

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.

H04B 7/04 (2006.01)

H04L 27/26 (2006.01)

(11) 공개번호

10-2006-0089804

(43) 공개일자

2006년08월09일

(21) 출원번호 10-2005-0010567

(22) 출원일자 2005년02월04일

(71) 출원인 삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416
학교법인연세대학교
서울 서대문구 신촌동 134번지

(72) 발명자 권중형
서울특별시 성동구 송정동 73-882
김응선
경기도 수원시 영통구 영통동 황골마을 신명아파트 201동 904호
이중혁
경기도 성남시 분당구 야탑동 탑마을주공8단지아파트 808동 901호
홍대식
서울특별시 강남구 대치동 506번지 선경아파트 2동 705호
고은석
서울특별시 서대문구 연희3동 302-3번지 301호

(74) 대리인 이건주

심사청구 : 없음

(54) 다중입출력 시스템을 위한 전송방법

요약

본 발명의 MIMO 전송 방법에서는 송신기가 수신기로부터 안테나 선택 정보를 수신하고, 상기 안테나 선택 정보를 기반으로 적어도 두 개의 송신안테나들을 선택하고, 시공간 부호화된 입력신호들을 미리 정해진 가중치행렬로 빔포밍하여 선택된 안테나들을 통해 전송한다. 본 발명의 MIMO 전송 방법에서는 순시적인 채널 특성과 통계적인 채널 특성을 모두 고려하여 안테나 선택 정보를 생성함은 물론 안테나 간의 공간 상관성을 고려함으로써 실제의 채널 환경에서 더 좋은 성능을 보인다.

대표도

도 3

색인어

시공간블록부호, 빔포밍, 공간상관성, 다이버시티

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 2차원 빔포밍 기법을 설명하기 송신기의 구조를 보인 구성도;

도 2는 종래의 시공간 블록 부호를 이용한 송신 안테나 선택 기법을 설명하기 위한 구성도;

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 MIMO 송신기의 구조를 보인 구성도;

도 4는 본 발명의 전송방법과 종래의 전송방법들의 공간 상관성에 대한 강건성 비교 실험 결과를 보인 그래프;

도 5는 본 발명의 전송방법과 종래의 2차원 빔포밍 기법의 SNR에 대한 심벌오류율 성능 비교 실험 결과를 보인 그래프; 그리고

도 6은 본 발명의 전송방법과 종래의 안테나 선택 기법 기반의 전송 방법의 심벌오류율 성능 비교 실험 결과를 보인 그래프이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 무선통신 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 다중입출력(multiple input multiple output) 통신 시스템을 위한 안테나 선택 기법과 2차원 빔포밍 기법을 혼용한 MIMO 전송 방법에 관한 것이다.

MIMO 시스템은 다수의 송신 안테나와 수신 안테나를 이용하여 데이터를 송수신하는 통신 시스템으로 송수신 안테나에 의해 형성되는 MIMO 채널은 다수의 독립적인 공간 채널들로 분해된다. 다중 안테나를 사용하는 시스템은 기존의 단일 안테나 시스템에 비해 높은 전송률과 향상된 시스템 성능을 기대할 수 있기 때문에 최근 들어 주목 받고 있는 분야이다. 하지만, MIMO 기법을 사용하기 위해서는 MIMO 채널에 대한 가정과 송신 및 수신 안테나에 대한 가정이 필요하다. 우선, MIMO 채널에서는 풍부한 산란 및 반사가 존재하는 풍부한 산란 (rich scattering) 환경을 가정 하고 송신 및 수신 안테나 들은 안테나간 상관성이 없다고 가정한다. MIMO 채널을 풍부한 산란 환경으로 가정함으로써 서로 다른 안테나 간에 형성된 채널들은 서로 독립적인 페이딩 채널로 가정할 수 있다. 하지만, 실제 MIMO 채널 환경은 안테나간 상관성이 존재하므로 독립적인 채널을 가정할 수 없다. 따라서, 공간 상관성이 존재하는 실제 채널 환경에서 MIMO 기법은 성능 저하를 겪게 된다.

공간 상관성이 있는 채널에서 MIMO 시스템의 성능을 향상시키기 위해서는 전송단에서 완벽한 채널 정보를 가지고 워터 필링 (water-filling) 기법을 적용시키는 것을 고려할 수 있다. 그러나, 실제 시스템에서 송신단이 순시적으로 변하는 채널 정보를 안다는 것은 거의 불가능하다. 이러한 송신단에서의 채널 정보 사용 제한으로 인해 부분적인 채널 정보만으로 채널의 공간 상관성을 극복하고자 하는 MIMO 기법들이 제안되었다. 그 중 하나가 2차원 빔포밍 기법으로, 이 기법에서는 시공간 블록 부호와 순시적으로 변하는 채널 정보가 아닌 채널의 통계적 정보, 즉, 채널의 상관 행렬만을 이용하는 빔포밍 기법을 결합시켜 사용한다.

