



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0097255

(43) 공개일자 2015년08월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 15/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0018550

(22) 출원일자 2014년02월18일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

김동구

서울특별시 강남구 일원로 120 103동1104호 (일원동, 샘터마을아파트)

심재남

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 공학원 225D (신촌동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

송인호, 민영준, 최관락

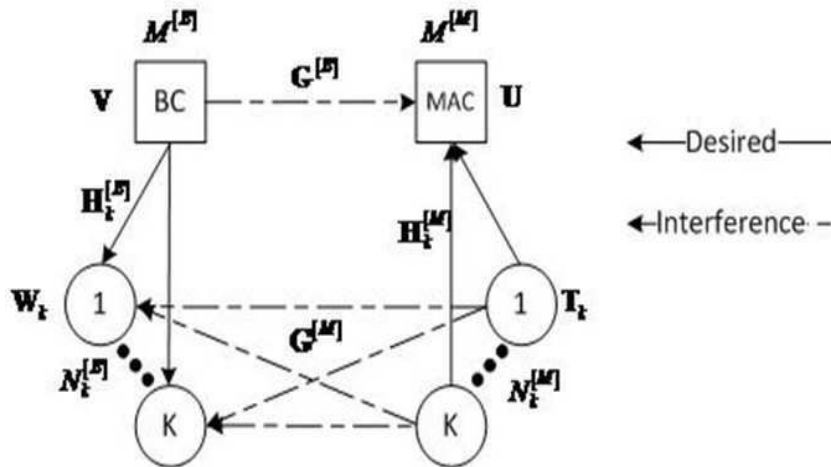
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 간섭 정렬 장치 및 방법

(57) 요약

상향 링크와 하향 링크가 인접하고 있을 경우 새로운 간섭 채널에서 간섭 제어로 인하여, 간섭 제어를 통한 전송률을 향상시키고 클로즈드 폼으로 구현되는 송수신기 설계 방법이 개시된다. 개시된 방법에 의하면, 상하향 링크의 동시 전송을 고려한 간섭 정렬이 이루어질 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김기연

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 3공학관 (신촌동)

장진영

서울특별시 서대문구 연세로 50 공학원 225D (신촌동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415107372

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 전자정보디바이스산업원천기술개발

연구과제명 고해상도 영상정보 수집용 Gbps급 초고속 초저전력 무선통신 SoC 연구

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교산학협력단

연구기간 2013.03.01 ~ 2014.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

상향 링크와 하향 링크가 인접하고 있을 경우 새로운 간섭 채널에서 간섭 제어로 인하여, 간섭 제어를 통한 전송률을 향상시키고 클로즈드 폼으로 구현되는 송수신기 설계 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 간섭 정렬 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 브로드캐스트 채널과 멀티플 액세스 채널의 동시 전송을 위한 간섭 정렬 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 10년 간, 고 용량 무선 데이터 통신의 요구와, 고속 무선 통신에 대한 요구 또한 폭증 하고 있다. 이제 맞춰서 새로운 무선 통신 기법이 개발 되어 왔고, 특히 다중 안테나 기술과 셀의 소형화에 따른 간섭 제어 기법이 각광을 받으며 여러 차세대 무선 통신 표준에서도 또한 고려 되고 있다. 특히나 셀의 소형화에 따라 상향 링크와 하향 링크를 동시에 서비스 하는 경우도 고려되고 있으며, 이 때에는 간섭이 새로운 문제로 대두 된다. 상향 링크 단말 노드는 인접셀의 하향 링크 단말 노드에게 간섭으로 작용하며, 하향 링크 기지국은 상향 링크 기지국에 간섭을 준다. 이 두 가지의 단말 간 간섭과 기지국 간 간섭은 기존에 존재 하지 않던 새로운 유형의 간섭을 고려 해야 한다

[0003] 간섭 정렬 기술에 대한 기존 연구는 네트워크 상황에 따라서 크게 2가지로 나뉘어서 진행 되었다. 첫째로, K-사용자 간섭 채널에 관한 연구가 있다. 간섭정렬의 가능성에 대해서 필요조건이 처음 제시 되었고, 이에 이어서 SISO에서 시간 축과 주파수 축에서 심볼 확장을 이용하여, 송수신 처리기를 설계 하는 방법이 제시되었다.

