



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0071115
(43) 공개일자 2012년07월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 7/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0132719

(22) 출원일자 2010년12월22일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

한국전자통신연구원

대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

이윤주

대전광역시 유성구 배울2로 61, 1016동 1102호
(관평동)

서종필

인천광역시 남구 경원대로 884, 129동 2802호 (주안동, 더월드스테이트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

팬코리아특허법인

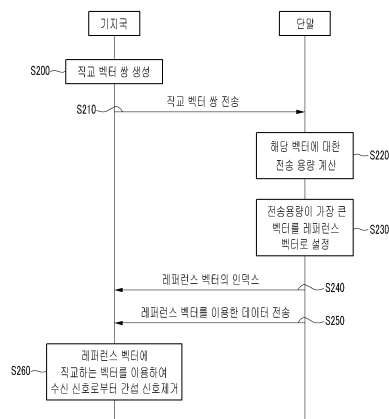
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 셀룰러 시스템에서 인접 셀간 간섭 제어 방법

(57) 요약

셀룰러 시스템에서 단말의 데이터 전송 방법이 제공된다. 본 발명의 한 실시예에 따른 데이터 전송 방법은 직교 벡터 쌍 중 소정 개수의 벡터에 대한 전송 용량을 계산하고, 소정 개수의 벡터 중 전송 용량이 가장 큰 벡터를 레퍼런스 벡터로 설정하며, 레퍼런스 벡터를 이용하여 기지국에게 데이터를 전송한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

이명훈

대전광역시 유성구 왕가봉로2번길 27-2, 205호 (노은동)

정재학

서울 서초구 서초2동 무지개아파트 3동 1207호

김현수

충청남도 논산시 체육로 48-6, 101동 402호 (내동, 동신아파트)

권동승

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

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 06-DU-LC-01

부처명 방위사업청

연구사업명 민군겸용기술개발사업

연구과제명 견마형 로봇을 위한 원격통제장치 및 WiBro 무선통신장치 개발

주관기관 한국전자통신연구원

연구기간 2009.12.01~2010.11.30

특허청구의 범위

청구항 1

셀룰러 시스템에서 단말의 데이터 전송 방법에 있어서,
직교 벡터 쌍 중 소정 개수의 벡터에 대한 전송 용량을 계산하는 단계,
상기 소정 개수의 벡터 중 전송 용량이 가장 큰 벡터를 레퍼런스 벡터로 설정하는 단계, 그리고
상기 레퍼런스 벡터를 이용하여 상기 기지국에게 데이터를 전송하는 단계를 포함하는 데이터 전송 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 직교 벡터 쌍을 상기 기지국으로부터 수신하는 단계를 더 포함하는 데이터 전송 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 소정 개수의 벡터는 상기 단말에게 할당된 벡터인 데이터 전송 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 기지국에게 데이터를 전송하는 단계 전에,
상기 기지국에게 상기 레퍼런스 벡터에 대한 정보를 전송하는 단계를 더 포함하는 데이터 전송 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 레퍼런스 벡터에 대한 정보는 상기 레퍼런스 벡터의 인덱스를 포함하는 데이터 전송 방법.

청구항 6

다중 셀 환경에서 기지국의 인접 셀간 간섭 제어 방법에 있어서,
상기 기지국 주변의 셀 개수에 따라 직교 벡터 쌍을 생성하는 단계,
상기 직교 벡터 쌍을 상기 기지국의 영역 내에 위치하는 단말에게 전송하는 단계,
상기 단말로부터 레퍼런스 벡터에 대한 정보를 수신하는 단계, 그리고
상기 레퍼런스 벡터에 대한 정보를 이용하여 상기 단말로부터 수신한 신호 중 인접 셀의 간섭 신호를 제거하는 단계를 포함하는 간섭 제어 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,
상기 직교 벡터 쌍은 단위 행렬을 이용하여 생성되는 간섭 제어 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,
상기 레퍼런스 벡터는 상기 직교 벡터 쌍에 포함되는 벡터 중 상기 단말에 의하여 선택된 벡터인 간섭 제어 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 레퍼런스 벡터는 상기 직교 벡터 쌍에 포함되는 벡터 중 전송 용량이 가장 큰 벡터인 간섭 제어 방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 레퍼런스 벡터에 대한 정보는 상기 레퍼런스 벡터의 인덱스인 간섭 제어 방법.

청구항 11

제6항에 있어서,

상기 인접 셀의 간섭 신호를 제거하는 단계는,

상기 직교 벡터 쌍으로부터 상기 레퍼런스 벡터에 직교하는 벡터를 추출하는 단계, 그리고

상기 레퍼런스 벡터에 직교하는 벡터를 상기 단말로부터 수신한 신호에 곱하여 상기 인접 셀의 간섭 신호를 제거하는 단계를 포함하는 간섭 제어 방법.