도 1은 종래의 2차원 빔포밍 기법을 설명하기 송신기의 구조를 보인 도면으로, 시공간 블록 부호화 블록(110)과 아이젠 빔포밍(Eigen-Beamforming) 블록 (120)으로 구성된다. 상기 아이젠 빔포밍 블록(120)은 다시 파워로딩(power loading)부 (121)와 안테나 가중(antenna weighting)부 (123)로 이루어진다. 2차원 빔포밍 기법은 시공간 블록 부호를 이용함으로써 하나의 수신 안테나 만으로 간단한 복호가 가능하며 공간 다이버시티 이득을 얻을 수 있다. 또한, 시공간 블록 부호의 경우 전송 안테나 수가 증가함에 따라 전송률이 떨어지는 단점이 있지만 2차원 빔포밍 기법은 전송 안테나 수가 증가 하여도 전송률을 유지한다. N_t 개의 전송 안테나를 가지는 2차원 빔포밍 기법은 다음 수학적 식 1과 같이 간단히 표현할 수 있다.

수학식 1

$$\mathbf{Z}_{2-d} = [\mathbf{Z}_{e,2 \times 2}, \mathbf{0}_{2 \times (N_T-2)}] \mathbf{D}_f \mathbf{U}_h^H$$

여기서, H 는 행렬의 허미션을 나타내고 $\mathbf{Z}_{e,2 \times 2}$ 는 전송률 1을 만족시키는 시공간 블록 부호로 잘 알려진 알라무티 부호이다. 알라무티 부호는 수학식 2의 행렬로 나타낸다. 그리고 $\mathbf{0}_{2 \times (N_T-2)}$ 는 $2 \times (N_T-2)$ 크기의 영행렬이고 \mathbf{D}_f 는 파워로딩을 수행하는 $N_T \times N_T$ 대각 행렬이고 \mathbf{U}_h^H 는 채널의 상관성 행렬의 아이겐 분해를 통해 얻어진 $N_T \times N_T$ 고유벡터 (Eigen vector)행렬이다. \mathbf{D}_f 와 \mathbf{U}_h^H 는 2차원 빔포밍 기법에서 빔포밍에 해당하는 부분이다.

수학식 2

$$\mathbf{Z}_{e,2 \times 2} = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 \\ -s_2^* & s_1^* \end{bmatrix}$$

빔포밍은 채널의 상관 행렬 정보만으로 이루어지며, 이 과정은 심벌 오류 확률(Symbol Error Rate: SER)을 최소화 하는 방향으로 유도된다. 이렇게 최소 심벌 오류 확률 관점에서 유도된 빔포밍은 상기한 바와 같이 파워로딩 부분과 안테나웨이팅 부분으로 이루어진다. 안테나 웨이팅을 위한 \mathbf{U}_h^H 는 채널의 상관성 행렬 \mathbf{R}_{hh} 을 아이겐 분해를 통해 수학식 3과 같이 얻을 수 있다.

수학식 3

$$\mathbf{R}_{hh} = \mathbf{U}_h \mathbf{D}_h \mathbf{U}_h^H, \quad \mathbf{D}_h = \text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_{N_T})$$

여기서 \mathbf{U}_h 는 단위 행렬이고 λ_i 는 \mathbf{R}_{hh} 의 i 번째 고유치로 $\lambda_i \geq 0$ 을 만족한다. 파워로딩을 수행하는 \mathbf{D}_f 의 성분 f_i 는 다음 수학식 4를 통해 구해진다.

수학식 4

$$f_i = \sqrt{\left[\frac{1}{2} + \frac{N_0}{2gE_s} \left(\sum_{l=1}^2 \frac{1}{\lambda_l} - \frac{1}{\lambda_i} \right) \right]_+}, \quad i = 1, 2$$

여기서, $[x]_+ = \max(x, 0)$ 이고 N_0 는 잡음 전력을 그리고 E_s 는 신호 전력을 나타내며, g 는 각 변조 방식에 따라 결정되는 상수항으로 M-QAM의 경우 0.1이다. 그리고 2차원 빔포밍을 하기 때문에 $i=3, 4$ 에 해당하는 파워로딩 성분인 f_3 와 f_4 는 0이 된다.

