



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0072847
(43) 공개일자 2012년07월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04W 52/24 (2009.01) H04W 28/22 (2009.01)

H04B 7/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0134758

(22) 출원일자 2010년12월24일

심사청구일자 2010년12월24일

(71) 출원인

포항공과대학교 산학협력단

경상북도 포항시 남구 효자동 산31 포항공과대학교내

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

성원진

서울특별시 서초구 잠원로4길 34-11, 녹원한신A 101-505 (잠원동)

장재원

경기도 고양시 일산동구 백석로 175, 705동 120 5호 (백석동, 백송마을)

김종

경상북도 포항시 남구 지곡로 155, 8동 103호 (지곡동, 교수아파트)

(74) 대리인

특허법인이상

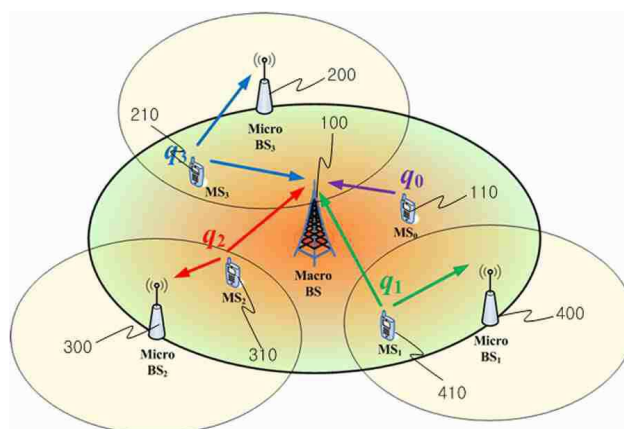
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법

(57) 요약

전송 효율을 극대화할 수 있는 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법이 개시된다. 마크로 셀 및 적어도 하나의 마이크로 셀로 구성된 무선 통신 시스템에서, 마크로 셀 및 적어도 하나의 마이크로 셀 각각에 위치한 단말의 수신 신호 모델을 생성하고, 생성된 수신 신호 모델에 기초하여 각 단말의 수신 신호 대 잡음비를 산출한 후, 산출된 신호 대 간섭 잡음비의 요구조건 만족시 전력 최소화를 만족하는 마크로 셀 기지국의 빔포밍 벡터 및 마크로 셀 기지국과 적어도 하나의 마이크로 셀 기지국의 전력제어값을 산출한다. 따라서, 복수의 셀이 중첩된 셀룰러 환경에서 전송 효율을 극대화할 수 있다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 ITAC1090103100090001000100100

부처명 지식경제부

연구사업명 대학IT연구센터 육성 지원사업

연구과제명 융합단말을 위한 내장형 소프트웨어 기술 연구

주관기관 포항공과대학교 산학협력단

연구기간 2010.01.01 ~ 2010.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

마크로 셀 및 적어도 하나의 마이크로 셀로 구성된 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법에 있어서,

마크로 셀 및 적어도 하나의 마이크로 셀 각각에 위치한 단말의 수신 신호 모델을 생성하는 단계;

생성된 상기 수신 신호 모델에 기초하여 각 단말의 수신 신호 대 잡음비를 산출하는 단계; 및

산출된 상기 신호 대 간섭 잡음비의 요구조건 만족시 전력 최소화를 만족하는 마크로 셀 기지국의 빔포밍 벡터 및 상기 마크로 셀 기지국과 적어도 하나의 마이크로 셀 기지국의 전력제어값을 산출하는 단계를 포함하는 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 마크로 셀 기지국의 빔포밍 벡터 및 상기 마크로 셀 기지국과 적어도 하나의 마이크로 셀 기지국의 전력제어값을 산출하는 단계는,

하향링크와 상향링크의 쌍대성(duality)를 이용하여 상기 각 단말의 상향링크 전력제어값을 산출하는 단계;

상기 각 단말의 상향링크 전력제어값을 이용하여 마크로 셀 송신국의 하향링크 빔포밍 벡터를 산출하는 단계;

상기 상향링크 전력제어값 및 상기 하향링크 빔포밍 벡터를 이용하여 상기 마크로 셀 기지국 및 상기 적어도 하나의 마이크로 셀 기지국의 하향링크 전력제어값을 산출하는 단계를 포함하는 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법은,

상기 하향링크 빔포밍 벡터를 산출하는 단계 및 상기 마크로 셀 기지국 및 상기 적어도 하나의 마이크로 셀 기지국의 하향링크 전력제어 값을 산출하는 단계를 상기 빔포밍 벡터 및 상기 하향링크 전력제어값이 수렴할 때까지 반복적으로 수행하는 것을 특징으로 하는 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 하향링크와 상향링크의 쌍대성(duality)를 이용하여 상기 각 단말의 상향링크 전력제어 값을 산출하는 단계는

상향링크 전력제어 벡터 $\mathbf{q} = [q_0, q_1, \dots, q_K]^T = (\mathbf{A}^T)^{-1} \mathbf{w}$ (여기서, $\mathbf{A}$ 는

$$\begin{bmatrix} |\mathbf{h}_0 \mathbf{v}|^2 / \sigma_{n_0}^2 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ -|\mathbf{h}_1 \mathbf{v}|^2 & |g_1|^2 / \Gamma_1 & 0 & \dots & 0 \\ -|\mathbf{h}_2 \mathbf{v}|^2 & 0 & |g_2|^2 / \Gamma_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ -|\mathbf{h}_K \mathbf{v}|^2 & 0 & 0 & 0 & |g_K|^2 / \Gamma_K \end{bmatrix}, \mathbf{w} \text{는 양의 값을 가지는 가중치 벡터 } \mathbf{w} = [\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_K]^T, \Gamma_k$$

는 시스템에서 k번째 단말에게 요구하는 신호 대 간섭 잡음비의 최소값, h_0 는 마크로 셀 기지국과 마크로 셀의 단말사이의 채널, h_k 는 마크로 셀 기지국과 k번째 마이크로 셀 내의 단말 사이의 채널, v 는 마크로 셀 기

지국에서 사용되는 빔포밍 벡터, $\sigma_{n_0}^2$ 는 마크로 셀 내에 위치한 단말의 수신신호 잡음 전력, g_k 는 마이크로 셀 기지국과 마이크로 셀 내의 단말 사이의 채널)를 산출하는 것을 특징으로 하는 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 각 단말의 상향링크 전력제어값을 이용하여 마크로 셀 송신국의 하향링크 빔포밍 벡터를 산출하는 단계는,

수학식
$$\mathbf{v} = \left(\sum_{j=0} q_j \mathbf{h}_j \mathbf{h}_j^H + \sigma_{n_0}^2 \mathbf{I} \right)^{-1} \mathbf{h}_0^H$$
 를 이용하여 산출하는 것을 특징으로 하는 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법.

청구항 6

제3항에 있어서, 상기 마크로 셀 기지국 및 상기 적어도 하나의 마이크로 셀 기지국의 하향링크 전력제어값을 산출하는 단계는

수학식
$$\mathbf{p} = \mathbf{A}^{-1} \mathbf{n}$$
 (여기서, $\mathbf{p}$ 는 $\begin{bmatrix} p_0 \\ p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_K \end{bmatrix}$, $\mathbf{n}$ 은 $\begin{bmatrix} \Gamma_0 \\ \sigma_{n_1}^2 \\ \sigma_{n_2}^2 \\ \vdots \\ \sigma_{n_K}^2 \end{bmatrix}$, Γ_0 는 마크로셀 기지국의 신호대 잡음 간섭비의 최소값)를 이용하여 산출하는 것을 특징으로 하는 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법.