청구항 12

인접 셀간 간섭을 제어하기 위한 단말의 레퍼런스 벡터 설정 방법에 있어서,

기지국으로부터 직교 벡터 쌍을 수신하는 단계,

상기 직교 벡터 쌍으로부터 상기 단말에 할당된 소정 개수의 벡터를 추출하는 단계, 그리고

상기 소정 개수의 벡터 중에서 전송 용량에 기초하여 레퍼런스 벡터를 설정하는 단계를 포함하는 레퍼런스 벡터 설정 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 직교 벡터 쌍은 단위 행렬을 이용하여 생성된 레퍼런스 벡터 설정 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 레퍼런스 벡터를 설정하는 단계는

상기 소정 개수의 벡터에 대한 전송 용량을 계산하는 단계, 그리고

상기 소정 개수의 벡터 중 전송 용량이 가장 큰 벡터를 레퍼런스 벡터로 설정하는 단계를 포함하는 레퍼런스 벡터 설정 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 전송 용량은 아래 수학적식을 이용하여 계산되는 레퍼런스 벡터 설정 방법:

$$C_q = \log_2 \left(1 + \frac{\sum_{k \in \{1, \dots, K\}} P \left\| \mathbf{u}_q^H \mathbf{H}_{\alpha k}^a \mathbf{v}_{\alpha k, q} \right\|^2}{N_0} \right), 1 \leq q \leq Q.$$

여기서, C_q 는 Q 쌍의 직교 벡터 쌍 중 q 번째 직교 벡터 쌍의 전송 용량이고, P 는 송신전력이고, $\mathbf{u}$ 는 수신 벡터이고, $\mathbf{H}^a$ 는 수신 신호 벡터들로 이루어진 행렬이고, $\mathbf{v}_q$ 는 q 번째 레퍼런스 벡터이고, N_0 는 잡음전력이고, a 는

기지국이고, k 는 단말이다.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 셀룰러 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 셀룰러 시스템에서 인접 셀 간 간섭을 제어하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 무선통신 시스템은 효율적인 시스템 구성을 위해 셀(cell) 구조를 갖는다. 셀이란 주파수를 효율적으로 이용하기 위하여 넓은 지역을 작은 구역으로 세분한 영역을 의미한다. 셀 구조를 가지는 시스템을 셀룰러 시스템(Cellular System)이라 한다.

[0003] 셀룰러 시스템에서 셀 경계에 위치한 단말은 인접 셀 간 간섭(inter-cell interference)를 많이 받는다. 인접 셀 간 간섭은 해당 단말에 대한 신호대간섭및잡음비(Signal to Interference and Noise Ratio, SINR) 또는 신호대잡음비(Signal to Noise Ratio, SNR)를 낮추어 서비스 품질(Quality of Service, QoS)과 채널 용량을 감소시키고, 전체 시스템의 성능을 저하시킨다.

[0004] 이를 해결하기 위하여, 주어진 자원 내의 특정 영역에 모든 간섭 신호를 정렬시킴으로써 시스템의 합용량을 향상시키는 간섭 정렬(interference alignment) 방법이 제안되었다. 간섭 정렬 방법에 따르면, 간섭 신호를 가용한 자유도(degree of freedom)의 일부 영역 내에 위치시킴으로써 나머지 영역 내에서 간섭이 전혀 없는 통신이 가능하다. 다만, 간섭 정렬 방법을 적용하기 위하여, 전체 송신 안테나 수와 수신 안테나 수가 동일해야 하고, 송신기와 수신기는 모든 채널을 알고 있어야 하는 문제가 있다.

[0005] 간섭 정렬 방법의 문제를 해결하기 위하여, 부분공간 간섭 정렬(subspace interference alignment) 방법이 제안되었다. 부분 공간 간섭 정렬 방법에 따르면, 전체 신호 공간 내에서 다차원의 부분 공간을 형성하고, 인접 셀로부터의 간섭 신호를 부분 공간에 정렬한다. 여기서, 동일한 채널이라도 부분 공간을 형성하는 송신단에 곱해지는 레퍼런스 벡터에 따라 채널 이득이 변하게 된다. 이에 따라, 채널 이득이 작아지면 채널 용량이 줄어들어 효율적인 통신이 불가능해질 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 셀룰러 시스템에서 인접 셀 간 간섭을 제어하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 양태에 따른 셀룰러 시스템에서 단말의 데이터 전송 방법은 직교 벡터 쌍 중 소정 개수의 벡터에 대한 전송 용량을 계산하는 단계, 상기 소정 개수의 벡터 중 전송 용량이 가장 큰 벡터를 레퍼런스 벡터로 설정하는 단계, 그리고 상기 레퍼런스 벡터를 이용하여 상기 기지국에게 데이터를 전송하는 단계를 포함한다.

[0008] 본 발명의 일 양태에 따른 다중 셀 환경에서 기지국의 인접 셀 간 간섭 제어 방법은 상기 기지국 주변의 셀 개수에 따라 직교 벡터 쌍을 생성하는 단계, 상기 직교 벡터 쌍을 상기 기지국의 영역 내에 위치하는 단말에게 전송하는 단계, 상기 단말로부터 레퍼런스 벡터에 대한 정보를 수신하는 단계, 그리고 상기 레퍼런스 벡터에 대한 정보를 이용하여 상기 단말로부터 수신한 신호 중 인접 셀의 간섭 신호를 제거하는 단계를 포함한다.

