(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0112746
(43) 공개일자 2017년10월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/04 (2017.01) *H02J 50/00* (2016.01)
H04B 7/02 (2017.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/0456 (2013.01)
H02J 50/00 (2016.02)
(21) 출원번호 10-2016-0040287
(22) 출원일자 2016년04월01일
심사청구일자 없음

(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)
양현종
울산광역시 울주군 범서읍 대리로 15-17, 707동 1002호 (구영우미린2차아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 무한

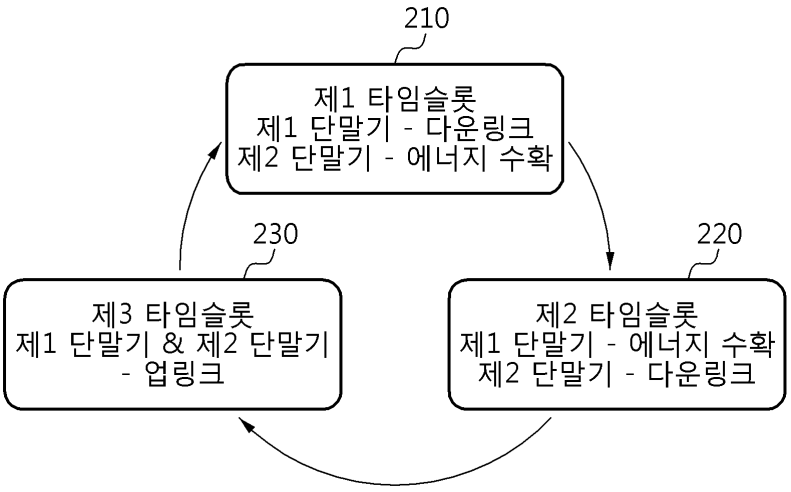
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **에너지 하베스팅을 제공하는 프리코딩 장치 및 방법**

(57) 요 약

다운링크 데이터의 달성 가능한 전송율을 증가 시키고, 미리 지정된 타임슬롯에 연관되는 신호를 이용하여 효율적으로 에너지 수확(harvesting)이 진행되도록 빔포밍 벡터 집합을 생성하는 다중 안테나 프리코딩 방법이 제공된다. 상기 다중 안테나 프리코딩 방법은 각각의 셀에 대응하는 신호대 간섭 및 잡음비 중 최소값이 최대가 되도록 하는 빔포밍 벡터 집합을 계산하는 단계, 수신되는 간섭 신호를 이용하여 수확(harvesting)되는 에너지의 크기가 데이터 전송을 위한 파워 이상이 되도록 하는 상기 빔포밍 벡터 집합을 계산하는 단계 및 상기 빔포밍 벡터 집합의 크기가 1 이하가 되도록 조절하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도2a



(52) CPC특허분류
H04B 7/022 (2013.01)
(72) 발명자
권동승
대전광역시 유성구 엑스포로 448, 204동 1304호 (전민동, 엑스포아파트)
나지현
대전광역시 유성구 어은로 57, 133동 1505호 (어은동, 한빛아파트)
문정모
대전광역시 유성구 가정로 266 (가정동, 과기원교수아파트)
신무용
대전광역시 유성구 상대남로 26 (상대동, 도안신도시9블록 트리풀시티아파트)
김명언
부산광역시 영도구 남항새싹길 79, 4동 502호 (영선동4가, 대원아파트)
오현명
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 309동 1309호 (학생기숙사)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 R0101-15-244
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터
연구사업명 ETRI통합과제
연구과제명 (통합)초연결 스마트 모바일 서비스를 위한 5G 이동통신 핵심기술개발
기 여 율 1/1
주관기관 한국전자통신연구원
연구기간 2015.03.01 ~ 2016.02.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

각각의 셀에 대응하는 신호대 간섭 및 잡음비 중 최소값이 최대가 되도록 하는 빔포밍 벡터 집합을 계산하는 단계;

수신되는 간섭 신호를 이용하여 수확(harvesting)되는 에너지의 크기가 데이터 전송을 위한 파워 이상이 되도록 하는 상기 빔포밍 벡터 집합을 계산하는 단계; 및

상기 빔포밍 벡터 집합의 크기가 소정의 임계치 이하가 되도록 조절하는 단계

를 포함하는 다중 안테나 프리코딩 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

제m 타임슬롯(time slot)에 상응하는 상기 빔포밍 벡터의 집합이 $\tilde{\mathbf{W}}^{[m]}$ 인 경우, 피저블(feasible) 빔포밍 벡터의 집합 $\mathbf{W}^{[m]}$ 이 수학식 8과 같이 정의되는 것을 특징으로 하고,

상기 수학식 8은

$$\mathbf{W}^{[m]*} = \tilde{\mathbf{w}}^{[m]}\tilde{\mathbf{w}}^{[m]H} \in \mathbf{C}^{(N_C*N_T)\times(N_C*N_T)}$$

이고, H는 켤레 전치(conjugate transpose) 연산을 나타내고, N_C는 상기 각각의 셀의 개수이고, N_T는 기지국에 존재하는 안테나 개수, C는 상기 기지국의 인덱스 집합을 나타내는 다중 안테나 프리코딩 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 최소값이 최대가 되도록 하는 빔포밍 벡터 집합을 계산하는 단계는,

수학식 9을 이용하여, 상기 피저블(feasible) 빔포밍 벡터의 집합 $\mathbf{W}^{[m]}$ 을 계산하는 단계를 포함하고,

상기 수학식 9는,

$$\mathrm{tr}\left(\mathbf{A}_i^{[m]}\mathbf{W}^{[m]}\right) \geq \theta \mathrm{tr}\left(\mathbf{B}_i^{[m]}\mathbf{W}^{[m]}\right)$$

이고, i는 1에서 상기 N_C 중 임의의 자연수를 나타내고, Θ는 상기 최소값을 나타내고, tr는 대각합(trace) 연산을 나타내고, $\mathbf{A}_i$ 및 $\mathbf{B}_i$ 는 제i 셀에서 상기 제i 셀로의 채널 행렬 $\mathbf{h}_{ii}^{[m]}$ 및 상기 제i 셀에 연관되는 고유벡터 $\mathbf{E}_i$ 로 정의되는 다중 안테나 프리코딩 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 $\mathbf{A}_i$ 및 상기 $\mathbf{B}_i$ 는 수학식 10에 의해 정의되고,

상기 수학식 10은,

$$\frac{\tilde{\mathbf{w}}^{[m]H}\mathbf{E}_i^H\mathbf{h}_{ii}^{[m]}\mathbf{h}_{ii}^{[m]H}\mathbf{E}_i\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}}{\rho}=\frac{\tilde{\mathbf{w}}^{[m]H}\mathbf{A}_i^{[m]}\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}}{\tilde{\mathbf{w}}^{[m]H}\mathbf{B}_i^{[m]}\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}}$$

이고, ρ는 상수를 나타내는 다중 안테나 프리코딩 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

임의적으로 상기 빔포밍 벡터 집합을 설정하여 상기 최소값을 계산하는 단계; 및

상기 계산된 최소값의 최대값을 이용하여 상기 피저블(feasible) 빔포밍 벡터의 집합 $\mathbf{W}^{[m]}$을 계산하는 단계를 더 포함하는 다중 안테나 프리코딩 방법.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 데이터 전송을 위한 파워 이상이 되도록 하는 상기 빔포밍 벡터 집합을 계산하는 단계는,

