

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국

(43) 국제공개일  
2017년 1월 12일 (12.01.2017)



(10) 국제공개번호  
WO 2017/007172 A1

- (51) 국제특허분류:  
H04B 15/02 (2006.01) H04B 7/08 (2006.01)  
H04B 7/06 (2006.01) H04B 7/04 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2016/007015
- (22) 국제출원일: 2016년 6월 30일 (30.06.2016)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:  
10-2015-0097069 2015년 7월 8일 (08.07.2015) KR
- (71) 출원인: 삼성전자 주식회사 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) [KR/KR]; 16677 경기도 수원시 영통구 삼성로 129, Gyeonggi-do (KR).
- (72) 발명자: 이병환 (LEE, Byung-Hwan); 16981 경기도 용인시 기흥구 강남동로 128 강남마을한라비발디아파트 908 동 603 호, Gyeonggi-do (KR). 임종부 (LIM, Jong-Bu); 17113 경기도 용인시 기흥구 삼성 2로 97 삼성종합기술원기숙사 1동 508호, Gyeonggi-do (KR). 설지윤 (SEOL, Ji-Yun); 13603 경기도 성남시 분당구 불정로 179 정든마을동아 2단지아파트 208동 801호, Gyeonggi-do (KR). 임채희 (LIM, Chae-Hee); 16679 경기도 수원시 영통구 신원로 136번길 26, 203호, Gyeonggi-do

(KR). 정수룡 (JEONG, Su-Ryong); 16953 경기도 용인시 기흥구 흥덕 1로 79번길 37 흥덕마을 5단지호반베르디움아파트 503동 1704호, Gyeonggi-do (KR). 홍성남 (HONG, Sung-Nam); 13920 경기도 안양시 동안구 동안로 283 삼호아파트 7동 205호, Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: 이견주 (LEE, Keon-Joo) 등; 03079 서울시 종로구 대학로 9길 16 미화빌딩, Seoul (KR).

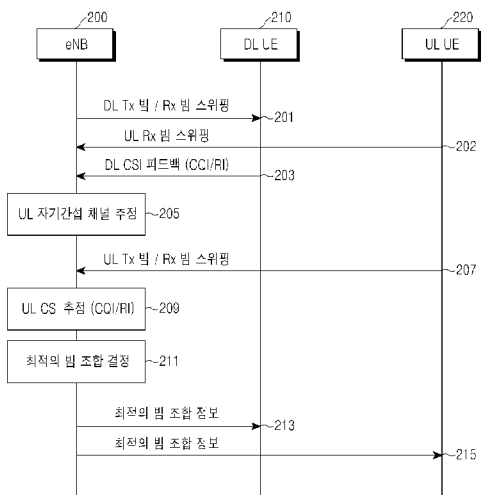
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,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

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR SELF-INTERFERENCE CANCELLATION IN FULL-DUPLEX COMMUNICATION SYSTEM

(54) 발명의 명칭 : 전이중 통신 시스템에서 자기 간섭 제거 방법 및 장치



- 201 ... DL Tx beam/Rx beam sweeping
- 202 ... UL Rx beam sweeping
- 203 ... DL CSI feedback (CQI/RI)
- 205 ... UL Self-interference channel estimation
- 207 ... UL Tx beam/Rx beam sweeping
- 209 ... UL CSI estimation (CQI/RI)
- 211 ... Optimum beam combination determination
- 213, 215... Optimum beam combination information

(57) Abstract: Disclosed is a 5G or pre-5G communication system to be provided for supporting a data transmission rate higher than that of a 4G communication system such as LTE. A method for cancelling self-interference in a full-duplex communication system is provided. The method comprises the steps of: cancelling cancellable self-interference components through an analog interference cancellation circuit, and estimating a channel state of an uplink channel and a channel state of a downlink channel on the basis of remaining residual self-interference components; estimating a channel capacity for each of all possible beam combinations on the basis of the estimated uplink channel state and downlink channel state; selecting the beam combination having the largest channel capacity from among all the possible beam combinations; and cancelling self-interference from a received signal on the basis of the selected beam combination.

(57) 요약서: 본 개시는 LTE와 같은 4G 통신 시스템 이후 보다 높은 데이터 전송률을 지원하기 제공될 5G 또는 pre-5G 통신 시스템에 관련된 것이다. 전이중(full-duplex) 통신 시스템에서 자기 간섭을 제거하는 방법이 제공된다. 상기 방법은, 아날로그 간섭 제거 회로를 통해 제거가 가능한 자기 간섭 성분을 제거하고 남은 잔여 자기 간섭 성분을 기반으로 상향링크 채널의 채널 상태와 하향링크 채널의 채널 상태를 추정하는 과정, 상기 추정된 상향링크 채널 상태와 하향링크 채널 상태를 기반으로 모든 가능한 빔 조합들 각각에 대한 채널 용량을 추정하는 과정, 상기 모든 가능한 빔 조합들로부터 채널 용량이 가장 큰 빔 조합을 선택하는 과정, 및 상기 선택된 빔 조합을 기반으로 수신 신호로부터 자기 간섭을 제거하는 과정을 포함한다.

WO 2017/007172 A1

ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, **공개:**  
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, — 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))  
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

## 명세서

### 발명의 명칭: 전이중 통신 시스템에서 자기 간섭 제거 방법 및 장치 기술분야

- [1] 본 발명은 전이중(full-duplex) 통신 방식을 이용하는 전이중 통신 시스템에서 자기 간섭을 제거하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [2] 4G(4th-generation) 통신 시스템 상용화 이후 증가 추세에 있는 무선 데이터 트래픽 수요를 충족시키기 위해, 개선된 5G(5th-generation) 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템을 개발하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 이러한 이유로, 5G 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템은 4G 네트워크 이후(beyond 4G network) 통신 시스템 또는 포스트(post) LTE 시스템 이후의 시스템이라 불리고 있다.
- [3] 높은 데이터 전송률을 달성하기 위해, 5G 통신 시스템은 초고주파(mmWave) 대역(예를 들어, 60기가(60GHz) 대역)에서의 구현이 고려되고 있다. 초고주파 대역에서의 전파의 경로 손실 완화 및 전파의 전달 거리를 증가시키기 위해, 5G 통신 시스템에서는 빔포밍(beamforming), 거대 배열 다중 입출력(massive multi-input multi-output: massive MIMO), 전차원 다중입출력(full dimensional MIMO: FD-MIMO), 어레이 안테나(array antenna), 아날로그 빔형성(analog beam-forming), 및 대규모 안테나(large scale antenna) 기술들이 논의되고 있다.
- [4] 또한 시스템의 네트워크 개선을 위해, 5G 통신 시스템에서는 진화된 소형 셀, 개선된 소형 셀(advanced small cell), 클라우드 무선 액세스 네트워크(cloud radio access network: cloud RAN), 초고밀도 네트워크(ultra-dense network), 기기 간 통신(device to device communication: D2D), 무선 백홀(wireless backhaul), 이동 네트워크(moving network), 협력 통신(cooperative communication), CoMP(coordinated multi-points), 및 수신 간섭제거(interference cancellation) 등의 기술 개발이 이루어지고 있다.
- [5] 이 밖에도, 5G 시스템에서는 진보된 코딩 변조(advanced coding modulation: ACM) 방식인 FQAM(hybrid FSK and QAM modulation) 및 SWSC(sliding window superposition coding)과, 진보된 접속 기술인 FBMC(filter bank multi carrier), NOMA(non orthogonal multiple access), 및 SCMA(sparse code multiple access) 등이 개발되고 있다.
- [6] 한편, 전이중 통신 방식을 이용하는 전이중 통신 시스템은 동일 주파수 자원을 이용하여 송신과 수신을 동시에 수행함으로써 채널 용량(Capacity)을 2배로 증가시킬 수 있는 혁신적인 시스템이다. 상기 전이중 통신 시스템은 이러한 양방향 통신이 가능한 속성으로 인해 자신의 송신 신호가 다시 수신되어 일으키는 자기 간섭(self-interference: SI)을 회피할 수 없으며 이로 인해 발생하는

문제를 해결하기 위한 연구가 계속적으로 이루어져 왔다.

- [7] 그 중에서 최근 가장 주목 받고 있는 방식은 자기 간섭의 영향을 회로적으로 제거하는 방식이며, 이러한 간섭 제거 방식은 자기 간섭을 일으키는 자기 간섭 신호의 크기가 디지털 방식으로 수신할 수 있는 동적 범위(dynamic range) 내에 있는지 또는 동적 범위 밖에 있는지에 따라 디지털 신호 처리를 이용한 디지털 간섭 제거(Digital Cancellation) 방식과 아날로그 간섭 제거 회로를 이용한 아날로그 간섭 제거(Analog Cancellation) 방식으로 세분화된다. 통상적으로 시스템 레벨에서의 자기 간섭을 제거하기 위해서는 상기 디지털 간섭 제거 방식과 상기 아날로그 간섭 제거 방식을 동시에 사용하는 것이 일반적이다.
- [8] 상기 디지털 간섭 제거 방식은 디지털 송신 신호로부터 분기한 신호와 디지털 수신 신호를 이용하여 송수신 신호의 차이로부터 채널 특성을 검출하고, 검출된 채널 특성을 디지털 수신 신호에 적용하여 자기 간섭 신호를 제거하는 방식이다.
- [9] 상기 아날로그 간섭 제거 방식은 수신되는 자기 간섭 신호가 이미 알고 있는 고정된 지연 시간 이후에 수신되는 유한한 개수의 신호라는 가정으로부터, 아날로그 송신 회로로부터 분기한 송신 신호에 이득(gain) 조정과 위상(phase) 조정, 고정된 지연시간을 가지는 회로를 적용하여 수신 신호로부터 자기 간섭 신호를 제거하는 방식이다. 이때, 회로를 통해 조정하는 이득과 위상은 추정된 간섭 특성으로부터 얻어낸다.
- [10] 그런데 상기 아날로그 간섭 제거 방식과 상기 디지털 간섭 제거 방식은 하드웨어 구성에 의해 성능의 한계가 결정되기 때문에, 출력 전력이 큰 경우에는 아날로그 간섭 제거 방식과 디지털 간섭 제거 방식만으로 원하는 자기 간섭 제거의 성능을 만족 시킬 수가 없게 된다. 이러한 한계를 극복하기 위해서 송신 안테나와 수신 안테나를 분리하거나, 송수신 안테나의 편파(Polarization) 특성을 이용하는 방식이 고려되고 있다. 그러나 송수신 안테나를 분리하는 방식은 상기 안테나가 장착된 장치의 크기가 커지거나 설치가 복잡해지는 문제가 있으며, 송수신 안테나의 편파 특성을 이용하는 방식은 반사에 의한 자기 간섭 신호를 효과적으로 제거하기 어렵다는 한계가 있다.
- [11] 따라서 송수신 안테나를 분리하는 방식이나 송수신 안테나의 편파 특성을 이용하는 방식이 아닌 다른 방식으로 전이중 통신 시스템에서의 자기 간섭 신호를 제거하는 방안이 요구된다.
- [12] 한편, 상기와 같은 내용은 본 발명의 이해를 돕기 위한 백그라운드(background)로서만 제시될 뿐이다. 상기 내용 중 어느 것이라도 본 발명에 관한 종래 기술로서 적용 가능할지 여부에 관해, 어떤 결정도 이루어지지 않았고, 또한 어떤 주장도 이루어지지 않는다.

## 발명의 상세한 설명

### 기술적 과제

- [13] 본 발명의 일 실시예는 전이중 통신 시스템에서 자기 간섭을 제거하는 방법 및

장치를 제안한다.

- [14] 또한 본 발명의 일 실시예는 전이중 통신 시스템에서 자기 간섭을 제거하기 위한 최적의 빔을 선택하는 방법 및 장치를 제안한다.

### 과제 해결 수단

- [15] 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중(full-duplex) 통신 시스템에서 자기 간섭을 제거하기 위한 방법은, 아날로그 간섭 제거 회로를 통해 제거가 가능한 자기 간섭 성분을 제거하고 남은 잔여 자기 간섭 성분을 기반으로 상향링크 채널의 채널 상태와 하향링크 채널의 채널 상태를 추정하는 과정, 상기 추정된 상향링크 채널 상태와 하향링크 채널 상태를 기반으로 모든 가능한 빔 조합들 각각에 대한 채널 용량을 추정하는 과정, 상기 모든 가능한 빔 조합들로부터 채널 용량이 가장 큰 빔 조합을 선택하는 과정, 및 상기 선택된 빔 조합을 기반으로 수신 신호로부터 자기 간섭을 제거하는 과정을 포함한다.
- [16] 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중(full-duplex) 통신 시스템에서 통신 가능한 통신 장치는, 송수신부, 및 상기 송수신부에 연결된 제어부를 포함하고, 상기 제어부는, , 아날로그 간섭 제거 회로를 통해 제거가 가능한 자기 간섭 성분을 제거하고 남은 잔여 자기 간섭 성분을 기반으로 상향링크 채널의 채널 상태와 하향링크 채널의 채널 상태를 추정하고, 상기 추정된 상향링크 채널 상태와 하향링크 채널 상태를 기반으로 모든 가능한 빔 조합들 각각에 대한 채널 용량을 추정하고, 상기 모든 가능한 빔 조합들로부터 채널 용량이 가장 큰 빔 조합을 선택하고, 그리고 상기 선택된 빔 조합을 기반으로 수신 신호로부터 자기 간섭을 제거하도록 구성된다.
- [17] 본 발명의 다른 측면들과, 이득들 및 핵심적인 특징들은 부가 도면들과 함께 처리되고, 본 발명의 바람직한 실시예들을 게시하는, 하기의 구체적인 설명으로부터 해당 기술 분야의 당업자에게 자명할 것이다.
- [18] 하기의 본 게시의 구체적인 설명 부분을 처리하기 전에, 이 특허 문서를 통해 사용되는 특정 단어 및 구문들에 대한 정의들을 설정하는 것이 효과적일 수 있다: 상기 용어들 “포함하다(include)” 및 “포함하다(comprise)”과 그 파생어들은 한정없는 포함을 의미하며; 상기 용어 “혹은(or)”은 포괄적이고 '및/또는'을 의미하고; 상기 구문들 “~와 연관되는(associated with)” 및 “~와 연관되는(associated therewith)”과 그 파생어들은 포함하고(include), ~내에 포함되고(be included within), ~와 서로 연결되고(interconnect with), 포함하고(contain), ~내에 포함되고(be contained within), ~에 연결하거나 혹은 ~와 연결하고(connect to or with), ~에 연결하거나 혹은 ~와 연결하고(couple to or with), ~와 통신 가능하고(be communicable with), ~와 협조하고(cooperate with), 인터리빙하고(interleave), 병치하고(juxtapose), ~로 가장 근접하고(be proximate to), ~로 ~할 가능성이 크거나 혹은 ~와 ~할 가능성이 크고(be bound to or with), 가지고(have), 소유하고(have a property of) 등과 같은 것을 의미하고; 상기 용어

“제어기”는 적어도 하나의 동작을 제어하는 임의의 디바이스, 시스템, 혹은 그 부분을 의미하고, 상기와 같은 디바이스는 하드웨어, 펌웨어 혹은 소프트웨어, 혹은 상기 하드웨어, 펌웨어 혹은 소프트웨어 중 적어도 2개의 몇몇 조합에서 구현될 수 있다. 어떤 특정 제어기와 연관되는 기능성이라도 집중화되거나 혹은 분산될 수 있으며, 국부적이거나 원격적일 수도 있다는 것에 주의해야만 할 것이다. 특정 단어 및 구문들에 대한 정의들은 이 특허 문서에 걸쳐 제공되고, 해당 기술 분야의 당업자는 많은 경우, 대부분의 경우가 아니라고 해도, 상기와 같은 정의들이 종래 뿐만 아니라 상기와 같이 정의된 단어 및 구문들의 미래의 사용들에도 적용된다는 것을 이해해야만 할 것이다.

### 발명의 효과

[19] 본 발명의 일 실시예는 전이중 통신 시스템에서 자기 간섭을 제거하는 것이 가능하도록 하는 효과가 있다.

[20] 또한 본 발명의 일 실시예는 전이중 통신 시스템에서 자기 간섭을 제거하기 위한 최적의 빔을 선택하는 것이 가능하도록 하는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

[21] 본 발명의 특정한 바람직한 실시예들의 상기에서 설명한 바와 같은 또한 다른 측면들과, 특징들 및 이득들은 첨부 도면들과 함께 처리되는 하기의 설명으로부터 보다 명백하게 될 것이다:

[22] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 아날로그 간섭 제거 회로의 구조를 나타낸 도면,

[23] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국과 단말이 모두 빔포밍을 수행하는 경우에 송신 빔과 수신 빔 모두를 고려해서 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔을 결정하는 절차를 나타낸 신호 흐름도,

[24] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국과 단말이 모두 빔포밍을 수행하는 경우에 송신 빔과 수신 빔 모두를 고려해서 자기 간섭을 제거하는 과정을 나타낸 순서도,

[25] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국만 빔포밍을 수행하는 경우에 송신 빔과 수신 빔 모두를 고려해서 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔을 결정하는 절차를 나타낸 신호 흐름도,

[26] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국만 빔포밍을 수행하는 경우에 송신 빔과 수신 빔 모두를 고려해서 자기 간섭을 제거하는 과정을 나타낸 순서도,

[27] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국과 단말이 모두 빔포밍을 수행하는 경우에 송신 빔을 고려해서 자기 간섭 제거에 최적화된 빔을 결정하는 절차를 나타낸 신호 흐름도,

[28] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국과 단말이 모두 빔포밍을 수행하는 경우에 송신 빔을 고려해서 자기 간섭을 제거하는

- 과정을 나타낸 순서도,
- [29] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국만 빔포밍을 수행하는 경우에 송신 빔을 고려해서 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔을 결정하는 절차를 나타낸 신호 흐름도,
- [30] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국만 빔포밍을 수행하는 경우에 송신 빔을 고려해서 자기 간섭을 제거하는 과정을 나타낸 순서도,
- [31] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국과 단말이 모두 빔포밍을 수행하는 경우에 수신 빔을 고려해서 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔을 결정하는 절차를 나타낸 신호 흐름도,
- [32] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국과 단말이 모두 빔포밍을 수행하는 경우에 수신 빔을 고려해서 자기 간섭을 제거하는 과정을 나타낸 순서도,
- [33] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국만 빔포밍을 수행하는 경우에 수신 빔을 고려해서 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔을 결정하는 절차를 나타낸 신호 흐름도,
- [34] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국만 빔포밍을 수행하는 경우에 수신 빔을 고려해서 자기 간섭을 제거하는 과정을 나타낸 순서도,
- [35] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 통신 장치를 나타낸 블록도.

