(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0127609
(43) 공개일자 2018년11월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/06 (2017.01) *H04B 7/024* (2017.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/0617 (2013.01)
H04B 7/024 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0062546
(22) 출원일자 2017년05월19일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국전자통신연구원
대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김승현
대전광역시 유성구 대학로 53, 914호 (봉명동,솔리안)
김유진
인천광역시 부평구 충선로 50-1, 2층 (부개동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
팬코리아특허법인

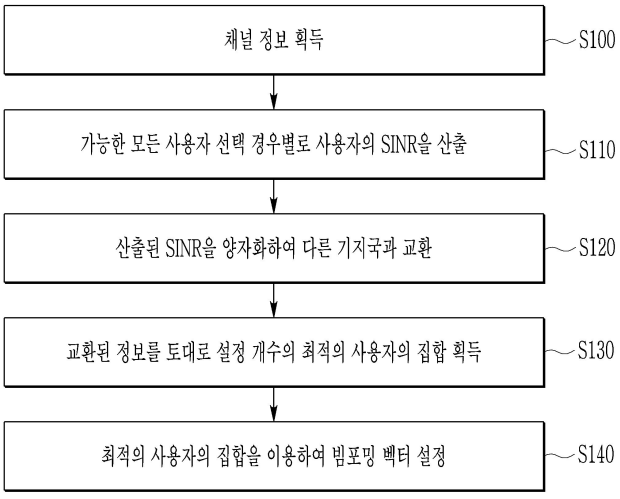
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **정보 교환을 토대로 한 하향링크 간섭 제어 방법 및 장치**

(57) 요 약

정보 교환을 토대로 한 하향링크 간섭 제어 방법 및 장치가 제공된다. 기지국은, 사용자 선택 경우별로 복수의 셀에 포함되는 사용자들 중 제1 설정 개수의 사용자를 선택하고, 상기 선택된 사용자들에 대한 정보를 설정 비트로 양자화하여 다른 기지국들과 교환하며, 상기 사용자 선택 경우별로 선택된 사용자들에 대하여 교환된 정보를 토대로, 상기 제1 설정 개수의 최적의 사용자의 집합을 획득하고, 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되는 사용자에 대한 간섭이 최소화 되도록 빔포밍 벡터를 설정한다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
H04B 7/0626 (2013.01)
(72) 발명자
양현종
울산광역시 울주군 범서읍 대리로 15-17, 707동 1002호 (우미린2차아파트)
좌혜경
대전광역시 유성구 가정로 63 106동 703호 (신성동,럭키하나아파트)
나지현
대전광역시 유성구 어은로 57 133동 1505호 (어은동,한빛아파트)
김영진
대전광역시 유성구 왕가봉로 23, 1103동 703호 (노은동, 열매마을11단지)
정현규
서울특별시 서초구 효령로 391, 1동 703호 (서초동, 무지개아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 R0101-16-0244
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터(IITP)
연구사업명 방송통신산업기술개발사업
연구과제명 (대형통합) 초연결 스마트 서비스를 위한 5G 이동통신 핵심 기술 개발
기 여 율 1/1
주관기관 한국전자통신연구원
연구기간 2014.03.01~2018.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

기지국의 하향링크의 간섭 제어 방법으로서,

상기 기지국이, 사용자 선택 경우별로 복수의 셀에 포함되는 사용자들 중 제1 설정 개수의 사용자를 선택하는 단계;

상기 기지국이 상기 선택된 사용자들에 대한 정보를 설정 비트로 양자화하여 다른 기지국들과 교환하는 단계;

상기 기지국이 상기 사용자 선택 경우별로 선택된 사용자들에 대하여 교환된 정보를 토대로, 상기 제1 설정 개수의 최적의 사용자의 집합을 획득하는 단계; 및

상기 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되는 사용자에 대한 간섭이 최소화 되도록 빔포밍 벡터를 설정하는 단계

를 포함하는, 간섭 제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 교환하는 단계에서, 상기 기지국이 상기 다른 기지국들과 교환해야 하는 정보의 개수가 제2 설정 개수로 제한되는, 간섭 제어 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제2 설정 개수(M)는 $M < {}_{N_C-1}\mathrm{C}_{N_T-2}$ 의 조건을 만족하며, 상기 Nc는 상기 복수의 셀들의 개수를 나타내고, 상기 N_T는 상기 기지국의 안테나의 개수를 나타내며, N_T는 Nc보다 작은, 간섭 제어 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 최적의 사용자의 집합을 획득하는 단계에서,

상기 기지국은 상기 사용자 선택 경우별로 선택된 사용자들에 대하여 교환된 정보를 토대로 산출된 총 데이터 전송량들 중에서, 최대의 총 데이터 전송량을 가지는 사용자 선택 경우에 해당하는 제1 설정 개수의 사용자들을 최적의 사용자의 집합으로 선택하는, 간섭 제어 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 교환하는 단계에서,

상기 기지국은 상기 선택된 사용자들에 대한 SINR(Signal-to-interference-plus-noise ratio)을 상기 다른 기지국들과 교환하는, 간섭 제어 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 최적의 사용자의 집합을 획득하는 단계는,

상기 기지국이 상기 선택된 사용자들에 대한 SINR을 상기 다른 기지국들과 교환하는 단계;

상기 기지국이 상기 사용자들에 대한 SINR을 토대로 사용자별 데이터 전송량을 산출하는 단계;

상기 기지국이 상기 사용자 선택 경우별로 상기 산출된 사용자의 데이터 전송량을 토대로 총 데이터 전송량을 산출하는 단계; 및

상기 기지국은 상기 사용자 선택 경우별로 산출된 총 데이터 전송량들 중에서, 최대의 총 데이터 전송량을 가지는 사용자 선택 경우에 해당하는 제1 설정 개수의 사용자들을 최적의 사용자의 집합으로 선택하는 단계

를 포함하는, 간섭 제어 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 최적의 사용자의 집합을 획득하는 단계에서,

상기 기지국은 상기 사용자 선택 경우별로 선택된 사용자들에 대하여 교환된 정보를 토대로, 무작위로 제1 설정 개수의 사용자들을 최적의 사용자의 집합으로 선택하는, 간섭 제어 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1 설정 개수는 N_T-1이며, N_T는 상기 기지국의 안테나의 개수를 나타내는, 간섭 제어 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 빔포밍 벡터를 설정하는 단계는,

상기 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되는 사용자에 대하여, 제1 방식에 따라 빔포밍 벡터를 설정하는 단계; 및

상기 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되지 않는 사용자에 대하여, 제2 방식에 따라 빔포밍 벡터를 설정하는 단계

를 포함하는, 간섭 제어 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제1 방식과 상기 제2 방식은 서로 다른, 간섭 제어 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 빔포밍 벡터를 설정하는 단계는,

상기 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되는 사용자에 대한 간섭이 0이 되도록 빔포밍 벡터를 설정하는, 간섭 제어 방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

기지국들 사이에 제한된 전송률과 제한된 지연성능을 가지는 백홀(backhaul)이 존재하는, 간섭 제어 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

각 기지국은 자신으로부터 나가는 채널 정보나 자신으로 들어오는 채널 정보만을 아는, 간섭 제어 방법.

청구항 14

하향링크의 간섭 제어 장치에서,

안테나를 통하여 신호를 송수신하도록 구성되는 송수신부, 그리고

상기 송수신부와 연결되고, 간섭 제어를 위한 빔포밍을 설정하도록 구성되는 프로세서를 포함하며,

상기 프로세서는,

사용자 선택 경우별로 복수의 셀에 포함되는 사용자들 중 제1 설정 개수의 사용자를 선택하고, 상기 선택된 사용자들에 대한 정보를 설정 비트로 양자화하여 상기 송수신부를 통해 다른 기지국들과 교환하며, 상기 사용자 선택 경우별로 선택된 사용자들에 대하여 교환된 정보를 토대로, 상기 제1 설정 개수의 최적의 사용자의 집합을 획득하고, 상기 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되는 사용자에 대한 간섭이 최소화 되도록 빔포밍 벡터를 설정하도록 구성되며,

상기 다른 기지국들과 교환해야 하는 정보의 개수가 제2 설정 개수로 제한되는, 간섭 제어 장치.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 제1 설정 개수는 N_T-1이며, 상기 제2 설정 개수(M)는 $M < {}_{N_C-1}\mathrm{C}_{N_T-2}$ 의 조건을 만족하며, 상기 Nc는 상기 복수의 셀들의 개수를 나타내고, 상기 N_T는 상기 기지국의 안테나의 개수를 나타내며, N_T는 Nc보다 작은, 간섭 제어 장치.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 사용자 선택 경우별로 선택된 사용자들에 대하여 교환된 정보를 토대로 산출된 총 데이터 전송량들 중에서, 최대의 총 데이터 전송량을 가지는 사용자 선택 경우에 해당하는 제1 설정 개수의 사용자들을 최적의 사용자의 집합으로 선택하도록 구성되는, 간섭 제어 장치.

