



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년01월19일
(11) 등록번호 10-1482418
(24) 등록일자 2015년01월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/26 (2006.01) H04B 7/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0082391
(22) 출원일자 2013년07월12일
심사청구일자 2013년07월12일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020110018556 A
KR1020100049829 A
KR1020080104999 A
KR1020100086407 A

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인화로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
정재학
서울 서초구 효령로 391, 3동 1207호 (서초동, 무지개아파트)
서종필
인천 남구 경원대로 884, 129동 2802호 (주안동, 더월드스테이트아파트)
(74) 대리인
양성보

전체 청구항 수 : 총 5 항

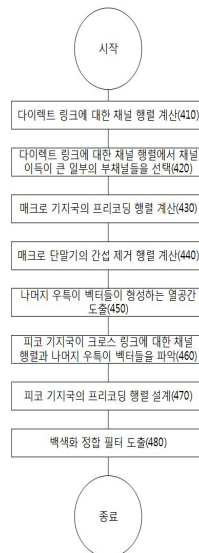
심사관 : 이병수

(54) 발명의 명칭 이중 네트워크에서 국부적인 간섭 정렬을 이용한 간섭 제어 방법

(57) 요약

매크로 기지국, 적어도 하나의 매크로 단말, 적어도 하나의 소형 기지국 및 적어도 하나의 소형 단말을 포함하는 이중 네트워크에서, 국부적인 간섭 정렬을 이용한 간섭 제어 방법은 상기 매크로 기지국로부터 상기 매크로 단말로의 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬에 포함된 부채널들 중 채널 이득이 큰 일부의 부채널들에 상기 매크로 기지국의 신호를 할당하는 단계; 선택되지 않은 부채널들에 대응하는 상기 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬의 우특이 벡터들이 형성하는 열 공간을 도출하는 단계; 및 상기 도출된 열 공간을 이용하여 상기 피코 기지국으로부터 상기 매크로 단말기로의 간섭을 정렬하기 위한 상기 피코 기지국의 프리코딩 행렬을 추출하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

양참술

충북 진천군 초평면 대구동길 63-6,

박건우

경남 창원시 의창구 창원천로94번길 19, 101동 70
7호 (대원동, 시티세븐)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 KCA-2012-[12-911-01-107]

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국방송통신전파진흥원

연구사업명 방송통신기술개발사업

연구과제명 주파수 자원 이용효율 향상을 위한 계층적 간섭대응 핵심기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 숭실대학교 산학협력단

연구기간 2013.05.01 ~ 2014.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

매크로 기지국, 적어도 하나의 매크로 단말, 피코 기지국 및 적어도 하나의 피코 단말을 포함하는 이중 네트워크에서, 국부적인 간섭 정렬을 이용한 간섭 제어 방법에 있어서,

상기 매크로 기지국로부터 상기 매크로 단말로의 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬에 포함된 부채널들 중 채널 이득에 따라 선택된 일부의 부채널들에 상기 매크로 기지국의 신호를 할당하는 단계;

선택되지 않은 부채널들에 대응하는 상기 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬의 우특이 벡터들이 형성하는 열 공간을 도출하는 단계; 및

상기 도출된 열 공간을 이용하여 상기 피코 기지국으로부터 상기 매크로 단말로의 간섭을 정렬하기 위한 상기 피코 기지국의 프리코딩 행렬을 추출하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 국부적인 간섭 정렬을 이용한 간섭 제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 피코 기지국의 프리코딩 행렬을 추출하는 단계 이후에 수행되는 단계로서, 상기 피코 기지국의 프리코딩 행렬을 이용하여 상기 적어도 하나의 피코 단말에서 다른 기지국으로부터의 간섭을 제거하기 위한 백색화 정합 필터를 계산하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 국부적인 간섭 정렬을 이용한 간섭 제어 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 피코 기지국의 프리코딩 행렬을 추출하는 단계는

상기 피코 기지국의 크로스 링크에 대한 채널 행렬에 대한 정보 및 상기 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬에 포함된 부채널들 중 선택되지 않은 부채널들에 대응하는 우특이 벡터들을 이용하여 상기 피코 기지국의 프리코딩 행렬을 추출하는 단계인 것을 특징으로 하는 국부적인 간섭 정렬을 이용한 간섭 제어 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 매크로 단말로의 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬에 포함된 부채널들 중 1/2 개의 부채널들이 선택되는 것을 특징으로 하는 국부적인 간섭 정렬을 이용한 간섭 제어 방법.

