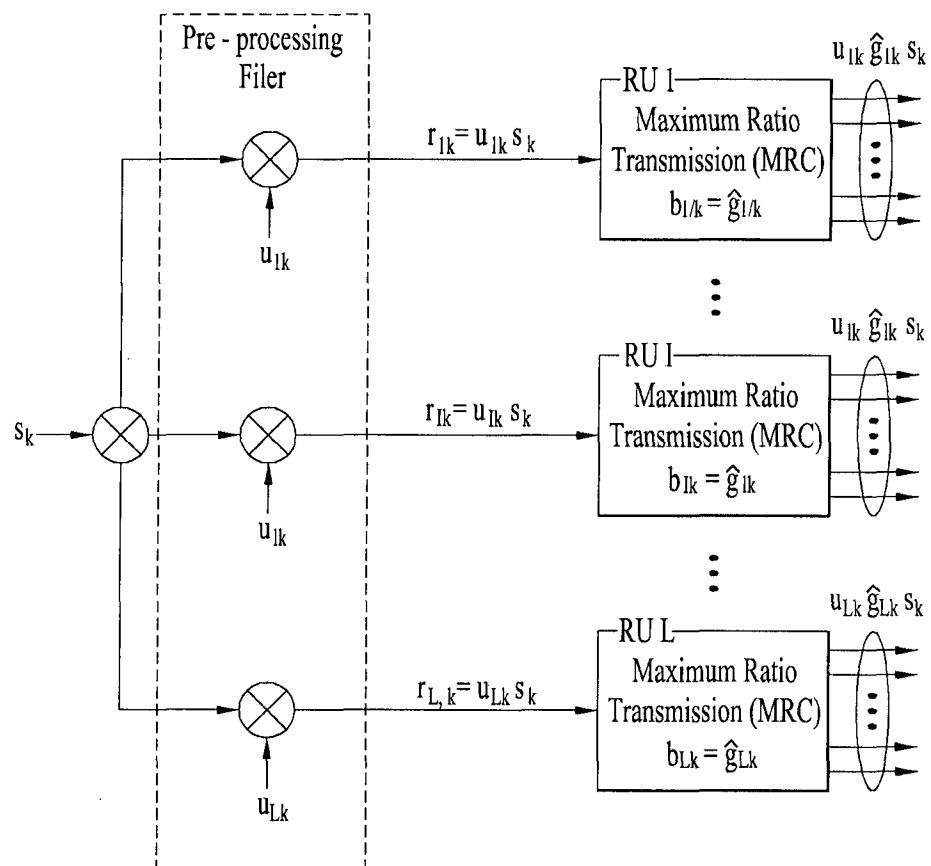
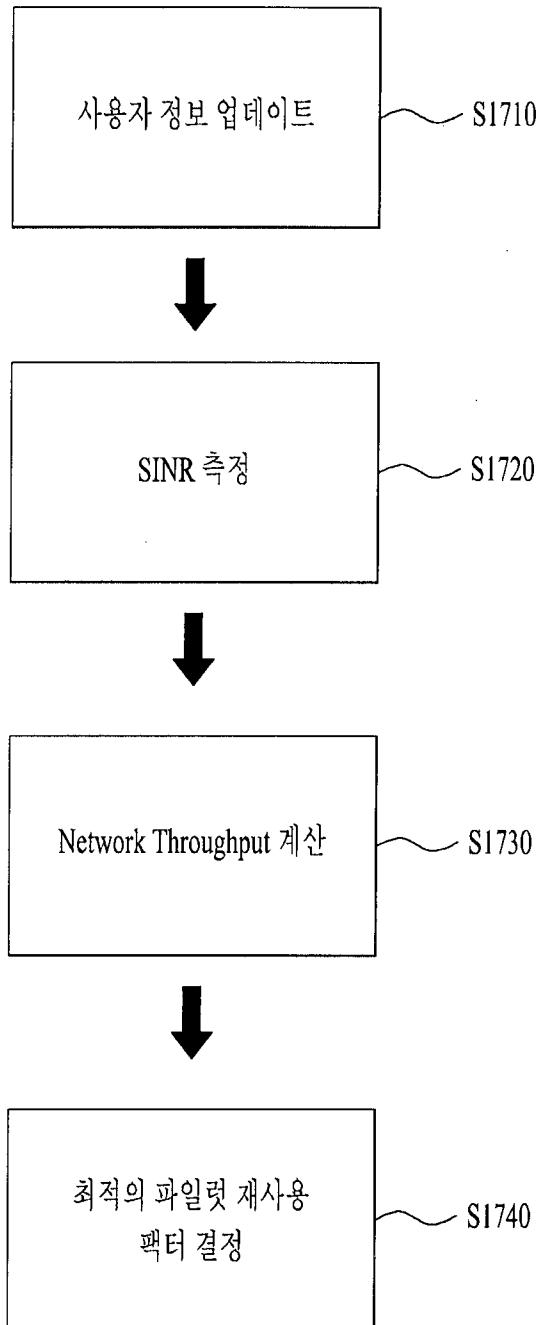


FIG. 17



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2013/011054**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H04J 11/00(2006.01)i, H04B 7/04(2006.01)i**

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04J 11/00; H04B 7/06; H04W 92/20; H04B 7/02; H04W 72/04; H04W 16/28; H04W 40/02; H04B 7/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: multi-cell cooperative communication, reference signal, interference, augmented matrices, transceiving filter