수학식 11를 이용하여, 상기 피저블(feasible) 빔포밍 벡터의 집합 $\mathbf{W}^{[m]}$을 계산하는 단계를 포함하고,

상기 수학식 11는,

$$\mathrm{tr}\left(\mathbf{C}_i^{[3-m]}\mathbf{W}^{[m]}\right)\geq\delta_i^{[m]}$$

이고, i는 1에서 상기 N_C 중 임의의 자연수를 나타내고, $\mathbf{C}_i^{[m]}$는

$$\sum_{k=1}^{N_C}\mathbf{E}_i^H\mathbf{h}_{ki}^{[3-m]}\mathbf{h}_{ki}^{[3-m]H}\mathbf{E}_i$$

이고, $\mathbf{E}_i$는 제i 셀에 연관되는 고유벡터이고, $\mathbf{h}_{ki}$는 제k 셀에서 상기 제i 로의 채널 행렬을 나타내고, δ_i는 상기 파워로 결정되는 다중 안테나 프리코딩 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 δ_i는 수학식 12에 의해 정의되고,

상기 수학식 12는,

$$\gamma\sum_{k=1}^{N_C}\left|\mathbf{h}_{ki}^{[3-m]H}\mathbf{E}_i\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}\right|^2\geq P_{M,i}^{[m]}\Leftrightarrow\tilde{\mathbf{w}}^{[m]H}\mathbf{C}_i^{[3-m]}\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}\geq\delta_i^{[m]}$$

이고, γ는 에너지 전환 상수를 나타내고, $P_{M,i}$는 상기 파워를 나타내는 다중 안테나 프리코딩 방법.

청구항 8

제2항에 이어서,

상기 빔포밍 벡터 집합의 크기가 소정의 임계치 이하가 되도록 조절하는 단계는,

수학식 13을 이용하여, 상기 피저블(feasible) 빔포밍 벡터의 집합 $\mathbf{W}^{[m]}$ 을 계산하는 단계를 포함하고,

상기 수학식 13은,

$$\left\| \mathbf{E}_i \tilde{\mathbf{w}}^{[m]} \right\|^2 \le 1 \Leftrightarrow \tilde{\mathbf{w}}^{[m]H} \mathbf{D}_i \tilde{\mathbf{w}}^{[m]} \le 1$$

이고, || ||는 유클리드 노름을 나타내고, i는 1에서 상기 N_C 중 임의의 자연수를 나타내고, $\mathbf{D}_i^{[m]}$ 는 $\mathbf{E}_i^H \mathbf{E}_i$ 을 나타내고, $\mathbf{E}_i$ 는 제i 셀에 연관되는 고유벡터를 나타내는 다중 안테나 프리코딩 방법.

청구항 9

제2항에 있어서,

상기 피저블(feasible) 빔포밍 벡터의 집합 $\mathbf{W}^{[m]}$ 의 랭크(rank) 값이 1에 근사 되도록 하는 무작위 추출(randomization)을 수행하는 단계

를 더 포함하는 다중 안테나 프리코딩 방법.

청구항 10

적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해 적어도 일시적으로 구현되는:

제m 타임슬롯(time slot)에 상응하는 빔포밍 벡터의 집합이 $\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}$ 인 경우, 피저블(feasible) 빔포밍 벡터의 집합 $\mathbf{W}^{[m]}$ 을 수학식 8에 기초하여 계산하고, 각각의 셀에 대응하는 신호대 간섭 및 잡음비 중 최소값이 최대가 되도록 하는 빔포밍 벡터 집합을 계산하는 제1 계산부;

수신되는 간섭 신호를 이용하여 수확(harvesting)되는 에너지의 크기가 데이터 전송을 위한 파워 이상이 되도록 하는 상기 빔포밍 벡터 집합을 계산하는 제2 계산부; 및

상기 빔포밍 벡터 집합의 크기가 소정의 임계치 이하가 되도록 조절하는 제3 계산부

를 포함하고,

상기 수학식 8은

$$\mathbf{W}^{[m]*} = \tilde{\mathbf{w}}^{[m]} \tilde{\mathbf{w}}^{[m]H} \in \mathbf{C}^{(N_{C^*}N_T)\times(N_{C^*}N_T)}$$

이고, H는 켤레 전치(conjugate transpose) 연산을 나타내고, N_C는 상기 각각의 셀의 개수이고, N_T는 기지국에 존재하는 안테나 개수, C는 상기 기지국의 인덱스 집합을 나타내는 신호 처리 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 에너지 하베스팅을 기반으로 하는 프리코딩 장치 및 방법에 연관되고, 보다 구체적으로 셀룰라(cellular) 네트워크에서 RF(radio frequency) 신호의 에너지 하베스팅을 지원하는 다중 안테나 프리코딩 장치 및 방법에 연관된다.

배 경 기 술

[0002] 오늘날 주위 환경에 존재하는 태양 에너지, 열 에너지 등과 같은 재생 가능한 에너지를 수확하는 방법에 관하여 다양한 연구가 진행되고 있다.

[0003] 예시적으로, 공기 중에 떠다니는 임의의 RF 신호를 수집하고, 수집된 신호를 이용하여 실제의 에너지를 수확하는 디바이스가 시장에 출시되고 있다. 다만, 종래의 방식은 셀룰라 네트워크에서 단방향 링크만을 고려하고, 또한 기지국이 단일 안테나를 이용하는 경우에 관한 구성에 관한 것이다.

[0004] UDN(Ultra Dense Network) 시대가 도래함에 따라, 많은 간섭 신호를 활용하여 새롭게 에너지를 수확하는 방법에 관한 필요성은 점점 증가하고 있는 실정이다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0005] 일측에 따르면, 다운링크 데이터의 달성 가능한 전송율을 증가 시키고, 미리 지정된 타임슬롯에 연관되는 신호를 이용하여 효율적으로 에너지 수확(harvesting)이 진행되도록 빔포밍 벡터 집합을 생성하는 다중 안테나 프리코딩 방법이 제공된다. 상기 다중 안테나 프리코딩 방법은 각각의 셀에 대응하는 신호대 간섭 및 잡음비 중 최소값이 최대가 되도록 하는 빔포밍 벡터 집합을 계산하는 단계, 수신되는 간섭 신호를 이용하여 수확(harvesting)되는 에너지의 크기가 데이터 전송을 위한 파워 이상이 되도록 하는 상기 빔포밍 벡터 집합을 계산하는 단계 및 상기 빔포밍 벡터 집합의 크기가 소정의 임계치 이하가 되도록 조절하는 단계를 포함할 수 있다.

[0006] 일실시예에 따르면, 제m 타임슬롯(time slot)에 상응하는 상기 빔포밍 벡터의 집합이 $\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}$인 경우, 피저블(feasible) 빔포밍 벡터의 집합 $\mathbf{W}^{[m]}$이 $\mathbf{W}^{[m]*} = \tilde{\mathbf{w}}^{[m]}\tilde{\mathbf{w}}^{[m]H} \in \mathbf{C}^{(N_{C*}N_T)\times(N_{C*}N_T)}$와 같이 정의되는 것을 특징으로 할 수 있다. H는 켤레 전치(conjugate transpose) 연산을 나타내고, N_C는 하나의 클러스터에 포함되는 상기 각각의 셀의 개수이고, N_T는 기지국에 존재하는 안테나 개수, C는 상기 기지국의 인덱스 집합을 나타낼 수 있다.