청구항 5

매크로 기지국, 적어도 하나의 매크로 단말, 적어도 하나의 피코 기지국 및 적어도 하나의 피코 단말을 포함하는 이중 네트워크에서, 국부적인 간섭 정렬을 이용한 간섭 제어 방법에 있어서,

상기 매크로 기지국로부터 상기 매크로 단말로의 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬에 포함된 부채널들 중 선택된 일부의 부채널들에 상기 매크로 기지국의 신호를 할당한 경우에,

상기 적어도 하나의 피코 기지국의 크로스 링크에 대한 채널 행렬에 대한 정보 및 상기 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬에 포함된 부채널들 중 선택되지 않은 부채널들에 대응하는 우특이 벡터들에 대한 정보를 획득하는 단계;

상기 선택된 일부의 부채널들에 대응하는 상기 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬의 우특이 벡터들이 스캔하는 열 공간을 도출하는 단계; 및

상기 도출된 열 공간을 이용하여 상기 적어도 하나의 피코 기지국으로부터 상기 매크로 단말로의 간섭을 정렬하

기 위한 상기 적어도 하나의 피코 기지국의 프리코딩 행렬을 추출하는 단계
를 포함하는 것을 특징으로 하는 국부적인 간섭 정렬을 이용한 간섭 제어 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 LTE-Advanced의 매크로 셀과 피코 셀 간 간섭과 같은 이중 네트워크에서의 간섭 제어 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 이중 네트워크(HetNet)가 무선 셀룰러 네트워크의 스펙트럼 효율을 향상시키기 위한 방법으로 주목을 받고 있다. 그러나, 기지국들이 기존의 배치보다 조밀하게 배치되기 때문에 셀 경계 지역에서는 셀 간 간섭에 의해 처리량(throughput)이 감소한다.

[0003] 이러한 셀 간 간섭을 효율적으로 제어하기 위한 기술 중 하나로, 간섭 정렬(IA)이 연구되어 왔다. 간섭 정렬에서 각 사용자는 간섭이 없을 때의 채널 용량의 반만큼 채널 용량을 확보할 수 있고 전체 시스템은 $K/2$ 에 해당하는 다중화 이득을 얻는다.

[0004] 그러나 간섭 정렬은 모든 송신기에서 전체 네트워크의 채널 정보를 알고 있어야 하고 송수신 행렬을 계산하기 위한 연산 복잡도가 크다는 문제를 갖는다. 또한 간섭 정렬은 다중화 이득을 확보하는 것이 목적이고 다중 안테나를 사용하더라도 배열 이득을 얻을 수 없다.

[0005] 또 다른 간섭 제어 기술로서 3GPP LTE-Advanced에서 표준화가 완료된 다중 지점 협력 전송(CoMP)을 고려할 수 있다. 간섭 정렬이 $K/2$ 의 다중화 이득을 얻을 수 있는 반면, CoMP 기술 중 하나인 joint transmission(CoMP-JT)은 최대의 다중화 이득을 얻을 수 있다. 그러나 CoMP-JT 또한 전체 채널 정보를 필요로 하며 전송 신호 공유를 위해 기지국들이 고속 백홀 링크로 연결되어 있어야 한다.

[선행 문헌]

S. Sun, Q. Gao, Y. Peng, and L. Song, "Interference management through CoMP in 3GPP LTE-Advanced networks," IEEE Wireless Communications, vol. 20, no. 2, pp. 59-66, 2013.

Q. H. Spencer, A. L. Swindlehurst, and M. Haardt, "Zero-forcing methods for downlink spatial multiplexing in multiuser MIMO channels," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 52, no. 2, pp. 461-471, 2004.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 실시예들은 이중 네트워크 전체의 채널 정보가 아니라 부분적인 채널 정보를 이용하여 매크로 기지국, 피코 기지국 등의 프리코딩 행렬을 도출함으로써, 기존의 문제점을 해결한다.