### 발명의 실시를 위한 형태

- [36] 이하, 본 발명의 실시 예들을 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 그리고, 하기에서는 본 발명의 실시예들에 따른 동작을 이해하는데 필요한 부분만이 설명되며, 그 이외의 부분의 설명은 본 발명의 요지를 흐트리지 않도록 생략될 것이라는 것을 유의하여야 한다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시예들에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [37] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예들을 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면들에 예시하여 상세하게 설명한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [38] 또한, 본 명세서에서 명백하게 다른 내용을 지시하지 않는 “한”과, “상기”와 같은 단수 표현들은 복수 표현들을 포함한다는 것이 이해될 수 있을 것이다. 따라서, 일 예로, “컴포넌트 표면(component surface)”은 하나 혹은 그 이상의 컴포넌트 표현들을 포함한다.

- [39] 또한, 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [40] 또한, 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [41] 또한, 본 발명의 실시예들에서, 별도로 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 발명의 실시예에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [42] 본 발명의 다양한 실시예들에 따르면, 전자 디바이스는 통신 기능을 포함할 수 있다. 일 예로, 전자 디바이스는 스마트폰(smart phone)과, 태블릿(tablet) 개인용 컴퓨터(personal computer: PC)와, 이동 전화기와, 화상 전화기와, 전자책 리더(e-book reader)와, 데스크 탑(desktop) PC와, 랩탑(laptop) PC와, 넷북(netbook) PC와, 개인용 복합 단말기(personal digital assistant: PDA)와, 휴대용 멀티미디어 플레이어(portable multimedia player: PMP)와, 엠프3 플레이어(mp3 player)와, 이동 의료 디바이스와, 카메라와, 웨어러블 디바이스(wearable device)(일 예로, 헤드-마운티드 디바이스(head-mounted device: HMD)와, 전자 의류와, 전자 팔찌와, 전자 목걸이와, 전자 액세서리(accessory)와, 전자 문신, 혹은 스마트 워치(smart watch) 등이 될 수 있다.
- [43] 본 발명의 다양한 실시예들에 따르면, 전자 디바이스는 통신 기능을 가지는 스마트 가정용 기기(smart home appliance)가 될 수 있다. 일 예로, 상기 스마트 가정용 기기는 텔레비전과, 디지털 비디오 디스크(digital video disk: DVD) 플레이어와, 오디오와, 냉장고와, 에어컨과, 진공 청소기와, 오븐과, 마이크로웨이브 오븐과, 워셔와, 드라이어와, 공기 청정기와, 셋-탑 박스(set-top

box)와, TV 박스 (일 예로, Samsung HomeSync™, Apple TV™, 혹은 Google TV™)와, 게임 콘솔(gaming console)과, 전자 사전과, 캠코더와, 전자 사진 프레임 등이 될 수 있다.

- [44] 본 발명의 다양한 실시예들에 따르면, 전자 디바이스는 의료 기기(일 예로, 자기 공명 혈관 조영술(magnetic resonance angiography: MRA) 디바이스와, 자기 공명 화상법(magnetic resonance imaging: MRI)과, 컴퓨터 단층 촬영(computed tomography: CT) 디바이스와, 활상 디바이스, 혹은 초음파 디바이스)와, 네비게이션(navigation) 디바이스와, 전세계 위치 시스템(global positioning system: GPS) 수신기와, 사고 기록 장치(event data recorder: EDR)와, 비행 기록 장치(flight data recorder: FDR)와, 자동차 인포테인먼트 디바이스(automotive infotainment device)와, 항해 전자 디바이스(일 예로, 항해 네비게이션 디바이스, 자이로스코프(gyroscope), 혹은 나침반)와, 항공 전자 디바이스와, 보안 디바이스와, 산업용 혹은 소비자용 로봇(robot) 등이 될 수 있다.
- [45] 본 발명의 다양한 실시예들에 따르면, 전자 디바이스는 통신 기능을 포함하는, 가구와, 빌딩/구조의 일부와, 전자 보드와, 전자 서명 수신 디바이스와, 프로젝터와, 다양한 측정 디바이스들(일 예로, 물과, 전기와, 가스 혹은 전자기 파 측정 디바이스들) 등이 될 수 있다.
- [46] 본 발명의 다양한 실시예들에 따르면, 전자 디바이스는 상기에서 설명한 바와 같은 디바이스들의 조합이 될 수 있다. 또한, 본 발명의 바람직한 실시예들에 따른 전자 디바이스는 상기에서 설명한 바와 같은 디바이스에 한정되는 것이 아니라는 것은 당업자에게 자명할 것이다.
- [47] 한편, 본 발명의 일 실시예에서 제안하는 방법 및 장치는 IEEE 802.11 통신 시스템과, IEEE 802.16 통신 시스템과, 디지털 멀티미디어 방송(digital multimedia broadcasting: DMB) 서비스와, 휴대용 디지털 비디오 방송(digital video broadcasting-handheld: DVP-H), 및 모바일/휴대용 진화된 텔레비전 시스템 협회(advanced television systems committee-mobile/handheld: ATSC-M/H) 서비스 등과 같은 모바일 방송 서비스와, 인터넷 프로토콜 텔레비전(internet protocol television: IPTV) 서비스와 같은 디지털 비디오 방송 시스템과, 엠펙 미디어 트랜스포트(MPEG(moving picture experts group) media transport: MMT) 시스템과, 진화된 패킷 시스템(evolved packet system: EPS)과, LTE 통신 시스템과, LTE-A(LTE-advanced) 통신 시스템과, 고속 하향 링크 패킷 접속(high speed downlink packet access: HSDPA) 이동 통신 시스템과, 고속 상향 링크 패킷 접속(high speed uplink packet access: HSUPA) 이동 통신 시스템과, 3세대 프로젝트 파트너십 2(3rd generation project partnership 2: 3GPP2)의 고속 레이트 패킷 데이터(high rate packet data: HRPD) 이동 통신 시스템과, 3GPP2의 광대역 부호 분할 다중 접속(wideband code division multiple access: WCDMA) 이동 통신 시스템과, 3GPP2의 부호 분할 다중 접속(code division multiple access: CDMA) 이동 통신 시스템과, 모바일 인터넷 프로토콜(mobile internet protocol: Mobile IP)

시스템 등과 같은 다양한 통신 시스템들에 적용 가능함은 물론이다.

- [48] 후술할 본 발명의 실시예에서는 전이중 통신 시스템을 가정하여 설명하도록 한다. 또한 상기 전이중 통신 시스템은 기지국과 단말을 포함하며, 상기 기지국은 동일한 주파수 자원을 이용하여 송신과 수신을 동시에 수행할 수 있으나, 상기 단말은 하드웨어 구성의 제약으로 인해 동일한 주파수 자원을 사용하여 송신과 수신을 동시에 수행할 수 없다고 가정한다. 또한 동일 주파수 자원을 이용한 양방향 통신으로 인해 발생하는 자기 간섭 신호는 아날로그 디지털 변환기(analog-digital converter: ADC)의 입력 범위 내에 포함되는 한 디지털 간섭 제거 방식을 이용하여 모두 제거할 수 있다고 가정한다.
- [49] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 아날로그 간섭 제거 회로의 구조를 나타낸 도면이다.
- [50] 도 1을 참조하면, 도시된 아날로그 간섭 제거 회로(100)는 자기 간섭 채널을 모사하고 상기 자기 간섭 채널을 거친 송신 신호를 수신 신호로부터 제거하기 위해 다수의 탭(tap)들을 가진 회로 형태로 구현된다. 아날로그 간섭 제거 회로(100)에서  $d$ 는 자기 간섭 채널 특정 탭의 지연 시간을 나타내고,  $a$ 는 자기 간섭 채널 특정 탭의 이득을 나타내고,  $b$ 는 자기 간섭 채널 특정 탭의 위상을 나타내고, 하나의 자기 간섭 채널 탭은 이러한 지연 시간, 이득, 위상의 조합에 의해 구성된다.
- [51] 자기 간섭 채널은 선형 채널로써 하나 이상의 자기 간섭 채널 탭 형태를 가지며, 상기 자기 간섭 채널  $h_{SI}(t, \tau)$ 은 하기 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.
- [52] [수식1]

$$h_{SI}(t, \tau) = \sum_{i=0}^{M(t)} \alpha_i(t) \beta_i(t) \delta(\tau - \tau_i(t))$$

- [53] 수학적 식 1에서  $\delta(t)$ 는 디랙 델타 함수(dirac delta function)를 나타내고,  $\alpha(t)$ 는 다중 경로(mutli-path) 탭 이득을 나타내고,  $\beta(t)$ 는 다중 경로 탭 위상을 나타내고,  $\tau(t)$ 는 다중 경로 탭 지연 시간을 나타낸다.
- [54] 아날로그 간섭 제거 회로(100)에서의 간섭 제거는 하기 수학적 식 2와 같이 나타낼 수 있다.
- [55] [수식2]

$$s(t) \otimes h_{SI}(t, \tau) - s(t) \otimes \hat{h}_{SI}(t, \tau) \approx 0$$

- [56] 즉 간섭 채널  $h_{SI}(t, \tau)$ 을 거친 송신 신호  $s(t)$ 로부터 모사된 간섭 채널  $\hat{h}_{SI}(t, \tau)$ 을 거친 송신 신호  $s(t)$ 를 뺄으로써, 수신 신호로부터 간섭 채널에 의한 간섭 신호를 제거할 수 있다.
- [57] 아날로그 간섭 제거 회로(100)는 유한한 지연 시간을 가질 수 밖에 없는 한정된 회로이며, 이러한 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계로 인해 아날로그 간섭

제거 회로(100)를 통해 간섭을 제거한다 하더라도 잔여 자기 간섭(residual self-interference)이 남게 된다. 상기 잔여 자기 간섭을 설명하기에 앞서, 기지국 수신 신호  $R$ 은 하기 수학적 식 3과 같이 나타낼 수 있다.

[58] [수식3]

$$R = H(S_{RF} + N_{TX}) + SI + N_{RX}$$

[59] 수학적 식 3에서  $R$ 은 수신 신호를 나타내고,  $H$ 는 상기 수신 신호의 채널을 나타내고,  $S_{RF}$ 는 송신 무선 주파수(radio frequency: RF) 신호를 나타내고,  $N_{TX}$ 는 송신 잡음을 나타내고,  $SI$ 는 자기 간섭 성분을 나타내고,  $N_{RX}$ 는 수신 잡음을 나타낸다.

[60] 기지국의 수신 신호  $R$ 에는 단말에서 보내는 송신 신호와 잡음 신호 외에 양방향 통신으로 인해 동시에 수신되는 자기 간섭 신호가 수신 잡음과 함께 포함된다. 기지국 수신 신호  $R$ 에는 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계로 인해 잔여 자기 간섭이 포함될 수 있으며, 아날로그 간섭 제거를 수행한 이후에 수신되는 기지국 수신 신호  $R_{ASIC}$ 은 하기 수학적 식 4와 같이 나타낼 수 있다.

[61] [수식4]

$$\begin{aligned} R_{ASIC} &= H(S_{RF} + N_{TX}) + (SI - SI_{AC}) + N_{RX} \\ &= H(S_{RF} + N_{TX}) + SI_{residual} + N_{RX} \end{aligned}$$

[62] 수학적 식 4에서  $R_{ASIC}$ 은 아날로그 간섭 제거를 수행한 이후의 수신 신호를 나타내고,  $H$ 는 상기 수신 신호의 채널을 나타내고,  $S_{RF}$ 는 송신 RF 신호를 나타내고,  $N_{TX}$ 는 송신 잡음을 나타내고,  $SI$ 는 자기 간섭 성분을 나타내고,  $N_{RX}$ 는 수신 잡음을 나타내고,  $SI_{AC}$ 은 아날로그 간섭 제거 회로(100)에 의해 제거가 가능한 자기 간섭 성분을 나타내고,  $SI_{residual}$ 은 아날로그 간섭 제거 회로(100)에 의해 제거가 가능한 자기 간섭 성분을 제거하고 남은 잔여 자기 간섭 성분을 나타낸다.

[63] 한편, 아날로그 간섭 제거 회로(100)를 통해 아날로그 간섭 제거가 수행된 수신 신호는 주파수 하향 변환기(down converter)(102)를 통해 기저대역(baseband) 신호로 변환되고, ADC(104)를 통해 샘플링되어 디지털 신호로 변환된다. 이 과정에서 수신 신호의 왜곡(Saturation)을 막기 위해 수신 신호의 이득을 조절할 수 있으며, 조절되는 이득은 ADC 부품 및 관련 회로에 의해서 부과되는 디지털 동적 범위에 비례하여 결정된다. 이때 수신 신호의 크기는 단말의 송신 신호 및 송신 잡음과 기지국의 잔여 자기 간섭 신호 및 수신 잡음에 의해서 결정되는데, 단말의 송신 신호 및 송신 잡음이 상기 기지국의 잔여 자기 간섭 신호보다 크거나 같은 경우에는 송신 신호의 열화 없이 잔여 자기 간섭 신호가 디지털 간섭 제거에 의해서 제거될 수 있다.

[64] 따라서 본 발명의 실시예에서는 기지국의 잔여 자기 간섭 신호가 단말의 송신 신호 및 송신 잡음보다 큰 경우를 가정하며, 이에 따른 수신 신호  $R_{BB}$ 는 하기

수학식 5와 같이 나타낼 수 있다.

[65] [수식5]

$$R_{BB} = \frac{|DR_{ADC}|}{|H(S_{BB} + N_{Tx}) + SI_{residual}|} (H(S_{BB} + N_{Tx}) + SI_{residual\_BB}) + N_{Rx}$$

$$\approx \frac{|DR_{ADC}|}{|SI_{residual}|} (H(S_{BB} + N_{Tx}) + SI_{residual\_BB}) + N_{Rx}$$

where  $(H(S_{BB} + N_{Tx})) \ll SI_{residual\_BB}$

[66] 수학식 5에서  $R_{BB}$ 는 아날로그 간섭 제거를 수행한 이후에 수신 신호가 주파수 하향 변환된 후 샘플링된 디지털 신호, 즉 ADC(104)에서 출력된 신호를 나타내고,  $DR_{ADC}$ 는 아날로그 간섭 제거 회로(100) 상의 ADC 동적 범위를 나타내고,  $H$ 는 수신 신호의 채널을 나타내고,  $S_{BB}$ 는 송신 기저대역 신호를 나타내고,  $N_{Tx}$ 는 송신 잡음을 나타내고,  $N_{Rx}$ 는 수신 잡음을 나타내고,  $SI_{residual}$ 은 아날로그 간섭 제거 회로(100)에 의해 제거가 가능한 자기 간섭 성분을 제거하고 남은 잔여 자기 간섭 성분을 나타내고,  $SI_{residual\_BB}$ 는 아날로그 간섭 제거 회로(100)에 의해 제거가 가능한 자기 간섭 성분을 제외하고 남은 기저대역 잔여 자기 간섭 성분을 나타낸다.

[67] 기저대역 신호를 ADC(104)를 통해 샘플링 한 이후에 디지털 간섭 제거기(106)를 통해 디지털 간섭 제거를 수행한 최종 수신 신호  $R_{DSIC}$ 는 하기 수학식 6과 같이 나타낼 수 있다.

[68] [수식6]

$$R_{DSIC} = \frac{|DR_{ADC}|}{|SI_{residual}|} (H(S_{BB} + N_{Tx}) + SI_{residual\_BB}) + N_{Rx} - \frac{|DR_{ADC}|}{|SI_{residual}|} SI_{residual\_BB}$$

$$= \frac{|DR_{ADC}|}{|SI_{residual}|} (H(S_{BB} + N_{Tx})) + N_{Rx}$$

[69] 수학식 6에서  $R_{DSIC}$ 는 아날로그 간섭 제거 및 디지털 간섭 제거를 수행한 최종 신호, 즉 디지털 간섭 제거기(106)에서 출력된 신호를 나타내고,  $DR_{ADC}$ 는 아날로그 간섭 제거 회로(100) 상의 ADC 동적 범위를 나타내고,  $H$ 는 수신 신호의 채널을 나타내고,  $S_{BB}$ 는 송신 기저대역 신호를 나타내고,  $N_{Tx}$ 는 송신 잡음을 나타내고,  $N_{Rx}$ 는 수신 잡음을 나타내고,  $SI_{residual}$ 은 아날로그 간섭 제거 회로(100)에 의해 제거가 가능한 자기 간섭 성분을 제거하고 남은 잔여 자기 간섭 성분을 나타내고,  $SI_{residual\_BB}$ 는 아날로그 간섭 제거 회로(100)에 의해 제거가 가능한 자기 간섭 성분을 제외하고 남은 기저대역 잔여 자기 간섭 성분을 나타낸다.

[70] 최종 수신 신호  $R_{DSIC}$ 에 대한 채널 추정 및 등화를 수행한 이후 SINR은 하기

수학식 7과 같이 나타낼 수 있다.

[71] [수식7]

$$\begin{aligned} SINR &= \frac{\frac{|DR_{ADC}|}{|SI_{residual}|} S_{BB}}{\frac{|DR_{ADC}|}{|SI_{residual}|} N_{Tx} + N_{Rx}} \\ &= \frac{S_{BB}}{N_{Tx} + \frac{|SI_{residual}|}{|DR_{ADC}|} N_{Rx}} \end{aligned}$$

[72] 수학식 7에서  $DR_{ADC}$ 는 아날로그 간섭 제거 회로(100) 상의 ADC 동적 범위를 나타내고,  $S_{BB}$ 는 송신 기저대역 신호를 나타내고,  $N_{Tx}$ 는 송신 잡음을 나타내고,  $N_{Rx}$ 는 수신 잡음을 나타내고,  $SI_{residual}$ 은 아날로그 간섭 제거 회로(100)에 의해 제거가 가능한 자기 간섭 성분을 제외하고 남은 잔여 자기 간섭 성분을 나타낸다.

[73] 수학식 7에 의하면 아날로그 간섭 제거 회로(100) 상의 ADC 동적 범위  $DR_{ADC}$ 를 넘는 잔여 자기 간섭 성분  $SI_{residual}$ 의 크기만큼 SINR이 열화되므로 단순 SINR이 아닌 잔여 자기 간섭의 양이 빔포밍의 척도(metric)가 되어야만 한다.

[74] 한편, 아날로그 간섭 제거 회로(100)에 의한 자기 간섭 제거 능력의 한계, 즉 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계는 하기 수학식 8과 같이 나타낼 수 있다..