[0007] 다른 일실시예에 따르면, 상기 다중 안테나 프리코딩 방법은 상기 피저블(feasible) 빔포밍 벡터의 집합 $\mathbf{W}^{[m]}$의 랭크(rank) 값이 1에 근사 되도록 하는 무작위 추출(randomization)을 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 일실시예에 따른 셀룰라 네트워크에서 에너지를 수확하는 과정을 설명하는 예시도이다.

도 2a 및 도 2b는 일실시예에 따른 통신 프로토콜에서 에너지를 수확하는 과정을 설명하는 예시도이다.

도 3은 일실시예에 따른 다중 안테나 프리코딩 방법에 관한 흐름도이다.

도 4는 일실시예에 따른 다중 안테나 프리코딩을 수행하는 신호 처리 장치에 관한 블록도이다.

도 5a, 도 5b 및 도 5c는 일실시예에 따른 빔포밍 벡터 집합에 대응하는 업링크 전송율, 다운링크 전송율 및 달성 가능한 전송율 구간을 도시하는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 실시예들에 대한 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 예시를 위한 목적으로 개시된 것으로서, 다양한 형태로 변경되어 실시될 수 있다. 따라서, 실시예들은 특정한 개시형태로 한정되는 것이 아니며, 본 명세서의 범위는 기술적 사상에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0010] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 해석되어야 한다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.

[0011] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결 되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0012] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설명된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0013] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0014] 도 1은 일실시예에 따른 셀룰라 네트워크에서 에너지를 수확하는 과정을 설명하는 예시도이다.

[0015] 도 1을 참조하면, 하나의 클러스터 내부에 포함되는 복수의 셀 중 두 개의 셀(111, 112)이 도시된다. 예시적으로, 상기 클러스터는 3GPP LTE(3^{rd} Generation Partnership Project Long Term Evolution) 통신 시스템에 상응하도록 정의될 수 있다. 각각의 셀 내에는 기지국(eNode B 또는 eNB)(121, 122) 및 복수의 단말기(131, 132, 133, 134)가 포함될 수 있다.

[0016] 본 명세서 상에서 기재되는 기지국(121, 122)은 RRH(remote radio head), eNB, TP(Transmission Point), RP(Reception Point) 및 중계기(relay)와 같은 포괄적인 용어와 동일하게 사용될 수 있다.

[0017] 본 실시예에서는 예시적으로, 단말기(131, 132, 133, 134)와 기지국(121, 122) 사이의 통신 시스템을 LTE 시스템 또는 LTE-A 시스템으로 모델링하여 통신 프로토콜이 정의되지만, 실시예에 상응하는 에너지 수확 방법이 적용될 수 있는 다양한 형태의 통신 시스템에도 함께 적용될 수 있다는 것은 기술 분야에 속하는 전문가에게는 자명한 사실일 것이다.

[0018] 기지국(121, 122)과 복수의 단말기(131, 132, 133, 134)사이의 데이터 송수신을 위해서는 복수의 채널들이 이용될 수 있다. 일실시예에 따르면, 상기 복수의 채널은 타켓 단말기에 연관되는 데이터를 전송하는 타켓 채널(desired channel)(140), 동일한 셀 내의 이웃한 단말기에 연관되는 데이터를 전송하는 수확 채널(harvesting channel)(150) 및 다른 셀의 기지국으로부터 전달되는 신호에 연관되는 간섭 채널(interference channel)(160)과 같이 모델링될 수 있다.

[0019] 위와 같은 채널의 모델링에 기초하여, 각각의 기지국(121, 122)은 타켓 채널(140)의 전송율을 높이고, 수확 채널(150)의 신호를 보다 효율적으로 에너지 수확에 이용하기 위한 빔포밍 벡터 집합을 설정할 수 있다.

[0020] 일실시예에 따르면, 제1 단말기(131)는 제1 기지국(121)으로부터 타켓 데이터를 포함하는 제1 타켓 채널(141)의 신호를 수신할 수 있다. 다만, 제1 단말기(131)는 제2 셀(112) 내에 포함되는 제2 기지국(122)으로부터 전달되는 제1 간섭 채널(161)의 신호를 함께 수신하게 될 것이다. 강건한 빔포밍 벡터 집합을 설정하는 것은 원하는 제1 타켓 채널(141)의 신호의 전송율을 높이고, 제1 셀(111) 내에 이웃한 제2 단말기(132)에 연관되는 제1 수확 채널(151, 152)의 신호들을 에너지 수확에 이용되는 비율을 높일 수 있다.

[0021] 하나의 클러스터 내부에 존재하는 복수의 채널 모두가 하나의 단말기에 연관되는 데이터를 전송하는데 사용되지 않는다는 점을 고려하면, 본 실시예를 적용한 프리코딩 방법은 사용자와 무관한 신호를 에너지 수확에 이용하고 시스템의 전송율을 극대화하는 효과를 사용자에게 제공할 수 있다. 위와 같은 빔포밍 벡터 집합을 설정하는 보다 방법에 관한 설명은 아래에서 추가될 도면과 함께 기재될 것이다.

[0022] 도 2a 및 도 2b는 일실시예에 따른 통신 프로토콜에서 에너지를 수확하는 과정을 설명하는 예시도이다.

[0023] 도 2a를 참조하면, 통신 프로토콜에 따라 정의되는 각각의 타임슬롯(210, 220, 230)이 도시된다. 하나의 클러스터 내에 포함되는 셀의 개수를 N_C 개, 하나의 기지국에 포함되는 안테나의 개수를 N_r 개 및 하나의 셀에는 2개의 단말기가 존재하는 경우를 가정하자. 위에 기재한 개수는 본 발명의 사상의 이해를 돕기 위한 예시적 기재일 뿐, 다른 실시예들의 범위를 한정하거나 제한하는 것으로 해석되어서는 안될 것이다.

[0024] 본 실시예의 통신 프로토콜의 경우, 제1 타임슬롯(210), 제2 타임슬롯(220) 및 제3 타임슬롯(230)이 하나의 주기로서 반복적으로 수행될 수 있다. 보다 구체적으로, 제1 타임슬롯(210)에서는 제1 단말기가 기지국으로부터

다운링크 데이터를 수신하고, 제2 단말기는 수확 채널을 이용하여 에너지 수확을 수행할 수 있다. 제2 단말기의 수확 채널은 제1 단말기의 다운링크 데이터에 연관되는 신호를 나타낼 수 있다. 또한, 제2 타임슬롯(220)에서는 제2 단말기가 기지국으로부터 다운링크 데이터를 수신하고, 제1 단말기는 수확 채널을 이용하여 에너지 수확을 수행할 수 있다. 마찬가지로 제1 단말기의 수확 채널은 제2 단말기의 다운링크 데이터에 연관되는 신호를 나타낼 수 있다.

[0025] 일실시예로서, 기지국이 제1 단말기 및 제2 단말기 중 어느 하나로 다운링크 데이터를 전송하는 채널은 시스템 정보를 전송하는 BCH(Broadcast Channel), 페이징 메시지를 전송하는 PCH(Paging Channel) 및 사용자 트래픽이나 제어 메시지를 전송하는 다운링크 공유 채널 중 어느 하나를 나타낼 수 있다. 다만, 위의 경우에 다운링크 데이터를 수신하지 않는 단말기는 위의 채널들을 에너지 수확을 위한 수확 채널로 이용할 수 있을 것이다.