[0009] 본 발명의 일 양태에 따른 인접 셀 간 간섭을 제어하기 위한 단말의 레퍼런스 벡터 설정 방법은 기지국으로부터 직교 벡터 쌍을 수신하는 단계, 상기 직교 벡터 쌍으로부터 상기 단말에 할당된 소정 개수의 벡터를 추출하는 단계, 그리고 상기 소정 개수의 벡터 중에서 전송 용량에 기초하여 레퍼런스 벡터를 설정하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0010] 본 발명의 한 실시예에 따르면, 단말은 여러 개의 레퍼런스 벡터 중 전송 용량이 가장 큰 레퍼런스 벡터를 선택할 수 있으므로, 선택적 다이버시티 효과를 얻을 수 있고 높은 합용량을 얻을 수 있다. 그리고, 단말마다

서로 다른 레퍼런스 벡터를 사용하더라도 레퍼런스 벡터들은 서로 직교하므로 기지국이 수신하는 신호는 상호 간에 간섭을 주지 않는다.

도면의 간단한 설명

도 1은 레퍼런스 벡터를 임의로 설정한 경우, 레퍼런스 벡터의 변화에 따른 셀의 합용량의 변화를 나타낸 그래프이다.

도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 데이터 전송 방법을 나타내는 순서도이다.

도 3은 본 발명의 한 실시예에 따른 레퍼런스 벡터 설정 방법을 적용하였을 때의 셀 전체의 합용량을 나타내는 그래프이다.

도 4는 본 발명의 한 실시예에 따른 레퍼런스 벡터 설정 방법을 적용하였을 때의 셀 전체의 합용량을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 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 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

본 명세서에서 이동국(Mobile Station, MS)은 단말(terminal), 이동 단말(Mobile Terminal, MT), 가입자국(Subscriber Station, SS), 휴대 가입자국(Portable Subscriber Station, PSS), 단말 장치(User Equipment, UE), 접근 단말(Access Terminal, AT) 등을 지칭할 수도 있고, 이동국, 단말, 이동 단말, 가입자국, 휴대 가입자국, 단말 장치, 접근 단말 등의 전부 또는 일부의 기능을 포함할 수도 있다.

본 명세서에서 기지국(Base Station, BS)은 접근점(Access Point, AP), 무선 접근국(Radio Access Station, RAS), 노드B(Node B), 고도화 노드B(evolved NodeB, eNodeB), 송수신 기지국(Base Transceiver Station, BTS), MMR(Mobile Multihop Relay)-BS 등을 지칭할 수도 있고, 기지국, 접근점, 무선 접근국, 노드B, eNodeB, 송수신 기지국, MMR-BS 등의 전부 또는 일부의 기능을 포함할 수도 있다.

상향링크 전송에서 송신기는 단말이고 수신기는 기지국일 수 있다. 하향링크 전송에서 송신기는 기지국이고 수신기는 단말일 수 있다.

본 명세서에서, 3개의 기지국(α , β , γ)이 존재하고, 각 기지국을 중심으로 하는 3개의 셀이 형성되어 있으며, 단말은 셀의 경계에 위치하고, 상향링크 전송을 하는 것을 가정하여 설명한다. 다만, 이는 설명의 편의를 위한 예시한 것으로 본 발명의 기술적 사상이 이에 한정되는 것은 아니다.

일반적인 부분 공간 간섭 정렬 방법은 다중 셀이 존재하는 셀룰러 시스템에서 적용 가능하다. 간섭 정렬 방법과 달리, 각 단말이 인접 셀의 기지국에 대하여 미치는 채널 정보만을 알고 있으면 부분 공간 간섭 정렬 방법을 적용할 수 있다.

각 기지국은 유한한 차원을 갖는 수신 신호 공간을 설정하고, 인접 셀의 단말로부터 받는 간섭 신호를 한 곳으로 모으기 위해 다차원을 갖는 부분 공간을 생성한다. 이때, 원하는 신호 공간의 차원과 전체 신호 공간의 차원의 비를 간섭 자유도(interference-free)라 하고 수학적 1과 같이 나타낼 수 있다. 여기서, 원하는 신호 공간의 차원은 각 셀 내의 단말 수이다.

수학적 1

$$\frac{K}{\left(G - \sqrt{K+1}\right)^{G-1}} \rightarrow 1 \text{ as } K \rightarrow \infty$$

[0021] 여기서, G는 전체 셀의 개수이고, K는 각 셀 내의 단말 수이다. 이로부터, 셀 개수와 셀 내의 단말 수가 증가하여도 항상 통신을 할 수 있는 자유도가 있음을 알 수 있다.