[75] [수식8]

$$h_{SI}^C(\tau) = \sum_{j=0}^{N-1} \alpha'_j \beta'_j \delta(\tau - \tau'_j)$$

[76] 수학식 8에서  $\delta(t)$ 는 디랙 델타 함수(dirac delta function)를 나타내고,  $N$ 은 연속 간섭 제거(successive interference cancellation: SIC) 탭 지연 개수를 나타내고,  $\alpha'$ 은 아날로그 SIC 탭 이득을 나타내고,  $\beta'$ 은 아날로그 SIC 탭 위상을 나타내고,  $\tau'$ 은 아날로그 SIC 탭 지연 시간을 나타낸다.

[77] 자기 간섭 채널과 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계로부터 얻어지는 잔여 자기 간섭 신호  $r_{residual\_SI}(t)$ 는 하기 수학식 9와 같이 나타낼 수 있다.

[78] [수식9]

$$r_{residual\_SI}(t) = \sum_{i=0}^{M(t)} \alpha_i(t) \beta_i(t) s(t - \tau_i(t)) - \sum_{i=0}^{N-1} \alpha'_i \beta'_i s(t - \tau'_i)$$

[79] 수학식 9에서  $s(t)$ 는 송신 신호를 나타내고,  $r_{\text{residual\_SI}}(t)$ 는 잔여 자기 간섭 신호를 나타낸다.

[80] 아날로그 자기 간섭 제거 능력을 최대한 활용한다는 관점에서 잔여 자기 간섭 신호  $r_{\text{residual\_SI}}(t)$ 는 자기 간섭 채널에서 지연 시간이 긴 자기 간섭 신호에 관련된 Tap에 해당하는 신호 성분으로 볼 수 있다.

[81] 상기 수학식 9로부터 빔포밍의 척도로 사용되는 잔여 자기 간섭 성분은 하기 수학식 10과 같이 나타낼 수 있다.

[82] [수식10]

$$S_{I_{\text{Residual}}}(t) \approx \sqrt{\sum_{i=N}^{M(t)} |\alpha_i(t)|^2}$$

[83] 또한 빔포밍의 척도로 사용되는 잔여 자기 간섭 성분과, 동일 주파수 자원을 이용하여 송수신을 동시에 수행하는 전이중 통신 방식의 특성으로부터 최적화된 채널 용량은 하기 수학식 11과 같이 나타낼 수 있다.

[84] [수식11]

$$C_{FD} = W \left( \log(1 + \text{SINR}_{DL}) + \log(1 + \text{SINR}_{UL}) \right)$$

$$= W \left[ \log(1 + \text{SINR}_{DL}) + \log\left(1 + \left( \frac{S_{UL\_UE}}{N_{UE\_Tx} + \frac{|SI_{\text{residual}}|}{|DR_{ADC}}| N_{Rx}} \right) \right) \right]$$

[85] 수학식 11에서  $\text{SINR}_{DL}$ 은 하향링크의 신호 대 간섭 및 잡음비(signal-to-interference-plus-noise ratio)를 나타내고,  $\text{SINR}_{UL}$ 은 상향링크의 신호 대 간섭 및 잡음비를 나타내고,  $S_{UL\_UE}$ 는 상향링크로 연결되는 단말의 신호를 나타내고,  $N_{UL\_Tx}$ 는 상향링크로 연결되는 단말의 송신 잡음을 나타내고,  $DR_{ADC}$ 는 아날로그 간섭 제거 회로(100) 상의 ADC 동적 범위를 나타내고,  $N_{Rx}$ 는 수신 잡음을 나타내고,  $SI_{\text{residual}}$ 은 아날로그 간섭 제거 회로(100)에 의해 제거가 가능한 자기 간섭 성분을 제거하고 남은 잔여 자기 간섭 성분이다.

[86] 상기 수학식 11에서는 전이중 통신 시스템의 용량 최적화를 위하여 단말의 수신신호(또는 하향링크 신호)와 기지국의 수신신호(또는 상향링크 신호) 각각에 대한  $\text{SINR}$ 을 기반으로 하여 채널 용량을 추정한다. 이때  $\text{SINR}$  척도에는 잔여 자기 간섭이 포함되어 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계를 반영한다. 따라서 수학식 11에 의해 계산되는 채널 용량을 기반으로 기지국과 단말 간의 모든 빔들 중 채널 용량이 최대가 되는 빔을 선택하면 시스템 성능을 최대화할 수 있다.

[87] 한편, 전이중 통신 시스템의 채널 용량은, 상기 전이중 통신 시스템이 동일 주파수 자원을 이용하여 양방향 통신을 수행한다는 특성과 상향링크 트래픽과

하향링크 트래픽의 비율이 비대칭을 이루는 특성을 기반으로 보다 개선될 수 있다.

[88] 일반적으로 상향링크는 하향링크에 비해 트래픽 양이 적고 자기 간섭에 의해  $SINR$ 이 낮아질 가능성이 존재하기 때문에, 하향링크에 비해 상향링크의 트래픽 양이 적을 때 상향링크의 가중치를 줄이는 것은 자기 간섭에 의한 영향을 감소시키는 것과 동일한 효과를 발휘한다.

[89] 상향링크와 하향링크의 트래픽 양의 비율에 따라서 채널 용량을 조정하기 위해, 최적화된 채널 용량을 나타낸 수학적 식 11에 가중치를 적용한 예는 하기 수학적 식 12와 같이 나타낼 수 있다.

[90] [수식12]

$$C_{FD} = W((1 + \alpha)\log(1 + SINR_{DL}) + (1 - \alpha)\log(1 + SINR_{UL}))$$

$$= W \left[ (1 + \alpha)\log(1 + SINR_{DL}) + (1 - \alpha)\log\left(1 + \frac{S_{UL\_UE}}{N_{UE\_Tx} + \frac{|SI_{residual}|}{|DR_{ADC}|} N_{Rx}}\right) \right]$$

where  $\alpha = -1 \sim +1$   
 $-1$ (UL HD),  $0$ (FD),  $1$ (DL HD)

[91] 수학적 식 12에서  $SINR_{DL}$ 은 하향링크의 신호 대 간섭 및 잡음비를 나타내고,  $SINR_{UL}$ 은 상향링크의 신호 대 간섭 및 잡음비를 나타내고,  $S_{UL\_UE}$ 는 상향링크로 연결되는 단말의 신호를 나타내고,  $N_{UL\_Tx}$ 는 상향링크로 연결되는 단말의 송신 잡음을 나타내고,  $DR_{ADC}$ 는 아날로그 간섭 제거 회로(100) 상의 ADC 동적 범위를 나타내고,  $N_{Rx}$ 는 수신 잡음을 나타내고,  $SI_{residual}$ 은 아날로그 간섭 제거 회로(100)에 의해 제거가 가능한 자기 간섭 성분을 제외하고 남은 잔여 자기 간섭 성분을 나타내고,  $\alpha$ 는 상향링크와 하향링크의 트래픽 양이 비율을 반영하기 위한 가중치를 나타낸다.

[92] 상기 수학적 식 12에 의해 계산되는 채널 용량을 기반으로 기지국과 단말 간의 모든 빔들 중 채널 용량이 최대가 되는 빔을 선택하면 시스템 성능을 최대화할 수 있다.

[93] 한편, 하향링크 또는 상향링크가 다중 입력 다중 출력(multi input multi output: MIMO)를 지원하는 경우 MIMO 랭크(rank)에 따른 각 스트림은 독립적인  $SINR$ 을 가질 수 있다. 이 경우 각각의 독립적인  $SINR$ 을 고려하여 채널 용량이 최대화되도록 할 수 있다. 하향링크 또는 상향링크가 MIMO 채널에서 복수의 랭크를 가지는 경우 채널 용량은 하기 수학적 식 13과 같이 나타낼 수 있다.

[94] [수식 13]

$$C_{FD} = W \left\{ (1 + \alpha) \left[ \log(1 + SINR_{DL\_R1}) + \dots + \log(1 + SINR_{DL\_RN}) \right] \right. \\ \left. + (1 - \alpha) \left[ \log\left(1 + \left( \frac{S_{UL\_UE\_R1}}{N_{UE\_Tx1} + \frac{|SI_{residual1}|}{|DR_{ADC}|} N_{Rx}} \right)\right) + \dots + \log\left(1 + \left( \frac{S_{UL\_UE\_RN}}{N_{UE\_TxN} + \frac{|SI_{residualN}|}{|DR_{ADC}|} N_{Rx}} \right)\right) \right] \right\}$$

- [95] 수학식 13에서  $SINR_{DL\_R1}$ 은 하향링크 1번 스트림의 신호 대 간섭 및 잡음비를 나타내고,  $SINR_{DL\_RN}$ 은 하향링크 N번 스트림의 신호 대 간섭 및 잡음비를 나타내고,  $S_{UL\_UE\_R1}$ 은 상향링크로 연결되는 단말의 1번 스트림 신호를 나타내고,  $S_{UL\_UE\_RN}$ 은 상향링크로 연결되는 단말의 N번 스트림 신호를 나타내고,  $N_{UL\_Tx1}$ 은 상향링크로 연결되는 단말의 1번 스트림의 송신 잡음을 나타내고,  $N_{UL\_TxN}$ 은 상향링크로 연결되는 단말의 N번 스트림의 송신 잡음을 나타내고,  $DR_{ADC}$ 는 아날로그 간섭 제거 회로(100) 상의 ADC 동적 범위를 나타내고,  $N_{Rx}$ 는 수신 잡음을 나타내고,  $SI_{residual1}$ 은 간섭 제거 회로(100)에 의해 제거가 가능한 자기 간섭 성분을 제외하고 남은 1번째 잔여 자기 간섭 성분,  $SI_{residualN}$ 은 간섭 제거 회로(100)에 의해 제거가 가능한 자기 간섭 성분을 제외하고 남은 N번째 스트림의 잔여 자기 간섭 성분을 나타내고,  $\alpha$ 는 트래픽 비율을 반영하기 위한 가중치를 나타낸다.
- [96] 상기 수학식 13에 의해 계산되는 채널 용량을 기반으로 기지국과 단말 간의 모든 빔들 중 채널 용량이 최대가 되는 빔을 선택하면 시스템 성능을 최대화할 수 있다.
- [97] 본 발명의 실시예에서는 전이중 통신 방식을 이용하는 전이중 통신 시스템을 일례로 설명하였다. 그러나 전이중 통신 방식의 운용으로 발생하는 자기 간섭의 영향으로 인해 경우에 따라서는 반이중(half-duplex) 통신 방식의 운용이 전이중 통신 방식보다 효율적일 수도 있다.
- [98] 따라서 본 발명의 실시예에서는 전체 간섭 크기와 채널 용량을 고려하여 전이중 통신 방식과 반이중 통신 방식 중 하나를 선택하여 적용하는 방안을 포함한다.
- [99] 전이중 통신 방식과 반이중 통신 방식 중 어느 하나를 선택할 때 고려되는 척도 중 전체 간섭 크기는 간섭 신호가 시스템이 처리할 수 있는 자기 간섭 제거의 한계 이내에 있는지를 판단하는 것이다. 상기 시스템에서 처리할 수 있는 자기 간섭 제거의 한계는 시스템의 구성에 의해 달라질 수 있다.
- [100] 일례로 수신된 자기 간섭 신호에 대하여 아날로그 자기 간섭 제거 성능이 50dB이고, 디지털 자기 간섭 제거 성능이 50dB 인 경우, 잡음 지수(noise figure)를 더한 수신기의 감도(sensitivity)로부터 100dB 더 큰 자기 간섭을 처리할 수 있다. 그러나 100dB를 초과한 자기 간섭 신호가 수신되는 경우에는 전이중 통신 방식 대신 반이중 통신 방식을 선택하여 적용할 수 있다.

- [101] 전이중 통신 방식과 반이중 통신 방식 중 어느 하나를 선택할 때 고려되는 척도 중 채널 용량은 전이중 통신 방식에서 추정된 채널 용량이 반이중 방식에서 상향 링크와 하향 링크 각각의 SINR에 기반한 채널 용량의 합보다 큰지를 판단하는 것이다.
- [102] 일례로 전이중 통신 방식에서 추정된 채널 용량이 8.0 이고, 반이중 방식에서 상향 링크 SINR에 기반한 채널 용량이 4.0이고 하향 링크 SINR에 기반한 채널 용량이 5.0인 경우, 반이중 방식의 상향링크/하향링크 채널 용량의 합은 9.0이므로, 이 경우에는 전이중 통신 방식 대신 채널 용량이 상대적으로 큰 반이중 통신 방식을 선택하여 적용할 수 있다.
- [103] 한편, 전이중 통신 시스템에서 채널 용량을 기반으로 빔을 선택하기 위해서는 송신 빔과 수신 빔을 탐색하고 결정하는 과정이 필요하다.
- [104] 이러한 빔 운용 방법에는 기지국과 단말이 모두 빔을 운용하는 방법과 기지국만이 빔을 운용하는 방법이 있다. 기지국과 단말이 모두 빔을 운용하는 방법이 시스템의 성능을 최적화할 수 있으나 단말의 제약에 따라서 기지국만이 빔을 운용하는 방법을 선택할 수도 있다.
- [105] 전이중 통신 시스템의 자기 간섭에 최적화된 송신 빔/수신 빔을 탐색하는 방법에는 송신 빔과 수신 빔 모두를 고려하여 탐색하는 방법과 송신 빔과 수신 빔을 별도로 탐색하는 방법이 있다. 송신 빔과 수신 빔을 모두 고려하여 탐색하는 방법이 시스템의 성능을 최적화할 수 있으나, 다른 제약에 의해서 송신 빔과 수신 빔을 별도로 탐색하는 방법을 선택할 수도 있다.
- [106] 본 발명에서 제안한 최적의 빔을 선택하는 과정은 송신 빔과 수신 빔을 동시에 모든 가능한 빔 방향으로 송수신하고, 모든 가능한 송신 빔/수신 빔 조합에 대해 자기 간섭을 추정하고, 상향링크와 하향링크 각각의 SINR과 MIMO 랭크를 추정하여 채널 용량이 가장 큰 빔을 선택하는 과정이다. 후술할 본 발명의 실시예에서는 기지국이 송신 가능한 모든 빔 방향으로 신호를 한번 이상 송신하고, 단말이 수신 가능한 모든 빔 방향으로 상기 신호를 수신하는 것을 빔 스위핑(sweeping)이라 정의한다. 이때 추정하는 자기 간섭에는 잔여 자기 간섭이 포함되며, 상기 잔여 자기 간섭은 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계가 반영된다.
- [107] 그러나, 앞서 언급한 바와 같이 송신 빔과 수신 빔을 별도로 탐색하여 기지국이 송신 가능한 모든 방향의 빔 또는 단말이 수신 가능한 모든 방향의 빔에 대한 자기 간섭을 추정하고, 상향링크와 하향링크 각각의 신호 대 간섭 잡음 비와 MIMO 랭크를 추정하여 채널 용량이 가장 큰 빔을 선택할 수도 있다.
- [108] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국과 단말이 모두 빔포밍을 수행하는 경우에 송신 빔과 수신 빔 모두를 고려해서 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔을 결정하는 절차를 나타낸 신호 흐름도이다.
- [109] 도 2를 참조하면, 도시된 통신 시스템은 기지국(evolved node b: eNB)(200), 하향링크(downlink: DL) 단말(user equipment: UE)(210), 상향링크(uplink: UL)

UE(220)를 포함한다.

- [110] eNB(200)는 DL UE(210)와 하향링크 송신(Tx) 빔/수신(Rx) 빔 스위핑을 수행한다.(201단계) 즉 eNB(200)는 DL UE(210)의 SINR 및 MIMO 랭크를 측정하기 위한 목적으로 송신 가능한 모든 빔 방향으로 신호를 한번 이상 송신하고, DL UE(210)는 수신 가능한 모든 빔 방향으로 상기 신호를 수신한다.
- [111] 또한 eNB(200)는 UL UE(220)가 송신하는 신호를 수신 가능한 모든 빔 방향으로 수신한다.
- [112] DL UE(210)는 하향링크의 채널 상태 정보(channel state information: CSI), 일레로 채널 품질 지시자(channel quality indicator: CQI)와 랭크 지시자(rank indicator: RI)를 추정하고, 추정된 CQI와 RI를 eNB(200)로 피드백한다.(203단계)
- [113] eNB(200)는 DL UE(210)로부터 피드백되는 CSI를 기반으로, 모든 빔 조합에 대해 상향링크 자기 간섭 채널을 추정한다.(205단계) 상기 모든 빔 조합은 기지국의 송신 빔/수신 빔 조합, 상향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합, 하향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합 등을 포함하며, 상기 하향링크 CSI는 CQI와 RI 등을 포함한다. 이후 eNB(200)는 205단계에서 추정된 자기 간섭 채널에 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계를 반영하여 잔여 자기 간섭을 획득할 수 있다.
- [114] eNB(200)는 UL UE(220)와 상향링크 송신(Tx) 빔/수신(Rx) 빔 스위핑을 수행한다.(207단계) 즉 UL UE(220)는 eNB(200)가 상향링크의 SINR 및 MIMO 랭크를 측정할 수 있도록 송신 가능한 모든 빔 방향으로 신호를 한번 이상 송신하고, eNB(200)는 수신 가능한 모든 빔 방향으로 상기 신호를 수신하여 상향링크의 CSI, 즉 CQI와 RI를 추정한다.(209단계)
- [115] eNB(200)는 203단계에서 수신한 하향링크 CSI와 209단계에서 추정된 상향링크 CSI를 고려하여 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔 조합을 결정하고,(211단계) 결정된 최적의 빔 조합에 관련한 정보를 DL UE(210)와 UL UE(220)에 각각 전송한다.(213단계, 215단계) 상기 최적의 빔 조합을 결정하는 구성에 대해서는 하기 도 3을 통해 보다 상세히 설명하도록 한다.
- [116] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국과 단말이 모두 빔포밍을 수행하는 경우에 송신 빔과 수신 빔 모두를 고려해서 자기 간섭을 제거하는 과정을 나타낸 순서도이다.
- [117] 도 3을 참조하면, 302단계에서 기지국은 하향링크 송신 빔과 상향링크 수신 빔 탐색을 통해 모든 빔 조합에 대한 상향링크 자기 간섭 채널을 추정한다.
- [118] 304단계에서 기지국은 자기 간섭 채널에 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계를 반영하여 상기 자기 간섭 채널의 잔여 자기 간섭을 추정한다.
- [119] 306단계에서 기지국은 모든 빔 조합에 대한 채널 용량을 추정하고, 308단계로 진행하여 이중 채널 용량이 가장 큰 빔 조합을 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔으로 선택한다. 상기 모든 빔 조합은 기지국의 송신 빔/수신 빔 조합, 상향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합, 하향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합

등을 포함한다.

