



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0058314
(43) 공개일자 2017년05월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/06 (2017.01)

(52) CPC특허분류
H04B 7/0617 (2013.01)
H04B 7/0632 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0154043

(22) 출원일자 2016년11월18일

심사청구일자 없음

(30) 우선권주장

1020150162153 2015년11월18일 대한민국(KR)

(71) 출원인

한국전자통신연구원

대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

좌혜경

대전광역시 유성구 가정로 63, 106동 703호 (신성동, 럭키하나아파트)

양현중

울산광역시 울주군 범서읍 대리로 15-17, 707동 1002호 (구영우미린2차아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

팬코리아특허법인

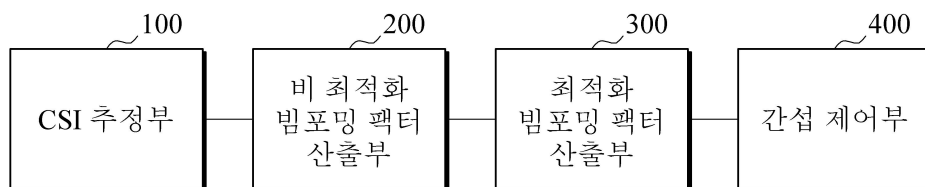
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 다중 안테나 빔포밍을 이용하여 소형셀 기지국 간의 간섭 제어할 수 있는 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어장치 및 그 방법에 관한 것으로서, CSI 추정부, 비 최적화 빔포밍 팩터 산출부, 최적화 빔포밍 팩터 산출부, 간섭 제어부를 포함할 수 있으며, 소형셀 하향링크 시스템에서 기지국 간 제한된 정보교환을 가정하고, 각 기지국은 자신으로부터 나가는 채널 값이나, 자신으로 들어오는 채널 값만을 안다고 가정함으로써 최적화 빔포밍 팩터를 산출하여 소형셀 기지국 간의 간섭을 제어하는 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어장치 및 그 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

나지현

대전광역시 유성구 어은로 57, 133동 1505호 (어은동, 한빛아파트)

문정모

대전광역시 유성구 대덕대로 594, 803호 (도룡동, 타워코리아나주상복)

신무용

대전광역시 유성구 상대남로 26, 918동 703호 (상대동, 도안신도시9블록 트리폴시티아파트)

권동승

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 204동 1304호 (전민동, 엑스포아파트)

김명언

부산광역시 영도구 남항새싹길 79, 4동 502호 (영선동4가, 대원아파트)

김유진

인천광역시 부평구 충선로 50-1, 2층 (부개동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R0101-15-244

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 방송통신산업기술개발

연구과제명 (대형통합) 초연결 스마트 서비스를 위한 5G 이동통신 핵심 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국전자통신연구원.

연구기간 2015.03.01 ~ 2016.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

파일럿 신호를 이용하여 주변 기지국의 CSI를 추정하는 CSI 추정부;

상기 CSI를 이용하여 최적화 할 기지국을 제외한 나머지 기지국들에 대한 간섭 영향도를 1로 설정하여 비 최적화 빔포밍 팩터를 산출하는 비 최적화 빔포밍 팩터 산출부;

상시 산출한 비 최적화 빔포밍 팩터를 이용하여 각 기지국의 총 도달가능 합계를 극대화 시키는 최적화 할 기지국의 최적화 빔포밍 팩터를 산출하는 최적화 빔포밍 팩터 산출부; 및

상기 산출된 최적화 빔포밍 팩터를 이용하여 간섭을 제어하는 간섭 제어부를 포함하는 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 간섭제어를 위하여 Weighted Min-GI 기법을 이용하는 것을 특징으로 하는 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

SNR이 증가할수록 간섭제어로 인한 성능이 향상되는 것을 특징으로 하는 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어장치.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 최대 성능을 위하여 SNR을 3dB이상으로 유지하는 것을 특징으로 하는 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어장치.