[0004] 또한, 추가적으로 심볼의 확장 없이 공간에서 간섭 정렬을 했을 경우에 달성 할 수 있는 DoF가 제시되기도 하였다. 주로 간섭 정렬 가능성에 대한 타진 연구가 주를 이루고 있다. 다음으로는, IF-BC/MAC에서의 간섭 정렬 기술이 연구 되어 왔으며, 제한적인 제한이 가능한 경우의 간섭 채널에 대한 송수신 필터 설계 방법에 대해서도 연구를 했다. 하지만 주로 간섭 정렬 송수신 필터 결정 방법은 iterative하게 결정하며, 특별한 네트워크 환경에서는 closed form으로 연구된 경우도 있었다. 하지만, 상 하향 링크의 동시 전송을 고려한 간섭 정렬 기술은 제시되지 않았다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명에서는 상하향 링크의 동시 전송을 고려한 간섭 정렬 장치 및 방법을 제안한다.

과제의 해결 수단

[0006] 상술한 목적을 달성하기 위해, 상향 링크와 하향 링크가 인접하고 있을 경우 새로운 간섭 채널에서 간섭 제어로 인하여, 간섭 제어를 통한 전송률을 향상시키고 클로즈드 폼으로 구현되는 송수신기 설계 방법이 제공된다.

발명의 효과

[0007] 본 발명에 의하면, 상하향 링크의 동시 전송을 고려한 간섭 정렬이 이루어질 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 일 실시예 따른 상하향 링크 동시 전송을 위한 시스템 모델을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 간섭 정렬 장치 및 방법을 제안한다.

하향 링크와 상향 링크의 서비스를 받게 되는 사용자 수는 모두 각각 K로 같다.

여기서, 하향 링크 기지국의 안테나 개수는 $M^{[B]}$ 이고, 상향 링크 기지국 안테나 수 역시 $M^{[M]}$ 이며, 각 사용자들의

$$N_k^{[B]} = N_k^{[M]} = K, \forall k \in \{1, \dots, K\}$$

안테나 수는 $N_k^{[B]} = N_k^{[M]} = K, \forall k \in \{1, \dots, K\}$ 으로 모두 같다. 각 사용자들은 한 개의 데이터 스트림을 서비스

받게 된다. 여기서 $\mathbf{V} \in \mathbb{C}^{M^{[B]} \times K}$ 는 하향 기지국의 송신 프리코더를 의미하고, $\mathbf{W}_k \in \mathbb{C}^{N_k^{[B]} \times 1}$ 는 상향 기

지국의 수신 선형 처리기이다. 그리고, $\mathbf{T}_k \in \mathbb{C}^{N_k^{[M]} \times 1}$ 는 k번째 상향링크 송신기 노드의 송신 프리코더이고,

$\mathbf{W}_k \in \mathbb{C}^{N_k^{[B]} \times 1}$ 는 k번째 하향 링크 수신 노드의 선형 처리기이다.

그리고, $\mathbf{H}_k^{[B]} \in \mathbb{C}^{N_k^{[B]} \times M^{[B]}}$, $\mathbf{G}^{[B]} \in \mathbb{C}^{M^{[M]} \times M^{[B]}}$ 는 각각 k번째 하향 링크의 채널, 기지국간 간섭 채널 그리고

$\mathbf{H}_k^{[M]} \in \mathbb{C}^{N_k^{[M]} \times M^{[M]}}$, $\mathbf{G}_{k,l}^{[M]} \in \mathbb{C}^{N_k^{[B]} \times N_l^{[M]}}$ 는 k번째 상향 링크의 채널과 k 번째 하향 링크 노드와 l번째 상향링크 노드간 간섭 채널을 각각 의미한다. 위와 같은 네트워크 환경에서 송수신 신호는 다음과 같이 쓸 수 있다. 상향 기지국의 수신 신호는 다음의 수학적 1과 같이 정의된다.