- [120] 310단계에서 기지국은 상기 선택된 빔 조합의 채널 용량, 즉 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 상향링크 채널 용량과 하향링크 채널 용량의 합, 즉 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 큰지 여부를 검사한다.
- [121] 검사 결과 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 큰 경우, 기지국은 312단계로 진행하여 308단계에서 선택한 빔 조합에 관련된 정보를 단말에게 전송한다.
- [122] 또한 검사 결과 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 작거나 같은 경우, 기지국은 314단계로 진행하여 일반적인 빔 선택 방법으로 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔을 선택한다.
- [123] 316단계에서 기지국은 선택된 빔 조합을 기반으로 자기 간섭을 제거한다.
- [124] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국만 빔포밍을 수행하는 경우에 송신 빔과 수신 빔 모두를 고려해서 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔을 결정하는 절차를 나타낸 신호 흐름도이다.
- [125] 도 4를 참조하면, 도시된 통신 시스템은 eNB(400), DL UE(410), UL UE(420)를 포함한다.
- [126] eNB(400)는 DL UE(410)와 하향링크 송신(Tx) 빔 스위핑을 수행한다.(401단계) 즉 eNB(400)는 DL UE(410)의 SINR 및 MIMO 랭크를 측정하기 위한 목적으로 송신 가능한 모든 빔 방향으로 신호를 한번 이상 송신하고, DL UE(410)는 상기 신호를 수신하여 하향링크의 CSI, 일례로 CQI와 RI를 추정한다. 이후 DL UE(410)는 상기 추정된 CQI와 RI를 eNB(400)로 피드백한다.(403단계)
- [127] eNB(400)는 DL UE(410)로부터 피드백되는 하향링크 CSI를 기반으로, 모든 빔 조합에 대해 상향링크 자기 간섭 채널을 추정한다.(405단계) 상기 모든 빔 조합은 기지국의 송신 빔/수신 빔 조합, 상향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합, 하향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합 등을 포함하며, 상기 하향링크 CSI는 CQI와 RI 등을 포함한다. 이후 eNB(400)는 405단계에서 추정된 자기 간섭 채널에 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계를 반영하여 잔여 자기 간섭을 획득할 수 있다.
- [128] eNB(400)는 UL UE(420)와 상향링크 수신(Rx) 빔 스위핑을 수행한다.(407단계) 즉 eNB(400)는 UL UE(220)로부터 송신되는 신호를 수신 가능한 모든 빔 방향으로 수신하여 상향링크의 CSI, 즉 CQI와 RI를 추정한다.(409단계)
- [129] eNB(400)는 403단계에서 수신한 하향링크 CSI와 409단계에서 추정된 상향링크 CSI를 고려하여 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔 조합을 결정한다.(411단계) 상기 최적의 빔 조합을 결정하는 구성에 대해서는 하기 도 5를 통해 보다 상세히 설명하도록 한다.
- [130] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국만 빔포밍을 수행하는 경우에 송신 빔과 수신 빔 모두를 고려해서 자기 간섭을 제거하는 과정을 나타낸 순서도이다.

- [131] 도 5를 참조하면, 502단계에서 기지국은 하향링크 송신 빔과 상향링크 수신 빔 탐색을 통해 모든 빔 조합에 대해 상향링크 자기 간섭 채널을 추정한다.
- [132] 504단계에서 기지국은 자기 간섭 채널에 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계를 반영하여 상기 자기 간섭 채널의 잔여 자기 간섭을 추정한다.
- [133] 506단계에서 기지국은 모든 빔 조합에 대한 채널 용량을 추정하고, 508단계로 진행하여 이중 채널 용량이 가장 큰 빔 조합을 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔으로 선택한다. 상기 모든 빔 조합은 기지국의 송신 빔/수신 빔 조합, 상향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합, 하향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합 등을 포함한다.
- [134] 510단계에서 기지국은 상기 선택된 빔 조합의 채널 용량, 즉 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 상향링크 채널 용량과 하향링크 채널 용량의 합, 즉 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 큰지 여부를 검사한다.
- [135] 검사 결과 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 큰 경우, 기지국은 514단계로 진행하여 선택된 빔 조합을 기반으로 자기 간섭을 제거한다.
- [136] 또한 검사 결과 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 작거나 같은 경우, 기지국은 512단계로 진행하여 일반적인 빔 선택 방법으로 자기 간섭 제거에 사용될 빔 조합을 선택한다.
- [137] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국과 단말이 모두 빔포밍을 수행하는 경우에 송신 빔을 고려해서 자기 간섭 제거에 최적화된 빔을 결정하는 절차를 나타낸 신호 흐름도이다.
- [138] 도 6을 참조하면, 도시된 통신 시스템은 eNB(600), DL UE(610), UL UE(620)를 포함한다.
- [139] eNB(600)는 DL UE(610)와 하향링크 송신(Tx) 빔/수신(Rx) 빔 스위핑을 수행한다.(601단계) 즉 eNB(600)는 DL UE(610)의 SINR 및 MIMO 랭크를 측정하기 위한 목적으로 송신 가능한 모든 빔 방향으로 신호를 한번 이상 송신하고, DL UE(610)는 수신 가능한 모든 빔 방향으로 상기 신호를 수신한다.
- [140] DL UE(610)는 하향링크의 CSI, 일례로 CQI와 RI를 추정하고, 추정된 CQI와 RI를 eNB(600)로 피드백한다.(603단계)
- [141] eNB(600)는 DL UE(610)로부터 피드백되는 CSI를 기반으로, 모든 빔 조합에 대해 상향링크 자기 간섭 채널을 추정한다.(605단계) 상기 모든 빔 조합은 기지국의 송신 빔/수신 빔 조합, 상향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합, 하향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합 등을 포함하며, 상기 하향링크 CSI는 CQI와 RI 등을 포함한다. 이후 eNB(600)는 605단계에서 추정된 자기 간섭 채널에 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계를 반영하여 잔여 자기 간섭을 획득할 수 있다.
- [142] eNB(600)는 UL UE(620)와 상향링크 송신(Tx) 빔/수신(Rx) 빔 스위핑을 수행한다.(607단계) 즉 UL UE(620)는 eNB(600)가 상향링크의 SINR 및 MIMO

랭크를 측정할 수 있도록 송신 가능한 모든 빔 방향으로 신호를 한번 이상 송신하고, eNB(600)는 수신 가능한 모든 빔 방향으로 상기 신호를 수신하여 상향링크의 CSI, 즉 CQI와 RI를 추정한다.(609단계)

- [143] eNB(600)는 603단계에서 수신한 하향링크 CSI와 609단계에서 추정된 상향링크 CSI를 고려하여 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔 조합을 결정하고,(611단계) 결정된 최적의 빔 조합에 관련된 정보를 DL UE(610)와 UL UE(620)에 각각 전송한다.(613단계, 615단계) 상기 최적의 빔 조합을 결정하는 구성에 대해서는 하기 도 7을 통해 보다 상세히 설명하도록 한다.
- [144] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국과 단말이 모두 빔포밍을 수행하는 경우에 송신 빔을 고려해서 자기 간섭을 제거하는 과정을 나타낸 순서도이다.
- [145] 도 7을 참조하면, 702단계에서 기지국은 하향링크 송신 빔 탐색을 통해 모든 빔 조합에 대한 상향링크 자기 간섭 채널을 추정한다.
- [146] 704단계에서 기지국은 자기 간섭 채널에 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계를 반영하여 상기 자기 간섭 채널의 잔여 자기 간섭을 추정한다.
- [147] 706단계에서 기지국은 모든 빔 조합에 대한 채널 용량을 추정하고, 708단계로 진행하여 이중 채널 용량이 가장 큰 빔 조합을 선택한다. 상기 모든 빔 조합은 기지국의 송신 빔/수신 빔 조합, 상향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합, 하향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합 등을 포함한다.
- [148] 710단계에서 기지국은 상기 선택된 빔 조합의 채널 용량, 즉 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 상향링크 채널 용량과 하향링크 채널 용량의 합, 즉 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 큰지 여부를 검사한다.
- [149] 검사 결과 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 큰 경우, 기지국은 712단계로 진행하여 708단계에서 선택한 빔 조합에 관련된 정보를 단말에게 전송한다.
- [150] 또한 검사 결과 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 작거나 같은 경우, 기지국은 714단계로 진행하여 일반적인 빔 선택 방법으로 자기 간섭 제거에 사용될 빔 조합을 선택한다.
- [151] 716단계에서 기지국은 선택된 빔 조합을 기반으로 자기 간섭을 제거한다.
- [152] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국만 빔포밍을 수행하는 경우에 송신 빔을 고려해서 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔을 결정하는 절차를 나타낸 신호 흐름도이다.
- [153] 도 8을 참조하면, 도시된 통신 시스템은 eNB(800), DL UE(810), UL UE(820)를 포함한다.
- [154] eNB(800)는 DL UE(810)와 하향링크 송신(Tx) 빔 스위핑을 수행한다.(801단계) 즉 eNB(800)는 DL UE(810)의 SINR 및 MIMO 랭크를 측정하기 위한 목적으로 송신 가능한 모든 빔 방향으로 신호를 한번 이상 송신하고, DL UE(810)는 상기 신호를 수신하여 하향링크의 CSI, 일레로 CQI와 RI를 추정한다. 이후 DL

- UE(810)는 상기 추정된 CQI와 RI를 eNB(800)로 피드백한다.(803단계)
- [155] eNB(800)는 DL UE(810)로부터 피드백되는 하향링크 CSI를 기반으로, 모든 빔 조합에 대해 상향링크 자기 간섭 채널을 추정한다.(805단계) 상기 모든 빔 조합은 기지국의 송신빔/수신빔 조합, 상향링크에서의 송신빔/수신빔 조합, 하향링크에서의 송신빔/수신빔 조합 등을 포함하며, 상기 하향링크 CSI는 CQI와 RI 등을 포함한다. 이후 eNB(800)는 805단계에서 추정된 자기 간섭 채널에 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계를 반영하여 잔여 자기 간섭을 획득할 수 있다.
- [156] eNB(800)는 UL UE(820)와 상향링크 수신(Rx) 빔 스위핑을 수행한다.(807단계) 즉 eNB(800)는 UL UE(820)로부터 송신되는 신호를 수신 가능한 모든 빔 방향으로 수신하여 상향링크의 CSI, 즉 CQI와 RI를 추정한다.(809단계)
- [157] eNB(800)는 803단계에서 수신한 하향링크 CSI와 809단계에서 추정된 상향링크 CSI를 고려하여 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔 조합을 결정한다.(811단계) 상기 최적의 빔 조합을 결정하는 구성에 대해서는 하기 도 9를 통해 보다 상세히 설명하도록 한다.
- [158] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국만 빔포밍을 수행하는 경우에 송신 빔을 고려해서 자기 간섭을 제거하는 과정을 나타낸 순서도이다.
- [159] 도 9를 참조하면, 902단계에서 기지국은 하향링크 송신 빔 탐색을 통해 모든 빔 조합에 대해 상향링크 자기 간섭 채널을 추정한다.
- [160] 904단계에서 기지국은 자기 간섭 채널에 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계를 반영하여 상기 자기 간섭 채널의 잔여 자기 간섭을 추정한다.
- [161] 906단계에서 기지국은 모든 빔 조합에 대한 채널 용량을 추정하고, 908단계로 진행하여 이중 채널 용량이 가장 큰 빔 조합을 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔으로 선택한다. 상기 모든 빔 조합은 기지국의 송신 빔/수신 빔 조합, 상향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합, 하향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합 등을 포함한다.
- [162] 910단계에서 기지국은 상기 선택된 빔 조합의 채널 용량, 즉 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 상향링크 채널 용량과 하향링크 채널 용량의 합, 즉 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 큰지 여부를 검사한다.
- [163] 검사 결과 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 큰 경우, 기지국은 914단계로 진행하여 선택된 빔 조합을 기반으로 자기 간섭을 제거한다.
- [164] 또한 검사 결과 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 작거나 같은 경우, 기지국은 912단계로 진행하여 일반적인 빔 선택 방법으로 자기 간섭 제거에 사용될 빔 조합을 선택한다.
- [165] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국과 단말이 모두 빔포밍을 수행하는 경우에 수신 빔을 고려해서 자기 간섭 제거를 위한

- 최적의 빔을 결정하는 절차를 나타낸 신호 흐름도이다.
- [166] 도 10을 참조하면, 도시된 통신 시스템은 eNB(1000), DL UE(1010), UL UE(1020)를 포함한다.
- [167] eNB(1000)는 DL UE(1010)와 하향링크 송신(Tx) 빔/수신(Rx) 빔 스위핑을 수행한다.(1001단계) 즉 eNB(1000)는 DL UE(1010)의 SINR 및 MIMO 랭크를 측정하기 위한 목적으로 송신 가능한 모든 빔 방향으로 신호를 한번 이상 송신하고, DL UE(1010)는 수신 가능한 모든 빔 방향으로 상기 신호를 수신한다.
- [168] DL UE(1010)는 하향링크의 CSI, 일례로 CQI와 RI를 추정하고, 추정된 CQI와 RI를 eNB(1000)로 피드백한다.(1005단계) 이때 DL UE(1010)는 eNB(1000)로부터 송신된 신호의 수신에 관련된 수신 빔들 중 최적의 채널 환경을 보장하는 수신 빔을 하향링크 최적빔으로 결정하고,(1003단계) 결정된 최적빔에 관련된 정보를 상기 하향링크의 CSI와 함께 피드백한다.(1005단계)
- [169] 또한 eNB(1000)는 UL UE(1020)와 상향링크 수신 빔 스위핑을 수행한다.(1007단계) 즉 eNB(1000)는 UL UE(1020)가 송신하는 신호를 수신 가능한 모든 빔 방향으로 수신한다.
- [170] eNB(1000)는 DL UE(1010)로부터 피드백되는 하향링크 CSI와 하향링크 최적빔에 관련된 정보를 기반으로, 모든 빔 조합에 대해 상향링크 자기 간섭 채널을 추정한다.(1009단계) 상기 모든 빔 조합은 기지국의 송신빔/수신빔 조합, 상향링크에서의 송신빔/수신빔 조합, 하향링크에서의 송신빔/수신빔 조합 등을 포함하며, 상기 하향링크 CSI는 CQI와 RI 등을 포함한다. 이후 eNB(1000)는 1009단계에서 추정된 자기 간섭 채널에 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계를 반영하여 잔여 자기 간섭을 획득할 수 있다.
- [171] eNB(1000)는 UL UE(1020)와 상향링크 송신(Tx) 빔/수신(Rx) 빔 스위핑을 수행한다.(1011단계) 즉 UL UE(1020)는 eNB(1000)가 상향링크의 SINR 및 MIMO 랭크를 측정할 수 있도록 송신 가능한 모든 빔 방향으로 신호를 한번 이상 송신하고, eNB(1000)는 수신 가능한 모든 빔 방향으로 상기 신호를 수신하여 상향링크의 CSI, 즉 CQI와 RI를 추정한다.(1013단계)
- [172] eNB(1000)는 1005단계에서 수신한 하향링크 CSI와 1013단계에서 추정된 상향링크 CSI를 고려하여 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔 조합을 결정하고,(1015단계) 결정된 최적의 빔 조합에 관련한 정보를 DL UE(1010)와 UL UE(1020)에 각각 전송한다.(1017단계, 1019단계) 상기 최적의 빔 조합을 결정하는 구성에 대해서는 하기도 11을 통해 보다 상세히 설명하도록 한다.
- [173] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국과 단말이 모두 빔포밍을 수행하는 경우에 수신 빔을 고려해서 자기 간섭을 제거하는 과정을 나타낸 순서도이다.
- [174] 도 11을 참조하면, 1102단계에서 기지국은 상향링크 수신 빔 탐색을 통해 모든 빔 조합에 대한 상향링크 자기 간섭 채널을 추정한다.
- [175] 1104단계에서 기지국은 자기 간섭 채널에 아날로그 자기 간섭 제거 능력의

- 한계를 반영하여 상기 자기 간섭 채널의 잔여 자기 간섭을 추정한다.
- [176] 1106단계에서 기지국은 모든 빔 조합에 대한 채널 용량을 추정하고, 1108단계로 진행하여 이중 채널 용량이 가장 큰 빔 조합을 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔으로 선택한다. 상기 모든 빔 조합은 기지국의 송신 빔/수신 빔 조합, 상향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합, 하향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합 등을 포함한다.
- [177] 1110단계에서 기지국은 상기 선택된 빔 조합의 채널 용량, 즉 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 상향링크 채널 용량과 하향링크 채널 용량의 합, 즉 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 큰지 여부를 검사한다.
- [178] 검사 결과 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 큰 경우, 기지국은 1112단계로 진행하여 1108단계에서 선택한 빔 조합에 관련된 정보를 단말에게 전송한다.
- [179] 또한 검사 결과 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 작거나 같은 경우, 기지국은 1114단계로 진행하여 일반적인 빔 선택 방법으로 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔을 선택한다.
- [180] 1116단계에서 기지국은 선택된 빔 조합을 기반으로 자기 간섭을 제거한다.
- [181] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국만 빔포밍을 수행하는 경우에 수신 빔을 고려해서 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔을 결정하는 절차를 나타낸 신호 흐름도이다.
- [182] 도 12를 참조하면, 도시된 통신 시스템은 eNB(1200), DL UE(1210), UL UE(1220)를 포함한다.
- [183] eNB(1200)는 DL UE(1210)와 하향링크 송신(Tx) 빔 스위핑을 수행한다.(1201단계) 즉 eNB(1200)는 DL UE(1210)의 SINR 및 MIMO 랭크를 측정하기 위한 목적으로 송신 가능한 모든 빔 방향으로 신호를 한번 이상 송신하고, DL UE(1210)는 상기 신호를 수신하여 하향링크의 CSI, 일례로 CQI와 RI를 추정한다. 이후 DL UE(1210)는 상기 추정된 CQI와 RI를 eNB(1200)로 피드백한다.(1205단계) 이때 DL UE(1210)는 eNB(1100)로부터 송신된 신호의 수신에 관련된 수신 빔들 중 최적의 채널 환경을 보장하는 수신 빔을 하향링크 최적빔으로 결정하고,(1203단계) 결정된 최적빔에 관련된 정보를 상기 하향링크의 CSI와 함께 피드백한다.(1205단계)
- [184] 또한 eNB(1200)는 UL UE(1220)와 상향링크 수신(Rx) 빔 스위핑을 수행한다.(1207단계) 즉 eNB(1200)는 UL UE(1220)가 송신하는 신호를 수신 가능한 모든 빔 방향으로 수신한다.
- [185] eNB(1200)는 DL UE(1210)로부터 피드백되는 하향링크 CSI와 하향링크 최적빔에 관련된 정보를 기반으로, 모든 빔 조합에 대해 상향링크 자기 간섭 채널을 추정한다.(1209단계) 상기 모든 빔 조합은 기지국의 송신 빔/수신 빔 조합, 상향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합, 하향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합 등을 포함하며, 상기 하향링크 CSI는 CQI와 RI 등을 포함한다. 이후 eNB(1200)는