[0022] 한편, 3개의 기지국(α , β , γ) 및 이에 따른 셀룰러 시스템을 가정하는 경우, 각 단말은 할당 받은 채널을 $n=(\sqrt{K}+1)^2$ 차원의 공간으로 나눈 후, 인접 셀의 기지국에 미치는 간섭 신호를 $\sqrt{K}+1$ 차원의 공간을 정렬한다. 이에 따라, 기지국이 수신하는 신호는 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$\mathbf{y}^a = \sum_{k=1}^K \mathbf{H}_{\alpha k}^a \mathbf{v}_{\alpha k} x_{\alpha k} + \sum_{k=1}^K \mathbf{H}_{\beta k}^a \mathbf{v}_{\beta k} x_{\beta k} + \sum_{k=1}^K \mathbf{H}_{\gamma k}^a \mathbf{v}_{\gamma k} x_{\gamma k} + \mathbf{w}^a$$

[0023]

[0024] 여기서, $\mathbf{y}^a$ 는 기지국이 수신하는 신호, K는 각 셀 내의 단말 수, $n \times n$ 행렬 H는 채널이고 각 대각 성분이 채널의 주파수 응답으로 이루어진 대각 행렬이다. $n \times 1$ 벡터 $\mathbf{v}$ 는 송신 벡터이고, x 는 전송 심볼, $n \times 1$ 벡터 $\mathbf{w}^a$ 는 부가 가우시안 잡음이다. αk , βk 및 γk 에서 α , β 및 γ 는 기지국을 나타내고, k 는 단말을 나타낸다.

[0025] 간섭 정렬을 위해 각 단말은 자신이 속하는 셀의 채널과 인접 셀의 채널을 알고 있고, 각 단말은 각 채널을 수학식 3과 같이 분해한다.

수학식 3

$$\mathbf{H}_{ik}^j = \mathbf{H}_{ik}^{j,2} \otimes \mathbf{H}_{ik}^{j,1}$$

[0026]

[0027] 여기서, $\mathbf{H}_{ik}^{j,2}$ 과 $\mathbf{H}_{ik}^{j,1}$ 는 각각 $\sqrt{K}+1 \times \sqrt{K}+1$ 행렬이다. 여기서, i 는 기지국 α , β 및 γ 중 하나이고, k 는 단말이다.

[0028] $\otimes$ 는 크로네커(Kronecker) 곱을 의미하고, 수학식 4의 방법으로 연산할 수 있다.

수학식 4

$$\mathbf{A} \otimes \mathbf{B} = \begin{pmatrix} a_{11}\mathbf{B} & \cdots & a_{1n}\mathbf{B} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1}\mathbf{B} & \cdots & a_{mn}\mathbf{B} \end{pmatrix}$$

[0029]

[0030] 한편, 각 단말은 수학식 3을 이용하여 채널을 분해한 후, 수학식 5와 같이 송신 벡터를 만든다.

수학식 5

$$\begin{aligned} \mathbf{v}_{\alpha k}^1 &= (\mathbf{H}_{\alpha k}^{b,1})^{-1} \mathbf{v}_r, \quad \mathbf{v}_{\alpha k}^2 = (\mathbf{H}_{\alpha k}^{c,2})^{-1} \mathbf{v}_r, \\ \mathbf{v}_{\beta k}^1 &= (\mathbf{H}_{\beta k}^{c,1})^{-1} \mathbf{v}_r, \quad \mathbf{v}_{\beta k}^2 = (\mathbf{H}_{\beta k}^{a,2})^{-1} \mathbf{v}_r, \\ \mathbf{v}_{\gamma k}^1 &= (\mathbf{H}_{\gamma k}^{a,1})^{-1} \mathbf{v}_r, \quad \mathbf{v}_{\gamma k}^2 = (\mathbf{H}_{\gamma k}^{b,2})^{-1} \mathbf{v}_r, \end{aligned}$$

[0031]

[0032] 여기서, $\mathbf{v}$ 는 송신 벡터이고, $\mathbf{H}$ 는 채널이고, $\mathbf{v}_r$ 는 $(\sqrt{K}+1) \times 1$ 의 크기를 갖는 임의의 레퍼런스 벡터이고,

$\mathbf{v}_{ik} = \mathbf{v}_{ik}^2 \otimes \mathbf{v}_{ik}^1$ 이다. αk , βk 및 γk 에서 α , β 및 γ 는 기지국을 나타내고, k 는 단말을 나타낸다.

[0033] 수학식 3과 수학식 5를 수학식 2에 적용하면, 기지국이 수신하는 신호는 수학식 6과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

$$\begin{aligned} \mathbf{y}^a &= \sum_{k=1}^K [\{\mathbf{H}_{\alpha k}^{a,2} (\mathbf{H}_{\alpha k}^{c,2})^{-1} \mathbf{v}_r\} \otimes \{\mathbf{H}_{\alpha k}^{a,1} (\mathbf{H}_{\alpha k}^{b,1})^{-1} \mathbf{v}_r\}] x_{\alpha k} \\ &+ \sum_{k=1}^K [\mathbf{v}_r \otimes \{\mathbf{H}_{\beta k}^{a,1} (\mathbf{H}_{\beta k}^{c,1})^{-1} \mathbf{v}_r\}] x_{\beta k} \\ &+ \sum_{k=1}^K [\{\mathbf{H}_{\gamma k}^{a,2} (\mathbf{H}_{\gamma k}^{b,2})^{-1} \mathbf{v}_r\} \otimes \mathbf{v}_r] x_{\gamma k} + \mathbf{w}^a. \end{aligned}$$