청구항 5

파일럿 신호를 이용하여 주변 기지국의 CSI를 추정하는 단계;

상기 CSI를 이용하여 최적화 할 기지국을 제외한 나머지 기지국들에 대한 간섭 영향도를 1로 설정하여 비 최적화 빔포밍 팩터를 산출하는 단계;

상시 산출한 비 최적화 빔포밍 팩터를 이용하여 각 기지국의 총 도달가능 합계를 극대화 시키는 최적화 할 기지국의 최적화 빔포밍 팩터를 산출하는 단계; 및

상기 산출된 최적화 빔포밍 팩터를 이용하여 간섭을 제어하는 단계를 포함하는 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 간섭제어를 위하여 Weighted Min-GI 기법을 이용하는 것을 특징으로 하는 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

SNR이 증가할수록 간섭제어로 인한 성능이 향상되는 것을 특징으로 하는 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 최대 성능을 위하여 SNR을 3dB이상으로 유지하는 것을 특징으로 하는 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 하향링크 소형셀 이동통신 시스템에서 셀 간 간섭을 줄이기 위한 다중 안테나 기지국의 빔포밍 기술에 관한 것으로, 보다 상세하게는 다중 안테나 빔포밍을 이용하여 소형셀 기지국 간의 간섭 제어할 수 있는 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 다중 안테나와 소형 셀 (small cell) 기법은 차세대 이동통신의 전송률을 증대시키는데 필요한 핵심 기술로 주목 받고 있다.
- [0003] 특히, 소형셀 기법은 소형의 기지국을 촘촘하게 설치하여 사용자 단말과 기지국의 거리를 좁힘으로써 채널의 이득을 증대시키고, 그 결과 시스템 전송률이 증대되게 된다.
- [0004] 하지만 셀 밀도를 증가시키면 소형 셀간 간섭이 커지는 문제가 발생하게 되므로 소형 셀 시스템의 전송률을 극대화 하기 위해서는 셀간 간섭 문제를 해결하는 것이 가장 중요하다.
- [0005] 다중 안테나 기술은 빔포밍 기술을 이용하여 전송률을 증대하거나, 간섭을 줄이는 핵심 기술으로써 기지국 간 제한 없는 정보 교환이 가능하다면, 모든 채널 정보 (channel state information (CSI))를 모든 통신 노드가 안다고 가정하고 (예를들어 global CSI 등) 최적의 빔포밍 기법을 찾는 기술이 존재한다.
- [0006] 하지만 이러한 상술한 global CSI의 가정은 옆 셀의 기지국과 옆 셀의 사용자 단말의 채널까지도 모든 기지국이 알아야 한다는 가정을 포함하기 때문에, 현실적으로 사용되기 어렵다.
- [0007] 또한 통상 기지국 간에는 제한된 전송률과 제한된 지연성능을 가지는 백홀이 존재하고, 기지국 간 주고 받을 수 있는 정보량은 매우 제한적이라는 한계가 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 소형셀 하향링크 시스템에서 기지국 간 제한된 정보교환을 가정하고, 각 기지국은 자신으로부터 나가는 채널 값이나, 자신으로 들어오는 채널 값만을 안다고 가정함으로써 최적화 빔포밍 팩터를 산출하여 소형셀 기지국 간의 간섭을 제어하는 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어장치 및 그 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 실시 예에 따르면 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어장치는 파일럿 신호를 이용하여 주변 기지국의 CSI를 추정하는 CSI 추정부; 상기 CSI를 이용하여 최적화 할 기지국을 제외한 나머지 기지국들에 대한 간섭 영향도를 1로 설정하여 비 최적화 빔포밍 팩터를 산출하는 비 최적화 빔포밍 팩터 산출부; 상기 산출한 비 최적화 빔포밍 팩터를 이용하여 각 기지국의 총 도달가능 합계를 극대화 시키는 최적화 할 기지국의 최적화 빔포밍 팩터를 산출하는 최적화 빔포밍 팩터 산출부; 및 상기 산출된 최적화 빔포밍 팩터를 이용하여 간섭을 제어하는 간섭 제어부를 포함할 수 있다.
- [0010] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 상기 간섭제어를 위하여 Weighted Min-GI 기법을 이용할 수 있다.

