



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0006121
(43) 공개일자 2011년01월20일

(51) Int. Cl.

H04B 7/04 (2006.01) H04B 7/155 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0063611

(22) 출원일자 2009년07월13일

심사청구일자 2009년07월13일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

박대영

인천시 남구 용현3동 인하대학교 정보통신공학부

이중호

서울시 송파구 마천동 358-14

(74) 대리인

특허법인무한

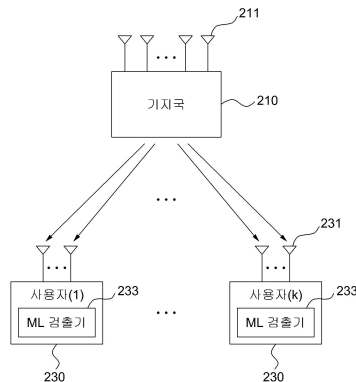
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 다중 사용자 공간 다중화 시스템에서 최대 우도 검출을 할 때 송신 안테나와 사용자를 선택하기 위한 시스템

(57) 요약

다중 사용자 공간 다중화 시스템에서 최대 우도 검출을 할 때 송신 안테나와 사용자를 선택하기 위한 시스템을 개시한다. 다중 사용자 공간 다중화 시스템은 기지국이 모바일 스테이션에 해당하는 다수의 사용자에게 다중의 데이터 스트림을 각각 전송하는 다중 사용자 공간 다중화 시스템에 있어서, 상기 사용자는 상기 기지국과의 MIMO(multiple input multiple output) 신호 검출을 수행하는 ML(maximum likelihood) 검출기를 포함하고, 상기 기지국은 상기 ML 검출기의 MIMO 채널에 대한 최소 거리를 최대로 하는 사용자 조합 및 송신 안테나 조합을 선택하여 상기 데이터 스트림을 전송한다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 IITA-2009-C1090-0902-0019

부처명 지식경제부 정보통신연구진흥원

연구관리전문기관

연구사업명 대학IT연구센터 육성지원사업

연구과제명 초광대역 무선통신

기여율

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2009년 01월 01일 ~ 2009년 12월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

기지국이 모바일 스테이션에 해당하는 다수의 사용자에게 다중의 데이터 스트림을 각각 전송하는 다중 사용자 공간 다중화 시스템에 있어서,

상기 사용자는,

상기 기지국과의 MIMO(multiple input multiple output) 신호 검출을 수행하는 ML(maximum likelihood) 검출기를 포함하고,

상기 기지국은,

상기 ML 검출기의 MIMO 채널에 대한 최소 거리를 최대로 하는 사용자 조합 및 송신 안테나 조합을 선택하여 상기 데이터 스트림을 전송하는, 다중 사용자 공간 다중화 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기지국은,

블록 대각화(block diagonalization) 방식에 의해 결정된 프리코딩 행렬을 적용하여 상기 MIMO 채널에 대한 최소 거리를 최대로 하는 사용자 조합을

$$q^{MMD} = \arg \max_q \min_{k \in 1, 2, \dots, K} \mu(H_{q,k} \tilde{V}_{q,k}^0)$$

수식:

(여기서, q^{MMD} 는 q번째 사용자 조합을, $\mu(H)$ 는 MIMO 채널(H)에 대한 최소 거리를, $\tilde{V}_{q,k}^0$ 는 q번째 사용자 조합에 대한 k번째 사용자의 프리코딩 행렬을 의미한다.)