- 1209단계에서 추정된 자기 간섭 채널에 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계를 반영하여 잔여 자기 간섭을 획득할 수 있다.
- [186] eNB(1200)는 UL UE(1220)와 상향링크 수신(Rx) 빔 스위핑을 수행한다.(1211단계) 즉 eNB(1200)는 UL UE(1220)로부터 송신되는 신호를 수신 가능한 모든 빔 방향으로 수신하여 상향링크의 CSI, 즉 CQI와 RI를 추정한다.(1213단계)
- [187] eNB(1200)는 1205단계에서 수신한 하향링크 CSI와 1213단계에서 추정된 상향링크 CSI를 고려하여 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔 조합을 결정한다.(1215단계) 상기 최적의 빔 조합을 결정하는 구성에 대해서는 하기 도 13을 통해 보다 상세히 설명하도록 한다.
- [188] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 전이중 통신 시스템에서 기지국만 빔포밍을 수행하는 경우에 수신 빔을 고려해서 자기 간섭을 제거하는 과정을 나타낸 순서도이다.
- [189] 도 13을 참조하면, 1302단계에서 기지국은 상향링크 수신 빔 탐색을 통해 모든 빔 조합에 대해 상향링크 자기 간섭 채널을 추정한다.
- [190] 1304단계에서 기지국은 자기 간섭 채널에 아날로그 자기 간섭 제거 능력의 한계를 반영하여 상기 자기 간섭 채널의 잔여 자기 간섭을 추정한다.
- [191] 1306단계에서 기지국은 모든 빔 조합에 대한 채널 용량을 추정하고, 1308단계로 진행하여 이중 채널 용량이 가장 큰 빔 조합을 자기 간섭 제거를 위한 최적의 빔으로 선택한다. 상기 모든 빔 조합은 기지국의 송신빔/수신빔 조합, 상향링크에서의 송신빔/수신빔 조합, 하향링크에서의 송신빔/수신빔 조합 등을 포함한다.
- [192] 1310단계에서 기지국은 상기 선택된 빔 조합의 채널 용량, 즉 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 상향링크 채널 용량과 하향링크 채널 용량의 합, 즉 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 큰지 여부를 검사한다.
- [193] 검사 결과 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 큰 경우, 기지국은 1314단계로 진행하여 선택된 빔 조합을 기반으로 자기 간섭을 제거한다.
- [194] 또한 검사 결과 전이중 시스템에서 추정된 채널 용량이 반이중 시스템에서 추정된 채널 용량보다 작거나 같은 경우, 기지국은 1312단계로 진행하여 일반적인 빔 선택 방법으로 자기 간섭 제거에 사용될 빔 조합을 선택한다.
- [195] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 통신 장치를 나타낸 블록도이다. 통신 장치(1400)는 전이중 통신 시스템에서 통신 가능할 수 있다. 통신 장치(1400)는 송신 및 수신을 동시에 수행할 수 있는 기지국일 수 있으나 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 단말이 전이중 통신 시스템에서의 송신 및 수신에 동시 지원이 가능하다면, 통신 장치(1400)는 단말일 수도 있다.
- [196] 도 14를 참고하면, 통신 장치(1400)는 프로세서(1410), 트랜시버(1420) 및 메모리(1430)를 포함할 수 있다.

- [197] 프로세서(또는 제어부)(1410)는 트랜시버(1420) 및 메모리(1430)와 통신 가능하게 그리고 전기적으로 연결될 수 있다. 프로세서(1410)는 앞서 설명된 방법들을 수행할 수 있으며, 앞서 설명된 방법들을 수행하기 위해 트랜시버(1420) 및 메모리(1430)를 제어할 수 있다.
- [198] 트랜시버(1420)를 통해 통신 장치(1400)는 다른 엔티티(entity)와 통신을 수행할 수 있다. 트랜시버(1420)는 전이중 통신 방식을 통해 다른 엔티티와의 통신을 수행할 수 있다.
- [199] 메모리(1430)에는 통신 장치(1400)의 동작을 위한 정보들이 저장될 수 있다. 예를 들어, 앞서 설명된 자기 간섭을 제거하기 위한 방법을 수행하도록 프로세서(1410)를 제어하기 위한 명령들 또는 코드들이 메모리(1430)에 저장될 수 있다. 또한, 자기 간섭을 제거하기 위한 방법을 수행하기 위해 필요한 일시적, 지속적 또는 반-지속적 데이터들이 메모리(1430)에 저장될 수 있다.
- [200] 본 발명의 특정 측면들은 또한 컴퓨터 리드 가능 기록 매체(computer readable recording medium)에서 컴퓨터 리드 가능 코드(computer readable code)로서 구현될 수 있다. 컴퓨터 리드 가능 기록 매체는 컴퓨터 시스템에 의해 리드될 수 있는 데이터를 저장할 수 있는 임의의 데이터 저장 디바이스이다. 상기 컴퓨터 리드 가능 기록 매체의 예들은 리드 온니 메모리(read only memory: ROM, 이하 ROM이라 칭하기로 한다)와, 랜덤-접속 메모리(random access memory: RAM, 이하 RAM이라 칭하기로 한다)와, 콤팩트 디스크-리드 온니 메모리(compact disk-read only memory: CD-ROM)들과, 마그네틱 테이프(magnetic tape)들과, 플로피 디스크(floppy disk)들과, 광 데이터 저장 디바이스들, 및 캐리어 웨이브(carrier wave)들(상기 인터넷을 통한 데이터 송신과 같은)을 포함할 수 있다. 상기 컴퓨터 리드 가능 기록 매체는 또한 네트워크 연결된 컴퓨터 시스템들을 통해 분산될 수 있고, 따라서 상기 컴퓨터 리드 가능 코드는 분산 방식으로 저장 및 실행된다. 또한, 본 발명을 성취하기 위한 기능적 프로그램들, 코드, 및 코드 세그먼트(segment)들은 본 발명이 적용되는 분야에서 숙련된 프로그래머들에 의해 쉽게 해석될 수 있다.
- [201] 또한 본 발명의 일 실시예에 따른 장치 및 방법은 하드웨어, 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 조합의 형태로 실현 가능하다는 것을 알 수 있을 것이다. 이러한 임의의 소프트웨어는 예를 들어, 삭제 가능 또는 재기록 가능 여부와 상관없이, ROM 등의 저장 장치와 같은 휘발성 또는 비휘발성 저장 장치, 또는 예를 들어, RAM, 메모리 칩, 장치 또는 집적 회로와 같은 메모리, 또는 예를 들어 콤팩트 디스크(compact disk: CD), DVD, 자기 디스크 또는 자기 테이프 등과 같은 광학 또는 자기적으로 기록 가능함과 동시에 기계(예를 들어, 컴퓨터)로 읽을 수 있는 저장 매체에 저장될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 방법은 제어부 및 메모리를 포함하는 컴퓨터 또는 휴대 단말에 의해 구현될 수 있고, 상기 메모리는 본 발명의 실시 예들을 구현하는 지시들을 포함하는 프로그램 또는 프로그램들을 저장하기에 적합한 기계로 읽을 수 있는 저장 매체의 한

예임을 알 수 있을 것이다.

- [202] 따라서, 본 발명은 본 명세서의 임의의 청구항에 기재된 장치 또는 방법을 구현하기 위한 코드를 포함하는 프로그램 및 이러한 프로그램을 저장하는 기계(컴퓨터 등)로 읽을 수 있는 저장 매체를 포함한다. 또한, 이러한 프로그램은 유선 또는 무선 연결을 통해 전달되는 통신 신호와 같은 임의의 매체를 통해 전자적으로 이송될 수 있고, 본 발명은 이와 균등한 것을 적절하게 포함한다
- [203] 또한 본 발명의 일 실시예에 따른 장치는 유선 또는 무선으로 연결되는 프로그램 제공 장치로부터 상기 프로그램을 수신하여 저장할 수 있다. 상기 프로그램 제공 장치는 상기 프로그램 처리 장치가 기 설정된 콘텐츠 보호 방법을 수행하도록 하는 지시들을 포함하는 프로그램, 콘텐츠 보호 방법에 필요한 데이터 등을 저장하기 위한 메모리와, 상기 그래픽 처리 장치와의 유선 또는 무선 통신을 수행하기 위한 통신부와, 상기 그래픽 처리 장치의 요청 또는 자동으로 해당 프로그램을 상기 송수신 장치로 전송하는 제어부를 포함할 수 있다.
- [204] 한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허청구의 범위뿐 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해서 정해져야 한다.

## 청구범위

- [청구항 1] 전이중(full-duplex) 통신 시스템에서 자기 간섭(self interference)을 제거하기 위한 방법에 있어서,  
아날로그 간섭 제거 회로를 통해 제거가 가능한 자기 간섭 성분을 제거하고 남은 잔여 자기 간섭 성분을 기반으로 상향링크 채널의 채널 상태와 하향링크 채널의 채널 상태를 추정하는 과정,  
상기 추정된 상향링크 채널 상태와 하향링크 채널 상태를 기반으로 모든 가능한 빔 조합들 각각에 대한 채널 용량을 추정하는 과정,  
상기 모든 가능한 빔 조합들로부터 채널 용량이 가장 큰 빔 조합을 선택하는 과정, 및  
상기 선택된 빔 조합을 기반으로 수신 신호로부터 자기 간섭을 제거하는 과정을 포함하는 자기 간섭 제거 방법.
- [청구항 2] 제 1항에 있어서,  
상기 채널 용량을 추정하는 과정은,  
상기 상향링크 채널 상태와 상기 하향링크 채널 상태 각각에 상기 상향링크 채널과 상기 하향링크 채널의 트래픽 양의 비율을 기반으로 하는 가중치를 적용하여 상기 모든 가능한 빔 조합들 각각에 대한 채널 용량을 추정하는 과정을 포함하는 자기 간섭 제거 방법.
- [청구항 3] 제 1항에 있어서,  
상기 채널 용량을 추정하는 과정은,  
상기 상향링크 채널 또는 상기 하향링크 채널이 다중 입력 다중 출력(multi input multi output: MIMO) 채널일 경우, 상기 상향링크 채널 또는 상기 하향링크 채널의 MIMO 랭크(rank)에 관련된 각 스트림에 대한 채널 상태를 고려하여 상기 모든 가능한 빔 조합들 각각에 대한 채널 용량을 추정하는 과정을 포함하는 자기 간섭 제거 방법.
- [청구항 4] 제 1항에 있어서,  
상기 선택된 빔 조합에 관련한 정보를 상기 단말에게 전송하는 과정을 더 포함하는 자기 간섭 제거 방법.
- [청구항 5] 제 1항에 있어서,  
상기 모든 가능한 빔 조합들은 기지국의 송신 빔/수신 빔 조합, 상향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합, 및 하향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합 중 적어도 하나를 포함하는 자기 간섭 제거 방법.
- [청구항 6] 제 1항에 있어서,  
상기 자기 간섭을 제거하는 과정은:  
상기 선택된 빔 조합에 대한 채널 용량이, 반이중(half-duplex) 통신 시스템에서 추정된 상향링크 채널의 채널 용량과 하향링크 채널의 채널 용량의 합보다 큰지 여부를 식별하는 과정, 및

상기 선택된 빔 조합에 대한 채널 용량이 상기 반이중 통신 시스템에서 추정된 채널 용량의 합보다 클 경우, 상기 선택된 빔 조합을 기반으로 상기 수신 신호로부터 상기 자기 간섭을 제거하는 과정을 포함하는 자기 간섭 제거 방법.

[청구항 7]

제 6항에 있어서,

상기 선택된 빔 조합에 대한 채널 용량이 상기 반이중 통신 시스템에서 추정된 채널 용량의 합보다 작거나 같을 경우, 새로운 빔 조합을 선택하는 과정, 및

상기 새롭게 선택된 빔 조합을 기반으로 상기 수신 신호로부터 상기 자기 간섭을 제거하는 과정을 더 포함하는 자기 간섭 제거 방법.

[청구항 8]

제 1항에 있어서,

상기 채널 용량이 가장 큰 빔 조합을 선택하는 과정은,

송신 빔과 수신 빔 모두를 탐색하는 과정 또는 상기 송신 빔과 상기 수신 빔 중 어느 하나만을 탐색하는 과정을 포함하는 자기 간섭 제거 방법.

[청구항 9]

전이중(full-duplex) 통신 시스템에서 통신 가능한 통신 장치로서, 송수신부; 및

상기 송수신부에 연결된 제어부를 포함하고, 상기 제어부는:

아날로그 간섭 제거 회로를 통해 제거가 가능한 자기 간섭 성분을 제거하고 남은 잔여 자기 간섭 성분을 기반으로 상향링크 채널의 채널 상태와 하향링크 채널의 채널 상태를 추정하고,

상기 추정된 상향링크 채널 상태와 하향링크 채널 상태를 기반으로 모든 가능한 빔 조합들 각각에 대한 채널 용량을 추정하고, 그리고

상기 모든 가능한 빔 조합들로부터 채널 용량이 가장 큰 빔 조합을 선택하고, 상기 선택된 빔 조합을 기반으로 수신 신호로부터 자기 간섭을 제거하도록 구성되는, 통신 장치.

[청구항 10]

제 9항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 상향링크 채널 상태와 상기 하향링크 채널 상태 각각에 상기 상향링크 채널과 상기 하향링크 채널의 트래픽 양의 비율을 기반으로 하는 가중치를 적용하여 상기 모든 가능한 빔 조합들 각각에 대한 채널 용량을 추정하도록 추가로 구성되는 통신 장치.

[청구항 11]

제 9항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 상향링크 채널 또는 상기 하향링크 채널이 다중 입력 다중 출력(multi input multi output: MIMO) 채널일 경우, 상기 상향링크 채널 또는 상기 하향링크 채널의 MIMO 랭크(rank)에 관련된 각 스트림에 대한 채널 상태를 고려하여 상기 모든 가능한 빔 조합들 각각에 대한 채널 용량을 추정하도록 추가로 구성되는 통신 장치

[청구항 12]