- [0011] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 SNR이 증가할수록 간접제어로 인한 성능이 향상될 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 상기 최대 성능을 위하여 SNR을 3dB이상으로 유지할 수 있다.
- [0013] 본 발명에 따르면 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어방법은 파일럿 신호를 이용하여 주변 기지국의 CSI를 추정하는 단계; 상기 CSI를 이용하여 최적화 할 기지국을 제외한 나머지 기지국들에 대한 간섭 영향도를 1로 설정하여 비 최적화 빔포밍 팩터를 산출하는 단계; 상기 산출한 비 최적화 빔포밍 팩터를 이용하여 각 기지국의 총 도달가능 합계를 극대화 시키는 최적화 할 기지국의 최적화 빔포밍 팩터를 산출하는 단계; 및 상기 산출된 최적화 빔포밍 팩터를 이용하여 간섭을 제어하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 상기 간섭제어를 위하여 Weighted Min-GI 기법을 이용할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 SNR이 증가할수록 간접제어로 인한 성능이 향상될 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 상기 최대 성능을 위하여 SNR을 3dB이상으로 유지할 수 있다.

발명의 효과

- [0017] 본 발명에 따르면 Weighted Min-GI 기법을 사용하여 최적화 빔포밍 팩터를 산출하여 소형셀 기지국 간의 간섭을 제어함으로써 SNR이 3dB보다만 높으면 다른 기법을 사용하는 것보다 우수한 성능을 보일 수 있으며, 셀 간 간섭을 제한된 정보 교환만을 통해 효과적으로 줄이면서, SNR이 증가할수록 성능 이득이 커지는 효과가 발생할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어장치를 이용한 소형 셀 네트워크 시스템을 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어장치의 구성도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따라 Weighted Min-GI 기법을 사용하는 경우와 다른 기법을 사용하는 경우의 성능의 차이를 보여주는 그래프이다.
- 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어 방법을 나타낸 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 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.
- [0020] 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0021] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0022] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예에 따른 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어 장치 및 그 방법에 대하여 설명한다.
- [0023] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어장치를 이용한 소형 셀 네트워크 시스템을 나타낸 도면이다.
- [0024] 도 1을 참조하면 소형셀 네트워크(MISO)의 시스템 모델이다. 제한된 전송률로 인하여 각각의 기지국은 자신이 보낸 채널 값과 자신이 받은 채널 값을 알 수 있다고 가정한다.

N_C

N_T

- [0025] 도 1과 같이 N_C 개의 소형셀이 있고, 각각의 소형셀마다 N_T 개의 안테나가 존재하는 실시 예에 따르면 i 번째 기

지국에서 j 번째 사용자에게 보내는 신호의 채널 벡터를 $\mathbf{h}_{ij}$, i 번째 기지국에서의 빔포밍 벡터를 $\mathbf{w}_i$ 이라고 정의하면 각각의 소형셀에서의 수신 신호는 아래의 수학적 식 1과 같다.

수학적 식 1

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

이 때, i 번째 소형셀 기지국에서 SINR(Signal-to-interference-plus-noise ratio)은 아래의 수학적 식 2과 같으며, i 번째 소형셀 기지국에서 총 도달가능 합계(total achievable sum-rate)는 아래의 수학적 식 3과 같다.

수학적 식 2

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

수학적 식 3

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

본 발명의 일 실시 예에 따르면 각각 소형셀 기지국에서의 총 도달가능 합계에 따라 간섭영향의 정도가 달라질 수 있으며 간섭영향의 정도를 β_i 로 나타내며, 이 때의 weighted generating-interference (WGI)는 다음 수식 4와 같다.

수학적 식 4

$$\Omega_i = \sum_{j=1, j \neq i}^{N_C} \beta_{ij} |\mathbf{h}_{ij}^H \mathbf{w}_i|^2, \sum_{j=1, j \neq i}^{N_C} \beta_{ij} = 1$$

수학적 식 4에서 GI를 최소화하기 위한 빔포밍 벡터는 아래 수식 5와 같이 디자인될 수 있다.

수학식 5

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

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

$$\mathbf{G}_i = \begin{bmatrix} \sqrt{\beta_{i1}} \mathbf{h}_{i1}^H \\ \vdots \\ \sqrt{\beta_{i(i-1)}} \mathbf{h}_{i(i-1)}^H \\ \sqrt{\beta_{i(i+1)}} \mathbf{h}_{i(i+1)}^H \\ \vdots \\ \sqrt{\beta_{iN_C}} \mathbf{h}_{iN_C}^H \end{bmatrix} \in \mathbb{C}^{(N_C-1) \times N_T}$$

도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어장치(1000)의 구성도이다.