청구항 7

마크로 셀 및 적어도 하나의 마이크로 셀로 구성된 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법에 있어서,

마크로 셀에 위치하는 단말의 수신 신호 대 간섭 잡음비를 최대화하기 위한 단말의 수신 신호 모델을 생성하는 단계; 및

상기 생성된 수신 신호 모델에 기초하여 소정의 마이크로 셀에 위치하는 단말의 신호대 간섭 잡음비를 최대화하기 위해 상기 소정의 마이크로 셀의 기지국이 상기 마크로 셀의 기지국으로부터 전송된 신호에 대해 간섭을 제거한 후, 간섭이 제거된 신호를 전송하는 단계를 포함하는 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 마크로 셀에 위치하는 단말의 수신 신호 대 간섭 잡음비를 최대화하기 위한 단말의 수신 신호 모델을 생성하는 단계는, 수학식

$$y_0 = \mathbf{h}_0^H \mathbf{v} \sqrt{p_0} s_0 + n_0 \xrightarrow{\mathbf{v} = \mathbf{h}_0^H} y_0 = \|\mathbf{h}_0\|^2 \sqrt{p_0} s_0 + n_0$$

$$y_k = \mathbf{h}_k^H \mathbf{v} \sqrt{p_0} s_0 + g_k \sqrt{p_k} s_k + n_k \quad y_k = \mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H \sqrt{p_0} s_0 + g_k \sqrt{p_k} s_k + n_k$$
 (여기서, y_0 는 마크로 셀 내에 위치한 단말의 수신신호, y_k 는 k번째 마이크로 셀 내에 위치한 단말의 수신신호, $\mathbf{h}_0$ 는 마크로 셀 기지국과 마크로 셀 내의 단말 사이의 채널, $\mathbf{h}_k$ 는 마크로 셀 기지국과 k번째 마이크로 셀 내의 단말 사이의 채널, p_0 및 s_0 는 각각 마크로 셀 기지국에서 사용되는 전력제어 값 및 송신 신호, p_k 및 s_k 는 각각 k번째 마이크로 셀 기지국에서 사용되는 전력제어 값 및 송신 신호, g_k 는 마이크로 셀 기지국과 마이크로 셀 내의 단말 사이의 채널, $\mathbf{v}$ 는 마크로 셀 기지국에서 사용되는 빔포밍 벡터, n_0 는 마크로 셀 기지국에 위치하는 단말의 잡음 신호, n_k 는 k번째 마이크로 셀에 위치하는 단말의 잡음 신호)에 의해 생성되는 것을 특징으로 하는 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 간섭이 제거된 신호를 전송하는 단계는

상기 마이크로 셀의 기지국이 수학식

$$\begin{aligned}
 y_0 &= \|\mathbf{h}_0\|^2 \sqrt{p_0} s_0 + n_0 & \xrightarrow{s_k = \dot{s}_k} & y_0 = \|\mathbf{h}_0\|^2 \sqrt{p_0} s_0 + n_0 \\
 y_k &= \mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H \sqrt{p_0} s_0 + g_k \sqrt{p_k} s_k + n_k & & y_k = \mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H \sqrt{p_0} s_0 + g_k \sqrt{p_k} \dot{s}_k + n_k \\
 & & & = \alpha g_k s_k + n_k
 \end{aligned}$$

(여기서, 간섭이

제거된 신호는 $\dot{s}_k = \left(\alpha s_k - \sqrt{\frac{p_0}{p_k}} \frac{\mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H}{g_k} s_0 \right)$, α 는 송신 전력의 제한을 만족하기 위한 정규화 값 $\alpha = \sqrt{1 - \frac{p_0}{p_k} \left| \frac{\mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H}{g_k} \right|^2}$)에 의해 상기 마크로 셀의 기지국으로부터 전송된 신호에 대해 간섭을 제거하는 것을 특징으로 하는 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 정규화 값 α 는 $p_0 |\mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H|^2 < p_k |g_k|^2$ 를 만족하는 범위내에서 크기가 증가하는 것을 특징으로 하는 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 셀룰러 기반 무선 통신 시스템의 데이터 전송 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 마크로 셀 및 마이크로 셀로 구성된 셀룰러 네트워크 환경에 적용될 수 있는 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 셀룰러 기반 이동통신 시스템의 기지국은 하나의 사용자 단말에게 모든 무선 자원을 할당하여 신호를 전송할 수도 있고, 복수의 사용자 단말에게 무선 자원을 분할하여 신호를 전송할 수도 있다.

[0003] 종래의 이동통신 시스템은 상기한 단일 또는 다중 사용자 전송 방식을 지원하기 위하여 시간, 주파수, 공간 영역에서 다중화 방식을 이용한다. 즉, 이동통신 시스템에서 사용되는 다중화 방식은 시간 영역에서 다중 사용자 전송을 지원하기 위한 TDMA(Time Division Multiple Access) 방식과, 주파수 영역에서 다중 사용자 전송을 지원하기 위한 FDMA(Frequency Division Multiple Access) 방식과, 공간 영역에서 다중 사용자 전송을 지원하기 위한 SDMA(Spatial Division Multiple Access) 방식 등을 포함한다.

[0004] 기지국이 단일 사용자 단말에게 무선 자원을 할당하는 경우에는 단일 사용자 단말의 전송 효율을 극대화시키는 것이 가장 효율적이다. 한편, 기지국이 다중 사용자 단말에 무선 자원을 분할하여 할당하는 경우에는 무선 자원의 효율적 운용을 위한 성능 지표 기준을 다양한 방법으로 선택하고 이를 분석하여 무선 자원의 관리에 활용하게 된다.

[0005] 다중 사용자 단말을 위한 성능 지표 기준으로 활용되는 방법에는 다중 사용자 단말의 전송률의 합이 극대화 되도록 신호를 전송하는 방법(sum rate maximization)과, 다중 사용자 단말 중 수신 채널 환경이 가장 나쁜 사용자 단말의 전송률을 극대화하는 방법(minimum rate maximization)과, 다중 사용자 단말 중 수신 채널 환경이 가장 좋은 사용자 단말의 주파수 효율을 극대화 하는 방법(maximum rate maximization) 등이 있다. 다중 사용자 단말의 전송률의 합이 극대화 되도록 신호를 전송하는 방법을 사용하는 경우에는 시스템의 평균 전송 효율 측면에서 가장 효율적으로 시스템의 운용이 가능하며, 다중 사용자 단말 중 수신 채널 환경이 가장 나쁜 사용자 단말의 전송률을 극대화하는 방법을 사용하는 경우에는 다중 사용자 단말들의 신호단절 확률(outage probability) 및 공평성(fairness) 측면에서 효율적인 시스템의 운용이 이루어져 다중 사용자 단말의 서비스 품질(Quality of Service)을 만족시킬 수 있다.

[0006] 또한, 근래에는 전송 효율을 증대시키고 통신 신호 품질을 향상시키기 위하여 다중 안테나 시스템(MIMO:

Multiple Input and Multiple Output)을 이용한 전송 방식을 이용하고 있다.