청구항 17

제14항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 선택된 사용자들에 대한 SINR(Signal-to-interference-plus-noise ratio)을 상기 다른 기지국들과 교환하고, 상기 사용자들에 대한 SINR을 토대로 사용자별 데이터 전송량을 산출하며, 상기 기지국이 상기 사용자 선택 경우별로 상기 산출된 사용자의 데이터 전송량을 토대로 총 데이터 전송량을 산출하고, 상기 사용자 선택 경우별로 산출된 총 데이터 전송량들 중에서, 최대의 총 데이터 전송량을 가지는 사용자 선택 경우에 해당하는 제1 설정 개수의 사용자들을 최적의 사용자의 집합으로 선택하도록 구성되는, 간섭 제어 장치.

청구항 18

제14항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 사용자 선택 경우별로 선택된 사용자들에 대하여 교환된 정보를 토대로, 무작위로 제1 설정 개수의 사용자들을 최적의 사용자의 집합으로 선택하도록 구성되는, 간섭 제어 장치.

청구항 19

제14항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되는 사용자에 대하여, 제1 방식에 따라 빔포밍 벡

터를 설정하고, 상기 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되지 않는 사용자에 대하여, 제2 방식에 따라 빔포밍 벡터를 설정하도록 구성되며, 상기 제1 방식과 상기 제2 방식은 서로 다른, 간섭 제어 장치.

청구항 20

제14항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되는 사용자에 대한 간섭이 0이 되도록 빔포밍 벡터를 설정하도록 구성되는, 간섭 제어 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 하향 링크 간섭 제어에 관한 것으로, 더욱 상세하게 말하자면, 정보 교환을 토대로 한 하향 링크 간섭 제어 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 다중 안테나 기법은 차세대 이동통신의 전송률을 증대시키는데 필요한 핵심 기술이다. 다중 안테나 기술은 빔포밍(beamforming) 기술을 이용하여 전송률을 증대하거나, 간섭을 줄이는 핵심 기술이다.

[0003] 통상 기지국 간에는 제한된 전송률과 제한된 지연 성능을 가지는 백홀이 존재하고, 기지국간 주고받을 수 있는 정보량은 매우 제한적이다. 기지국 사이에 제한 없는 정보 교환이 가능하다면, 모든 통신 노드가 모든 채널 정보(예: CSI(channel state information))를 안다고 가정하고(이를 글로벌(global) CSI라고도 함), 최적의 빔포밍 기법을 찾는 기술이 존재한다. 하지만, 이러한 글로벌 CSI의 가정은 옆 셀의 기지국과 옆 셀의 사용자 단말의 채널까지도 모든 기지국이 알아야 한다는 가정을 포함하기 때문에, 현실적으로 사용되기 어렵다.

[0004] 다른 기지국들의 채널 정보를 알지 못한다는 가정(이를 로컬(local) CSI라고도 함)에서, 제한된 정보를 교환하여 편중된 간섭을 최소화하는 기법의 경우, 글로벌 CSI를 사용하는 기법에 비해 성능이 저조하며, SNR(Signal-plus-noise ratio)이 커질수록 성능 이득은 점점 더 떨어지는 문제점이 있다.

[0005] 로컬 CSI 가정에서 수신자와 송신자 사이에서 반복적으로 빔포밍을 디자인하는 기법의 경우, 교환해야 하는 정보의 양이 많고, 반복 횟수가 증가할수록 교환하는 정보의 양이 비례하여 증가하는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 기지국간 제한된 정보 교환을 토대로 최적의 빔포밍을 수행하여 간섭을 제어하는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 특징에 따른 방법은, 기지국의 하향링크의 간섭 제어 방법으로서, 상기 기지국이, 사용자 선택 경우별로 복수의 셀에 포함되는 사용자들 중 제1 설정 개수의 사용자를 선택하는 단계; 상기 기지국이 상기 선택된 사용자들에 대한 정보를 설정 비트로 양자화하여 다른 기지국들과 교환하는 단계; 상기 기지국이 상기 사용자 선택 경우별로 선택된 사용자들에 대하여 교환된 정보를 토대로, 상기 제1 설정 개수의 최적의 사용자의 집합을 획득하는 단계; 및 상기 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되는 사용자에 대한 간섭이 최소화 되도록 빔포밍 벡터를 설정하는 단계를 포함한다.

[0008] 상기 교환하는 단계에서, 상기 기지국이 상기 다른 기지국들과 교환해야 하는 정보의 개수가 제2 설정 개수로 제한될 수 있다.

[0009] 상기 제2 설정 개수(M)는 $M < {}_{N_C-1}C_{N_T-2}$ 의 조건을 만족할 수 있으며, 상기 Nc는 상기 복수의 셀들

의 개수를 나타내고, 상기 N_T는 상기 기지국의 안테나의 개수를 나타내며, N_T는 Nc보다 작다.

[0010] 상기 최적의 사용자의 집합을 획득하는 단계에서, 상기 기지국은 상기 사용자 선택 경우별로 선택된 사용자들에 대하여 교환된 정보를 토대로 산출된 총 데이터 전송량들 중에서, 최대의 총 데이터 전송량을 가지는 사용자 선택 경우에 해당하는 제1 설정 개수의 사용자들을 최적의 사용자의 집합으로 선택할 수 있다.

[0011] 상기 교환하는 단계에서, 상기 기지국은 상기 선택된 사용자들에 대한 SINR(Signal-to-interference-plus-noise ratio)을 상기 다른 기지국들과 교환할 수 있다.

[0012] 이 경우, 상기 최적의 사용자의 집합을 획득하는 단계는, 상기 기지국이 상기 선택된 사용자들에 대한 SINR을 상기 다른 기지국들과 교환하는 단계; 상기 기지국이 상기 사용자들에 대한 SINR을 토대로 사용자별 데이터 전송량을 산출하는 단계; 상기 기지국이 상기 사용자 선택 경우별로 상기 산출된 사용자의 데이터 전송량을 토대로 총 데이터 전송량을 산출하는 단계; 및 상기 기지국은 상기 사용자 선택 경우별로 산출된 총 데이터 전송량들 중에서, 최대의 총 데이터 전송량을 가지는 사용자 선택 경우에 해당하는 제1 설정 개수의 사용자들을 최적의 사용자의 집합으로 선택하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 최적의 사용자의 집합을 획득하는 단계에서, 상기 기지국은 상기 사용자 선택 경우별로 선택된 사용자들에 대하여 교환된 정보를 토대로, 무작위로 제1 설정 개수의 사용자들을 최적의 사용자의 집합으로 선택할 수 있다.

[0014] 한편, 상기 제1 설정 개수는 N_T-1일 수 있으며, N_T는 상기 기지국의 안테나의 개수를 나타낸다.

[0015] 상기 빔포밍 벡터를 설정하는 단계는, 상기 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되는 사용자에 대하여, 제1 방식에 따라 빔포밍 벡터를 설정하는 단계; 및 상기 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되지 않는 사용자에 대하여, 제2 방식에 따라 빔포밍 벡터를 설정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 상기 제1 방식과 상기 제2 방식은 서로 다를 수 있다.

[0017] 상기 빔포밍 벡터를 설정하는 단계는, 상기 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되는 사용자에 대한 간섭이 0이 되도록 빔포밍 벡터를 설정할 수 있다.

[0018] 기지국들 사이에 제한된 전송률과 제한된 지연성능을 가지는 백홀(backhaul)이 존재할 수 있다. 각 기지국은 자신으로부터 나가는 채널 정보나 자신으로 들어오는 채널 정보만을 알 수 있다.