도 2를 참조하면 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어장치(1000)는 CSI 추정부(100), 비 최적화 빔포밍 팩터 산출부(200), 최적화 빔포밍 팩터 산출부(300), 간섭 제어부(400)를 포함할 수 있다.

CSI 추정부(100)는 파일럿 신호를 이용하여 주변 기지국의 CSI를 추정할 수 있다.

본 발명의 일 실시 예에 따르면 CSI(channel state information)는 local CSI를 사용할 수 있다.

비 최적화 빔포밍 팩터 산출부(200)는 CSI를 이용하여 최적화 할 기지국을 제외한 나머지 기지국들에 대한 간섭 영향도를 1로 설정하여 비 최적화 빔포밍 팩터를 산출할 수 있다.

여기서 비 최적화 빔포밍 팩터(β_j)는 β_i 값들을 i 번째 기지국에 대해서만 최적화시키고, 나머지 기지국들에 대한 β_j 값들은 1로 설정했을 때의 j 번째 기지국의 빔포밍 벡터를 의미할 수 있다.

본 발명의 일 실시 예에 따르면 β_i 의 값을 결정하기 위해서 수학식 3을 이용하여 합 전송률을 극대화 하는 문제를 풀 수 있으며, 이를 위해서는 i 번째 기지국이 다른 기지국에 속해있는 단말들의 SINR값들을 모두 알아야 하는데 local CSI에서는 자신과 관련된 채널 값들만을 알 수 있으므로 오직 i 번째 채널만을 고려하여 w_k 를 디자인할 수 있다.

이 때 i 번째 채널만을 고려했을 경우 SINR을 아래의 수학식 6에서의 ρ 와 같이 산출할 수 있다.

수학식 6

$$\rho_i = \frac{|\mathbf{h}_{ii}^H \mathbf{w}_i|^2}{\sum_{j=1, j \neq i}^{N_C} |\mathbf{h}_{ji}^H \hat{\mathbf{w}}_j|^2 + N_0} \geq 0,$$

$$\rho_j = \frac{|\mathbf{h}_{jj}^H \hat{\mathbf{w}}_j|^2}{|\mathbf{h}_{ij}^H \mathbf{w}_i|^2 + \sum_{k=1, k \neq i, j}^{N_C} |\mathbf{h}_{ki}^H \hat{\mathbf{w}}_k|^2 + N_0}$$

[0043]

[0044] 수학식 6에서의 ρ_j 는 $\|\mathbf{G}_i \mathbf{w}_i\|_2 \leq \|\hat{\mathbf{G}}_i \hat{\mathbf{w}}_i\|_2$ 에 따라 아래 7과 같은 계산과정을 가지게 된다.

수학식 7

$$\begin{aligned} \rho_j &= \frac{|\mathbf{h}_{jj}^H \hat{\mathbf{w}}_j|^2}{|\mathbf{h}_{ij}^H \mathbf{w}_i|^2 + \sum_{k=1, k \neq i, j}^{N_C} |\mathbf{h}_{kj}^H \hat{\mathbf{w}}_k|^2 + N_0} \\ &\geq \frac{|\mathbf{h}_{jj}^H \hat{\mathbf{w}}_j|^2}{\frac{\|\hat{\mathbf{G}}_i \hat{\mathbf{w}}_i\|_2^2}{\beta_{ij}} + \sum_{k=1, k \neq i, j}^{N_C} |\mathbf{h}_{ki}^H \hat{\mathbf{w}}_k|^2 + N_0} \\ &= \frac{\beta_{ij} \cdot |\mathbf{h}_{jj}^H \hat{\mathbf{w}}_j|^2}{\|\hat{\mathbf{G}}_i \hat{\mathbf{w}}_i\|_2^2 + \beta_{ij} \cdot \sum_{k=1, k \neq i, j}^{N_C} |\mathbf{h}_{ki}^H \hat{\mathbf{w}}_k|^2 + \beta_{ij} \cdot N_0} \\ &\geq \frac{\beta_{ij} \cdot |\mathbf{h}_{jj}^H \hat{\mathbf{w}}_j|^2}{\|\hat{\mathbf{G}}_i \hat{\mathbf{w}}_i\|_2^2 + \beta_{ij} \cdot \sum_{k=1, k \neq i, j}^{N_C} |\mathbf{h}_{ki}^H \hat{\mathbf{w}}_k|^2 + \beta_{ij} \cdot N_0} \\ &\geq \frac{\beta_{ij} \cdot |\mathbf{h}_{jj}^H \hat{\mathbf{w}}_j|^2}{\|\hat{\mathbf{G}}_i \hat{\mathbf{w}}_i\|_2^2 + \sum_{k=1, k \neq i, j}^{N_C} |\mathbf{h}_{ki}^H \hat{\mathbf{w}}_k|^2 + N_0} \end{aligned}$$