- [0007] 다중 안테나 시스템은 데이터 송수신시 두 개 이상의 안테나를 이용함으로써 공간 다중화 이득 및 다이버시티 이득을 얻을 수 있다. 다중 안테나 시스템은 일반적으로 점대점(point-to-point) 통신을 기반으로 하고 있으며, 복수의 안테나를 구비한 하나의 기지국과 복수의 안테나를 구비한 하나의 단말간의 링크를 고려하여 다이버시티 이득을 증대시키거나, 공간 다중화율을 높이는 방법을 통해 시스템의 성능을 향상시킨다.
- [0008] 다중 안테나 시스템에서 다이버시티 이득을 최대로 얻기 위한 방법으로는 기지국과 단말간의 채널 행렬의 특이값 분해(singular value decomposition)를 통해 획득한 최대 특이 벡터를 송신 빔포밍 벡터로 사용하는 방법이 사용된다.
- [0009] 또한, 최근에는 다수 사용자들의 신호를 동시에 전송하는 점대다(point-to-multipoint) 통신 방식이 주목을 받고 있다. 점대다 통신 방식은 복수의 안테나를 구비하는 하나의 기지국과 적어도 하나의 안테나를 구비한 다수 개의 단말간의 링크를 고려하는 방법이다. 점대점에 기반한 다중 안테나 시스템을 SU-MIMO(Single User-MIMO)라고 하고, 점대다에 기반한 다중 안테나 시스템을 MU-MIMO(Multi User-MIMO)라고 한다.
- [0010] 또한, 최근에는 복수의 기지국이 상호간의 협력을 통하여 다이버시티 이득을 얻을 수 있는 다중 셀 협력 시스템에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 다중 셀 협력 시스템은 셀 커버리지의 확장(cell coverage extension), 데이터 처리율 향상(throughput enhancement), 셀 경계 지역에서의 성능 향상 등을 목적으로 하고 있다.
- [0011] 다중 셀 협력 시스템에서 MU-MIMO를 구현하기 위해서는 사용자간 간섭 제어가 필요하다. 즉, 현재 일반적인 MU-MIMO는 사용자간 간섭 제어를 수행하고 있으나, 다중 셀 협력 시스템에서는 인접 기지국으로부터의 간섭을 고려하지 못하고 있다. 또한, 사용자간 간섭 제거만을 고려할 경우 사용자의 신호 품질이 낮아질 수 있기 때문에 다중 셀 협력 시스템에서 신호 품질을 향상시키고 사용자간 간섭을 줄일 수 있는 방법이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명의 목적은 전송 효율을 극대화할 수 있는 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법을 제공하는 것이다.
- [0013] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상술한 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법은, 마크로 셀 및 적어도 하나의 마이크로 셀로 구성된 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법에 있어서, 마크로 셀 및 적어도 하나의 마이크로 셀 각각에 위치한 단말의 수신 신호 모델을 생성하는 단계와, 생성된 상기 수신 신호 모델에 기초하여 각 단말의 수신 신호 대 잡음비를 산출하는 단계 및 산출된 상기 수신 신호 대 간섭 잡음비의 요구조건 만족시 전력 최소화를 만족하는 마크로 셀 기지국의 빔포밍 벡터 및 상기 마크로 셀 기지국과 적어도 하나의 마이크로 셀 기지국의 전력제어값을 산출하는 단계를 포함한다.
- [0015] 상기 마크로 셀 기지국의 빔포밍 벡터 및 상기 마크로 셀 기지국과 적어도 하나의 마이크로 셀 기지국의 전력 제어값을 산출하는 단계는, 하향링크와 상향링크의 쌍대성(duality)를 이용하여 상기 각 단말의 상향링크 전력제어값을 산출하는 단계와, 상기 각 단말의 상향링크 전력제어값을 이용하여 마크로 셀 송신국의 하향링크 빔포밍 벡터를 산출하는 단계와, 상기 상향링크 전력제어값 및 상기 하향링크 빔포밍 벡터를 이용하여 상기 마크로 셀 기지국 및 상기 적어도 하나의 마이크로 셀 기지국의 하향링크 전력제어값을 산출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법은, 상기 하향링크 빔포밍 벡터를 산출하는 단계 및 상기 마크로 셀 기지국 및 상기 적어도 하나의 마이크로 셀 기지국의 하향링크 전력제어 값을 산출하는 단계를 상기 빔포밍 벡터 및 상기 하향링크 전력제어값이 수렴할때까지 반복적으로 수행할 수 있다.
- [0017] 상기 하향링크와 상향링크의 쌍대성(duality)를 이용하여 상기 각 단말의 상향링크 전력제어값을 산출하는 단

계는 상향링크 전력제어 벡터 $\mathbf{q} = [q_0, q_1, \dots, q_K]^T = (\mathbf{A}^T)^{-1} \mathbf{w}$ (여기서, $\mathbf{A}$ 는

$$\begin{bmatrix} |\mathbf{h}_0 \mathbf{v}|^2 / \sigma_{n_0}^2 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ -|\mathbf{h}_1 \mathbf{v}|^2 & |g_1|^2 / \Gamma_1 & 0 & \dots & 0 \\ -|\mathbf{h}_2 \mathbf{v}|^2 & 0 & |g_2|^2 / \Gamma_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ -|\mathbf{h}_K \mathbf{v}|^2 & 0 & 0 & 0 & |g_K|^2 / \Gamma_K \end{bmatrix}, \mathbf{w} \text{는 양의 값을 가지는 가중치 벡터 } \mathbf{w} = [\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_K]^T, \Gamma_k \text{는}$$

시스템에서 k번째 단말에게 요구하는 신호 대 간섭 잡음비의 최소값, $\mathbf{h}_0$ 는 마크로 셀 기지국과 마크로 셀의 단말사이의 채널, $\mathbf{h}_k$ 는 마크로 셀 기지국과 k번째 마이크로 셀 내의 단말 사이의 채널, $\mathbf{v}$ 는 마크로 셀 기지국

에서 사용되는 빔포밍 벡터, $\sigma_{n_0}^2$ 는 마크로 셀 내에 위치한 단말의 수신신호 잡음 전력, g_k 는 마이크로 셀 기지국과 마이크로 셀 내의 단말 사이의 채널)를 산출할 수 있다.

[0018] 상기 각 단말의 상향링크 전력제어값을 이용하여 마크로 셀 송신국의 하향링크 빔포밍 벡터를 산출하는 단계

는, 수학식 $\mathbf{v} = \left(\sum_{j=0} q_j \mathbf{h}_j^H \mathbf{h}_j + \sigma_{n_0}^2 \mathbf{I} \right)^{-1} \mathbf{h}_0^H$ 를 이용하여 산출할 수 있다.

[0019] 상기 마크로 셀 기지국 및 상기 적어도 하나의 마이크로 셀 기지국의 하향링크 전력제어값을 산출하는 단계는

수학식 $\mathbf{p} = \mathbf{A}^{-1} \mathbf{n}$ (여기서, $\mathbf{p}$ 는 $\begin{bmatrix} p_0 \\ p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_K \end{bmatrix}$, $\mathbf{n}$ 은 $\begin{bmatrix} \Gamma_0 \\ \sigma_{n_1}^2 \\ \sigma_{n_2}^2 \\ \vdots \\ \sigma_{n_K}^2 \end{bmatrix}$, Γ_0 는 마크로셀 기지국의 신호대 잡음 간섭비의 최소값)를 이용하여 산출할 수 있다.

[0020] 또한, 본 발명의 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법은, 마크로 셀 및 적어도 하나의 마이크로 셀로 구성된 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법에 있어서, 마크로 셀에 위치하는 단말의 수신 신호 대 간섭 잡음비를 최대화하기 위한 단말의 수신 신호 모델을 생성하는 단계 및 상기 생성된 수신 신호 모델에 기초하여 소정의 마이크로 셀에 위치하는 단말의 신호대 간섭 잡음비를 최대화하기 위해 상기 소정의 마이크로 셀의 기지국이 상기 마크로 셀의 기지국으로부터 전송된 신호에 대해 간섭을 제거한 후, 간섭이 제거된 신호를 전송하는 단계를 포함한다.

