

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2013-0128569 (43) 공개일자 2013년11월27일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H04B 7/06 (2006.01) H04L 1/06 (2006.01)	(21) 출원번호 10-2012-0052377 (22) 출원일자 2012년05월17일 심사청구일자 2012년05월17일	(71) 출원인 인하대학교 산학협력단 인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동) (72) 발명자 김재명 서울특별시 용산구 서빙고동 신동아아파트 3동 1001호 용슬바로 서울특별시 구로구 개봉1동 한마을아파트 119동 2503호 (뒷면에 계속) (74) 대리인 양성보

전체 청구항 수 : 총 7 항

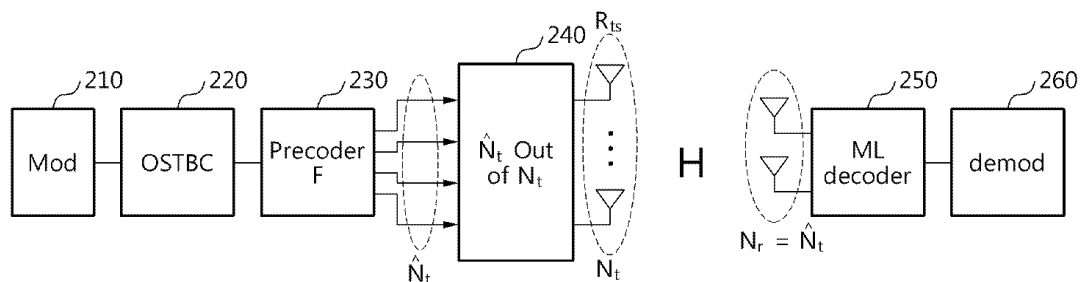
(54) 발명의 명칭 인지 무선 시스템의 상관 채널에서 공간 상관 행렬 사영을 이용하는 안테나 선택 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명은 다중 안테나를 사용하는 인지 무선 시스템의 상관 채널에서 공간 상관 행렬 사영을 이용하는 안테나 선택 방법 및 그 시스템에 관한 것이다.

다중 안테나를 사용하는 인지 무선 시스템에서의 안테나 선택 방법에 있어서, 상관 채널에서 채널 상관 행렬의 사영을 이용하며, 전송 신호에 전력을 할당하고, 채널 상관 행렬의 사영을 이용하여 빔포밍하는 선형 프리코딩 단계; 및 신호를 송신할 송신 안테나를 선택하는 단계를 포함하는 안테나 선택 방법이 제공된다.

대표도



(72) 발명자

장성진

인천광역시 남구 용현4동 인하대학교 6호관 130호

정원식

인천광역시 부평구 부평1동 동아파트 4동 1405호

이인선

인천광역시 남구 용현1동 151-10번지 삼성오피스텔
202호

특허청구의 범위

청구항 1

다중 안테나를 사용하는 인지 무선 시스템에서의 안테나 선택 방법에 있어서,
상관 채널에서 채널 상관 행렬의 사영을 이용하며,
전송 신호에 전력을 할당하고, 상기 채널 상관 행렬의 사영을 이용하여 빔포밍하는 선형 프리코딩 단계; 및
상기 신호를 송신할 송신 안테나를 선택하는 단계
를 포함하는 안테나 선택 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 상관 채널은 상기 인지 무선 시스템의 면허사용자와 비면허사용자의 수신단 간의 채널과 비면허사용자의 송신단과 수신단 간의 채널을 말하는 것
을 특징으로 하는 안테나 선택 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 선형 프리코딩 단계에 있어서,
상기 전송 신호에 할당되는 전력은 멀티 레벨(Multi-level) 워터필링 해를 이용하여, 빔포밍하는 방향에 따른 면허사용자의 간섭 전력을 고려하여 할당되는 것
을 특징으로 하는 안테나 선택 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 선형 프리코딩 단계에 있어서,
상기 채널 상관 행렬은 벡터로 나타나며,
상기 채널 상관 행렬의 사영은 수신된 신호의 벡터를 간섭 공간으로 사영하여 구하는 것
을 특징으로 하는 안테나 선택 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 간섭 공간은 벡터의 곱으로 나타낼 수 있는 것으로,
상기 간섭 공간을 나타내는 벡터는 MIMO 링크의 상기 상관 채널 행렬을 고유치 분해하여 얻는 고유 벡터로 정하는 것
을 특징으로 하는 안테나 선택 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,
상기 신호를 송신할 송신 안테나를 선택하는 단계는
비면허사용자 간의 채널 상관 행렬과 상기 간섭 공간에 사영된 상기 비면허사용자 간의 채널 상관 행렬의 크기 유사도를 기준으로 선택하는 것

을 특징으로 하는 안테나 선택 방법.