[0007] 본 발명의 실시예들은 프리코딩 행렬을 도출하거나 간섭 제거 행렬을 도출함에 있어서 보다 간단한 연산만으로도 가능하게 하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 매크로 기지국, 적어도 하나의 매크로 단말, 적어도 하나의 소형 기지국 및 적어도 하나의 소형 단말을 포함하는 이중 네트워크에서, 국부적인 간섭 정렬을 이용한 간섭 제어 방법은 상기 매크로 기지국로부터 상기 매크로 단말로의 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬에 포함된 부채널들 중 선택된 일부의 부채널들에 상기 매크로 기지국의 신호를 할당하는 단계; 선택되지 않은 부채널들에 대응하는 상기 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬의 우특이 벡터들이 형성하는 열 공간을 도출하는 단계; 및 상기 도출된 열 공간을 이용하여 상기 피코 기지국으로부터 상기 매크로 단말기로의 간섭을 정렬하기 위한 상기 피코 기지국의 프리코딩 행렬을 추출하는 단계를 포함한다.

[0009] 상기 방법은 상기 피코 기지국의 프리코딩 행렬을 이용하여 상기 피코 단말기에서 다른 기지국으로부터의 간섭

을 제거하기 위한 백색화 정합 필터를 계산하는 단계를 더 포함한다.

- [0010] 상기 피코 기지국의 프리코딩 행렬을 추출하는 단계는 상기 피코 기지국의 크로스 링크에 대한 채널 행렬에 대한 정보 및 상기 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬에 포함된 부채널들 중 선택되지 않은 부채널들에 대응하는 우특이 벡터들을 이용하여 상기 피코 기지국의 프리코딩 행렬을 추출하는 단계일 수 있다.
- [0011] 상기 매크로 단말로의 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬에 포함된 부채널들 중 1/2 개의 부채널들이 선택될 수 있다.
- [0012] 매크로 기지국, 적어도 하나의 매크로 단말, 적어도 하나의 소형 기지국 및 적어도 하나의 소형 단말을 포함하는 이중 네트워크에서, 국부적인 간섭 정렬을 이용한 간섭 제어 방법은 상기 매크로 기지국로부터 상기 매크로 단말로의 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬에 포함된 부채널들 중 선택된 일부의 부채널들에 상기 매크로 기지국의 신호를 할당할 경우에, 피코 기지국의 크로스 링크에 대한 채널 행렬에 대한 정보 및 상기 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬에 포함된 부채널들 중 선택되지 않은 부채널들에 대응하는 우특이 벡터들에 대한 정보를 획득하는 단계; 상기 선택된 일부의 부채널들에 대응하는 상기 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬의 우특이 벡터들이 스펜하는 열 공간을 도출하는 단계; 및 상기 도출된 열 공간을 이용하여 상기 피코 기지국으로부터 상기 매크로 단말기로의 간섭을 정렬하기 위한 상기 피코 기지국의 프리코딩 행렬을 추출하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0013] 본 발명의 실시예들은 이중 네트워크 전체의 채널 정보가 아니라 부분적인 채널 정보를 이용하여 매크로 기지국, 피코 기지국 등의 프리코딩 행렬을 도출함으로써, 기존의 문제점을 해결할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 실시예들은 프리코딩 행렬을 도출하거나 간섭 제거 행렬을 도출함에 있어서 보다 간단한 연산만으로도 가능하게 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 매크로 셀 및 피코 셀을 포함하는 이중 네트워크를 나타낸 도면이다.
- 도 2는 K 사용자 간섭 채널을 나타낸 도면이다.
- 도 3은 하나의 매크로 셀과 하나의 피코 셀을 포함하는 이중 네트워크에서 달성 가능한 전송률을 나타낸 그래프이다.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 간섭 제어 방법을 나타낸 동작 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 다양한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0017] 도 1은 매크로 셀 및 피코 셀을 포함하는 이중 네트워크를 나타낸 도면이다.
- [0018] 도 1에 도시된 바와 같이, 매크로 BS, 하나 이상의 피코 기지국, 하나 이상의 피코 UE(단말기)와 매크로 UE가 존재하는 이중 네트워크에서 매크로 UE가 매크로 BS에 의해 서빙되며, 피코 기지국과 인접해 있는 경우 매크로 UE는 피코 기지국에 의해 강한 간섭을 받는 반면 피코 UE는 매크로 기지국으로부터 약한 간섭만을 받는다.
- [0019] 이때 IA와 COMP-JT는 이 문제를 극복 할 수 있는 기술로 고려될 수 있다. 그러나 IA와 COMP-JT는 큰 피드백 오버 헤드와 연산 복잡도를 필요로 한다. 피코 UE는 고품질의 원하는 신호를 수신하고 약한 간섭만을 받기 때문에 더 간단한 간섭 관리 기술이 고려되어야 한다.
- [0020] 도 2는 K 사용자 간섭 채널을 나타낸 도면이다.
- [0021] 1. 시스템 모델
- [0022] 본 발명에서는 K개의 셀로 이루어진 이중 네트워크를 고려한다. 기지국과 단말기는 각각 M개의 송신 안테나와