[0021] 상기 마크로 셀에 위치하는 단말의 수신 신호 대 간섭 잡음비를 최대화하기 위한 단말의 수신 신호 모델을 생성하는 단계는, 수학식

$$\begin{aligned} y_0 &= \mathbf{h}_0 \mathbf{v} \sqrt{p_0} s_0 + n_0 & \xrightarrow{\mathbf{v} = \mathbf{h}_0^H} & y_0 = \|\mathbf{h}_0\|^2 \sqrt{p_0} s_0 + n_0 \\ y_k &= \mathbf{h}_k \mathbf{v} \sqrt{p_0} s_0 + g_k \sqrt{p_k} s_k + n_k & & y_k = \mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H \sqrt{p_0} s_0 + g_k \sqrt{p_k} s_k + n_k \end{aligned} \quad (\text{여기서,}$$

y_0 는 마크로 셀 내에 위치한 단말의 수신신호, y_k 는 k번째 마이크로 셀 내에 위치한 단말의 수신신호, $\mathbf{h}_0$ 는 마크로 셀 기지국과 마크로 셀 내의 단말 사이의 채널, $\mathbf{h}_k$ 는 마크로 셀 기지국과 k번째 마이크로 셀 내의 단말 사이의 채널, p_0 및 s_0 는 각각 마크로 셀 기지국에서 사용되는 전력제어 값 및 송신 신호, p_k 및 s_k 는 각각 k번째 마이크로 셀 기지국에서 사용되는 전력제어 값 및 송신 신호, g_k 는 마이크로 셀 기지국과 마이크로 셀 내의 단말 사이의 채널, $\mathbf{v}$ 는 마크로 셀 기지국에서 사용되는 빔포밍 벡터, n_0 는 마크로 셀 기지국에 위치하는 단말의 잡음 신호, n_k 는 k번째 마이크로 셀에 위치하는 단말의 잡음 신호)에 의해 생성될 수 있다.

[0022] 상기 간섭이 제거된 신호를 전송하는 단계는 상기 마이크로 셀의 기지국이 수학식

$$\begin{aligned}
 y_0 &= \|\mathbf{h}_0\|^2 \sqrt{p_0} s_0 + n_0 & \xrightarrow{s_k = \dot{s}_k} & y_0 = \|\mathbf{h}_0\|^2 \sqrt{p_0} s_0 + n_0 \\
 y_k &= \mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H \sqrt{p_0} s_0 + g_k \sqrt{p_k} s_k + n_k & & y_k = \mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H \sqrt{p_0} s_0 + g_k \sqrt{p_k} \dot{s}_k + n_k \\
 & & & = \alpha g_k s_k + n_k
 \end{aligned}$$

(여기서, 간섭이

제거된 신호는 $\dot{s}_k = \left(\alpha s_k - \sqrt{\frac{p_0}{p_k}} \frac{\mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H}{g_k} s_0 \right)$, α 는 송신 전력의 제한을 만족하기 위한 정규화 값 $\alpha = \sqrt{1 - \frac{p_0}{p_k} \left| \frac{\mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H}{g_k} \right|^2}$ 에 의해 상기 마크로 셀의 기지국으로부터 전송된 신호에 대해 간섭을 제거할 수 있다.

[0023] 상기 정규화 값 α $p_0 |\mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H|^2 < p_k |g_k|^2$ 를 만족하는 범위 내에서 크기가 증가할 수 있다.

발명의 효과

[0024] 상술한 바와 같은 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법에 따르면, 마크로 셀 기지국 및 마이크로 셀 기지국이 동시에 운용되는 셀룰러 시스템에서, 다중 기지국이 협조적 전송을 수행함으로써 다중 사용자의 요구 조건을 만족시킴과 동시에 주파수 자원을 효율적으로 사용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법이 적용되는 셀룰러 기반 무선 통신 시스템을 나타낸다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법에서 하향링크 문제 정의를 나타낸다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법에서 하향링크 문제 정의를 나타낸다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법을 적용한 경우의 수신 신호에 대한 간섭 잡음비의 변화를 나타낸다.

도 5는 마크로 셀 기지국에서 기존의 MRT, ZF, MMSE 전송 방법을 사용하는 경우 마크로 셀에 위치한 단말의 수신 신호 대 잡음비의 분포를 비교한 것이다.

도 6은 마크로 셀 기지국에서 기존의 MRT, ZF, MMSE 전송 방법을 사용하는 경우 마이크로 셀에 위치한 단말의 수신 신호 대 잡음비의 분포를 비교한 것이다.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법을 적용한 경우의 마크로 셀에 존재하는 단말의 신호 대 잡음비의 분포를 나타낸 것이다.

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법을 적용한 경우의 마이크로 셀에 존재하는 단말의 신호 대 간섭 잡음비의 분포를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0027] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 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.

- [0028] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있거나 "접속되어"있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어"있거나 "직접 접속되어"있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0029] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "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.
- [0030] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 이하, 도면상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.
- [0031] 이하, 본 발명의 실시예에서 '단말'은 휴대 단말, 휴대 터미널, 이동 통신 단말기, 이동국(MS: Mobile Station), 사용자 장비(UE: User Equipment), 사용자 터미널(UT: User Terminal), 무선 터미널, 무선 기기(wireless device), 무선 통신 디바이스, 무선송수신유닛(WTRU: Wireless Transmit/Receive Unit), 휴대모바일 또는 다른 용어들로서 지칭될 수 있다. 이동 단말의 다양한 실시예들은 셀룰러 전화기, 무선 통신 기능을 가지는 스마트 폰, 무선 통신 기능을 가지는 개인 휴대용 단말기(PDA: Personal Digital Assistant), 무선 모뎀, 무선 통신 기능을 가지는 휴대용 컴퓨터, 무선 통신 기능을 가지는 디지털 카메라와 같은 촬영장치, 무선 통신 기능을 가지는 게이밍 장치, 무선 통신 기능을 가지는 음악저장 및 재생 가전제품, 무선 인터넷 접속 및 브라우징이 가능한 인터넷 가전제품뿐만 아니라 그러한 기능들의 조합들을 통합하고 있는 휴대형 유닛 또는 단말기들을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0032] 또한, 본 발명의 실시예에서 언급되는 '기지국'은 일반적으로 이동 단말과 통신하는 고정되거나 이동하는 지점을 의미하며, 베이스 스테이션(base station), 노드-B(Node-B), e노드-B(eNode-B), BTS(Base Transceiver System), 액세스 포인트(Access Point), 릴레이(relay), 펌토셀(femto-cell), 송신국 등을 통칭하는 용어로 사용될 수 있다.
- [0033] 셀룰러 기반의 무선 통신 환경에서 인접 셀의 간섭으로 인해 셀 경계에 위치하는 단말의 수신 성능이 열화되고, 이로 인해 전체 시스템의 전송 효율이 매우 심각하게 저하된다. 이와 같은 전송 효율의 저하를 방지하기 위해 수신 신호 품질이 열악한 셀 경계 지역에 마이크로 셀(micro cell) 기지국을 추가하여 신호의 송수신 성능을 개선하는 방법이 이용되고 있다.
- [0034] 본 발명에서는 상기한 바와 같이 기존의 매크로 셀(macro cell) 기지국으로 구성된 셀룰러 환경에 마이크로 셀 기지국이 추가되는 경우, 매크로 셀 기지국과 적어도 하나의 마이크로 셀 기지국간의 협력 전송 방법을 제공함으로써 무선 통신 시스템의 전체 전송 효율을 극대화할 수 있는 협력 전송 방법을 제공한다.
- [0035] 구체적으로, 본 발명에서는 매크로 셀과 마이크로 셀 간의 채널 정보 공유에 따른 복수의 기지국의 운용 방법을 제공하고, 매크로 셀 기지국에서 신호 전송시 마이크로 셀 내에 위치한 단말의 신호 품질에 영향을 주는 간섭 신호의 최소화 방안을 제공한다. 또한, 매크로 셀 기지국의 변경 없이 마이크로 셀 기지국의 신호처리만으로 셀 간 간섭을 최소화할 수 있는 전송 방법을 제공한다.
- [0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법이 적용되는 셀룰러 기반 무선 통신 시스템을 나타낸다. 또한, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법에서 하향 링크 문제 정의를 나타내고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법에서 하향 링크 문제 정의를 나타낸다.
- [0037] 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법은 도 1에 도시한 바와 같이 적어도 하나의 매크로 셀 기지국(100)과 복수의 마이크로 셀 기지국(200, 300, 400)이 함께 운용되는 경우, 인접 셀 간섭의 영향을 최소화하고 시스템의 주파수 효율을 극대화하기 위한 다중 기지국의 협력 전송 방법을 제공한다.