에 의해 선택하는, 다중 사용자 공간 다중화 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 기지국은,

블록 대각화 방식에 의해 결정된 프리코딩 행렬과 단일 프리코딩(unitary precoding) 방식을 적용하여 상기 MIMO 채널에 대한 최소 거리를 최대로 하는 사용자 조합을

$$q^{UP,MMD} = \arg \max_q \min_{k \in 1, 2, \dots, K} \mu(H_{q,k} \tilde{V}_{q,k}^o C_{q,k}^{MMD})$$

수식:

(여기서, $q^{UP,MMD}$ 는 q번째 사용자 조합을, $\mu(H)$ 는 MIMO 채널(H)에 대한 최소 거리를, $\tilde{V}_{q,k}^o$ 는 q번째 사용자 조합에 대한 k번째 사용자의 프리코딩 행렬을, $C_{q,k}^{MMD}$ 는 q번째 사용자 조합 내 k번째 사용자에게 대한 최소 거리를 최대로 하는 단일 프리코더를 의미한다.)

에 의해 선택하는, 다중 사용자 공간 다중화 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 기지국은,

블록 대각화 방식에 의해 결정된 프리코딩 행렬을 적용하여 상기 MIMO 채널에 대한 최소 거리를 최대로 하는 송

신 안테나 조합을

$$\text{수식: } p^{MMD} = \arg \max_p \min_{k \in 1, 2, \dots, K} \mu(H_{k,p} \tilde{V}_{k,p}^0)$$

(여기서, p^{MMD} 는 p번째 송신 안테나 조합을, $\mu(H)$ 는 MIMO 채널(H)에 대한 최소 거리를, $\tilde{V}_{k,p}^0$ 는 p번째 송신 안테나 조합에 대한 k번째 사용자의 프리코딩 행렬을 의미한다.)

에 의해 선택하는, 다중 사용자 공간 다중화 시스템.

청구항 5

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 MIMO 채널(H)에 대한 최소 거리는,

$$\begin{aligned} \mu(H) &= \min\{m_1(H), m_2(H), m_3(H)\} \\ m_1(H) &= \min_i \{h_i^H h_i\} \\ m_2(H) &= \min_{i \neq j} \left\{ \begin{aligned} &h_i^H h_i + h_j^H h_j \\ &- 2 \max \left[\operatorname{Re}\{h_i^H h_j\}, |\operatorname{Im}\{h_i^H h_j\}| \right] \end{aligned} \right\} \\ m_3(H) &= \min_{i \neq j} \left\{ \begin{aligned} &2 \min[h_i^H h_i, h_j^H h_j] + \max[h_i^H h_i, h_j^H h_j] \\ &- 2 \max \left[\begin{aligned} &\operatorname{Re}\{h_i^H h_j\} + |\operatorname{Im}\{h_i^H h_j\}| \\ &\operatorname{Re}\{h_i^H h_j\} - |\operatorname{Im}\{h_i^H h_j\}| \end{aligned} \right] \end{aligned} \right\} \end{aligned}$$

수식:

(여기서, MIMO 채널(H)을 $H = [h_1 h_2 \dots h_{N_s}]$ (단, N_s 는 데이터 스트림의 개수)로 정의하고 h_i 를 $M_{R,k} \times 1$ 벡터 (단, $M_{R,k}$ 는 k번째 사용자의 수신 안테나 개수)로 정의한다.)

에 의해 계산되는, 다중 사용자 공간 다중화 시스템.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 다중 사용자 다중 안테나 간 통신을 위한 다중 사용자 공간 다중화 시스템에서 ML(maximum likelihood) 검출을 수행할 때 송신 안테나와 사용자를 선택하기 위한 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] MIMO(multiple input multiple output) 시스템은 복수의 송신 안테나를 이용하여 신호를 송신할 수 있고, 또는 복수의 수신 안테나를 이용하여 신호를 수신할 수 있는 무선 통신 시스템을 의미한다.

[0003] 한편, 무선 통신 시스템은 이동 단말기(mobile station)(이하, '사용자'라 칭함)들에게 고속의 대용량 데이터 송수신이 가능한 서비스를 제공하기 위한 시스템 형태로 발전해나가고 있다.

[0004] 그러나, 무선 통신 시스템에서의 무선 채널 환경은 유선 채널 환경과는 달리 다중 경로 간섭(multipath interference), 쉐도잉(shadowing), 전파 감쇠, 시변 잡음, 간섭 및 페이딩(fading) 등과 같은 다양한 요인들로 인해 불가피한 에러가 발생하여 정보의 손실이 발생한다.