청구항 7

다중 안테나를 사용하는 인지 무선 시스템 내에서의 안테나 선택 시스템에 있어서,
상관 채널에서 채널 상관 행렬의 사영을 이용하여,
전송 신호에 전력을 할당하고, 상기 채널 상관 행렬의 사영을 이용하여 빔포밍하는 선형 프리코더부; 및
상기 신호를 송신할 송신 안테나를 선택하는 안테나 선택부
를 포함하는 안테나 선택 시스템.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 다중 안테나를 사용하는 인지 무선 시스템의 상관 채널에서 공간 상관 행렬 사영을 이용하는 안테나 선택 방법 및 그 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 급격한 무선통신산업의 발달로 인해 무선 스펙트럼의 대한 수요가 증가했다. 그러나 무선 스펙트럼은 제한된 자원이므로 증가하는 스펙트럼 수요를 충족시키지 못한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 인지 무선 시스템(Cognitive Radio)이 제안되었다. 인지 무선 시스템은 면허사용자에게 간섭을 미치지 않는 영역 내에서 비면허사용자에게 주파수 대역을 사용하게 함으로써 부족한 무선 자원을 효율적으로 이용하는 기술이다.

[0003] 인지 무선 시스템에서는 면허사용자가 스펙트럼을 사용할 수 있는 우선권을 가지고 비면허사용자는 면허사용자에게 간섭을 주지 않아야 하므로, 많은 제한이 있기 때문에 비면허사용자는 스루풋(Throughput, 단위 시간당 처리량)이나 QoS(Quality of System)를 보장받기가 힘들다.

[0004] 비면허사용자의 스루풋을 높이거나 QoS를 보장하기 위한 방법 중 하나가 송신단과 수신단에 다중 안테나를 사용하여 대역폭이나 송신전력의 증가 없이 채널용량, 신뢰성 등을 향상시키는 MIMO(Multiple Input Multiple Output)기술이다. 그러나 이런 MIMO 시스템은 사용되는 안테나 수가 증가할수록 시스템이 복잡해지며, 저잡음 증폭기, 다운 컨버터, A/D 컨버터 등 가격이 상대적으로 높은 RF 장비들이 송신단, 수신단에 안테나 개수만큼 사용되어야 하므로, 시스템의 가격이 증가하기 때문에, 이에 대한 해결책으로 주로 안테나 선택 방법이 사용된다.

[0005] MIMO 시스템에서 안테나 선택 방법에 관한 연구는 크게 처리속도 향상, 채널용량 향상, BER(Bit per Error Rate) 성능 향상, 사용자 간의 간섭 저하로 나눌 수 있는데, 이 중에서 인지 무선 시스템에서 가장 중요시되는 면허사용자 보호성능을 비교하기 위해 사용자간 간섭 저하를 목표로 하는 안테나 선택 방법이 중요하다.

[0006] 사용자 간의 간섭을 줄이기 위한 안테나 선택 방법으로 기존의 방법들은 면허사용자의 프리코딩(Precoding) 행렬 정보나 면허사용자 간의 채널정보를 필요로 한다. 인지 무선 시스템은 실제로 면허사용자의 정보를 알 수 없기 때문에, 비면허사용자의 프리코딩 정보와 비면허사용자의 송신단과 면허사용자의 수신단의 채널정보만 요구되는 SLNR(Signal to Leakage plus Noise Ratio)을 이용한 안테나 선택 방법이 가장 적합한 방법이다.

[0007] 따라서, 기존의 SLNR을 이용한 안테나 선택 방법과 제안된 안테나 선택 방법의 성능을 비교해 보게 되면, 일반적인 MIMO 시스템에서 송신안테나와 수신안테나의 수가 같이 증가하게 되면, 용량(Capacity)은 선형적으로 증가하는 반면에 수신안테나가 고정되고 송신안테나만 증가할 경우, 용량은 일정 값에서 더 이상 증가하지 않는다. 그러나 송신안테나가 고정되고 수신안테나만 증가한다면 용량은 오직 대수적으로 증가할 뿐이다. 이런 이유로 보통 안테나 선택은 송신안테나와 수신안테나 수가 같게 선택해 주어야 용량 성능에 가장 이득을 얻을 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명에서는 다중 안테나를 사용하는 인지 무선 MIMO 시스템의 상관된 채널 환경에서 안테나 선택 방법과 그

시스템을 제안한다.