[0038] 일반적으로 마크로 셀 기지국(100)은 높은 송신 전력(예를 들면, 43dBm)을 사용하기 때문에, 셀룰러 환경에서 단말(210, 310, 410)은 인접한 마크로 셀 기지국(100)에서 전송되는 신호의 영향을 받게 된다.

[0039] 또한, 낮은 송신 전력(예를 들면, 37dBm)을 사용하는 마이크로 셀 기지국(200, 300, 400)에서 전송되는 신호는 마이크로 셀 내의 단말(210, 310, 410)에만 영향을 주게 된다. 이와 같이 마크로 셀 기지국(100)과 마이크로 셀 기지국(200, 300, 400)이 함께 운용되는 환경에서 신호 전송을 위하여 표현 가능한 각 단말(110, 210, 310, 410)의 수신 신호 모델은 수학적 식 1과 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 1

$$y_0 = \mathbf{h}_0 \mathbf{v} \sqrt{p_0} s_0 + n_0$$

$$y_k = \mathbf{h}_k \mathbf{v} \sqrt{p_0} s_0 + g_k \sqrt{p_k} s_k + n_k (k = 1, 2, \dots, K)$$

[0040]

[0041] 수학적 식 1에서, y_0 는 마크로 셀 내에 위치한 단말(110)의 수신신호를 의미하고, y_k 는 k번째 마이크로 셀 내에 위치한 단말(210, 310 또는 410)의 수신신호를 의미한다. 또한, 마크로 셀 기지국(100)은 N_T 개의 다중 송신안테나를 구비하고, 마이크로 셀 기지국(200, 300, 400) 및 각 단말(110, 210, 310, 410)은 단일 송수신 안테나를 구비한 것으로 고려한다.

[0042] h_0 는 마크로 셀 기지국(100)과 마크로 셀 내의 단말(110)사이의 $1 \times N_T$ 채널을 의미하고, h_k 는 마크로 셀 기지국(100)과 k번째 마이크로 셀 내의 단말(210, 310 또는 410)사이의 $1 \times N_T$ 채널이다. p_0 와 s_0 는 각각 마크로 셀 기지국(100)에서 사용되는 전력제어 값과 송신 신호를 의미하며, p_k 와 s_k 는 각각 k번째 마이크로 셀 기지국(200, 300 또는 400)에서 사용되는 전력제어 값과 송신 신호를 의미한다. g_k 는 마이크로 셀 기지국(200, 300 또는 400)과 마이크로 셀 내의 단말(210, 310 또는 410) 사이의 채널을 의미하고, v 는 마크로 셀 기지국(100)에서 사용되는 $N_T \times 1$ 빔포밍 벡터이며, n_0 는 단말(110)의 잡음 신호를 의미하고, n_k 는 k번째 단말(210, 310 또는 410)의 잡음 신호를 의미한다.

[0043] 본 발명의 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법은 인접 셀 간섭의 영향을 최소화하고 시스템의 전송 효율을 개선하기 위하여 마크로 셀 기지국(100)에서 전송되는 빔포밍 벡터 v 와, 마크로 셀 기지국(100) 및 각 마이크로 셀 기지국(200, 300, 400)에서 사용되는 전력제어 값 p 를 결정하는 방법을 제공한다.

[0044] 이하, 제1 실시예에서는 빔포밍 벡터 및 전력제어 값의 결정 방법을 설명하고, 제2 실시예에서는 마이크로 셀 기지국의 신호 처리를 이용한 간섭 최소화 방법을 설명한다.

[0045] 제1 실시예

[0046] 셀룰러 환경에서의 마크로 셀과 마이크로 셀에 위치한 각 단말들의 수신 신호 품질은 인접 기지국의 신호 세기와 단말과 기지국 사이의 거리에 따른 경로 손실로 결정된다. 따라서, 상기 수학적 식 1에 표시된 수신 신호 모델에서 각 단말의 수신 신호 대 간섭 잡음비는 수학적 식 2와 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 2

$$\gamma_0 = \frac{p_0 |\mathbf{h}_0 \mathbf{v}|^2}{\sigma_{n_0}^2}, \quad \gamma_k = \frac{p_k |g_k|^2}{p_0 |\mathbf{h}_k \mathbf{v}|^2 + \sigma_{n_k}^2}$$

[0047]

[0048] 수학적 식 2에서 γ_0 는 마크로 셀 내에 위치한 단말(110)의 신호 대 잡음비를 나타내고, γ_k 는 k번째 마이크로 셀 내에 위치한 단말(210, 310 또는 410)의 신호 대 간섭 잡음비를 나타낸다. 또한, $\sigma_{n_0}^2$ 는 마크로 셀 내에

위치한 단말(110)의 수신신호 잡음 전력을 의미하고, $\sigma_{n_k}^2$ 는 마이크로 셀 내에 위치한 단말(210, 310 또는 410)의 수신신호 잡음 전력을 의미한다.

시스템의 전송 효율을 개선하기 위한 문제 정의 방법에는, 신호 대 간섭 잡음비의 요구조건 만족 시 전력 최소화 기법(power minimization with SINR constraints), 최소 신호 대 간섭 잡음비 최대화 기법(minimum SINR maximization), 가중 합 전송률 최대화 기법(weighted sum-rate maximization) 등이 있으며, 본 발명의 실시 예에서는 신호 대 간섭 잡음비의 요구조건 만족 시 전력 최소화 기법(power minimization with SINR constraints)을 만족하는 빔포밍 벡터 및 전력제어 값 결정 방법을 제공한다.

신호 대 간섭 잡음비의 요구조건 만족 시 전력 최소화 기법의 문제 정의는 수학식 3과 같이 표현할 수 있다.

수학식 3

$$\begin{aligned} \min \quad & \omega^T \mathbf{p} \quad \text{subject to} \quad \gamma_k \geq \Gamma_k \quad \text{for all } k \\ & p_k \geq 0 \quad \text{for all } k \end{aligned}$$

수학식 3에서, $\omega = [\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_K]^T$ 는 양의 값을 갖는 가중치 벡터를 의미하고, $\mathbf{p} = [p_0, p_1, \dots, p_K]^T$ 는 전력제어 벡터를 의미하며, Γ_k 는 시스템에서 k번째 단말(210, 310 또는 410)에게 요구하는 신호 대 간섭 잡음비의 최소값을 의미한다. 여기서, 첫 번째 제약조건인 $\gamma_k \geq \Gamma_k$ 는 수학식 4와 같이 다시 표현할 수 있다.

