



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0054070
(43) 공개일자 2017년05월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/02 (2017.01) H04B 7/06 (2017.01)
H04J 11/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/024 (2013.01)
H04B 7/0617 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0156773
(22) 출원일자 2015년11월09일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
김영수
경기도 성남시 분당구 황새울로132번길 27 선경연
립 111동 401호
(74) 대리인
이건주, 김정훈

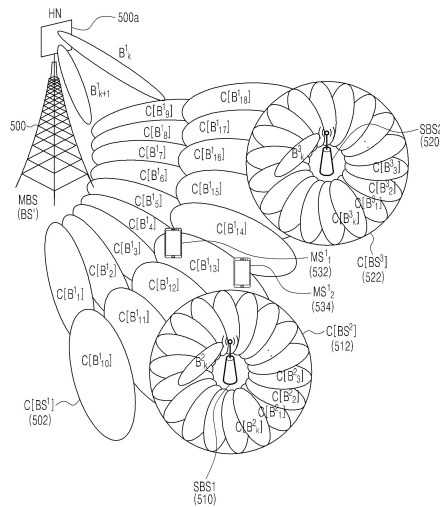
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 **빔포밍이 적용되는 통신 시스템에서 복수개의 기지국들에 의한 협력통신 제공 방법 및 장치**

(57) 요약

본 개시는 LTE와 같은 4G 통신 시스템 이후 보다 높은 데이터 전송률을 지원하기 제공될 5G 또는 pre-5G 통신 시스템에 관련된 것이다. 본 개시는, 복수개의 기지국들에 의한 협력통신을 제공하는 방법에 있어서, 인접 기지국들로부터 수신되는 간섭 신호들을 기반으로 서빙 기지국의 빔별 간섭값을 결정하고, 상기 빔별 간섭값을 인접 기지국들에게 전달하는 과정과, 상기 빔별 간섭값을 이용하여 상기 협력 통신을 위한 무선 자원 및 빔을 결정하고, 상기 결정한 무선 자원 및 빔에 대한 할당 정보를 상기 인접 기지국들에게 전달하는 과정과, 상기 협력 통신을 수행하는 시구간의 이전 시구간에서 상기 무선 자원 및 빔을 사용할 단말을 결정하는 과정을 포함한다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

H04J 11/0053 (2013.01)

H04J 2211/001 (2013.01)

H04J 2211/005 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

복수개의 기지국들에 의한 협력통신을 제공하는 방법에 있어서,

적어도 하나의 단말 혹은 인접 기지국들로부터 수신되는 신호들을 기반으로 서빙 기지국의 빔별 간섭값을 결정하고, 상기 빔별 간섭값을 인접 기지국들에게 전달하는 과정과,

상기 빔별 간섭값을 이용하여 상기 협력 통신을 위한 무선 자원 및 빔을 결정하고, 상기 결정한 무선 자원 및 빔에 대한 할당 정보를 상기 인접 기지국들에게 전달하는 과정과,

상기 협력 통신을 수행하는 시구간의 이전 시구간에서 상기 무선 자원 및 빔을 사용할 단말을 결정하는 과정을 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 빔별 간섭값을 결정하는 과정은,

상기 서빙 기지국의 빔별로 해당 빔을 사용하는 단말들을 하나의 그룹으로 그룹핑하는 과정과,

상기 빔별 단말그룹에 포함된 적어도 2개의 단말이 측정된 간섭값들을 기반으로 해당 그룹에 매핑된 빔의 간섭값을 결정하는 과정을 포함하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 해당 그룹에 매핑된 빔의 간섭값을 결정하는 과정은,

상기 적어도 2개의 단말이 측정된 간섭값들의 최대값, 또는 최소값 또는 선형/비선형 연산이 적용되어 획득한 값 중 하나로 결정됨을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 결정한 무선 자원 및 빔에 대한 할당 정보는, 상기 인접 기지국들에게 상기 협력 통신 시 사용할 협력빔을 분류하기 위한 기준값을 포함함을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 협력 통신은,

상기 인접 기지국들의 빔들 중 상기 기준값을 초과하는 빔들을 통해서 전송된 신호를 수신하는 과정을 포함하는 방법.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 무선 자원 및 빔을 결정하는 과정은,

상기 서빙 기지국이 자신의 빔들 중 상기 기준값을 초과하는 빔들을 상기 협력통신 시 사용할 협력빔으로 분류하는 과정과,

상기 협력빔 중 하나를 상기 협력 통신을 위한 빔으로 결정하는 과정을 포함하는 방법.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 서빙 기지국의 빔들 중 상기 기준값 미만의 간섭값들만이 수신되는 빔들은 상기 협력 통신을 위해 할당할 빔들에서 제외시키는 과정을 포함하는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

미리 결정된 이동 속도를 초과하는 단말과, 시간 지연이 적용되지 않는 트래픽에 대해 상기 협력 통신 시 사용하지 않는 자원을 할당하는 과정을 더 포함하는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

적어도 하나의 인접 기지국으로부터 상기 적어도 하나의 인접 기지국의 협력 통신 시 사용할 협력빔을 분류하기 위한 기준값을 수신하는 과정과,

상기 기준값을 기반으로, 상기 적어도 하나의 인접 기지국과의 협력 통신을 위한 무선 자원 및 빔 할당 시, 상기 적어도 하나의 인접 기지국의 빔들 중 상기 서빙 기지국의 해당 빔에 대해 상기 기준값 미만인 간섭값을 갖는 빔들을 선택하는 과정을 포함하는 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 서빙 기지국의 빔별 간섭값을 결정하는 과정은,

하향링크에 대해 결정된 상기 서빙 기지국의 빔별 간섭값과 해당 단말 및 상기 서빙 기지국의 송신 전력을 이용하여, 상향링크에 대한 서빙 기지국의 빔 별 간섭값을 결정하는 과정을 포함하는 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 인접 기지국들은 상기 서빙 기지국의 서비스 영역에 설치된 소규모 셀의 기지국임을 특징으로 하는 방법.

청구항 12

복수개의 기지국들에 의한 협력통신을 제공하는 장치에 있어서,

인접 기지국들로부터 수신되는 간섭 신호들을 기반으로 서빙 기지국의 빔별 간섭값을 결정하고, 상기 빔별 간섭값을 이용하여 상기 협력 통신을 위한 무선 자원 및 빔을 결정하고, 상기 협력 통신을 수행하는 시구간의 이전 시구간에서 상기 무선 자원 및 빔을 사용할 단말을 결정하는 제어부와,

상기 빔별 간섭값과 상기 결정한 무선 자원 및 빔에 대한 할당 정보를 상기 인접 기지국들에게 전달하는 송수신부를 포함하는 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 서빙 기지국의 빔별로 해당 빔을 사용하는 단말들을 하나의 그룹으로 그룹핑하고, 상기 빔별 단말그룹에 포함된 적어도 2개의 단말이 측정된 간섭값들을 기반으로 해당 그룹에 매핑된 빔의 간섭값을 결정함을 특징으로 하는 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 적어도 2개의 단말이 측정한 간섭값들의 최대값, 또는 최소값 또는 선형/비선형 연산이 적용되어 획득한 값 중 하나로 결정됨을 특징으로 하는 장치.

청구항 15

제12항에 있어서, 상기 결정한 무선 자원 및 빔에 대한 할당 정보는, 상기 인접 기지국들에게 상기 협력 통신 시 사용할 협력빔을 분류하기 위한 기준값을 포함함을 특징으로 하는 장치.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 협력 통신은,

상기 인접 기지국들의 빔들 중 상기 기준값을 초과하는 빔들을 통해서 전송된 신호를 수신하는 과정을 포함하는 방법.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 서빙 기지국이 자신의 빔들 중 상기 기준값을 초과하는 빔들을 상기 협력통신 시 사용할 협력빔으로 분류하고, 상기 협력빔 중 하나를 상기 협력 통신을 위한 빔으로 결정함을 특징으로 하는 장치.

청구항 18

제15항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 서빙 기지국의 빔들 중 상기 기준값 미만의 간섭값들만이 수신되는 빔들은 상기 협력 통신을 위해 할당할 빔들에서 제외시킴을 특징으로 하는 장치.

청구항 19

제12항에 있어서,

상기 제어부는,

미리 결정된 이동 속도를 초과하는 단말과, 시간 지연이 적용되지 않는 트래픽에 대해 상기 협력 통신 시 사용하지 않는 자원을 할당함을 특징으로 하는 장치.

청구항 20

제12항에 있어서,

상기 송수신부를 통해서, 적어도 하나의 인접 기지국으로부터 상기 적어도 하나의 인접 기지국의 협력 통신시 사용할 협력빔을 분류하기 위한 기준값을 수신하면, 상기 제어부는, 상기 적어도 하나의 인접 기지국의 빔별 간섭값을 기반으로, 상기 적어도 하나의 인접 기지국과의 협력 통신을 위한 무선 자원 및 빔 할당 시, 상기 적어도 하나의 인접 기지국의 빔들 중 상기 서빙 기지국의 해당 빔에 대해 상기 기준값 미만인 간섭값을 갖는 빔그룹 중 하나를 선택함을 특징으로 하는 장치.

청구항 21

제12항에 있어서,

상기 제어부는,

하향링크에 대해 결정된 상기 서빙 기지국의 빔별 간섭값과 해당 단말 및 상기 서빙 기지국의 송신 전력을 이용하여, 상향링크에 대한 서빙 기지국의 빔별 간섭값을 결정함을 특징으로 하는 장치.

청구항 22

제12항에 있어서,

상기 인접 기지국들은 상기 서빙 기지국의 서비스 영역에 설치된 소규모 셀의 기지국임을 특징으로 하는 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 빔포밍 안테나를 사용하는 복수의 기지국들의 협력통신을 제공하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 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 LTE 시스템 이후 (Post LTE) 이후의 시스템이라 불리고 있다.

[0003] 높은 데이터 전송률을 달성하기 위해, 5G 통신 시스템은 초고주파 (mmWave) 대역 (예를 들어, 60기가 (60GHz) 대역과 같은)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.

[0004] 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), 무선백홀 (wireless backhaul), 이동 네트워크 (moving network), 협력통신 (cooperative communication), CoMP (Coordinated Multi-Points), 및 수신 간섭제거 (interference cancellation) 등의 기술 개발이 이루어지고 있다.

[0005] 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.

[0006] 구체적으로, 기존의 협력통신은 복수의 기지국들이 협력하여 통신하는 다중 셀 협력 기술로 정의된다. 이러한 다중 셀 협력 기술의 경우, 기지국들이 협력하기 위해 필요한 각종 정보(이하, ‘협력정보’라 칭함) 예를 들어, 단말이 측정한 무선통신 채널 정보 등을 기지국들이 서로 공유해야 한다. 이러한, 기존의 다중 셀 협력 기술은 기지국이 섹터 안테나를 사용하는 경우에 관한 기술로, 기지국이 빔포밍 안테나를 사용하는 경우, 빔포밍 특성을 고려한 성능을 획득하기 어렵고, 단말의 이동 환경에 적용할 경우 협력정보의 공유 횟수 및 공유해야 하는 자원의 양이 증가하게 된다. 따라서, 빔포밍 안테나를 사용하는 다중 셀 협력 기술에 대한 개선 방안이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 개시는, 빔포밍 안테나를 사용하는 복수의 기지국들에 대한 협력통신을 위한 방법 및 장치를 제안한다.

[0009] 본 개시는, 빔포밍 안테나를 사용하는 이동통신 시스템에서 기지국의 빔 별 간섭값을 결정하여 협력통신 시 요구되는 인접 기지국들의 간섭 정보의 양을 감소시키는 방법 및 장치를 제안한다.

[0010] 또한, 본 개시는 빔포밍 안테나를 사용하는 이동통신 시스템에서 협력통신하는 복수의 기지국들을 분산적으로 스케줄링하는 방법 및 장치에 관한 것이다. 구체적으로, 본 개시는, 하향링크뿐만 아니라 상향링크에서 빔포밍 안테나를 사용하는 기지국들의 분산 협력을 제공한다.

[0011] 본 개시의 실시 예에서는, 기지국이 단말들로부터 상향링크의 간섭을 직접 측정하지 않고, 하향링크의 간섭으로부터 획득함에 따라, 상향링크의 간섭을 위한 무선 자원의 낭비를 감소시킬 수 있다.

[0012] 또한, 본 개시는, 네트워크에 지연 발생 시, 이동 중인 단말에 대한 기지국들의 협력통신의 성능을 최대화하기 위해서 2단계의 스케줄링을 수행하는 방법 및 장치를 제안한다.

[0013] 또한, 본 개시는 하나의 매크로 셀 영역에 적어도 하나의 스몰 셀이 설치된 계층 셀 환경에서 기지국들이 서로 간의 간섭을 고려하여 자원을 할당하는 협력통신을 수행하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 개시의 실시 예에 따른 방법은; 복수개의 기지국들에 의한 협력통신을 제공하는 방법에 있어서, 인접 기지국들로부터 수신되는 간섭 신호들을 기반으로 서빙 기지국의 빔별 간섭값을 결정하고, 상기 빔별 간섭값을 인접 기지국들에게 전달하는 과정과, 상기 빔별 간섭값을 이용하여 상기 협력 통신을 위한 무선 자원 및 빔을 결정하고, 상기 결정한 무선 자원 및 빔에 대한 할당 정보를 상기 인접 기지국들에게 전달하는 과정과, 상기 협력 통신을 수행하는 시구간의 이전 시구간에서 상기 무선 자원 및 빔을 사용할 단말을 결정하는 과정을 포함한다.

[0017] 본 개시의 실시 예에 따른 장치는; 복수개의 기지국들에 의한 협력통신을 제공하는 장치에 있어서, 인접 기지국들로부터 수신되는 간섭 신호들을 기반으로 서빙 기지국의 빔별 간섭값을 결정하고, 상기 빔별 간섭값을 이용하여 상기 협력 통신을 위한 무선 자원 및 빔을 결정하고, 상기 협력 통신을 수행하는 시구간의 이전 시구간에서 상기 무선 자원 및 빔을 사용할 단말을 결정하는 제어부와, 상기 빔별 간섭값과 상기 결정한 무선 자원 및 빔에 대한 할당 정보를 상기 인접 기지국들에게 전달하는 송수신부를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0019]

- 도 1은 본 개시의 실시 예에 따라 네트워크 연결을 제공하는 계층 셀의 구성도의 일 예,
- 도 2는 본 개시의 실시 예에 따라 무선백홀용 안테나와 무선접속용 안테나의 구조에 대한 실시 예를 도시한 도면,
- 도 3은 본 개시의 실시 예에 따라 백홀 노드(BN: Backhaul Node)와 RAN의 설치 구조에 대한 실시 예를 도시한 도면,
- 도 4는 본 개시의 실시 예에 따른 BN 및 RAN의 구성도의 일 예,
- 도 5는 본 개시의 실시 예에 따른 분산 협력통신을 위한 기지국의 빔별 간섭들에 대한 예를 도시한 도면,
- 도 6a는 본 개시의 실시 예에 따른 기지국의 빔들을 분류하는 동작 흐름도의 일 예,
- 도 6b는 기지국의 빔별 간섭값 획득 절차인 도 6a의 600단계의 상세 동작 흐름도의 일 예,
- 도 7a 내지 7c는 본 개시의 실시 예에 따른 분산된 협력통신을 위한 스케줄링의 일 예를 나타낸 도면,
- 도 8은 본 개시의 실시 예에 따라 네트워크에서 발생하는 시간 지연이 존재하는 환경에서 두 개의 인접 기지국들과 수행하는 분산된 협력통신의 일 예를 나타낸 도면,
- 도 9a,b는 본 개시의 다른 실시 예에 따라 네트워크에서 발생하는 시간 지연이 존재하는 환경에서 N+1개의 인접 기지국이 분산된 협력통신을 수행하는 동작의 일 예를 나타낸 도면,
- 도 10a,b는 본 개시의 실시 예에 따라 계층 셀 환경에서 분산된 협력통신의 동작 흐름도의 일 예,
- 도 11는 본 개시의 다른 실시 예에 따라 분산된 협력통신을 위한 자원을 할당하는 동작 흐름도의 일 예,
- 도 12는 본 개시의 다른 실시 예에 따라 분산된 협력통신을 위한 자원을 할당하는 동작 흐름도의 다른 예,
- 도 13은 본 개시의 실시 예에 따라 무선백홀, MBS 및 SBS가 분산적 협력통신을 수행하기 위한 자원 할당의 예를 도시한 도면,
- 도 14a는 본 개시의 실시 예에 따라 계층 셀 환경에서 분산된 협력통신을 위한 첫 번째 단계의 스케줄링 동작의 일 예,
- 도 14b는 HN의 첫 번째 단계의 스케줄링의 동작 흐름도의 일 예,
- 도 14c는 본 개시의 실시 예에 따른 MBS가 무선백홀 통신을 위한 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행하는 동작 흐름도의 일 예,
- 도 14d는 본 개시의 실시 예에 따른 MBS가 무선접속을 위한 첫 번째 단계의 스케줄링을 위한 동작 흐름도의 일 예,
- 도 15a는 본 개시의 실시 예에 따라 계층 셀 환경에서 분산된 협력통신을 위한 두 번째 단계의 스케줄링 동작의 일 예,
- 도 15b는 MBS가 무선백홀 자원영역에서 무선백홀에 협력하는 무선접속 통신을 위한 두 번째 단계의 스케줄링을 수행하는 동작 흐름도의 일 예,
- 도 15c는 본 개시의 실시 예에 따른 무선접속 자원 영역을 위한 MBS의 두 번째 단계의 스케줄링 동작 흐름도의 일 예,
- 도 15d는 본 개시의 실시 예에 따른 SBS의 협력 스케줄링의 동작 흐름도의 일 예,
- 도 15e는 본 개시의 실시 예에 따라 SBS의 협력 스케줄링의 동작 흐름도의 일 예.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020]

이하 첨부된 도면을 참조하여 본 개시의 바람직한 실시 예에 대한 동작 원리를 상세히 설명한다. 도면상에 표시된 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 참조번호로

나타내었으며, 다음에서 본 개시를 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 개시의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 개시에서의 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.

- [0021] 본 개시는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예들을 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면들에 예시하여 상세하게 설명한다. 그러나, 이는 본 개시를 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 개시의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0022] 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 표면들을 포함한다.
- [0023] 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 개시의 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.
- [0024] 또한, 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 개시를 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.
- [0025] 또한, 본 개시의 실시 예들에서, 별도로 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기에서 사용되는 모든 용어들은 본 개시가 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 개시의 실시 예에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0026] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 전자 디바이스는 통신 기능을 포함할 수 있다. 일 예로, 전자 디바이스는 스마트 폰(smart phone)과, 태블릿(tablet) 개인용 컴퓨터(personal computer: PC, 이하 ‘PC’ 라 칭하기로 한다)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, 이하 ‘PDA’ 라 칭하기로 한다)와, 휴대용 멀티미디어 플레이어(portable multimedia player: PMP, 이하 ‘PMP’ 라 칭하기로 한다)와, 엠프3 플레이어(mp3 player)와, 이동 의료 디바이스와, 카메라와, 웨어러블 디바이스(wearable device)(일 예로, 헤드-마운티드 디바이스(head-mounted device: HMD, 일 예로 ‘HMD’ 라 칭하기로 한다)와, 전자 의류와, 전자 팔찌와, 전자 목걸이와, 전자 액세서리(accessory)와, 전자 문신, 혹은 스마트 워치(smart watch) 등이 될 수 있다.
- [0027] 본 개시의 다양한 실시 예들에 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, 이하 ‘DVD’ 라 칭하기로 한다) 플레이어와, 오디오와, 냉장고와, 에어 컨디셔너와, 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.
- [0028] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 전자 디바이스는 의료 기기(일 예로, 자기 공명 혈관 조영술(magnetic resonance angiography: MRA, 이하 ‘MRA’ 라 칭하기로 한다) 디바이스와, 자기 공명 화상법(magnetic resonance imaging: MRI, 이하 “MRI” 라 칭하기로 한다)과, 컴퓨터 단층 촬영(computed tomography: CT, 이하 ‘CT’ 라 칭하기로 한다) 디바이스와, 활상 디바이스, 혹은 초음파 디바이스)와, 네비게이션(navigation) 디바이스와, 전세계 위치 시스템(global positioning system: GPS, 이하 ‘GPS’ 라 칭하기로 한다) 수신기와, 사고 기록 장치(event data recorder: EDR, 이하 ‘EDR’ 이라 칭하기로 한다)와, 비행 기록 장치(flight data

recorder: FDR, 이하 ‘FER’ 이라 칭하기로 한다)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.

[0029] 본 개시의 다양한 실시 예들에 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 과 측정 디바이스들) 등이 될 수 있다.

[0030] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 전자 디바이스는 상기에서 설명한 바와 같은 디바이스들의 조합이 될 수 있다. 또한, 본 개시의 바람직한 실시예들에 따른 전자 디바이스는 상기에서 설명한 바와 같은 디바이스에 한정 되는 것이 아니라는 것은 당업자에게 자명할 것이다.

[0031] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 단말은 일 예로, 전자 디바이스가 될 수 있다.

[0032] 한편, 본 개시의 일 실시 예에서 제안하는 방법 및 장치는 국제 전기 전자 기술자 협회(institute of electrical and electronics engineers: IEEE, 이하 ‘IEEE’ 라 칭하기로 한다) 802.11ac 통신 시스템과, IEEE 802.16 통신 시스템과, 디지털 멀티미디어 방송(digital multimedia broadcasting: DMB, 이하 ‘DMB’ 라 칭하기로 한다) 서비스와, 휴대용 디지털 비디오 방송(digital video broadcasting-handheld: DVP-H, 이하 ‘DVP-H’ 라 칭하기로 한다), 및 모바일/휴대용 진화된 텔레비전 시스템 협회(advanced television systems committee-mobile/handheld: ATSC-M/H, 이하 ‘ATSC-M/H’ 라 칭하기로 한다) 서비스 등과 같은 모바일 방송 서비스와, 인터넷 프로토콜 텔레비전(internet protocol television: IPTV, 이하 ‘IPTV’ 라 칭하기로 한다) 서비스와 같은 디지털 비디오 방송 시스템과, 엠펙 미디어 트랜스포트(MPEG(moving picture experts group) media transport: MMT, 이하 ‘MMT’ 라 칭하기로 한다) 시스템과, 진화된 패킷 시스템(evolved packet system: EPS, 이하 ‘EPS’ 라 칭하기로 한다)과, 롱-텀 에볼루션(long-term evolution: LTE, 이하 ‘LTE’ 라 칭하기로 한다) 이동 통신 시스템과, 롱-텀 에볼루션-어드밴스드(long-term evolution-advanced: LTE-A, 이하 ‘LTE-A’ 라 칭하기로 한다) 이동 통신 시스템과, 고속 하향 링크 패킷 접속(high speed downlink packet access: HSDPA, 이하 ‘HSDPA’ 라 칭하기로 한다) 이동 통신 시스템과, 고속 상향 링크 패킷 접속(high speed uplink packet access: HSUPA, 이하 ‘HSUPA’ 라 칭하기로 한다) 이동 통신 시스템과, 3세대 프로젝트 파트너쉽 2(3rd generation project partnership 2: 3GPP2, 이하 ‘3GPP2’ 라 칭하기로 한다)의 고속 레이트 패킷 데이터(high rate packet data: HRPD, 이하 ‘HRPD’ 라 칭하기로 한다) 이동 통신 시스템과, 3GPP2의 광대역 부호 분할 다중 접속(wideband code division multiple access: WCDMA, 이하 ‘WCDMA’ 라 칭하기로 한다) 이동 통신 시스템과, 3GPP2의 부호 분할 다중 접속(code division multiple access: CDMA, 이하 ‘CDMA’ 라 칭하기로 한다) 이동 통신 시스템과, 모바일 인터넷 프로토콜(mobile internet protocol: Mobile IP, 이하 ‘Mobile IP’ 라 칭하기로 한다) 시스템 등과 같은 다양한 통신 시스템들에 적용 가능함은 물론이다.

[0033] 이하, 본 개시에서는, 설명의 편의상, 빔포밍이 적용된 통신 시스템을 기반으로 설명하기로 한다. 여기서, 빔포밍이 적용된 통신 시스템은 예를 들어, 빔포밍 안테나를 사용하는 적어도 하나의 기지국과 빔포밍 안테나를 사용하는 적어도 하나의 단말로 구성될 수 있다.

[0034] 일반적으로, 빔포밍이 적용된 통신 시스템에서 빔포밍 안테나를 사용하는 단말은 하향링크(downlink, DL)에 대해 기지국의 빔별로 무선 채널 및 간섭을 측정한다. 이러한 측정 결과는, 협력통신을 수행하기 위해 기지국들이 공유해야 하는 협력정보 중 하나이다. 따라서, 협력통신의 양 역시 빔의 총 수에 비례하여 커질 수 있다.

[0035] 여기에 이동 통신 환경을 고려할 경우, 단말이 이동할 때마다 협력정보에 대한 측정 및 기지국들과의 공유를 다시 수행해야 하므로, 이로 인한 무선 자원의 낭비가 커지게 된다. 더욱이, 상향링크(uplink, UL)에서는 협력통신을 수행하는 기지국들 각각이 인접 셀들의 모든 단말에 의한 상향링크 간섭을 측정해야 할 뿐만 아니라, 해당 단말의 이동 시, 간섭을 다시 측정해야 한다. 그로 인해, 상향링크의 간섭 측정으로 인한 무선 자원의 낭비가 매우 크며, 이로 인해 오히려 상향링크 통신 성능이 더욱 나빠질 수도 있다.

[0036] 한편, 다중 셀 협력 기술을 지원하는 다양한 협력 방법들이 존재한다. 먼저, 인접 셀 기지국들이 서로에게 주는 하향링크 및 상향링크 간섭의 양을 최소화하기 위한 간섭 회피 방법이 있다. 다른 방법으로는, 하향링크에서 인접한 셀 기지국들이 동일 단말에게 동시에 데이터를 전송하는 조인트 송신(Joint Transmission) 방법이다. 이때, 상향링크에서는 하나의 단말로부터 송신된 상향링크 신호를 복수의 셀 별 기지국들이 동시에 수신하고, 상기 수신한 신호들을 결합하여 데이터를 검출하여 조인트 수신 방법을 수행한다. 이 중에서 조인트 송신 및 수신 방법은 높은 성능을 제공하는 반면, 구현 복잡도가 높다. 이에 비해, 간섭 회피 방법은 조인트 송신 및 수신

방법에 비해, 성능이 떨어지는 반면, 구현 복잡도가 낮은 장점이 있다. 또한, 상기 방법들 중 하나로, 하나의 스케줄러가 협력통신을 수행하는 모든 기지국들을 제어하는 중앙집중 협력 방식이 있고, 각 기지국 별로 스케줄러를 독립적으로 구현하여, 협력통신을 제공하는 분산 협력 방식이 있다. 중앙집중 스케줄링 방식의 경우, 앞서 설명한 협력 방법들을 모두 사용할 수 있고, 높은 성능을 달성할 수 있는 반면, 구현 복잡도가 높다. 그에 비해, 분산 협력 스케줄링 방식은 구현 복잡도가 낮은 반면, 중앙집중 방식에 비해 성능이 낮고, 협력 방법들 중 일부만으로 구현할 수 밖에 없는 한계가 있다.

[0037] 협력통신을 위해 복수의 기지국들이 협력정보를 공유하는 과정에서 상기 기지국들을 연결하는 네트워크에 의해 시간 지연이 발생할 수 있다. 이 경우, 네트워크의 성능과 구조에 따라 발생하는 시간 지연이 상이해지며, 이러한 시간 지연은 예를 들어, 수십 ms 혹은 그 이상 크게 발생하는 경우도 있다. 이와 같이, 네트워크에 의한 시간 지연이 발생하면, 다중 셀 협력 기술로 인한 성능은 저하되며, 특히, 기지국들이 빔포밍 안테나를 사용할 경우 성능 저하가 더욱 커지게 되어, 빔포밍 통신에 문제가 발생할 수 있다.

[0038] 또한, 협력통신 시, 매크로 셀(Macro Cell) 영역에 적어도 하나의 스몰 셀(Small Cell)이 추가로 설치되는 계층 셀 환경을 고려할 경우, 스몰 셀을 위한 전용 무선자원을 추가로 할당하되, 할당된 무선자원의 크기를 고정하거나 사용자(Traffic) 및 무선채널의 장기적인 특성을 고려하여 매우 천천히 변경할 수 있다. 예를 들어, 3GPP LTE(Long Term Evolution) 시스템은 계층 셀 환경에서 스몰 셀의 전용 무선 자원 즉, ABS(Almost Blank Subframe)을 지정하고, 이를 기반으로 매크로 셀의 기지국 및 스몰 셀의 기지국이 협력통신할 수 있다. 이때, ABS로 할당되는 무선자원의 크기는 보통 고정되거나 사용자 트래픽 및 무선채널의 장기적인 특성을 고려하여 매우 천천히 변경된다. 그러나, 전용 무선자원을 사용하는 이 기술은 모든 기지국이 섹터 안테나를 사용하는 경우에 고려한 것으로, 빔포밍 특성이 적용된 통신 시스템에 적용하기 어렵다.

[0039] 또한, 미래의 계층 셀 환경에서는 현재 보다 훨씬 더 많은 스몰 셀들이 설치되어 간섭이 더욱 증가할 것이다. 이러한 환경에서 상기한 전용 무선자원을 사용한 다중 셀 협력 기술은 충분한 성능을 제공하기 어렵다. 또한, 매크로 셀 영역에 설치된 스몰 셀들의 수가 작을 경우, 해당 스몰 셀 기지국을 유선 백홀을 통해 네트워크에 연결하기 어렵지 않지만, 스몰 셀들의 수가 증가할 경우, 이들에 대한 네트워크 연결이 어렵다. 이 경우, 스몰 셀들을 무선백홀로 네트워크에 연결하는 것이 훨씬 유리하다. 그러나, 무선백홀이 이동통신 주파수를 사용할 경우에는, 추가적인 간섭이 발생할 수 있으므로, 이를 고려하여, 무선백홀을 이용한 협력통신을 수행하는 방안이 요구된다. 일반적인 3GPP LTE에서 무선백홀망을 제공하는 릴레이(Relay) 기술은 기지국과 릴레이가 섹터 안테나를 사용한다는 가정하에 전용 무선자원을 할당한다. 따라서, 릴레이와 기지국 모두 빔포밍 안테나를 사용하는 경우, 상기한 무선백홀망 기반 릴레이 기술은 빔포밍 특성을 고려하지 않았으므로, 해당 기술을 통한 추가적인 성능 개선을 획득하기 어렵다.