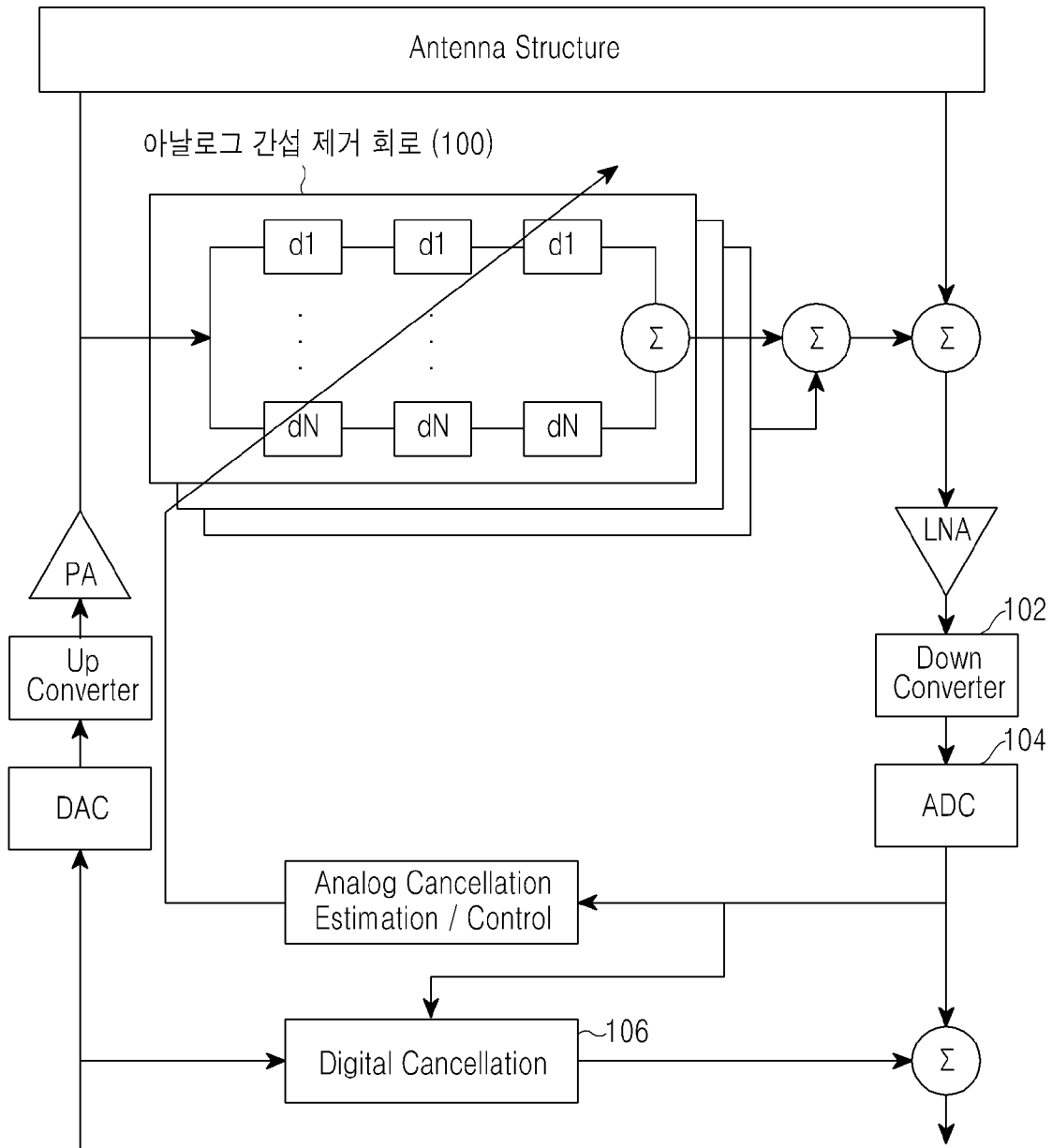
제 9항에 있어서,

상기 모든 가능한 빔 조합들은 기지국의 송신 빔/수신 빔 조합,

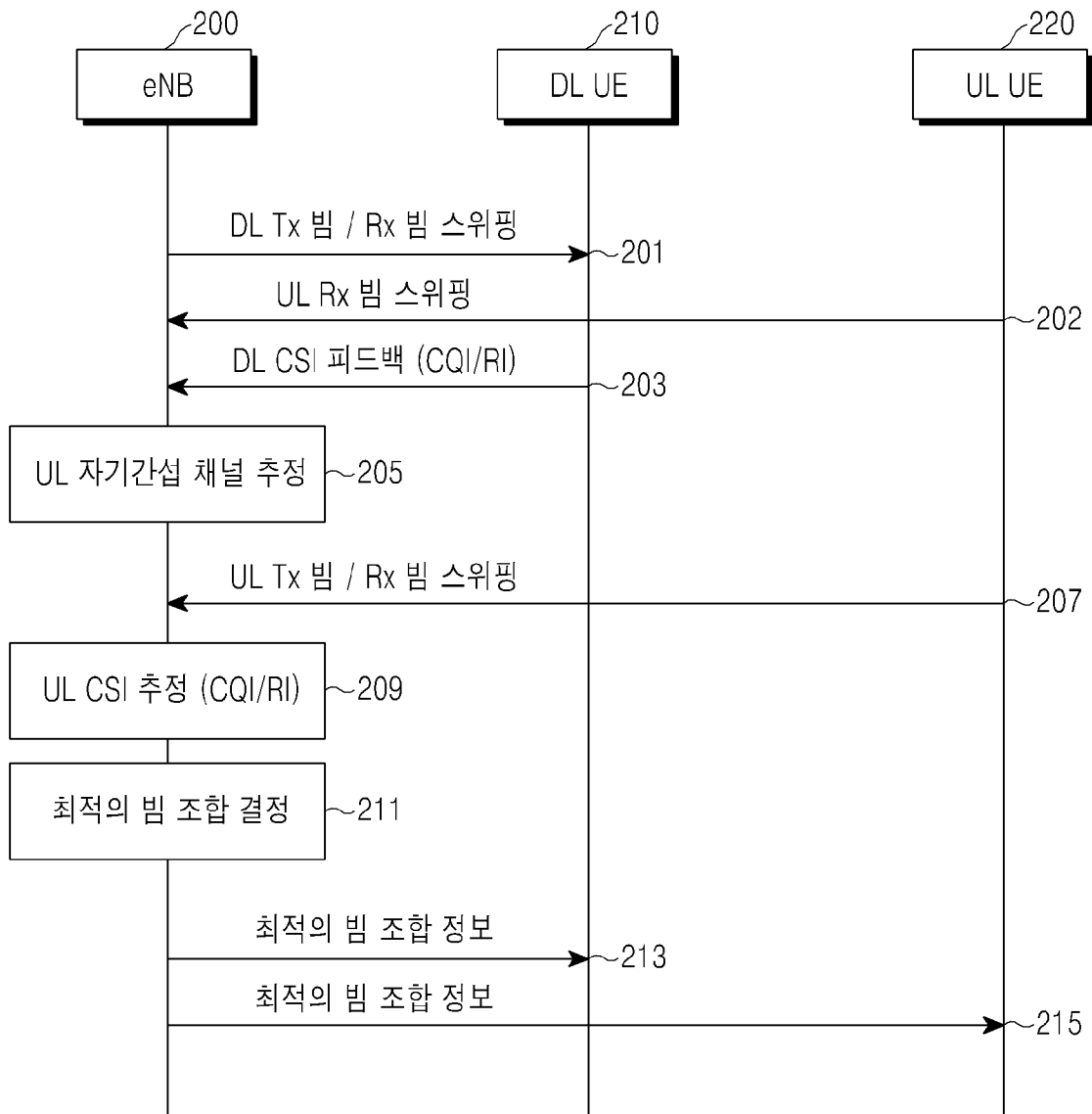
상향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합, 및 하향링크에서의 송신 빔/수신 빔 조합 중 적어도 하나를 포함하는 통신 장치.

- [청구항 13] 제 9항에 있어서,  
 상기 제어부는, 상기 선택된 빔 조합에 대한 채널 용량이,  
 반이중(half-duplex) 통신 시스템에서 추정된 상향링크 채널의 채널 용량과 하향링크 채널의 채널 용량의 합보다 큰지 여부를 식별하고,  
 그리고 상기 선택된 빔 조합에 대한 채널 용량이 상기 반이중 통신 시스템에서 추정된 채널 용량 합보다 클 경우, 상기 선택된 빔 조합을 기반으로 상기 수신 신호로부터 상기 자기 간섭을 제거하도록 추가로 구성되는 통신 장치.
- [청구항 14] 제 13항에 있어서,  
 상기 제어부는, 상기 선택된 빔 조합에 대한 채널 용량이 상기 반이중 통신 시스템에서 추정된 채널 용량 합보다 작거나 같을 경우, 새로운 빔 조합을 선택하고, 그리고 상기 새롭게 선택된 빔 조합을 기반으로 상기 수신 신호로부터 상기 자기 간섭을 제거하도록 추가로 구성되는 통신 장치.
- [청구항 15] 제 9항에 있어서,  
 상기 제어부는, 송신 빔과 수신 빔 모두를 탐색하여 상기 채널 용량이 가장 큰 빔 조합을 선택하거나, 또는 상기 송신 빔과 상기 수신 빔 중 어느 하나만을 탐색하여 상기 채널 용량이 가장 큰 빔 조합 선택하도록 추가로 구성되는 통신 장치.

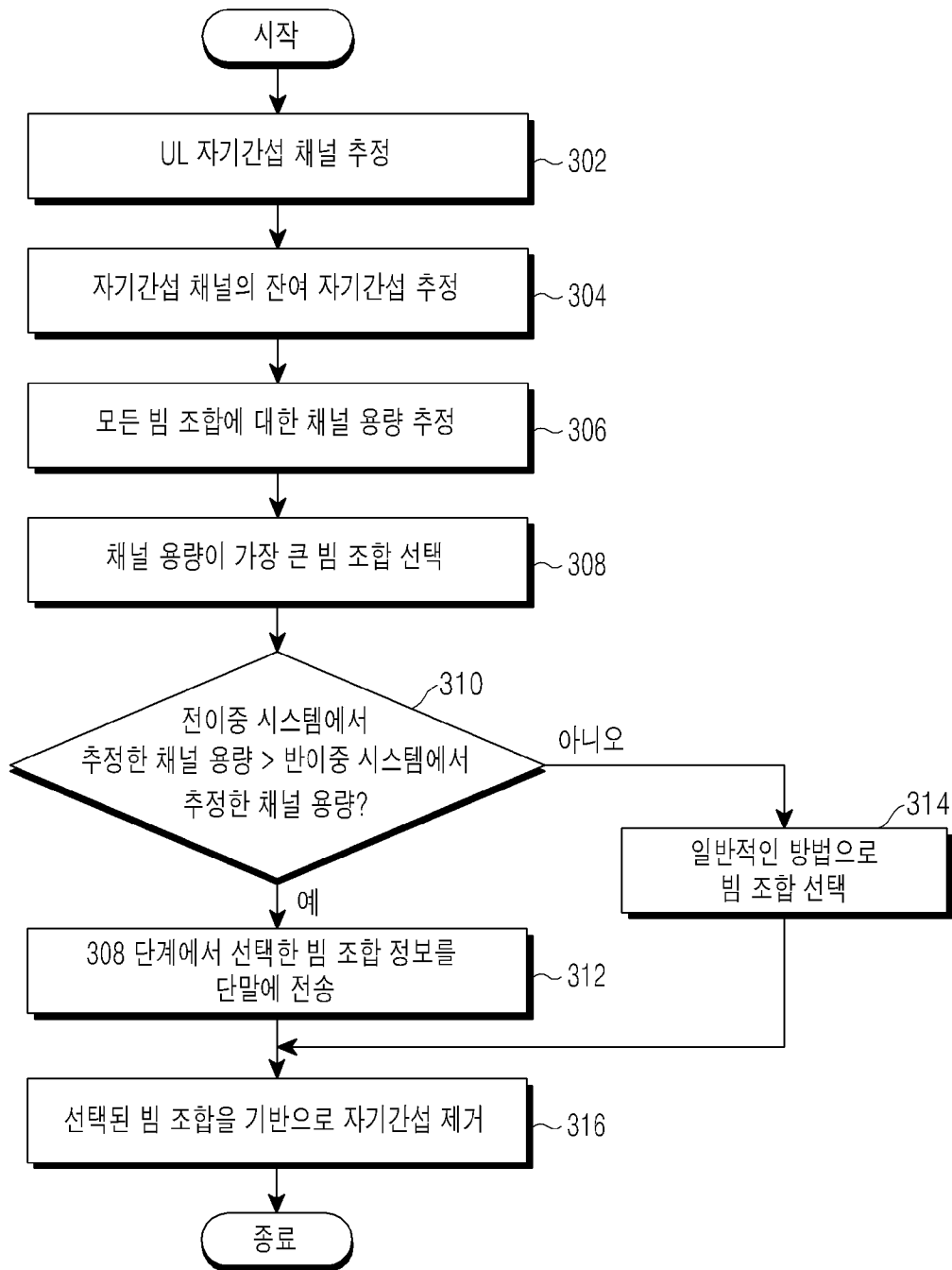
[도1]



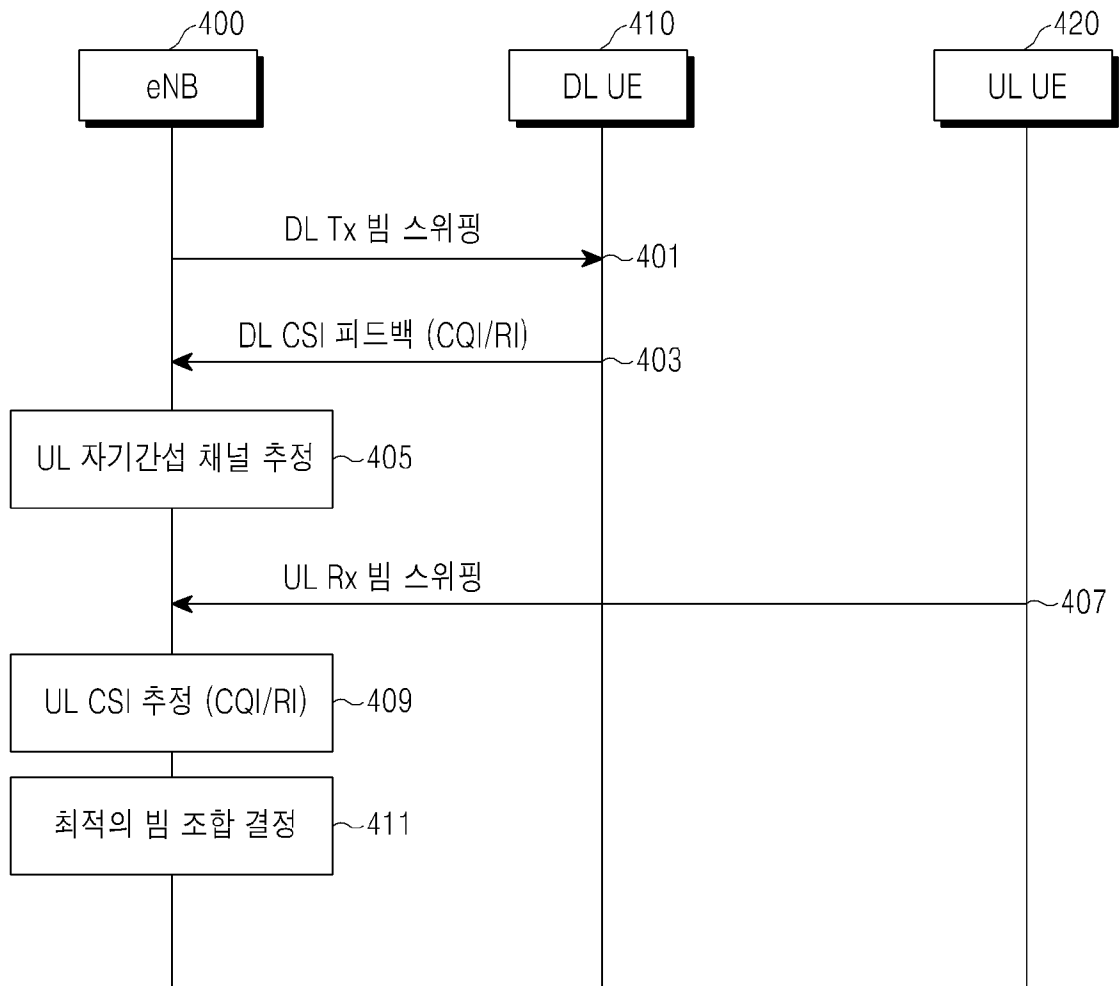
[도2]



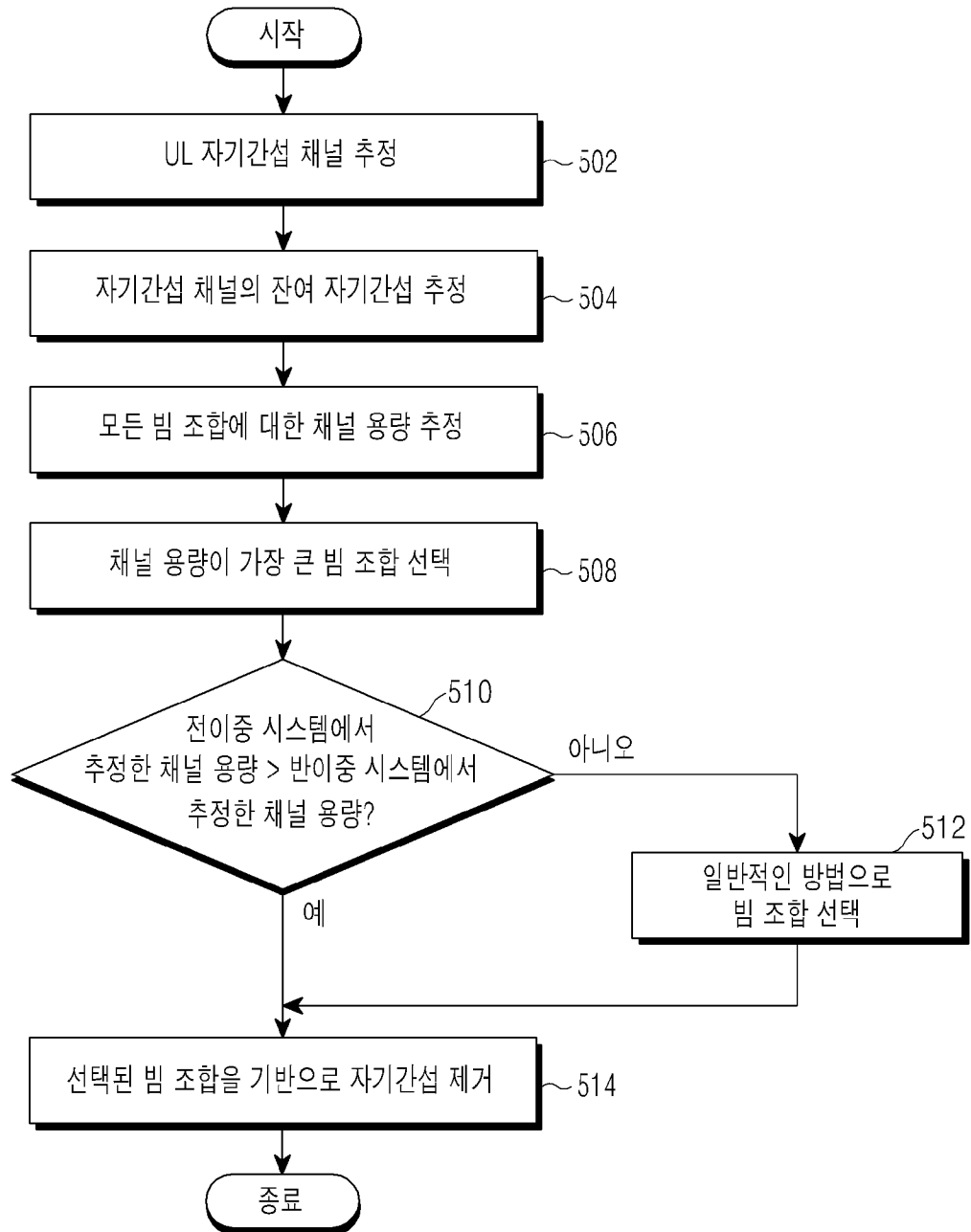
[도3]