수학식 4

$$\begin{aligned} \gamma_k \geq \Gamma_k \quad \text{for all } k \quad & \Leftrightarrow \begin{bmatrix} |\mathbf{h}_0 \mathbf{v}|^2 / \sigma_{n_0}^2 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ -|\mathbf{h}_1 \mathbf{v}|^2 & |g_1|^2 / \Gamma_1 & 0 & \cdots & 0 \\ -|\mathbf{h}_2 \mathbf{v}|^2 & 0 & |g_2|^2 / \Gamma_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ -|\mathbf{h}_K \mathbf{v}|^2 & 0 & 0 & 0 & |g_K|^2 / \Gamma_K \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_0 \\ p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_K \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} \Gamma_0 \\ \sigma_{n_1}^2 \\ \sigma_{n_2}^2 \\ \vdots \\ \sigma_{n_K}^2 \end{bmatrix} \\ & \Leftrightarrow \mathbf{A} \mathbf{p} \geq \mathbf{n} \end{aligned}$$

도 2에서 Γ_0 는 마크로 셀 기지국(100)의 신호대 간섭 잡음비의 최소값을 의미한다.

따라서, 도 2에 도시한 바와 같은 하향 링크 상의 문제 정의를 나타내는 수학식 2는 하기의 수학식 5와 같이 다시 정의될 수 있다.

수학식 5

$$\begin{aligned} \min \quad & \omega^T \mathbf{p} \quad \text{subject to} \quad \mathbf{A} \mathbf{p} \geq \mathbf{n} \\ & \mathbf{p} \geq \mathbf{0} \end{aligned}$$

하향링크 상의 문제는 B. Song, R. L. Cruz, and B. D. Rao, "Network duality and its application to multi-user MIMO wireless networks with SINR constraints," in Proc. IEEE ICC, vol. 4, May 2005, pp.

2684-2689.에 개시된 하향 링크와 상향 링크의 쌍대성(duality)에 의하여 도 3에 도시한 바와 같은 상향 링크 문제로 나타낼 수 있고, 이는 수학식 6과 같이 표시될 수 있다

수학식 6

$$\begin{aligned} \max \quad & \mathbf{n}^T \mathbf{q} \quad \text{subject to} \quad \mathbf{A}^T \mathbf{q} \geq \boldsymbol{\omega} \\ & \mathbf{q} \geq 0 \\ \Leftrightarrow \quad & \max \quad \mathbf{n}^T \mathbf{q} \quad \text{subject to} \quad (\mathbf{A}^T)^{-1} \mathbf{q} \geq \boldsymbol{\omega} \\ & \mathbf{q} \geq 0 \end{aligned}$$

[0059]

[0060]

따라서, 쌍대(dual) 상향링크 전력제어 벡터는 $\mathbf{q} = [q_0, q_1, \dots, q_K]^T = (\mathbf{A}^T)^{-1} \boldsymbol{\omega}$ 로 표시될 수 있다. 또한, 쌍대(Dual) 상향 링크 전력 제어값과 채널 정보를 이용하여 상기 문제의 답을 MMSE(Minimum

Mean-Squared Error) 형태의 빔포밍 벡터 $\mathbf{v} = \left(\sum_{j=0} q_j \mathbf{h}_j^H \mathbf{h}_j + \sigma_{n_0}^2 \mathbf{I} \right)^{-1} \mathbf{h}_0^H$ 를 구하고, 하향링크 전력제어 값 $\mathbf{p} = \mathbf{A}^{-1} \mathbf{n}$ 를 수렴값을 가질 때까지 반복적으로 구한다.

[0061]

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법을 적용한 경우의 수신 신호에 대한 신호 대 간섭 잡음비의 변화를 나타낸다.

[0062]

도 4는 상술한 바와 같이 마크로 셀 기지국(100)에서 사용하는 하향링크 빔포밍 벡터와 마크로 셀 기지국(100) 및 각 마이크로 셀 기지국(200, 300, 400)에서 사용하는 전력제어 값을 구하여 해당 기지국에 적용할 경우, 각 단말이 $\Gamma_0 = 10\text{dB}$, $\Gamma_1 = \Gamma_2 = \Gamma_3 = 20\text{dB}$ 의 신호 대 간섭 잡음비 제약 조건하에서 각 단말의 신호 대 잡음비의 변화를 나타낸 것이다.

[0063]

도 4의 (a)는 종래의 MMSE 방식을 이용하여 $\mathbf{w} = \left(\sum_{j=0} \mathbf{h}_j^H \mathbf{h}_j + \sigma_{n_0}^2 \mathbf{I} \right)^{-1} \mathbf{h}_0^H$ 를 빔포밍 벡터로 사용한 경우의 결과를 나타낸 것이고, 도 4의 (b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 빔포밍 벡터 및 전력제어 값을 적용한 경우의 결과를 나타낸 것이다.

[0064]

도 4에 도시한 바와 같이 종래의 방식을 적용한 경우에는 각 단말의 신호 대 간섭 잡음비가 시스템에서 요구하는 제약조건을 만족하지 않지만, 본 발명의 일 실시예에 따른 협력 전송 방법을 적용한 경우에는 각 단말의 신호 대 간섭 잡음비가 모두 시스템 요구조건을 만족한다. 또한, 이와 동시에 본 발명의 실시예에 따른 협력 전송 방법이 적용된 각 기지국은 최소 송신 전력을 사용하므로 에너지 효율을 상승시킬 수 있다.

[0065]

제2 실시예

[0066]

도 5는 마크로 셀 기지국에서 기존의 MRT, ZF, MMSE 전송 방법을 사용하는 경우 마크로 셀에 위치한 단말의 수신 신호 대 잡음비의 분포를 비교한 것이다. 또한, 도 6은 마크로 셀 기지국에서 기존의 MRT, ZF, MMSE 전송 방법을 사용하는 경우 마이크로 셀에 위치한 단말의 수신 신호 대 잡음비의 분포를 비교한 것이다.

[0067]

상기 도 1에 도시한 바와 같은 셀룰러 시스템에서 마크로 셀 기지국과 마이크로 셀 기지국 상호간에는 셀 경계지역에서 간섭 신호로 인한 성능 열화가 심각하게 발생한다.

[0068]

인접 셀의 간섭 신호의 영향을 최소화하고 신호 대 간섭 잡음비를 개선하기 위하여 마크로 셀 기지국과 마이크로 셀 기지국은 각각 MRT(Maximum Ratio Transmission) 및 ZF-BF(Zero Forcing-Beam Forming)를 이용한 최적의 송신 방법을 적용하는 것을 고려할 수 있다.