[0040] 그러므로, 이하, 본 개시는, 빔포밍 안테나를 사용하는 복수의 기지국들에 의한 협력통신을 수행하는 방법 및 장치를 제안한다.

[0041] 그리고, 본 개시는, 빔포밍 안테나를 사용하는 이동통신 시스템에서 기지국들의 협력통신의 성능을 높이기 위해, 협력통신 시 요구되는 인접 기지국들의 간섭 정보의 양을 감소시키는 방법 및 장치를 제안한다.

[0042] 또한, 본 개시는 빔포밍 안테나를 사용하는 이동통신 시스템에서 협력통신하는 복수의 기지국들을 스케줄링하는 방법 및 장치에 관한 것이다. 구체적으로, 본 개시는, 하향링크뿐만 아니라 상향링크에서 빔포밍 안테나를 사용하는 기지국들의 분산 협력을 제공하는 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 개시의 실시 예에서는, 기지국이 단말들로부터 상향링크의 간섭을 직접 측정하지 않고, 하향링크의 간섭으로부터 획득함에 따라, 상향링크의 간섭을 위한 무선 자원의 낭비를 감소시킬 수 있다.

[0043] 또한, 본 개시는, 네트워크에 지연 발생 시, 이동 중인 단말에 대한 기지국들의 협력통신의 성능을 최대화하는 2단계의 스케줄링 방법 및 장치를 제안한다.

[0044] 또한, 본 개시는 하나의 매크로 셀 영역에 적어도 하나의 스몰 셀이 설치된 계층 셀 환경에서 빔포밍 기지국들이 협력하기 위한 협력 방법 및 장치에 관한 것이다. 이 경우, 매크로 셀 내에 설치된 적어도 하나의 스몰 셀 기지국이 매크로 셀 기지국과 무선백홀 통신을 수행하여 네트워크에 연결될 때, 상기 셀 기지국들과 무선백홀이 협력하여 신호를 송수신하기 위한 스케줄링 방법 및 장치에 관한 것이다.

[0045] 본 개시의 실시 예에서의 협력통신은, 구체적인 예로, 빔포밍 안테나를 사용하는 매크로 셀 기지국들이 서로 협력통신하는 경우를 포함하거나, 빔포밍 안테나를 사용하는 스몰 셀 기지국들이 서로 협력통신하는 경우를 포함할 수 있다. 또한, 하나의 매크로 셀 영역에 적어도 하나의 스몰 셀이 설치된 계층 셀 환경에서 매크로 기지국

과 적어도 하나의 스몰 셀 기지국들이 협력통신하는 경우를 포함할 수 있다. 본 개시의 실시 예가 적용될 수 있는 계층 셀 환경은 스몰 셀이 매크로 셀과 무선백홀(Wireless Backhaul) 통신을 수행하여 네트워크에 연결되는 경우를 가정하자. 그리고, 매크로 셀 기지국은 유선 백홀로 네트워크에 연결된 경우를 가정하자. 본 개시의 실시 예에 따른 계층 셀 환경에서 매크로 셀 기지국에 대한 무선백홀 통신 기능을 수행하는 장치를 허브 노드(HN: Hub Node)라 정의하자. 그리고, 스몰 셀 기지국에 대한 무선백홀 통신 기능을 수행하는 장치를 리모트백홀 노드(RBN: Remote Backhaul Node)라 정의하자. 또한, 본 개시의 실시 예에 따른 무선백홀은 실시 예에 따라 매크로 셀 및 스몰 셀과 동일한 주파수를 사용하는 경우와, 서로 다른 주파수를 사용하는 경우를 고려할 수 있다.

[0046] 도 1은 본 개시의 실시 예에 따라 네트워크 연결을 제공하는 계층 셀의 구성도의 일 예이다.

[0047] 도 1을 참조하면, 예를 들어, 빔포밍 안테나를 사용하는 매크로 셀 기지국(MBS: Macro Cell BS, 110)의 서비스 영역(100)에 적어도 하나의 스몰 셀 기지국(SBS: Small Cell BS) 일 예로, SBS1(120) 및 SBS2(130)가 설치된 경우를 가정하자. 그리고, 상기 MBS(110)의 HN(110a)가 상기 SBS1(120) 및 SBS2(130) 각각의 RBN(120a) 및 RBN(120b)과 무선백홀 통신을 수행하여 네트워크 연결을 제공하는 상황을 도시하고 있다. HN 110은 두 RBN 120 및 130과 무선백홀 통신을 수행하여 상기 SBS1(120) 및 SBS2(130) 각각에게 네트워크 연결을 제공한다. 상기 MBS(110)는 이동단말(MS: Mobile Station) 11(111)에게 이동통신을 위한 무선접속(Radio/Wireless Access)을 제공한다. 그리고, 상기 SBS1(120) 및 SBS2(130) 각각은 MS21(121)과 MS31(131)에게 이동통신을 위한 상기 무선접속을 제공한다. 여기서, HN(110a)와 RBN1(120a) 또는 RBN2(130a) 사이의 무선백홀 통신은 실시 예에 따라 MBS(110) 및 상기 MS11(111)간의 이동 통신, 혹은 상기 SBS1(120) 및 상기 MS21(121)간의 이동통신, 혹은 SBS2(130) 및 상기 MS31(131)간의 이동 통신을 위한 상기 무선접속과 동일한 주파수를 사용할 수도 있고, 서로 다른 주파수를 사용할 수도 있다.

[0048] 도 2는 본 개시의 실시 예에 따라 무선백홀용 안테나와 무선접속용 안테나의 구조에 대한 실시 예를 도시한 도면이다.

[0049] 도 2를 참조하면, 안테나 구조 200a는 무선백홀용 안테나(220a)와 무선접속용 안테나(240a)가 서로 독립적으로 구현 및 분리되어 설치된 구조를 나타낸다.

[0050] 상기 안테나1의 구조(200a)의 경우, 상기 무선백홀용 안테나(220a)와 무선접속용 안테나(240a)의 사용 주파수, 안테나 및 빔의 수, 안테나 패턴 혹은 빔 패턴, 안테나의 수직 혹은 수평 방향 등을 포함하는 안테나 관련 정보에서 중 일부 특징을 서로 다르게 설치할 때 유리한 구조이다. 안테나 구조2(200b)는 무선백홀용 안테나 어레이(220b)와 무선접속용 안테나 어레이(240b)가 동일한 안테나 하드웨어에 구현된 구조를 나타낸다. 이 경우, 무선백홀용 안테나(220b)와 무선접속용 안테나(240b)는 동일한 안테나 하드웨어에 구현되지만 안테나 어레이와 이에 연결된 RF 소자들은 서로 다르다. 이 경우, 무선백홀용 안테나(220b)와 무선접속용 안테나(240b)의 일부 특징 예를 들어, 사용 주파수 혹은 안테나 수 및 방향 등은 동일하고, 나머지 특징 예를 들어, 빔 수, 빔 패턴 및 빔 방향 등을 다르게 지정할 수 있다. 안테나 구조3(200c)은 동일한 안테나 하드웨어 및 어레이를 통하여 무선백홀용 빔들(222c, 224c)과, 무선접속용 빔들(242c, 244c)을 생성하는 구조를 나타낸다. 안테나 구조3(200c)의 경우, 안테나 하드웨어 및 어레이는 동일하지만, 이에 연결된 무선 주파수(RF: Radio frequency) 소자들은 서로 독립적으로 구현되어서 서로 다른 빔을 생성한다. 이 경우 무선백홀 및 무선접속을 위한 안테나 및 빔의 거의 모든 특징이 동일하되, 무선백홀을 위한 빔들과 무선접속을 위한 빔들을 서로 다르게 선택할 수 있다.

[0051] 도 3은 본 개시의 실시 예에 따라 백홀 노드(BN: Backhaul Node)와 RAN의 설치 구조에 대한 실시 예를 도시한 도면이다. 여기서, BN은 앞서 설명한 HN 또는 RBN에 대응하고, RAN은 MBS 또는 SBS에 대응한다.

[0052] 도 3을 참조하면, 참조번호 300a의 구조는 BN(320a)와 RAN(340a)가 서로 독립적인 장치로 구현되고, 서로 다른 케이스(case), 혹은 박스(box), 하우징(housing) 케이스 또는, 랙(rack) 등에 설치된다. 그리고, 상기 BN(320a)와 RAN(340a)은 연결선 혹은 케이블(360a)에 의해 연결된 구조를 나타낸다. 참조 번호 300b의 구조 역시 BN(320b)와 RAN(340b)가 서로 독립적인 장치로 구현되지만, 하나의 공통된 케이스(300b) 내에 설치된 구조를 나타낸다. 참조 번호 300b의 구조는 예를 들어, BN 및 RAN 각각이 독립적인 보드(Board)로 구현되고, 동일한 랙에 설치되고, 백플레인(Backplane)으로 연결된 구조를 나타낸다. 참조 번호 300c의 구조는 BN 및 RAN이 하나의 장치로 구현된 구조를 나타낸다. 예를 들어, 참조 번호 300c의 구조는 동일한 보드에 BN과 RAN이 구현되고, bus로 연결된 구조로 나타낼 수 있다.

- [0054] 도 4는 본 개시의 실시 예에 따른 BN 및 RAN의 구성도의 일 예이다. 여기서, BN 및 RAN의 세부 구성은 설명의 편의상 일 예로서 제안된 것으로, 사업자의 의도나 실시 예에 따라 해당 유닛을 구성하는 서브 유닛들이 하나의 유닛으로 통합되거나, 보다 세부적인 기능을 위한 서브 유닛들로 세분화될 수 있다.
- [0055] 도 4를 참조하면, BN(410)은 앞서 설명한 바와 같이 HN 또는 RBN에 대응하고, RAN(430)은 MBS 또는 SBS에 대응한다.
- [0056] 먼저, 상기 BN(410)은 네트워크와의 연결을 제공하고, 상기 RAN(430)과 연결된다. 구체적으로, 상기 BN(410)은 프로세서(412), 메모리(memory, 414), RF 유닛(416) 및 안테나(418)를 포함한다. 그리고, 상기 프로세서(412)는 DL/UL 모뎀(412a), 무선백홀 스케줄러(412b), 빔 제어부(412c) 및 빔 측정 맵퍼(412d)를 포함한다. DL/UL 모뎀(412a)은 본 개시의 실시 예에 따라 무선백홀에 대한 데이터 및 제어정보, 그리고 각종 무선백홀 신호의 송수신을 포함하는 하향링크 및 상향링크에 대한 무선백홀 통신 기능을 수행한다. 상기 무선백홀 스케줄러(412b)는 무선백홀 데이터에 대한 무선백홀 자원을 할당하는 스케줄링 기능을 수행한다. 그리고, 상기 빔 제어부(412c)는 무선백홀 신호의 송수신을 위한 빔을 선택하고, 선택한 빔을 제어한다. 상기 빔 측정 맵퍼(412d)는 무선백홀 별 인접 셀들의 빔들에 대한 간섭을 측정하여, 본 개시의 실시 예에 따른 빔별 간섭값으로 전환한다. 상기 메모리(414)는 상기 프로세서(412)가 동작하는데 필요한 각종 무선백홀 데이터 및 제어정보, 신호, 측정 값, 간섭값 등을 저장한다. 상기 프로세서(412)는 DL/UL 모뎀(412a)을 통해서 상기 RF 유닛(416)과 신호를 송수신하고, 상기 빔 제어부(412c)를 통해 상기 RF 유닛(416)의 동작을 제어한다. 그리고 나서, 상기 RF 유닛(416)은 상기 안테나(418)를 통해서 RF 신호를 송수신한다. 여기서, 상기 프로세서(412)는 상기 빔 제어부(412c)를 통해서 상기 안테나(418) 및 RF 유닛(416)을 통해서 송수신되는 신호를 송수신하기 위한 빔을 선택하고, 선택한 빔을 제어하며 자원할당 스케줄링을 수행한다. 상기 RF 유닛(416)은 도면에 도시하지 않았으나, 내부 세부 회로의 송신전력, 수신신호 이득(Gain), 위상 쉬프터(Phase-Shifter)의 위상 값 등을 조절하여 상기 안테나(418)를 통해서 송수신되는 신호를 위한 빔 패턴, 즉 빔의 모양과 방향을 결정한다. 또한, 상기 안테나(418)에서 미리 결정된 빔 패턴을 사용하도록 결정된 경우, 미리 결정된 빔 패턴에 대해 빔 번호를 부여하고, 각 빔 번호에 대응하는 상기 RF 유닛(416)의 세부회로의 값 즉, 전력과 위상 쉬프터의 위상 값 등을 미리 생성하여 상기 RF 유닛(416) 내부에 저장하거나 상기 메모리(414)에 저장할 수 있다. 상기 RF 유닛(416)이 각 빔별 상기 세부회로의 값을 저장하는 경우, 상기 프로세서(412)는 상기 RF 유닛(416)에게 해당 빔 번호만 알려줌으로써, 빔을 선택할 수 있다. 상기한 프로세서(412)는 실시 예에 따라 하드웨어적으로 구현될 수도 있고, CPU(central processing unit) 및 소프트웨어 형태로 구현될 수도 있고, 하드웨어 및 소프트웨어 둘 다로 구현될 수도 있다.
- [0057] 다음으로, RAN(430)은 상기 BN(410)과 연결되고, 이동단말에게 네트워크와의 연결을 제공한다. 구체적으로, 상기 RAN(430)은 프로세서(432), 메모리(434), RF 유닛(436) 및 안테나(438)를 포함한다. 상기 프로세서(432)는 DL/UL 모뎀(432a), 협력통신 스케줄러(432b), 빔 제어부(432c), 및 빔 측정 맵퍼(432d)를 포함한다. 상기 DL/UL 모뎀(432a)은 본 개시의 실시 예에 따라 무선접속에 대한 데이터 및 제어정보, 각종 무선접속 신호의 송수신을 포함하는 하향링크 및 상향링크 무선접속 통신 기능을 수행한다. 상기 협력통신 스케줄러(432b)는 무선접속 데이터에 대한 무선접속 무선자원을 할당하는 스케줄링 기능을 수행한다. 특히, 본 개시의 실시 예에 따라 협력통신을 위한 무선자원할당의 스케줄링 기능을 수행한다. 상기 빔 제어부(432c)는 무선접속할 기지국의 빔을 선택하고, 선택한 빔을 제어한다. 그리고, 상기 빔 제어부(432c)는 각 단말에 대해 채널 특성을 고려하여 최적 통신을 제공하는 기지국의 빔을 선택한다. 상기 빔 측정 맵퍼(432d)는 단말이 측정한 인접 기지국들의 간섭값을 상기 선택한 기지국의 빔에 대한 인접 기지국의 빔 간섭값으로 전환한다. 또한, 상기 빔 측정 맵퍼(432d)는 하향링크에 대한 기지국의 빔별 인접 기지국의 빔 간섭값을 기반으로, 상향링크에 대한 기지국의 빔별 인접 기지국의 빔 간섭값을 도출한다. 상기 메모리(434)는 상기 프로세서(432)가 동작하는데 필요한 각종 무선접속에 대한 데이터 및 제어정보와, 신호, 기지국과 단말에 대한 채널 측정 값 및 간섭 측정 값, 인접 셀 무선자원 및 빔 할당 정보 등을 저장한다. 상기 프로세서(432)는 상기 DL/UL 모뎀(432a)을 통해서 상기 RF 유닛(436)과 연결되어 신호를 송수신하고, 상기 빔 제어부(432c)를 통해 상기 RF 유닛(436)을 제어한다. 그리고 나서, 상기 RF 유닛(436)은 상기 빔 측정 맵퍼(432d)를 통해서 상기 안테나(438)와 연결되어, RF 신호를 송수신한다. 상기 RF 유닛(436) 역시, 상기 BN(410)의 RF 유닛(416)과 유사하게 상기 안테나(438)에서 사용할 빔 패턴을 결정하고, 해당 빔 패턴을 지시하는 빔 번호에 대응되는 세부회로의 값을 상기 RF 유닛(436)의 내부에 저장하거나, 상기 메모리(434)에 저장할 수도 있다. 상기 프로세서(432)는 실시 예에 따라 하드웨어로 구현될 수도 있고, CPU 및 소프트웨어로 구현될 수도 있고, 하드웨어 및 소프트웨어 둘 다로 구현될 수도 있다.
- [0058] 상기한 BN(410) 및 RAN(430)은 도 3의 구조에서 설명한 것과 같이 다양한 구조로 구현될 수 있으며, 상기한 BN(410) 및 RAN(430)간의 연결은 통신 케이블이 될 수도 있고, 상기한 BN(410) 및 RAN(430)에 대응하는 보드들

을 연결하는 Backplane이 될 수도 있고, 동일한 보드에서 칩(Chip)들을 연결하는 bus가 될 수도 있고, 동일한 칩 내에서 부분들을 연결하는 bus가 될 수도 있다. 상기 BN(410)의 네트워크 연결(440)은, 유선으로 구현될 수도 있고, 또 다른 BN을 통해서 무선으로 구현될 수도 있다. 예를 들어, 상기 BN(410)이 HN이고, 또 다른 무선백홀 장치인 RBN을 통해서 네트워크 연결이 제공될 경우, 멀티 홉(Multi-hop) 혹은 무선 Mesh 네트워크를 구축할 수도 있다. 상기 BN(410)이 RBN인 경우, 이러한 네트워크 연결은 생략될 수도 있다.

[0059] 본 개시의 실시 예에 따른 계층 셀 환경 기반 스케줄링 기술은, 실시 예에 따라 BN(412) 및 RAN(432) 각각에서 각각 구현될 수 있고, 필요에 따라서는 상기 BN(412) 및 RAN(432) 중 하나의 프로세서를 통해서 상기 스케줄링을 위한 모든 기능이 구현되고, 그 결과를 다른 장치 즉, BN(412) 혹은 RAN(432)에게 전달하도록 구현될 수도 있다. 또한, 본 개시의 다른 실시 예에 따라 계층 셀 환경 스케줄링 기술은 기지국과 무선백홀의 HN에서 구현되고, 단말 혹은 무선백홀의 RBN에서는 구현되지 않는다. 이 경우, 단말과 무선백홀 RBN은 기지국 혹은 HN으로부터 획득한 본 개시의 스케줄러가 동작하기 위해 필요한 무선통신채널 및 간섭정보를 포함한 정보를 상기 기지국과 HN에게 제공한다. 또한, 본 개시의 다른 실시 예에 따라 RAN이 무선백홀을 통하지 않고 유선백홀을 통해 네트워크에 연결될 경우, 도 4에서 상기 BN(410)은 별도의 동작을 수행하지 않고, 대신 상기 RAN(430)가 네트워크에 직접 연결될 수 있다.

[0060] 본 개시의 실시 예에 따른 복수의 기지국들의 협력통신은 매 무선자원 스케줄링 및 데이터 송수신 시구간마다 사용자 트래픽 및 단말의 무선채널 특성을 고려하여 최적의 무선자원을 스케줄링하여 협력통신의 성능을 최적화할 수 있다. 구체적으로, 본 개시의 실시 예에서는, 매 스케줄링 및 데이터 송수신 시구간마다 최적 빔을 사용하고, 빔의 간섭 특성을 고려하여 기지국들이 협력통신을 수행하므로, 협력효과를 극대화할 수 있다. 본 개시의 실시 예에서는, 협력통신을 위해 공유되어야 하는 협력정보의 양을 최소화하고, 협력통신을 수행하는 각 기지국 별로 스케줄러를 독립적으로 구현하여 분산적으로 협력통신하는 방안을 제안한다. 본 개시의 실시 예에서는, 계층 셀 환경을 고려한다. 설명의 편의상, 도 3 및 도 4에 도시한 바와 같이, MBS와 HN은 동일한 위치 및 장치에 구현되고, 이들의 스케줄러는 실시 예에 따라 실시간으로 협력하도록 구현하거나, 하나의 스케줄러로 구현할 수도 있다. 본 개시의 실시 예에 따른 SBS는 MBS 및 HN의 스케줄링 정보를 수신하고, 상기 스케줄링 정보에 따라 협력통신을 제공한다. 이때, SBS에게 전달되는 스케줄링 정보는 중앙 집중 방식으로 협력통신을 수행하는 경우에 비해 정보의 양이 상당히 작은 장점이 있다.

[0061] 복수의 기지국들의 협력통신을 위해 단말은 서빙 기지국 및 적어도 하나의 인접 기지국으로부터 수신한 신호를 기반으로 간섭값을 측정한다. 그리고, 이러한 협력통신의 성능을 최대화하기 위해서는 각 단말이 현재 위치에서 측정된 간섭값을 사용해야 한다. 그러나, 본 개시의 실시 예에서는 단말의 이동성을 고려한 이동 통신 시스템을 기반으로 함에 따라, 단말의 이동 시마다 간섭 측정과 보고 및 공유로 인해서 발생하는 자원 낭비를 감소시키기 위해서, 단말이 수신한 간섭 신호들에 대해 측정된 수신 전력 값을 해당 기지국의 빔별 간섭값으로 전환할 수 있다. 여기서, 기지국은 서빙 기지국과, 적어도 하나의 인접 기지국을 포함하며, 각 기지국은 복수의 빔포밍 안테나를 사용하는 경우를 가정하자. 구체적으로, 본 개시의 실시 예에 따른 기지국은 자신의 서비스 커버리지 내에 위치한 단말들과의 통신 시, 사용하는 최적 빔이 동일한 단말들을 하나의 그룹으로 그룹핑한다. 그리고, 본 개시의 실시 예에 따라 기지국은 자신의 빔별로 생성된 그룹들 각각에 대해 해당 그룹을 구성하는 단말들이 측정된 빔 측정(BM: Beam Measurement) 신호의 간섭값들을 기반으로, 빔별 대표 간섭값을 설정할 수 있다. 본 개시의 실시 예에 따른 단말의 BM 측정의 결과 보고는 미리 결정된 주기에 따라 수행되거나, 기지국으로부터 BM 측정 보고 명령을 수신하여 수행될 수 있다. 그리고, 빔별 대표 간섭값 설정 시 고려되는 간섭값은 실시 예에 따라 기지국이 해당 빔별로 생성된 그룹에 포함된 단말들 모두로부터 수신한 간섭값들을 이용할 수도 있고, 상기 간섭값들 중 미리 결정된 임계값 이상인 간섭값들을 이용할 수도 있다. 구체적인 예로, 기지국은 하향링크에서 특정빔에 대해 그룹핑된 모든 단말들로부터 상기 특정빔에 대한 간섭값들을 수신하고, 상기 수신한 간섭값들 중 최대값, 혹은 평균값, 혹은 최저값으로 상기 특정빔의 대표 간섭값을 결정하고, 결정된 대표 간섭값을 상기 특정빔의 간섭값으로 설정할 수 있다. 또는, 실시 예에 따라 상기 기지국이 상기 수신한 간섭값들에 대해 선형적 연산이나, 비선형적 연산을 수행하여 획득한 값을 상기 특정빔의 대표 간섭값으로 설정할 수도 있다.

[0062] 도 5는 본 개시의 실시 예에 따른 분산 협력통신을 위한 기지국의 빔별 간섭들에 대한 예를 도시한 도면이다.

[0063] 도 5를 참조하면, MBS(BS1, 500), SBS1(BS2, 510) 및 SBS2(BS3, 520)는 각각 미리 결정된 주파수를 사용하여 단말들과 하향링크/상향링크 통신을 수행하여 해당 단말들에게 네트워크 연결을 제공하는 서빙 기지국으로 동작할 수 있다. 또한, 본 개시의 실시 예에 따라 상기 MBS(500), SBS1(510) 및 SBS2(520) 각각은 좁은 빔을 생성하여 자신의 서비스 영역에 위치한 단말들에게 신호를 송신하고, 해당 단말들로부터 신호를 수신한다. 일 예로,

도 5는 기지국 식별자 n 이 총 3개인 경우로, $BS^n, n = 1, 2, 3$ 와 같이 나타낼 수 있으며, 각 기지국 별로 빔 식별

자 k 가 총 K 개인 경우를 가정하여, $B_k^n, k = 1, 2, \dots, K$ 와 같이 나타낼 수 있다. 이러한 서비스 영역, 기지국 식별자 및 기지국 별 빔을 나타내는 파라미터들을 기반으로, 해당 위치의 단말에서 협력통신의 최고 품질을 제공하는 영역을 $C[B_k^n]$ 로 나타낼 수 있다. 도 5의 실시 예에서, $C[BS^1](502)$, $C[BS^2](512)$ 및 $C[BS^3](522)$ 각각은,

상기 $BS^1(500)$, $BS^2(510)$ 및 $BS^3(520)$ 이 협력통신하여 각각이 최적의 통신 품질을 제공하는 서비스 영역을 나타낸다. 본 개시의 실시 예에서 각 기지국은 단말들과의 통신 시 최적 빔을 사용하기 위해서 하향링크에 대해 자신의 모든 송신빔들을 측정하기 위한 BM 신호를 주기적으로 송신한다. 그리고, 각 단말은 자신의 모든 수신빔들을 통해서 수신한 해당 기지국의 BM 신호들을 기반으로, 각 기지국과의 모든 송수신 빔 조합에 대한 수신 전력을 측정한다. 이 경우, BM 측정 대상은 서빙 기지국뿐만 아니라, 인접 기지국들 역시 포함된다. 이후, 각 기지국 별로 수신 전력이 최대값인 송신빔 및 그에 매핑되는 자신의 수신빔으로 하향링크에 대한 최적 송수신빔을 결정하는 경우를 가정하자. 본 개시의 실시 예에서는 상기 최적 송수신빔이 결정되면, 상기 최적 송신빔으로 BM 신호를 송신한 기지국을 서빙 기지국으로 다시 선택할 수 있다. 그리고, 각 기지국과 단말은 최적의 송수신빔을 사용하여 하향링크 통신한다.

[0064] 도 5의 실시 예에서는, 2개의 단말(MS_m^n , 여기서, n 은 기지국 식별자이고, m 은 단말 식별자임) 즉, MS_1^1 (532)과 MS_2^1 (534)가 기지국 $BS^1(500)$ 의 서비스 영역 $C[BS^1]$ 에 위치한 경우를 도시하고 있다. 이때, 상기 MS_1^1 (532)과 MS_2^1 (534)가 수신한 BM 신호들의 수신 전력 중 최대값을 갖는 BM 신호를 송신한 기지국이 상기 $BS^1(500)$ 인 경우를 가정하자. 이 경우, 상기 $BS^1(500)$ 은 상기 $MS_1^1(532)$ 및 $MS_2^1(534)$ 의 서빙 기지국으로 선택되어, 상기 $MS_1^1(532)$ 및 $MS_2^1(534)$ 에게 네트워크 연결을 제공한다. 또한, 상기 $MS_1^1(532)$ 및 $MS_2^1(534)$ 는 둘 다 현재 상기 $BS^1(500)$ 의 빔 B_{i3}^1 을 사용하는 영역 $C[B_{i3}^1]$ 에 위치하고 있고, 상기 $MS_1^1(532)$ 및 $MS_2^1(534)$ 가 수신한 BM 신호들의 수신 전력 중 최대값을 가지는 BM 신호를 송신한 상기 $BS^1(500)$ 의 빔이 B_{i3}^1 이다. 이에 따라, 상기 기지국 $BS^1(500)$ 은 상기 $MS_1^1(532)$ 및 $MS_2^1(534)$ 과의 하향링크 통신 시 빔 B_{i3}^1 을 최적 빔으로 사용한다. 또한, 본 개시의 실시 예에 따라 상기 $MS_1^1(532)$ 와 $MS_2^1(534)$ 각각은 기지국들의 협력통신을 지원하기 위해 상기 서빙 기지국인 $BS^1(500)$ 에 대해 결정된 최적 송수신빔 조합에 포함된 최적 수신빔을 사용하여 인접 기지국인 $BS^2(510)$ 와 $BS^3(520)$ 로부터 전송된 하향링크 신호들을 수신하고, 하기 <수학식 1>과 같이 나타내어지는 하향링크 간섭값 (I_{DL})을 측정한다.

[0065] <수학식 1>

[0066] $I_{DL}(B_k^n \rightarrow MS_m^1)$

[0067] 여기서, $MS_m^1, m = 1, 2$ 이고, $B_k^n, n = 2, 3, k = 1, 2, \dots, K$ 이다.

[0068] 또한, 상기 하향링크 간섭값은 실시 예에 따라 인접 기지국의 BM 신호, 즉 간섭신호의 수신 전력 크기, 혹은 상기 간섭 신호의 RSRP(Reference Signal Received Power) 값, 상기 간섭 신호의 RSRQ(Reference Signal Received Quality) 값, 혹은 상기 간섭 신호의 CQI(Channel Quality Indication) 값, 혹은 상기 간섭 신호의 수신 전력 대 잡음 전력 비율, 혹은 상기 간섭 신호의 수신 전력 대 서빙 기지국의 최적 빔에 대한 수신 신호 전력 비율, 혹은 상기 간섭신호의 기준 신호(Reference Signal) 수신 전력 대 서빙 기지국의 최적 빔 수신 신호

의 기준 신호 수신 전력 비율 등의 일부 또는 조합 등이 될 수 있다.