N개의 수신 안테나를 갖는다. 또한, 본 발명은 매크로 기지국, 피코 기지국 등을 예로 들고 있으나, 피코 기지국은 펌프 기지국을 포함하는 개념으로 이해되어야 한다.

[0023] 설명의 단순화를 위해 각 기지국은 하나의 단말기만을 서비스하고 적은 용량을 갖는 백홀 링크를 통해 다른 기지국과 연결되어 있다고 가정한다. 이 때, 이러한 이중 네트워크는 그림 2와 같이 서로 다른 크로스 링크 이득을 갖는 K-사용자 MIMO 간섭 채널로 모델링 할 수 있다. 수신기에서의 간섭 제거를 위해 기지국은 $\min(M, N)$ 개의 최대 가용 공간 스트림 중 $d = \min(M, N)/2$ 개의 공간 스트림을 송신한다.

[0024] $\mathbf{F}_j \in \mathbb{C}^{M \times d}$ 는 기지국 j에서의 프리코딩 행렬을 의미하며 $\mathbf{F}_j^H \mathbf{F}_j = \mathbf{I}_d$ 를 만족한다. 이 때 위첨자 H와 $\mathbf{I}_d$ 는 각각 공액 전치와 $d \times d$ 단위 행렬을 의미한다. 그러면 단말기 k에서 수신된 신호는 다음과 같이 나타낸다.

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{H}_{kk} \mathbf{F}_k \mathbf{x}_k + \sum_{j \neq k} \sqrt{\alpha_{kj}} \mathbf{H}_{kj} \mathbf{F}_j \mathbf{x}_j + \mathbf{n}_k \quad (1)$$

[0025] 이 때 $\mathbf{H}_{kj} \in \mathbb{C}^{N \times M}$ 는 기지국 j와 단말기 k 사이의 채널 행렬을 의미한다. $\mathbf{x}_j \in \mathbb{C}^{d \times 1}$ 는 기지국 j에서 송신하는 송신 신호이고 전력 제한 조건 $E[\|\mathbf{x}_j\|^2] = P$ 을 만족한다. $\mathbf{n}_k \sim \text{CN}(\mathbf{0}, \mathbf{I}_N)$ 는 단말기 k에서의 부가 가우시안 잡음이다. α_{kj} 는 기지국 j와 단말기 k 사이의 상대적인 경로 손실을 의미하며 k=j일 때 $\alpha_{kj} = 1$ 이다.

[0026] 다른 기지국으로부터의 간섭은 간섭 제거 행렬 $\mathbf{G}_k \in \mathbb{C}^{N \times d}$ 에 의해 제거된다. 일단 프리코딩 행렬과 간섭 제거 행렬이 결정되면 각 단말기의 순시적인 달성 가능 전송률은 다음과 같다.

$$R_k = \log_2 \left| \mathbf{I}_d + P \mathbf{W}_k^{-1} \mathbf{H}_{kk} \mathbf{F}_k \mathbf{F}_k^H \mathbf{H}_{kk}^H \right| \quad (2)$$

$$\mathbf{W}_k = P \sum_{j=1, j \neq k}^K \alpha_{kj} \mathbf{H}_{kj} \mathbf{F}_j \mathbf{F}_j^H \mathbf{H}_{kj}^H + \mathbf{I}_N \quad (3)$$

[0027] 이때 $\mathbf{W}_k$ 는 단말기 k에서의 간섭 잡음 공분한 행렬이다.