[0019] 본 발명의 다른 특징에 따른 장치는, 하향링크의 간섭 제어 장치로서, 안테나를 통하여 신호를 송수신하도록 구성되는 송수신부, 그리고 상기 송수신부와 연결되고, 간섭 제어를 위한 빔포밍을 설정하도록 구성되는 프로세서를 포함하며, 상기 프로세서는, 사용자 선택 경우별로 복수의 셀에 포함되는 사용자들 중 제1 설정 개수의 사용자를 선택하고, 상기 선택된 사용자들에 대한 정보를 설정 비트로 양자화하여 상기 송수신부를 통해 다른 기지국들과 교환하며, 상기 사용자 선택 경우별로 선택된 사용자들에 대하여 교환된 정보를 토대로, 상기 제1 설정 개수의 최적의 사용자의 집합을 획득하고, 상기 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되는 사용자에 대한 간섭이 최소화 되도록 빔포밍 벡터를 설정하도록 구성되며, 상기 다른 기지국들과 교환해야 하는 정보의 개수가 제2 설정 개수로 제한된다.

[0020] 상기 제1 설정 개수는 N_T-1일 수 있으며, 상기 제2 설정 개수(M)는 $M < {}_{N_C-1}C_{N_T-2}$ 의 조건을 만족할 수 있으며, 상기 Nc는 상기 복수의 셀들의 개수를 나타내고, 상기 N_T는 상기 기지국의 안테나의 개수를 나타내며, N_T는 Nc보다 작다.

[0021] 상기 프로세서는, 상기 사용자 선택 경우별로 선택된 사용자들에 대하여 교환된 정보를 토대로 산출된 총 데이터 전송량들 중에서, 최대의 총 데이터 전송량을 가지는 사용자 선택 경우에 해당하는 제1 설정 개수의 사용자들을 최적의 사용자의 집합으로 선택하도록 구성될 수 있다.

[0022] 상기 프로세서는, 상기 선택된 사용자들에 대한 SINR(Signal-to-interference-plus-noise ratio)을 상기 다른 기지국들과 교환하고, 상기 사용자들에 대한 SINR을 토대로 사용자별 데이터 전송량을 산출하며, 상기 기지국이 상기 사용자 선택 경우별로 상기 산출된 사용자의 데이터 전송량을 토대로 총 데이터 전송량을 산출하고, 상기 사용자 선택 경우별로 산출된 총 데이터 전송량들 중에서, 최대의 총 데이터 전송량을 가지는 사용자 선택 경우

에 해당하는 제1 설정 개수의 사용자들을 최적의 사용자의 집합으로 선택하도록 구성될 수 있다.

[0023] 상기 프로세서는, 상기 사용자 선택 경우별로 선택된 사용자들에 대하여 교환된 정보를 토대로, 무작위로 제1 설정 개수의 사용자들을 최적의 사용자의 집합으로 선택하도록 구성될 수 있다.

[0024] 상기 프로세서는, 상기 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되는 사용자에 대하여, 제1 방식에 따라 빔포밍 벡터를 설정하고, 상기 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되지 않는 사용자에 대하여, 제2 방식에 따라 빔포밍 벡터를 설정하도록 구성되며, 상기 제1 방식과 상기 제2 방식은 서로 다를 수 있다.

[0025] 상기 프로세서는, 상기 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되는 사용자에 대한 간섭이 0이 되도록 빔포밍 벡터를 설정하도록 구성될 수 있다.

발명의 효과

[0026] 본 발명의 실시 예에 따르면, 기지국들 사이에 제한된 전송률과 제한된 지연성능을 가지는 백홀(backhaul)이 존재한다는 상황에서, 기지국들 사이에 교환되는 정보의 양을 줄이면서 기지국 간의 간섭을 제어하여 시스템의 전송률을 극대화할 수 있다.

[0027] 또한, 기존의 간섭을 제어하는 기법들은 성능이 저조하거나, 교환되는 정보의 양이 많은데 반하여, 본 발명의 실시 예에 따르면, 글로벌 CSI를 사용하여 최적의 빔포밍 디자인을 하는 기법의 성능에 가까우면서 교환되는 정보의 양을 기존 기법보다 현저하게 감소시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 네트워크 구조를 나타낸 도이다.

도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 정보 교환 예를 나타낸 도이다.

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 간섭 제어 방법의 흐름도이다.

도 4와 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 간섭 제어 방법과 기존의 방법의 성능을 비교한 그래프이다.

도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 간섭 제어 장치의 구조도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다.

[0030] 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0031] 명세서 및 청구범위 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 '포함'한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0032] 명세서 전체에서, 기지국(base station, BS)은 진보된 기지국(advanced base station, ABS), 고신뢰성 기지국(high reliability base station, HR-BS), 노드B(node B), 고도화 노드B(evolved node B, eNodeB 또는 eNB), 접근점(access point, AP), 무선 접근국(radio access station, RAS), 송수신 기지국(base transceiver station, BTS), MMR(mobile multihop relay)-BS, 기지국 역할을 수행하는 중계기(relay station, RS), 기지국 역할을 수행하는 중계 노드(relay node, RN), 기지국 역할을 수행하는 진보된 중계기(advanced relay station, ARS), 기지국 역할을 수행하는 고신뢰성 중계기(high reliability relay station, HR-RS), 소형 기지국[펨토 기지국(femoto BS), 홈 노드B(home node B, HNB), 홈 eNodeB(HeNB), 피코 기지국(pico BS), 메트로 기지국(metro BS), 마이크로 기지국(micro BS) 등] 등을 지칭할 수도 있고, eNode, ABS, 노드B, eNodeB, eNB, AP, RAS, BTS, MMR-BS, RS, RN, ARS, HR-RS, 소형 기지국 등의 전부 또는 일부의 기능을 포함할 수도 있다.

[0033] 단말(terminal)은 사용자 장비(user equipment, UE), 이동 단말(mobile terminal, MT), 이동국(mobile station, MS), 진보된 이동국(advanced mobile station, AMS), 고신뢰성 이동국(high reliability mobile station, HR-MS), 가입자국(subscriber station, SS), 휴대 가입자국(portable subscriber station, PSS), 접근 단말(access terminal, AT) 등을 지칭할 수도 있고, UE, MT, MS, AMS, HR-MS, SS, PSS, AT 등의 전부 또는

일부의 기능을 포함할 수도 있다.

[0034] 이하, 본 발명의 실시 예에 따른 하향링크 간섭 제어 방법 및 장치에 대하여 설명한다.

[0035] 본 발명의 실시 예에서는 기지국들 사이에 제한된 전송률과 제한된 지연성능을 가지는 백홀(backhaul)이 존재한다는 상황에서, 하향링크 시스템에서 기지국들 사이에 제한된 정보 교환을 하는 것을 가정하고, 기지국의 최적의 빔포밍 기법을 찾는다. 각 기지국은 자신으로부터 나가는 채널 정보나, 자신으로 들어오는 채널 정보만을 안다고 가정하고(이를 로컬(local) CSI(channel state information이라고 함), 기지국들 사이에 교환되는 정보의 양을 줄이면서 기지국에 대한 최적의 빔포밍(beamforming)을 수행하여 기지국 간의 간섭을 제어한다.

[0036] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 네트워크 구조를 나타낸 도이다.

[0037] 본 발명의 실시 예에 따라, 첨부한 도 1에서와 같이, 기지국들 사이에 제한된 전송률과 제한된 지연성능을 가지는 백홀이 존재하는 네트워크 시스템에서, 각각의 기지국은 자신이 보낸 채널 정보와 자신이 받은 채널 정보만을 알 수 있는 것으로 가정한다. 그리고 각 셀에 존재하는 단말의 수는 한 명으로 가정하며, N_C개의 셀 안에서 기지국은 N_T 개의 안테나를 가지고, 단말은 1개의 안테나를 가지고 있다고 가정한다. 여기서, 기지국의 안테나 개수 N_T는 셀 개수 N_C보다 작다.