[0069]

한편, 이동통신 환경에서 단말의 이동 시 간섭 정보의 공유를 위한 재측정 및 공유 과정으로 인한 낭비를 막기 위해서, 본 개시의 실시 예에서는, 단말이 측정된 인접 기지국들의 간섭값들을 이용하여, 기지국의 빔 별 간섭값을 결정할 수 있다. 구체적으로, 본 개시의 실시 예에서는, 기지국이 단말과 하향링크 통신 시 사용하는 최적 송신빔이 동일한 단말들을 하나의 그룹으로 그룹핑한다. 그리고, 각 그룹 별로, 해당 그룹에 포함된 단말들이 측정된 간섭값들을 이용하여 해당 그룹에 매핑된 기지국의 송신빔의 대표 간섭값을 결정한다. 그리고, 상기 대표 간섭값을 해당 송신빔의 간섭값으로 결정한다. 실시 예에 따라 각종 선형 혹은 비선형 연산을 통하여 획득한 값을 해당 송신 빔의 간섭값으로 전환할 수도 있다. 도 5의 실시 예를 예로 들면, 상기 $MS_1^1(532)$ 과 $MS_2^1(534)$ 는 모두 빔 B_{13}^1 의 영역 $C[B_{13}^1]$ 에 위치하고 있으므로, 상기 $BS^1(500)$ 은 빔 B_{13}^1 을 상기 $MS_1^1(532)$ 및 $MS_2^1(534)$ 와 하향링크 통신을 위한 최적 송신빔으로 사용한다. 그러므로, 상기 $MS_1^1(532)$ 과 $MS_2^1(534)$ 는 빔 B_{13}^1 을 최적 송신빔으로 갖는 단말들의 그룹에 속한다. 그리고, 상기 B_{13}^1 의 그룹에 포함된 단말들이 측정된 상기 $BS^1(500)$ 의 B_{13}^1 에 의한 간섭값의 최대 값, 또는 평균 값, 또는 최저 값, 또는 각종 선형 혹은 비선형 연산을 통하여 획득한 결과 값을 상기 $BS^1(500)$ 의 B_{13}^1 의 그룹에 포함된 모든 단말들에 대한 대표 간섭값 즉, $I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_{13}^1)$ 로 상기 B_{13}^1 의 간섭값을 결정한다. 마찬가지로, BS^n 의 B_k^n 에 대해 상기 B_k^n 의 그룹에 포함된 단말들이 측정된 B_k^n 에 의한 간섭값의 최대 값, 또는 평균 값, 또는 최저 값, 또는 각종 선형 혹은 비선형 연산을 획득한 결과값을 상기 B_k^n 의 그룹에 포함된 모든 단말들에 대한 대표 간섭값으로 선택하여, 상기 B_k^n 의 간섭값으로 결정한다. 결과적으로, 본 개시의 실시 예에서는, 기지국의 송신빔이 동일한 단말들을 하나의 그룹으로 그룹핑하고, 상기 그룹에 포함된 모든 단말들이 수신하는 인접 셀들의 빔들에 의한 간섭값들 중 선택한 대표 간섭값을 상기 그룹에 매핑된 기지국의 송신빔의 간섭값으로 전환한다. 예를 들어, B_{13}^1 의 그룹에 속한 단말들이 측정된 간섭값들 중 최대 값을 B_{13}^1 의 그룹에 포함된 단말들 혹은, B_{13}^1 의 간섭값으로 전환하는 경우, 하기 <수학식 2>와 같이 나타낼 수 있다.

[0071]

<수학식 2>

[0072]

$$I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_{13}^1) = \max_{m=1,2} I_{DL}(B_k^n \rightarrow MS_m^1)$$

[0073]

여기서, 도 5의 실시 예에 따라 $n=2, 3$ 이고, $k=1, 2, \dots, K$ 이다. 여기서, 상기 $MS_1^1(532)$ 와 $MS_2^1(534)$ 는 각각 상기 B_{13}^1 의 그룹에 포함되지만, $MS_1^1(532)$ 의 실제 위치가 상기 $BS^2(510)$ 와 $BS^3(520)$ 로부터 멀리 떨어져 있다. 따라서, 인접 기지국들인 $BS^2(510)$ 와 $BS^3(520)$ 가 상기 $MS_1^1(532)$ 에 주는 간섭이 상대적으로 작게 된다. 반면, 상기 $MS_2^1(534)$ 의 실제 위치는 상기 $BS^2(510)$ 에 가깝게 위치하고 있으므로, 기지국 $BS^2(510)$ 에 의한 간섭이 상

대적으로 크게 된다. 그러므로, 본 개시의 실시 예에 따라 B_{13}^1 의 그룹에 포함된 단말이 측정된 $I_{DL}(B_k^n \rightarrow MS_m^1)$ 에 따라 인접 기지국들이 협력통신을 제공할 경우, 상기 단말 $MS_1^1(532)$ 에 대해서는 상기 $BS^2(510)$ 와 $BS^3(520)$ 가 협력통신을 제공할 필요가 없으나, 상기 단말 $MS_2^1(534)$ 에 대해서는 상기 $BS^2(510)$ 가 협력통신을 제공할

필요가 있다. 반면, 본 개시의 실시 예에 따라 결정된 상기 B_{13}^1 의 대표 간섭값 즉, $I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_{13}^1)$ 기준으로 협력통신을 제공하는 경우, 상기 B_{13}^1 의 그룹에 속하는 $MS_1^1(532)$ 및 $MS_2^1(534)$ 모두에 대해 상기 기지국 $BS^2(510)$ 가 협력통신을 제공해야 한다. 상기한 바와 같이, 본 개시의 실시 예에 따라 빔별로 측정된 간섭값을 기반으로 인접 기지국들이 협력할 경우, $BS^1(500)$ 이 $B_{11}^1, B_{12}^1, B_{13}^1$ 을 사용하는 경우에 $BS^2(510)$ 가 협력통신을 제공하고, 상기 $BS^1(500)$ 이 빔 $B_{15}^1, B_{16}^1, B_{17}^1, B_{18}^1$ 을 사용하는 경우에 상기 $BS^3(520)$ 가 협력통신을 제공한다. 결과적으로, 본 개시의 실시 예에 따른 $BS^1(500)$ 은 자신의 모든 빔들(B_b^1)의 그룹 별로, 해당 그룹별로

포함된 단말들이 측정한 BS^2 (510) 및 BS^3 (520) 각각의 모든 빔들에 의한 간섭값 $I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_b^1), n = 2, 3$ 을 기반으로, 해당 그룹의 대표 간섭값을 선택하여, 각 빔의 간섭값을 결정한다.

[0074] 마찬가지로, BS^2 (510)와 BS^3 (520)도 각각 BS^1 (500)와 같이 하향링크에서 자신의 모든 송신빔들에 대해 다른 기지국에 의한 간섭 즉, $I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_b^2), n = 1, 3$ 및 $I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_b^3), n = 1, 2$ 을 측정할 수 있다. 그리고, 측정 간섭값들을 자신의 서비스 영역에 위치한 단말의 스케줄링에 사용한다. 또한, 무선백홀이 이동통신 무선접속과 동일한 주파수를 사용하여 통신하는 경우를 가정하면, RBN 별로 무선접속 기지국 즉, MBS 및 적어도 하나의 SBS에 의한 간섭값을 측정하고, 측정된 간섭값을 MBS 및 적어도 하나의 SBS에게 전달하여 상기 MBS 및 적어도 하나의 SBS가 무선백홀에 협력통신을 제공하거나, 무선백홀의 빔 B_b^0 (여기서, b는 무선백홀의 빔 식별자) 별로 대표 간섭값 ($I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_b^0), n = 1, 2, 3$) 을 선택하여, 빔별 간섭값으로 결정하여 상기 빔별 간섭값으로 기지국들에게 전달하고, 이를 기반으로, 기지국들이 무선백홀에 협력통신을 제공할 수 있다.

[0075] 앞서 설명한 바와 같이, 본 개시의 실시 예에 따른 기지국의 빔별 간섭 측정 방법을 보다 일반화하여 설명하면 다음과 같다. 하향링크에서 서빙 기지국인 BS^s 의 서비스 영역에 위치한 적어도 하나의 단말 즉, MS_m^s 은 상기 BS^s 과 결정된 단말의 최적 빔을 사용하여 인접 기지국인 BS^n 의 빔 B_k^n 이 송신하는 BM 신호를 수신한다. 그리고, 상기 BM 신호에 대해 간섭값 즉, $I_{DL}(B_k^n \rightarrow MS_m^s)$ 을 측정하고, 상기 측정된 간섭값을 포함하는 상기 BM 측정의 결과 보고를 상기 BS^s 에게 전달한다. 이때, 상기 BM 측정의 결과 보고는 미리 결정된 주기마다 수행되거나, BS^s 로부터 BM 측정 보고 명령 요청이 수신될 경우 수행될 수 있다.

[0076] 그러면, 상기 BS^s 는 자신과 통신하는 단말 즉, MS_m^s 들의 결과 보고를 기반으로 획득한 간섭값 및 수신전력 값들을 이용하여 하향링크에서 각 단말에 대한 최적빔을 결정한다. 예를 들어, 단말은 수신전력 값이 최대인 BM 신호를 송신한 기지국의 빔을 하향링크에서 상기 단말에 대한 최적빔으로 결정할 수 있다. 이후, BS^s 와 통신하는 단말들의 최적빔이 결정되면, 서빙 기지국 BS^s 는 동일한 최적빔을 가지는 단말들을 하나의 그룹으로 그룹핑한다. 이러한 방식으로, BS^s 는 자신의 모든 빔들에 대해 해당 빔을 최적빔으로 가지는 단말들의 그룹을 획득할 수 있다. 하향링크에서 기지국과의 최적빔이 B_b^s 로 결정된 단말 MS_m^s 들의 그룹인 $M_{best}^s\{B_b^s\}$ 은 하기 <수학식 3>과 같이 나타내어질 수 있다.

[0078] <수학식 3>

[0079]
$$M_{best}^s\{B_b^s\} = \{MS_m^s \mid B_{best}^s(MS_m^s) = B_b^s\}$$

[0080] 여기서, $B_{best}^s(MS_m^s)$ 는 하향링크에서 단말 MS_m^s 에 대한 BS^s 의 최적 빔을 나타낸다.

[0081] 단말에 대한 서빙 기지국의 최적빔이 하향링크와 상향링크에서 서로 상이할 경우, 상기 BS^s 의 최적빔을 하향링크와 상향링크로 다음과 같이 구분할 수 있다. 즉, $B_{best-DL}^s(MS_m^s)$ 및 $B_{best-UL}^s(MS_m^s)$ 는 각각 MS_m^s 에 대한 BS^s 의 하향링크 최적빔 및 상향링크 최적빔을 나타내며, $M_{best-DL}^s\{B_b^s\}$ 및 $M_{best-UL}^s\{B_b^s\}$ 는 각각 하향링크 및 상향링크 각각에서 BS^s 의 최적빔이 B_b^s 인 단말들의 그룹을 나타낸다. 이하, 본 개시의 실시 예에서는 하향링크 및 상향링크 빔에 대한 구분 없이도 수식 또는 설명이 의미를 전달하는데 문제가 없는 경우, 하향링크 및 상향링크에 대한 최적빔, 단말들의 그룹에 대한 구분을 생략하기로 한다.

[0082] 이후, 본 개시의 실시 예에 따른 는 해당 그룹을 구성하는 단말들로부터 획득한 간섭값들을 이용하여 자신의 빔별 간섭값을 결정한다. 간섭값을 결정하는 구체적인 동작은 앞의 설명과 중복되므로 생략한다. 예를 들어, 각 그룹 별로 획득한 간섭값들 중 최대값을 대표 간섭값으로 결정하는 경우를 가정하자. 이 경우, 기지국 BS^n 의 빔 B_k^n 이 BS^s 의 빔 B_b^s 에 주는 간섭값은 하기 <수학식 4>와 같이 나타낼 수 있다.

[0084] <수학식 4>

$$I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_b^s) = \max_{M_{best}^s \{B_b^s\}} I_{DL}(B_k^n \rightarrow MS_m^s | MS_m^s \in M_{best}^s \{B_b^s\})$$

[0086] 다른 예로, 각 그룹 별로 획득한 간섭값들에 대한 선형적 연산으로 획득한 결과값을 대표 간섭값으로 선택하여 간섭값으로 결정하는 경우, 하기 <수학식 5>와 같이 나타낼 수 있다.

[0087] <수학식 5>

$$I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_b^s) = \sum_m w_{b,m}^s I_{DL}(B_k^n \rightarrow MS_m^s | MS_m^s \in M_{best}^s \{B_b^s\})$$

[0089] 여기서, $w_{b,m}^s$ 는 그룹 $M_{best}^s \{B_b^s\}$ 에 속한 단말 MS_m^s 들의 간섭값들에 대해 미리 결정된 가중치(weight)를 나타내고, $\sum_m w_{b,m}^s = 1$ 의 조건을 만족하는 경우를 가정하자. 그리고, 상기 <수학식 5>에서의 선형적 연산은 간섭값들의 가중치가 모두 동일할 경우, 상기 그룹에 속한 단말의 수 혹은 단말의 간섭측정 수를 M이라 가정할 때, 가중치가 모두 1/M인 경우, 상기 가중치가 곱해진 단말 MS_m^s 들의 간섭값들의 평균을 의미한다.

[0090] 그리고, BS^s 이 상기 <수학식 4> 또는 <수학식 5>와 같이 자신의 빔 B_b^s 와 인접 기지국 BS^n 의 빔 B_k^n 들간의 모든 조합에 대한 간섭값 즉, $I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_b^s)$ 들을 획득하면, 상기 획득한 $I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_b^s)$ 들을 BS^n 에게 알려준다.

[0091] 앞서 설명한 바와 같이, 본 개시의 실시 예에 따른 기지국의 빔별 대표 간섭값은, 하향링크에서 단말에게 영향을 주는 간섭값을 나타낸다. 만약, 서빙 기지국과 단말의 송수신 안테나가 동일한 빔 패턴을 갖도록 구현된 경우, 빔 번호가 동일한 송신빔과 수신빔은 동일한 빔 패턴을 갖는다고 가정할 수 있다. 이 경우, 본 개시의 실시 예에 따른 하향링크에서 기지국의 빔별 간섭값은 상향링크에서도 사용될 수 있다. 최적 송수신빔 조합이 결정된 상태에서, 각 단말은 서빙 기지국과 결정된 단말의 최적빔을 통해서 상향링크 신호를 송신한다. 그러면, 상기 서빙 기지국 역시 해당 단말과 결정된 기지국의 최적빔을 통해서 상기 상향링크 신호를 수신한다. 이때, 인접 기지국 BS^n 의 빔 B_k^n 을 최적빔으로 사용하는 그룹의 MS_m^n 들이 송신한 상향링크 신호에 대해 BS^s 가 B_b^s 로 수신하는 상향링크 간섭 $I_{UL}(B_b^s \leftarrow B_k^n)$ 은 하기 <수학식 6>의 관계를 통해서 획득될 수 있다.

[0092] <수학식 6>

$$I_{UL}(B_b^s \leftarrow B_k^n) = I_{DL}(B_b^s \rightarrow B_k^n)(P_{MS}/P_s)$$

[0094] 여기서, I_{UL} 는 상향링크 간섭을 나타내며, P_{MS} 과 P_s 는 해당 단말과 BS^s 의 송신 전력 값을 각각 나타낸다. 보다 구체적으로, $I_{UL}(B_b^s \leftarrow B_k^n)$ 은 하향링크 간섭 $I_{DL}(B_b^s \rightarrow B_k^n)$ 에 단말과 BS^s 의 송신 전력 차이로 보상한 값으로서, BS^s 가 기지국의 종류 즉, MBS 또는 SBS인지에 따라 송신 전력이 서로 다를 수 있는 특성을 반영할 수 있다. 즉, 상기 <수학식 6>에 따르면, BS^s 이 B_b^s 로 수신하는 상향링크 간섭값 $I_{UL}(B_b^s \leftarrow B_k^n)$ 을 구하기 위해서는, 인접 기지국 BS^n 에서 획득한 하향링크 간섭값 $I_{DL}(B_b^s \rightarrow B_k^n)$ 이 사용된다. 그러므로, 본 개시의 실시 예에서는 BS^s 이 상향링크 간섭값 $I_{UL}(B_b^s \leftarrow B_k^n)$ 을 획득하기 위해서, 인접 기지국 BS^n 가 하향링크 간섭값을 상기 기지국 BS^s 에게 전달하고, 이를 기반으로, 상기 BS^s 이 상기 <수학식 6>에 따라 상향링크 간섭값을 계산할 수 있다. 다른 실시 예에 따라, 상기 인접 기지국 BS^n 이 상기 <수학식 6>에 따라 상향링크 간섭값을 계산하여 상기 기지국 BS^s 에게 전달해 줄 수도 있다. 이에 따라, 본 개시의 실시 예에서는 서빙 기지국이 단말과 인접 기지국들에 의한 상향링크 간섭을 측정하지 않아도 되므로, 상향링크 간섭값의 측정으로 인한 무선자원 낭비를 감소할 수 있다. 결과적으로, 본 개시의 실시 예에 따른 상향링크 간섭값들을 이용할 경우, 기존의 협력 성능 대비 개선 효과가 매우 크다.

[0095] 하기 <표 1> 및 <표 2> 각각은 본 개시의 실시 예에 따라 하향링크 및 상향링크 각각에 대한 기지국의 빔별 대표 간섭값의 일 예를 나타낸 표이다.

표 1

[0096]

$I_{DL}(B_k^2 \rightarrow B_b^1)$	B_1^1	B_2^1	B_3^1	B_4^1	B_5^1	...	B_{K1}^1
B_1^2	4.2	7.9	10.6	9.6	7.2	...	3.2
B_2^2	5.8	9.3	12.5	11.9	6.8	...	2.8
B_3^2	6.1	11.9	11.3	8.9	5.5	...	1.1
...
B_{K2}^2	1.1	4.1	6.7	7.3	9.8	...	0.9

[0098]

먼저, <표 1>은 하향링크에서 인접 기지국인 BS^2 가 빔 $B_k^2, k = 1, 2, \dots, K2$ 으로 BM 신호를 송신할 경우, 서빙 기지국인 BS^1 이 빔 $B_b^1, b = 1, 2, \dots, K1$ 각각에 대해 구성된 그룹 $M_{best}^s\{B_b^1\}$ 별로 상기 BS^2 의 빔 $B_k^2, k = 1, 2, \dots, K2$ 들 각각으로부터 송신된 BM 신호를 수신하고, 상기 <수학식 1> 또는, <수학식 4>, 또는 <수학식 5>에서 설명한 방식 중 하나로, BS^1 의 빔별 대표 간섭값을 BS^2 의 빔별 간섭값으로 나타낸 결과의 일 예이다. 여기서, 각 테이블에 매핑된 간섭값들은, 상기 그룹 $M_{best}^s\{B_b^1\}$ 에 포함된 단말들이 BS^2 가 $B_k^2, k = 1, 2, \dots, K2$ 각각으로 송신한 BM 신호를 수신하고, 수신한 BM 신호들에 대한 간섭 전력 대 잡음 전력의 비를 계산하여 dB 값으로 나타낸 것이다. 여기서, 해당 단말은 BM 신호와 함께 상기 단말의 잡음도 포함하므로, 이 경우, 간섭 전력 대 잡음 전력의 비 (INR : Interference to Noise Ratio)는 하기 <수학식 7>과 같이 계산될 수 있다.

[0099]

<수학식 7>

$$INR = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_n^2} - 1$$

[0100]

여기서, σ_y^2 는 단말이 수신한 인접 기지국으로부터 수신한 BM 신호의 전력을 나타내고, σ_n^2 는 상기 단말의 잡음 신호 전력을 나타낸다.

[0102]

또한, BS^1 은 각 빔별로 다른 인접 기지국들 즉, BS^3, BS^4, \dots 이 송신한 빔 측정 신호를 수신하고, 상기 <표 1>과 같은 하향링크 간섭 $I_{DL}(B_k^3 \rightarrow B_b^1), I_{DL}(B_k^4 \rightarrow B_b^1), \dots$ 을 각각 생성한다. 또한, 인접 기지국들 역시 자신의 모든 인접 기지국들이 송신한 BM 신호를 빔별로 수신하여 간섭값을 나타낼 수 있다. 이때, 각 기지국이 단말의 Noise Figure 값을 미리 알고 있으면, 자신의 잡음 신호의 전력 σ_n^2 의 실제 dBm 값을 간단한 연산으로 구할 수 있다. 그러므로, 본 개시의 실시 예에서는, 상기 <표 1>에서와 같이, 하향링크에서 기지국의 빔 별 간섭값을 간섭 전력 대 잡음 전력 비뿐만 아니라, 단위 주파수 혹은 전체 주파수 대역폭에서의 간섭 전력의 dBm 값으로 생성할 수도 있고, 또는 그 밖의 많은 다양한 방법으로 표시할 수도 있다.

표 2

[0103]

$I_{UL}(B_k^2 \leftarrow B_b^1)$	B_1^1	B_2^1	B_3^1	B_4^1	B_5^1	...	B_{K1}^1
B_1^2	-5.8	-2.1	0.6	-0.4	-2.8	...	-6.8
B_2^2	-4.2	-0.7	2.5	1.9	-3.2	...	-7.2
B_3^2	-5.9	1.9	1.3	-1.1	-4.5	...	-8.9
...
B_{K2}^2	-8.9	-5.9	-3.3	-2.7	-0.2	...	-9.1

[0105]

상기 <표 2>는 기지국의 빔별 하향링크 간섭값으로부터 상향링크 간섭값 $I_{UL}(B_k^2 \leftarrow B_b^1)$ 을 획득한 결과의 실시 예

를 나타낸다. 여기서, 기지국의 빔별 상향링크 간섭값들은 각각 BS^1 의 빔 B_b^1 들 각각에 대한 그룹 $M_{best}^s(B_b^1)$ 에 포함된 단말 각각이 상향링크 신호를 송신할 때, BS^2 가 빔 B_b^2 각각을 통해서 수신하는 상기 상향링크 신호의 간섭 전력 대 잡음 전력 비(dB 값)를 <표 1>에서의 기지국의 빔별 하향링크 간섭값으로부터 획득한 경우의 결과를 나타낸다. 여기서, BS^2 의 송신 전력은 30dBm이고, 단말의 송신 전력은 20dBm라 가정하여, BS^2 와 단말간의 송신 전력 비율 P_{MS}/P_s 이 -10dB인 경우를 가정하자. 또한, 상기 BS^2 와 단말간의 Noise Figure는 동일하고, 잡음 전력도 동일한 경우를 가정하자. 또한, BS^1 은 상기 <표 1>에서 다른 기지국들 즉, BS^3, BS^4, \dots 각각의 빔별로 매핑된 하향링크 간섭값들($I_{DL}(B_k^3 \rightarrow B_b^1)$, $I_{DL}(B_k^4 \rightarrow B_b^1)$, ...)로부터 상기 BS^3, BS^4 각각에 대한 상향링크 간섭값 $I_{UL}(B_k^3 \leftarrow B_b^1)$, $I_{UL}(B_k^4 \leftarrow B_b^1)$, ...을 획득할 수 있다. 또한, <표 2>에 도시하지는 않았으나, 상기 다른 기지국들 역시 자신의 인접 기지국들에 의한 하향링크 간섭값으로부터 빔별 상향링크 간섭값을 획득할 수 있다.

[0106] 본 개시의 실시 예에 따른 기지국의 빔별 하향링크 간섭값 및 상향링크 간섭값 측정 방법은, 기지국 빔이 좁을 수록 측정되는 간섭값의 정밀도 및 정확도가 높아지고, 그로 인해, 인접 기지국들과의 협력통신의 성능이 높아진다. 그러므로, 본 개시의 실시 예에서는, 좁은 빔을 사용하여 통신하는 미래의 계층 셀 환경 이동통신 시스템의 성능을 높일 수 있다.

[0107] 이동통신 환경에서는 단말의 위치가 수시로 변경될 수 있는 반면, 기지국들은 동일한 위치에 고정되어 있다. 그러므로, 본 개시의 실시 예에 따른 기지국의 빔별 간섭값은 기본적으로 고정된 값을 가지며, 수시로 재측정하거나, 협력통신을 위한 인접 기지국들과의 공유를 다시 수행할 필요가 없다. 다만, 기지국의 주변에서 이동하는 물체들에 의해 단기적 채널 특성이 변경될 수 있고, 해당 단말이 간섭값을 측정할 위치에 의한 차이가 존재할 수 있으나, 기지국간의 장기적 채널 특성은 변경되지 않는다.

[0108] 한편, 본 개시의 실시 예에 따라 기지국의 빔별 간섭값에 대한 정보의 양을 추가로 감소시킬 수 있다. 예를 들어, 각 기지국의 빔별로 간섭값이 미리 결정된 임계값보다 큰 BM 신호를 송신한 인접 기지국들을 선별하고, 선별된 인접 기지국에게만 해당 기지국의 빔별 간섭값을 전달할 수 있다. 또한, 기지국의 빔별 간섭값을 지시하는 비트 수를 감소시켜 간섭값에 대한 정보의 양을 추가로 감소시킬 수 있다.

[0109] 본 개시의 실시 예에 따른 기지국의 빔별 간섭값의 측정은, 실시 예에 따라 해당 기지국을 설치하고, 시험하는 기간 동안에 획득하고, 모든 기지국들과 서로 공유할 수 있다. 그리고, 통신 서비스 도중에 필요에 따라 단말들에게 BM 측정 보고를 요청하여, 기지국의 빔별 간섭값을 업데이트하거나, 미리 결정된 주기에 따라 업데이트 할 수 있다. 그리고, 본 개시의 실시 예에 따른 각 기지국은 빔별 간섭값을 수정할 때마다, 수정된 빔별 간섭값을 인접 기지국들에게 전달하여 공유한다. 본 개시의 실시 예에서 따라 각 기지국들의 협력통신을 위해 측정하고 공유하는 빔별 간섭값은 고정된 기지국의 장기적인 통신채널의 특성을 반영하기 위한 것이므로, 수시로 간섭값을 수정하고 인접 기지국들과의 공유를 위한 전달 과정을 필요로 하지 않는다.

[0110] 도 6a는 본 개시의 실시 예에 따른 기지국의 자신의 기지국들을 분류하는 동작 흐름도의 일 예이다. 일 예로, 무선백홀과, MBS 및 상기 MBS의 서비스 영역 내에 적어도 하나의SBS가 설치된 계층 셀 환경을 기반으로 한다. 여기서, 기지국은 MBS 또는 SBS가 될 수 있다.

[0111] 도 6a를 참조하면, 600단계에서, 각 셀의 서빙 기지국 BS^s 은 자신의 빔 B_b^s 별로 적어도 하나의 인접 기지국 BS^n 각각의 빔 B_k^n 에 의한 간섭값을 획득한다. 여기서, 서빙 기지국은, 실시 예에 따라 HN, MBS 및 SBS 중 하나에 대응한다. 여기서, 기지국의 빔별 간섭값은 미리 결정된 주기 또는 상기 서빙 기지국의 필요에 따라 송신되는 BM 측정 보고 요청에 따라 획득되거나, 업데이트될 수 있다. 본 개시의 실시 예에 따른 기지국의 빔별 간섭값은, 하향링크에서 해당 빔에 매핑된 그룹에 포함된 적어도 하나의 단말이 BM 측정 보고한 간섭값들 중 대표 간섭값으로 하향링크 간섭값 $I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_b^s)$ 을 결정하고, 상기 하향링크 간섭값으로부터 상향링크 간섭값 $I_{UL}(B_k^n \leftarrow B_b^s)$ 을 결정한다.

[0112] 도 6b는 기지국의 빔별 간섭값 획득 절차인 도 6a의 600단계의 상세 동작 흐름도의 일 예이다. 여기서, 설명의 편의상, HN, MBS 및 SBS의 하향링크 및 상향링크 간섭값의 측정 및 업데이트 절차를 순차적으로 설명하였으나, 각 노드의 간섭값의 측정 및 업데이트는 순서에 상관 없이 수행될 수 있다.

[0113] 도 6b를 참조하면, 실시 예에 따라, 무선백홀이 존재하는 환경을 가정하자. 이 경우, 601단계에서, HN은 자신과

통신하는 RBN을 통해서 무선백홀 통신에 사용되는 상기 HN의 빔 B_b^s 에 대한 MBS 및 SBS에 의한 간섭값을 측정하고, 상기 측정값을 기반으로, 상기 MBS 혹은 SBS에 대응하는 BS^n 의 빔 B_k^n 별로, 무선백홀 통신에 사용되는 상기 HN의 빔 B_b^s 에서 수신되는 하향링크 간섭값 $I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_b^s)$ 을 획득하거나 업데이트한다. 상기 HN의 무선백홀 통신에 사용되는 빔에 대한 하향링크 간섭값의 측정 및 업데이트는 필요에 따라 혹은 미리 결정된 주기에 따라 업데이트된다. 그리고, 기지국과 마찬가지로, 상기 <수학식 6>에 따라 하향링크 간섭값으로부터 상향링크 간섭값 $I_{UL}(B_k^n \leftarrow B_b^s)$ 을 획득할 수 있다.

[0114] 602단계에서 MBS 즉, BS^s 은 자신의 모든 빔 B_b^s 들 각각에 대해 설정된 그룹별로, 하향링크에서 해당 그룹에 포함된 적어도 하나의 단말로부터 HN의 무선백홀 통신 시 사용되는 빔과, SBS인 BS^n 의 빔 B_k^n 들 각각으로부터 수신된 간섭값들을 수신한다. 그리고, 상기 간섭값들을 기반으로, 상기 MBS는 각 빔 B_b^s 에 대한 대표 간섭값을 해당 빔의 하향링크 간섭값 $I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_b^s)$ 으로 결정하거나, 업데이트한다. 상기 MBS의 빔별 하향링크 간섭값의 결정 및 업데이트는 미리 결정된 주기에 따라 수행되거나, MBS에 의해 필요한 시점에서 수행될 수 있다. 그리고, 상기 MBS는 상기 <수학식 6>에 따라 상기 MBS의 각 빔 B_b^s 별 하향링크 간섭값을 이용하여 상기 MBS의 각 빔 B_b^s 별 상향링크 간섭값 $I_{UL}(B_k^n \leftarrow B_b^s)$ 을 획득한다.

[0115] 603단계에서 SBS는 자신의 빔 B_b^s 각각에 대해 설정된 그룹을 구성하는 적어도 하나의 단말이 HN의 빔들 중 무선백홀 통신을 수행하는 HN의 빔과 MBS의 빔들에 대해 측정한 간섭값을 수신하고, 상기 간섭값들을 기반으로, 상기 SBS는 자신의 빔 B_b^s 에 대한 대표값을 하향링크 간섭값 $I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_b^s)$ 으로 결정하거나, 업데이트한다. 상기 SBS의 빔별 하향링크 간섭값의 결정 및 업데이트는 미리 결정된 주기에 따라 수행되거나, SBS에 의해 필요한 시점에서 수행될 수 있다. 그리고, 상기 SBS는 상기 <수학식 6>에 따라 상기 SBS의 각 빔 하향링크 간섭값을 이용하여 상기 SBS의 각 빔별 상향링크 간섭값 $I_{UL}(B_k^n \leftarrow B_b^s)$ 을 획득한다.