[0028] 2. 이중 네트워크에서의 국부적인 간섭 정렬

[0029] 본 발명에서는 이중 네트워크에서 반복 연산을 필요로 하지 않으며 부분적인 채널 정보만을 필요로 하는 새로운

프리코딩 기법을 제안한다. 일반적으로 간섭 정렬은 네트워크 내의 전체 채널 정보와 반복 연산을 필요로 한다. 알고리즘의 수렴을 위한 연산의 반복 횟수는 최소 자승법과 같은 고속 알고리즘을 통해 줄일 수 있으나 송신기에서의 전체 채널 정보 획득을 위해서는 FDD 시스템의 경우 매우 높은 피드백 채널 용량을, TDD 시스템의 경우 매우 긴 훈련 시간을 필요로 한다.

[0033] 다른 간섭 제어 기술인 CoMP-JT도 전체 채널 정보를 필요로 하며 기지국 간의 전송 데이터 공유와 코히런트 전송을 위해 고속의 광 백홀 링크를 필요로 한다. 본 발명에서 고려하는 이중 네트워크에서는 각 단말기의 간섭 세기와 각 기지국의 송신 전력 차이 때문에 간섭 정렬과 CoMP-JT은 적절하지 않다. 매크로 기지국과 피코 기지국의 송신 전력 차이는 단말기에서의 간섭 레벨의 차이를 불러온다. 약한 간섭을 받는 단말기의 경우, 피드백 오버헤드와 연산 복잡도 측면에서 부적합하다.

[0034] 단일 사용자 MIMO 시스템에서, 최적의 프리코딩 방법은 특이값 분해를 통해 채널 행렬을 $\min(M, N)$ 개의 평행 부채널로 분해한다. 만일 이들 부채널의 반만큼만 사용된다면, 나머지 부채널은 간섭 정렬과 비슷하게 간섭을 위한 공간으로 사용될 수 있다.

[0035] 그림 2는 K-사용자 간섭 채널로서 본 발명에서 고려하는 이중 네트워크를 나타낸다. 송신기 1과 수신기 1은 각각 매크로 기지국과 매크로 단말기이고 나머지 송신기와 수신기는 각각 피코 기지국과 피코 단말기이다. 매크로 기지국은 다이렉트 링크의 평행 부채널 중 절반에 신호를 전송한다. 이때 매크로 기지국과 매크로 단말기의 프리코딩 행렬 및 간섭 제거 행렬은 각각 다음과 같다.

$$\mathbf{F}_1 = [\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \dots, \mathbf{v}_d], \quad (4)$$

$$\mathbf{G}_1 = [\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_d] \quad (5)$$

[0038] 이때 $\mathbf{H}_{11} = \mathbf{U}\Sigma\mathbf{V}^H$ 는 매크로 기지국과 매크로 단말기 사이의 채널 행렬의 특이값 분해이고 $\mathbf{v}_i$ 와

$\mathbf{u}_i$ 는 각각 $\mathbf{H}_{11}$ 의 i번째로 큰 특이값에 대한 좌 특이벡터와 우 특이벡터를 의미한다. 매크로 기지국의 전송

신호는 매크로 단말기에서 간섭 제거 행렬 $\mathbf{G}_1$ 에 의해 추출되므로, 피코 기지국으로부터의 간섭은 매크로 단

말기의 다이렉트 링크 채널 행렬의 d개의 우 특이벡터 $[\mathbf{u}_{d+1}, \mathbf{u}_{d+2}, \dots, \mathbf{u}_N]$ 가 형성하는 열공간으로 스패되어야 한다. 따라서, 피코 기지국으로부터의 간섭을 매크로 단말기의 간섭 공간으로 정렬시키기 위해서는 피코 기지국의 프리코딩 행렬은 다음과 같이 설계되어야 한다.

$$\mathbf{F}_j = \frac{(\mathbf{H}_{1j})^\dagger [\mathbf{u}_{d+1}, \mathbf{u}_{d+2}, \dots, \mathbf{u}_N]}{\|(\mathbf{H}_{1j})^\dagger [\mathbf{u}_{d+1}, \mathbf{u}_{d+2}, \dots, \mathbf{u}_N]\|_F}, \quad j \neq 1 \quad (6)$$