[0005] 도 1에 도시한 바와 같이, 기지국(base station)(110)과 사용자(mobile station)(130)가 각각 다중의 수신 안테나를 가지고 있는 경우 기지국(110)이 다수의 사용자(130)에게 각각 다중 데이터 스트림을 전송하는 시스템을

다중 사용자 공간 다중화 시스템(multiuser spatial multiplexing system)으로 정의하고 있다.

- [0006] 도 1은 4개의 송신 안테나(111)를 갖는 기지국(110)이 2개의 수신 안테나(131)를 갖는 사용자(130) 2명에게 각각 2개의 데이터 스트림을 전송하는 다중 사용자 공간 다중화 시스템에 대한 일례를 도시한 것이다.
- [0007] 이때, 기지국(110)이 다중 사용자(130)에게 다중 스트림을 전송하면서 발생하는 다중 사용자 간의 간섭을 제거할 수 있는 송신 프리코딩 기법으로는 블록 대각화(block diagonalization) 방식이 알려져 있다.
- [0008] 다중 사용자 공간 다중화 시스템에서 다음과 같은 2가지 경우의 문제를 고려할 수 있다.
- [0009] 첫째, 데이터 전송을 필요로 하는 다수의 사용자 중에서 기지국은 어떤 사용자를 선택하여 전송하는 것이 가장 효율적인가.
- [0010] 둘째, 기지국이 가진 송신 안테나 수(M_T)에 비해 RF 망(chain)의 수($\hat{M}_T$)가 큰 상황에서 기지국은 M_T 개의 송신 안테나 중에서 $\hat{M}_T$ 개의 안테나를 선택해서 RF 망에 연결해야 하는데, 이때 어떤 기준으로 송신 안테나를 선택할 것인가.
- [0011] 특히, 두 번째 경우 기지국의 RF 망은 상대적으로 비싸기 때문에 송신 안테나 수만큼 구비하는 것이 기지국 비용을 크게 증가시키는 요인이 된다. 따라서, 송신 안테나 자체의 수는 늘리면서 RF 망의 수는 고정시키고 전체 송신 안테나 중에서 RF 망의 수만큼 선택하여 송신하는 안테나 선택(antenna selection) 기술이 성능을 크게 향상시키는 것으로 알려져 있다.
- [0012] 상기한 두 가지 문제에 대한 사용자와 안테나를 선택하는 기준으로 "최소 스트림 SNR(signal to noise ratio)의 최대화"라는 기준을 이용하고 있다. 즉, 기지국은 각 사용자 조합 및 송신 안테나 조합에 대해 전송하는 데이터 스트림에 대한 SNR을 계산하고 그 중 최소값(최소 스트림 SNR)을 해당 사용자 조합 및 송신 안테나 조합에 할당한다. 그리고, 기지국은 최소 스트림 SNR이 가장 큰 사용자 조합 및 송신 안테나 조합을 선택하여 데이터 스트림을 전송한다.
- [0013] "최소 스트림 SNR의 최대화"는 ZF(zero-forcing) 검출기 또는 MMSE(minimum mean square error) 검출기와 같은 선형 검출기에 최적화 된 것이다. MIMO 신호 검출을 위한 방식은 크게 두 가지로 구분될 수 있으며, 그 중 하나가 상기한 선형 검출기이며 다른 하나는 ML(maximum likelihood) 검출기이다.
- [0014] 선형 검출기의 경우 MIMO 채널을 직교화하기 위한 수신 필터를 사용하기 때문에 다이버시티 이득이 줄어 검출 오류가 상대적으로 크지만 구현이 용이하다는 장점이 있다. 반면, ML 검출기의 경우 선형 검출기에 비해 계산량이 매우 크지만 검출 오류를 최소화할 수 있는 장점이 있다.
- [0015] 이러한 ML 검출기의 장점 때문에 최근 MIMO 신호의 ML 검출을 위한 저복잡도 ML 검출기에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 가운데, "최소 스트림 SNR의 최대화"는 선형 검출기에 최적화 된 사용자 조합 및 안테나 조합의 선택 기준이라는 점에서 ML 검출기에 대한 최적의 선택은 "최소 스트림 SNR의 최대화"로는 이를 수 없다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0016] 본 발명의 일실시예는 다중 사용자 공간 다중화 시스템에서 보다 많은 사용자를 동시에 서비스하여 시스템 효율을 극대화시킬 수 있도록 사용자 조합 및 송신 안테나 조합을 선택하는 새로운 기준을 제공한다.
- [0017] 본 발명의 일실시예는 사용자 조합 및 송신 안테나 조합을 선택하는데 있어서 ML 검출기에 대한 사용자 조합 및 송신 안테나 조합의 최적의 선택 기준을 제공한다.