[0038] i번째 기지국이 j번째 단말 즉, 사용자에게 보내는 신호의 채널 벡터를 $\mathbf{h}_{ij}$, i번째 기지국의 빔포밍 벡터를 $\mathbf{w}_i$라 하면, i번째 셀 안의 사용자가 받는 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$y_i = \underbrace{\mathbf{h}_{ii}^H \mathbf{w}_i x_i}_{\text{desired signal}} + \underbrace{\sum_{k=1,k\neq i}^{N_C} \mathbf{h}_{ki}^H \mathbf{w}_k x_k}_{\text{intercell interference}} + z_i$$

[0039]

[0040] 여기서, $\|\mathbf{w}_i\|^2 = 1$로 제한되어있으며, i번째 셀 안의 사용자의 SINR(Signal-to-interference-plus-noise ratio)은 다음 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$\gamma_i = \frac{\left|\mathbf{h}_{ii}^H \mathbf{w}_i\right|^2}{\sum_{k=1,k\neq i}^{N_C} \left|\mathbf{h}_{ki}^H \mathbf{w}_k\right|^2 + N_0}$$

[0041]

[0042] i번째 셀의 총 데이터 전송량(achievable sum-rate)은 다음 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$R = \sum_{i=1}^{N_C} \log(1+\gamma_i)$$

[0043]

[0044] 본 발명의 실시 예에서는 기지국의 전원을 끄지 않는 상태에서 빔포밍 벡터를 설계하며, 모든 기지국들이 특정한 α개의 사용자에 대한 간섭을 0으로 만들어 줌으로써, α의 다중화 이득(multiplexing gain)을 획득한다. i번째 기지국에서 j번째 사용자에 대한 간섭을 0으로 만들어주기 위한 수식은 다음과 같다.

수학식 4

$$\mathbf{h}_{ij}^{H}\mathbf{w}_i = 0,\ i \neq j,\ i \in \mathrm{N}_C$$

[0045]

[0046] 특정한 α개의 사용자에 대한 간섭을 0으로 만들어주기 위해서 수학식 4와 같은 수식이 총 $\alpha(N_T-1)$개 필요하다.

[0047] 반면, 각각의 빔포밍 벡터 $\mathbf{w}_i$에 대한 효용 있는 변수 즉, 셀내에서 조절할 수 있는 변수의 개수는, $\|\mathbf{w}_i\|^2 = 1$라는 제한을 고려하면 (N_T-1)이며, $\mathbf{w}_i$는 N_C개이다. 그러므로 총 변수의 개수는 $N_C(N_T-1)$이다. 이때, 해가 존재하기 위해서는 변수의 개수가 수식의 개수보다 많거나 같아야 한다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

수학식 5

$$\alpha(N_C-1) \le N_C(N_T-1) \Leftrightarrow \alpha \le \frac{N_C(N_T-1)}{N_C-1}$$

[0048]

[0049] 이에 따라, 0인 간섭을 받을 수 있는 사용자의 최대 개수($\alpha_{\max}$) 는 다음과 같다.

수학식 6

$$\alpha_{\max} = \left\lfloor \frac{N_C}{N_C-1}(N_T-1) \right\rfloor = \left\lfloor \frac{(N_C-1)(N_T-1)+N_T-1}{N_C-1} \right\rfloor = N_T-1$$

[0050]

[0051] 본 발명의 실시 예에서, 기지국의 전원을 끄지 않는 가정하에 얻을 수 있는 다중화 이득(multiplexing gain)의

최대치인 (N_T-1)을 얻기 위해, N_C 개의 셀 중에서 설정 개수 즉, (N_T-1)개의 셀을 선택하고, 선택된 셀 안에 속하는 총 (N_T-1) 개의 사용자에 대한 간섭을 0으로 만들어 주기 위해, 빔포밍을 수행한다.

[0052] N_C 개의 셀 중에서 (N_T-1) 개의 사용자를 선택하기 위해, 각 기지국은 자기 자신이 포함된 (N_T-1)개의 셀 안의 사용자에 대한 간섭이 0인 모든 경우의 SINR에 대한 정보를 다른 기지국들과 교환한다.

[0053] N_C 개의 셀 중에서 (N_T-1) 개의 사용자를 선택하는 경우의 수는 $C={}_{N_C}C_{N_T-1}$ 이다. 각 사용자 선택 경우별로 (N_T-1) 개의 사용자를 선택할 수 있으며, c번째 사용자 선택에 포함된 (N_T-1)개의 사용자들의 집합을 $\mathcal{A}_c$ 라고 하고, $\mathcal{A}_c$ 에 대한 빔포밍 벡터를 $\mathbf{w}_i^{[c]}$ 라 하면, i 번째 사용자의 SINR(γ_{ic})은 다음과 같다.

수학식 7

$$\gamma_{ic}=\frac{\left|\mathbf{h}_{ii}^{H}\mathbf{w}_{i}^{[c]}\right|^{2}}{\sum_{k=1,k\neq i}^{N_C}\left|\mathbf{h}_{ki}^{H}\mathbf{w}_{k}^{[c]}\right|^{2}+N_0}$$

[0054]

[0055] i 번째 사용자 $\mathcal{A}_c$ 에 포함되는 경우($i\in\mathcal{A}_c$), 위의 수학식 7을 간소화하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 8

$$\gamma_{ic}=\frac{\left|\mathbf{h}_{ii}^{H}\mathbf{w}_{i}^{[c]}\right|^{2}}{N_0}$$

[0056]

[0057] i 번째 사용자의 데이터 전송량(achievable rate)(γ_{ic})은 다음 수학식 9과 같이 나타낼 수 있으며, c번째 사용자 선택에 해당하는 총 데이터 전송량(achievable sum-rate)은 다음의 수학식 10과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 9

$$r_{ic}=\log(1+\gamma_{ic})$$

[0058]

수학식 10

$$R^{[c]} = \sum_{i \in \mathcal{N}_C} r_{ic} = \underbrace{\sum_{i \in \mathcal{A}_c} \log\left(1 + \frac{\left|\mathrm{h}_{ii}^H \mathrm{w}_i^{[c]}\right|^2}{N_0}\right)}_{\triangleq R_{\text{local}}^{[c]}} + \underbrace{\sum_{j \in \mathcal{N}_C \setminus \mathcal{A}_c} \log\left(1 + \frac{\left|\mathrm{h}_{jj}^H \mathrm{w}_j^{[c]}\right|^2}{\sum_{k \in \mathcal{N}_C \setminus \{j\}} \left|\mathrm{h}_{kj}^H \mathrm{w}_k^{[c]}\right|^2 + N_0}\right)}_{\triangleq R_{\text{global}}^{[c]}}$$

[0059]

[0060] 위의 수학식 10에서, SNR(Signal-plus-noise ratio)이 증가할수록 $R_{\text{local}}^{[c]}$이 우세해지며, $R_{\text{local}}^{[c]}$은 다른 기지국과의 정보교환 없이 계산이 가능하다. 이에 따라, $R_{\text{global}}^{[c]}$를 무시하고 $R_{\text{local}}^{[c]}$만을 고려하여 간섭이 0이 되는 사용자의 집합 $\mathcal{A}$를 선택한다. 여기서, $R_{\text{local}}^{[c]}$는 각 기지국은 자신으로부터 나가는 채널 값이나, 자신으로 들어오는 채널 값만을 안다고 가정하에서, c번째 사용자 선택에 해당하는 총 데이터 전송량을 나타낸다. $R_{\text{global}}^{[c]}$는 모든 기지국이 모든 채널값을 안다는 가정하에서, c번째 사용자 선택에 해당하는 총 데이터 전송량 중 기지국간에 채널 벡터 교환을 필요로 하는 부분을 나타낸다.

[0061] 각 사용자 선택 경우별 사용자들의 집합 $\mathcal{A}_c$을 토대로 사용자에 대한 간섭을 0으로 만들어 주기 위한 최적의 사용자의 집합 $\mathcal{A}$ ($(N_T - 1)$개의 사용자)를 선택하기 위하여, 구체적으로, i번째 기지국은, N_C개의 셀 중에서 $(N_T - 1)$개의 사용자를 선택하는 경우의 수 $C = {}_{N_C}\mathrm{C}_{N_T - 1}$에 따른 각 사용자 선택 경우별로, $(N_T - 1)$개의 사용자를 선택하고, 선택된 사용자들에 대하여 SINR(γ_{ic})을 위의 수학식 8을 토대로 산출한다. 그리고 산출된 사용자들의 SINR들을 모든 기지국들과 교환하며, 교환된 정보를 토대로 간섭이 0이 되는 최적의 사용자의 집합 $\mathcal{A}$를 선택한다. 이때, 다음의 수학식 11을 토대로 최적의 사용자의 집합 $\mathcal{A}$를 선택한다.