수학적 1

$$\mathbf{y}^{[M]} = \mathbf{G}^{[B]} \mathbf{V}_x^{[B]} + \sum_{k=1}^K \mathbf{H}_k^{[M]} \mathbf{T}_k^{[M]} x_k^{[M]} + \mathbf{n}^{[M]}$$

$$\mathbf{U}^\dagger \mathbf{y}^{[M]} = \mathbf{U}^\dagger \mathbf{G}^{[B]} \mathbf{V}_x^{[B]} + \mathbf{U}^\dagger \sum_{k=1}^K \mathbf{H}_k^{[M]} \mathbf{T}_k^{[M]} x_k^{[M]} + \mathbf{U}^\dagger \mathbf{n}^{[M]}$$

위 수학적 1에서, $\mathbf{n}^{[M]} \in \mathbb{C}^{M^{[M]} \times 1}$ 는 각 원소간 상관관계가 없는 AWGN이다. 마찬가지로 k번째 하향링크 노드의 수신 신호는 다음의 수학적 2와 같이 정의된다.

수학적 2

$$\mathbf{y}_k^{[B]} = \mathbf{H}_k^{[B]} \mathbf{V}_x^{[B]} + \sum_{l=1}^K \mathbf{G}_{k,l}^{[M]} \mathbf{T}_l x_l^{[M]} + \mathbf{n}_k^{[B]}$$

$$\mathbf{W}_k^\dagger \mathbf{y}_k^{[B]} = \mathbf{W}_k^\dagger \mathbf{H}_k^{[B]} \mathbf{V}_x^{[B]} + \mathbf{W}_k^\dagger \sum_{l=1}^K \mathbf{G}_{k,l}^{[M]} \mathbf{T}_l x_l^{[M]} + \mathbf{W}_k^\dagger \mathbf{n}_k^{[B]}$$

[0016] 송수신 신호의 간섭 정렬 기준은 다음과 같다. 우선 기지국간 간섭은 다음의 수학적 식 3과 같다.

수학적 식 3

$$\mathbf{U}^{\dagger} \mathbf{G}^{[B]} \mathbf{V} = \mathbf{0}$$

[0017]

[0018] 위 수학적 식 3과 같이 상향 하향 기지국의 선형 전 처리기와 후 처리기를 통해서 기지국간 간섭을 제거해야 한다. 또한 상향 기지국은 상향 링크 노드들의 송신 신호를 구분 하기 위해서 혹은 하향 링크 노드가 자신의 신호를 구분 하기 위해서는 다음의 수학적 식 4 및 수학적 식 5와 같은 조건을 만족해야 한다.

수학적 식 4

$$\text{rank} \left(\mathbf{U}^{\dagger} \sum_{k=1}^K \mathbf{H}_k^{[M]} \mathbf{T}_k \right) = K$$

[0019]

수학적 식 5

$$\text{rank} \left(\mathbf{W}_k^{\dagger} \mathbf{G}_{k,l}^{[M]} \mathbf{T}_l \right) = 1, \forall k, l \in \{1, \dots, K\}$$

[0020]

[0021] 수학적 식 4는 상향링크 기지국에서 상향링크 단말들의 신호를 구분하기 위해서 필요한 랭크 조건이며, 수학적 식 5는 하향 링크 단말이 간섭을 제외한 랭크가 자신의 신호를 받을 수 있는 하나의 랭크가 있어야 한다는 조건이다. 위의 조건을 만족 시키는 송 수신 프리코더를 제안하고, 제한적 채널 정보 교환을 위한 기술을 제안한다.