[0009] 우선 수신된 신호를 직교 시공간 부호를 이용해 부호화시킨 후, 프리코더(Precoder)부에서 파워 할당과 빔포밍을 해준다. 면허사용자로의 간섭 제한과 비면허사용자의 최대 송신 파워 제한을 이용하여 파워 할당을 해주며, 빔포밍은 가장 기본적인 고유 빔포밍을 해준다. 안테나 선택 기준으로는 채널 상관 행렬의 사영 벡터값이 사용된다.

과제의 해결 수단

[0010] 다중 안테나를 사용하는 인지 무선 시스템에서의 안테나 선택 방법에 있어서, 상관 채널에서 채널 상관 행렬의 사영을 이용하여, 전송 신호에 전력을 할당하고, 채널 상관 행렬의 사영을 이용하여 빔포밍하는 선형 프리코딩 단계; 및 신호를 송신할 송신 안테나를 선택하는 단계를 포함하는 안테나 선택 방법이 제공된다.

[0011] 일측에 있어서, 상관 채널은 인지 무선 시스템의 면허사용자와 비면허사용자의 수신단 간의 채널과 비면허사용자의 송신단과 수신단 간의 채널을 말한다.

[0012] 또 다른 측면에 있어서, 선형 프리코딩 단계에 있어서, 전송 신호에 할당되는 전력은 멀티 레벨(Multi-level) 워터필링 해를 이용하여, 빔포밍하는 방향에 따른 면허사용자의 간섭 전력을 고려하여 할당된다.

[0013] 또 다른 측면에 있어서, 선형 프리코딩 단계에 있어서, 채널 상관 행렬은 벡터로 나타나며, 채널 상관 행렬의 사영은 수신된 신호의 벡터를 간섭 공간으로 사영하여 구한다.

[0014] 또 다른 측면에 있어서, 간섭 공간은 벡터의 곱으로 나타낼 수 있는 것으로, 간섭 공간을 나타내는 벡터는 MIMO 링크의 상관 채널 행렬을 고유치 분해하여 얻는 고유 벡터로 정한다.

[0015] 또 다른 측면에 있어서, 신호를 송신할 송신 안테나를 선택하는 단계는 비면허사용자 간의 채널 상관 행렬과 간섭 공간에 사영된 비면허사용자 간의 채널 상관 행렬의 크기 유사도를 기준으로 선택한다.

[0016] 다중 안테나를 사용하는 인지 무선 시스템 내에서의 안테나 선택 시스템에 있어서, 상관 채널에서 채널 상관 행렬의 사영을 이용하여, 전송 신호에 전력을 할당하고, 채널 상관 행렬의 사영을 이용하여 빔포밍하는 선형 프리코더부; 및 신호를 송신할 송신 안테나를 선택하는 안테나 선택부를 포함하는 안테나 선택 시스템이 제공된다.

발명의 효과

[0017] 본 발명을 통해서 종래의 인지 무선 시스템의 문제를 해결하고, 면허사용자를 보호하는데 있어서 비면허사용자 간의 통신 성능을 보장할 수 있도록, 본 발명에서는 면허사용자 보호와 통신 성능 향상, 이 두 가지 목적을 동시에 이룰 수 있으며, 비면허사용자 간의 채널 상관 행렬을 사영하고 그 크기를 비교하여 안테나 선택을 할 수 있다.

[0018] 또한, 시뮬레이션 결과를 통해 기존의 방법보다 면허사용자가 받은 간섭전력, 비면허사용자 간의 용량(Capacity), SER(Symbol Error Rate) 성능, 세 가지 측면에서 우수함을 알 수 있으며, 안테나 선택 알고리즘으로 시스템의 복잡성이나 가격의 증가 없이 성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, 인지 무선 MIMO 시스템의 채널 모델을 도시한 것이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, 인지 무선 MIMO 시스템의 구성을 나타낸 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 채널 상관 행렬의 벡터 사영의 일례를 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, 송신 안테나를 선택하는 알고리즘을 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 안테나 선택 방법의 흐름도를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 자세히 설명한다.