과제 해결수단

- [0018] 본 발명의 일실시예에 따른 다중 사용자 공간 다중화 시스템은 기지국이 모바일 스테이션에 해당하는 다수의 사용자에게 다중의 데이터 스트림을 각각 전송하는 다중 사용자 공간 다중화 시스템에 있어서, 상기 사용자는 상기 기지국과의 MIMO(multiple input multiple output) 신호 검출을 수행하는 ML(maximum likelihood) 검출기를 포함하고, 상기 기지국은 상기 ML 검출기의 MIMO 채널에 대한 최소 거리를 최대로 하는 사용자 조합 및 송신 안테나 조합을 선택하여 상기 데이터 스트림을 전송한다.

[0019] 본 발명의 일실시예에서 상기 기지국은 블록 대각화(block diagonalization) 방식에 의해 결정된 프리코딩 행렬을 적용하여 상기 MIMO 채널에 대한 최소 거리를 최대로 하는 사용자 조합과 송신 안테나 조합을 선택할 수 있다.

[0020] 본 발명의 일실시예에서 상기 기지국은 블록 대각화 방식에 의해 결정된 프리코딩 행렬과 단일 프리코딩(unitary precoding) 방식을 함께 적용하여 상기 MIMO 채널에 대한 최소 거리를 최대로 하는 사용자 조합을 선택할 수 있다.

효 과

[0021] 본 발명의 일실시예에 따르면, 사용자 조합 및 송신 안테나 조합을 선택함에 있어 ML 검출기가 최적의 검출 성능을 가질 수 있는 선택 기준을 적용함으로써 다중 사용자 공간 다중화 시스템의 전송 효율을 극대화할 수 있다. 다시 말해, 기지국에서 데이터 스트림을 전송하고자 하는 MIMO 채널에 대한 최소 거리를 최대로 하는 사용자 조합 및 송신 안테나 조합을 선택함으로써 ML 검출기가 최적의 검출 성능을 가질 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0022] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0023] 본 발명의 일실시예는 다중 사용자 다중 안테나 하향링크 통신 시스템에서 기지국이 최적의 사용자와 송신 안테나를 선택하는 기준을 제공한다.

[0024] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 통신 시스템의 일례를 도시한 것이다.

[0025] 본 발명의 일실시예는 기지국(base station)(210)과 사용자(mobile station)(230)가 각각 다중의 안테나(211)(231)를 가지고 기지국(210)이 다중 사용자(230)에게 각각 다중의 데이터 스트림을 전송하는 다중 사용자 공간 다중화 시스템에 적용 가능하다(이하, 기지국(210)의 안테나(211)는 '송신 안테나'라 칭하고, 사용자(230)의 안테나(231)는 '수신 안테나'라 칭하기로 한다.).

[0026] 기지국(210)은 사용자(230) 조합 및 송신 안테나(211) 조합을 선택하여 다중의 데이터 스트림을 전송하게 된다. 본 발명의 일실시예에서 사용자(230)는 기지국(210) 간에 MIMO 신호 검출을 위하여 ML(maximum likelihood) 검출기(233)를 사용한다.