[0116] 도 6a의 610단계에서 본 개시의 실시 예에 따른 HN, MBS 및 SBS는 도6b의 601 단계 내지 603단계를 통해서 획득한 각각의 하향링크 간섭값 및 상향링크 간섭값들을 인접 기지국들과 교환하여 공유한다. 여기서, 교환 동작 역시 필요에 따라 또는 정기적으로 교환한다. 실시 예에 따라, 상기 하향링크 간섭값 및 상향링크 간섭값들은 그 정보의 양이 감소된 형태로 변환되어 교환될 수 있다. 또는, 본 개시의 실시 예에 따른 HN, MBS 및 SBS는 각각 단말로부터 획득한 간섭값들과 하향링크 간섭값들만을 교환하고, 상기 <수학식 6>에 따라 상향링크 간섭값을 획득할 수 있다. 또한, 본 개시의 실시 예에 따른 HN, MBS 및 SBS는 각각 자신의 하향링크 기준값 및 상향링크 기준값을 인접 기지국들과 교환하여 공유할 수 있다.

[0117] 620단계에서 HN, MBS 및 SBS 각각은 상기 교환하여 공유하고 있는 자신의 빔별 하향링크 간섭값들 및 상향링크 간섭값들을 610단계를 통해서 획득한 하향링크 기준값 및 상향링크 기준값과 비교한다. 상기 비교 결과, 하향링크 및 상향링크에서 해당 빔에 대한 인접 기지국의 빔에 의한 간섭값이 각각 하기 <수학식 8> 및 <수학식 9>에 서와 같이 해당 기준값보다 크거나 같으면, 625단계에서 상기 HN, MBS 및 SBS 각각은 해당 빔을 협력 빔으로 설정한다. 상기 비교 결과, 하향링크 및 상향링크에서 해당 빔에 대한 인접 기지국의 빔에 의한 간섭값이 각각 하기 <수학식 8> 및 <수학식 9>에서와 같이 해당 기준값보다 작으면, 630단계에서 상기 HN, MBS 및 SBS 각각은 해당 빔을 비협력 빔으로 설정한다. 하기 <수학식 8> 및 <수학식 9>에 나타난 바와 같이, 도 6a에서 협력빔과 비협력빔을 설정하는 동작은 하향링크 및 상향링크 각각에 대해 수행된다. 본 개시의 실시 예에 따른 협력 빔 및 비협력 빔은 해당 기지국에 대해 적어도 하나의 인접 기지국이 협력통신을 제공할 빔과, 그렇지 않은 빔으로 정의된다.

[0118] <수학식 8>

$$B_b^s = \begin{cases} \text{DL Cooperation Beam,} & \text{if } \max_{n,k} I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_b^s) > I_{NC \rightarrow SC} \\ \text{Non - Cooperation Beam,} & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0119]

[0120] <수학식 9>

[0121]
$$B_b^s = \begin{cases} \text{UL Cooperation Beam,} & \text{if } \max_{n,k} I_{UL}(B_b^s \leftarrow B_k^n) > I_{SC-NC} \\ \text{Non - Cooperation Beam,} & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0122] 여기서, I_{SC-NC} 및 I_{MC-SC} 각각은 본 개시의 실시 예에 따른 협력 빔/비협력 빔을 설정하기 위한 하향링크 기준값과 상향링크 기준값이며, SC는 서빙 셀의 약자이며, NC는 인접 셀의 약자이다. 그리고, $I_{DL}(B_k^n \rightarrow B_b^s)$ 및 $I_{UL}(B_k^n \leftarrow B_b^s)$ 은 각각 서빙 기지국의 빔 B_b^s 에 대해 인접 기지국 BS^n 의 빔 B_k^n 으로부터 발생하는 하향링크 간섭값과 상향링크 간섭값과 상향링크 간섭값을 나타낸다.

[0123] 본 개시의 실시 예에 따라 각 기지국이 설정한 협력 빔에 대해 각 기지국의 인접 기지국들은 협력한다. 이때, 인접 기지국에 의한 간섭이 일정 기준보다 작게 하는 ‘간섭회피 간섭감소 협력’을 수행하는 경우, 각 기지국은 자신이 원하는 인접 기지국에 의한 간섭 기준값을 자신의 인접 기지국들에게 전달할 수 있다. 그러면, 인접 기지국들은 해당 기지국의 협력 빔에 대한 간섭이 상기 간섭 기준값보다 작은 빔을 선택하여 상기 해당 기지국과 협력한다. 이와 비교하여 본 개시의 실시 예에 따라 각 기지국이 설정한 비협력 빔에 대해서는, 각 기지국의 인접 기지국들의 협력이 필요로하지 않다.

[0124] 본 개시의 실시 예에 따라 서빙 기지국의 빔별로 인접 기지국의 협력통신을 위해서, 서빙 기지국은 상기 하향링크 기준값 및 상향링크 기준값을 협력통신을 위한 간섭값 교환 절차 예를 들어, 도 6a의 610단계에서 인접 기지국들에게 전달할 수 있다. 그리고, 본 개시의 실시 예에 따른 서빙 기지국은, 상기 하향링크 기준값 및 상향링크 기준값을 조절하여 인접 기지국으로부터 자신의 빔별로 미치는 간섭의 크기를 조절할 수 있다.

[0125] 무선백홀이 존재하는 실시 예의 경우, 본 개시의 실시 예에 따른 MBS 및 SBS는 자신의 빔 B_b^s 이 HN의 무선백홀 통신을 수행하는 B_k^0 에서 발생하는 하향링크 간섭값 $I_{DL}(B_b^s \rightarrow B_k^0)$ 및 상향링크 간섭값 $I_{UL}(B_k^0 \leftarrow B_b^s)$ 각각 미리 결정된 하향링크 기준값 I_{RA-BH} 및 상향링크 기준값 I_{BH-RA} 보다 작은 간섭값을 가지는 빔을 사용하도록 제한하여 HN의 무선백홀 통신 시 협력통신을 제공할 수 있다. 이에 따라 HN은 자신이 원하는 I_{RA-BH} 및 I_{BH-RA} (여기서, RA는 무선접속의 약자이며, BH는 백홀의 약자이다)의 값을 MBS와 SBS와의 간섭값 교환 과정에서 전달하여 공유할 수 있으며, 상기 하향링크 기준값 및 상향링크 기준값을 조절하여 인접 기지국으로부터 자신의 빔별로 미치는 간섭의 크기를 조절할 수 있다.

[0126] 상기한 바와 같이, 본 개시의 실시 예에서는, 하향링크 기준값/상향링크 기준값을 기반으로, 각 기지국의 빔별로 협력빔과 비협력빔을 구분함에 따라, 인접 기지국과 협력통신을 수행할 해당 기지국의 빔들을 분류할 수 있다. 이에 따라, 본 개시의 실시 예에서는, 각 기지국의 빔에 대해 인접 기지국의 협력을 통해서 분산된 협력통신을 수행할 수 있다.

[0127] 한편, 본 개시의 실시 예에 따른 서빙 기지국은 단말과의 데이터를 송수신할 때, 인접 기지국과의 협력통신을 위해서 사용할 무선자원영역을 할당하고, 앞서 설명한 하향링크/상향링크 간섭값들을 기반으로 서빙 기지국의 협력빔들을 결정하고, 상기 무선자원영역 및 협력빔들에 대한 정보를 포함하는 협력정보를 인접 기지국들에게 전달한다. 그러면, 본 개시의 실시 예에 따라 상기 협력정보를 수신한 인접 기지국들은 상기 서빙 기지국의 빔별 하향링크/상향링크 기준값들과, 무선자원영역 및 상기 서빙 기지국의 협력빔들에 대한 정보를 기반으로, 상기 서빙 기지국과의 협력통신 시 사용할 인접 기지국의 빔들 및 무선자원을 결정하고, 결정된 빔들과 무선자원을 사용하여 상기 서빙 기지국에게 협력통신을 제공한다. 여기서, 상기 인접 기지국은 간섭회피 간섭감소 협력을 제공할 경우, 상기 서빙 기지국의 서비스 영역에 위치한 단말과의 하향링크 혹은 상향링크 통신에 대한 간섭을 최소화하거나, 상기 서빙 기지국으로부터 수신한 하향링크/상향링크 기준값보다 작은 간섭값을 가지는 인접 기지국의 빔들 중에서 데이터 전송속도를 최대화하는 빔을 선택할 수도 있다. 본 개시의 또 다른 실시 예에 따른 인접 기지국은, 서빙 기지국에 위치한 단말에 대한 간섭값이 최대값인 상기 인접 기지국의 빔을 선택하고, 선택한 인접 기지국의 빔으로 서빙 기지국과 동시에 동일 단말에게 데이터를 송신하는 조인트 송신(Joint Transmission)을 제공할 수도 있다. 그러므로 서빙 기지국은 자신이 원하는 인접 기지국의 협력방법을 예를 들어, 간섭회피 간섭감소 협력 혹은 조인트 송신 중에서 선택하여 인접 기지국들에게 추가로 알려줄 수도 있다.

[0128] 본 개시의 실시 예에 따른 분산된 협력통신이 제공되는 상황에서, 네트워크에 시간 지연이 발생할 경우, 분산된 협력통신의 성능을 저하될 뿐만 아니라 해당 기지국의 빔포밍 동작에도 문제가 발생할 수 있다.

[0129] 도 7a 내지 7c는 본 개시의 실시 예에 따른 분산된 협력통신을 위한 스케줄링의 일 예를 나타낸 도면이다.

- [0130] 도 7a를 참조하면, 본 개시의 실시 예에 따른 서빙 기지국의 일 예인 BS^0 이 현재 순간 T_0 에 상기 BS^0 의 서비스 영역에 위치한 총 4개의 단말들 MS_1^0 , MS_2^0 , MS_3^0 및 MS_4^0 과 통신 시 사용할 상기 BS^0 의 최적빔이 각각 B_1^0 , B_2^0 , B_3^0 및 B_4^0 로 결정된 경우를 가정하자. 이 경우, 본 개시의 실시 예에 따른 상기 BS^0 는 상기 단말들에게 상기 빔 B_1^0 , B_2^0 , B_3^0 및 B_4^0 각각을 사용하여 데이터를 송신할 각각의 빔별 무선자원 M_1 , M_2 , M_3 및 M_4 을 할당한다. 그리고, 상기 BS^0 는 상기와 같이 할당된 빔별 무선자원과 그에 매핑되는 최적빔 정보를 포함하는 BS^0 의 협력정보를 인접 기지국인 BS^1 에게 전달하여 공유한다.
- [0131] 도 7b를 참조하면, 본 개시의 실시 예에 따른 인접 기지국의 일 예인 BS^1 은 상기 BS^0 의 협력정보를 상기 T_0 이후의 시간 $T_L(L>0)$ 에서 수신하고, 상기 BS^0 와의 협력통신을 위해서 사용할 무선자원 S_1 , S_2 , S_3 및 S_4 과 각 무선 자원에 대해 BS^1 의 빔 B_1^1 , B_2^1 , B_3^1 및 B_4^1 을 할당하고, 상기 할당된 무선 자원 및 BS^1 의 빔들을 이용하여 시간 T_{L+1} 에서 단말들에게 데이터를 송신한다.
- [0132] 한편, BS^0 의 협력정보를 BS^1 에게 전달하고, BS^1 가 할당한 무선 자원 및 BS^1 의 빔들을 할당하는 스케줄링을 수행하는 과정에서 상기 BS^0 의 서비스 영역에 위치한 상기 MS_1^0 , MS_2^0 , MS_3^0 및 MS_4^0 이 이동할 경우, 상기 MS_1^0 , MS_2^0 , MS_3^0 및 MS_4^0 에게 할당된 BS^0 의 최적빔이 예를 들어, 각각 B_1^0 , B_2^0 , B_3^0 및 B_4^0 로 변경된 경우를 가정하자. 이때, 상기 BS^0 가 상기 MS_1^0 , MS_2^0 , MS_3^0 및 MS_4^0 과의 통신 시 변경된 최적빔을 사용하지 않고, 도 7a에서 할당된 최적빔을 고정적으로 사용할 경우, 성능이 저하될 수 있다. 이때, 네트워크에서 발생하는 시간 지연 T_L 이 클 수록, 성능저하 역시 커지게 된다. 네트워크에서 발생하는 시간 지연 T_L 은 해당 네트워크의 성능 및 구조에 따라 달라지겠지만, 수십 ~ 수백 ms의 시간 지연이 발생하는 경우도 있다. 또한, 최적 빔의 변경이 가시선(LOS: Line of sight) 방향의 빔과 비가시선(NLOS: Non LOS) 방향의 빔 사이의 전환이거나, 하나의 NLOS 방향의 빔과 또 다른 NLOS 방향의 빔 사이의 전환일 경우, 빔 전환을 지연하게 되면 성능 저하가 더욱 크게 발생할 수 있다. 더욱이, 도 7a에서 할당된 최적빔으로부터 빔 전환이 수행된 경우, 7a의 협력정보를 기반으로 할당된 도 7b에서의 BS^1 이 할당한 무선 자원 및 최적 빔이 원하는 성능을 획득하기 어렵다.
- [0133] 그러므로, 본 개시의 실시 예에서는, 서빙 기지국 BS^0 의 스케줄링을 2단계(2-Step)로 수행한다. 먼저, BS^0 는 첫 번째 단계(1st Step)의 스케줄링에서 각 단말에 대해 최적인 빔을 사용하여 후보 단말을 선정하고, 무선자원과 BS^0 의 최적빔을 할당하되, 단말은 확정하지 않는다. 그리고, 본 개시의 실시 예에 따라 BS^0 는 상기 첫 번째 단계 스케줄링 결과를 협력정보로서 인접 기지국의 일 예인 BS^1 에게 전달하여 공유하고, 단말과 데이터를 송수신하기 바로 전에 두 번째 단계 (2nd Step)의 스케줄링을 수행하여 협력통신을 수행할 단말들과, 각 단말에 대해 최종적으로 할당되는 BS^0 무선자원 및 최적빔을 결정한다.
- [0134] 구체적인 예로, 도 7c를 참조하면, BS^0 는 상기한 두 번째 단계의 스케줄링에 의해 할당된 무선자원 M_1 , M_2 , M_3 및 M_4 및 빔 B_1^0 , B_2^0 , B_3^0 및 B_4^0 과, 이에 매핑되는 최종 단말 즉, MS_1^0 , MS_3^0 , MS_2^0 및 MS_4^0 을 결정하고, 상기 결정된 MS_1^0 , MS_3^0 , MS_2^0 및 MS_4^0 각각에게 첫 번째 단계의 스케줄링에 의해 할당된 협력 무선 자원 및 최적빔을 사용하여 데이터를 송신한다. 본 개시의 실시 예에서는, 도 7c에 도시한 바와 같이, 서빙 기지국이 단말에게 데이터를 송수신하기 바로 전에 협력통신을 위한 스케줄링을 다시 수행하여, 실제 데이터를 송신할 단말을 최종적으로 결정하므로, 첫 번째 단계의 스케줄링 이후에 단말들의 이동으로 인해 첫 번째 단계의 스케줄링에서 해당 단말에게 할당된 BS^0 의 최적 빔이 변경되는 경우를 반영할 수 있다. 결과적으로, 본 개시의 실시 예에 따라 분산된 협력통신을 위한 2단계의 스케줄링은, 단말의 이동으로 인한 서빙 기지국에 대한 최적 빔의 전환에 제한받지 않고, 데이터 송신 시점에서 최적빔을 선택함에 따라 통신 성능을 높일 수 있다. 또한, 빔 전환을 위한 알고리즘 및 장치가 협력통신의 스케줄링을 위한 알고리즘 및 장치와 서로 영향을 주지 않고 독립적으로 동작하여 구현 및 검증이 훨씬 간단한 추가적인 효과를 얻는다. 그 결과, 본 개시의 실시 예에 따른 2단계의 스케줄링은 서빙 기지국이 단말들에게 항상 최적빔을 사용하여 데이터를 송신할 뿐만 아니라, 인접 기지국과의 협력

통신에 대한 최대 성능을 달성할 수 있다.

- [0135] 도 8은 본 개시의 실시 예에 따라 네트워크에서 발생하는 시간 지연이 존재하는 환경에서 두 개의 인접 기지국들과 수행하는 분산된 협력통신의 일 예를 나타낸 도면이다. 여기서, 서빙 기지국(810)은 매 전송 시간구간(TTI: Transmit Time Interval) T_n 에서 협력통신을 위한 스케줄링을 수행하고, 데이터를 송수신하는 경우를 가정하자. 이 경우, 기지국간 협력정보의 전달에 대한 시간 지연(T_L , $L>0$)이 발생하여 서빙 기지국(810)이 시간구간 T_0 에 할당된 협력정보를 인접 기지국 1(820)이 TTI, T_L 에서 수신하여 협력통신을 위한 스케줄링을 수행하고, TTI, T_{L+1} 에서 서빙 기지국(810)과 협력통신을 수행하는 경우를 가정하자. 여기서, 서빙 기지국(810)과 인접 기지국(820)은 인접한 MBS들이거나, 하나의 MBS와 상기 MBS 내에 설치된 SBS이거나, 둘 다 인접한 SBS를 의미할 수 있다.
- [0136] 설명의 편의상, 도 8의 실시 예는 협력통신을 수행하는 시구간 이전의 2개의 시구간을 포함한 3개의 시구간으로 구분하여 설명될 수 있다. 이 경우, 상기한 3개의 시구간은 본 개시의 실시 예에 따른 서빙 기지국(810)의 동작에 대해, T_0 에서, 협력통신을 위한 무선 자원 및 빔을 할당하는 협력정보 스케줄링 구간으로 정의되고, T_L 은 협력통신을 수행할 단말과 데이터를 할당하는 단말 및 데이터 스케줄링 구간으로 정의되며, T_{L+1} 은 실제 협력통신을 수행하는 협력통신 구간으로 정의될 수 있다.
- [0137] 먼저, T_{L+1} 에서 인접 기지국의 일 예로, 인접 기지국1(820)과 협력통신을 수행하기 위한 서빙 기지국(810)은 다음과 같이 동작할 수 있다.
- [0138] $-T_0$: 협력정보 스케줄링 구간
- [0139] 도 8을 참조하면, T_0 에서의 서빙 기지국(810)은, 811단계에서 본 개시의 실시 예에 따른 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 하향링크 및 상향링크에 대해 인접 기지국 일 예로, 인접 기지국1(820)과의 협력통신을 위한 무선자원영역과 해당 무선자원영역에서 사용할 빔을 할당한다. 그리고, 812단계에서 상기 서빙 기지국(810)은 상기 첫 번째 단계의 스케줄링에서 할당된 무선자원영역 및 그에 매핑되는 빔에 대한 정보를 포함하는 협력정보를 인접 기지국1(820)에게 전달한다. 그리고, 서빙 기지국(810)은 T_0 에서 이전 시구간에서 수행한 첫 번째 단계의 스케줄링에 대한 두 번째 단계의 스케줄링을 수행할 수 있다. 한편, 인접 기지국1(820)은 상기 이전 시구간에서 수행한 첫 번째 단계의 스케줄링을 통한 협력정보를 수신하고, 이에 따른 협력 스케줄링을 수행할 수 있다.
- [0140] $-T_L$: 단말 및 데이터 스케줄링 구간
- [0141] T_L 에서의 상기 서빙 기지국(810)은 813단계에서 본 개시의 실시 예에 따른 두 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 협력통신을 수행할 단말 및 데이터를 할당한다. 구체적으로, 두 번째 단계의 스케줄링은, 상기 시간 T_0 에서 수행한 첫 번째 단계의 스케줄링에 의해 할당된 협력통신을 위한 무선자원영역에서 상기 T_0 에서 할당된 상기 서빙 기지국(810)의 빔을 최적빔으로 사용하는 단말에 대해 두 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 상기 첫 번째 단계의 스케줄링에서 할당된 협력정보를 기반으로 협력통신을 수행할 단말을 최종적으로 결정하고, 결정된 단말들이 협력통신 시 송수신할 무선 자원 및 데이터를 할당한다.
- [0142] $-T_{L+1}$: 협력통신 구간
- [0143] T_{L+1} 에서의 서빙 기지국(810)은 814단계에서 상기 두 번째 단계의 스케줄링(813)에서 결정된 단말 예를 들어, 상기 단말(800)에게 상기 첫 번째 단계의 스케줄링(811)에서 할당된 협력통신을 위한 무선자원영역 및 빔을 사용하여 하향링크 데이터를 송신할 수 있다. 또한, 815단계에서 상기 두 번째 단계의 스케줄링(813)에서 결정된 단말 예를 들어, 상기 단말(800)이 상향링크 데이터를 상기 서빙 기지국(810)에게 송신할 수 있다. 이때, 상기 서빙 기지국(810)은 상기 첫 번째 단계의 스케줄링(811)에서 할당된 무선자원영역 및 최적빔을 사용하여 상기 상향링크 데이터를 수신하여 검출한다.
- [0144] 상기한 바와 같이, 도 8의 실시 예에 따른 상기 서빙 기지국(810)은 첫 번째 단계의 스케줄링을 통해서 인접 기지국 일 예로, 인접 기지국1(810)과의 협력통신을 위해 사용할 자신의 빔 및 무선자원영역을 T_0 에서 미리 할당하고, 이들을 이용하여 T_{L+1} 에서 상기 인접 기지국1(810)과 협력통신을 수행한다. 이때, 본 개시의 실시 예에 따

른 서빙 기지국(810)은 상기 협력통신 구간, T_{L+1} 바로 전 시구간인 T_L 에서 두 번째 단계의 스케줄링을 통해서, 협력통신을 수행할 단말 및 상기 단말과 송수신할 데이터를 할당하므로, 단말의 이동으로 인한 성능 저하를 최소화할 수 있다. 또한, 도 8의 실시 예에서는 상기 서빙 기지국(810)의 811단계 내지 815단계에서의 동작들을 설명의 편의상, 서로 다른 시구간 별로 구분하여 설명하였으나, 실제로는 각 시구간에서 상기 서빙 기지국(810)의 811단계 내지 815단계에서의 동작들이 모두 수행될 수 있다. 구체적인 예를 들어, T_{L+1} 에서의 상기 서빙 기지국(810)은 814단계 내지 815단계에서 하향링크 및 상향링크 협력통신을 수행하면서, 816단계에서 T_{L+2} 에서의 협력통신을 위한 첫 번째 단계 스케줄링을 수행할 수 있고, 817단계에서 상기 첫 번째 단계 스케줄링을 통해서 획득한 협력정보를 상기 인접 기지국1(820)에게 전달할 수 있다. 그리고, T_{L+1} 에서의 상기 서빙 기지국(810)은 818단계에서 T_{L+2} 에서의 협력통신을 위한 두 번째 단계의 스케줄링을 수행할 수 있다. 마찬가지로, T_0 및 T_L 구간에서도 해당 구간에서 협력통신을 수행함과 동시에 이후 시구간에서의 협력통신을 위한 두 번째 단계의 스케줄링을 수행하거나, 그 이후 시구간에서의 협력통신을 위한 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행하고, 이를 통한 협력정보를 인접 기지국에게 전달할 수 있다.

[0145] 다음으로, T_{L+1} 에서 상기 서빙 기지국(810)과의 협력통신을 수행하기 위한 인접 기지국1(820)은 다음과 같이 동작할 수 있다. 인접 기지국1(820)의 동작에 대해, T_L 은 협력정보를 수신하여 협력 스케줄링을 수행하는 구간으로 정의되며, T_{L+1} 은 서빙 기지국(810)과 마찬가지로 협력통신 구간으로 정의된다.

[0146] T_L : 협력 스케줄링 구간

[0147] T_L 에서의 인접 기지국1(820)은 812단계에서 상기 서빙 기지국(810)이 송신한 협력정보를 기반으로, 821단계에 협력 스케줄링을 수행한다. 상기 협력 스케줄링에 따라 상기 인접 기지국1(820)은 상기 서빙 기지국(810)과의 협력통신을 수행할 단말을 결정하고, 상기 단말과의 협력통신 시 사용할 빔을 할당하고, 상기 협력통신 시 송수신할 데이터를 위한 무선 자원을 할당한다.

[0148] T_{L+1} : 협력통신 구간

[0149] T_{L+1} 에서의 상기 인접 기지국1(820)은 하향링크 통신의 일 예로, 822단계에서 상기 협력 스케줄링을 통해서 결정한 단말 일 예로, 상기 단말2(830)에게 상기 협력 스케줄링에서 할당한 빔과 무선 자원을 사용하여 하향링크 데이터를 송신한다. 그리고, 상향링크 통신의 일 예로, 823단계에서 상기 협력 스케줄링을 통해서 결정된 상기 단말2(830)는 상향링크 데이터를 상기 인접 기지국1(820)에게 전달한다. 그러면, 상기 인접 기지국1(820)은 상기 협력 스케줄링에서 할당된 빔을 통해서 수신한 상향링크 데이터를 상기 무선 자원을 통해서 검출한다. 인접 기지국1(820)의 821단계 내지 823단계에서의 동작들 역시, 설명의 편의상 서로 다른 시구간 별로 구분하여 설명하였으나, 실제로는 각 시구간에서 인접 기지국1(820)의 821단계 내지 823단계의 동작이 모두 수행될 수 있다. 예를 들어, T_{L+1} 에서의 상기 인접 기지국1(820)이 822단계 내지 823단계에서의 협력통신을 수행하면서, 824단계에서 T_{L+2} 에서의 협력통신을 위한 협력 스케줄링을 수행할 수 있다.

[0150] 도 9a,b는 본 개시의 다른 실시 예에 따라 네트워크에서 발생하는 시간 지연이 존재하는 환경에서 N+1개의 인접 기지국이 분산된 협력통신을 수행하는 동작의 일 예를 나타낸 도면이다. 여기서, N>0이다.

[0151] 도 9a,b의 실시 예에서는, 하나의 기지국에 대한 협력정보를 인접 기지국에게 전달 시, 네트워크에서 발생하는 시간 지연(T_L)이 발생할 경우, 총 N+1개의 인접 기지국들 예를 들어, 기지국 0(900), 기지국n(910) 및 기지국(920)이 협력통신하는 경우를 가정하자. 여기서, 상기 N+1개의 인접 기지국들은, MBS와 SBS간의 조합, 혹은 MBS, 혹은 SBS만으로 구성될 수 있다.

[0152] 설명의 편의상, 협력통신을 수행하는 시구간을 T_{NL+1} 라 가정하자. 이 경우, 상기 T_{NL+1} 에서 협력통신을 수행하기 기지국0(900)은 다음과 같이 동작한다.

[0154] $-T_0$: 협력정보 스케줄링 구간

- [0155] 도 9a,b를 참조하면, T_0 에서의 기지국0(900)은 901단계에서 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 하향링크 및 상향링크에 대해 상기 인접 기지국들 즉, 상기 인접 기지국1 내지 기지국 N(920)과의 협력통신을 위한 무선자원 영역과, 해당 무선자원영역에서 사용할 빔을 할당한다. 그리고, 902단계에서 상기 기지국0(900)은 상기 첫 번째 단계의 스케줄링에서 할당한 무선자원영역 및 그에 매핑되는 빔에 대한 정보를 포함하는 협력정보를 상기 인접 기지국1 내지 기지국 N(920) 각각에게 네트워크를 통해서 전달한다.
- [0156] - T_{NL} : 단말 및 데이터 스케줄링 구간
- [0157] T_{NL} 에서의 상기 기지국0(900)은 903단계에서 T_{NL+1} 에서의 협력통신을 위한 두 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 협력통신을 수행할 단말 및 데이터를 할당한다. 구체적으로, 두 번째 단계의 스케줄링은 상기 첫 번째 스케줄링(901)에 의해 할당된 협력통신을 위한 무선자원영역에서 상기 T_0 에서 할당된 상기 기지국0(900)의 빔을 최적빔으로 사용하는 단말에 대해 두 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 상기 첫 번째 단계의 스케줄링에서 할당된 협력정보를 기반으로 협력통신을 수행할 단말을 최종적으로 결정하고, 결정된 단말들이 협력통신 시 송수신할 무선 자원 및 데이터를 할당한다.
- [0159] - T_{NL+1} : 협력통신 구간
- [0160] T_{NL+1} 에서의 상기 기지국0(900)은 904단계에서 두 번째 단계의 스케줄링(903)에서 결정된 단말에게, 상기 첫 번째 단계 스케줄링(901)에서 할당한 무선자원영역 및 빔을 사용하여 하향링크 데이터를 송신한다. 또한, 905단계에서 상기 두 번째 단계의 스케줄링(903)에서 결정된 단말들은 상향링크 데이터를 상기 기지국0(900)에게 송신하고, 상기 기지국0(900)은 상기 첫 번째 단계 스케줄링(901)에서 할당한 무선자원영역 및 빔을 사용하여 상기 상향링크 데이터를 수신하여 검출한다.
- [0161] 상기한 바와 같이, 도 9a,b의 실시 예에 따른 기지국0(900)은 첫 번째 단계의 스케줄링을 통해서 기지국1 내지 기지국N(920)과의 협력통신을 위해서 사용할 자신의 빔 및 무선자원영역을 T_0 에 빔을 미리 할당하고, 이들을 이용하여 T_{NL+1} 에서 상기 1 내지 기지국N(920)들과 협력통신을 수행한다. 이 경우, 상기 기지국0(900)에서 첫 번째 단계의 빔 스케줄링(901)과 협력통신 간의 $T_{NL+1} - T_0$ 의 시간 차이가 존재한다. 하지만, 본 개시의 실시 예에 따른 상기 기지국0(900)은 T_{NL+1} 에서의 협력통신 바로 전 시구간인 T_{NL} 에서 두 번째 단계의 스케줄링을 수행함에 따라 협력통신을 수행할 단말 및 상기 단말과 송수신할 데이터를 할당하므로, 단말의 이동으로 인한 성능저하를 최소화할 수 있다. 도 8과 마찬가지로, 상기 기지국0(00)의 901단계 내지 905단계에서의 동작들을 설명의 편의상, 서로 다른 시구간 별로 구분하여 설명하였으나, 실제로는 각 시구간에서 상기 기지국0(00)의 901단계 내지 905단계에서의 동작들이 모두 수행될 수 있다. 예를 들어, T_{NL+1} 에서의 상기 기지국0(900)은, 904단계 내지 905단계에서 하향링크 및 상향링크 협력통신을 수행하면서, T_{NL+2} 에서의 협력통신을 위한 두 번째 단계의 스케줄링(908)을 수행하고, 시간구간 T_{2NL+2} 에서의 협력통신을 위한 첫 번째 단계의 스케줄링(906)을 수행하고, 907단계에서 상기 첫 번째 단계 스케줄링을 통해서 획득한 협력정보를 상기 기지국1 내지 기지국 N(920)에게 전달할 수 있다.
- [0162] 다음으로, T_{NL+1} 에서 N개의 인접 기지국들과 협력통신을 수행하기 위한 기지국n(910, $0 < n < N$)은 다음과 같이 동작할 수 있다.
- [0163] - T_{nL} , ($0 < n < N$) : 협력정보 스케줄링 구간
- [0164] T_{nL} 에서의 기지국n(910)은, 인접 기지국 셋 1에 대응하는 기지국0(900), ... 기지국n-1 각각이 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 할당한 협력정보들을 네트워크를 통해서 수신한 상태이다. 이 경우, 911단계에서 상기 기지국n(910)은 상기 기지국들의 협력정보들을 기반으로, 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 협력통신을 위한 무선자원영역 및 빔을 할당한다. 그리고, 912단계에서 상기 기지국n(910)은 상기 첫 번째 단계의 스케줄링을 통해서 획득한 협력정보를 인접 기지국 셋 2에 대응하는 기지국들 즉, 기지국n+1, 기지국n+2, ..., 기지국N(920)에게 전달한다.