[0021] 인지 무선 시스템(Cognitive Radio)은 면허사용자(Primary User, PU)에게 간섭을 미치지 않는 영역 내에서 비면

허사용자(Secondary User, SE)에게 주파수 대역을 사용하게 하는데, 면허사용자에게 주파수를 사용하는 우선권을 가지며, 비면허사용자는 면허사용자에게 간섭을 일으키지 않아야 하기 때문에 비면허사용자의 입장에서 높은 품질의 시스템을 보장받기 힘들다. 따라서, 본 발명에서는 면허사용자의 무선 통신 환경의 보호와 비면허사용자의 통신 성능 향상을 위해 안테나 선택 알고리즘을 제안한다.

[0022] 신호의 부호화는 OSTBC(Orthogonal Space Time Block Coding)을 사용하며, 채널 상관 행렬의 고유치 분해를 이용하여 빔포밍과 사영을 위한 간섭 공간을 만든다. 이렇게 만들어진 간섭 공간으로 비면허 사용자 간의 채널 상관 행렬을 사영하고, 그 사영의 크기를 비교하여 안테나를 선택할 수 있다.

[0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 있어서, 안테나 선택 방법을 실시하는 인지 무선 MIMO 시스템의 채널 모델을 도시한 것이다. 발명의 실시예에 있어서, 송신단과 수신단에 각각 N_t , N_r 개의 안테나를 가지는 비면허사용자와 수신단에 N_r 개의 수신 안테나를 가지는 면허사용자를 고려한다.

[0024] 본 발명에서 제안하는 안테나 선택 방법에 있어서, 다중 안테나를 사용하는 인지 무선 시스템에서의 안테나 선택 방법으로, 상관 채널에서 채널 상관 행렬의 사영을 이용하며, 전송 신호에 전력을 할당하고, 채널 상관 행렬의 사영을 이용하여 빔포밍하는 선형 프리코딩 단계; 및 신호를 송신할 송신 안테나를 선택하는 단계를 포함하는 안테나 선택 방법을 제안한다.

[0025] 본 발명의 상관 채널은 도 1에 도시된 채널을 말하는 것으로, 인지 무선 시스템의 면허사용자와 비면허사용자의 수신단 간의 채널과 비면허사용자의 송신단과 수신단 간의 채널을 말한다.

[0026] 안테나 선택 방법은 도 2와 같은 시스템을 고려한다. 먼저, 송신되는 신호는 변조부(210)에서 변조된 뒤, 직교 시공간 블록 인코더부(220)를 통해 직교 시공간 블록 부호화 된다. 이렇게 부호화된 신호를 선형 프리코더부(230)에서 전송 신호에 전력을 할당하고, 채널 상관 행렬의 사영을 이용하여 빔포밍하는 선형 프리코딩 단계를 수행할 수 있으며, 신호를 송신하는 안테나를 선택할 수 있다. 이때, 비면허사용자의 수신단에서 수신되는 정보 Y 를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$Y = HFC + N = H_w R_{ts}^{1/2} C + N$$

[0027]

[0028] 여기서, H 는 MIMO 채널 정보를 나타내고, F 는 선형 프리코딩 행렬을, 그리고 C 는 직교 시공간 블록 부호화된 신호를 각각 나타내며, 수신되는 정보 Y 는 N 의 분산을 가진다. 비면허사용자 수신단에서 채널 정보와 프리코딩 행렬을 알고 있다고 가정하여 ML 디코더부(250)에서 Maximum-Likelihood(ML) 복호화 할 수 있으며, 복조부(260)에서 복조된 코드워드 C 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$C = \arg \min \|Y - HFC\|_F^2$$

[0029]

[0030] 선형 프리코딩 단계에 있어서, 전송 신호에 할당되는 전력은 멀티 레벨(Multi-level) 워터필링 해를 이용하여, 빔포밍하는 방향에 따른 면허사용자의 간섭 전력을 고려하여 할당될 수 있다.

[0031] 도 3에 도시된 바와 같이, 채널 상관 행렬은 벡터로 나타나며, 채널 상관 행렬의 사영은 수신된 신호의 벡터를 간섭 공간으로 사영하여 구할 수 있다. 또한, 신호를 사영하는 기준면이 되는 간섭 공간은 벡터의 곱으로 나타낼 수 있는 공간으로, 간섭 공간을 나타내는 벡터는 MIMO 링크의 상관 채널 행렬을 고유치 분해하여 얻는 고유 벡터로 정할 수 있다.