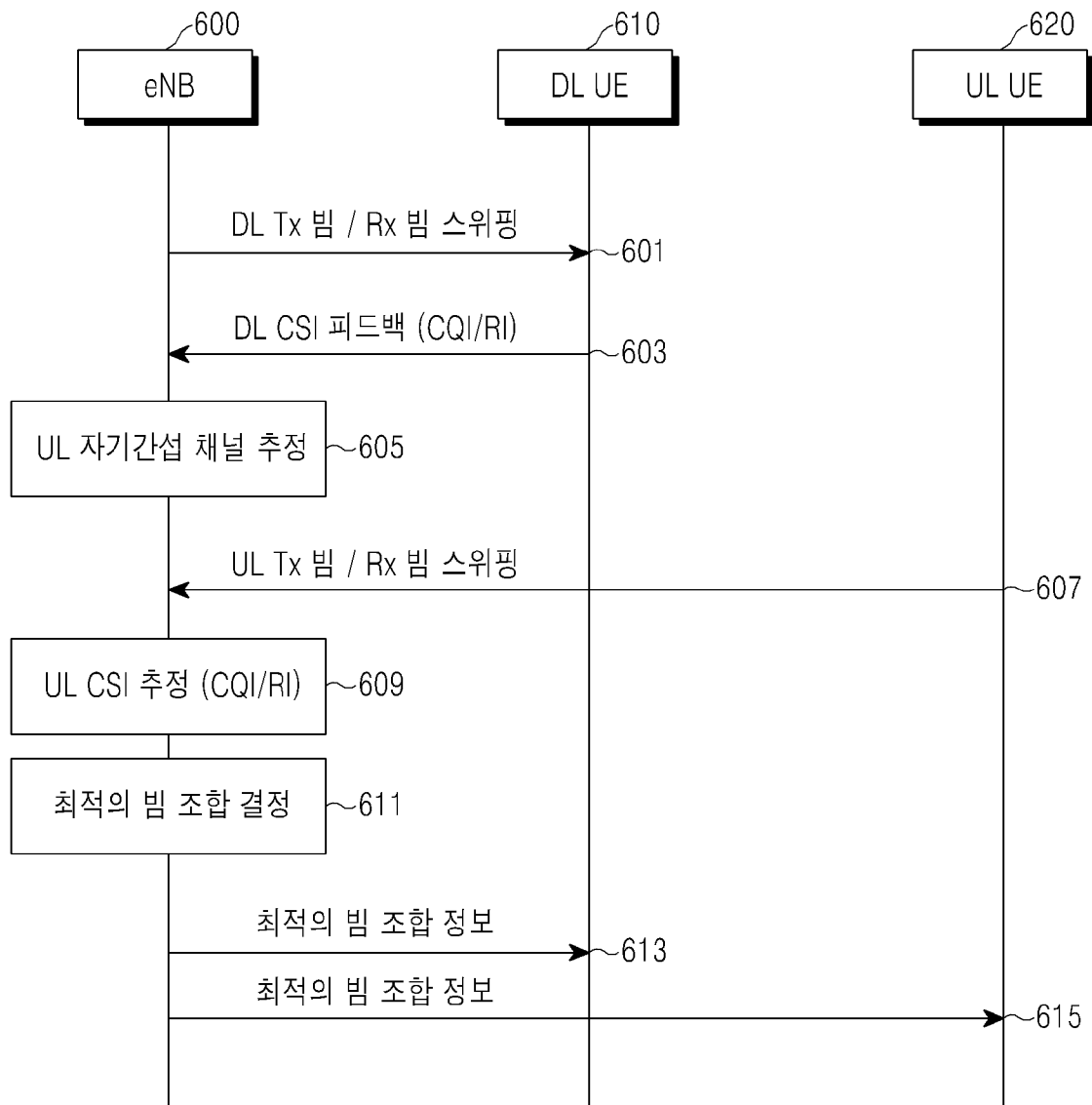
[도4]



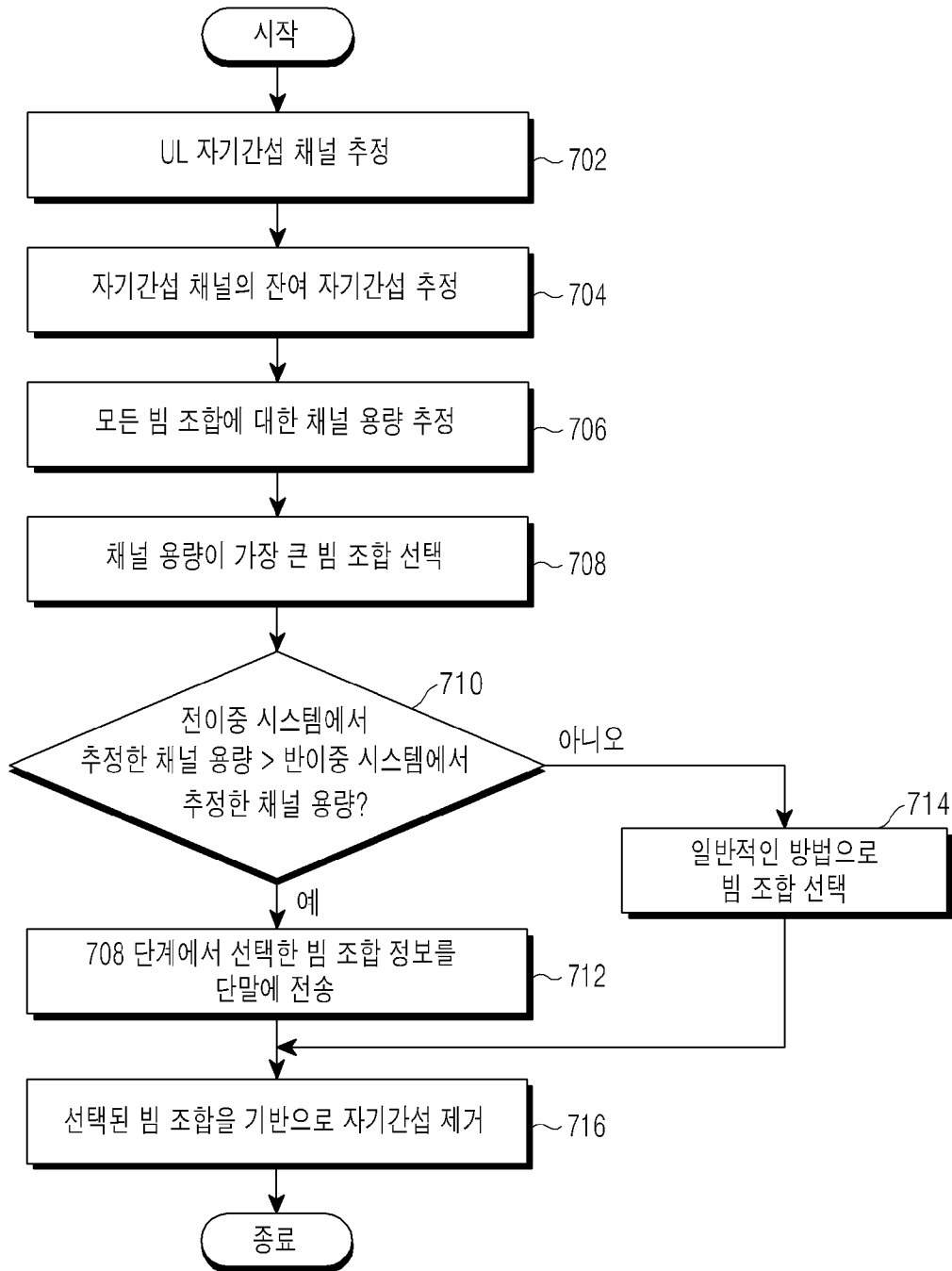
[도5]



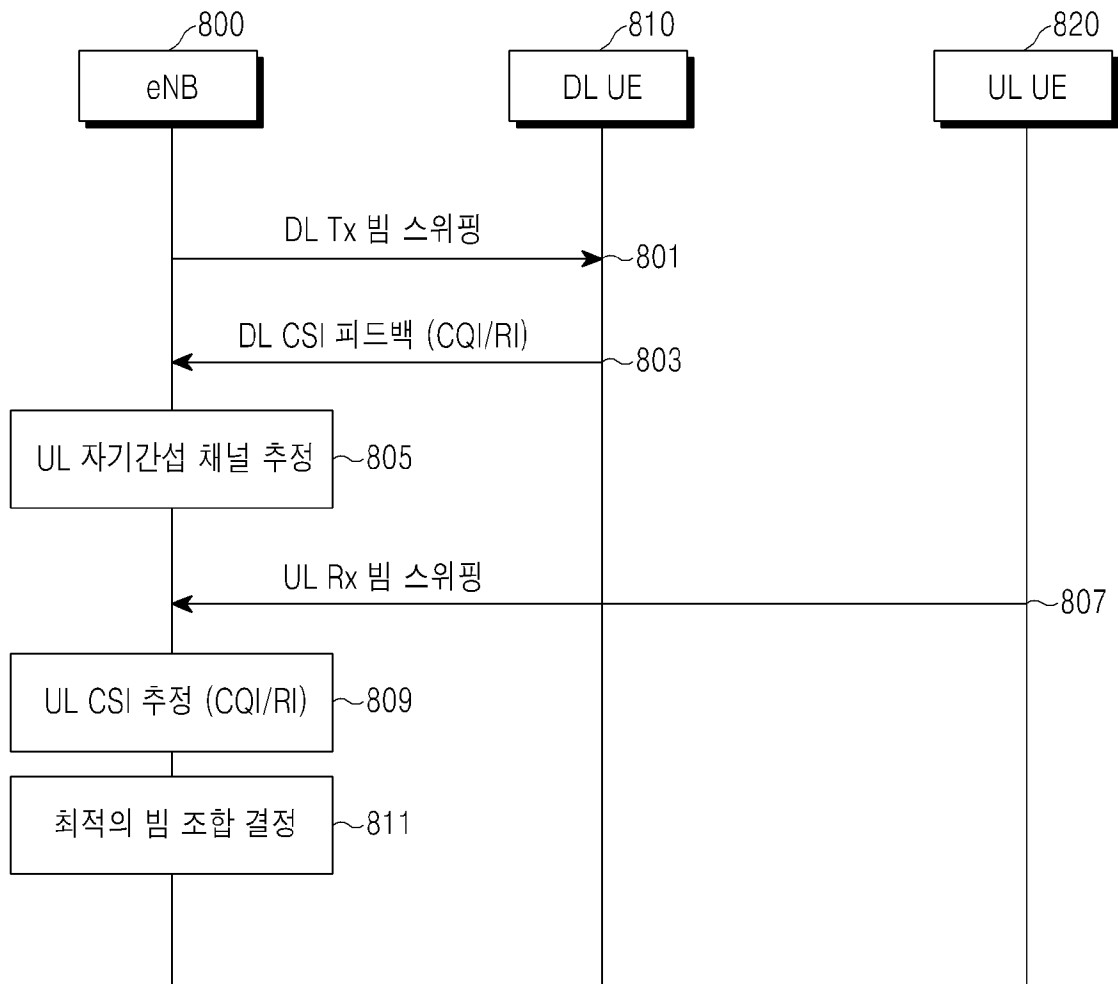
[도6]



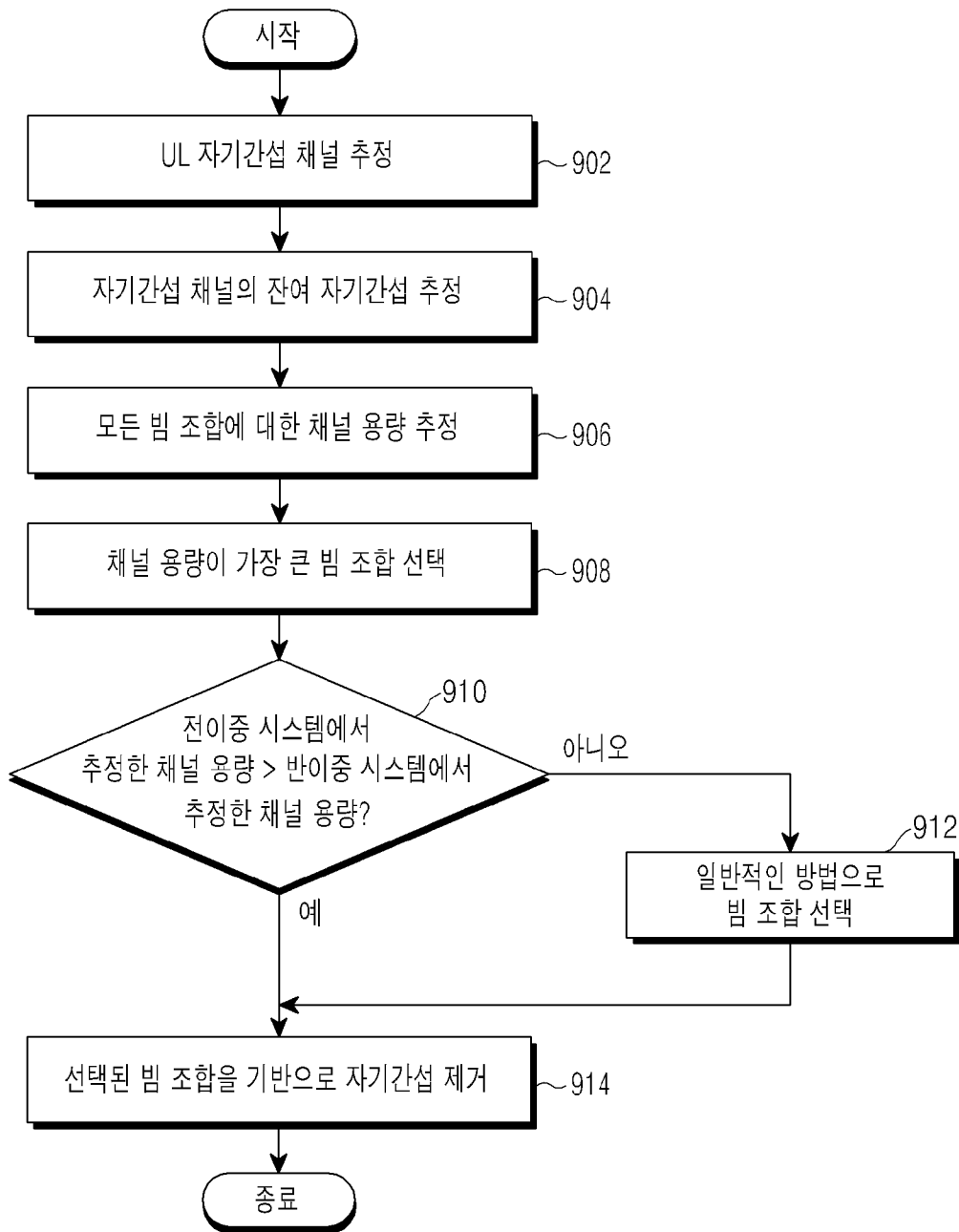
[도7]



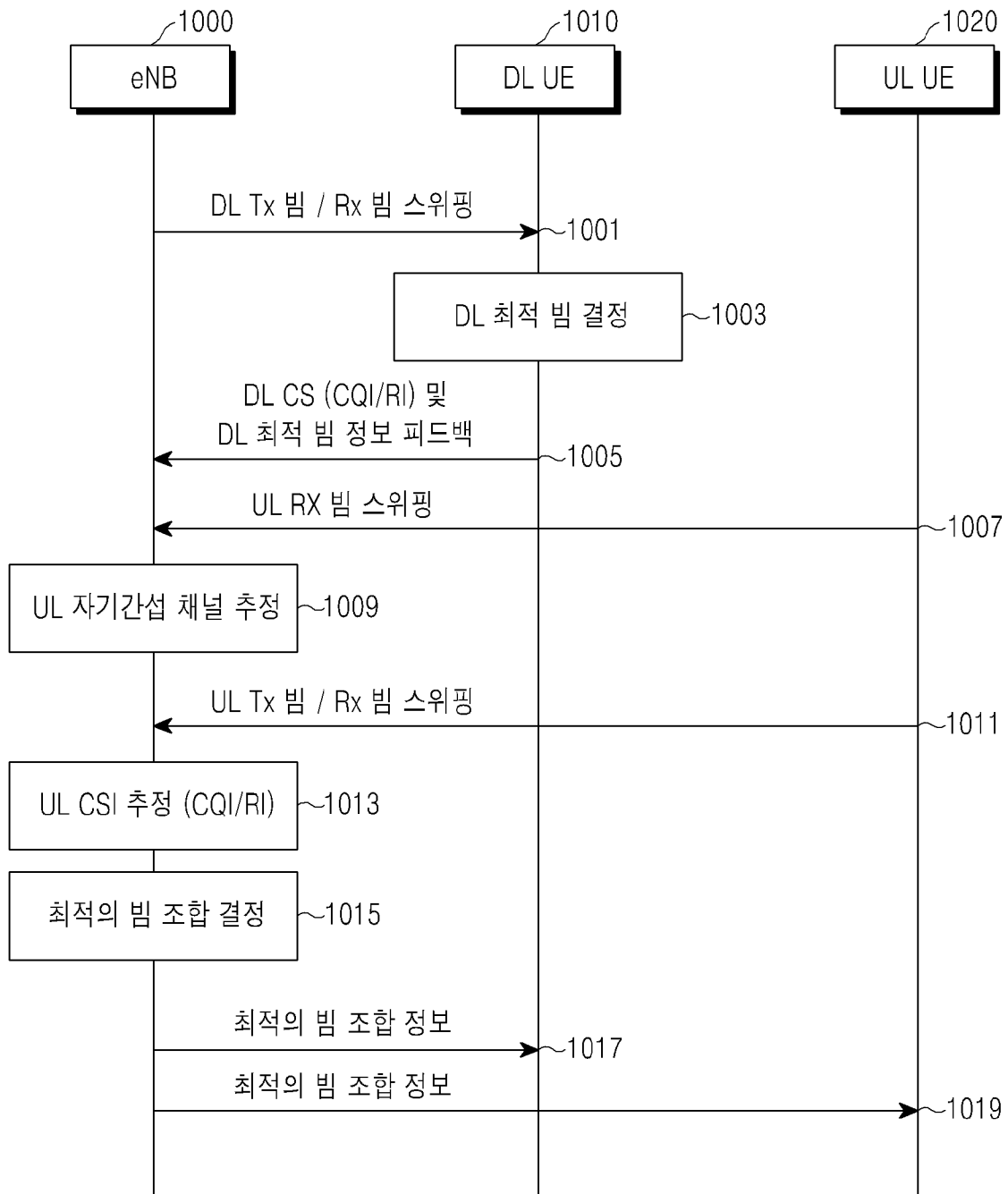
[도8]