[0027] 본 발명의 일실시예는 상기한 구성의 다중 사용자 공간 다중화 시스템에서 사용자(230)가 ML 검출기(233)를 가지고 있는 경우에 대하여 기지국(210)이 최적의 사용자 조합 및 송신 안테나 조합을 선택하는 기준을 제공한다.

[0028] 기지국(210)이 사용자 조합 및 송신 안테나 조합을 선택하는 과정을 상세하게 설명한다.

[0029] 기지국이 M_T 개의 송신 안테나를 가지고 있으며, k번째 사용자는 $M_{R,k}$ 개의 수신 안테나를 가지고 있다고 가정한다. 이때, 기지국과 i번째 사용자에 대한 채널은 $M_{R,k} \times M_T$ 행렬(H^k)로 나타낼 수 있다. 또한, 기지국이 k명의 사용자에 대해 각각 N_s 개의 데이터 스트림을 전송한다고 가정하면, k번째 사용자에 대한 $M_T \times N_s$ 프리코딩 행렬(T^k)은 블록 대각화(block diagonalization) 방식을 통해 다중 사용자 간 간섭이 없도록 결정할 수 있다.

[0030] 즉, k번째 사용자에 대한 채널을 제외한 나머지 사용자들의 채널($\tilde{H}^k$)을 모아 수학적 식 1과 같이 정의한다.

수학적 식 1

$$\tilde{H}^k = [H_1^H H_2^H \dots H_{k-1}^H H_{k+1}^H \dots H_K^H]^H$$

[0032] 이때, $\tilde{H}^k T^k = 0$ 이 되는 프리코딩 행렬(T^k)은 SVD(singular value decomposition)를 통해 영점 특이 값

(zero singular value)에 대한 우 특이 벡터(right singular vectors)($\tilde{V}_k^0$)로 결정된다.

[0033] 만약, k번째 사용자의 수신 안테나의 개수($M_{R,k}$)가 기지국에서 전송하고자 하는 데이터 스트림 수(N_s)보다 크다면, k번째 사용자의 채널($H_k \tilde{V}_k^0$)에 대한 SVD를 통해 N_s 개의 가장 큰 특이 값(largest singular values)에 해당하는 우 특이 벡터($V_{k,(1:N_s)}$)를 얻은 후 최종적으로 $\tilde{V}_k^0 V_{k,(1:N_s)}$ 를 프리코딩 행렬(T_k)로 결정한다. 이와 같은 프리코딩 행렬(T_k)의 결정 과정은 고유모드 선택(eigenmode selection)이라고 한다.

[0034] 먼저, k번째 사용자의 수신 안테나의 개수($M_{R,k}$)와 기지국에서 전송하고자 하는 데이터 스트림의 개수(N_s)가 같은 경우를 고려한다. 현재 시스템에 K_T 명의 사용자가 있다고 가정한다면, 기지국은 이 중에서 K명을 선택해야 한다. 이때, 고려될 수 있는 사용자의 조합은 모두 $\kappa^{C_{K_T}}$ 개이며, 이 중에서 q번째 사용자 조합에 대해 최소 스트림 SNR(signal to noise ratio)(q^{MMSS})을 계산하면 수학적 2와 같다.

수학적 2

[0035]
$$q^{MMSS} = \arg \max_q \min_{k \in 1, 2, \dots, K} \rho(H_{q,k} \tilde{V}_{q,k}^0)$$

[0036] 여기서, $H_{q,k}$ 는 q번째 사용자 그룹에 대한 k번째 사용자의 채널을 의미하며, $\rho(H)$ 는 MIMO 채널(H)에 대한 최소 스트림 SNR을 의미한다. 상기한 최소 스트림 SNR을 최대화하는 방식은 ZF(zero forcing) 검출기나 MMSE(minimum mean square error) 검출기에 최적화 된 것이다.