[0026] 제3 타임슬롯(230)에서는 제1 단말기 및 제2 단말기 모두 기지국으로 업링크 데이터를 전송할 수 있다. 일실시예로서, 업링크 데이터는 다운링크 데이터에 연관되는 ACK(Acknowledge) 신호 또는 NACK(Negative Acknowledge) 신호를 나타낼 수 있다. 다른 일실시예로서, 업링크 데이터는 단말기 간의 데이터 송수신에 연관되는 사용자 트래픽을 나타낼 수 있다.

[0027] 도 2b에 도시된 것과 같이, 제1 타임슬롯(210), 제2 타임슬롯(220) 및 제3 타임슬롯(230)이 주기적으로 반복되어 기지국과 제1 단말기 및 제2 단말기가 무선 통신을 이용할 수 있다.

[0028] 위와 같은 셀룰러 네트워크 내에서 제m 타임슬롯에서 제i 셀에 존재하는 제m 단말기로 전달되는 신호를 아래의 수학식 1과 같이 정의할 수 있다.

수학식 1

[0029]
$$y_i^{[m]} = \mathbf{h}_{ii}^{[m]H}\mathbf{w}_i^{[m]}x_i^{[m]} + \sum_{k=1,k\neq i}^{N_C}\mathbf{h}_{ki}^{[m]H}\mathbf{w}_k^{[m]}x_k^{[m]} + z_i$$

[0030] m은 1 이상 2 이하의 임의의 자연수를 나타내고, i는 1 이상 N_C 이하의 임의의 자연수를 나타낼 수 있다. $y_i^{[m]}$ 는 제m 단말기가 수신하는 전체 신호를 나타낼 수 있다. $x_i^{[m]}$ 은 제i 셀에 존재하는 기지국이 제m 단말기로 전송하는 신호를 나타내고, $x_k^{[m]}$ 은 제k 셀에 존재하는 기지국으로부터 제m 단말기로 전달되는 신호를 나타낼 수 있다. k는 1 이상 N_C 이하의 임의의 자연수로서 i와는 상이한 값을 나타낼 수 있다. 더하여, $\mathbf{w}_i^{[m]}$ 는 제i 셀에 존재하는 기지국의 빔포밍 벡터를 나타내고, $\mathbf{w}_k^{[m]}$ 는 제k 셀에 존재하는 기지국의 빔포밍 벡터를 나타낼 수 있다. 또한, $\mathbf{h}_{ii}^{[m]}$ 는 제i 셀에서 제i 셀로의 채널 행렬을 나타내고, $\mathbf{h}_{ki}^{[m]}$ 는 제k 셀에서 제i 셀로의 채널 행렬을 나타낼 수 있다. z_i 는 제i 셀에 존재하는 기지국 인덱스 C_i와 기지국 내의 각각의 안테나 N_T에 따라 정의되는 AWGN(Additive White Gaussian Noise)를 나타낼 수 있다.

[0031] 상기 수학식 1에 기초하여 제m 타임슬롯에서의 전체 다운링크 데이터에 관한 달성 가능한 전송율(achievable sum-rate) $R_{DL}^{[m]}$ 은 아래의 수학식 2와 같이 계산될 수 있다. N_0는 잡음 신호의 크기를 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$R_{DL}^{[m]} = \sum_{i=1}^{N_C} \log\left(1 + \frac{\left|\mathbf{h}_{ii}^{[m]H}\mathbf{w}_i^{[m]}\right|^2}{\sum_{k=1,k\neq i}^{N_C}\left|\mathbf{h}_{ki}^{[m]H}\mathbf{w}_k^{[m]}\right|^2 + N_0}\right)$$

[0032]

[0033] 이 경우에 제3 타임슬롯(230)에서 제i 셀에 존재하는 기지국이 수신하는 업링크 신호는 아래의 수학식 3과 같이 정의될 수 있다.

수학식 3

$$\mathbf{y}_i = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_{N_T} \end{bmatrix} = \sum_{m=1}^{2}\mathbf{h}_{ii}^{[m]}x_i^{[m]} + \sum_{k=1,k\neq i}^{N_C}\sum_{m=1}^{2}\mathbf{h}_{ik}^{[m]}x_k^{[m]} + \mathbf{z}_i$$

[0034]

[0035] 상기 수학식 3에 기초하여 제3 타임슬롯(230)에서 전체 업링크 데이터에 관한 달성 가능한 전송율 R_{UL}은 아래의 수학식 4와 같이 계산될 수 있다.

수학식 4

$$R_{UL} = \sum_{i=1}^{N_C}\log\det\left(E\left(\mathbf{y}_i\mathbf{y}_i^H\right)\right) - \log\det\left(E\left(\tilde{\mathbf{z}}_i\tilde{\mathbf{z}}_i^H\right)\right), \tilde{\mathbf{z}}_i = \sum_{k=1,k,=i}^{N_C}\sum_{m=1}^{2}\mathbf{h}_{ik}^{[m]}x_k^{[m]} + \mathbf{z}_i$$

[0036]

[0037] 이 경우에, 제i 셀에 존재하는 기지국의 빔포밍 벡터 $\mathbf{w}_i^{[m]}$는 빔포밍 벡터 집합 $\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}$과 제i 셀에 연관되는 고유벡터 $\mathbf{E}_i$를 이용하여 치환될 수 있다. 상기 빔포밍 벡터 집합 $\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}$은 아래의 수학식 5와 같이 정의될 수 있다.

수학식 5

$$\tilde{\mathbf{w}}^{[m]} = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_1^{[m]} \\ \vdots \\ \mathbf{w}_{N_C}^{[m]} \end{bmatrix} \in \mathbb{C}^{(N_C\cdot N_T)\times 1}$$

[0038]

[0039] 제i 셀에 존재하는 기지국의 빔포밍 벡터 $\mathbf{w}_i^{[m]}$ 를 치환하여 $R_{DL}^{[m]}$ 의 하계(lower bound)를 계산할 수 있다. 계산된 $R_{DL}^{[m]}$ 의 하계(lower bound)는 아래의 수학식 6과 같이 계산될 수 있다.

수학식 6

[0040]
$$R_{DL}^{[m]} \geq \log\left(\min_i \left\{SINR_i^{[m]}\right\}\right)^{N_C}$$

[0041] 그에 따라, $R_{DL}^{[m]}$ 를 높이고 간섭 채널을 이용하여 에너지 수확을 효율적으로 수행하기 위해서는 제i 셀에 대응하는 단말기들의 신호대 간섭 및 잡음비(SINR: Signal to Interference plus Noise)를 최대화할 필요성이 존재한다. 상기 조건을 만족시키는 빔포밍 벡터 집합 $\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}$ 을 디자인하는 과정에 관한 보다 자세한 설명은 아래의 도면에서 보다 상세히 설명될 것이다.

[0042] 도 3은 일실시예에 따른 다중 안테나 프리코딩 방법에 관한 흐름도이다.