수학식 11

[0062]
$$\mathrm{A} = \mathrm{A}_{c^*}, \quad c^* = \arg\max_{c=1,\ldots,C} R_{\text{local}}^{[c]}$$

[0063] 구체적으로, i번째 기지국은 j번째 사용자에 대한 SINR(γ_{ic})을 모든 기지국들과 교환하여, j번째 사용자에 대한 모든 기지국들의 SINR을 획득하고, 획득된 j번째 사용자에 대한 모든 기지국들의 SINR을 토대로 j번째 사용자에 대한 데이터 전송량을 산출한다. 이때, 각 기지국마다 교환해야 하는 값들의 개수는 각각 ${}_{N_C - 1}\mathrm{C}_{N_T - 2}$ 이다.

[0064] 본 발명의 실시 예에서는 최적의 사용자의 집합 $\mathcal{A}$ 를 선택하기 위해 수학식 8의 γ_{ic}들을 교환하는 과정에서, 교환하는 정보량을 줄이기 위한 다음과 같은 두 가지 방식을 사용할 수 있다. 첫 번째 방식은, 각 기지국마다 다른 기지국들과 교환해야 하는 값들의 개수를 M 개($M < {}_{N_C-1}\mathrm{C}_{N_T-2}$)로 제한한다. 두 번째 방식은 교환해야 하는 값들 자체를 설정 비트 예를 들어, n_f 비트로 양자화한다. 이때, 양자화를 위해서는 교환해야 하는 값들의 분포를 필요로 한다.

[0065] 이와 같이, 제한된 정보를 토대로 한 기지국들과의 정보(예: SINR) 교환에 의해 $\mathbf{c}$번째 사용자 선택에 해당하는 각 사용자별로 데이터 전송량을 산출하고, 산출된 사용자별 데이터 전송량을 토대로 수학식 10에 따라, 경우의 수 $C = {}_{N_C}\mathrm{C}_{N_T-1}$ 중 $\mathbf{c}$번째 사용자 선택에서의 총 데이터 전송량 $R_{\mathbf{local}}^{[c]}$ 을 획득한다.

[0066] 이러한 과정을 통해, 모든 경우의 수 $C = {}_{N_C}\mathrm{C}_{N_T-1}$ 에 해당하는 각 사용자 선택경우별로 획득된 총 데이터 전송량 $R_{\mathbf{local}}^{[c]}$ 들 중에서, 위의 수학식 11에 따라, 최대의 총 데이터 전송량 $R_{\mathbf{local}}^{[c]}$을 가지는 사용자 선택 경우 c^* 를 찾는다. 사용자 선택 경우 c^* 에 해당하는 사용자들의 집합이 i번째 기지국이 간섭을 0으로 만들어 주기 위한 최적의 사용자의 집합 $\mathcal{A}$ 으로 선택된다.

[0067] i 번째 기지국은 j 번째 사용자에 대한 간섭을 0으로 만들어주면서($j \in \mathcal{A}_c \backslash \{i\}$), i번째 사용자에 대한 채널 이득을 최대화하는 빔포밍 벡터를 설계한다. 다음 수학식 12를 토대로 빔포밍 벡터를 설계할 수 있다.

수학식 12

[0068]
$$\mathbf{w}_i^{\max-\mathrm{WSLNR}} = \arg_{\mathbf{w}} \max \rho_i(\mathbf{w}), \mathrm{s.t.} \|\mathbf{w}\|^2 = 1$$

[0069] 여기서, ρ_i 는 다음과 같이 정의될 수 있다.

수학식 13

[0070]
$$\rho_i = \frac{\left|\mathbf{h}_{ii}^H \mathbf{w}_i\right|^2}{\sum_{j=1, j\neq i}^{N_C} \beta_{ij} \left|\mathbf{h}_{ij}^H \mathbf{w}_i\right|^2 + N_0} = \frac{\mathbf{w}_i^H \mathbf{A}_i \mathbf{w}_i}{\mathbf{w}_i^H \mathbf{B}_i \mathbf{w}_i}$$

[0071] 수학식 13에서, $\mathbf{A}_i = \beta_{ii}\mathbf{h}_{ii}\mathbf{h}_{ii}^H$ 이고, $\mathbf{B}_i = \sum_{j=1,j\neq i}^{N_C} \beta_{ij}\mathbf{h}_{ij}\mathbf{h}_{ij}^H + N_0\mathbf{I}$ 이다. $\mathbf{I}$는 단위 행렬이며,

$j \in \mathcal{A}\backslash\{i\}$이면 $\beta_{ij} = 1$이고, $j \in \mathcal{N}_C \backslash \mathcal{A}$이면 $\beta_{ij} = 0$이다. 이에 따라 수학식 12의 해는 $\mathbf{B}_i^{-1}\mathbf{A}_i$의 고유벡터 중 가장 큰 고유값과 관련된 벡터이다.

[0072] SNR이 작은 범위에서, $\mathbf{w}_i^{[c]}$는 i번째 사용자에 대한 채널 이득만을 최대화하는 빔포밍 벡터로 다음 수학식 14와 같이 설계될 수 있다. 여기서, $\mathbf{w}_i^{[c]}$는 $i \in \mathcal{A}_C$인 경우만을 고려한다.

수학식 14

[0073]
$$\mathbf{w}_i^{[c]} = \frac{\mathbf{h}_{ii}}{\|\mathbf{h}_{ii}\|}$$

[0074] 이에 따라 해당하는 채널 이득은 다음과 같이 산출될 수 있다.

수학식 15

[0075]
$$\left|\mathbf{h}_{ii}^H \mathbf{w}_i^{[c]}\right|^2 = \|\mathbf{h}_{ii}\|^2$$

[0076] 수학식 15에서, 채널 이득은 자유도가 N_T인 카이제곱 분포를 가진다.

[0077] 반면, SNR이 큰 범위에서 빔포밍 벡터는 $\mathbf{h}_{ii}$가 $\mathbf{h}_{ij}$의 영공간에 정사영된 방향을 갖게 된다($i \in \mathcal{A}_C$, $j \in \mathcal{A}_C\backslash\{i\}$). $\mathbf{b}_k$를 $\mathbf{h}_{ij}$의 영공간의 k번째 기저라고 하자. 이때, 기저들의 개수는 $N_T - (N_T - 2) = 2$이다. 이에 따른 채널 이득은 다음 수학식 16과 같이 산출될 수 있다.

수학식 16

[0078]
$$\left|\mathbf{h}_{ii}^H \mathbf{w}_i^{[c]}\right|^2 = \left\|\sum_{k=1}^{2}\left|\mathbf{h}_{ii}\mathbf{b}_k\right| \cdot \mathbf{b}_k\right\|^2 = \sum_{k=1}^{2}\left|\mathbf{h}_{ii}\mathbf{b}_k\right|^2$$

[0079] 수학식 16의 채널 이득은 자유도가 4인 카이제곱 분포를 가진다.

[0080] 수학식 11을 토대로 획득한 최적의 사용자의 집합 $\mathcal{A}$로부터, $i \in \mathcal{N}_C\backslash\mathcal{A}$인 경우, i번째 기지국은 최적의 사용자의 집합 $\mathcal{A}$에 포함된 사용자가 받는 간섭을 0으로 만들어주는 빔포밍 벡터를 설계한다. 다음의 수학식 17을 토대로 빔포밍 벡터를 설계할 수 있다.

수학식 17

$$\mathbf{w}_i^{\min-\mathrm{WGI}} = \arg_{\mathbf{w}} \min \Omega_i(\mathbf{w}), \text{s.t.} \|\mathbf{w}\|^2 = 1$$

[0081]

[0082] 여기서, Ω_i 은 다음과 같이 정의될 수 있다.