[0034]

[0035] 여기서, $\mathbf{y}^a$ 는 기지국이 수신하는 신호, K 는 각 셀 내의 단말 수, $n \times n$ 행렬 $\mathbf{H}$ 는 채널이고 각 대각 성분이 채널의 주파수 응답으로 이루어진 대각 행렬이다. $n \times 1$ 벡터 $\mathbf{v}$ 는 송신 벡터이고, x 는 전송 심볼, $n \times 1$ 벡터 $\mathbf{w}^a$ 는 부가 가우시안 잡음이고, $\mathbf{v}_r$ 는 $(\sqrt{K}+1) \times 1$ 의 크기를 갖는 임의의 레퍼런스 벡터이다. αk , βk 및 γk 에서 α , β 및 γ 는 기지국을 나타내고, k 는 단말을 나타낸다.

[0036] 기지국이 α 인 경우, 수학식 6에서 두번째 항과 세번째 항은 기지국이 인접 셀로부터 받는 간섭 신호를 의미한다.

[0037] 한편, 기지국에서 각 단말들과 연결된 유효 채널 벡터는 수학식 7과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

$$\begin{aligned} \mathbf{H}^a &= [\{\mathbf{H}_{\alpha 1}^{a,2} (\mathbf{H}_{\alpha 1}^{c,2})^{-1} \mathbf{v}_r\} \otimes \{\mathbf{H}_{\alpha 1}^{a,1} (\mathbf{H}_{\alpha 1}^{b,1})^{-1} \mathbf{v}_r\}, \\ &\quad \dots, \{\mathbf{H}_{\alpha K}^{a,2} (\mathbf{H}_{\alpha K}^{c,2})^{-1} \mathbf{v}_r\} \otimes \{\mathbf{H}_{\alpha K}^{a,1} (\mathbf{H}_{\alpha K}^{b,1})^{-1} \mathbf{v}_r\}] \\ \mathbf{H}^b &= [\mathbf{v}_r \otimes \{\mathbf{H}_{\beta 1}^{a,1} (\mathbf{H}_{\beta 1}^{c,1})^{-1} \mathbf{v}_r\}, \\ &\quad \dots, \mathbf{v}_r \otimes \{\mathbf{H}_{\beta K}^{a,1} (\mathbf{H}_{\beta K}^{c,1})^{-1} \mathbf{v}_r\}] \\ \mathbf{H}^c &= [\{\mathbf{H}_{\gamma 1}^{a,2} (\mathbf{H}_{\gamma 1}^{b,2})^{-1} \mathbf{v}_r\} \otimes \mathbf{v}_r, \\ &\quad \dots, \{\mathbf{H}_{\gamma K}^{a,2} (\mathbf{H}_{\gamma K}^{b,2})^{-1} \mathbf{v}_r\} \otimes \mathbf{v}_r], \end{aligned}$$

[0038]

[0039] 여기서, $\mathbf{H}^a$ 는 수신 신호 벡터들로 이루어진 행렬이고, $\mathbf{H}^b$ 와 $\mathbf{H}^c$ 는 간섭 신호 벡터들로 이루어진 행렬이다. $\mathbf{H}^a$ 의

열 벡터는 양쪽의 벡터가 모두 임의성(randomness)을 가지기 때문에, 원하는 수신 신호는 K차원의 공간을 이룬다. 반면, $\mathbf{h}^b$ 와 $\mathbf{h}^c$ 의 열 벡터는 양쪽의 벡터 중 하나만 임의성을 가지고 있기 때문에, 간섭 신호는 $\sqrt{K}+1$ 차원의 공간에 정렬된다. 따라서, $n = (\sqrt{K}+1)^2$ 차원을 갖는 전체 신호 공간 내에서 간섭 신호는 $\sqrt{K}+1$ 차원의 부분 공간으로 정렬되고, 수신 신호는 K차원의 공간으로 수신되어 수학식 1을 만족하게 된다. $\mathbf{v}_r$ 는 $(\sqrt{K}+1) \times 1$ 의 크기를 갖는 임의의 레퍼런스 벡터이고, α_k , β_k 및 γ_k 에서 α , β 및 γ 는 기지국을 나타내고, k 는 단말을 나타낸다.

[0040] 이와 같이, 기지국은 임의의 레퍼런스 벡터를 설정하고, 수학식 8과 같이 레퍼런스 벡터와 직교(orthogonal)하는 벡터를 이용하여 간섭 신호를 제거한다.

수학식 8

$$\mathbf{u}^H \mathbf{y}^a = \sum_{k=1}^K \mathbf{u}^H \mathbf{H}_{\alpha k}^a \mathbf{v}_{\alpha k} x_{\alpha k} + \mathbf{u}^H \mathbf{w}^a,$$

$$\mathbf{u} = \mathbf{v}_r^\perp \otimes \mathbf{v}_r^\perp,$$

[0041]

[0042] 여기서, $\mathbf{u}$ 는 수신벡터이고, $\mathbf{v}_r^\perp$ 는 레퍼런스 벡터에 직교하는 벡터를 의미한다. $\mathbf{y}^a$ 는 기지국이 수신하는 신호이고, $n \times n$ 행렬 $\mathbf{H}$ 는 채널이고, $n \times 1$ 벡터 $\mathbf{v}$ 는 송신 벡터이고, x 는 전송 심볼, $n \times 1$ 벡터 $\mathbf{w}^a$ 는 부가 gaussian 잡음이다. α_k , β_k 및 γ_k 에서 α , β 및 γ 는 기지국을 나타내고, k 는 단말을 나타낸다.