[0043] 도 3을 참조하면, 다중 안테나 프리코딩 방법(300)은 각각의 셀에 대응하는 신호대 간섭 및 잡음비 중 최소값이 최대가 되도록 하는 빔포밍 벡터 집합을 계산하는 단계(310), 수신되는 간섭 신호를 이용하여 수확(harvesting)되는 에너지의 크기가 데이터 전송을 위한 파워 이상이 되도록 하는 상기 빔포밍 벡터 집합을 계산하는 단계(320) 및 상기 빔포밍 벡터 집합의 크기가 소정의 임계치 이하가 되도록 조절하는 단계(330)를 포함할 수 있다.

[0044] 단계(310)에서 신호 처리 장치는 상기 수학식 2에 존재하는 $\mathbf{w}_i^{[m]}$ 를 빔포밍 벡터 집합 $\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}$ 과 제i 셀에 연관되는 고유벡터 $\mathbf{E}_i$ 를 이용하여 치환하여 아래의 수학식 7과 같은 $R_{DL}^{[m]}$ 의 관계식을 계산할 수 있다.

수학식 7

[0045]
$$R_{DL}^{[m]} = \sum_{i=1}^{N_C} \log\left(1 + \frac{\tilde{\mathbf{w}}^{[m]H}\mathbf{E}_i^H\mathbf{h}_{ii}^{[m]}\mathbf{h}_{ii}^{[m]H}\mathbf{E}_i\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}}{\rho}\right)$$

[0046] 더하여, 단계(310)에서 신호 처리 장치는 제m 타임슬롯(time slot)에 상응하는 상기 빔포밍 벡터의 집합이 $\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}$ 인 경우, 피저블(feasible) 빔포밍 벡터의 집합 $\mathbf{W}^{[m]}$ 을 아래의 수학식 8과 같이 정의할 수 있다.

수학식 8

[0047]
$$\mathbf{W}^{[m]*} = \tilde{\mathbf{w}}^{[m]}\tilde{\mathbf{w}}^{[m]H} \in \mathbf{C}^{(N_C*N_T)\times(N_C*N_T)}$$

[0048] H는 켤레 전치(conjugate transpose) 연산을 나타내고, N_C는 상기 각각의 셀의 개수이고, N_T는 기지국에 존재하는 안테나 개수, C는 상기 기지국의 인덱스 집합을 나타낼 수 있다.

[0049] 더하여, 단계(310)에서 신호 처리 장치는 아래의 수학식 9를 이용하여 상기 피저블(feasible) 빔포밍 벡터의 집합 $\mathbf{W}^{[m]}$을 계산할 수 있다.

수학식 9

[0050]
$$\mathrm{tr}\left(\mathbf{A}_i^{[m]}\mathbf{W}^{[m]}\right) \geq \theta \mathrm{tr}\left(\mathbf{B}_i^{[m]}\mathbf{W}^{[m]}\right)$$

[0051] i는 1에서 상기 N_C 중 임의의 자연수를 나타내고, Θ는 각각의 셀에 대응하는 신호대 간섭 및 잡음비 중 최소값을 나타내고, tr는 대각합(trace) 연산을 나타낼 수 있다. 더하여, 상기 수학식 9의 $\mathbf{A}_i$ 및 $\mathbf{B}_i$는 아래의 수학식 10에 의해 정의될 수 있다.

수학식 10

[0052]
$$\frac{\tilde{\mathbf{w}}^{[m]H}\mathbf{E}_i^H\mathbf{h}_{ii}^{[m]}\mathbf{h}_{ii}^{[m]H}\mathbf{E}_i\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}}{\rho} = \frac{\tilde{\mathbf{w}}^{[m]H}\mathbf{A}_i^{[m]}\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}}{\tilde{\mathbf{w}}^{[m]H}\mathbf{B}_i^{[m]}\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}}$$

[0053] ρ는 임의의 상수를 나타낼 수 있다.

[0054] 다른 일실시예로서, 단계(310)에서 신호 처리 장치는 임의적으로 상기 빔포밍 벡터 집합을 설정하여 상기 최소값을 계산할 수 있다. 더하여, 신호 처리 장치는 상기 계산된 최소값의 최대값을 이용하여 상기 피저블(feasible) 빔포밍 벡터의 집합 $\mathbf{W}^{[m]}$을 계산할 수 있다.

[0055] 단계(320)에서 신호 처리 장치는 아래의 수학식 11를 이용하여, 상기 피저블(feasible) 빔포밍 벡터의 집합 $\mathbf{W}^{[m]}$을 계산할 수 있다.

수학식 11

[0056]
$$\mathrm{tr}\left(\mathbf{C}_i^{[3-m]}\mathbf{W}^{[m]}\right) \geq \delta_i^{[m]}$$

[0057] $\mathbf{C}_i^{[m]}$는 $\sum_{k=1}^{N_C}\mathbf{E}_i^H\mathbf{h}_{ki}^{[3-m]}\mathbf{h}_{ki}^{[3-m]H}\mathbf{E}_i$이고, $\mathbf{E}_i$는 제i 셀에 연관되는 고유벡터이고, $\mathbf{h}_{ki}$는 제k 셀에서 상기 제i로의 채널 행렬을 나타내고, δ_i는 데이터 전송을 위한 파워로 결정되는 파라미터를 나타낼 수 있다.

[0058] 보다 구체적으로, 상기 δ_i는 수학식 12에 의해 정의될 수 있다.

수학식 12

[0059]
$$\gamma\sum_{k=1}^{N_C}\left|\mathbf{h}_{ki}^{[3-m]H}\mathbf{E}_i\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}\right|^2 \geq P_{M,i}^{[m]} \Leftrightarrow \tilde{\mathbf{w}}^{[m]H}\mathbf{C}_i^{[3-m]}\tilde{\mathbf{w}}^{[m]} \geq \delta_i^{[m]}$$

[0060] γ는 에너지 전환 상수를 나타내고, $P_{M,i}$ 는 업링크 데이터 전송을 위해 필요한 파워를 나타낼 수 있다.

[0061] 단계(330)에서 신호 처리 장치는 아래의 수학식 13을 이용하여, 상기 피저블(feasible) 빔포밍 벡터의 집합 $\mathbf{W}^{[m]}$ 을 계산할 수 있다.

수학식 13

[0062]
$$\left\|\mathbf{E}_i\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}\right\|^2 \leq 1 \Leftrightarrow \tilde{\mathbf{w}}^{[m]H}\mathbf{D}_i\tilde{\mathbf{w}}^{[m]} \leq 1$$

[0063] || ||는 유클리드 노름을 나타내고, i는 1에서 상기 N_C 중 임의의 자연수를 나타내고, $\mathbf{D}_i^{[m]}$ 는 $\mathbf{E}_i^H\mathbf{E}_i$ 을 나타내고, $\mathbf{E}_i$ 는 제i 셀에 연관되는 고유벡터를 나타낼 수 있다.

[0064] 더하여, 다중 안테나 프리코딩 방법을 수행하는 신호 처리 장치는 상기 피저블(feasible) 빔포밍 벡터의 집합 $\mathbf{W}^{[m]}$ 의 랭크(rank) 값이 1에 근사 되도록 하는 무작위 추출(randomization)을 수행하는 단계를 추가적으로 수행할 수 있다.

[0065] 도 4는 일실시예에 따른 다중 안테나 프리코딩을 수행하는 신호 처리 장치에 관한 블록도이다.