[0037] 본 발명의 일실시예는 ML 검출기에 대하여 "최소 스트림 SNR의 최대화"가 아닌 "최소 거리의 최대화"의 기준을 바탕으로 최적의 사용자 조합 및 안테나 조합의 선택할 수 있다.

[0038] MIMO 채널(H)에 대한 최소 거리를 최대로 하는 q번째 사용자 조합(q^{MMD})은 수학적 3과 같이 정의할 수 있다.

수학적 3

[0039]
$$q^{MMD} = \arg \max_q \min_{k \in 1, 2, \dots, K} \mu(H_{q,k} \tilde{V}_{q,k}^0)$$

[0040] 여기서, $\mu(H)$ 는 MIMO 채널 H에 대한 최소 거리(minimum distance)를 의미하며, 기본적으로 수학적 4와 같이 정의된다.

수학적 4

[0041]
$$\mu(H) = \min_{s_1 \neq s_2} \|H(s_1 - s_2)\|^2$$

[0042] 여기서, s_1 과 s_2 는 송신 가능한 모든 $N_s \times 1$ 데이터 심볼 벡터 중 하나이며, 위의 수식을 계산하기 위한 계산 복잡도는 매우 큰 것으로 알려져 있다.

[0043] 따라서, 본 발명의 일실시예에서는 저복잡도의 최소 거리 계산 방식을 사용한다. 즉, MIMO 채널을 $H = [h_1 \ h_2 \ \dots \ h_{N_s}]$ 로 정의하고 여기서 h_i 를 $M_{R,k} \times 1$ 벡터로 가정하면 수학적 5의 과정을 통해 최소 거리($\mu(H)$)를 계산할 수 있다.

수학식 5

$$\begin{aligned}\mu(H) &= \min\{m_1(H), m_2(H), m_3(H)\} \\ m_1(H) &= \min_i \{h_i^H h_i\} \\ m_2(H) &= \min_{i \neq j} \left\{ \begin{aligned} &h_i^H h_i + h_j^H h_j \\ &- 2 \max \left[\text{Re}\{h_i^H h_j\}, |\text{Im}\{h_i^H h_j\}| \right] \end{aligned} \right\} \\ m_3(H) &= \min_{i \neq j} \left\{ \begin{aligned} &2 \min[h_i^H h_i, h_j^H h_j] + \max[h_i^H h_i, h_j^H h_j] \\ &- 2 \max \left[\begin{aligned} &|\text{Re}\{h_i^H h_j\} + \text{Im}\{h_i^H h_j\}| \\ &|\text{Re}\{h_i^H h_j\} - \text{Im}\{h_i^H h_j\}| \end{aligned} \right] \end{aligned} \right\}\end{aligned}$$

[0044]

[0045]

상기한 고유모드 선택이 가능한 경우의 사용자 선택에 대해 고려한다. 고유모드 선택으로 프리코딩을 수행한 후 "최소 스트림 SNR의 최대화"를 적용한다면, 유효 채널이 직교화되는 결과를 가져온다. 이러한 경우 ZF 검출기의 결과와 ML 검출기의 결과가 동일하게 된다. 고유모드 선택 방식과 "최소 스트림 SNR의 최대화"는 ML 검출기가 갖는 다이버시티 이득을 전혀 얻지 못하며, 단지 ZF 검출기의 성능 밖에 얻을 수 없게 된다.

[0046]

따라서, 본 발명의 일실시예에서는 고유모드 선택 대신 단일 프리코딩(unitary precoding) 방식과 "최소 거리의 최대화"를 적용한다. 즉, 고유모드 선택 방식의 경우 $\tilde{V}_k^0 V_{k,(1:N_S)}$ 로 프리코딩 행렬을 결정했다면, 본 발명의 일실시예에 따른 방식은 단일 프리코더들의 집합(C_k)을 정의하고 최소 거리를 최대화하는 C_k 의 한 원소를 선택한다. 즉, 수학식 6을 통해 MIMO 채널 H에 대한 최소 거리($\mu(H)$)를 최대화하는 C_k^{MMD} 를 선택하고 프리코딩 행렬은 $\tilde{V}_k^0 C_k^{MMD}$ 이 된다.