[0043] 수학식 8에서 각 단말의 전송 심볼 $x_{\alpha k}$ 이 겪게 되는 채널과 송수신 벡터는 수학식 9와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 9

$$\{(\mathbf{v}_r^\perp)^H \mathbf{H}_{\alpha k}^{a,2} (\mathbf{H}_{\alpha k}^{c,2})^{-1} \mathbf{v}_r\} \otimes \{(\mathbf{v}_r^\perp)^H \mathbf{H}_{\alpha k}^{a,1} (\mathbf{H}_{\alpha k}^{b,1})^{-1} \mathbf{v}_r\}$$

[0044]

[0045] 이때, 레퍼런스 벡터는 임의로 설정되므로, 시간에 따라 변화하는 특정 채널 환경에서 각각의 전송 심볼이 얻는 전체 채널 이득이 작아질 수 있다. 이 경우, 수신 신호 중 인접 셀의 단말로부터 받는 간섭 신호는 모두 제거되지만 전송되는 신호의 강도가 약화되어 신호대간섭및잡음비(Signal to Interference and Noise Ratio, SINR) 또는 신호대잡음비(Signal to Noise Ratio, SNR)가 낮아질 수 있다. 이에 따라, 전송 용량이 줄어들어 합용량이 최적화되지 못할 수 있다.

[0046] 도 1은 레퍼런스 벡터를 임의로 설정한 경우, 레퍼런스 벡터의 변화에 따른 셀의 합용량의 변화를 나타낸 그래프이다. 도 1로부터 동일한 채널 환경이라도 레퍼런스 벡터에 따라 채널에 매칭되는 값이 변화하므로 전체 시스템의 합용량 성능이 저하될 수 있음을 알 수 있다.

[0047] 따라서, 이하에서는 본 발명의 한 실시예에 따라 셀룰러 시스템에서 인접 셀간 간섭을 제어하기 위하여 레퍼런스 벡터의 선택적 다이버시티를 이용하는 방법을 설명한다.

[0048] 도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 데이터 전송 방법을 나타내는 순서도이다. 각 기지국은 해당 셀 내에 있는 모든 단말의 채널을 알고 있고, 한 프레임 내에서의 채널은 변하지 않는다고 가정한다.

[0049] 도 2를 참고하면, 기지국은 직교 벡터 쌍을 생성하고(S200), 기지국과 단말은 직교 벡터 쌍을 공유한다(S210). 예를 들면, 기지국 주변의 셀 개수가 n 개인 경우, 기지국은 C^n 차원을 가지는 Q 쌍의 직교 벡터 쌍을 생성할 수 있다. 기지국은 직교 벡터 쌍을 생성하기 위하여 단위 행렬(Unitary Matrix)를 이용할 수 있다.

[0050] 단말은 Q 쌍의 직교 벡터 쌍 중 자신에 해당하는 q 개의 레퍼런스 벡터에 대한 전송 용량을 계산한다(S220). q

개의 전송 용량은 수학식 10을 이용하여 계산될 수 있다.

수학식 10

$$C_q = \log_2 \left(1 + \frac{\sum_{k \in \{1, \dots, K\}} P \|\mathbf{u}_q^H \mathbf{H}_{\alpha k}^a \mathbf{v}_{\alpha k, q}\|^2}{N_0} \right), 1 \leq q \leq Q;$$

[0051]

[0052] 여기서, P는 송신전력이고, $\mathbf{u}$ 는 수신 벡터이고, $\mathbf{H}^a$ 는 수신 신호 벡터들로 이루어진 행렬이고, $\mathbf{v}$ 는 레퍼런스 벡터이고, N_0 는 잡음전력이다.

[0053] 단말은 q개의 레퍼런스 벡터 중 전송 용량이 가장 큰 레퍼런스 벡터를 선택하고(S230), 기지국에게 선택한 레퍼런스 벡터의 인덱스를 알려주며(S240), 선택한 레퍼런스 벡터를 이용하여 기지국으로 데이터를 전송한다(S250).