[0066] 도 4를 참조하면, 다중 안테나 프리코딩을 수행하는 신호 처리 장치(400)는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해 적어도 일시적으로 구현될 수 있다. 신호 처리 장치(400)는 제1 계산부(410), 제2 계산부(420) 및 제3 계산부(430)를 포함할 수 있다. 제1 계산부(410)는 제m 타임슬롯(time slot)에 상응하는 상기 빔포밍 벡터의 집합이 $\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}$ 인 경우, 피저블(feasible) 빔포밍 벡터의 집합 $\mathbf{W}^{[m]}$ 을 상기 수학식 8에 기초하여 계산할 수 있다.

[0067] 다른 일실시예에 따르면, 제1 계산부(410)는 $\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}$ 를 랜덤하게 선택할 수 있다. 더하여, 제1 계산부(410)는 선택된 $\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}$ 를 이용하여 $\frac{\tilde{\mathbf{w}}^{[m]H}\mathbf{A}_i^{[m]}\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}}{\tilde{\mathbf{w}}^{[m]H}\mathbf{B}_i^{[m]}\tilde{\mathbf{w}}^{[m]}}$ 를 계산할 수 있다. 제1 계산부(410)는 $\theta_{\min}=0$ 로 설

$$\theta_{\max} = \max_i \left\{ \frac{\tilde{\mathbf{w}}^{[m]H} \mathbf{A}_i^{[m]} \tilde{\mathbf{w}}^{[m]}}{\tilde{\mathbf{w}}^{[m]H} \mathbf{B}_i^{[m]} \tilde{\mathbf{w}}^{[m]}} \right\}$$

정하고, $\tilde{\theta} = \frac{\theta_{\min} + \theta_{\max}}{2}$ 로 설정할 수 있다. 더하여, $\theta_{\max} - \theta_{\min} > \dot{\theta}$ 로 설정하여 의 조건이 만족할 때까지의 제2 계산부(420) 및 제3 계산부(430)가 solution을 찾는 과정이 지속되도록 할 수 있다. 보다 구체적으로, 제1 계산부(410), 제2 계산부(420) 및 제3 계산부(430)는 의 기설정된 조건을 이용하여 각각의 계산을 수행할 수 있다. 일실시예로서, 계산된 $\tilde{\theta}$ 가 feasible한 경우에는 $\theta_{\min}$ 을 $\tilde{\theta}$ 로 대체할 수 있다. 다른 일실시예로서, 계산된 $\tilde{\theta}$ 가 infeasible한 경우라면 $\theta_{\max}$ 을 $\tilde{\theta}$ 로 대체할 수 있다.

[0068] 제2 계산부(420)는 수신되는 간섭 신호를 이용하여 수확(harvesting)되는 에너지의 크기가 데이터 전송을 위한 파워 이상이 되도록 하는 상기 빔포밍 벡터 집합을 계산할 수 있다. 제2 계산부(420)의 동작에 관한 설명은 앞서 기재한 도 3의 단계(320)의 설명이 그대로 적용될 수 있어 자세한 설명은 생략하도록 한다.

[0069] 더하여, 제3 계산부(430)는 상기 빔포밍 벡터 집합의 크기가 소정의 임계치 이하가 되도록 조절할 수 있다. 마찬가지로, 제3 계산부(430)에 관한 설명은 단계(330)의 설명이 그대로 적용될 수 있어 자세한 설명은 생략하기로 한다.

[0070] 도 5a, 도 5b 및 도 5c는 일실시예에 따른 빔포밍 벡터 집합에 대응하는 업링크 전송율, 다운링크 전송율 및 달성 가능한 전송율 구간을 도시하는 그래프이다.

[0071] 도 5a 및 도 5b를 참조하면, 클러스터 내에 3 개의 셀이 존재하고, 각각의 기지국이 포함하는 안테나 개수는 4개이고, 셀 내에는 안테나가 하나인 단말기 2 개가 존재하는 경우를 가정하여 본 실시예의 성능을 나타내는 그래프가 도시된다. 도 5a 및 도 5b의 그래프의 X 축은 신호대 잡음비(SNR)(dB)를 나타내고, Y 축은 단위 셀 당 전송율(bps/Hz)를 나타낸다. 셀 내의 모든 채널의 계수는 독립적이고 동일한 분포를 따르는 것이 가정되었고, Rayleigh 페이딩 조건이 가정된다. 수확된 에너지가 실제로 사용 가능한 에너지로 전환 되는 비율 ɣ는 10%로 설정되었다.

[0072] 도 5a를 참조하면 업링크 전송율의 그래프가 도시된다. 보다 구체적으로, 임의의 빔포밍 벡터를 선택한 경우의 제1 그래프(511), 각각의 단말기가 수확하여야 할 에너지가 0.125W로 설정된 제2 그래프(512), 및 각각의 단말기가 수확하여야 할 에너지가 0.25W로 설정된 제3 그래프(513)가 도시된다. 더하여 도 5b를 참조하면, 다운링크 전송율의 그래프가 도시된다. 임의의 빔포밍 벡터를 선택한 제4 그래프(521), 각각의 단말기가 수확하여야 할 에너지가 0.125W로 설정된 제5 그래프(522), 및 각각의 단말기가 수확하여야 할 에너지가 0.25W로 설정된 제6 그래프(523)가 도시된다.

[0073] 임의로 빔포밍 벡터를 선택한 경우와 비교하여, 본 실시예가 적용되어 수확하고자 하는 파워에 기초하여 빔포밍 벡터를 설정하는 경우가 보다 높은 전송율 및 성능 이득을 나타낸다. 또한, 도 5a와 도 5b를 비교한 경우에 다운링크 전송율의 경우에는 단말기가 수확하여야 할 에너지의 양이 높게 설정될수록, 사용 가능한 에너지로 전환되는 비율 ɣ이 낮더라도 업링크 전송율에 대비하여 보다 높은 영향이 미친다는 것을 알 수 있다.

[0074] 도 5c는 클러스터 내에 3 개의 셀이 존재하고, 각각의 기지국이 4 개의 안테나를 포함하고, 신호대 잡음비가 27dB로 설정된 경우의 달성 가능한 전송율 구간이 도시된다. 그래프의 X 축은 다운링크 전송율(bps/Hz)을 나타내고, Y 축은 업링크 전송율(bps/Hz)를 나타낼 수 있다. 제1 포인트(531)는 에너지 수확을 최대로 설정한 경우를 나타내고, 제2 포인트(532)는 에너지 수확량을 0으로 설정하여 다운링크 빔포밍의 전송율을 우선적으로 고려한 경우를 나타낸다. 결론적으로, 제1 영역(550)은 에너지 수확량과 다운링크 빔포밍의 성능을 시간적으로 고려하여 선택한 경우에 달성 가능한 전송율 구간을 나타낼 수 있다. 제1 영역(550)은 임의적으로 빔포밍을 수행한 경우보다 높은 전송율을 나타낸다는 것을 알 수 있다.