수학식 18

$$\Omega_i = \sum_{j=1, j\neq i}^{N_C} \beta_{ij} \left|\mathbf{h}_{ij}^H \mathbf{w}_i\right|^2 = \left\| \begin{bmatrix} \sqrt{\beta_{i1}}\mathbf{h}_{i1}^H \\ \vdots \\ \sqrt{\beta_{i(i-1)}}\mathbf{h}_{i(i-1)}^H \\ \sqrt{\beta_{i(i+1)}}\mathbf{h}_{i(i+1)}^H \\ \vdots \\ \sqrt{\beta_{iN_C}}\mathbf{h}_{iN_C}^H \end{bmatrix} \mathbf{w}_i \right\|^2 = \|\mathbf{G}_i \mathbf{w}_i\|^2$$

[0083]

[0084] 위의 수학식 18에서, $j \in \mathcal{A}$ 이면 $\beta_{ij} = 1$ 이고, 그렇지 않으면 $\beta_{ij} = 0$ 이다. 이에 따라 수학식 17의 해는 $\mathbf{G}_i$ 의 우측 특이벡터 중에서 가장 작은 특이 값과 관련된 벡터이다. $i \in \mathcal{A}$ 인 경우, i 번째 기지국은 j 번째 사용자에 대한 간섭을 0으로 만들어주면서, $j \in \mathcal{A}\backslash\{i\}$, j 번째 사용자에 대한 채널 이득을 최대화하는 빔포밍 벡터를 설계한다. 이 경우, 빔포밍 벡터는 위의 수학식 12를 토대로 설계될 수 있다.

[0085] 위에 기술된 바와 같이, N_C 개의 셀 중에서 최적의 $(N_T - 1)$ 개의 사용자를 선택하고, 선택된 $(N_T - 1)$ 개의 사용자에 대한 간섭을 0으로 만들어 주기 위한 최적의 빔포밍 벡터를 설계하고, 이러한 빔포밍 벡터를 토대로 빔포밍을 수행할 수 있다.

[0086] 한편, 본 발명의 실시 예에서는 최적의 사용자의 집합 $\mathcal{A}$ 를 선택하기 위해 수학식 8의 γ_{ic}들을 교환하는 과정에서, 기지국들과 교환해야 하는 값들의 개수를 M 개로 제한하고, 교환해야 하는 값들 자체를 설정 비트(n_f 비트)로 양자화하는 방식을 토대로 정보를 교환한다.

[0087] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 정보 교환 예를 나타낸 도이다.

[0088] 첨부한 도 2는 $N_T = 3$, $N_T = 4$, $M = 2$ 일 때, 교환되는 값들을 나타낸다. 도 2에서, 가장 어두운 부분들은 다른 기지국들과의 정보교환을 필요로 하기 때문에 무시되는 부분을 나타낸다. 가장 어두운 부분에 비해 약간 어두운 부분들과, 흰 부분들은 다른 기지국들과의 정보교환을 필요로 하지 않는 부분이다.

[0089] $M = 2$ 인 경우 흰 부분들만이 교환되며, M 이 설정되지 않는 경우에는 다른 기지국들과의 정보교환을 필요로

하지 않는 모든 부분 즉, 수학식 10에서 $R_{\text{local}}^{[c]}$ 에 해당하는 값들이 교환된다.

[0090] 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 간섭 제어 방법의 흐름도이다.

[0091] 첨부한 도 3에서와 같이, 기지국은 채널 정보(로컬 CSI, 예를 들어, 기지국이 사용자들에게 보내는 신호의 채널 벡터 $\mathbf{h}_{i1}, \mathbf{h}_{i2}, \ldots, \mathbf{h}_{iNc}$)를 획득한다(S100).

[0092] 기지국은 채널 정보를 토대로 설정 개수의 사용자에 대한 간섭을 0으로 만들어 주기 위하여 ($\mathbf{h}_{ij}^{H}\mathbf{w}_i = 0,\ i \neq j, i \in \mathrm{N}_C$), 최적의 빔포밍 벡터를 설계한다.

[0093] 먼저, 기지국은, 소정 개수(N_C 개)의 셀 중에서 설정 개수$(N_T - 1)$ 개의 사용자를 선택한다.

[0094] 이를 위해, 기지국은 가능한 사용자 선택 경우별로 설정 개수($(N_T - 1)$ 개)의 사용자를 선택하고, 선택된 사용자에 대한 채널 정보를 이용하여 사용자의 SINR(γ_{ic})을 산출한다(S110).

[0095] 모든 사용자 선택 경우별로 사용자들의 SINR을 산출하고, 산출된 SINR을 설정 비트로 양자화하여 다른 모든 기지국들과 교환한다(S120). 이 경우, 교환되는 정보들의 개수는 설정 개수($M <_{N_C-1} C_{N_T-2}$)로 제한된다.

[0096] 이후, 기지국은 다른 모든 기지국들과 교환된 정보(즉, 가능한 사용자 선택 경우별 사용자들의 SINR)를 토대로, 설정 개수($(N_T - 1)$ 개)의 최적의 사용자의 집합을 선택한다(S130). 이때, 기지국은 위에서 기술된 바와 같이, 각 사용자 선택 경우별로 교환된 사용자들의 SINR들을 토대로 각 사용자에 대한 데이터 전송량을 산출하고, 산출된 사용자별 데이터 전송량을 토대로 각 사용자 선택 경우별로 총 데이터 전송량을 산출하고, 최대의 총 데이터 전송량을 가지는 사용자 선택 경우에 해당하는 사용자들을 최적의 사용자의 집합으로 선택한다(수학식 11 참조).

[0097] 위에 기술된 바와 같이, 기지국은 간섭을 0으로 만들기 위한 설정 개수($(N_T - 1)$ 개)의 사용자로 이루어진 최적의 사용자의 집합을 선택한 다음에, 이를 토대로 빔포밍 벡터를 설정한다(S140). 구체적으로, 최적의 사용자의 집합에 포함되지 않는 사용자($i \in \mathrm{N}_c \backslash \mathcal{A}$)에 대해서는 제1 방법에 따라 빔포밍 벡터를 설정하고(위의 수학식 12를 토대로 빔포밍 벡터를 설계), 최적의 사용자의 집합에 포함되는 사용자($i \in \mathcal{A}$)에 대해서는 제2 방법에 따라 빔포밍 벡터를 설정한다(위의 수학식 14를 토대로 빔포밍 벡터를 설계).

[0098] 위에 기술된 바와 같이, 설정 개수의 사용자들에 대한 정보만을 교환하면서 교환된 정보를 토대로 간섭을 0으로 하기 위한 최적의 사용자의 집합을 획득하고, 획득된 최적의 사용자의 집합에 포함되는 사용자에 대한 빔포밍 벡터를 최적의 사용자의 집합에 포함되지 않은 빔포밍 벡터와 다르게 설정하여, 간섭을 제어할 수 있다.

[0099] 한편, 설정 개수의 최적의 사용자의 집합을 획득하는 경우, 위에 기술된 바와 같이 수학식 11을 토대로 최적의 사용자의 집합을 획득하지 않고, 랜덤으로 사용자들을 선택할 수 있다. 즉, 사용자들에 대하여 교환된 정보를 토대로 무작위로 설정 개수($(N_T - 1)$)개의 사용자를 선택한다.

[0100] 본 발명의 실시 예들에 따른 간섭 제어 방법에 따라 도 4 및 도 5와 같은 결과를 얻을 수 있다.

[0101] 도 4와 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 간섭 제어 방법과 기존의 방법의 성능을 비교한 그래프이다. 구체적으로, 도 4는 $N_T = 2$ 일 경우의 비교 그래프이며, 도 5는 $N_T = 7$ 일 경우의 비교 그래프이다.

[0102] 도 4와 도 5에서, 랜덤(Random) 방식은 빔포밍 벡터를 무작위로 설계하는 방식이고, Max-SNR 방식은 각 기지국이 해당 셀 내의 사용자 채널 이득만을 고려하여 빔포밍 벡터를 설계하는 방식이며, Min-GI(Min-generating Interference) 방식은 각 기지국이 다른 셀 내의 사용자에게 보내는 간섭을 최소화하는 빔포밍 벡터를 설계하는

방식이다. Max-SLNR(Max-signal-to-leakage-plus-noise ratio) 방식은 각 기지국이 SLNR을 최대화하는 빔포밍 벡터를 설계하는 방식이다. 여기서, 랜덤 방식, Max-SNR 방식, Min-GI 방식, Max-SLNR, WMMSE 방식은 정보 교환 없이 로컬 CSI만을 사용하는 방식이다. Global 방식은 기지국들이 다른 모든 기지국들의 채널 벡터를 다 교환한다는 가정 아래 공동으로 최적의 빔포밍 벡터를 설계하는 방식이다. WMMSE 방식은 수신자과 송신자 사이에서 빔포밍 벡터, 수신 벡터, 중량 계수를 반복적으로 설계하는 방식이다. 이때, n이 의미하는 것은 WMMSE 기법에서 빔포밍 벡터, 수신 벡터, 중량 계수를 반복적으로 설계하는 횟수이다.