수학식 6

$$C_k^{MMD} = \arg \max_{C_{k,j} \in C_k} \mu(H_k \tilde{V}_k^0 C_{k,j})$$

[0047]

[0048]

모든 사용자 조합에 대해 상기한 과정을 수행한 후, 각 사용자 조합에 대한 최소 거리를 최대로 하는 사용자 조합($q^{UP,MMD}$)을 수학식 7과 같이 선택할 수 있다.

수학식 7

$$q^{UP,MMD} = \arg \max_q \min_{k \in 1,2,\dots,K} \mu(H_{q,k} \tilde{V}_{q,k}^0 C_{q,k}^{MMD})$$

[0049]

[0050]

여기서, $C_{q,k}^{MMD}$ 는 q번째 사용자 그룹에 대한 k번째 사용자에 대해 최소 거리를 최대로 하는 단일 프리코더를 의미한다.

[0051]

다음으로, 송신 안테나 선택에 대한 문제를 고려한다. 송신 안테나 수 (M_T)에 비해 RF 망의 수 ($\hat{M}_T$)가 큰 상황에서 기지국은 M_T 개의 송신 안테나 중에서 $\hat{M}_T$ 개의 안테나를 선택해서 RF 망에 연결해야 한다. 이때, 고려될 수 있는 조합은 모두 $M_T^{C_{\hat{M}_T}}$ 이다. 각 안테나 조합에 대해 블록 대각화를 적용할 수 있으며, 이때 p번째 안테나 조합에 대한 k번째 사용자의 프리코딩 행렬을 $\tilde{V}_{k,p}^0$ 라고 한다면, 최소 거리를 최대로 하는 안테나의

조합(p^{MMD})은 수학식 8을 통해 선택될 수 있다.

수학식 8

$$p^{\text{MMD}} = \arg \max_p \min_{k \in 1, 2, \dots, K} \mu(H_{k,p} \tilde{V}_{k,p}^0)$$

상기에서 선택된 사용자 조합($q^{\text{UP,MMD}}$)과 안테나 조합(p^{MMD})을 ML 검출기를 위한 최적의 사용자 조합 및 송신 안테나 조합의 선택은 수학식 9와 같이 정리할 수 있다.

수학식 9

$$(q, p)^{\text{UP,MMD}} = \arg \max_{(q,p)} \min_{k \in 1, 2, \dots, K} \mu(H_{q,k,p} \tilde{V}_{q,k,p}^0 C_{q,k,p}^{\text{MMD}})$$

도 3은 다중 사용자 공간 다중화 시스템에서 기지국의 송신 안테나가 7개 이고 RF 망이 6개인 상황에서 2명의 사용자를 선택하여 데이터 스트림을 전송하는 상황에 대한 심볼에러율(SER)을 도시한 것이다.

도 3을 참조하면, 최소 스트림 SNR의 최대화와 단일 프리코딩 방식에 따른 ML 검출기(MMSS + UP + ML detector)의 성능이 최소 스트림 SNR의 최대화와 고유모드 선택 방식에 따른 ZF 검출기(MMSS + Eigenmode + ZF detector) 또는 최소 스트림 SNR의 최대화와 단일 프리코딩 방식에 따른 ZF 검출기(MMSS + UP + ZF detector)에 비해 우수함을 알 수 있다. 더욱이, 최소 거리의 최대화와 함께 단일 프리코딩 방식을 적용한 ML 검출기(MMD + UP + ML detector)의 성능은 동일 조건에서의 ZF 검출기(MMD + UP + ZF detector) 뿐 아니라 최소 스트림 SNR의 최대화 기준을 적용한 상기한 상황들에 비해 매우 우수함을 알 수 있다.