- [0069] 마크로 셀에 위치한 단말은 마크로 셀 기지국에서 전송한 신호를 수신할 때 마이크로 셀 기지국에서 전송된 간섭 신호의 영향을 받지 않기 때문에, 마크로 셀 기지국은 통신 중인 단말의 신호 대 잡음비를 극대화하기 위해서 MRT를 사용하는 것이 최적의 방법이 된다.
- [0070] 그러나, 마이크로 셀에 위치한 각각의 단말들은 마크로 셀 기지국에서 MRT 전송을 할 경우 셀 경계지역에서 마크로 셀 기지국으로부터 전송된 간섭 신호의 영향 받아 수신 신호의 품질이 심각하게 열화된다. 이와 같은 경우 마이크로 셀에 위치한 단말이 수신하는 신호의 신호 대 간섭 잡음비를 극대화하기 위해서는 마크로 셀 기지국에서 간섭 신호의 영향을 최소화하여 신호를 전송하는 ZF-BF를 사용하는 것이 최적의 방법이 된다.
- [0071] 즉, 마크로 셀에 존재하는 단말의 신호 품질을 위해서는 도 5에 도시한 바와 같이 마크로 셀 기지국에서의 MRT 전송이 최적의 방법이 되지만, 마이크로 셀에 존재하는 단말의 신호 품질을 위해서는 도 6에 도시한 바와 같이 마크로 셀 기지국에서의 ZF-BF 전송이 최적의 방법이 된다.
- [0072] 그러나, 하나의 마크로 셀 기지국에서 MRT 전송 및 ZF-BF 전송이 동시에 이루어 질 수 없기 때문에, 이와 동등한 성능 개선을 보이는 구현 가능한 간섭 제거 방식이 필요하게 된다.
- [0073] 이하, 본 발명의 다른 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법에서는 상기한 인접 셀 간섭 제거 방안과 유사한 성능을 보이면서 시스템에 구현 가능한 인접 셀 간섭 제거 방안을 제공한다.
- [0074] 즉, 본 발명의 다른 실시예에서는 각 기지국과 단말 사이의 채널 정보를 알고 있는 마이크로 기지국이 사전에 마크로 셀 기지국에서 전송되는 간섭 신호를 제거하여 신호를 송신함으로써, 마크로 셀에 존재하는 단말의 신호 대 잡음비를 최대화함과 동시에 마이크로 셀에 존재하는 단말의 신호 대 간섭 잡음비를 최대화 한다.
- [0075] 상기 수학식 1에서 기술된 각 단말의 수신 신호 모델은, 마크로 셀에 존재하는 단말의 신호 대 간섭 잡음비를 최대화하기 위하여 마크로 셀 기지국에 MRT 전송이 적용될 경우 수학식 7과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

$$\begin{aligned} y_0 &= \mathbf{h}_0 \mathbf{v} \sqrt{p_0} s_0 + n_0 \\ y_k &= \mathbf{h}_k \mathbf{v} \sqrt{p_0} s_0 + g_k \sqrt{p_k} s_k + n_k \end{aligned} \xrightarrow{\mathbf{v} = \mathbf{h}_0^H} \begin{aligned} y_0 &= \|\mathbf{h}_0\|^2 \sqrt{p_0} s_0 + n_0 \\ y_k &= \mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H \sqrt{p_0} s_0 + g_k \sqrt{p_k} s_k + n_k \end{aligned}$$

- [0077] 수학식 7에서, k번째 마이크로 셀에 존재하는 단말의 신호 대 간섭 잡음비를 최대화하기 위하여 k번째 마이크로 셀 기지국은 수학식 8에 나타낸 바와 같이 수신한 신호에 대해 간섭을 제거한 후 간섭이 제거된 신호를 전송한다.

수학식 8

$$\begin{aligned} y_0 &= \|\mathbf{h}_0\|^2 \sqrt{p_0} s_0 + n_0 \\ y_k &= \mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H \sqrt{p_0} s_0 + g_k \sqrt{p_k} s_k + n_k \end{aligned} \xrightarrow{s_k = \dot{s}_k} \begin{aligned} y_0 &= \|\mathbf{h}_0\|^2 \sqrt{p_0} s_0 + n_0 \\ y_k &= \mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H \sqrt{p_0} s_0 + g_k \sqrt{p_k} \dot{s}_k + n_k \\ &= \alpha g_k \dot{s}_k + n_k \end{aligned}$$

- [0079] 수학식 8에서 $\dot{s}_k = \left(\alpha s_k - \sqrt{\frac{p_0}{p_k}} \frac{\mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H}{g_k} s_0 \right)$ 는 간섭 제거 신호 처리가 수행된 송신 신호를 의미하고, α 는

$$\alpha = \sqrt{1 - \frac{p_0}{p_k} \left| \frac{\mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H}{g_k} \right|^2}$$

송신 전력의 제한을 만족하기 위한 정규화 값 을 의미한다. 여기서, 정규화 값 α 의 크기가 커질수록 열화가 발생되기 때문에, 정규화 값 α 의 크기가 증가하기 위한

$p_0 |\mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H|^2 < p_k |g_k|^2$ 의 조건이 만족될 때 성능 이득이 발생한다.

[0080] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법을 적용한 경우의 매크로 셀에 존재하는 단말의 신호 대 잡음비의 분포를 나타낸 것이다.

[0081] 도 7에 도시한 바와 같이 본 발명의 다른 실시예에 따른 협력 전송 방법을 적용한 경우, 기존 방식과 동일하게 매크로 셀 기지국에서 MRT를 이용하여 신호를 전송할 수 있기 때문에 기존의 MRT 전송 방식과 동일한 신호 대 잡음비 성능을 가짐을 알 수 있다.

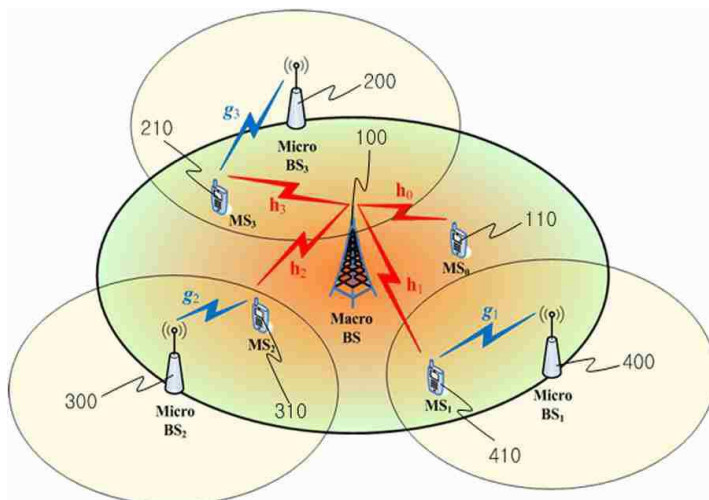
[0082] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 협력 전송 방법을 적용한 경우의 마이크로 셀에 존재하는 단말의 신호 대 간섭 잡음비의 분포를 나타낸 것이다.

[0083] 도 8에 도시한 바와 같이 본 발명의 다른 실시예에 따른 협력 전송 방법에서는 마이크로 셀 기지국에서 간섭 제거 신호 처리를 수행한 다음에 신호를 전송하기 때문에 간섭 신호의 영향이 최소화 되어 ZF-BF 전송에 근접한 성능을 나타낸다. 낮은 신호 대 간섭 잡음비 영역에서 발생하는 본 발명과 기존의 ZF-BF 전송 방법과의 성능 차이는, 셀 경계 지역에 단말이 존재할 때 $p_0 |\mathbf{h}_k \mathbf{h}_0^H|^2$ 값과 $p_k |g_k|^2$ 값이 유사해 짐에 따라 α 값이 0에 근접하여 송신 신호의 전력이 감소하기 때문에 발생하는 것이다. 그러나 낮은 신호 대 간섭 잡음비 영역에서도 성능 열화가 0.3dB 이내로 ZF-BF 전송과 유사한 성능을 가진다.