[0054] 기지국은 단말이 선택한 레퍼런스 벡터에 직교하는 벡터를 이용하여 단말로부터 수신한 신호로부터 인접 셀의 간섭 신호를 제거한다(S260). 단말이 q번째 레퍼런스 벡터를 선택한 경우, 셀 처리량은 수학식 11과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 11

$$C_{\alpha, q} = \log_2 \left(1 + \frac{\sum_{k \in \{1, \dots, K\}} P \|\mathbf{u}_q^H \mathbf{H}_{\alpha k}^a \mathbf{v}_{\alpha k, q}\|^2}{N_0} \right),$$

[0055]

[0056] 여기서, $C_{\alpha, q}$ 는 직교 벡터 쌍 중 q번째 벡터를 레퍼런스 벡터로 선택하였을 때의 셀 α 의 처리량이고, P는 각 단말의 송신 전력이다. $\mathbf{u}_q$ 는 수학식 12와 같이 나타낼 수 있고, $\mathbf{v}_{\alpha k, q}$ 는 수학식 13과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 12

$$\mathbf{u}_q = \mathbf{v}_{r, q}^\perp \otimes \mathbf{v}_{r, q}^\perp$$

[0057]

수학식 13

$$\mathbf{v}_{\alpha k}^1 = (\mathbf{H}_{\alpha k}^{b, 1})^{-1} \mathbf{v}_{r, q}, \quad \mathbf{v}_{\alpha k}^2 = (\mathbf{H}_{\alpha k}^{c, 2})^{-1} \mathbf{v}_{r, q}$$

[0058]

[0059] 여기서, $\mathbf{v}_{r, q}$ 는 직교 벡터 쌍 내의 q번째 벡터이다.

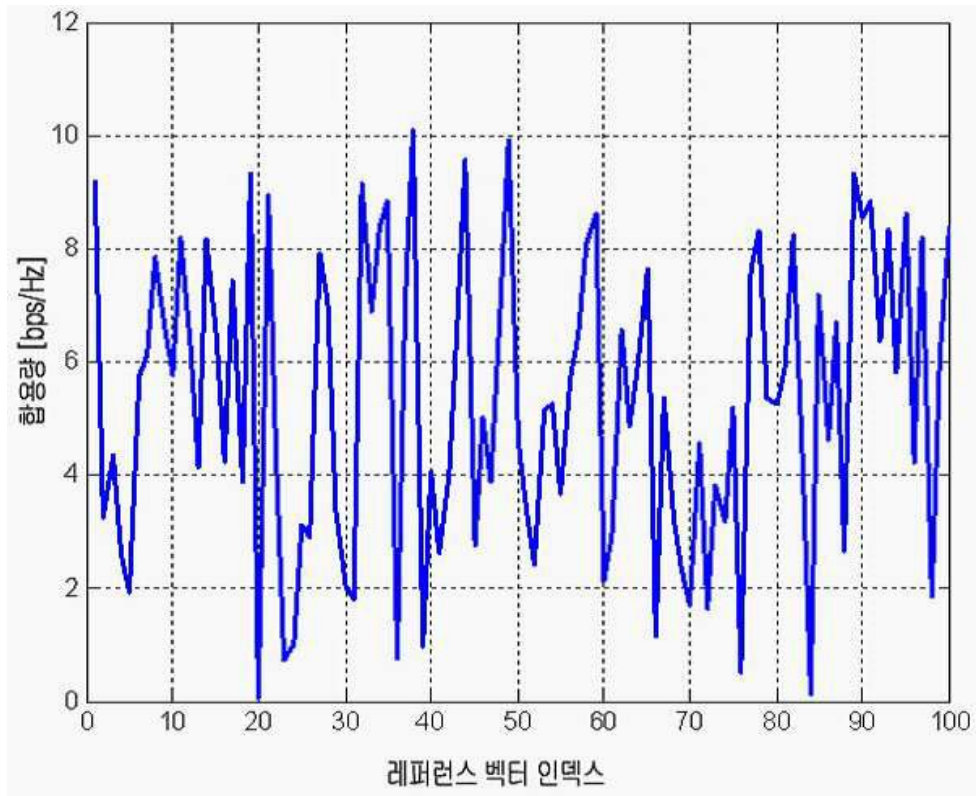
[0060] 이와 같이, 단말은 여러 개의 레퍼런스 벡터 중 전송 용량이 가장 큰 레퍼런스 벡터를 선택할 수 있으므로, 선택적 다이버시티 효과를 얻을 수 있고 높은 합용량을 얻을 수 있다. 그리고, 단말마다 서로 다른 레퍼런스 벡터를 사용하더라도 레퍼런스 벡터들은 서로 직교하므로 기지국이 수신하는 신호는 상호 간에 간섭을 주지

않는다.