- [0165] $-T_{NL}$: 단말 및 데이터 스케줄링 구간
- [0166] T_{NL} 에서 기지국n(910)은 913단계에서 두 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 협력통신을 수행할 단말 및 데이터를 할당한다. 구체적으로, 두 번째 단계의 스케줄링은, 상기 시간 T_{NL} 에서 수행한 첫 번째 단계의 스케줄링(911)에 의해 할당된 협력통신을 위한 무선자원영역에서 상기 T_{NL} 에서 할당된 상기 기지국n(910)의 빔을 최적범으로 사용하는 단말에 대해 두 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 상기 첫번째 단계의 스케줄링에서 할당된 협력정보를 기반으로 협력통신을 수행할 단말을 최종적으로 결정하고, 결정된 단말들이 협력통신 시 송수신할 무선자원 및 데이터를 할당한다.
- [0167] $-T_{NL+1}$: 협력통신 구간
- [0168] T_{NL+1} 에서의 기지국n(910)은 914단계에서 상기 두 번째 단계의 스케줄링(913)에서 할당한 단말에게 상기 첫 번째 단계의 스케줄링(911)에서 할당한 협력통신을 위한 무선자원영역 및 빔을 사용하여 하향링크 데이터를 송신할 수 있다. 또한, 915단계에서 상기 두 번째 단계의 스케줄링(913)에서 결정된 단말이 상향링크 데이터를 상기 기지국n(910)에게 송신할 수 있다. 이때, 상기 기지국n(910)은 상기 첫 번째 단계의 스케줄링(911)에서 할당된 무선자원영역 및 빔을 사용하여 상기 상향링크 데이터를 수신하여 검출한다.
- [0169] 상기한 바와 같이, 도 9의 실시 예에 따른 기지국n(910)은 인접 기지국 셋으로부터 수신한 협력정보를 기반으로, T_{NL} 에서의 첫번째 단계의 스케줄링을 통해서 협력통신을 위해 사용할 자신의 빔 및 무선자원영역을 미리 할당하고, 이들을 이용하여 T_{NL+1} 에서 인접 기지국 셋 2와의 협력통신을 수행한다. 여기서, 상기 기지국n(910)의 첫 번째 단계의 스케줄링과 실제 협력통신 구간 사이에 $T_{NL+1} - T_{NL}$ 의 시간 차이가 존재한다. 그러나, 본 개시의 실시 예에 따라 상기 기지국 n(910)은 협력통신 구간 T_{NL+1} 바로 전 시구간인 T_{NL} 에서 두 번째 단계의 스케줄링으로 수행함에 따라 협력통신을 수행할 단말 및 상기 단말과 송수신할 데이터를 할당하므로, 단말의 이동으로 인한 성능 저하를 최소화할 수 있다. 또한, 상기 기지국n(910)의 911단계 내지 915단계의 동작들을 설명의 편의상 서로 다른 시구간 별로 구분하여 설명하였으나, 실제로는 각 시구간에서 상기 기지국n(910)의 911단계 내지 915단계의 동작들이 모두 수행될 수 있다. 구체적인 예로, T_{NL+1} 에서의 상기 기지국n(910)은 914단계 내지 915단계에서의 하향링크 및 상향링크 협력통신을 수행하면서, 918단계에서 에서의 협력통신을 위한 두 번째 단계의 스케줄링을 수행할 수 있고, 916단계에서 $T_{(2N-n)L+2}$ 에서의 협력통신을 위한 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행하고, 상기 첫 번째 단계 스케줄링을 통해서 획득한 협력정보를 917 단계에서 인접 기지국 셋 2에 포함된 기지국n+1, 기지국n+2, ..., 기지국N(920)에게 전달할 수 있다.
- [0170] 마지막으로, T_{NL+1} 에서 협력통신을 수행하기 위한 기지국N(920)은 다음과 같이 동작할 수 있다.
- [0171] $-T_{NL}$: 협력 스케줄링 구간
- [0172] T_{NL} 에서 기지국N(920)은 상기 기지국0(900) 내지 기지국(N-1) 각각으로부터 해당 기지국의 첫 번째 단계의 스케줄링을 통해서 획득한 협력정보를 수신한 상태이다. 921단계에서 상기 기지국N(920)은 상기 기지국0(900) 내지 기지국(N-1) 들로부터 수신한 협력정보들을 기반으로 협력 스케줄링을 수행한다. 상기 협력 스케줄링에 따라 상기 기지국N(920)은 상기 기지국0(900) 내지 기지국(N-1)과의 협력통신을 수행할 단말을 결정하고, 상기 단말과의 협력통신 시 사용할 최적빔을 할당하고, 상기 협력통신 시 송수신할 데이터를 위한 무선 자원을 할당한다.
- [0173] $- T_{NL+1}$: 협력통신
- [0174] T_{NL+1} 에서의 기지국N(920)은 922단계에서 상기 협력 스케줄링을 통해서 결정한 단말에게 상기 협력 스케줄링에서 할당한 빔과 무선 자원을 사용하여 하향링크 데이터를 송신한다. 그리고, 923단계에서 상기 협력 스케줄링을 통해서 결정된 단말이 상기 기지국 N(920)에게 상향링크 데이터를 전달한다. 그러면, 상기 기지국 N(920)은 상기 협력 스케줄링에서 할당된 빔 및 무선자원을 통해서 수신한 상향링크 데이터를 검출한다. 기지국N(920)의 921단계 내지 924단계에서의 동작들 역시, 설명의 편의상 서로 다른 시구간 별로 구분하여 설명하였으나, 실제로는 각 시구간에서 기지국 N(920)의 921단계 내지 924단계의 동작이 모두 수행될 수 있다. 예를 들어, T_{NL+1} 에

서의 상기 기지국N(920)이 922단계 내지 923단계에서의 협력통신을 수행하면서, 924단계에서 T_{ML+2} 에서의 협력 통신을 위한 협력 스케줄링을 수행할 수 있다.

- [0175] 본 개시의 실시 예에 따른 도 7 내지 도 9를 통해서 설명한 본 개시의 실시 예에 따른 분산된 협력통신 기술은 계층 셀 환경에도 적용될 수 있다. 구체적인 예로, 본 개시의 실시 예에 따른 계층 셀 환경은 SBS가 무선백홀 통신을 통해 MBS와 연결되고, 무선백홀에 의한 신호 송수신에 시간 지연이 발생할 수 있다. 그러므로, 본 개시의 실시 예에서 다른 분산된 협력통신 기술은 계층 셀 환경에서 발생 가능한 무선백홀의 시간 지연을 고려하여 동작한다. 이에 따라, 본 개시의 실시 예에 따라 계층 셀 환경에서의 무선백홀을 고려한 분산된 협력 방식은, 도 7 내지 도 9의 방식과 거의 유사하지만, 다음과 같은 차이를 가진다.
- [0176] 구체적으로, 본 개시의 실시 예에 따른 계층 셀 환경에서는, HN 및 MBS가 도 1에 도시한 바와 같이, 동일한 위치(Site)에 설치되고, 유선으로 연결되며, MBS와 HN의 협력통신을 위한 협력정보는 시간지연 없이 전달된다고 가정한다.
- [0177] 그리고, 본 개시의 실시 예에 따른 SBS는 무선백홀과 MBS에 협력하기 위한 협력정보를 유선 네트워크를 통해 전달받지 않고, 무선백홀을 통해 전달받는다. 그러므로, 무선백홀이 SBS에게 협력정보를 전달하는 통신 시 계층 셀 내의 장치들이 모두 협력통신을 제공한다. 여기서, SBS에게 전달되는 협력정보는 MBS의 첫 번째 단계의 스케줄링을 통해서 획득한 정보를 포함한다. 본 개시의 실시 예에 따른 MBS는 HN의 첫 번째 단계의 스케줄링을 통해서 획득한 협력정보에 따라 첫 번째 단계의 스케줄링하므로, HN에서 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행할 경우에는, 상기 MBS의 의 협력정보를 알 수 없다.
- [0178] 따라서, 본 개시의 실시 예에 따른 HN 역시 데이터 송신을 위한 스케줄링을 2단계로 수행한다. 먼저, 첫 번째 단계의 스케줄링에서 HN은 무선백홀 통신을 위한 자원영역 및 빔을 할당하고, 상기 할당된 자원영역 및 빔을 포함하는 HN의 협력정보를 MBS에게 전달한다. 그러면, MBS는 HN의 협력정보를 기반으로 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행하고, MBS의 협력정보를 HN에게 전달한다.
- [0179] 이후, 본 개시의 실시 예에 따른 HN은 SBS로의 데이터 송신 시, 자신의 협력정보와, MBS의 협력정보를 포함하여 전송한다. 따라서, SBS는 HN의 협력정보 및 MBS의 협력정보를 기반으로, 협력 스케줄링을 수행할 수 있다. 여기서, 무선백홀은 이동하지 않고 고정되어 있으므로, HN의 첫 번째 단계의 스케줄링에서 할당한 무선백홀의 자원 영역에 대한 RBN의 변화가 없다. 그러므로, MBS는 빔포밍 통신 환경에서 단말의 이동에 의한 성능 저하를 최소화하기 위해 앞서 설명한 바와 같은 2단계의 스케줄링을 수행하지만, HN은 데이터 전송 시 MBS의 협력정보를 추가하여 전송하기 위해서 2단계의 스케줄링을 수행한다. 또한, 본 개시의 실시 예에 따라 HN이 2단계의 스케줄링을 수행하면, 무선백홀에서 발생하는 데이터 전송 지연을 최소화할 수 있다.
- [0180] 도 10은 본 개시의 실시 예에 따라 계층 셀 환경에서 분산된 협력통신의 동작 흐름도의 일 예이다.
- [0181] 도 10을 참조하면, MBS(1010), 상기 MBS(1010)의 서비스 영역에 위치한 단말1(1000), HN(1020), RBN(1030), SBS(1040) 및 상기 SBS(1040)의 서비스 영역에 위치한 단말2(1050)간의 분산된 협력통신이 수행되는 실시 예를 도시하였다. 도 10에서의 각 통신 장치들은 매 시구간에서 본 개시의 실시 예에 따른 협력통신을 수행하지만, 설명의 편의상, 시구간 T3에서의 하향링크 및 상향링크에 대한 협력통신을 수행하기 위한 동작들에 대해 설명한다.
- [0182] 먼저, T3에서 협력통신을 수행하기 위한 HN(1020) 및 그에 따른 MBS(1010)은 다음과 같이 동작한다.
- [0183] -T0: 협력정보 스케줄링 구간
- [0184] T0의 HN(1020)은 1021단계에서 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 T3에서 무선백홀 데이터를 송수신하기 위한 무선백홀 자원영역 및 상기 무선백홀 자원영역에서 사용할 빔을 할당한다. 여기서, HN의 첫 번째 단계의 스케줄링에서 할당되는 무선백홀 자원영역 및 빔은 하향링크와 상향링크 각각에 대해 할당된다. 그리고, 1022단계에서 상기 HN(1020)은 상기 첫 번째 단계의 스케줄링을 통해서 획득한 HN의 협력정보를 상기 HN(1020)과 동일한 위치에 설치된 MBS(1010)에게 시간지연 없이 전달한다. 여기서, HN의 협력정보는, T3의 무선백홀 통신에 사용할 무선백홀 자원영역 및 빔을 포함한다.
- [0185] 그러면, T0의 MBS(1010)는 1011단계에서 상기 HN(1020)의 협력정보를 기반으로, 상기 협력정보에 포함된 무선백홀 자원영역 및 무선백홀의 빔을 고려하여 첫 번째 단계의 스케줄링을 실시하여 T3의 협력통신을 위한 무선자원 영역 및 해당 무산 자원영역에서 사용할 빔을 할당한다. 그리고, 1012단계에서 상기 MBS(1010)는 상기 첫 번째 단계의 스케줄링을 통해서 획득한 상기 MBS(1010)의 협력정보를 시간 지연 없이 상기 HN(1020)에게 전송한다.

여기서, 상기 MBS(1010)의 협력정보는 T3의 협력통신을 위한 무선자원영역 및 해당 무산 자원영역에서 사용할 빔에 대한 정보를 포함한다. 그리고, 1013단계에서 상기 MBS(1010)는 T0 이전의 시구간에서 수행한 T1의 협력통신을 위한 첫 번째 단계의 스케줄링을 통해서 획득한 협력정보를 기반으로 두 번째 단계의 스케줄링을 수행하여, T1에서 협력통신할 단말 일 예로, 단말1(1000)을 결정한다. 1023단계에서 상기 HN(1020)은 두 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 T1에서 백홀 통신을 수행할 RBN을 선택하고, 상기 HN(1020)의 협력정보와 상기 MBS(1010)의 협력정보를 기반으로, 상기 선택한 RNB과 송수신할 무선백홀 데이터를 할당한다. 도 10의 실시 예에서, T1 동안 송신할 무선백홀 데이터는 ‘T1에서 하향링크 및 상향링크 무선백홀 통신을 위한 무선자원할당 정보 및 Medium Access Layer 제어정보를 포함한 제어정보’ 와, ‘1021단계에서 획득한 HN(1020)의 협력정보’, ‘1012단계에서 획득한 MBS(1010)의 협력정보’, 및 ‘T1에서의 무선백홀 하향링크 데이터’ 를 포함한다. 여기서, 무선백홀 하향링크 데이터는, SBS가 단말에게 송신할 데이터와, SBS와 단말의 라디오 접속 통신을 위한 각종 네트워크 계층 제어정보를 포함한다.

[0187]

-T1: 협력정보 전달 구간

[0188]

T1에서의 HN(1020)은 1024단계에서 1023단계에서 수행한 두 번째 단계의 스케줄링을 통해서 획득한 무선백홀 데이터를 RBN(1030)에게 송신한다. 그러면, 상기 RBN(1030)은 상기 무선백홀 데이터를 수신하고 해당 데이터를 검출한다. 그리고, 1031단계에서 상기 RBN(1030)은 상기 무선백홀 데이터로부터 T3에서의 협력통신을 위한 MBS(1010)의 협력정보 및 HN(1020)의 협력정보를 획득하고, 이를 SBS(1040)에게 전달한다.

[0189]

T1에서의 상기 MBS(1010)는 이전 시구간에서 수행한 T1의 협력정보를 사용하여 상기 단말1(1000)과 하향링크 및 상향링크에 대한 협력통신을 수행할 수 있다.

[0191]

-T2: 데이터 스케줄링

[0192]

T2에서의 HN(1020)은 1025단계에서 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 T5에서 무선백홀 데이터를 송수신하기 위한 무선백홀 자원영역 및 상기 무선백홀 자원영역에서 사용할 빔을 할당한다. 여기서, HN(1020)의 첫 번째 단계의 스케줄링에서 할당되는 무선백홀 자원영역 및 빔은 하향링크와 상향링크 각각에 대해 할당된다. 그리고, 1026단계에서 상기 HN(1020)은 상기 첫 번째 단계 스케줄링을 통해서 획득한 HN의 협력정보를 MBS(1010)에게 시간 지연 없이 전달한다. 여기서, HN의 협력정보는 1022단계의 협력정보와 동일하므로, 중복 설명을 생략한다.

[0193]

1014단계에서 상기 MBS(1010)는 상기 HN(1020)의 협력정보를 기반으로, 1011단계와 동일하게 동작한다. 그리고, 1015단계에서 1012단계와 마찬가지로, 상기 MBS의 협력정보(1010)를 시간 지연 없이 상기 HN(1020)에게 전송한다. 여기서, 상기 MBS(1010)의 협력정보는 1012단계와 동일하므로, 중복 설명을 생략한다.

[0194]

1016단계에서 상기 MBS(1010)는 1011단계에서 획득한 T3의 협력통신을 위한 상기 MBS(1010)의 협력정보를 기반으로, T3의 협력통신을 위한 두 번째 스케줄링을 수행한다. 상기 두번째 스케줄링을 통해서 T3에서 협력통신할 단말 및 상기 단말과 송수신할 데이터를 할당한다.

[0195]

그러면, 1027단계에서 상기 HN(1020)은 1023단계와 마찬가지로, HN의 두 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 RBN을 선택하고, 상기 선택한 RNB과 송수신할 무선백홀 데이터를 할당한다. 여기서, 상기 무선백홀 데이터는 1025단계에서 획득한 상기 HN(1020)의 협력정보를 기반으로 송수신한다. 그리고, T3 동안 송신할 무선백홀 데이터는 1023단계에서의 무선백홀 데이터와 동일하며, 송신 구간이 T3라는 점에서만 차이점을 가진다.

[0196]

T2에서의 상기 SBS(1040)는 1031단계를 통해서 획득한 HN(1020)의 협력정보 및 MBS(1010)의 협력정보를 기반으로 1041단계에서 T3 협력통신을 위한 단말 및 빔 및 무선자원 및 데이터를 할당하는 협력 스케줄링을 수행한다.

[0198]

- T3: 협력통신

[0199]

T3에서 HN(1020)은 1027단계의 두 번째 단계의 스케줄링을 통해서 선택한 RBN(1030)에게 1028단계에서 상기 무선백홀 데이터를 송신한다. 그러면, 상기 RBN(1030)은 상기 수신한 무선백홀 데이터를 검출한다. 이때, HN(1020)은 상기 1021단계에서의 첫 번째 단계의 스케줄링에서 획득한 협력정보 즉, 무선백홀 자원영역 및 해당 무선백홀 자원영역에 매핑된 빔을 사용하여 상기 무선백홀 데이터를 송신한다. T3에서의 상기 RBN(1030)은 1032단계에서 상기 무선백홀 데이터를 SBS(1040)에게 전달한다. 그리고, 1029단계에서 상기 HN(1020)은 상기 1027년

계의 두 번째 단계의 스케줄링에서 선택한 RBN(1030)으로부터 무선백홀 신호를 수신하고, 상기 신호로부터 데이터를 검출한다. 이때, 상기 HN(1020)은 상기 1021단계에서의 첫 번째 단계의 스케줄링에서 할당된 상향링크 무선백홀 자원영역 및 빔을 사용하여 상기 무선백홀 신호를 수신한다.

[0200] T3의 MBS(1010)는 1017단계에서 상기 1016단계에 결정한 단말 일 예로, 상기 단말1(1000)에게 상기 1011단계에서 획득한 무선자원영역 및 빔을 사용하여 데이터를 송신하고, 상기 단말1(1000) 역시 이를 기반으로 수신한 데이터를 검출한다. 또한, 1018단계에서 상기 1016단계에서 결정된 상기 단말1(1000)은 상기 MBS(1010)에게 상향링크 데이터를 송신하고, 상기 MBS(1010)은 상기 1011단계에서 획득한 무선자원영역 및 빔을 사용하여 상기 단말1(1000)의 데이터를 수신하고 검출한다.

[0201] T3에서의 상기 SBS(1040)는, 1042단계에서 상기 1041단계에서의 협력 스케줄링을 통해서 선택한 단말 일 예로, 상기 단말2(1050)에게 하향링크 데이터를 송신한다. 또한, 상기 1043단계에서 상기 협력 스케줄링을 통해서 선택된 상기 단말2(1050)는 상기 SBS(1040)에게 상향링크 데이터를 전송한다.

[0203] 본 개시의 실시 예에 따른 기지국들은 네트워크 지연을 고려하여 협력통신을 수행하기 위해서 무선자원을 미리 할당 후, 지연하여 데이터를 송수신한다. 그런데, 네트워크 지연이 과도하게 크거나 단말이 너무 빠른 속도로 이동할 경우, 상기한 본 개시의 실시 예에 따른 협력통신 방법으로 인해 문제가 발생할 수 있다. 그러므로, 본 개시의 다른 실시 예에서는, 인접 기지국들과의 협력통신 시 사용하지 않는 전용 무선 자원을 추가로 할당할 수 있다. 또한, 미리 결정된 값보다 작은 간섭값을 송신하는 인접 기지국의 경우, 협력통신이 불필요하므로, 이를 위한 비협력 무선 자원을 추가로 할당할 수 있다. 예를 들어, 단말에 내장된 GPS(Global positioning system) 수신기나 다른 기술을 통해 단말의 이동속도를 측정할 수 있는 경우를 가정하자. 이 경우, 측정된 해당 단말의 이동속도가 미리 결정된 기준 속도, 예를 들어, 120km/h를 초과하면, 상기 단말을 고속 이동 단말로 판단하고, 상기 단말에게 본 개시의 실시 예에 따른 전용 무선자원을 할당할 수 있다. 다른 실시 예에 따라, 단말에 GPS와 같이 이동속도를 추정하는 기술이 탑재되어 있지 않을 경우, 단위 시간당 단말에 대한 기지국의 최적 빔 변경 횟수를 이용하여 단말의 이동속도를 추정할 수도 있다. 예를 들어, 초당 미리 결정된 횟수(1회) 이상 단말에 대한 기지국의 빔이 변경될 경우, 상기 단말을 고속 이동 단말로 판단하고, 상기 단말에 대해 전용 무선자원을 할당할 수도 있다. 또 다른 실시 예에 따라, 사용자 트래픽에 따라 데이터 전송 지연이 최소화해야 하는 경우에도 전용 무선 자원을 할당할 수 있다. 예를 들어, 트래픽의 종류가 음성 및 영상 통화 트래픽, Virtual Reality Traffic, 자동차 자동 운전을 위한 트래픽 중 하나일 경우, 초기 전송 및 재전송 패킷에 대한 전송지연을 최소화하는 트래픽으로 판단하고, 상기 전용 무선 자원을 할당할 수 있다.

[0204] 본 개시의 실시 예에 따라 비협력 무선 자원과 전용 무선 자원을 할당할 경우, 분산된 협력통신을 위한 2단계의 스케줄링을 수행하는 것은 동일하되, 다음과 같은 차이점을 갖는다. 첫 번째 단계의 스케줄링에서는 빔 할당 없이, 비협력 무선 자원 또는 전용 무선 자원에 대응하는 무선자원영역만을 할당한다. 그리고, 두 번째 단계의 스케줄링에서는 상기 할당된 무선자원영역을 사용할 단말과, 빔 및 데이터를 할당한다.

[0205] 이에 따라, 본 개시의 다른 실시 예에서는 단말의 이동속도와 트래픽의 종류에 따라 해당 단말에게 할당할 자원을 구분하여 할당함으로써, 분산된 협력통신을 수행할 수 있다. 이 경우, 단말에게 할당될 자원은 협력통신을 위한 무선 자원과, 전용 무선 자원 및 비협력 무선 자원 중 하나이다.

[0206] 도 11는 본 개시의 다른 실시 예에 따라 분산된 협력통신을 위한 자원을 할당하는 동작 흐름도의 일 예이다.

[0207] 도 11를 참조하면, 1100단계에서 스케줄러는, 인접 기지국 각각에 대한 간섭값을 측정하고, 측정된 간섭값들을 미리 결정된 간섭 임계값과 비교한다. 상기 비교 결과, 상기 임계값보다 작은 간섭값을 가지는 인접 기지국에 대해서는 1108단계로 진행한다. 그리고, 1108단계에서 상기 스케줄러는 상기 임계값보다 작은 간섭값을 가지는 인접 기지국에 대해서는 협력통신이 수행될 필요가 없다고 판단하고, 미리 결정된 비협력통신을 위한 전용 무선 자원을 할당한다.

[0208] 상기 비교 결과, 상기 간섭 임계값보다 크거나 같은 간섭값에 대응하는 인접 기지국이 존재할 경우, 상기 스케줄러는 1102단계로 진행한다. 1102단계에서 상기 스케줄러는 상기 간섭 임계값보다 큰 간섭값들을 가지는 인접 기지국들에 대해 허용된 전송 지연을 확인한다. 상기 확인 결과, 상기 인접 기지국들에 대해 허용된 전송 지연이 미리 결정된 지연 임계값보다 클 경우, 1104단계에서 상기 스케줄러는 상기 인접 기지국들에게 협력통신을 위한 무선 자원을 할당한다. 상기 확인 결과, 상기 인접 기지국들에 대해 허용된 전송 지연이 미리 결정된 임계값보다 작거나 같을 경우, 상기 스케줄러는 해당 인접 기지국들에게 본 개시의 실시 예에 따른 전송 지연이 고

려된 2단계의 스케줄링의 적용이 어렵다고 판단하고, 1106단계에서 전용 무선 자원을 할당하여 지연 없이 통신할 수 있게 한다. 1102단계에서의 인접 기지국들에 대해 허용된 지연값을 확인하는 동작은, 실시 예에 따라 해당 단말이 송수신하는 트래픽의 종류와, 이동속도를 추가로 고려하여 수행할 수 있다. 트래픽 종류와 이동속도에 대한 구체적이 동작은 앞의 설명과 중복되므로 생략한다.

[0209] 도 12의 실시 예는 협력통신의 적용 여부를 결정하기 위한 조건의 확인 순서를 도 11와 반대로 구성한 경우에 해당한다. 각 스텝에서의 동작은 도 11에서의 설명과 동일하므로, 중복 설명은 생략한다.

[0210] 도 13은 본 개시의 실시 예에 따라 무선백홀, MBS 및 SBS가 분산적 협력통신을 수행하기 위한 자원 할당의 예를 도시한 도면이다.

[0211] 도 13을 참조하면, 예를 들어, 본 개시의 실시 예에 따른 무선백홀의 HN은, 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 인접 기지국들과 협력통신을 위한 백홀 통신 무선 자원 즉, SBS에게 전송할 무선백홀 데이터를 RBN에게 송수신하기 위한 무선백홀 빔과, 상기 무선백홀 데이터의 송수신을 위한 무선백홀 자원영역들에 대응하는 W10, W20을 할당한다. 그리고, 무선백홀 통신에 사용하지 않은 나머지 자원영역 R30을 전용 무선 자원으로 할당한다. 그리고, 1300단계에서 상기 HN은 MBS에게 상기 할당한 무선백홀 통신 무선 자원을 포함하는 HN의 협력정보를 전달한다.

[0212] 본 개시의 실시 예에 따른 MBS는 1302단계를 통해서 수신한 상기 HN의 협력정보로부터 무선백홀 빔과 무선백홀 자원 할당 정보를 수신하고, 첫 번째 단계 스케줄링을 수행한다. 이때, 상기 MBS는 무선백홀 무선자원 W10 및 W20에서 무선백홀 빔을 통한 신호 송수신 시 무선백홀과의 간섭이 미리 결정된 간섭 임계값보다 작은 MBS의 빔을 선택한다. 그리고, 상기 MBS는 상기 SBS와 단말에 의한 최대 간섭이 상기 간섭 임계값보다 클 경우, 상기 SBS와의 협력통신이 필요하다고 판단하고, 상기 SBS와의 협력통신을 위한 빔과, 협력 무선자원영역에 대응하는 M11 및 M21를 할당한다. 그리고, 상기 비교 결과, 상기 SBS와 단말에 의한 최대 간섭이 상기 간섭 임계값보다 작은 경우, 사용할 비협력 무선 자원에 대응하는 M12 및 M22를 할당할 수 있다. 또한, 상기 MBS는 무선백홀이 사용하지 않는 상기 전용 무선 자원 R30 내에서 협력 무선 자원 M31과 빔을 할당하고, 비협력 무선 자원 M32과, MBS 전용 무선 자원 M33 및 SBS 전용 무선 자원 M34를 할당한다. 상기 R30에서 할당된 MBS의 무선 자원들 즉, M31 내지 M34는 무선백홀 간섭을 고려하지 않아도 되므로, 무선백홀에 의한 간섭이 크거나 무선백홀에 주는 간섭이 큰 빔을 사용하여 통신할 수 있다. 그리고, MBS 전용 무선 자원 M33의 경우, 협력통신을 위한 시간 지연을 허용할 수 없는 단말 및 트래픽을 위해 할당될 수 있다. 그리고, MBS는 상기한 바와 같이 할당된 무선자원할당 정보를 협력정보로서 상기 HN에게 전달한다.

[0213] 그러면, 1302단계에서 HN은 상기한 바와 같이 할당된 무선백홀 무선자원 정보와, MBS로부터 수신한 협력정보를 모든 SBS의 RBN에게 전달한다. 상기 무선백홀 무선 자원 정보와 협력정보는, 무선백홀 무선 자원 W10 및 W20, 각 무선 자원의 빔 할당정보, 전용 무선자원 R30의 할당정보, 상기 MBS의 협력 무선 자원 M11, M21, M31과, 각 무선자원의 빔 할당 정보, 비협력 무선자원 M12, M22, M32 할당정보, MBS 전용무선자원 M33 할당정보, SBS 전용 무선자원 M34 할당정보를 포함한다.