[0045]

[0046] 최적화 빔포밍 팩터 산출부(300)는 산출한 비 최적화 빔포밍 팩터를 이용하여 각 기지국의 총 도달가능 합계를 극대화 시키는 최적화 할 기지국의 최적화 빔포밍 팩터를 산출할 수 있다.

[0047] 여기서 최적화 할 기지국의 최적화 빔포밍 팩터는 최적화 대상이 되는 i번째 소형셀 기지국의 빔포밍 벡터($\mathbf{w}_i$)를 의미할 수 있다.

[0048] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 산출한 비 최적화 빔포밍 벡터를 이용하여 모든 기지국에서 얻은 $|h_{k1}^H \hat{\mathbf{w}}_k| \cdots |h_{knc1}^H \hat{\mathbf{w}}_k|$ 값들을 모든 기지국간에 교환할 수 있다.

[0049] 또한 본 발명의 일 실시 예에 따르면 $\left| h_{k1}^H \hat{w}_k \right| \cdots \left| h_{knc1}^H \hat{w}_k \right|$ 을 이용하여 아래 수학식 8을 통해 C_j 를 산출할 수 있다.

수학식 8

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^{N_c} \log(1 + SINR_k) &\geq \sum_{k=1}^{N_c} \log(1 + \rho_k) \\ &\geq 0 + \sum_{j=1, j \neq i}^{N_c} \log(1 + \beta_{ij} \cdot C_j) \end{aligned}$$

$$C_j = \frac{\left| \mathbf{h}_{ij}^H \hat{\mathbf{w}}_j \right|^2}{\left\| \hat{\mathbf{G}}_i \hat{\mathbf{w}}_i \right\|_2^2 + \sum_{k=1, k \neq i, j}^{N_c} \left| \mathbf{h}_{ki}^H \hat{\mathbf{w}}_k \right|^2 + N_0}$$

[0050]

[0051] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 총 도달가능 합계를 극대화 시키는 β_{ij} 를 KKT(Karush-Kuhn-Tucker conditions)를 이용해 구하면 아래 수학식9와 같다.

수학식 9

$$[\beta_{ij} = \gamma - \frac{1}{C_j}]^+, \text{ where } [\chi]^+, \max(\chi, 0)$$

$$\gamma = \sum_{j=1, j \neq i}^{N_c} \beta_{ij} = 1$$

[0052]

[0053] 이러한 계산과정을 통해 얻어진 β_{ij} 를 수학식 5에 대입하여 i번째 소형셀 기지국의 빔포밍 벡터(w_i)를 산출할 수 있다.

[0054] 간섭 제어부(400)는 산출된 최적화 빔포밍 팩터를 이용하여 간섭을 제어할 수 있다.

[0055] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 간섭제어를 위하여 Weighted Min-GI 기법을 이용할 수 있다.

[0056] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 SNR이 증가할수록 간섭 제어로 인한 성능이 향상될 수 있다.

[0057] 또한 본 발명의 일 실시 예에 따르면 최대 성능을 위하여 SNR을 3dB이상으로 유지할 수 있다.

[0058] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따라 Weighted Min-GI 기법을 사용하는 경우와 다른 기법을 사용하는 경우의 성능의 차이를 보여주는 그래프이다.