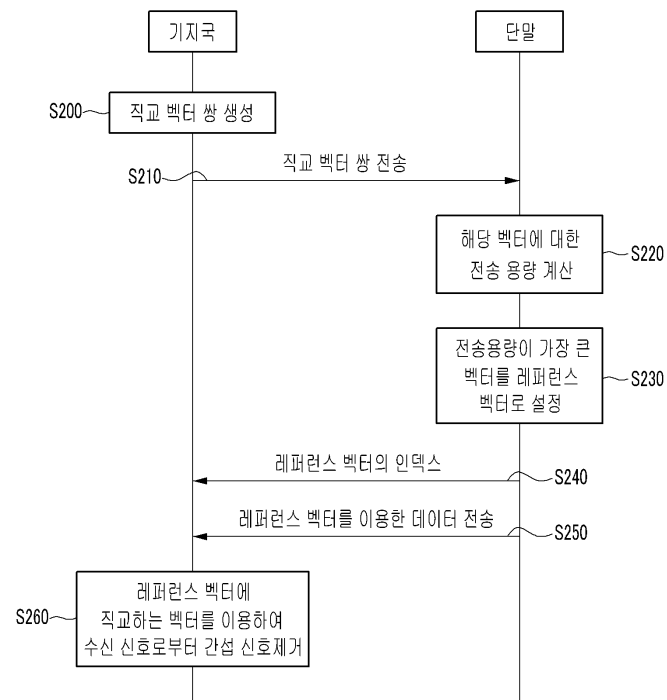
- [0061] 도 3은 본 발명의 한 실시예에 따른 레퍼런스 벡터 설정 방법을 적용하였을 때의 셀 전체의 합용량을 나타내는 그래프이다. 시뮬레이션 환경은 3개의 다중 셀 환경에서 각 셀 내의 단말 수는 3명이고, 동일한 평균 수신 SNR을 위해 모든 단말은 3개의 셀의 경계에 위치한다. 채널은 레일리 페이딩 채널(Rayleigh fading channel)이고, 모든 단말은 각 기지국으로의 채널을 완벽히 알고 있다. 그리고 각 기지국은 해당 셀에 속한 단말의 채널을 알고 있다. 그리고 C^n 의 차원을 가지는 Q쌍의 레퍼런스 벡터를 생성하기 위해 임의로 랜덤하게 생성된 직교 함수 조합을 사용하고, Q의 크기는 20개로 설정하였다.
- [0062] 도 3을 참고하면, 가로 축은 각 단말이 전송한 신호에 대한 평균 수신 SNR이고, 세로 축은 세 개의 셀의 각각의 상향링크 합용량의 합을 나타낸다. 평균 수신 SNR이 10dB일 때, 레퍼런스 벡터를 프레임마다 임의로 설정한 경우(종래 기술) 합용량은 약 7bps/Hz이다. 반면, 본 발명의 한 실시예에 따른 경우(제안 기술) 합용량은 약 11.3bps/Hz로 합용량 성능이 약 61% 증가한다.
- [0063] 도 4는 본 발명의 한 실시예에 따른 레퍼런스 벡터 설정 방법을 적용하였을 때의 셀 전체의 합용량을 나타내는 그래프이다. 각 셀 내의 단말 수가 2명인 것을 제외하고는 도 3의 시뮬레이션 환경과 동일하다.
- [0064] 도 4를 참고하면, 평균 수신 SNR이 10dB일 때, 레퍼런스 벡터를 프레임마다 임의로 설정한 경우(종래 기술) 합용량은 약 5.5bps/Hz이다. 반면, 본 발명의 한 실시예에 따른 경우(제안 기술) 합용량은 약 9.5bps/Hz로 합용량 성능이 약 73% 증가한다.
- [0065] 이와 같이, 셀마다 전송 용량이 최대가 되는 레퍼런스 벡터를 사용하면, 임의의 레퍼런스 벡터를 사용하는 경우보다 약 4 내지 6dB의 성능 향상을 기대할 수 있다.
- [0066] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예는 장치 및 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하는 프로그램 또는 그 프로그램이 기록된 기록 매체를 통해 구현될 수도 있다.
- [0067] 이상에서 본 발명의 실시예에 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.
- [0068]

도면

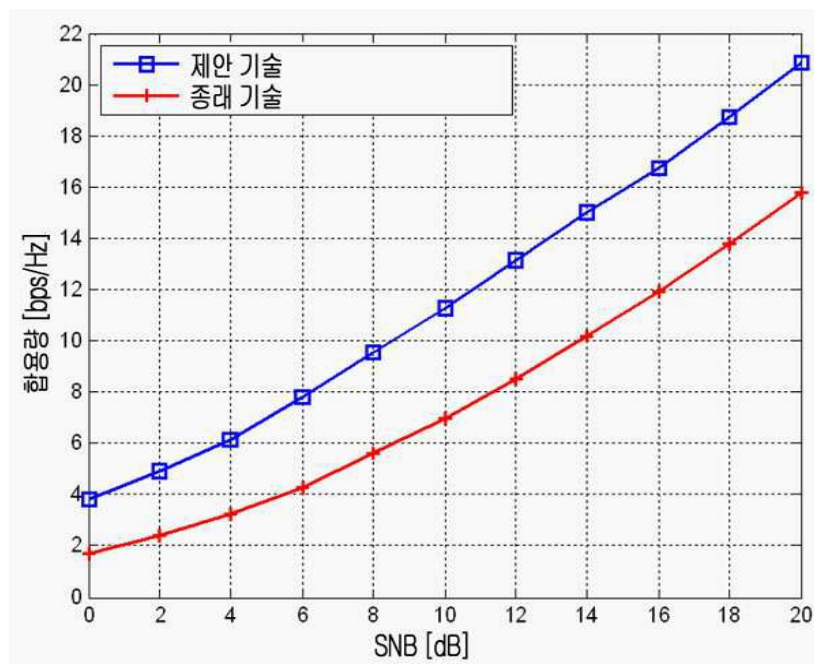
도면1



도면2



도면3



도면4