[0032] 신호를 송신할 송신 안테나를 선택하는 단계에서 선택되는 안테나는 비면허사용자 간의 채널 상관 행렬과 간섭 공간에 사영된 비면허사용자 간의 채널 상관 행렬의 크기 유사도, 즉 벡터 크기의 유사도를 기준으로 선택할 수 있다.

[0033] 다시 말하면, 본 발명에서 제안하는 안테나 선택 방법, 안테나 선택 알고리즘은 채널 상관 행렬, 벡터 사영, 크기 유사도를 이용하여 송신 안테나를 선택할 수 있다. 제안하는 알고리즘은 가장 먼저 채널 상관 행렬을 계산하여 준다. MIMO 채널은 안테나 상관 행렬에 영향을 받기 때문에 수학식 3과 같이 정의할 수 있다.

수학식 3

$$H = H_w R_{ts}^{1/2}, G = G_w R_{tp}^{1/2}$$

[0034]

[0035] 여기서 비면허사용자 간의 채널 행렬은 H로 나타내며, 비면허사용자와 면허사용자간의 채널 행렬은 G로 나타내는데, 두 채널 모두 flat-fading 채널이다.

[0036] 수학식 3에서의 각 요소들은 평균이 0이며 분산이 1인 가우시안 랜덤변수들이고, R_{ts} 와 R_{tp} 는 각각 비면허사용자와 면허사용자 채널의 송신 상관 행렬이다. 채널 상관 행렬은 다음 수학식 4, 5와 같이 정의한다.

수학식 4

$$[R]_{ij} = \frac{1}{\|h_i\| \|h_j\|} [H^H H]_{ij}$$

[0037]

수학식 5

$$R = \begin{bmatrix} 1 & m_{1,2} & \bullet & \bullet & \bullet & m_{1,N_t} \\ m_{1,2}^* & 1 & \bullet & \bullet & \bullet & m_{2,N_t} \\ \bullet & \bullet & \bullet & & & \bullet \\ \bullet & \bullet & & \bullet & & \bullet \\ \bullet & \bullet & & & \bullet & \bullet \\ m_{1,N_t}^* & m_{2,N_t}^* & \bullet & \bullet & \bullet & 1 \end{bmatrix}$$

[0038]

[0039] 수학식 4의 h_i 는 채널 행렬 H의 열 벡터이다. 수학식 5에서 $m_{i,j}$ 의 값이 크면 i번째 송신 안테나와 j번째 송신 안테나의 상관도가 높다는 뜻이다. 수학식 4를 이용해 비면허사용자 간의 채널 H와 비면허사용자 송신단과 면허사용자 수신단간의 채널 G의 상관 행렬을 각각 구해준다. 이때, H의 상관 행렬은 R_{ss} 라 하고 G의 상관 행렬은 R_{sp} 라고 한다.

[0040] 두 개의 채널 상관 행렬을 구해준 후, 면허사용자로의 간섭은 최소화시키고 비면허사용자의 성능은 유지, 향상시키기 위해 구해진 채널 상관 행렬의 벡터를 이용한다.

[0041] 간섭 제거 기법에 관해서는 일반적으로 빔포밍 벡터를 이용한다. 간섭 제거를 위한 빔포밍 벡터는 하나 이상 존재하며, 수신단으로 들어온 간섭이 또 다른 간섭 벡터의 의해 만들어진 부공간 안에 있으면 모든 간섭을 제거할 수 있다.

[0042] 벡터 사영은 이런 빔포밍 벡터를 결정하기 위해 쓰이는 방법 중 하나이다. 수신단에 수신된 신호의 벡터를 간섭 공간으로 사영하여 차원을 줄여줌으로써 수신단은 간섭이 최소화되는 신호를 판별할 수 있다. 간섭공간은 벡터의 곱으로 나타낼 수 있으며, 간섭공간을 형성하는 벡터는 MIMO 링크의 상관 채널 행렬을 고유치 분해

(Eigen Value Decomposition, EVD)하여 얻어진 고유 벡터로 정해준다.

[0043] 먼저 간섭공간을 만들기 위해 G의 상관 행렬 R_{sp} 를 수학적 식 6과 같이 고유치 분해를 해준다.