[0214] 이후, SBS가 1302단계 및 1304단계를 통해서 무선백홀 무선자원할당 정보와, MBS의 협력정보를 수신하면, 이를 기반으로, 무선백홀 빔과 MBS 빔을 고려하여 협력통신을 위한 협력 무선 자원 S11 및 S21 및 이에 대응하는 빔을 할당하고, 무선백홀 빔을 고려하여 협력통신을 수행하되 MBS에는 협력하지 않는 비협력 무선자원 S12 및 S22 및 그에 대응하는 빔을 할당하고, MBS 빔을 고려하여 협력통신을 제공하는 협력 무선 자원 S31 및 그에 대응하는 빔을 할당하고, MBS에 협력하지 않는 비협력 무선 자원 S32 및 그에 대응하는 빔을 할당하고, SBS의 전용 무선 자원 S34 및 그에 대응하는 빔을 할당하는 협력 스케줄링을 수행한다.

[0215] 마지막으로, 상기 MBS는 두 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 협력 무선 자원 M11, M21, M31 각각에 대해 협력통신을 수행할 단말을 최종 선택하고, 데이터를 스케줄링하며, 비협력 무선자원 M12, M22, M32 각각에 대해 해당 단말 및 빔과 데이터를 스케줄링하며, MBS의 전용 무선 자원 M33에 대해서도 해당 단말 및 빔과 데이터를 스케줄링 한다.

[0217] 이하, 도 14a~d 및 도 15a~e를 참조하면, 본 개시의 실시 예에 따라 계층 셀 환경에서 분산된 협력통신을 수행하는 동작을 보다 구체적으로 설명하기로 한다. 여기서, 계층 셀 환경에서의 기지국들은 단말과의 통신 시 해당 단말의 위치 및 측정 결과를 고려하여 항상 최적빔을 사용하는 경우를 가정하자. 그리고, 이하, 설명에서, I_{DL}

및 I_{UL} 는 각각 하향링크 및 상향링크 간섭의 전력 값을 나타낸다.

[0218] 도 14a는 본 개시의 실시 예에 따라 계층 셀 환경에서 분산된 협력통신을 위한 첫 번째 단계의 스케줄링 동작의 일 예이다.

[0219] 도 14a를 참조하면, 1400단계에서 무선백홀의 HN은 자신과 통신하는 RBN별로 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행한다. 도 14b는 HN의 첫 번째 단계의 스케줄링의 동작 흐름도의 일 예이다. 도 14b를 참조하면, 1401단계에서 HN은 각 RBN에 대해 무선백홀 자원을 할당한다. 여기서, 무선백홀 자원은 하향링크 및 상향링크에 대한 무선백홀 통신을 위한 무선 자원을 포함한다. 1402단계에서 상기 HN은 각 RBN을 위한 무선백홀 자원을 HN의 빔 별로 통합하여 무선자원영역을 지정하는데, HN의 빔들 중 동일빔이 할당된 무선백홀 자원은 하나로 통합하여 무선백홀 자원영역을 지정하고, 상기 빔들 중 서로 다른 빔이 할당된 무선백홀 자원은 통합하지 않고 무선백홀 자원영역을 지정한다. 상기 HN이 지정한 무선백홀 자원영역을 예를 들어 W_{10+i} , $i=1, 2, 3, \dots, (I-1)$ 로 나타낼 수 있다. 그리고, 1403단계에서 상기 HN은 무선백홀 자원영역으로 할당되지 않은 나머지 무선자원을 이동 통신을 위한 무선접속 자원영역으로 지정된다. 상기 무선접속 자원영역을 예를 들어 R_{10+i} 로 나타낼 수 있다. 도 14b에 도시한 바와 같이, HN은 첫 번째 단계의 스케줄링을 통해 무선백홀 자원영역 및 상기 무선백홀 자원영역에서 사용할 빔을 할당한다. 그리고, 상기 무선백홀 자원영역 및 빔에 대한 정보를 포함하는 HN의 협력정보를 MBS에게 전달한다.

[0220] 그리고, 도 14a의 1410단계에서 상기 MBS는 HN의 협력정보로부터 획득한 상기 무선백홀 자원영역을 기반으로, 무선백홀 자원영역 W_{10+i} , $i=1, 2, 3, \dots, (I-1)$ 에서 무선백홀에 협력하는 무선접속 통신을 위한 첫 번째 단계 스케줄링을 수행한다. 여기서, MBS는 HN과 동일한 위치 혹은 장치에 구현되므로, 상기 HN의 협력정보를 시간 지연 없이 실시간으로 수신할 수 있다. 상기 무선백홀에 협력하는 무선접속 통신을 위한 첫 번째 단계 스케줄링에서 스케줄링되는 단말들은 무선백홀 자원영역 W_{10+i} , $i=1, 2, 3, \dots, (I-1)$ 에서의 자원할당을 위한 후보 단말이다. 도 14c는 본 개시의 실시 예에 따른 MBS가 무선백홀에 협력하는 무선접속 통신을 위한 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행하는 동작 흐름도의 일 예이다. 도 14c를 참조하면, 1411단계에서 MBS는 상기 HN의 협력정보로부터 획득한 상기 무선백홀 자원영역 별로 1412단계 내지 1414단계를 수행한다. 1412단계에서 MBS, BS^s 는 해당 무선백홀 자원영역에 할당된 상기 HN, BS^0 의 빔 B_k^0 에 대해, 도 6에서와 같이 획득한 간섭값들을 사용하여 상기 HN의 빔 B_k^0 을 이용한 통신 시 HN 및 RBN에 수신되는 간섭값이 기준 값 $I_{RA \rightarrow BH}$ 및 $I_{BH \leftarrow RA}$ 각각보다 작은 상기 BS^s 의 빔들로 구성되는 빔 그룹 $B_{1-DL}^s\{B_k^0 | I_{RA \rightarrow BH}\}$ 및 $B_{1-UL}^s\{B_k^0 | I_{BH \leftarrow RA}\}$ 을 하기 <수학식 10> 및 <수학식 11>과 같이 나타낼 수 있다.

[0221] <수학식 10>

$$[0222] \quad B_{1-DL}^s\{B_k^0 | I_{RA \rightarrow BH}\} = \{B_b^s | I_{DL}(B_b^s \rightarrow B_k^0) < I_{RA \rightarrow BH}\}$$

[0223] <수학식 11>

$$[0224] \quad B_{1-UL}^s\{B_k^0 | I_{BH \leftarrow RA}\} = \{B_b^s | I_{UL}(B_k^0 \leftarrow B_b^s) < I_{BH \leftarrow RA}\}$$

[0225] 그리고, 무선백홀 통신을 위한 하향링크 및 상향링크에서 단말에 대한 의 최적빔이 상기 빔 그룹 $B_{1-DL}^s\{B_k^0 | I_{RA \rightarrow BH}\}$ 및 $B_{1-UL}^s\{B_k^0 | I_{BH \leftarrow RA}\}$ 각각에 속하는 단말들의 그룹을 하기 <수학식 12> 및 <수학식 13>과 같이 나타낼 수 있다.

[0226] <수학식 13>

$$[0227] \quad M_{1-DL}^s\{B_k^0 | I_{RA \rightarrow BH}\} = \{MS_m^s | B_{best}^s(MS_m^s) \in B_{1-DL}^s\{B_k^0 | I_{RA \rightarrow BH}\}\}$$

[0228] <수학식 14>

$$[0229] \quad M_{1-UL}^s\{B_k^0 | I_{BH \leftarrow RA}\} = \{MS_m^s | B_{best}^s(MS_m^s) \in B_{1-UL}^s\{B_k^0 | I_{BH \leftarrow RA}\}\}$$

[0230] 그리고, 상기 BS^s 는 상기 단말 그룹에 대해 스케줄링을 수행하여 후보 단말과 무선자원을 할당하고, 이에 대응

하는 BS^s 의 빔을 결정한다. 여기서, BS^s 의 빔들 중 HN의 빔으로 통신하는 RBN이 수신하는 간섭값이 상기 기준값 $I_{RA \rightarrow BH}$ 및 $I_{BH \rightarrow RA}$ 보다 큰 간섭값을 가지는 BS^s 의 빔은 1410단계에서의 MBS의 무선백홀에 협력하는 무선접속 통신을 위한 첫 번째 단계의 스케줄링에서 제외한다. 도 14c의 실시 예에 따라, 상기 HN은 자신이 원하는 상기 기준 값 $I_{RA \rightarrow BH}$ $I_{RA \rightarrow BH}$ 및 $I_{BH \rightarrow RA}$ $I_{BH \rightarrow RA}$ 을 상기 MBS에게 알려줄 수 있다. 이때, 예를 들어 PF(Proportional Fair) 스케줄링 알고리즘을 사용할 수 있다. 또한, 무선백홀에 의한 간섭값을 스케줄링 알고리즘에 반영할 수 있다. 예를 들어, 특정 무선백홀 자원영역에서 상기 HN의 빔 B_k^0 을 사용하는 경우, MBS의 하향링크 통신을 위한 PF 스케줄링은 상기 특정 무선백홀 자원영역에서 하기 <수학식 15>에서와 같이, 스케줄링 시간 t 에서 Utility Function $U_m(t)$ 값을 최대화하는 단말 MS_m^s 을 선택할 수 있다.

[0231] <수학식 15>

[0232]
$$m^* = \arg \max_m U_m(t)$$

[0233] 여기서, $U_m(t) = \frac{r_m(t)}{T_m(t)}$ 이다.

[0234] <수학식 16>

[0235]
$$r_m(t) = W \log_2 \left(1 + \frac{\beta \gamma_m^s(t)}{\sigma^2 + I_{DL}(B_k^0 \rightarrow m)} \right)$$
이다.

[0236] 그리고, W 는 신호 대역폭을 의미하는 것으로, 앞서 설명한 무선백홀 자원영역 W_{10+i} 을 의미하지 않는다. β 는 $0 < \beta \leq 1$ 의 값을 갖는 임의의 상수를 의미하며, $\gamma_m^s(t)$ 는 하향링크에서 단말 m , 즉 MS_m^s 이 수신한 BS^s 신호의 전력 값을 의미하며, σ^2 는 잡음 전력을 나타내며, $I_{DL}(B_k^0 \rightarrow m)$ 은 상기 HN의 빔 B_k^0 이 단말 m , 즉 MS_m^s 에게 주는 하향링크 간섭의 전력 값을 나타낸다. 상기 <수학식 16>에서 단말 별 간섭값을 사용하지 않고, 하기 <수학식 17>에서와 같이 기지국 빔별 간섭값 $I_{DL}(B_k^0 \rightarrow B_{best}^s(m))$ 을 사용할 수도 있다.

[0237] <수학식 17>

[0238]
$$r_m(t) = W \log_2 \left(1 + \frac{\beta \gamma_m^s(t)}{\sigma^2 + I_{DL}(B_k^0 \rightarrow B_{best}^s(m))} \right)$$

[0239] 그리고, 무선백홀 자원영역에서의 상향링크 통신을 위한 MBS의 PF 스케줄링은 상기 <수학식 15> 및 <수학식 18>을 사용한다. 단, 상향링크에서 사용하는 β , $\gamma_m^s(t)$, σ^2 의 값은 하향링크의 수식에서 사용하는 값과 상이할 수 있으며, 특히 $\gamma_m^s(t)$ 는 상향링크에서 BS^s 가 MS_m^s 로부터 수신한 신호의 전력 값을 의미하며, 하기 <수학식 18>과 같이 나타낼 수 있다.

[0241] <수학식 18>

[0242]
$$r_m(t) = W \log_2 \left(1 + \frac{\beta \gamma_m^s(t)}{\sigma^2 + I_{UL}(B_{best}^s(m) \leftarrow B_k^0)} \right),$$

[0243] 여기서, $I_{UL}(B_{best}^s(m) \leftarrow B_k^0)$ 는 BS^s 가 빔 $B_{best}^s(m)$ 를 통해서 수신하는 상향링크의 무선백홀 신호, 즉 간섭의 전력 값을 나타낸다. 이때, 상기 상향링크 무선백홀 신호를 수신하는 HN의 최적빔이 B_k^0 인 경우를 나타낸다.

[0245] 이후, 하향링크 및 상향링크 통신을 위한 MBS의 PF 스케줄링은, 앞서 설명한 스케줄링 동작이 완료되면, 다음 시간의 스케줄링 동작을 위해 모든 단말에 대해 $T_m(t)$ 값을 하기 <수학식 19>와 같이 업데이트한다.

[0246] <수학식 19>

$$T_m(t+1) = \begin{cases} \alpha T_m(t) + (1-\alpha)r_m(t), & \text{if } m \text{ is scheduled at time } t \\ \alpha T_m(t), & \text{if } m \text{ is not scheduled at time } t \end{cases}$$

[0248] 여기서, α 는 $0 < \alpha < 1$ 의 값을 갖는 임의의 상수이다. 다른 무선백홀 자원영역에서는 무선백홀의 빔도 달라질 수 있으므로, 상기 <수학식 16> 내지 <수학식 18>에서 사용하는 간섭값 역시 달라진다.

[0249] 또한, 상기 MBS는 상기 HN의 협력정보로부터 획득한 각 무선백홀 자원영역 W_{10*i} , $i=1, 2, 3, \dots, (I-1)$ 에서 상기 1412단계에 따라 할당된 무선 자원의 빔을 상기 <수학식 8> 및 <수학식 9>에 따라 협력빔 및 비협력빔으로 구분한다. 그리고, 1413단계에서 MBS는 동일 협력빔이 선택된 무선 자원들을 하나의 협력무선자원영역으로 통합한다. 또한, 상기 협력무선자원영역에 대해 SBS가 간섭회피를 위한 협력통신을 수행할 지 아니면, 조인트 송신 협력통신을 수행할 지를 추가로 선택할 수 있다. 1414단계에서 상기 MBS는 비협력빔이 선택된 무선 자원들을 하나의 비협력 무선자원영역으로 통합한다. 상기 MBS의 각 무선백홀 자원영역에 대한 첫 번째 단계 스케줄링을 수행하여 획득한 MBS의 협력 및 비협력 무선자원을 예를 들어 M_{10*i+j} , $i=1, 2, 3, \dots, (I-1)$, $j=1, 2, \dots, J(i)$, 로 나타낼 수 있다. 여기서 $J(i)$ 는 그 값이 i 에 따라 달라질 수 있음을 의미한다. 추가적으로 설명의 편의를 위해 예를 들어, 각 무선백홀 자원영역 W_{10*i} 에 대한 MBS 무선자원 중에서 처음 $J(i)-1$ 개 MBS 무선자원 M_{10*i+j} , $j=1, 2, \dots, J(i)-1$ 는 협력 무선자원으로 지정하고 마지막 MBS 무선자원 $M_{10*i+J(i)}$ 을 비협력 무선자원으로 지정했다고 가정할 수 있다.

[0250] 도 14a의 1420단계에서 상기 MBS는 무선접속 자원영역 R_{10*i} 을 위한 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행한다. 무선 접속 자원영역을 위한 첫 번째 단계의 스케줄링을 통해서, 상기 MBS, BS^s 는 상기 HN의 협력정보로부터 획득한 무선접속 자원영역에 대해 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행한다. 1420단계의 스케줄링에서 고려되는 단말들은 무선접속 자원영역에서의 자원할당을 위한 후보 단말이다. 그리고, HN의 협력정보와 마찬가지로, 상기 MBS의 무선접속에 대한 스케줄링을 수행하여 획득한 MBS의 협력정보는 지연 없이 상기 HN에게 전달된다. 도 14d는 본 개시의 실시 예에 따른 MBS가 무선접속을 위한 첫 번째 단계의 스케줄링을 위한 동작 흐름도의 일 예이다. 도 14d를 참조하면, 1421단계에서 MBS는 협력빔을 사용하는 고속이동 단말 혹은 저지연 트래픽을 위해 MBS의 전용 무선 자원을 할당한다. 그리고, 1422단계에서 상기 MBS는 네트워크의 OAM(Operation and Maintenance)의 지시 혹은 SBS의 요청에 따라 SBS의 전용 무선 자원을 할당한다. 1423단계에서 상기 MBS는 HN의 협력정보로부터 획득한 무선접속 자원영역 중 상기 MBS의 전용 무선 자원 및 SBS의 전용 무선 자원을 제외한 나머지 자원영역에서 HN의 빔 및 간섭들을 고려하지 않고, MBS의 서비스 영역에 위치한 모든 단말들을 스케줄링한다. 이때, 예를 들어, PF 스케줄링 알고리즘을 사용할 수 있다. 즉, 하기 <수학식 15>와 <수학식 19>와 하기 <수학식 20>을 사용할 수 있다.

[0251] <수학식 20>

$$r_m(t) = W \log_2 \left(1 + \frac{\beta \gamma_m^s(t)}{\sigma^2} \right)$$

[0253] 또한, 할당된 무선 자원에 매핑된 MBS의 빔을 상기 <수학식 8> 및 <수학식 9>에 따라 협력빔 및 비협력 빔으로 구분한다. 그리고, 1424단계에서 상기 MBS는 동일 협력빔이 선택된 무선 자원들을 하나의 협력무선자원영역으로 통합한다. 또한, 상기 협력무선자원영역에 대해 SBS가 간섭회피를 위한 협력통신을 수행할 지 아니면, 조인트 송신 협력통신을 수행할 지를 추가로 선택할 수 있다. 1425단계에서 상기 MBS는 비협력빔이 선택된 무선 자원들을 하나의 비협력 무선자원영역으로 통합한다. 상기 MBS의 무선접속 자원영역 R_{10*i} 에 대한 첫 번째 단계 스케줄링을 수행하여 획득한 MBS의 협력 및 비협력 및 전용 무선자원을 예를 들어 M_{10*i+j} , $j=1, 2, \dots, J(I)$, 로 나타낼 수 있다. 설명의 편의를 위해 예를 들어 무선접속 자원영역 R_{10*i} 에 대한 MBS 무선자원 중에서 처음 $J(I)-3$ 개 MBS 무선자원 M_{10*i+j} , $j=1, 2, \dots, J(I)-3$ 는 협력 무선자원으로 지정하고, 그 다음 MBS 무선자원 $M_{10*i+J(I)-2}$, $M_{10*i+J(I)-1}$ 및 $M_{10*i+J(I)}$ 을 비협력 무선자원, MBS 전용 무선자원 및 SBS 전용 무선자원으로 각각 지정했다고 가정할 수 있다

[0254] 마지막으로, 도 14a의 1430단계에서 상기 HN은 자신의 협력정보와, MBS의 무선백홀 자원영역 및 무선접속 자원 영역에 대해 수행한 첫 번째 단계의 스케줄링 할당 정보와, SBS에게 할당된 정보를 포함하는 무선백홀 데이터를

RBN에게 전송한다. 여기서, 상기 RBN에게 상기 무선백홀 데이터를 전송하기 위한 무선백홀 자원영역 및 빔은 과거에 HN이 첫 번째 단계 스케줄링에 의해서 할당된다.

[0255] 도 15a는 본 개시의 실시 예에 따라 계층 셀 환경에서 분산된 협력통신을 위한 두 번째 단계의 스케줄링 동작의 일 예이다. 설명의 편의상, HN, MBS 및 SBS 각각에의 두 번째 단계에서의 스케줄링이 순차적으로 수행되는 것을 기재하였으나, 실제로, 도 15b 내지 도 15e 각각에서 기재한 각 장치 별로 두 번째 단계에서의 스케줄링은 독립적으로 수행된다.

[0256] 도 15a를 참조하면, 1500단계에서 HN은 과거에 도 14a의 1400 단계 및 도 14b에서 설명한 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 획득한 무선백홀 자원영역 W_{10*i} , $i=1, 2, 3, \dots, (I-1)$ 에서 상기 무선백홀 자원영역에 할당된 HN의 빔을 사용하는 RBN들에 대해 스케줄링을 수행하여 상기 RBN들에 대한 세부 무선 자원 및 데이터를 할당한다.

[0257] 그리고, 1510단계에서 상기 MBS는 무선백홀 자원영역 W_{10*i} , $i=1, 2, 3, \dots, (I-1)$ 에서 무선백홀에 협력하는 무선접속 통신을 위한 두 번째 단계의 스케줄링을 수행한다. 도 15b는 MBS가 무선백홀 자원영역에서 무선백홀에 협력하는 무선접속 통신을 위한 두 번째 단계의 스케줄링을 수행하는 동작 흐름도의 일 예이다. 도 15b를 참조하면, 1511단계에서 MBS, BS^s 는 도 14a의 1410단계 및 도 14c의 첫 번째 단계의 스케줄링을 통해서 획득한 각 무선백홀 자원영역 W_{10*i} , $i=1, 2, 3, \dots, (I-1)$ 에 대해 1512단계 내지 1513단계를 수행한다. 1512단계에서 상기 는 상기 무선백홀 무선자원영역 W_{10*i} 중 각 협력 무선자원영역, 예를 들어 M_{10*i+j} , $j=1, 2, \dots, J(i)-1$, 에 대해 해당 협력 무선자원영역의 빔 B_b^s 을 최적 빔으로 사용하는 MBS의 서비스 영역에 위치한 모든 단말 그룹 $M_{best}^s\{B_b^s\}$ 을 대상으로 스케줄링하여 무선백홀에 협력하는 무선접속 통신을 수행할 단말 및 무선자원과 데이터를 할당한다. 이 경우, MBS의 무선백홀 자원영역에 대한 첫 번째 단계의 스케줄링 시 상기 협력 무선자원영역을 할당할 때와 비교하여 단말의 이동으로 인해, 현재의 두 번째 단계 스케줄링 순간에 상기 협력 무선자원영역의 빔을 사용하는 단말에 변화가 있을 수 있고, 단말은 동일하지만 스케줄링 할 데이터 양이 달라질 수도 있다. 이 경우, 앞서 설명한 바와 같이, 예를 들어 상기 <수학식 15> 내지 <수학식 19>의 PF 스케줄링 알고리즘을 사용할 수 있다.

[0258] 1513단계에서 상기 BS^s 는 상기 무선백홀 무선자원영역 W_{10*i} 중 각 비협력 무선자원영역, 예를 들어 $M_{10*i+J(i)}$ 에 대해 해당 비협력 무선자원영역의 빔 B_k^0 에게 수신되는 간섭값이 기준 값들 $I_{RA \rightarrow BH}$ 및 $I_{BH \rightarrow RA}$ 보다 작은 MBS의 빔들의 그룹 즉, $B_{L-DL}^s\{B_k^0 | I_{RA \rightarrow BH}\}$ 및 $B_{L-UL}^s\{B_k^0 | I_{BH \rightarrow RA}\}$ 중에서 비협력 빔을 최적 빔으로 사용하는 모든 MBS 단말들을 스케줄링하여 해당 단말, 빔, 무선자원 및 데이터를 할당한다. 이 경우, 무선백홀 자원영역을 위한 MBS의 첫 번째 단계 스케줄링을 수행하여 상기 비협력 무선자원영역을 할당할 때와 비교하여, 단말의 이동으로 인해 현재의 두 번째 단계의 스케줄링 순간에 상기 비협력 무선자원영역을 사용하도록 할당되는 단말의 위치에 변화가 있을 수 있고, 단말은 동일하지만 스케줄링 할 데이터 양이 달라질 수도 있다. 협력 무선자원영역의 스케줄링과 마찬가지로, <수학식 15> 내지 <수학식 19>의 PF 스케줄링 알고리즘을 사용할 수 있다.

[0259] 도 15a의 1520단계에서 BS^s 는 도 14a의 1420단계 내지 도 14d를 통해서 수행한 첫 번째 단계의 스케줄링로부터 획득한 무선접속 자원영역 R_{10*i} 의 협력 무선자원영역에 대해 두 번째 단계의 단말 및 데이터 스케줄링을 수행한다. 또한 추가적으로, 비협력 및 전용 무선자원영역에 대해 두 번째 단계의 스케줄링을 수행할 수 있다. 도 15c는 본 개시의 실시 예에 따른 무선접속 자원영역 R_{10*i} 을 위한 MBS의 두 번째 단계의 스케줄링 동작 흐름도의 일 예이다. 도 15c를 참조하면, 1521단계에서 는 상기 무선접속 자원영역 R_{10*i} 의 각 협력 무선자원영역, 예를 들어 M_{10*i+j} , $j=1, 2, \dots, J(I)-3$ 에 대해 상기 협력 무선자원영역의 빔 B_b^s 을 최적 빔으로 사용하는 모든 MBS의 서비스 영역에 위치한 단말 그룹, $M_{best}^s\{B_b^s\}$ 을 대상으로 스케줄링하여 단말과 무선자원과 데이터를 할당한다. MBS의 무선접속을 위한 첫 번째 단계 스케줄링을 수행하여 상기 협력 무선자원영역을 할당할 때와 비교하여, 단말의 이동으로 인해 현재의 두 번째 단계 스케줄링 순간에 상기 자원영역의 빔을 사용하는 단말의 위치에 변화가 있을 수 있고, 단말은 동일하지만 스케줄링 할 데이터 양이 달라질 수도 있다. 예를 들어 상기 <수학식 15> 와 <수학식 19> 와 <수학식 20>의 PF 스케줄링 알고리즘을 사용할 수 있다.

[0260] 1522단계에서 상기 MBS는 상기 무선접속 자원영역 R_{10*i} 의 비협력 무선자원영역, 예를 들어 $M_{10*i+J(1)-2}$ 에서 비협력 빔을 최적 빔으로 사용하는 MBS의 서비스 영역에 위치한 모든 단말들에 대해 스케줄링하여 무선접속 통신을 수행할 단말, 빔, 무선자원 및 데이터를 할당한다. 이 경우, 무선접속 자원영역 R_{10*i} 을 위한 MBS의 첫 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 상기 비협력 무선자원영역을 할당할 때와 비교하여, 단말의 이동으로 인해 현재의 두 번째 단계의 스케줄링 순간에 상기 자원영역을 사용하도록 할당되는 단말의 위치에 변화가 있을 수 있고, 단말은 동일하지만 스케줄링 할 데이터 양이 달라질 수도 있다. 이때, 예를 들어, 예를 들어 상기 <수학식 15>와 <수학식 19>와 <수학식 20>의 PF 스케줄링 알고리즘을 사용할 수 있다.

[0261] 1523단계에서 상기 MBS는 상기 무선접속 자원영역 R_{10*i} 의 MBS 전용 무선자원영역, 예를 들어 $M_{10*i+J(1)-1}$ 에 대해 MBS의 서비스 영역에 위치한 모든 단말들 중에서 협력빔을 사용하는 고속이동 단말 혹은 저지연 트래픽을 송수신하는 단말을 위해 스케줄링하여 단말, 빔, 무선자원 및 데이터를 할당한다. 이때, 예를 들어, 예를 들어 상기 <수학식 15>와 <수학식 19>와 <수학식 20>의 PF 스케줄링 알고리즘을 사용할 수 있다.

[0262] 도 15a의 1530단계에서 SBS는 무선백홀을 통해서 HN의 첫 번째 단계의 스케줄링에 의한 무선백홀 자원영역에 대한 협력정보와 MBS의 무선백홀 및 무선접속 자원영역에 대한 첫 번째 단계의 스케줄링 할당 협력정보를 수신하고, 이를 기반으로 1540단계에서 무선백홀 자원영역 W_{10*i} , $i=1, 2, 3, \dots, (I-1)$ 에서 무선백홀에 협력하는 무선접속 통신을 위한 협력 스케줄링을 수행한다. 도 15d는 본 개시의 실시 예에 따른 SBS의 협력 스케줄링의 동작 흐름도의 일 예이다.

[0263] 도 15d를 참조하면, 1531단계에서 SBS는 상기 1530단계에서 획득한 각 무선백홀 무선자원영역 W_{10*i} , $i=1, 2, 3, \dots, (I-1)$ 및 빔에 대해 1532단계 내지 1533단계를 수행한다. 여기서, 본 개시의 실시 예에 따른 HN은 미리 자신이 원하는 기준 값 $I_{RA \rightarrow BH}$ 및 $I_{BH \rightarrow RA}$ 을 상기 SBS에게 알려줄 수 있다. 또한, MBS 역시 기지국도 자신이 원하는 기준 값 $I_{SC \rightarrow MC}$ 및 $I_{MC \rightarrow SC}$ 을 상기 SBS에게 미리 알려줄 수 있다. 여기서 SC는 Small Cell을 의미하고 MC는 Macro Cell을 의미한다.

[0264] 1532단계에서 상기 SBS, BS^s 는 상기 하향링크 통신을 위한 무선백홀 무선자원영역 W_{10*i} 의 각 협력 무선자원영역 M_{10*i+j} , $j=1, 2, \dots, J(i)-1$ 에서 HN의 빔 B_k^0 과 MBS의 빔 B_k^1 을 고려하여 스케줄링하여 단말과, 빔 B_b^s 과, 무선자원 및 데이터를 할당한다. 이때, 상기 협력 무선자원영역에 대해 상기 SBS가 간섭회피를 위한 협력통신을 제공할 경우, SBS는 상기 하향링크 무선백홀 무선자원영역의 빔을 통해서 수신되는 간섭 $I_{DL}(B_b^s \rightarrow B_{ko}^0)$ 기준 값 $I_{RA \rightarrow BH}$ 보다 작고, 상기 하향링크 MBS의 빔으로부터 수신되는 간섭 $I_{DL}(B_b^s \rightarrow B_{ko}^1)$ 기준 값 $I_{SC \rightarrow MC}$ 보다 작은 간섭값을 가지는 SBS의 빔 그룹 즉, $B_{1-DL}^s\{B_k^0 | I_{RA \rightarrow BH}\} \cap B_{1-DL}^s\{B_k^1 | I_{SC \rightarrow MC}\}$ 에 속한 빔 중에서 선택할 수 있다. 또한, 상기 HN의 빔과 상기 MBS의 빔이 상기 SBS의 단말에 주는 간섭을 고려하여 스케줄링을 수행할 수 있다. 이 경우, 앞서 설명한 <수학식 15> 내지 <수학식 19>와 하기 <수학식 21> 또는 <수학식 22>를 사용할 수 있다.

[0265] <수학식 21>

[0266]
$$r_m(t) = W \log_2 \left(1 + \frac{\beta \gamma_m^s(t)}{\sigma^2 + I_{DL}(B_k^0 \rightarrow m) + I_{DL}(B_k^1 \rightarrow m)} \right)$$

[0267] <수학식 22>

[0268]
$$r_m(t) = W \log_2 \left(1 + \frac{\beta \gamma_m^s(t)}{\sigma^2 + I_{DL}(B_k^0 \rightarrow B_{best}^s(m)) + I_{DL}(B_k^1 \rightarrow B_{best}^s(m))} \right)$$

[0269] 또한, 상기 하향링크 통신을 위한 협력 무선자원영역에 대해 상기 SBS가 조인트 송신 기반 협력통신을 제공할 경우, 상기 SBS는 상기 RBN이 수신하는 간섭값이 작고, 상기 MBS의 빔으로 통신하는 MBS의 서비스 영역에 위치한 단말 중 수신하는 신호 크기가 가장 큰 빔을 선택하여 상기 조인트 송신을 기반으로 하는 협력통신을 수행할 수 있다.