[0040] 여기서 위첨자 $\dagger$ 는 의사 역행렬을 의미한다. 피코 단말기에서는 다른 기지국으로부터의 간섭을 제거하기 위해 백색화 정합 필터가 사용된다

$$\mathbf{G}_k = \frac{\mathbf{W}_k^{-1} \mathbf{H}_{kj} \mathbf{F}_j}{\|\mathbf{W}_k^{-1} \mathbf{H}_{kj} \mathbf{F}_j\|_F}, \quad k \neq 1 \quad (7)$$

[0042]

제안된 방법에서, 매크로 기지국은 다이렉트 링크의 채널 행렬 $\mathbf{H}_{11}$ 을 필요로 하고, 피코 기지국 j 는 크로스 링크의 채널 행렬 $\mathbf{H}_{1j}$ 와 매크로 단말기의 다이렉트 링크 채널 행렬의 마지막 d 개의 우 특이벡터를 필요로 한

다. 매크로 단말기는 모든 j 에 대한 채널 행렬 $\mathbf{H}_{1j}$ 를 매크로 기지국으로 피드백한다. 그러면 매크로 기지국과 피코 기지국은 백홀 링크를 통해 이들 채널 정보를 공유한다. 피코 단말기는 어떠한 채널 정보도 피드백하지 않는다. 따라서 제안된 방법의 피드백 오버헤드는 간섭 정렬이나 CoMP-JT에 비해 현저히 감소한다. 또한 제안된 방법은 단 한번의 연산으로 프리코딩 행렬과 간섭 제거 행렬을 설계하기 때문에 연산 복잡도 또한 현저히 감소한다.

[0043]

그림 2와 같은 K -사용자 2×2 MIMO 간섭 채널에서 송신기 1과 수신기 1이 각각 매크로 기지국과 매크로 단말기일 때, 매크로 기지국은 가장 큰 특이값을 갖는 부채널만을 통해서 신호를 전송한다. 피코 기지국으로부터의 간섭은 사용되지 않은 부채널에 정렬된다. 따라서 매크로 단말기는 간섭이 없는 채널 용량을 확보할 수 있다. 또한 매크로 단말기는 $E[4]$ 만큼의 배열 이득과 4차 다이버시티 이득을 얻는다. 이 때 4 는 매크로 단말기의 다이렉트 링크 채널 행렬의 최대 고유값을 의미한다. 그러나 피코 단말기는 여전히 간섭의 영향을 받는다. 이러한 접근 방법은 크로스 링크의 이득과 다이렉트 링크의 이득이 같은 대칭 간섭 채널의 높은 SNR 영역에서는 적합하지 않다. 그러나 크로스 링크의 이득이 다이렉트 링크의 이득보다 훨씬 작은 이중 네트워크에서는, 다른 기지국으로부터의 간섭이 대칭 간섭 채널의 경우보다 현저히 약하며, 간섭 보다는 부가 잡음이 성능 저하의 주된 요인으로 작용한다. 따라서, 낮거나 중간 수준의 SNR 영역에서는, 피드백 오버헤드와 연산 복잡도, 백홀 링크 용량 및 달성 가능 전송률 저하 측면에서 제안된 방법이 간섭 정렬이나 CoMP-JT에 비해 더욱 효과적이다.

[0044]

3. 시뮬레이션

[0045]

도 3은 하나의 매크로 셀과 하나의 피코 셀을 포함하는 이중 네트워크에서 달성 가능한 전송률을 나타낸 그래프이다.