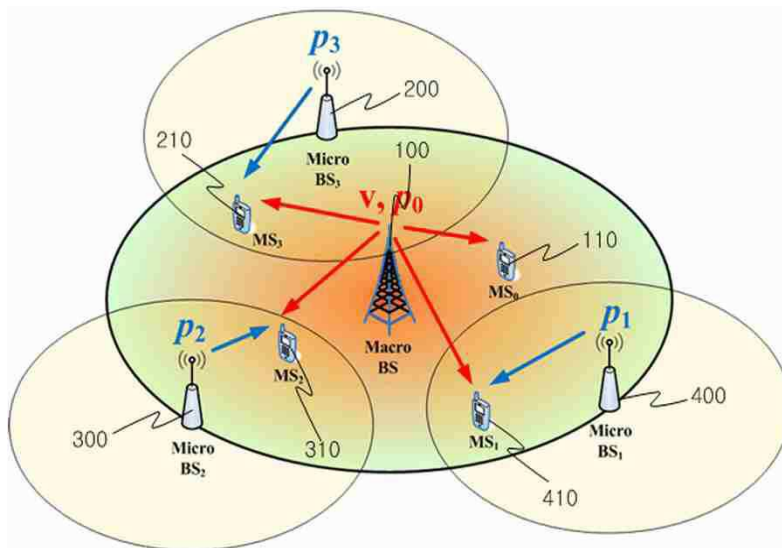
[0084] 이상, 본 발명을 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상 및 범위 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러가지 변형 및 변경이 가능하다.

도면

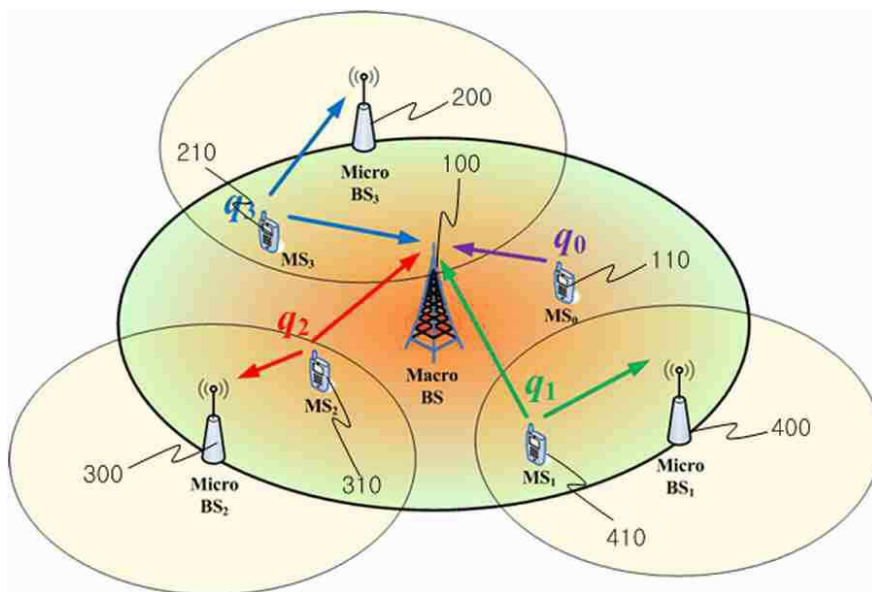
도면1



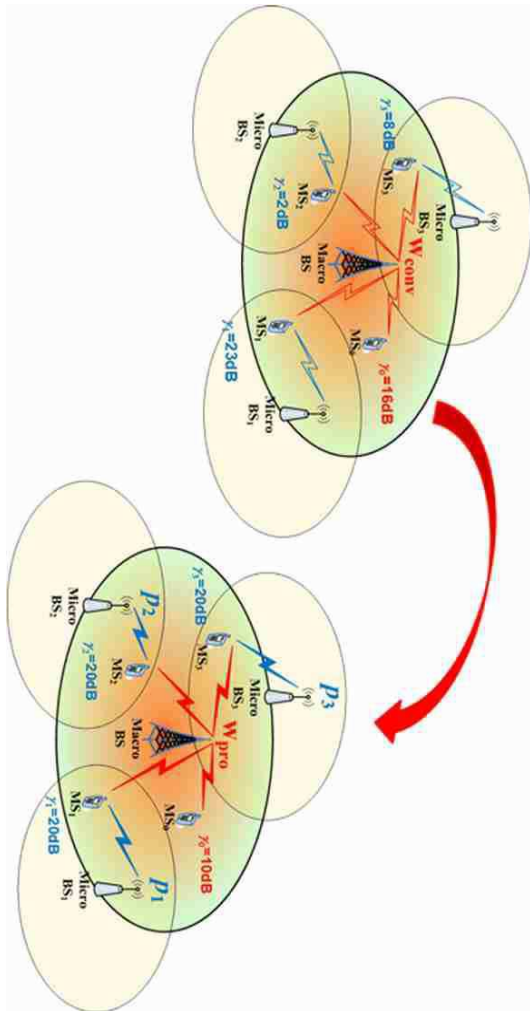
도면2



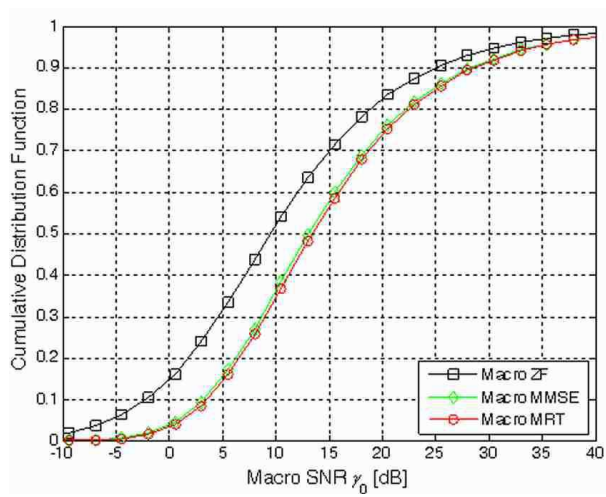
도면3



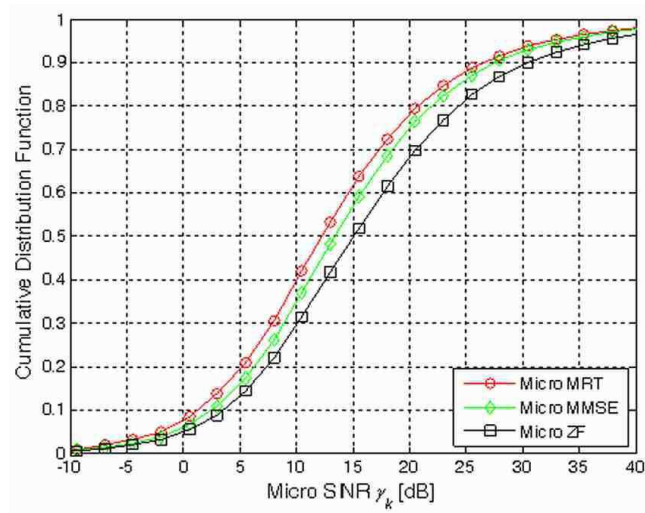
도면4



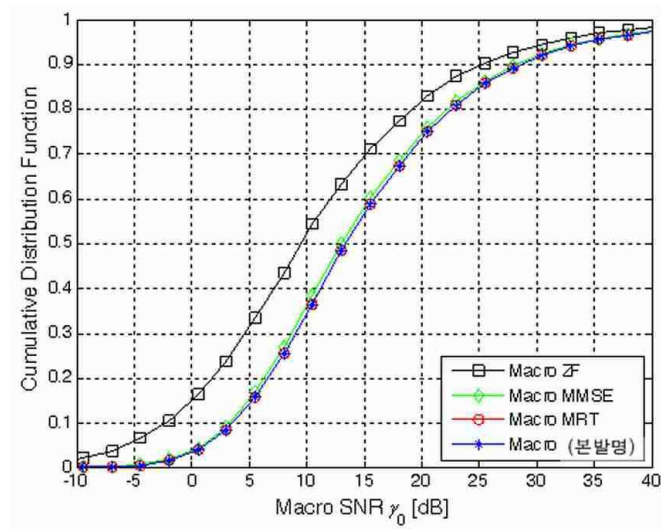
도면5



도면6



도면7



도면8