[0022] 기지국간 간섭 처리하는 방법은 크게 2가지로 제안 할 수 있다. 기지국의 안테나가 서로간의 간섭을 공간에서 처리 할 수 있을 경우에는 공간에서 간섭을 제거 한다. 예를 들어 총 3명의 사용자가 각 상향 하향 링크에 있고, 상향 링크 안테나가 $M^{[U]}=3$, 하향 링크 기지국 안테나가 $M^{[B]}=6$ 이면, 하향 링크 기지국에서 상향 링크로부터 간섭을 공간에서 제거하고 송신할 수 있으며 반대로 상향 링크 기지국 안테가 개수가 6개, 하향 링크 기지국 안테나 수가 3개일 경우에는 상향 링크 기지국 안테나에서 수신 후 처리기로 간섭을 제거할 수 있다.

[0023] 혹은, 간섭을 제거 하는 다른 방법을 제안 할 수 있다. 기지국간 간섭 채널 $G^{[B]}$ 는 기지국과 고정되어 있으므로, 채널 변화가 거의 없고, 기지국은 단말 보다 계산할 수 있는 능력이 더 크기 때문에, 채널 추정 역시 거의 완벽 하게 할 수 있다. 또한, 하향링크 기지국의 전송 데이터를 상향링크 기지국과 공유 할 수 있다. 따라서 상향 링크 기지국에서는 하향 링크 기지국으로부터의 채널과 데이터를 이용해서 기지국간 간섭은 다음이 수학적 식 6과 같이 정의된다.

수학적 식 6

$$\mathbf{y}^{[M]} = \underbrace{\mathbf{G}^{[B]} \mathbf{V}_x^{[B]}}_{\text{Cancellation}} + \sum_{k=1}^K \mathbf{H}_k^{[M]} \mathbf{T}_k^{[M]} x_k^{[M]} + \mathbf{n}^{[M]}$$

[0024]

[0025]

이어서 단말간 간섭을 제거하기 위해서는 간섭 정렬 기법을 통해서 제거 할 수 있으며, 다음과 같은 경우에는 특별하게 closed form 송수신 필터 설계가 가능하다. 모든 상향 하향 링크 내의 단말 노드의 안테나 수가

$$N_k^{[B]} = N_k^{[M]} = K, k \in \{1, \dots, K\}$$

개로 같으며, 모든 노드들은 1개의 신호 스트림을 서비스 받을 경우에 가능하다. 이때에, 간섭 정렬 송수신 필터는 다음과 같이 설정 할 수 있다. 우선 전체 단말간 간섭 채널은 다음의 수학식 7과 같이 정의된다.

수학식 7

$$\mathbf{G}^{[M]} = \begin{bmatrix} \mathbf{G}_{11}^{[M]} & \mathbf{G}_{12}^{[M]} & \dots & \mathbf{G}_{1K}^{[M]} \\ \mathbf{G}_{21}^{[M]} & \mathbf{G}_{22}^{[M]} & \dots & \mathbf{G}_{2K}^{[M]} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{G}_{K1}^{[M]} & \mathbf{G}_{K2}^{[M]} & \dots & \mathbf{G}_{KK}^{[M]} \end{bmatrix}$$

[0026]

[0027]

위 수학식 7의 간섭 채널을 통해 다음의 수학식 8이 구해질 수 있다.

수학식 8

$$\mathbf{B}^{-1} \mathbf{G}^{[M]} - \mathbf{I} = \begin{bmatrix} 0 & \mathbf{G}_{11}^{[M]-1} \mathbf{G}_{12}^{[M]} & \dots & \mathbf{G}_{11}^{[M]-1} \mathbf{G}_{1K}^{[M]} \\ \mathbf{G}_{22}^{[M]-1} \mathbf{G}_{21}^{[M]} & 0 & \dots & \mathbf{G}_{22}^{[M]-1} \mathbf{G}_{2K}^{[M]} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{G}_{KK}^{[M]-1} \mathbf{G}_{K1}^{[M]} & \mathbf{G}_{KK}^{[M]-1} \mathbf{G}_{K2}^{[M]} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

[0028]

[0029]

또한, 위 수학식 8에서 B는 다음의 수학식 9와 같이 정의될 수 있다.