[0075] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

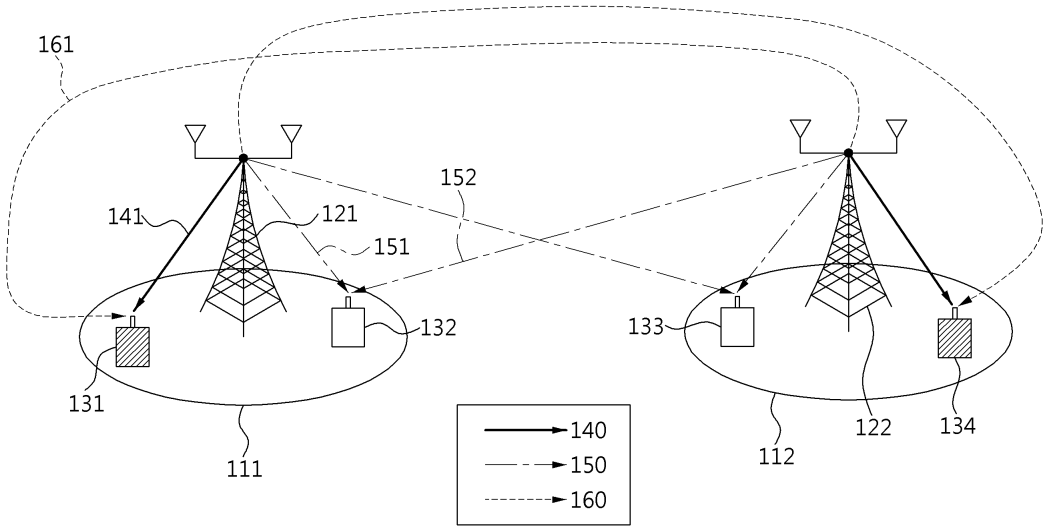
[0076] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0077] 실시예에 따른 방법은 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, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 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 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

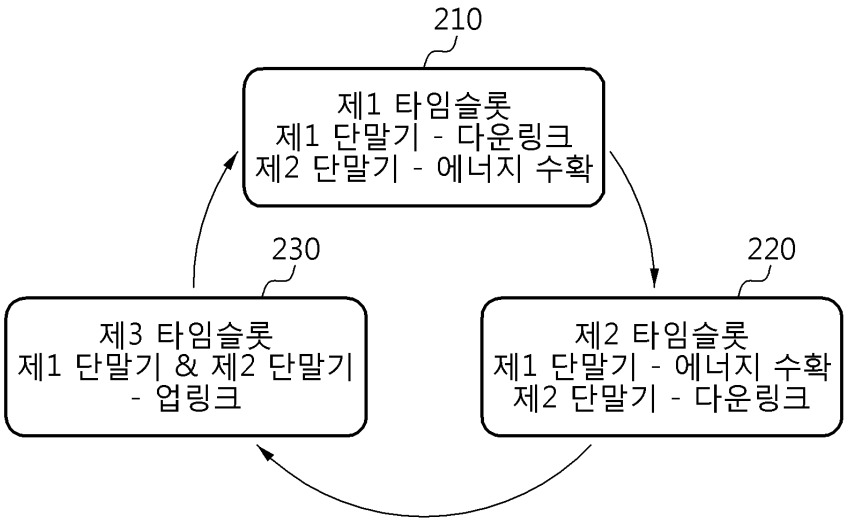
[0078] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