[0103] 이러한 기존 방식들 이외에, Proposed-Quant 기법은 본 발명의 실시 예에 따른 방법에서, 교환해야 하는 정보의 양을 M개로 제한하면서, 교환하는 정보를 n_f 비트로 양자화하고, 교환된 정보를 토대로 위의 도 3과 같이 (N_T-1)개의 사용자를 선택하여 빔포밍 벡터를 설계하는 방식이다. Proposed-Random 기법은 본 발명의 실시 예에 따른 방법에서, (N_T-1)개의 사용자를 선택하여 간섭을 0으로 만들어주는 과정에서 (N_T-1)개의 사용자를 무작위로 선택하여 빔포밍 벡터를 설계하는 방식이다.

[0104] 본 발명의 실시 예에 따른 방법은 도 4 및 도 5를 통해, 로컬 CSI만을 사용하는 방식들 중에서 전 구간에서 가장 좋은 성능을 보이고, 빔포밍 벡터를 설계하는 반복의 횟수가 증가할수록 교환해야 하는 정보량이 증가하는 WMMSE 방식에 비해, 적은 정보 교환만으로도 우수한 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 특히, 다른 방식들과 달리 SNR이 증가할수록 성능 이득이 효과적으로 커지는 것을 알 수 있다.

[0105] 또한 기존 방식들과 달리, 본 발명의 실시 예에 따른 방법은 글로벌 CSI를 사용하는 Global 방식의 성능에 거의 가까운 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 방법은, $M=1$, $n_f=1$로 설정하여 교환해야 하는 정보량을 최소로 줄여도(도 5 참조) 성능이 크게 줄어들지 않는 것을 알 수 있다.

[0106] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 간섭 제어 장치의 구조도이다.

[0107] 첨부한 도 6에 도시되어 있듯이, 본 발명의 실시 예에 따른 간섭 제어 장치(1)는, 프로세서(110), 메모리(120) 및 송수신부(130)를 포함한다. 프로세서(110)는 위의 도 1 내지 도 5를 토대로 설명한 방법들을 구현하도록 구성될 수 있다.

[0108] 메모리(120)는 프로세서(110)와 연결되고 프로세서(110)의 동작과 관련한 다양한 정보를 저장한다. 메모리(120)는 프로세서(110)에서 수행하기 위한 명령어(instructions)를 저장하고 있거나 저장 장치(도시하지 않음)로부터 명령어를 로드하여 일시 저장할 수 있다. 프로세서(110)는 메모리(120)에 저장되어 있거나 로드된 명령어를 실행할 수 있다. 프로세서(110)와 메모리(120)는 버스(도시하지 않음)를 통해 서로 연결되어 있으며, 버스에는 입출력 인터페이스(도시하지 않음)도 연결되어 있을 수 있다.

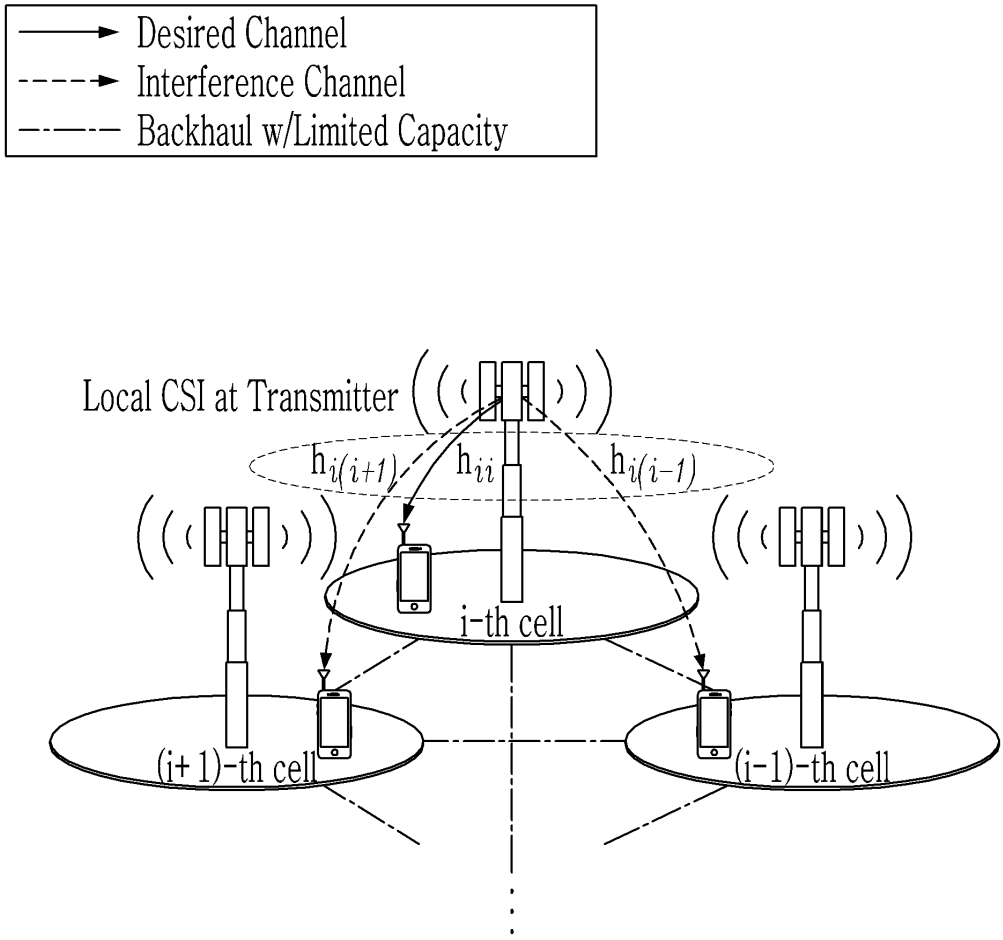
[0109] 송수신부(130)는 프로세서(110)와 연결되며 무선 신호를 송신 또는 수신한다.

[0110] 본 발명의 실시 예는 이상에서 설명한 장치 및/또는 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시 예의 구성에 대응하는 기능을 실현하기 위한 프로그램, 그 프로그램이 기록된 기록 매체 등을 통해 구현될 수도 있으며, 이러한 구현은 앞서 설명한 실시예의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야의 전문가라면 쉽게 구현할 수 있는 것이다.

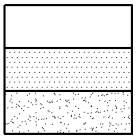
[0111] 이상에서 본 발명의 실시 예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리 범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 사업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리 범위에 속하는 것이다.