수학식 9

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \mathbf{G}_{11}^{[M]} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \mathbf{G}_{22}^{[M]} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \mathbf{G}_{KK}^{[M]} \end{bmatrix}$$

[0030]

[0031]

또한, 송신 처리기는 다음의 수학식 10과 같이 결정할 수 있다.

수학식 10

$$\mathbf{T}_k = \left[\text{eig} \left(\mathbf{B}^{-1} \mathbf{G}^{[M]} - \mathbf{I} \right) \right]_{(:,k)}$$

[0032]

여기서, $\text{eig}(\mathbf{D})$ 는 행렬 \mathbf{D} 의 eigen vectors들을 의미하고, $[\mathbf{D}]_{(:,k)}$ 는 행렬 \mathbf{D} 의 k 번째 열벡터를 의미한다.

[0033]

채널 추정을 위한 단말간 Pilot을 설정 해야 한다. 하향링크 단말들의 pilot을 상향 링크 단말들이 알아야 한다. 크게 2가지로 pilot 전송 및 측정 방법을 제안한다.

[0034]

상향 링크 단말이 자신의 채널 정보 $H_k^{[M]}$ 을 측정하기 위해 pilot을 전송 하게 되는데, 이를 하향 링크 사용자 모두가 공유 하게 되면 k 번째 하향 링크 사용자는 관련된 채널 $\mathbf{G}_{kl}^{[M]}, \forall l \in \{1, \dots, K\}$ 을 추정하게 된다.

[0035]

또한, 각 상향 링크 노드가 하향 링크 노드를 위한 pilot을 따로 배정 할 수도 있다. 이는 자신의 채널 정보 $H_k^{[M]}$ 을 추정 하기 위한 pilot과는 다르게 단말간 채널을 추정 하기 위한 pilot을 따로 정의할 수 있다.

[0036]

채널 추정을 할 경우에 채널 추정을 하기 위한 채널을 D2D링크와 같이 따로 전용적으로 생성하여 사용할 수도 있다.

[0037]

k 번째 하향 노드는 자신과 관련 된 간접 채널 $\mathbf{G}_{kl}^{[M]}, \forall l \in \{1, \dots, K\}$ 을 추정하고, 이를 통해서 $\mathbf{G}_{kk}^{[M]-1} \mathbf{G}_{kl}^{[M]}, \forall k, l \in \{1, \dots, K\}$ 정보를 양자화 정보로 혹은 아날로그로 변환하게 된다. 여기서 변환 정보를 수신 하게 되는 주체는 하향 링크 기지국 혹은 상향 링크 기지국 이 될 수 있으며, 직접적으로 상향 링크 단말들에게 전달 하는 방식이 될 수도 있다.

[0038]

채널 정보를 이용하여 송신 프리코더를 계산하는 주체는 여러 가지가 될 수 있다. 만약, 채널 정보를 하향 링크

기지국에서 취합하게 되면 변환된 $\mathbf{G}_{kk}^{[M]-1} \mathbf{G}_{kl}^{[M]}, \forall k, l \in \{1, \dots, K\}$ 정보를 가지고 모든 상향 링크 단말의 (10)을 계산하여, 상향 링크 기지국에 알려주고, 상향 링크 단말들에게 모두 알려주는 방식을 생각 할 수 있다. 혹은 하향 링크 기지국이 바로 상향 링크 단말들에게 알려 줄 수도 있다. 또한, 간접 채널 정보를 상향 링크 기지국에 직접 변환 하여 역시 모든 상향 링크 단말의 (10)을 계산하여, 상향 링크 단말들에게 알려 줄 수도 있다. 또한 하향 링크 단말이 채널 정보를 상향 링크 단말들에게 직접 변환 할 수 있다. 이에 따라 변환 된 정보로 각 하향 링크 단말이 (10)을 계산하여 다시 상향 링크 단말들에게 알려 줄 수 도 있다. 혹은 상향링크 단말이 간접 채널 정보를 상 하향 노드 들에게 모두 알려 줘서 (10)을 모든 상 하향 노드들이 동시에 계산하여 사용할 수도 있다.

[0039]

도면

도면1