[0059] 도 3을 참조하면 본 발명의 일 실시 예에 따라 Weighted Min-GI 기법을 사용하는 경우 SNR을 3dB이상일 때 다른 기법을 사용할 때보다 높은 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

[0060] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 다중 안테나 빔포밍을 이용한 소형셀 기지국 간의 간섭 제어 방법을 나타낸

흐름도이다.

[0061] 주변 기지국의 CSI를 추정한다(410).

[0062] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 파일럿 신호를 이용하여 주변 기지국의 CSI를 추정할 수 있다.

[0063] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 CSI(channel state information)는 local CSI를 사용할 수 있다.

[0064] 비 최적화 빔포밍 팩터를 산출한다(420).

[0065] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 CSI를 이용하여 최적화 할 기지국을 제외한 나머지 기지국들에 대한 간섭 영향도를 1로 설정하여 비 최적화 빔포밍 팩터를 산출할 수 있다.

[0066] 여기서 비 최적화 빔포밍 팩터(β_i)는 값들을 i 번째 기지국에 대해서만 최적화시키고, 나머지 기지국들에 대한 값들은 1로 설정했을 때의 j 번째 기지국의 빔포밍 벡터를 의미할 수 있다.

[0067] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 β_i 의 값을 결정하기 위해서 수학식 3을 이용하여 합 전송률을 극대화 하는 문제를 풀 수 있으며, 이를 위해서는 i 번째 기지국이 다른 기지국에 속해있는 단말들의 SINR값들을 모두 알아야 하는데 local CSI에서는 자신과 관련된 채널 값들만을 알 수 있으므로 오직 i 번째 채널만을 고려하여 w_k 를 디자인할 수 있다.

[0068] 이 때 i 번째 채널만을 고려했을 경우 SINR을 위의 수학식 6에서의 ρ 와 같이 산출할 수 있다.

[0069] 수학식 6에서의 ρ_j 는 $\|G_j\|_2 \leq \hat{G}_j$ 에 따라 위의 7과 같은 계산과정을 가지게 된다.

[0070] 비 최적화 빔포밍 팩터를 이용하여 최적화 할 기지국의 최적화 빔포밍 팩터를 산출한다(430).

[0071] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 산출한 비 최적화 빔포밍 팩터를 이용하여 각 기지국의 총 도달가능 합계를 극대화 시키는 최적화 할 기지국의 최적화 빔포밍 팩터를 산출할 수 있다.

[0072] 여기서 최적화 할 기지국의 최적화 빔포밍 팩터는 최적화 대상이 되는 i 번째 소형셀 기지국의 빔포밍 벡터(w_i)를 의미할 수 있다.

[0073] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 산출한 비 최적화 빔포밍 벡터를 이용하여 모든 기지국에서 얻은 $|h_{k1}^H \hat{w}_k|$... $|h_{knc1}^H \hat{w}_k|$ 값들을 모든 기지국간에 교환할 수 있다.

[0074] 또한 본 발명의 일 실시 예에 따르면 $|h_{k1}^H \hat{w}_k|$... $|h_{knc1}^H \hat{w}_k|$ 을 이용하여 수학식 8을 통해 c_j 를 산출할 수 있다.

[0075] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 총 도달가능 합계를 극대화시키는 β_{ij} 를 KKT(

[0076] Karush??Kuhn??Tucker conditions)를 이용해 수학식9와 같이 산출하고, 얻어진 β_{ij} 를 수학식 5에 대입하여 i 번째 소형셀 기지국의 빔포밍 벡터(w_i)를 산출할 수 있다.

[0077] 최적화 빔포밍 팩터를 이용하여 간섭 제어한다(440).

[0078] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 산출된 최적화 빔포밍 팩터를 이용하여 간섭을 제어할 수 있다.

[0079] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 간섭제어를 위하여 Weighted Min-GI 기법을 이용할 수 있다.

[0080] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 SNR이 증가할수록 간섭 제어로 인한 성능이 향상될 수 있다.

[0081] 또한 본 발명의 일 실시 예에 따르면 최대 성능을 위하여 SNR을 3dB이상으로 유지할 수 있다.