[0270] 한편, 상기 SBS, BS^s 는 상기 상향링크 통신을 위한 무선백홀 무선자원영역 W_{10*i} 의 각 협력 무선자원영역 M_{10*i+j}

, $j=1, 2, \dots, J(i)-1$ 에서 HN의 빔 B_k^0 과 MBS의 빔 B_k^1 을 고려하여 스케줄링하여 단말과, 빔 B_b^s 과, 무선자원 및 데이터를 할당한다. 상향링크 통신을 위한 무선자원영역에서 상기 SBS는 상기 상향링크 무선백홀 무선자원영역의 빔에 수신되는 간섭 $I_{UL}(B_k^0 \leftarrow B_b^s)$ 이 기준 값 I_{BH-RA} 보다 작고, 상기 상향링크 MBS의 빔에 수신되는 간섭 $I_{UL}(B_k^1 \leftarrow B_b^s)$ 이 기준 값 I_{MC-SC} 보다 작은 SBS의 빔 그룹 즉, $B_{1-UL}^s\{B_k^0 | I_{BH-RA}\} \cap B_{1-UL}^s\{B_k^1 | I_{MC-SC}\}$ 에 속한 빔 중 하나로 선택한다.

[0271] <수학식 23>

[0272]
$$r_m(t) = W \log_2 \left(1 + \frac{\beta \gamma_m^s(t)}{\sigma^2 + I_{UL}(B_{best}^s(m) \leftarrow B_k^0) + I_{UL}(B_{best}^s(m) \leftarrow B_k^1)} \right)$$

[0273] 마지막으로, 1533단계에서 상기 SBS 즉, $BS^s BS^s$ 는 상기 하향링크 통신을 위한 무선백홀 무선자원영역 W_{10*i} 의 비협력 무선자원영역 $M_{10*i+J(i)}$ 에서 스케줄링하여 단말과, 빔 $B_b^s B_b^s$ 과, 무선자원 및 데이터를 할당한다. 이때, 상기 단말들과 통신하기 위한 SBS의 빔은 상기 무선백홀 무선자원영역의 RBN이 수신하는 간섭 $I_{DL}(B_b^s \rightarrow B_{kd}^0)$ 기준 값 I_{RA-BH} 보다 작은 빔 그룹 즉, $B_{1-DL}^s\{B_k^0 | I_{RA-BH}\}$ 에 속한 빔 중에서 선택한다. 또한, 상기 무선백홀 빔이 상기 단말에 주는 간섭을 고려하여 스케줄링을 수행한다. 예를 들어, 상기 <수학식 15> 와 <수학식 19> 와 <수학식 16> 또는 <수학식 17>의 PF 스케줄링 알고리즘을 사용할 수 있다.

[0274] 그리고, SBS, BS^s 는 상기 상향링크 통신을 위한 무선백홀 무선자원영역 W_{10*i} 의 비협력 무선자원영역 $M_{10*i+J(i)}$ 에서 스케줄링하여 단말과, SBS의 빔 B_b^s , 무선자원 및 데이터를 할당한다. 이때, SBS는 상기 무선백홀 무선자원영역의 빔에 수신되는 간섭 $I_{UL}(B_k^0 \leftarrow B_b^s)$ 이 기준 값 I_{BH-RA} 보다 작은 SBS의 빔 그룹 즉, $B_{1-UL}^s\{B_k^0 | I_{BH-RA}\}$ 에 속한 빔 중에서 하나를 선택한다. 또한, 상기 무선백홀 빔이 상기 Small Cell 기지국 빔에 주는 간섭을 고려하여 스케줄링을 수행한다. 예를 들어 상기 <수학식 15> 와 <수학식 19> 와 <수학식 18>의 PF 스케줄링 알고리즘을 사용할 수 있다.

[0275] 마지막으로, 도 15a의 1550단계에서 SBS는 앞서 획득한 HN의 협력정보와, MBS의 무선백홀 및 무선접속 통신을 위한 협력정보를 기반으로, 무선접속 자원영역 R_{10*i} 을 위한 협력 스케줄링을 수행한다. 도 15e는 본 개시의 실시 예에 따라 SBS의 협력 스케줄링의 동작 흐름도의 일 예이다.

[0276] 도 15e를 참조하면, 1541단계에서, SBS 즉, 즉, BS^s 는 하향링크 통신을 위한 무선접속 자원영역 R_{10*i} 의 각 협력 무선자원영역, 예를 들어 M_{10*i+j} , $j=1, 2, \dots, J(1)-3$ 에서 상기 MBS의 빔 B_k^1 을 고려하여 스케줄링하여 단말과, 빔 B_b^s 과, 무선자원 및 데이터를 할당한다. 이때, 상기 협력 무선자원영역에 대해 SBS가 간섭회피 협력통신을 제공할 경우, 단말들과 통신하기 위한 SBS의 빔은 상기 MBS의 빔 $B_k^1 B_k^1$ 이 수신하는 간섭 $I_{DL}(B_b^s \rightarrow B_{kd}^1)$ 기준 값 I_{SC-MC} 보다 작은 빔 그룹 즉, $B_{1-DL}^s\{B_k^1 | I_{SC-MC}\}$ 에 속한 빔 중에서 하나를 선택한다. 또한, 상기 MBS가 상기 단말에 주는 간섭을 고려하여 스케줄링을 수행할 수 있다. 예를 들어, 상기 <수학식 15> 와 <수학식 19>와 하기 <수학식 24> 또는 <수학식 25>를 사용하는 PF 스케줄링 알고리즘을 사용할 수 있다.

[0277] <수학식 24>

[0278]
$$r_m(t) = W \log_2 \left(1 + \frac{\beta \gamma_m^s(t)}{\sigma^2 + I_{DL}(B_k^1 \rightarrow m)} \right)$$

[0279] <수학식 25>

[0280]
$$r_m(t) = W \log_2 \left(1 + \frac{\beta \gamma_m^s(t)}{\sigma^2 + I_{DL}(B_k^1 \rightarrow B_{best}^s(m))} \right)$$

[0281] 또한, 상기 협력 무선자원영역에 대해 SBS가 조인트 송신 기반 협력통신을 제공할 경우, SBS는 MBS의 빔으로 통신하는 MBS의 서비스 영역에 위치한 단말 중 해당 단말이 수신하는 신호 크기가 가장 큰 SBS 빔을 선택하여 협

력통신을 제공할 수 있다.

[0282] 상기 SBS 즉, BS^s 는 상향링크 통신을 위한 무선접속 자원영역 R_{10^*1} 의 각 협력 무선자원영역, 예를 들어 M_{10^*1+j} , $j=1, 2, \dots, J(1)-3$ 에서 상기 MBS의 빔 B_k^1 을 고려하여 스케줄링하여 단말, 빔 B_b^s , 무선자원 및 데이터를 할당한다. 이때, SBS는 상기 상향링크에서 MBS의 빔이 수신하는 간섭 $I_{UL}(B_k^1 \leftarrow B_b^s)$ 이 기준 값 I_{MC-SC} 보다 작은 SBS의 빔 그룹 즉, $B_{1-UL}^s\{B_k^1 | I_{MC-SC}\}$ 에 속한 빔 중에서 하나를 선택한다. 또한, MBS의 빔이 상기 단말에 주는 간섭을 고려하여 PF 스케줄링을 수행할 수 있으며, 이 경우, 예를 들어 상기 <수학식 15>와 <수학식 19>와 하기 <수학식 26>을 사용할 수 있다.

[0283] <수학식 26>

[0284]
$$r_m(t) = W \log_2 \left(1 + \frac{\beta \gamma_m^s(t)}{\sigma^2 + I_{UL}(B_{best}^s(m) \leftarrow B_k^1)} \right)$$

[0285] 1542단계에서 $BS^s BS^s$ 는 상기 하향링크 및 상향링크 통신을 위한 무선접속 자원영역 R_{10^*1} 의 비협력 무선자원영역, 예를 들어 $M_{10^*1+J(1)-2}$ 에서 스케줄링하여 단말, 빔, 무선자원 및 데이터를 할당한다. 이때, MBS의 빔의 사이드 로브(side-lobe)에 의한 평균적인 간섭 크기를 측정하거나, 안테나 빔 패턴 모델을 통해 알고 있을 경우 혹은 다른 실험이나 측정으로 구한 간섭값이 있을 경우, 상기 간섭값을 상기 단말에 고려하여 스케줄링을 수행할 수 있다. 예를 들어, 상기 간섭값을 I_1 로 표시할 경우, <수학식 15>와 <수학식 19>와 하기 <수학식 27>을 이용할 수 있다.

[0286] <수학식 27>

[0287]
$$r_m(t) = W \log_2 \left(1 + \frac{\beta \gamma_m^s(t)}{\sigma^2 + I_1} \right)$$

[0288] 마지막으로, 1543단계에서 상기 SBS는 상기 하향링크 및 상향링크 통신을 위한 무선접속 자원영역 R_{10^*1} 의 SBS 전용 무선자원영역, 예를 들어 $M_{10^*1+J(1)}$ 에서 스케줄링하여 단말, 빔, 무선자원 및 데이터를 할당한다. 이때, MBS에 의한 간섭은 없다고 가정하고, 상기 단말들에 대한 스케줄링을 수행할 수 있다. 예를 들어, 상기 <수학식 15>와 <수학식 19>와 <수학식 20>를 사용한 PF 스케줄링 알고리즘을 사용할 수 있다.

[0289] 상기한 바와 같은 본 개시는, 빔 포밍 안테나를 사용하여 신호를 송수신하는 복수의 기지국들이 제공하는 협력 통신의 성능은 최적화하면서 상기 협력통신을 위해서 기지국들 간에 공유해야 하는 정보의 양을 최소화할 수 있다. 구체적으로, 본 개시의 실시 예에서는, 분산된 협력통신을 위해서 기지국의 빔별 간섭값을 결정하고, 빔별 간섭값을 인접 기지국과 공유하므로, 협력통신을 위해 공유하는 정보의 양이 크게 줄어든다. 그리고, 본 개시의 실시 예에 따른 기지국의 빔별 간섭값은, 기본적으로 시간에 따라 변하지 않는 고정된 값이므로, 실시간으로 또는 수시로 인접 기지국들에게 전달될 필요가 없고, 미리 결정된 주기 혹은 필요에 따라 전달하면 된다. 또한, 본 개시의 실시 예에서는 상향링크에서 인접 기지국들로부터 발생하는 간섭값을 기지국이 직접 측정하지 않고, 하향링크에서 측정한 간섭값을 상향링크 간섭값으로 전환하여 상향링크의 협력통신에 사용한다. 그 결과 상향링크 간섭을 측정하기 위한 상향링크 무선자원의 낭비를 없애고, 상향링크 통신 효율을 높일 수 있다. 또한, 상기 기지국의 빔별 간섭값은 기지국의 빔 폭이 좁아질 수록 간섭 측정 정밀도 또는 정확도가 개선되므로, 많은 좁은 빔을 사용하여 통신하는 미래 통신 환경에서 더 좋은 성능을 달성할 수 있다. 또한, 본 개시의 HN은 자신의 MBS와 SBS에게 간섭 기준 값 I_{RA-BH} 및 I_{BH-RA} 을 알려 주어, 이들로부터 수신되는 간섭의 크기를 조절할 수 있다. 또한, 본 개시의 MBS 역시, 인접 기지국에게 간섭 기준 값 I_{SC-MC} 및 I_{MC-SC} 을 알려주어서 상기 인접 셀이 자신에게 미치는 간섭의 크기를 조절할 수 있다.

[0291] 본 개시의 실시 예에서는, 하향링크 및 상향링크에서 기지국의 빔별 간섭 정보를 모든 기지국들이 서로 공유하고, 하향링크에서의 통신 및 상향링크에서의 협력통신을 모두 지원할 수 있다.

[0292] 본 개시의 실시 예에 따른 SBS는 전송 지연을 고려한 분산 협력통신을 통해서 데이터를 무선백홀로 전달할 수 있다.

[0293] 본 개시의 실시 예에 따른 서빙 기지국 혹은 MBS가 하향링크 및 상향링크 통신 시, 인접 기지국과의 협력통신을 지원하기 위해서, 2단계의 스케줄링을 수행한다. 상기한 2단계의 스케줄링을 통해서, 서빙 기지국 혹은 MBS는 협력통신을 위한 스케줄링과, 빔 전환 동작을 서로 독립적으로 구현하고 동작할 수 있다. 또한, 2단계의 스케줄링을 통해서 고속 이동 중인 단말에 대해서도 협력통신의 성능을 보장할 수 있다. 또한, 기지국의 빔 전환 동작이 협력 스케줄링에 영향을 받지 않으므로 기지국의 빔 전환 장치 구현 및 검증이 간단한 장점이 있다. 이러한 특성은 빔 포밍 통신 시스템의 구현 및 시험 시간과 노력을 단축하는데 크게 기여할 수 있다. 본 개시의 실시 예에 따른 2단계의 스케줄링은 MBS 혹은 SBS가 MBS 혹은 SBS들의 수평적 협력통신에 적용할 수 있고, 계층 셀 환경에서 MBS 및 SBS의 협력통신에 적용할 수도 있다.

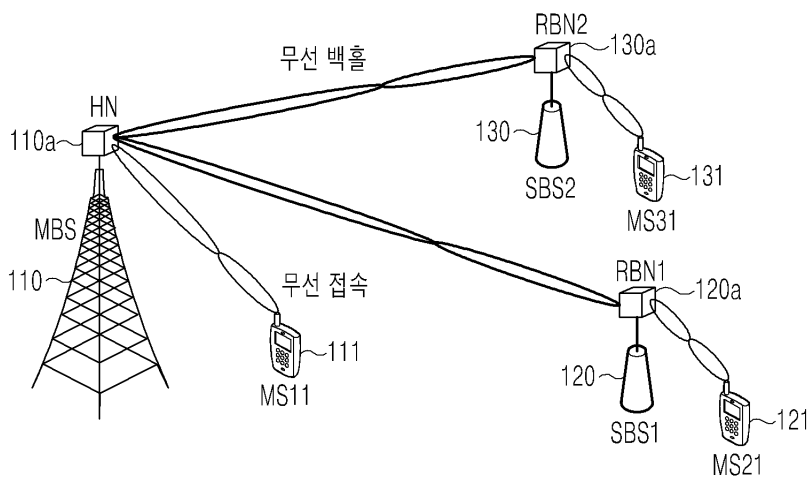
[0294] 또한, 본 개시의 실시 예에서는, 무선백홀이 하향링크 및 상향링크 통신을 할 때 MBS 및 SBS와의 협력통신을 제공하기 위해 2 단계의 스케줄링을 수행한다. 즉, HN은 첫 번째 단계의 스케줄링을 통하여 자신이 미래에 사용할 무선백홀 자원과 빔을 할당하고, 이를 협력정보로서 MBS에게 전달한다. 그러면, MBS는 상기 HN의 협력정보를 기반으로, 무선백홀에 협력하는 무선자원과 빔을 할당하고, 이 정보를 협력정보로서 상기 HN에게 전달한다. 그러면, 본 개시의 실시 예에 따른 HN은 두 번째 단계의 스케줄링을 수행하여 자신과, MBS의 협력정보를 SBS의 데이터와 함께 SBS에게 전달함으로써, SBS는 상기 협력정보를 기반으로, 단말과의 무선접속을 위한 협력 스케줄링을 수행할 수 있다. 그러므로, 본 개시의 실시 예에서는 무선백홀이 MBS 및 SBS가 이동통신 시스템이 사용하는 주파수에서 통신할 때 간섭의 영향을 최소화하고, 통신 성능을 최대화할 수 있다.

[0295] 그리고, 본 개시의 실시 예에서는 단말이 수신하는 인접 기지국의 간섭값이 작아서 협력통신이 필요하지 않다고 판단할 수 있으며, 이 경우 비협력 무선자원을 사용하여 셀들이 협력하지 않고 통신할 수도 있다. 또한, 인접 셀 기지국에 의한 간섭이 커서 협력통신이 필요하지만 트래픽 종류에 따라 또는 단말의 고속 이동에 의해 분산 협력을 적용하기가 불가능하다고 판단할 수도 있으며, 이 경우 전용무선자원을 할당하고 협력을 하지 않고 통신하는 수단도 지원한다.

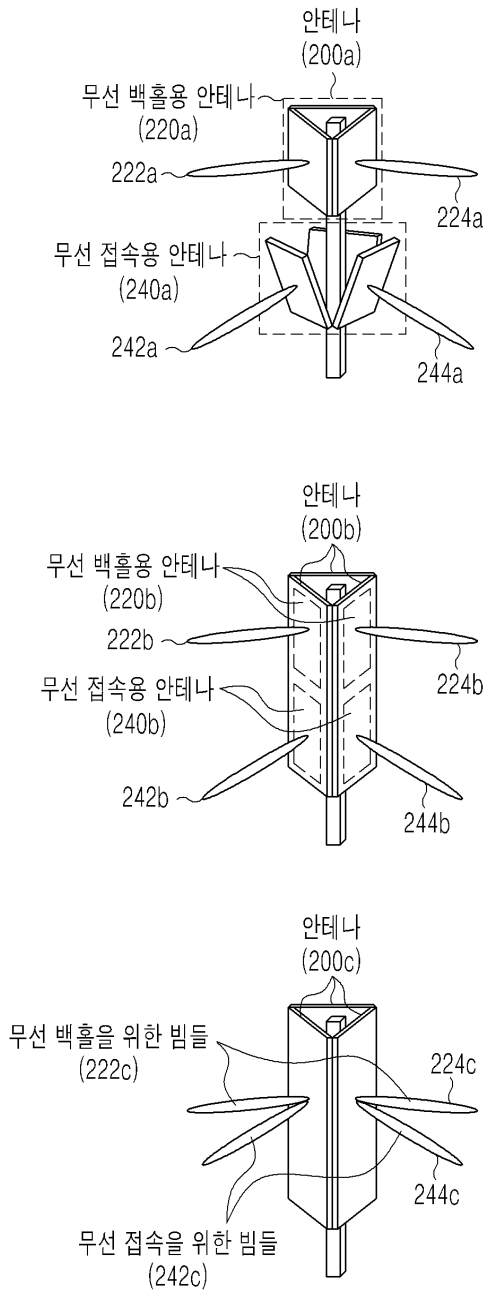
[0296] 한편 본 개시의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 개시의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 개시의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허 청구의 범위뿐만 아니라 이 특허 청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

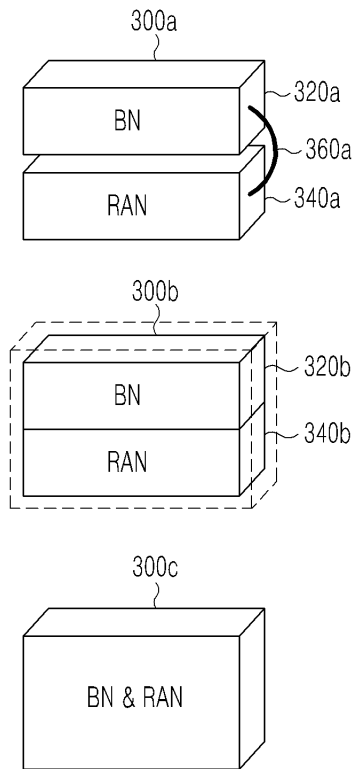
도면1



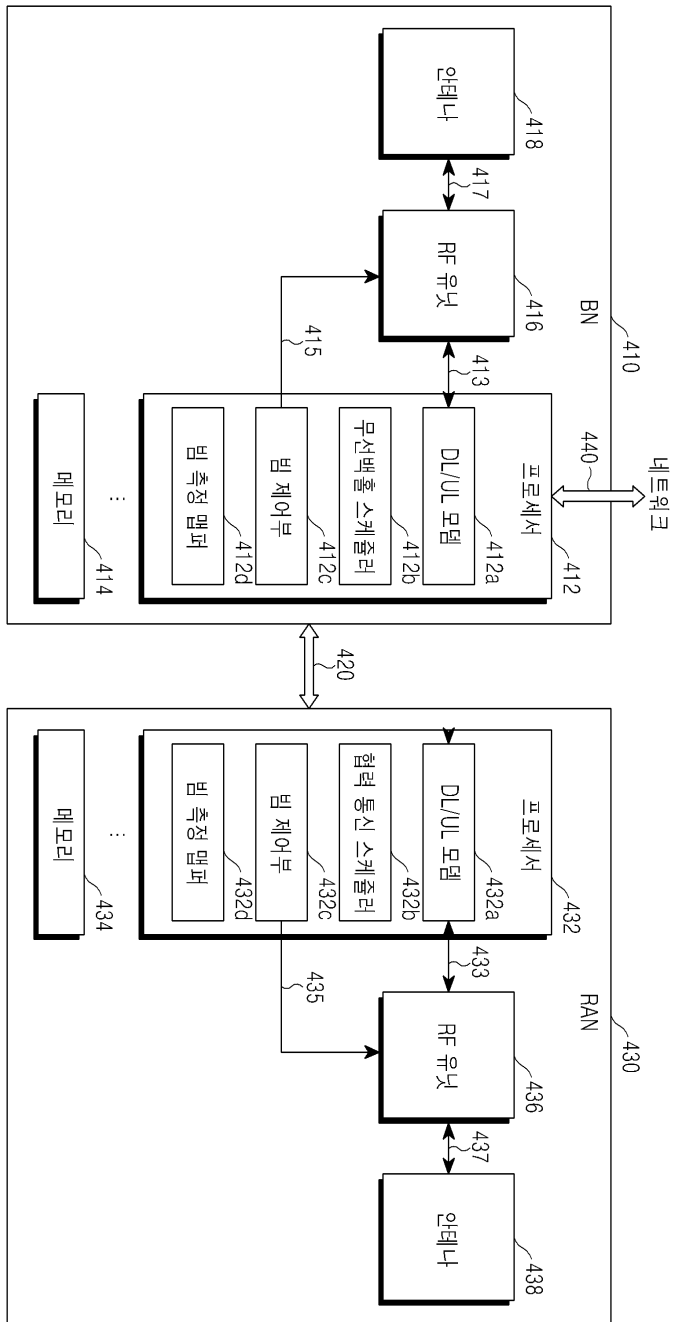
도면2



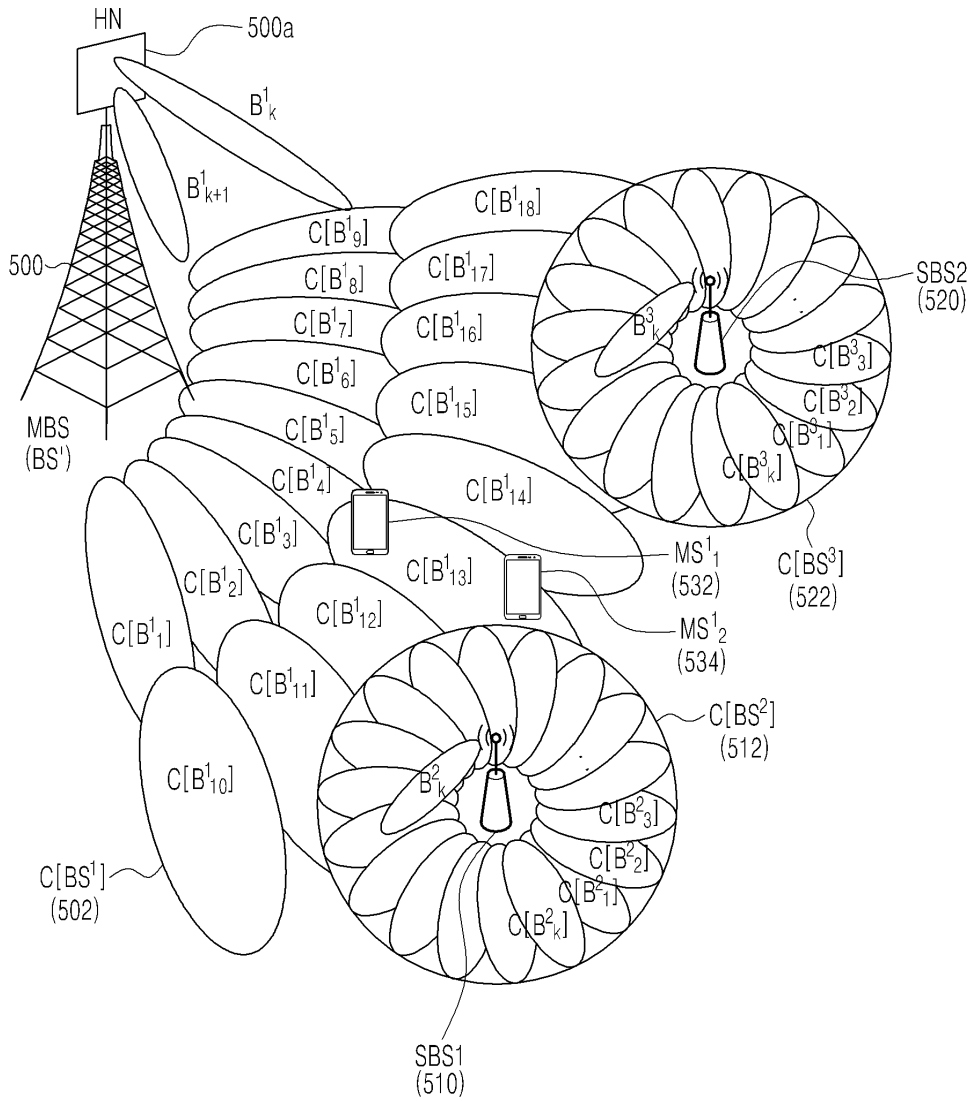
도면3



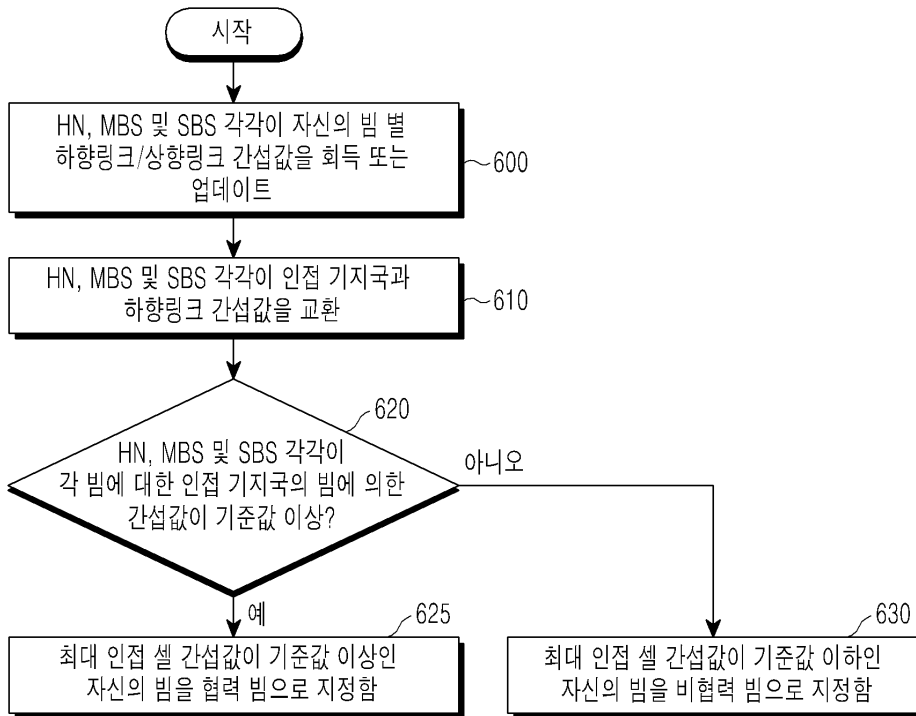
도면4



도면5



도면6a

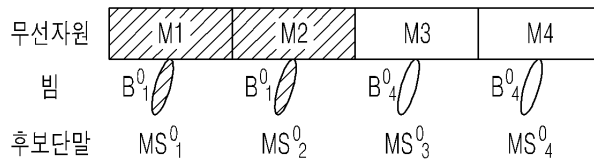


도면6b



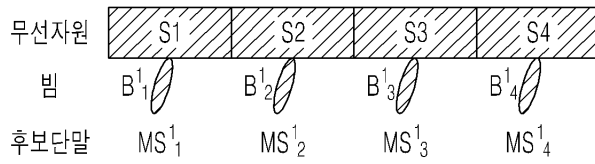
도면7a

MBS의 1 단계 스케줄링:



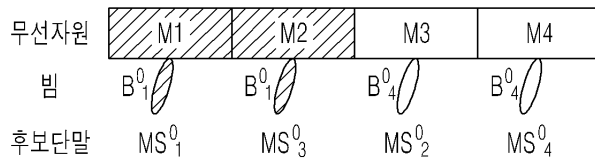
도면7b

SBS 협력 스케줄링:

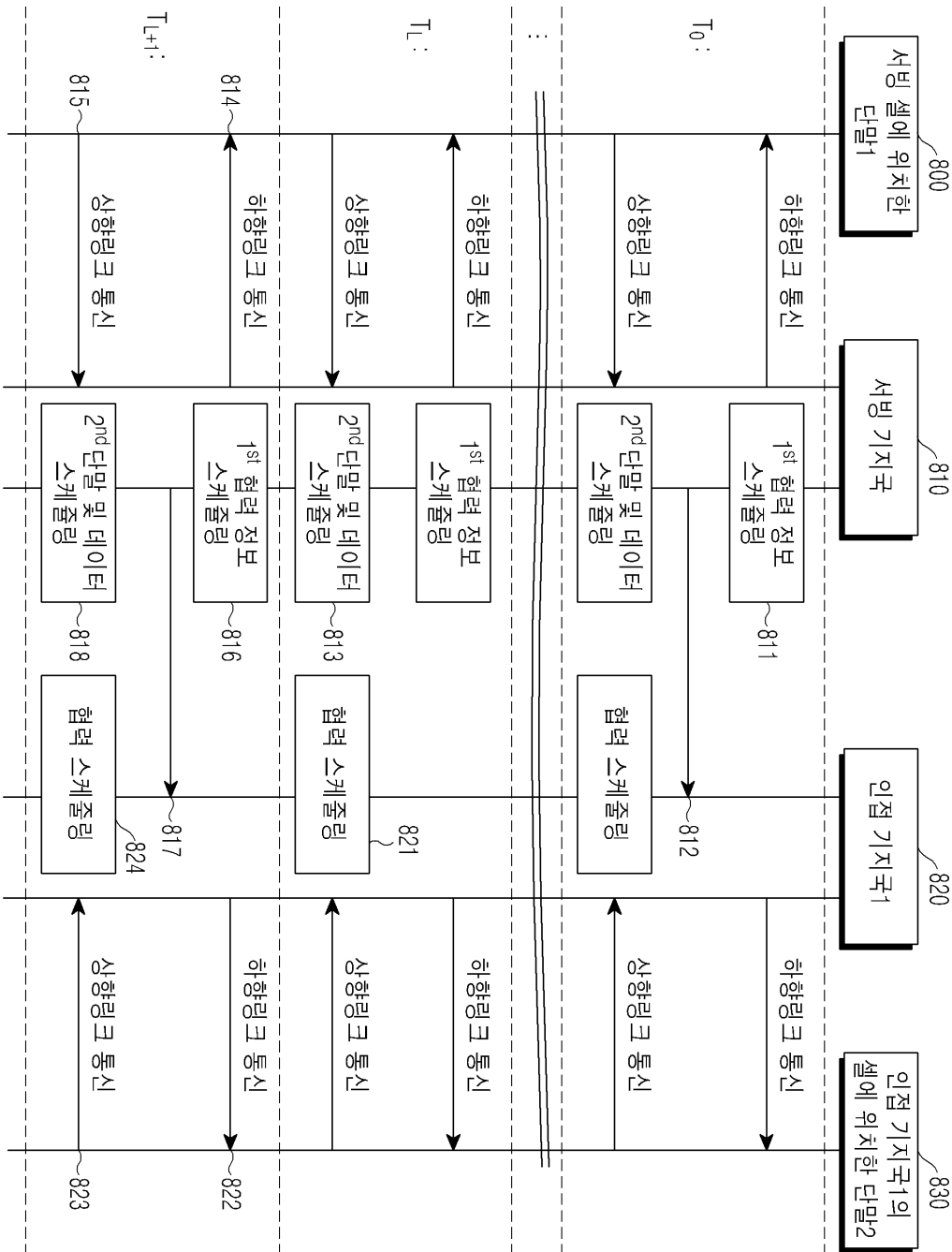


도면7c

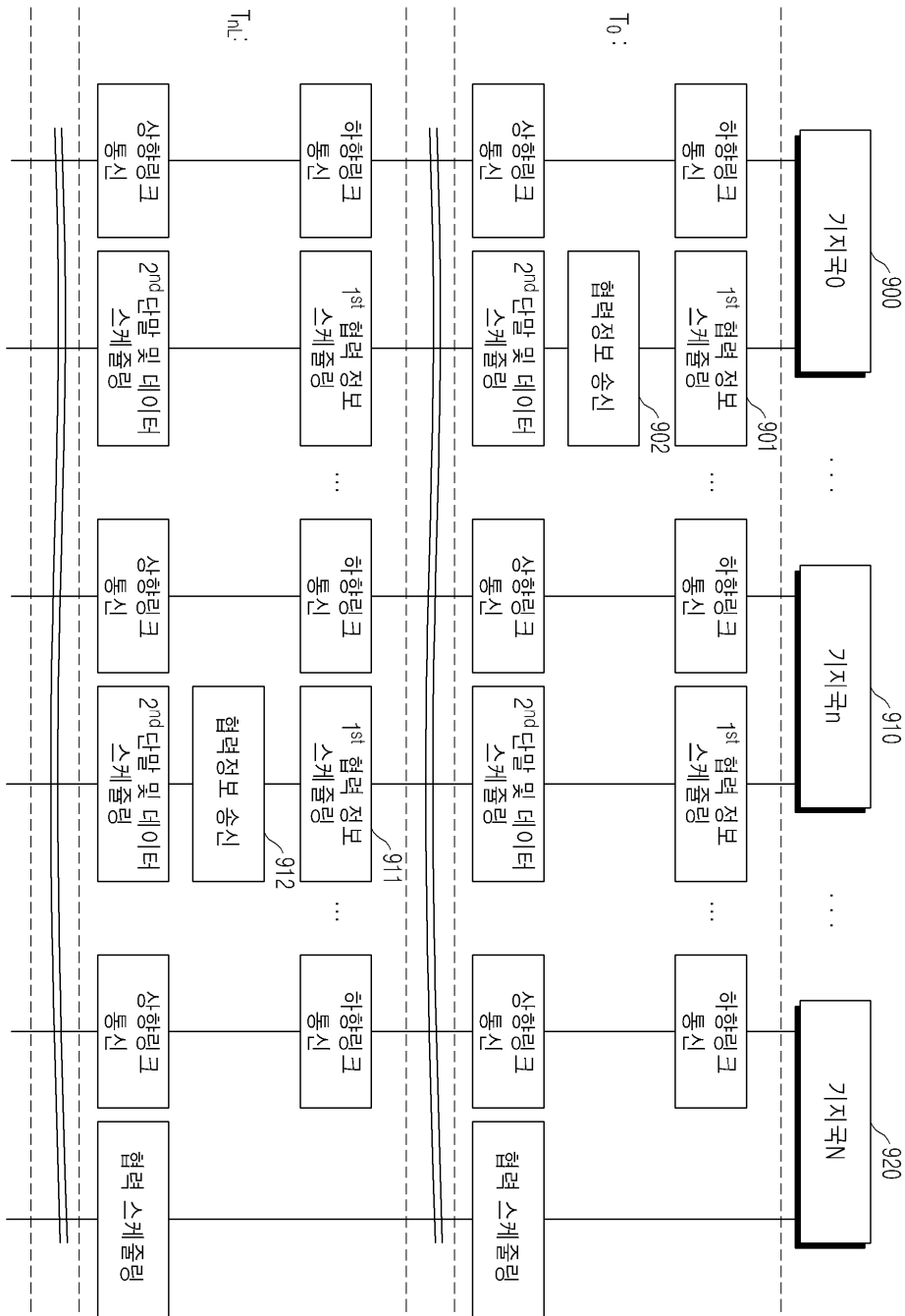
MBS의 2 단계 스케줄링:



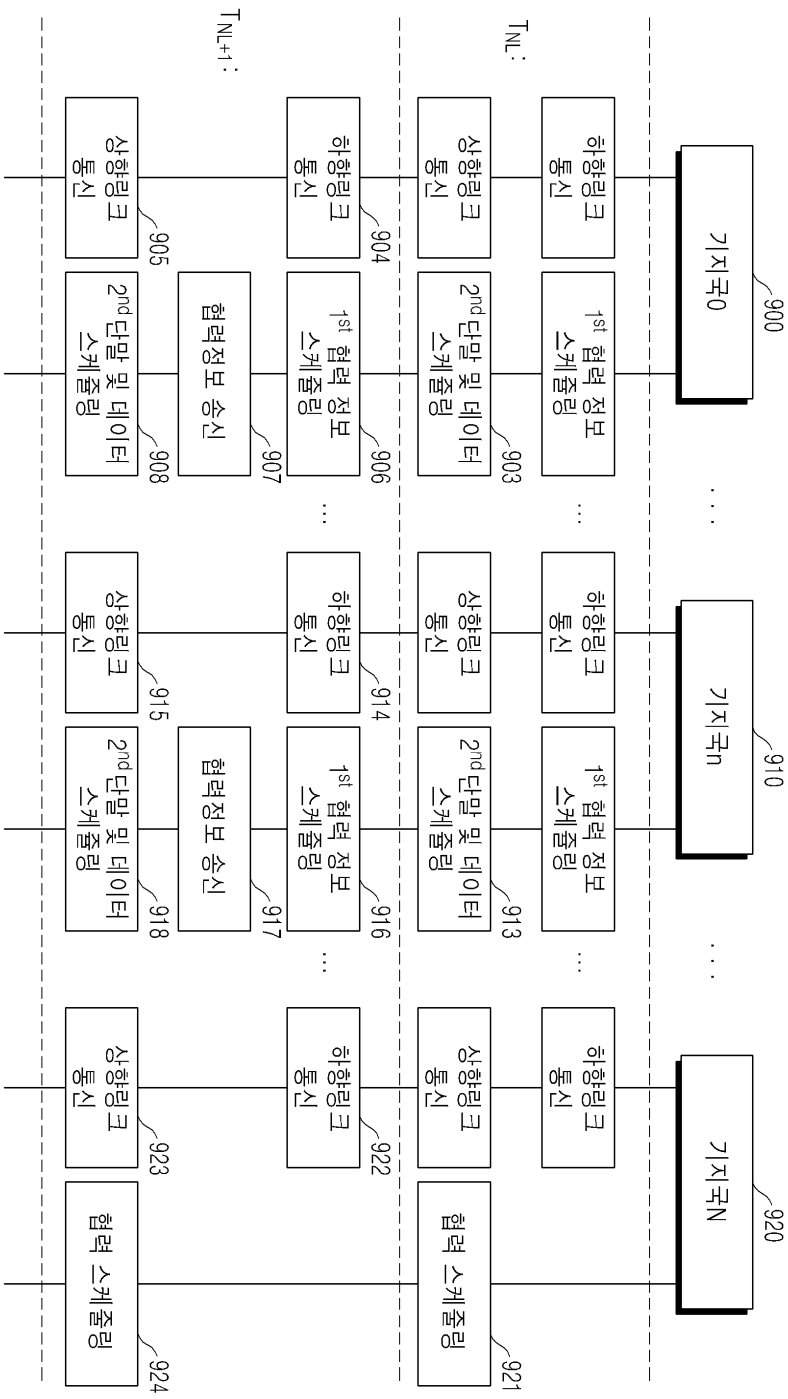
도면8



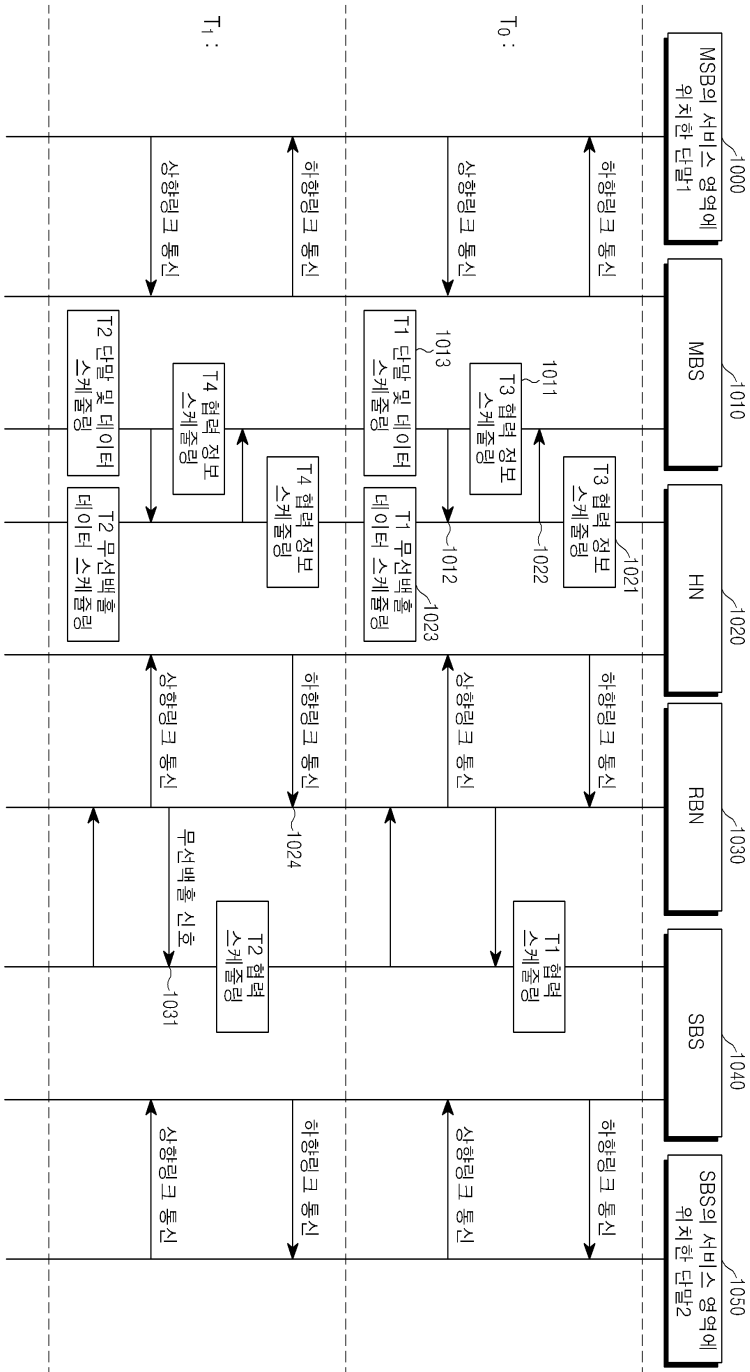
도면9a



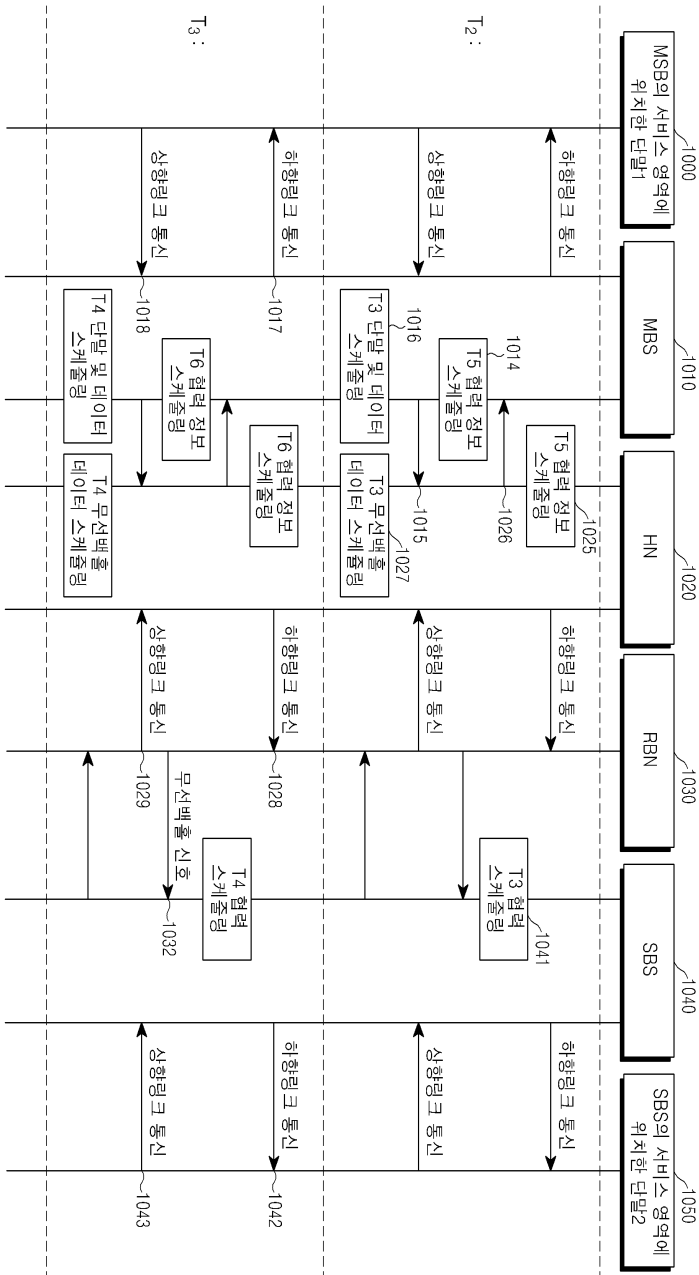
도면9b



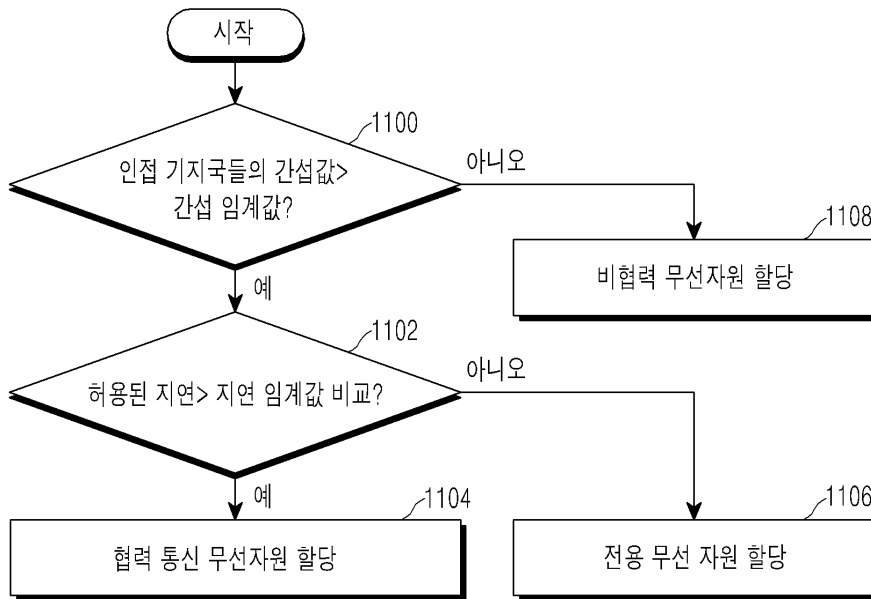
도면10a



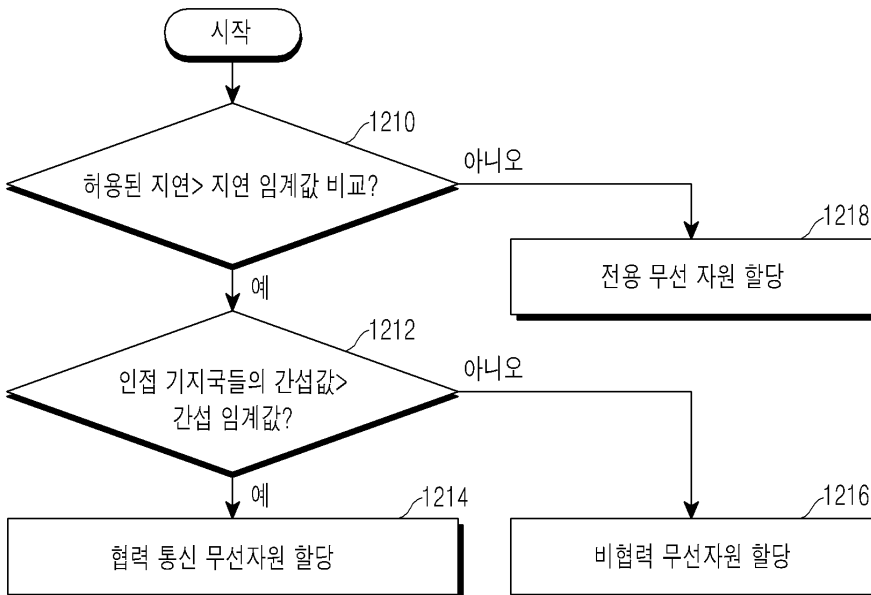
도면10b



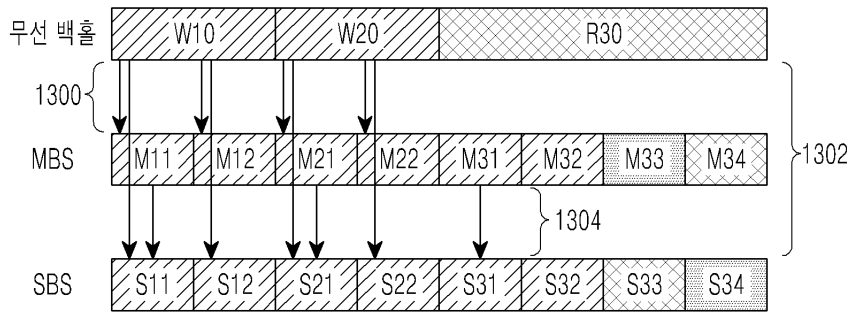
도면11



도면12



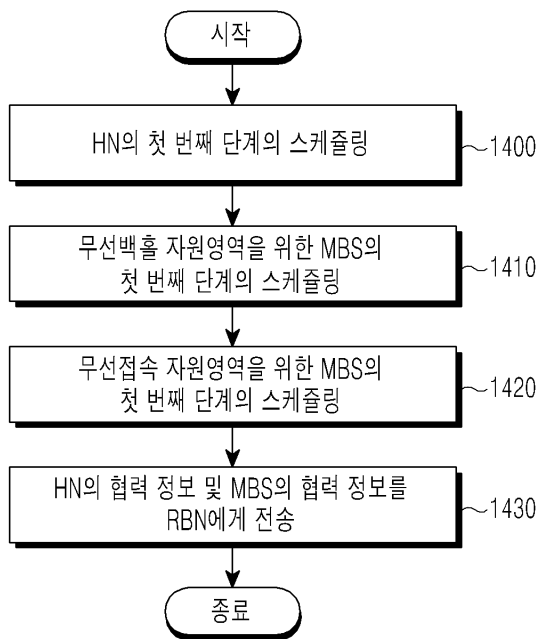
도면13



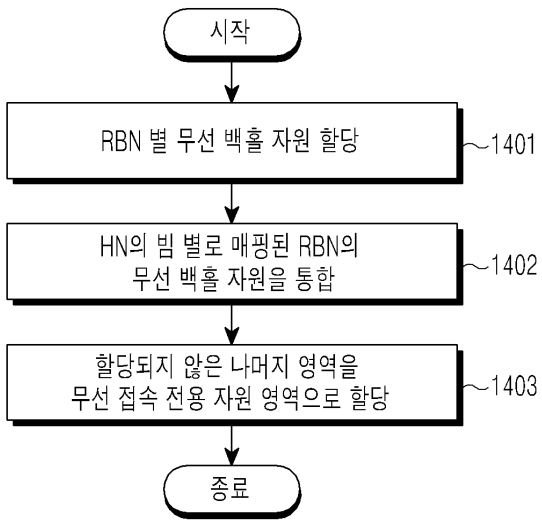
1300 : HN의 협력 정보

1302 : MBS의 협력 정보 + HN의 협력 정보

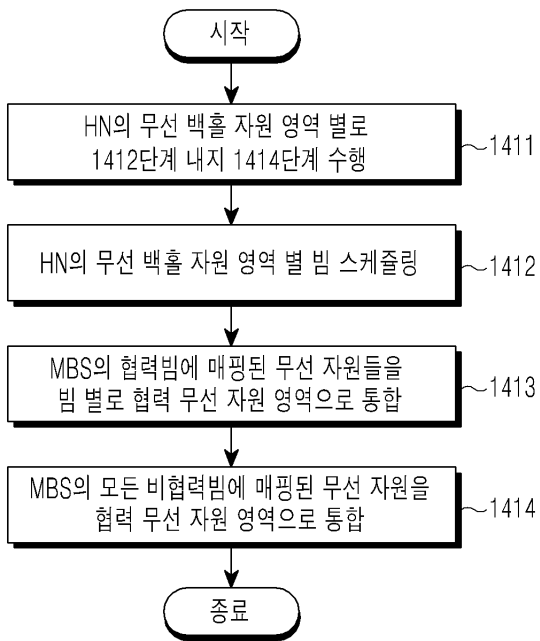
도면14a



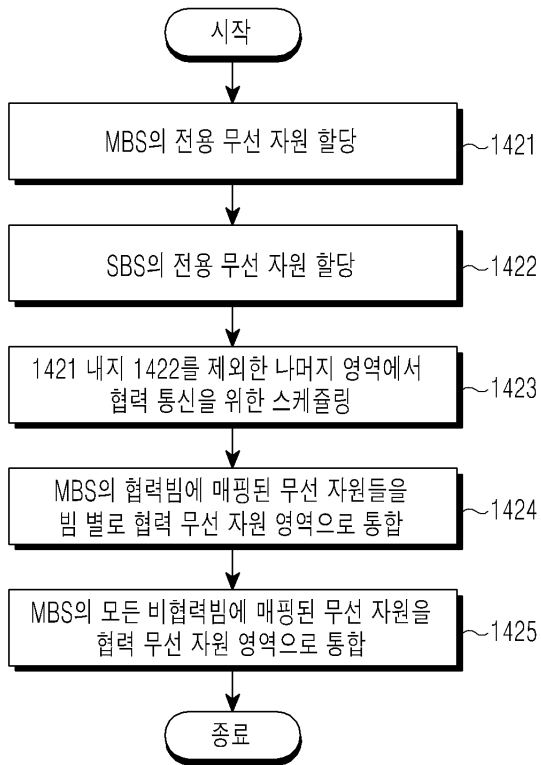
도면14b



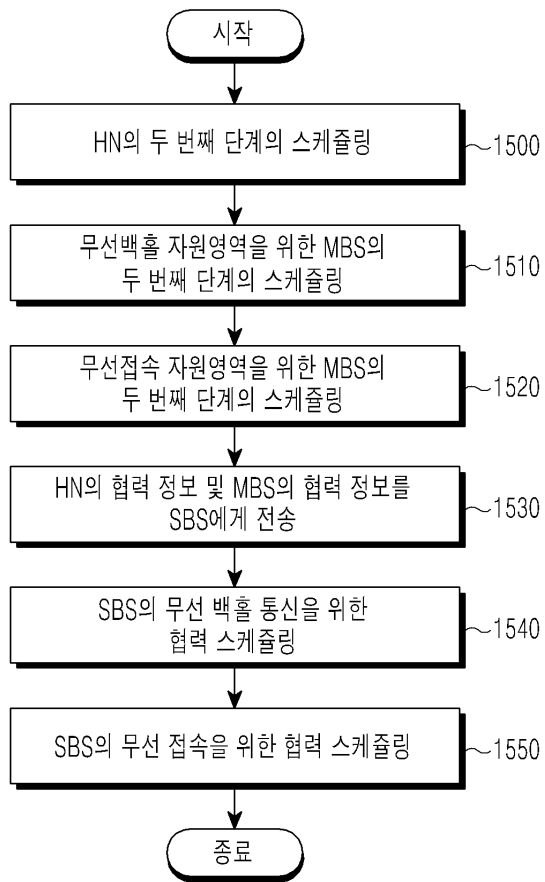
도면14c



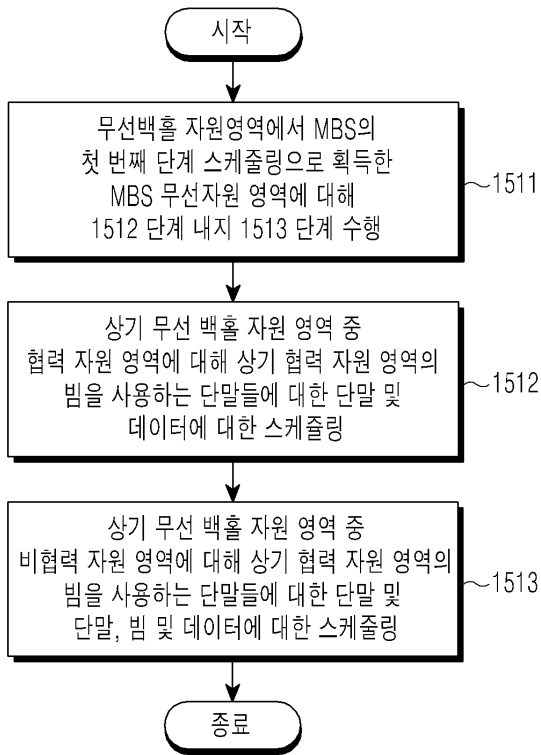
도면14d



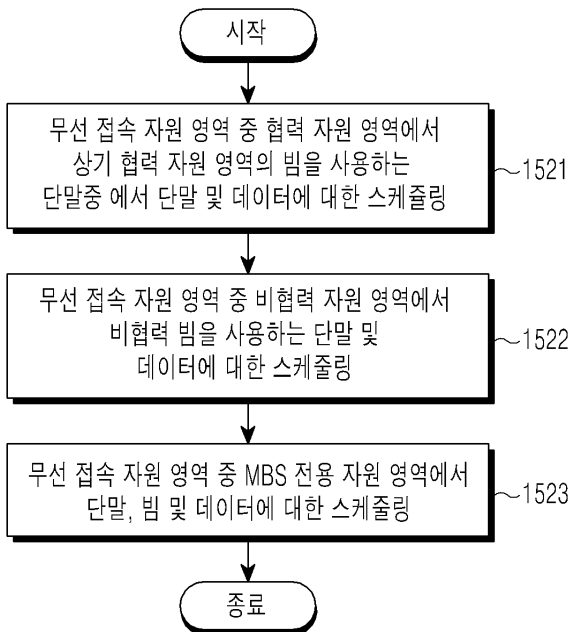
도면15a



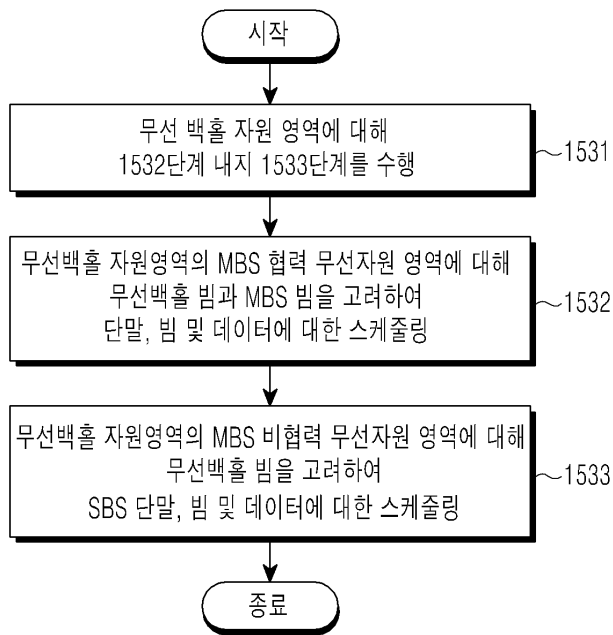
도면15b



도면15c



도면15d



도면15e