[0046]

몬테 카를로 시뮬레이션을 통해 본 발명을 통한 단말기의 달성 가능 전송률의 성능을 검증하고 간섭 정렬 및 CoMP-JT의 달성 가능 전송률 성능과 비교한다. 각각의 링크는 2×2 MIMO 채널을 가정하고 모든 채널 계수는 평균이 0이고 분산이 1인 i.i.d. 복소 가우시안 확률 변수라고 가정한다. 실제 이중 네트워크에서는 기지국마다 송신 전력이 서로 다르지만, 실험의 단순화를 위해 동일한 송신 전력을 갖는다고 가정한다. 그 대신 크로스 링크 이득 α_j 을 조절하여 이중 네트워크에 적합한 환경을 구성한다. 성능 비교를 위한 기존의 간섭 제어 기술로써 간섭 정렬과 CoMP-JT를 고려한다. 특히 간섭 정렬은 간섭 누출량 최소화 알고리즘을 사용하고, CoMP-JT는 블록 대각화(CoMP-JT-BD)를 사용한다. 공정한 성능 비교를 위해 CoMP-JT에서는 기지국 당 전력 제한 조건 대신 총 전력 제한 조건을 고려하며, 각 단말기에 하나의 공간 스트림을 전송한다.

[0047]

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 간섭 제어 방법을 나타낸 동작 흐름도이다.

[0048]

도4 를 참조하면, 매크로 기지국로부터 매크로 단말로의 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬을 계산한다(410).

[0049]

이 때, 매크로 기지국은 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬에 포함된 부채널들 중 채널 이득이 큰 일부의 부채널들을 선택한다(420). 선택된 일부의 부채널들에는 매크로 기지국의 신호가 할당되어 전송될 수 있으며, 전체 부채널들 중 1/2의 부채널들이 선택될 수 있다.

[0050]

그리고, 매크로 기지국은 매크로 기지국의 프리코딩 행렬을 계산한다(430). 그리고, 매크로 단말기는 간섭 제거 행렬을 계산한다(440).

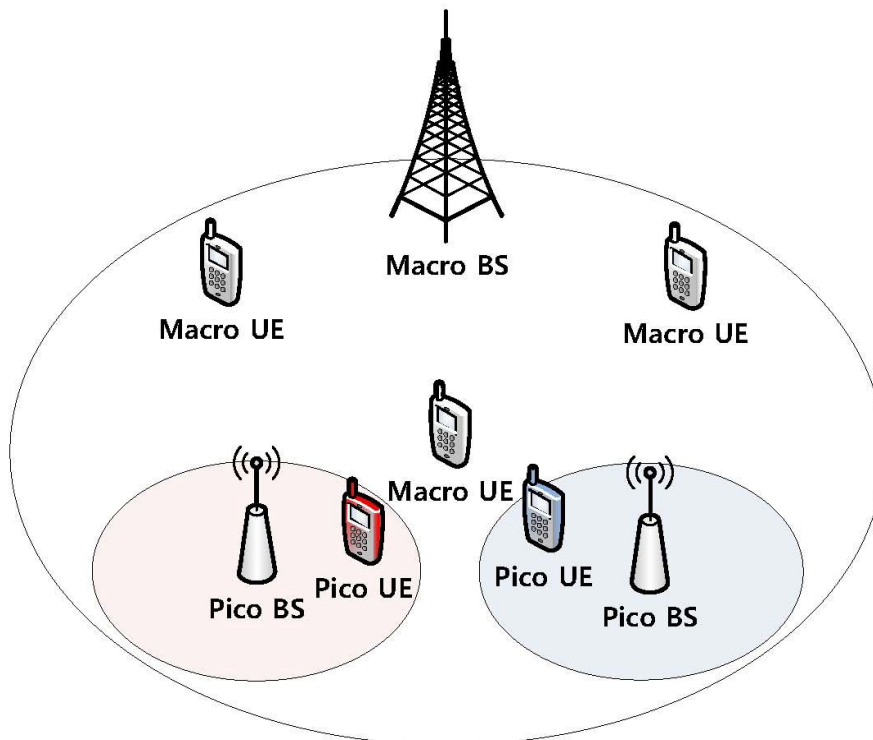
[0051]

또한, 피코 기지국은 선택되지 않은 부채널들에 대응하는 상기 다이렉트 링크에 대한 채널 행렬의 우특이 벡터들이 형성하는 열 공간을 도출한다(450).