도면

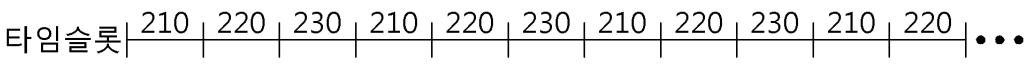
도면1



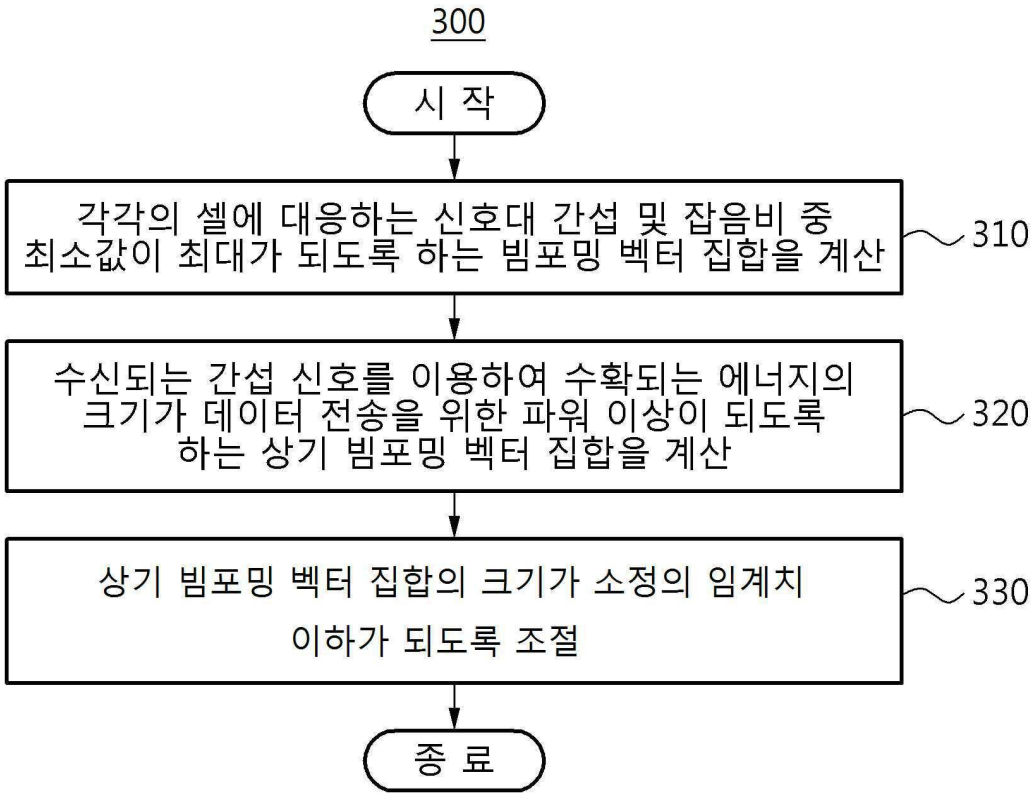
도면2a



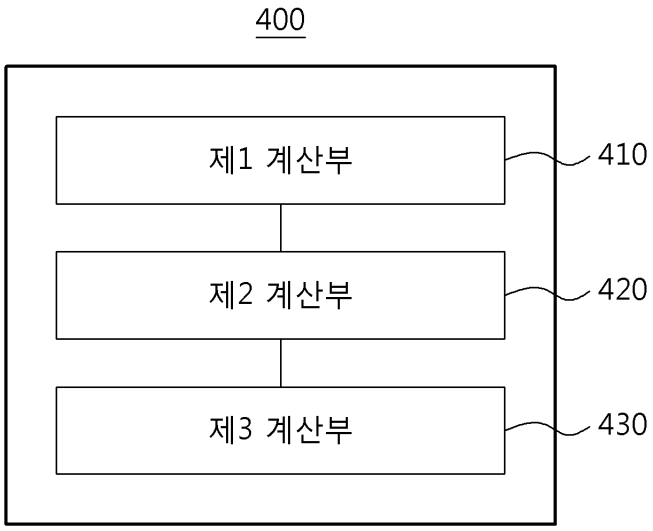
도면2b



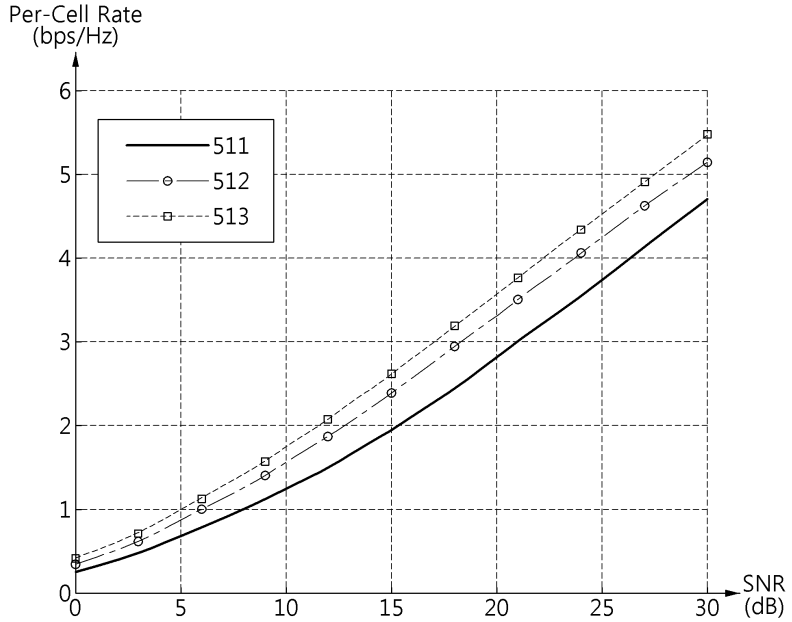
도면3


300
시 작
각각의 셀에 대응하는 신호대 간섭 및 잡음비 중 최소값이 최대가 되도록 하는 빔포밍 벡터 집합을 계산
310
수신되는 간섭 신호를 이용하여 수확되는 에너지의 크기가 데이터 전송을 위한 파워 이상이 되도록 하는 상기 빔포밍 벡터 집합을 계산
320
상기 빔포밍 벡터 집합의 크기가 소정의 임계치 이하가 되도록 조절
330
종 료

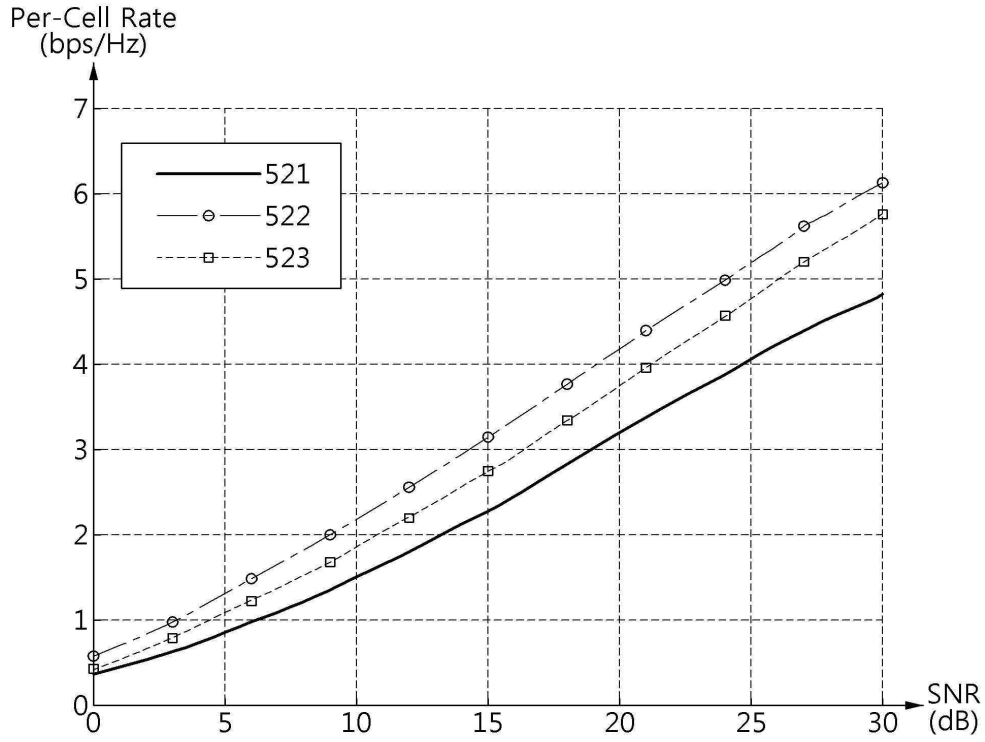
도면4


400
제1 계산부
410
제2 계산부
420
제3 계산부
430

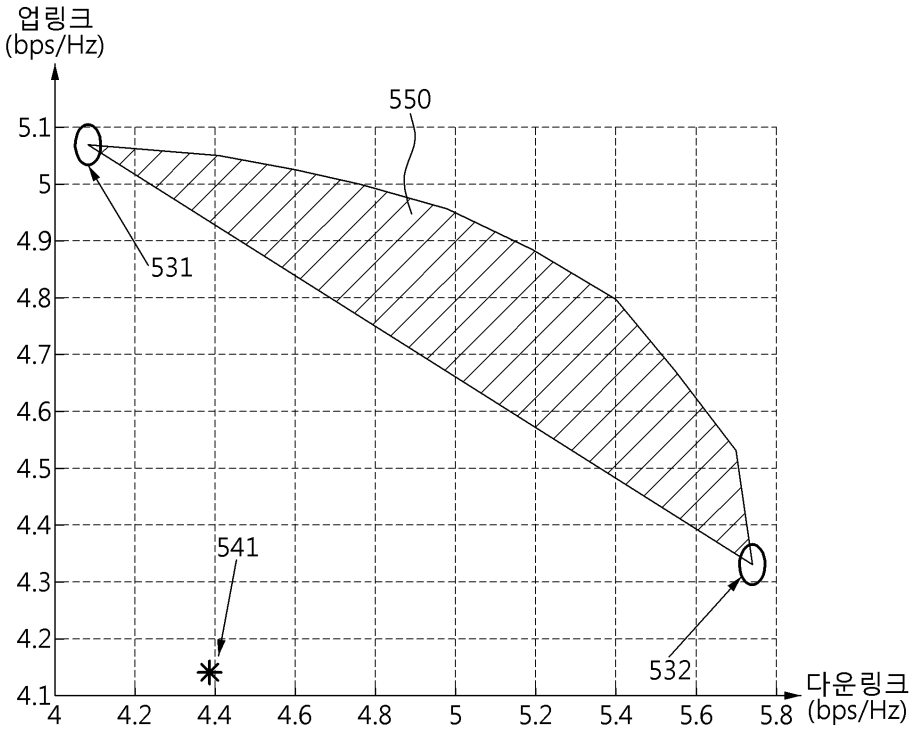
도면5a


Per-Cell Rate
(bps/Hz)
511
512
513
SNR
(dB)
0
1
2
3
4
5
6
0
5
10
15
20
25
30

도면5b


Per-Cell Rate
(bps/Hz)
521
522
523
SNR
(dB)
0
1
2
3
4
5
6
7
0
5
10
15
20
25
30

도면5c


업링크
(bps/Hz)
550
531
541
532
다운링크
(bps/Hz)
5.1
5
4.9
4.8
4.7
4.6
4.5
4.4
4.3
4.2
4.1
4
4.2
4.4
4.6
4.8
5
5.2
5.4
5.6
5.8