도면

도면1

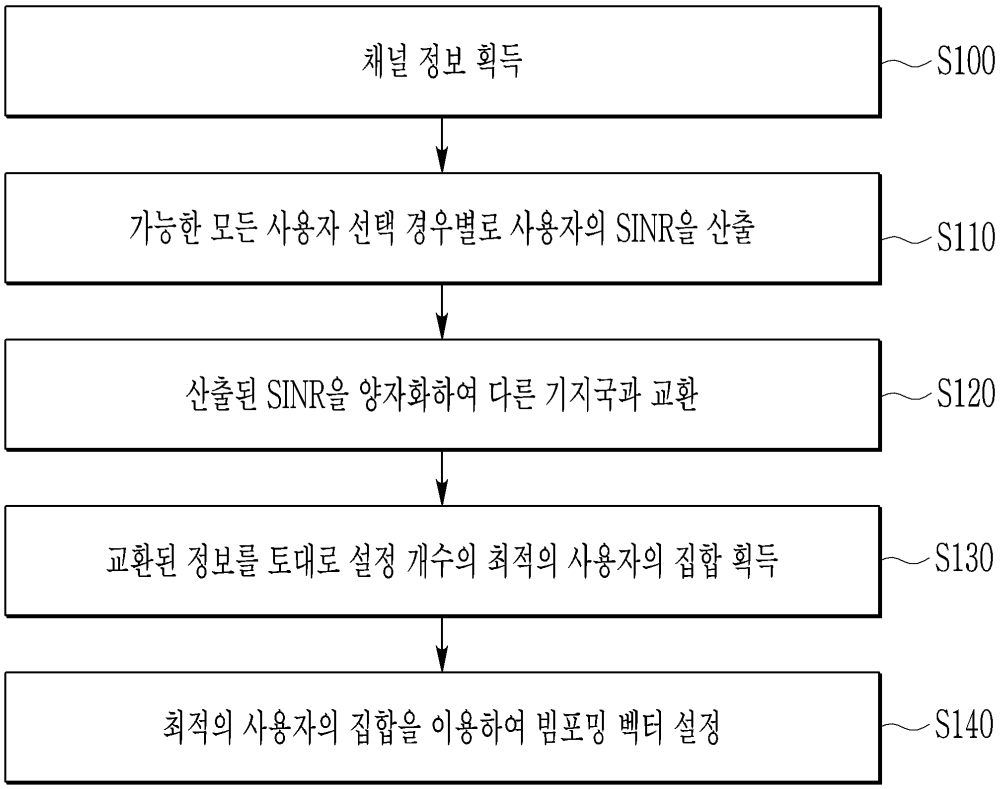


도면2

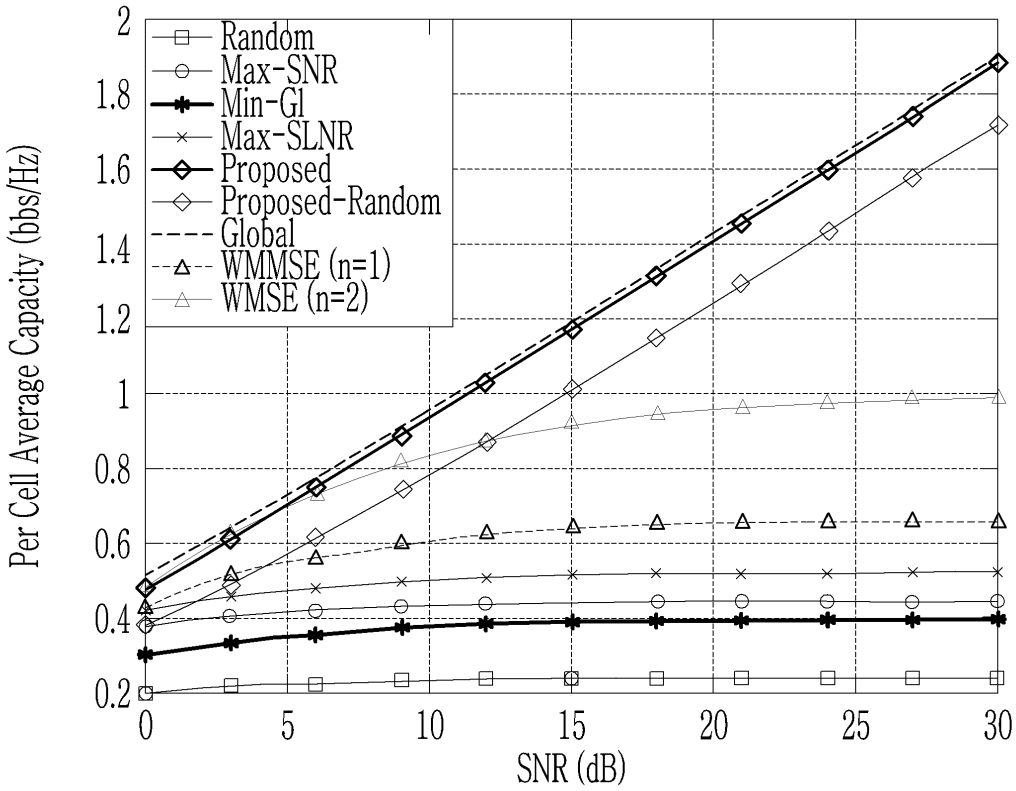


Cell \ Cases	A_1={1,2}	A_2={1,3}	A_3={1,4}	A_3={2,3}	A_3={2,4}	A_3={3,4}
1	γ_{11}	γ_{12}	γ_{13}	γ_{14}	γ_{15}	γ_{16}
2	γ_{21}	γ_{22}	γ_{23}	γ_{24}	γ_{25}	γ_{26}
3	γ_{31}	γ_{32}	γ_{33}	γ_{34}	γ_{35}	γ_{36}
4	γ_{41}	γ_{42}	γ_{43}	γ_{44}	γ_{45}	γ_{46}

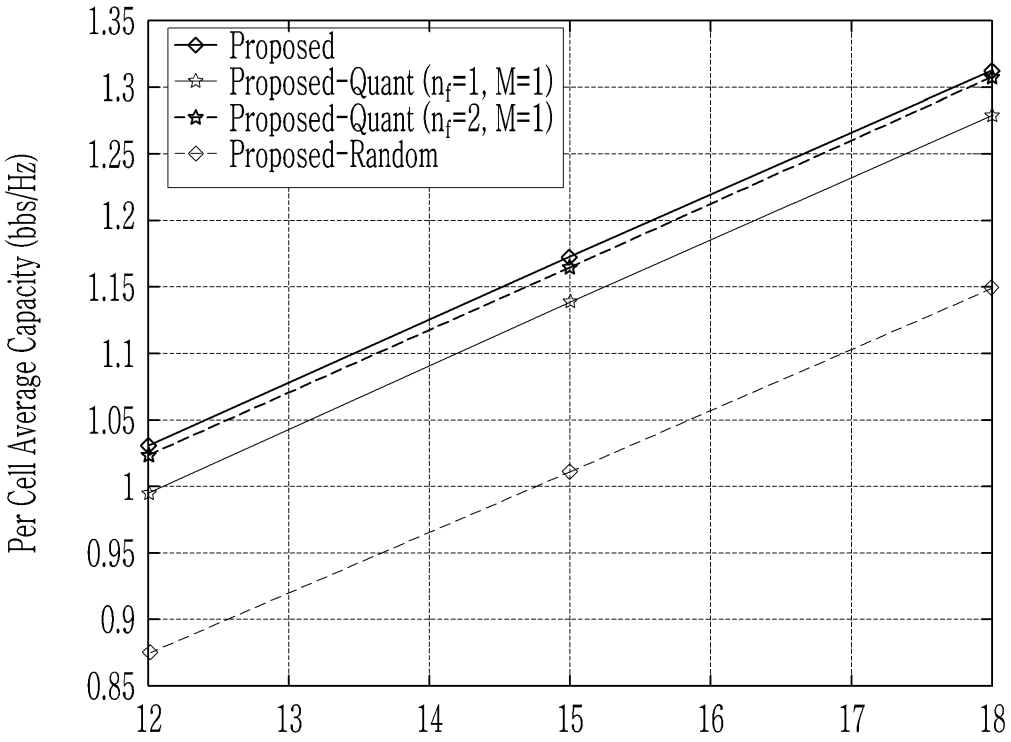
도면3


채널 정보 획득
S100
가능한 모든 사용자 선택 경우별로 사용자의 SINR을 산출
S110
산출된 SINR을 양자화하여 다른 기지국과 교환
S120
교환된 정보를 토대로 설정 개수의 최적의 사용자의 집합 획득
S130
최적의 사용자의 집합을 이용하여 빔포밍 벡터 설정
S140

도면4


Random
Max-SNR
Min-GI
Max-SLNR
Proposed
Proposed-Random
Global
WMMSE (n=1)
WMSE (n=2)
Per Cell Average Capacity (bbs/Hz)
SNR (dB)
2
1.8
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
5
10
15
20
25
30

도면5


Proposed
Proposed-Quant (nf=1, M=1)
Proposed-Quant (nf=2, M=1)
Proposed-Random
Per Cell Average Capacity (bbs/Hz)
1.35
1.3
1.25
1.2
1.15
1.1
1.05
1
0.95
0.9
0.85
12
13
14
15
16
17
18

도면6