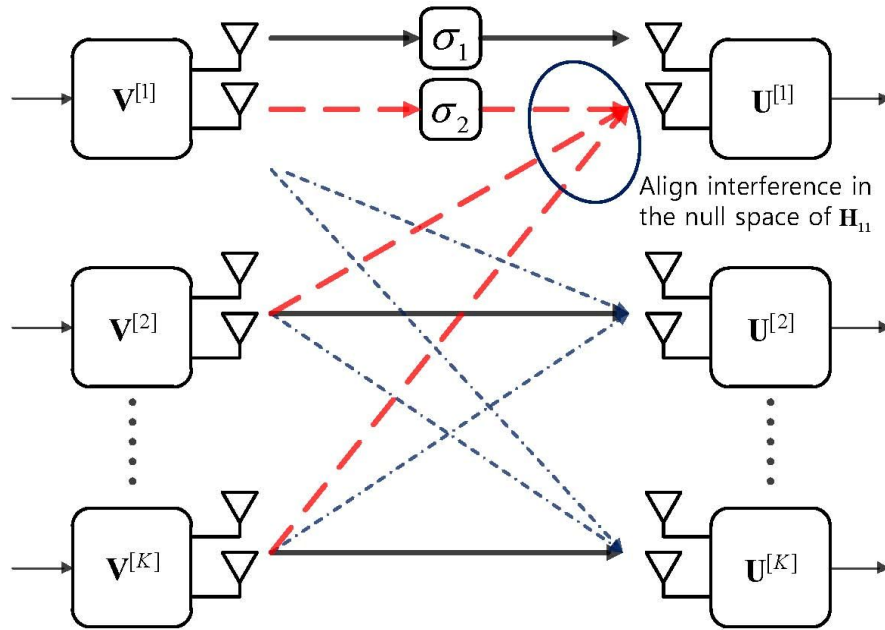
- [0052] 그리고, 피코 기지국은 크로스 링크에 대한 채널 행렬과 우특이 벡터들을 파악한다(460).
- [0053] 이 때, 피코 기지국은 상기 도출된 열 공간을 이용하여 상기 피코 기지국으로부터 상기 매크로 단말기로의 간섭을 정렬하기 위한 상기 피코 기지국의 프리코딩 행렬을 설계하며(470), 피코 단말기는 백색화 정합 필터를 도출한다(480)
- [0054] 본 발명에 따른 실시예들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 파일 데이터, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(Floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0055] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0056] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

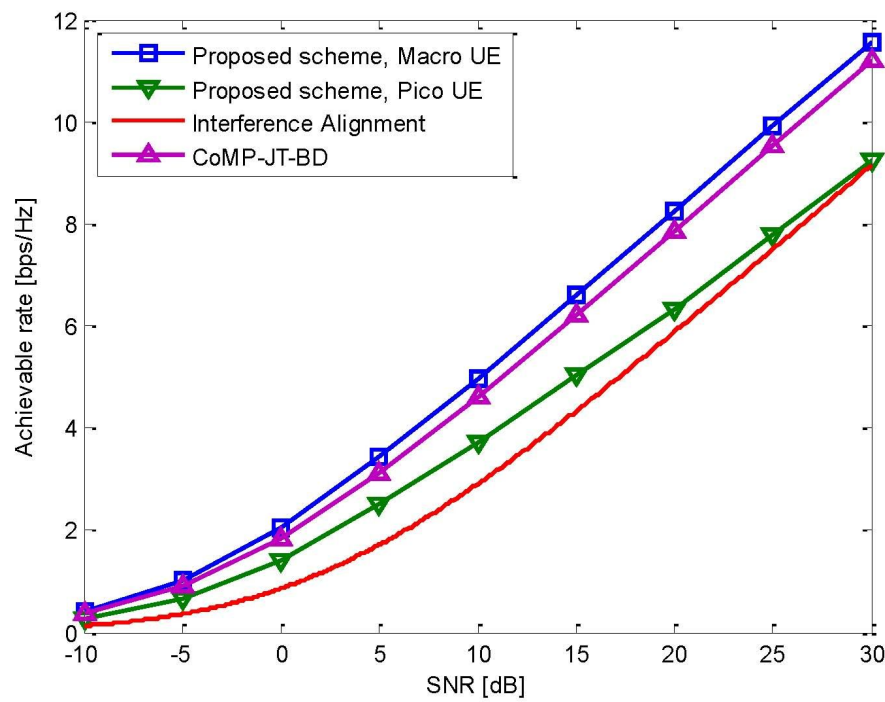
도면1



도면2



도면3



도면4