수학적 식 6

$$R_{sp} = U_{R_{sp}} \Lambda_{R_{sp}} U_{R_{sp}}^H$$

[0044]

[0045] 수학적 식 6에서 $U_{R_{sp}}$ 는 R_{sp} 의 단위 행렬로 고유 벡터이며 $\Lambda_{R_{sp}}$ 는 대각 행렬로 고유값을 나타낸다. $U_{R_{sp}}^H$ 는 $U_{R_{sp}}$ 의 복소 전치 행렬을 나타낸다. 간섭 공간을 고유 벡터의 곱 ($U_{R_{sp}} U_{R_{sp}}^H$)으로 만들어준 후, H의 상관 행렬 R_{ss} 를 간섭 공간 위로 사영한다. 사영된 R_{ss} 는 수학적 식 7과 같이 나타낸다.

수학적 식 7

$$R_{ss}^\perp = R_{ss} \left(I - U_{R_{sp}}(k) U_{R_{sp}}^H(k) \right)$$

[0046]

[0047] 여기서, $U_{R_{sp}}(k)$ 는 k번째 열벡터를 뜻한다.

[0048] 본 발명에서는 면허사용자로의 간섭을 최대한 줄이면서 비면허사용자 간의 통신 성능을 향상시키기 위해 앞에서 설명한 채널 상관 행렬과 벡터 사영을 이용하여 안테나를 선택할 수 있다. 제안하는 안테나 선택 방법은 비면허사용자 간의 채널 상관행렬 R_{ss} 와 간섭 공간에 사영된 채널 상관 행렬 $R_{ss}^\perp$ 의 크기(norm) 유사도를 안테나 선택의 기준으로 할 수 있다.

수학적 식 8

$$ratio_i = \frac{norm(R_{ss}^\perp)}{norm(R_{ss})}$$

[0049]

[0050] 우선, 수학적 식 8을 사용하여 비면허사용자로의 안테나 상관 행렬 R_{ts} 와 면허사용자로의 안테나 상관 행렬 R_{tp} 를 각각 구해준다. 이렇게 구한 두 개의 안테나 상관 행렬을 원래 채널에 곱하여, 수학적 식 3과 같이 MIMO 상관 채널을 만들어 줄 수 있다. 또한, MIMO 상관 채널과 수학적 식 4를 이용하여 사용자 간의 채널 상관 행렬 R_{ss} 와 비면허사용자의 송신단과 면허사용자의 수신단 사이의 채널 상관 행렬 R_{sp} 를 각각 구해준다. R_{sp} 의 고유 벡터를 이용하여 사영된 간섭공간을 만들어 주며, 간섭 공간에 R_{ss} 를 사영하고, 이렇게 사영된 벡터 크기와 사영되기 전의 벡터 크기의 유사도를 계산하여 유사도가 큰 순서대로 안테나를 선택할 수 있다. 이러한 전체적인 안테나 선택 알고리즘은 도 4와 같다.

[0051] 나아가, 송신 상관 채널 행렬을 사용한 프리코딩 단계는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 9

$$F = U_{R_{ss}} P^{1/2}$$

[0052]

[0053] $U_{R_{ss}}$ 는 H채널을 고유치 분해하여 얻은 고유벡터이며 최적의 빔 방향이며, F는 주로 워터필링 방법으로 구해진 전력 값이다. 그러나 일반적인 시스템은 전송 전력 제한만 있지만 인지 무선 시스템에서는 면허사용자로의 간섭 전력 제한도 존재하므로, 기존의 워터필링 방법을 그대로 사용할 경우 최적화된 결과를 얻을 수 없다. 따라서, 새로운 제한 조건을 고려하여 Karush-Kuhn-Tucker(KKT) condition을 이용해 전력 값을 구하면 수학식 10과 같이 multi-level 워터필링 해가 나오게 된다.

수학식 10

$$P(i) = \left(\frac{1}{v + \mu u_i^H(R_{ss}) R_{sp} u_i(R_{ss})} - \frac{\sigma^2}{\lambda_i(R_{ss})} \right)$$

[0054]

[0055] multi-level 워터필링은 빔포밍 방향에 따른 면허사용자 수신단의 간섭전력을 고려하여 water level을 설정해 전력 할당을 해주기 때문에 좀 더 최적화된 결과를 얻을 수 있다.