[0082] 본 발명의 실시 예는 이상에서 설명한 장치 및/또는 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 이상에서 본 발명의 실시 예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

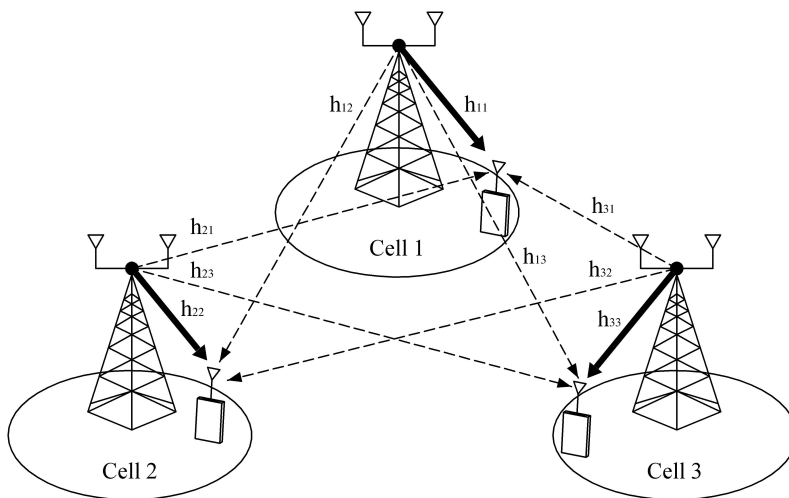
[0083] 100 : CSI 추정부 200 : 비 최적화 빔포밍 팩터 산출부

300 : 최적화 빔포밍 팩터 산출부 400 : 간섭 제어부

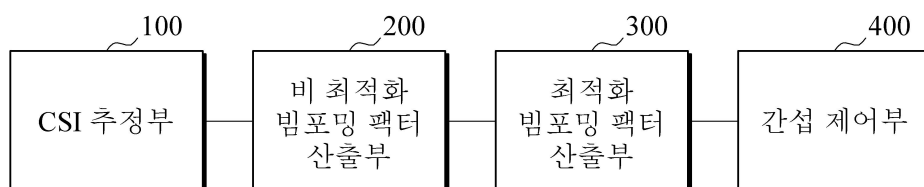
1000 : 간섭 제어장치

도면

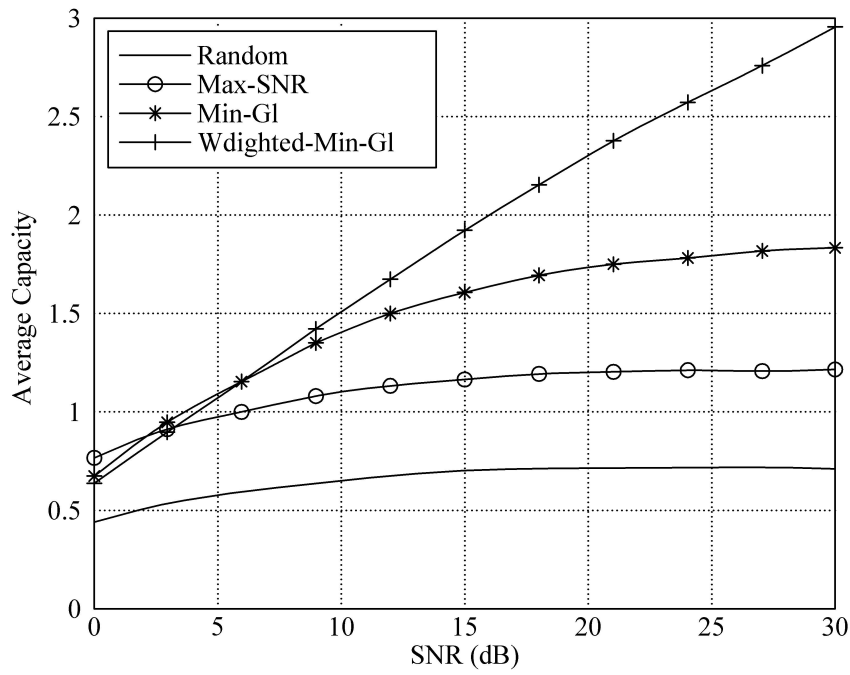
도면1



도면2



도면3



도면4