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2011-078571 A2 (LG ELECTRONICS INC.) 30 June 2011 See paragraphs [0088]-[0203]; and figures 5-16.	1-17
A	WO 2011-056607 A1 (QUALCOMM INCORPORATED) 12 May 2011 See paragraphs [0061]-[0095]; and figures 3-11.	1-17
A	WO 2011-072156 A2 (QUALCOMM INCORPORATED) 16 June 2011 See paragraphs [0044]-[0088]; and figures 3-16.	1-17
A	US 2012-0051265 A1 (SHEN, Zukang et al.) 01 March 2012 See paragraphs [0023]-[0065]; and figures 1-4.	1-17
A	ALCATEL-LUCENT et al., "On the need of SRS Enhancement for UL CoMP", R1-120500, 3GPP TSG RAN WG1 Meeting#68, Dresden, Germany, 06-10 February 2012 See pages 1-3.	1-17



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 MARCH 2014 (27.03.2014)

Date of mailing of the international search report

31 MARCH 2014 (31.03.2014)

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2013/011054

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
WO 2011-078571 A2	30/06/2011	KR 10-2012-0112611 A US 2012-0275411 A1 WO 2011-078571 A3	11/10/2012 01/11/2012 17/11/2011
WO 2011-056607 A1	12/05/2011	CN 102668664 A EP 2494833 A1 JP 2013-509137 A KR 10-2012-0099705 A TW 201138346 A US 2011-0268007 A1 US 8570963 B2	12/09/2012 05/09/2012 07/03/2013 11/09/2012 01/11/2011 03/11/2011 29/10/2013
WO 2011-072156 A2	16/06/2011	CN 102652401 A EP 2510634 A2 JP 2013-514009 A KR 10-2012-0104593 A TW 201141104 A US 2011-0306350 A1 US 8594688 B2 WO 2011-072156 A3	29/08/2012 17/10/2012 22/04/2013 21/09/2012 16/11/2011 15/12/2011 26/11/2013 25/08/2011
US 2012-0051265 A1	01/03/2012	CN 101867938 A CN 101867938 B EP 2424285 A1 EP 2424285 A4 EP 2424285 B1 KR 10-1289399 B1 KR 10-2012-0017432 A WO 2010-121538 A1	20/10/2010 02/01/2013 29/02/2012 22/08/2012 10/07/2013 29/07/2013 28/02/2012 28/10/2010

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H04J 11/00(2006.01)i, H04B 7/04(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H04J 11/00; H04B 7/06; H04W 92/20; H04B 7/02; H04W 72/04; H04W 16/28; H04W 40/02; H04B 7/04

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 다중 셀 협력 통신, 참조 신호, 간섭, 가중 행렬, 송수신 필터

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	WO 2011-078571 A2 (LG ELECTRONICS INC.) 2011.06.30 단락 [0088]-[0203]; 및 도면 5-16 참조.	1-17
A	WO 2011-056607 A1 (QUALCOMM INCORPORATED) 2011.05.12 단락 [0061]-[0095]; 및 도면 3-11 참조.	1-17
A	WO 2011-072156 A2 (QUALCOMM INCORPORATED) 2011.06.16 단락 [0044]-[0088]; 및 도면 3-16 참조.	1-17
A	US 2012-0051265 A1 (ZUKANG SHEN et al.) 2012.03.01 단락 [0023]-[0065]; 및 도면 1-4 참조.	1-17
A	ALCATEL-LUCENT et al., "On the need of SRS Enhancement for UL CoMP", R1-120500, 3GPP TSG RAN WG1 Meeting#68, Dresden, Germany, 06-10 February 2012 페이지 1-3 참조.	1-17

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

"I" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

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

"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2014년 03월 27일 (27.03.2014)

국제조사보고서 발송일

2014년 03월 31일 (31.03.2014)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-472-7140

심사관

김도원

전화번호 +82-42-481-5560



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
WO 2011-078571 A2	2011/06/30	KR 10-2012-0112611 A US 2012-0275411 A1 WO 2011-078571 A3	2012/10/11 2012/11/01 2011/11/17
WO 2011-056607 A1	2011/05/12	CN 102668664 A EP 2494833 A1 JP 2013-509137 A KR 10-2012-0099705 A TW 201138346 A US 2011-0268007 A1 US 8570963 B2	2012/09/12 2012/09/05 2013/03/07 2012/09/11 2011/11/01 2011/11/03 2013/10/29
WO 2011-072156 A2	2011/06/16	CN 102652401 A EP 2510634 A2 JP 2013-514009 A KR 10-2012-0104593 A TW 201141104 A US 2011-0306350 A1 US 8594688 B2 WO 2011-072156 A3	2012/08/29 2012/10/17 2013/04/22 2012/09/21 2011/11/16 2011/12/15 2013/11/26 2011/08/25
US 2012-0051265 A1	2012/03/01	CN 101867938 A CN 101867938 B EP 2424285 A1 EP 2424285 A4 EP 2424285 B1 KR 10-1289399 B1 KR 10-2012-0017432 A WO 2010-121538 A1	2010/10/20 2013/01/02 2012/02/29 2012/08/22 2013/07/10 2013/07/29 2012/02/28 2010/10/28