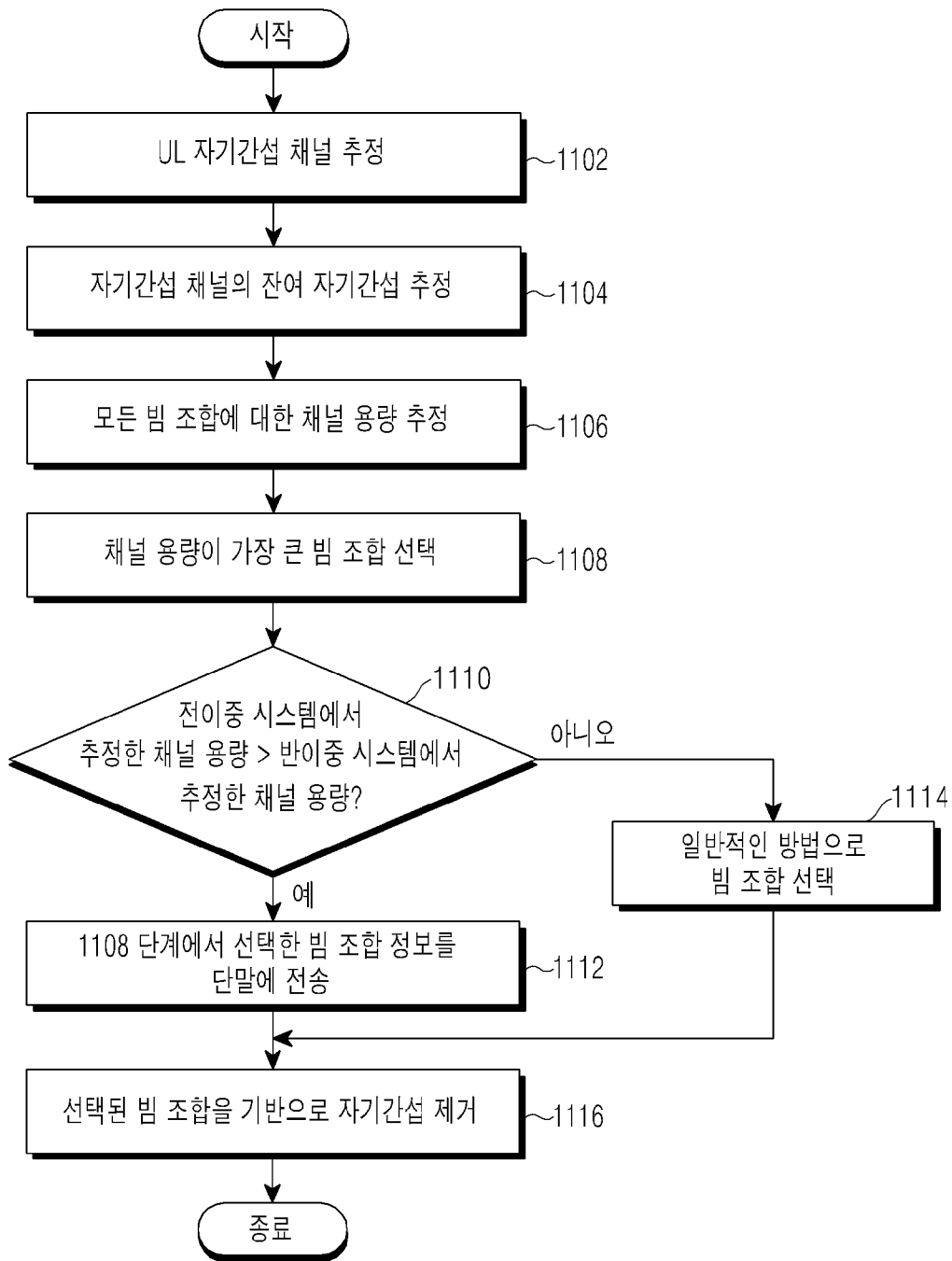
[도9]



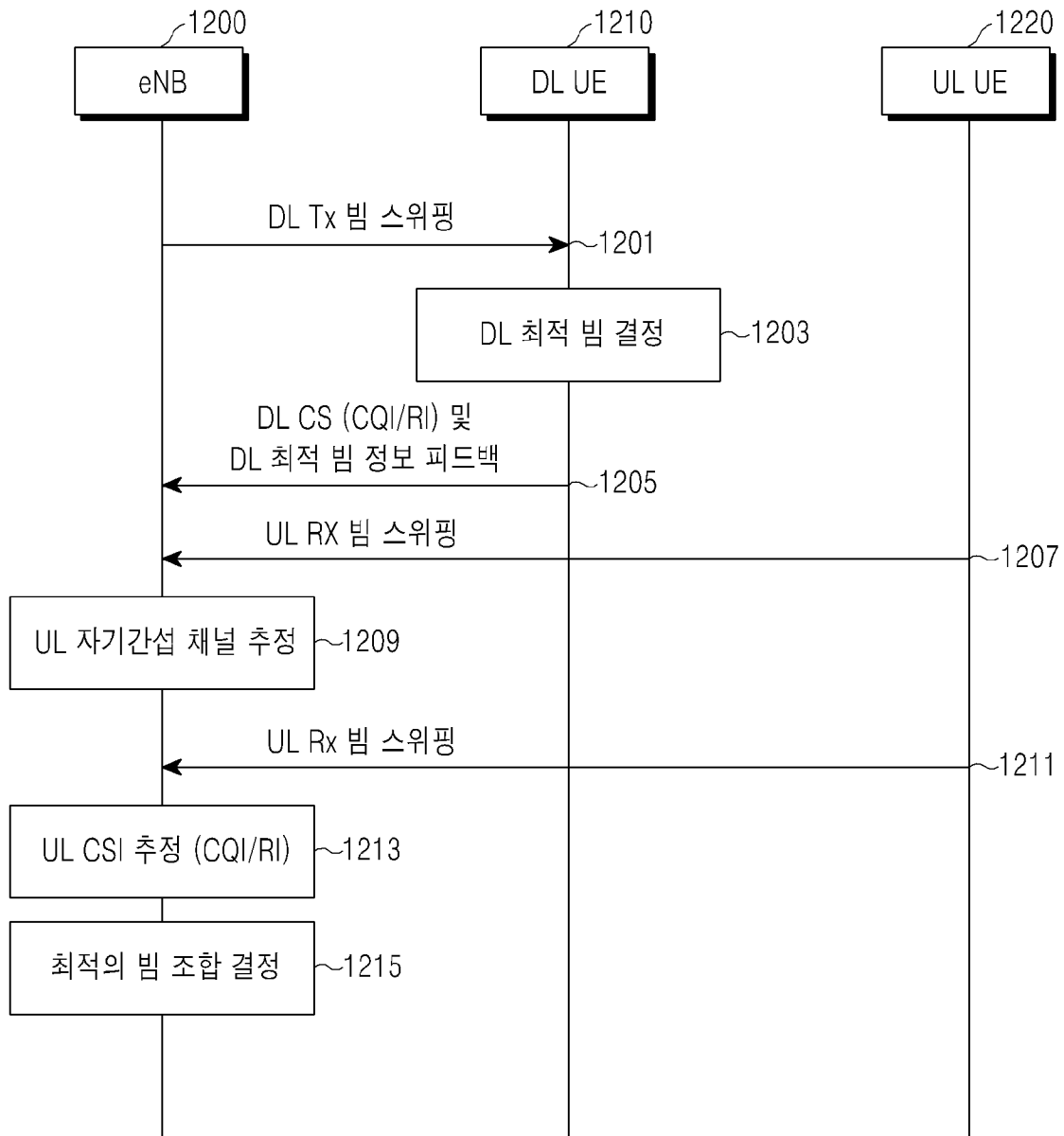
[도10]



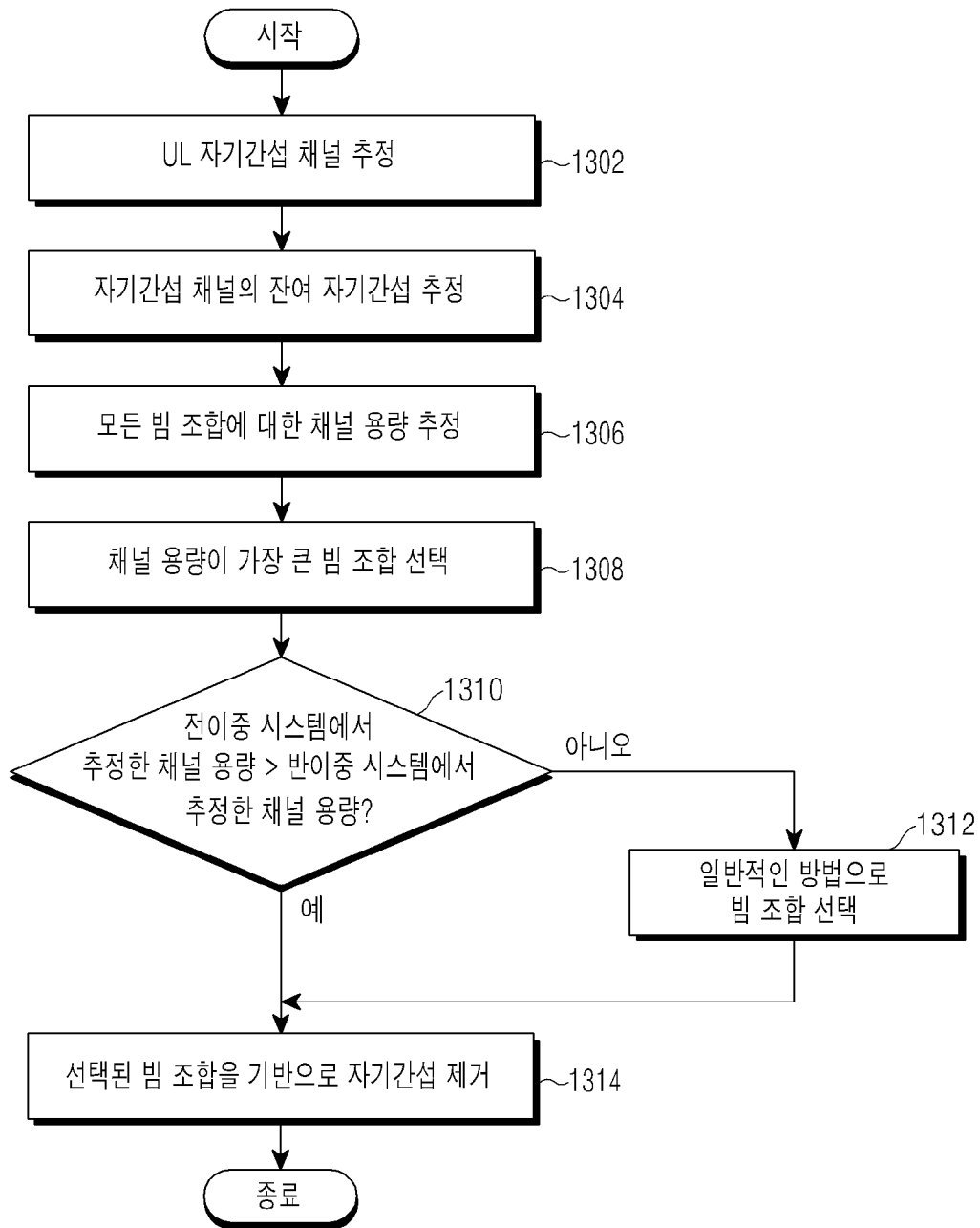
[도11]



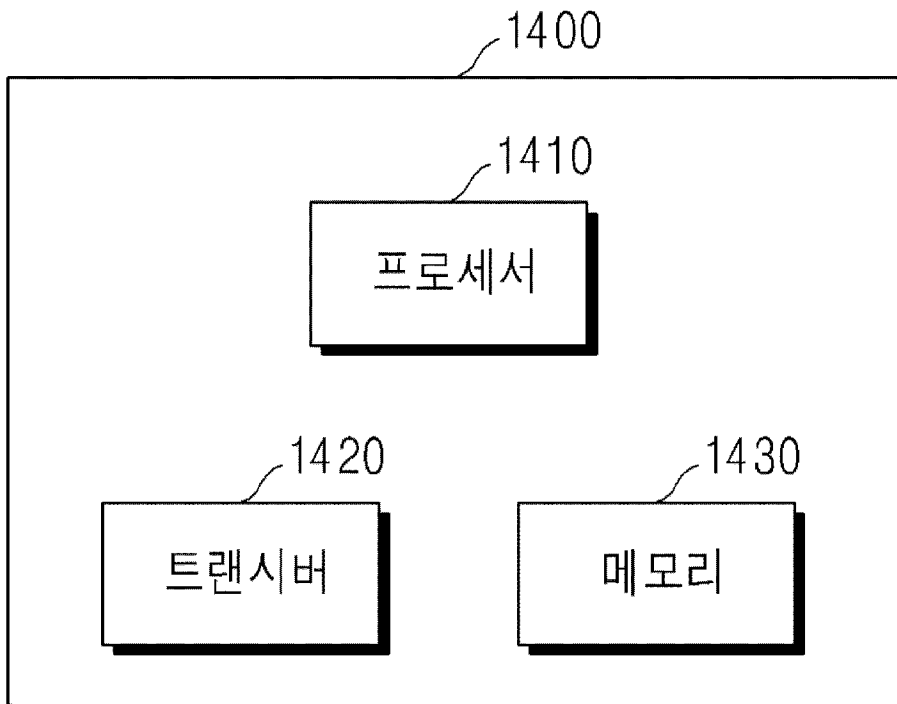
[도12]



[도13]



[도14]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/KR2016/007015**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

*H04B 15/02(2006.01)i, H04B 7/06(2006.01)i, H04B 7/08(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)

H04B 15/02; H04B 7/26; H04B 7/06; H04L 25/03; H04J 11/00; H04B 15/00; H04B 7/04; H04L 5/14; H04B 7/08

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

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

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

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

eKOMPASS (KIPO internal) &amp; Keywords: self-interference cancellation, residual self-interference component, channel state estimation, channel capacity, beam assembly

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2015-096027 A1 (NEC CORP.) 02 July 2015 See paragraphs [0012]-[0017], [0041]-[0052], claims 1, 4, 8 and figure 2.	1-15
A	WO 2015-046895 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 02 April 2015 See paragraphs [85]-[93], claims 1-5 and figure 9.	1-15
A	KR 10-2009-0023879 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. et al.) 06 March 2009 See paragraphs [0058]-[0068], claims 1-6 and figure 5.	1-15
A	US 2013-0301487 A1 (KHANDANI, Amir Keyvan) 14 November 2013 See paragraphs [0043]-[0046], [0055]-[0056], claim 12 and figures 5-6.	1-15
A	WO 2014-092365 A1 (LG ELECTRONICS INC.) 19 June 2014 See paragraphs [137]-[146], [153]-[157], claim 1 and figures 15-17.	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

"I" 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 SEPTEMBER 2016 (27.09.2016)

Date of mailing of the international search report

**27 SEPTEMBER 2016 (27.09.2016)**

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/KR2016/007015**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
WO 2015-096027 A1	02/07/2015	NONE	
WO 2015-046895 A1	02/04/2015	EP 3051711 A1 KR 10-2015-0035639 A	03/08/2016 07/04/2015
KR 10-2009-0023879 A	06/03/2009	KR 10-1424697 B1	05/08/2014
US 2013-0301487 A1	14/11/2013	CA 2873411 A1 CA 2873420 A1 CA 2873424 A1 CA 2873428 A1 EP 2850733 A1 EP 2850733 A4 EP 2850734 A1 EP 2850734 A4 EP 2850741 A1 EP 2850741 A4 EP 2856662 A2 EP 2856662 A4 US 2013-0301484 A1 US 2013-0301688 A1 US 2013-0301747 A1 US 9008208 B2 WO 2013-173250 A1 WO 2013-173251 A2 WO 2013-173251 A3 WO 2013-173252 A1 WO 2013-173253 A1	21/11/2013 21/11/2013 21/11/2013 21/11/2013 25/03/2015 30/03/2016 25/03/2015 23/03/2016 25/03/2015 02/12/2015 08/04/2015 17/02/2016 14/11/2013 14/11/2013 14/11/2013 14/04/2015 21/11/2013 21/11/2013 17/04/2014 21/11/2013 21/11/2013
WO 2014-092365 A1	19/06/2014	CN 104838610 A EP 2933941 A1 EP 2933941 A4 JP 2016-508304 A KR 10-2015-0094592 A US 2015-0280887 A1 US 2015-0326269 A1 WO 2014-092366 A1	12/08/2015 21/10/2015 27/07/2016 17/03/2016 19/08/2015 01/10/2015 12/11/2015 19/06/2014

<b>A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))</b> <b>H04B 15/02(2006.01)I, H04B 7/06(2006.01)I, H04B 7/08(2006.01)I, H04B 7/04(2006.01)I</b>		
<b>B. 조사된 분야</b> 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H04B 15/02; H04B 7/26; H04B 7/06; H04L 25/03; H04J 11/00; H04B 15/00; H04B 7/04; H04L 5/14; H04B 7/08 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC		
국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 자기 간섭 제거, 잔여 자기 간섭 성분, 채널 상태 추정, 채널 용량, 빔 조합		
<b>C. 관련 문헌</b>		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	WO 2015-096027 A1 (NEC CORP.) 2015.07.02 단락 [0012]-[0017], [0041]-[0052], 청구항 1, 4, 8 및 도면 2 참조.	1-15
A	WO 2015-046895 A1 (삼성전자주식회사) 2015.04.02 단락 [85]-[93], 청구항 1-5 및 도면 9 참조.	1-15
A	KR 10-2009-0023879 A (삼성전자주식회사 등) 2009.03.06 단락 [0058]-[0068], 청구항 1-6 및 도면 5 참조.	1-15
A	US 2013-0301487 A1 (AMIR KEYVAN KHANDANI) 2013.11.14 단락 [0043]-[0046], [0055]-[0056], 청구항 12 및 도면 5-6 참조.	1-15
A	WO 2014-092365 A1 (엘지전자 주식회사) 2014.06.19 단락 [137]-[146], [153]-[157], 청구항 1 및 도면 15-17 참조.	1-15
<input type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. <input checked="" type="checkbox"/> 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2016년 09월 27일 (27.09.2016)	국제조사보고서 발송일 2016년 09월 27일 (27.09.2016)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578	심사관 강희국 전화번호 +82-42-481-8264	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
WO 2015-096027 A1	2015/07/02	없음	
WO 2015-046895 A1	2015/04/02	EP 3051711 A1 KR 10-2015-0035639 A	2016/08/03 2015/04/07
KR 10-2009-0023879 A	2009/03/06	KR 10-1424697 B1	2014/08/05
US 2013-0301487 A1	2013/11/14	CA 2873411 A1 CA 2873420 A1 CA 2873424 A1 CA 2873428 A1 EP 2850733 A1 EP 2850733 A4 EP 2850734 A1 EP 2850734 A4 EP 2850741 A1 EP 2850741 A4 EP 2856662 A2 EP 2856662 A4 US 2013-0301484 A1 US 2013-0301688 A1 US 2013-0301747 A1 US 9008208 B2 WO 2013-173250 A1 WO 2013-173251 A2 WO 2013-173251 A3 WO 2013-173252 A1 WO 2013-173253 A1	2013/11/21 2013/11/21 2013/11/21 2013/11/21 2015/03/25 2016/03/30 2015/03/25 2016/03/23 2015/03/25 2015/12/02 2015/04/08 2016/02/17 2013/11/14 2013/11/14 2013/11/14 2015/04/14 2013/11/21 2013/11/21 2014/04/17 2013/11/21 2013/11/21
WO 2014-092365 A1	2014/06/19	CN 104838610 A EP 2933941 A1 EP 2933941 A4 JP 2016-508304 A KR 10-2015-0094592 A US 2015-0280887 A1 US 2015-0326269 A1 WO 2014-092366 A1	2015/08/12 2015/10/21 2016/07/27 2016/03/17 2015/08/19 2015/10/01 2015/11/12 2014/06/19