따라서, 본 발명의 일실시예는 "최소 거리의 최대화"라는 기준을 바탕으로 사용자 조합 및 송신 안테나 조합을 선택함으로써 ML 검출기가 최적의 검출 성능을 가질 수 있다.

이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 다중 사용자 공간 다중화 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 다중 사용자 다중 안테나 통신 시스템의 일례를 도시한 것으로, 사용자가 ML 검출기를 가지고 있는 경우에 대한 사용자 조합 및 송신 안테나 조합을 선택하는 다중 사용자 공간 다중화 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 사용자 조합 및 송신 안테나 조합을 선택하는데 있어 본 발명의 시스템 성능을 설명하기 위한 심볼 에러율 그래프를 도시한 것이다.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

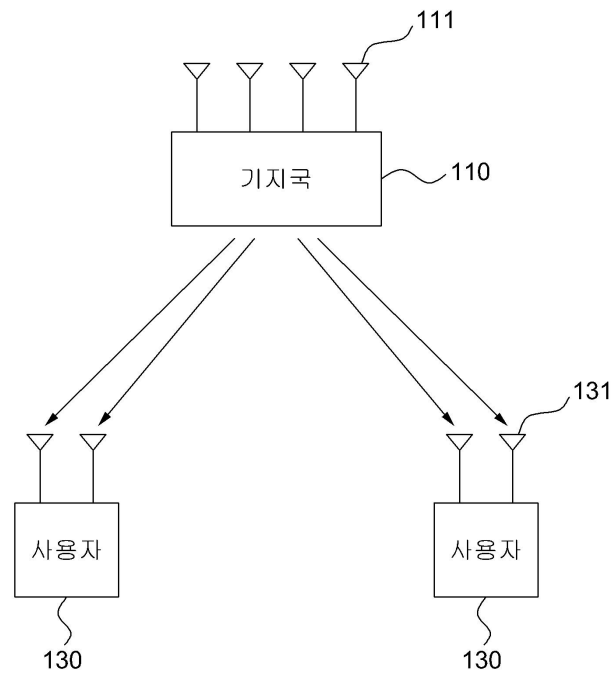
210: 기지국

230: 사용자

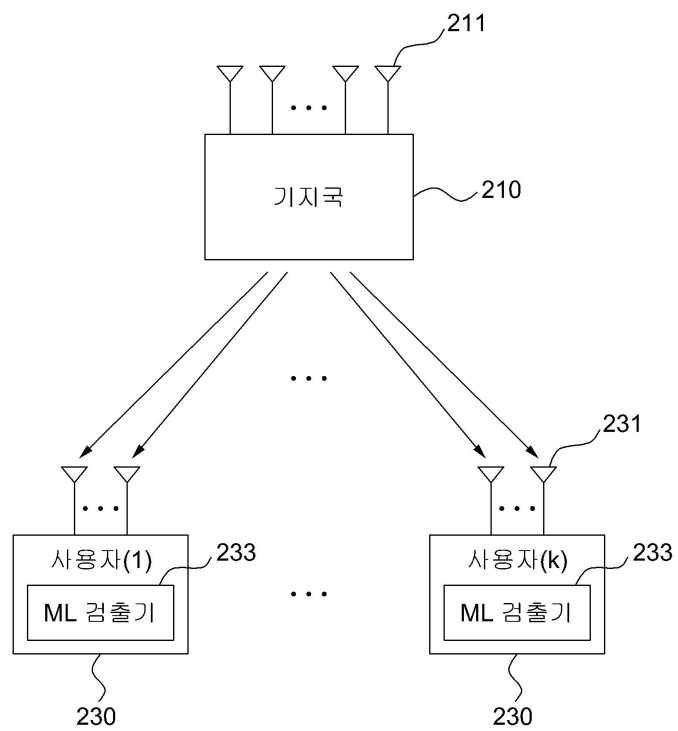
233: ML 검출기

도면

도면1



도면2



도면3