[0056] 위의 식에서 v와 μ 는 각각 전송 전력 제한과 평균 간섭 제한 라그랑지안 계수이며, 이와 같이 제안된 알고리즘은 도 5에 나타나 있다.

[0057] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상술한 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0058] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0059]

110: 면허사용자의 수신기

120: 비면허사용자의 수신기

130: 비면허사용자의 송신기

210: 변조부

220: 직교 시공간 블록 인코더부

230: 선형 프리코더부

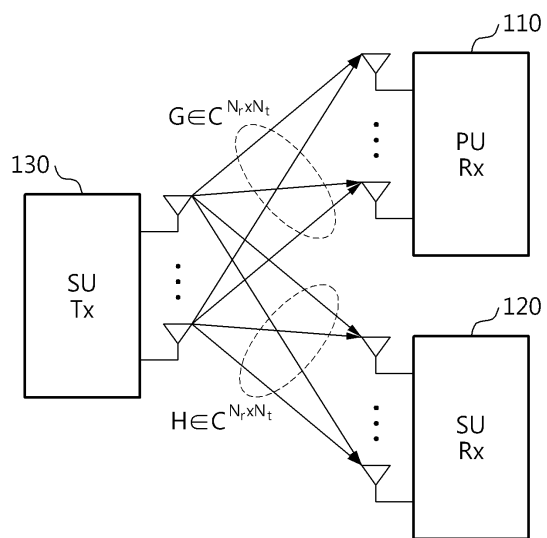
240: 송신 안테나 선택부

250: ML 디코더부

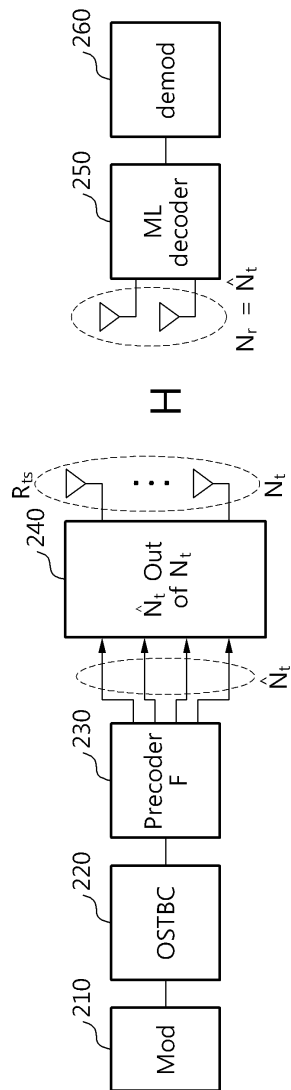
260: 복조부

도면

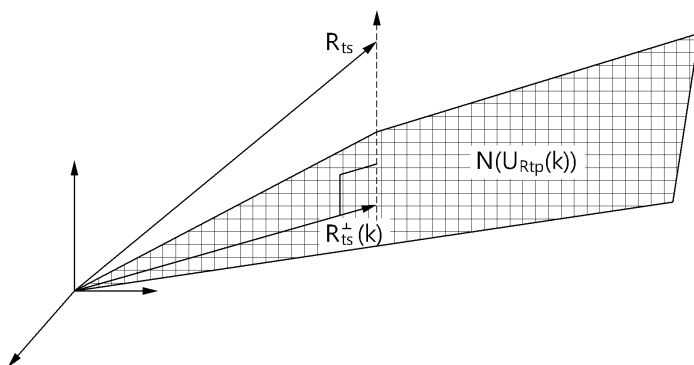
도면1



도면2



도면3



도면4

Antenna Selection Algorithm

1. Calculation channel correlation

$$\text{using } [R]_{ij} = \frac{1}{\|h_i\| \|h_j\|} [H^H H]_{ij}$$

2. Eigen value decomposition

$$\text{using } R_{sp} = U_{R_{sp}} \Lambda_{R_{sp}} U_{R_{sp}}^H$$

3. Iteraton

For $i = 1 : N_t$

$$\text{using } R_{ss}^\perp = R_{ss} (I - U_{R_{sp}}(k) U_{R_{sp}}^H(k))$$

$$\text{ratio}_i = \frac{\text{norm}(R_{ss}^\perp)}{\text{norm}(R_{ss})}$$

End

4. Find maximum ratio

5. antenna selection

도면5