그러나 이러한 2차원 빔포밍 기법에서는 채널의 공간 상관성이 적거나 SNR이 높은 경우에는 사용하는 안테나 수만큼의 채널을 충분히 활용하지 못하는 단점이 있다.

부분적 채널 정보를 이용하는 또 다른 기법의 하나는 송신 안테나 선택 기법이다. 송신 안테나 선택 기법에서는 채널 상황에 따라 송신 안테나를 선택함으로써 다이버시티 이득을 얻는 방법이다.

도 2는 종래의 시공간 블록 부호를 이용한 송신 안테나 선택 기법을 설명하기 위한 구성도다. 송신 안테나 선택 기법은 여러 개의 송수신 안테나들 (213, 223) 중에서 일부를 선택하여 사용하는 기법으로 2차원 빔포밍 기법과 마찬가지로 송신 신호는 송신신호처리 블록(211)에서 시공간 블록 부호화된다. 송신 안테나가 선택되면 상기 송신신호처리 블록(211)으로부터 병렬로 출력되는 신호열들은 스위치(215)를 통해 대응하는 안테나로 라우팅된다. 선택되는 안테나의 개수는 어떠한 시공간 블록 부호를 사용하는가에 따라 달라지며, 2차원 빔포밍에서 사용한 알라무티 부호를 사용한다면 송신기에서는 2개의 안테나를 선택해야 한다. 송신 안테나 선택 기법은 안테나를 선택하는 방법에 따라 2가지로 분류된다. 하나는 순시적인 채널 정보를 바탕으로 송신안테나를 선택하는 방법이고 다른 하나는 통계적인 채널의 정보만으로 안테나를 선택하는 방법이다. 전자를 순시채널정보(Exact Channel Knowledge: ECK)를 기반으로 하고 후자를 통계적 채널 정보(Statistical Channel Knowledge: SCK)를 기반으로 한다.

먼저, ECK 기반의 전송 안테나 선택 기법을 살펴보면, 시공간 블록 부호를 사용할 경우 수신 신호대잡음비(signal-to-noise ratio: SNR)는 수학식 5와 같이 구할 수 있다.

수학식 5

$$\gamma = \frac{E_s}{N_f N_0} \|H\|_F^2$$

여기서 H 는 MIMO 시스템의 채널 행렬이고 $\|\bullet\|_F$ 는 Frobenious Norm을 나타낸다. 시스템의 성능은 수신 신호대잡음비에 비례한다. 즉, 수신 신호대잡음비가 크면 클수록 시스템의 성능은 좋아진다. 상기 수학식 5에서 신호의 전력과 잡음의 전력이 고정되어 있다고 가정하면 수신 신호대잡음비는 $\|H\|_F^2$ 에 의해 결정된다. 따라서 ECK 기반의 전송 안테나 선택은 $\|H\|_F^2$ 가 최대가 되는 안테나 집합을 선택하면 된다. 이는 각 전송 안테나가 형성하는 채널 중에서 가장 전력이 큰 채널을 선택하는 것과 같다.

다음으로 SCK 기반의 전송 안테나 선택 기법을 살펴보면, SCK 기법은 채널의 통계적 특성을 바탕으로 제안되었다. 채널의 상관성 행렬을 전송단에서 알고 있다고 가정하며, N_T 개의 송신 안테나와 N_R 개의 수신 안테나를 가지는 MIMO 시스템의 성능은 다음 수학식 6과 같이 결정된다.

수학식 6

$$P_e(\mathbf{S}^{(i)} \rightarrow \mathbf{S}^{(j)}) \leq \frac{\gamma^{-(N_T N_R)}}{\det(\mathbf{R}_R)^{N_T} \det(\mathbf{R}_T)^{N_R} \det(\mathbf{E}_{i,j} \mathbf{E}_{i,j}^H)^{N_R}}$$

여기서 $\mathbf{S}^{(i)}$ 는 전송된 코드워드이고 $\mathbf{S}^{(j)}$ 는 전송된 코드워드가 아닌 임의의 코드워드를 나타내며 $P_e(\mathbf{S}^{(i)} \rightarrow \mathbf{S}^{(j)})$ 는 짝(pairwise) 오류확률을 나타낸다. 그리고 $\mathbf{E}_{i,j}$ 는 $\mathbf{E}_{i,j} = \mathbf{S}^{(i)} - \mathbf{S}^{(j)}$ 로 정의되는 오류 행렬이다.

\mathbf{R}_T 와 \mathbf{R}_R 는 각각 송신 안테나의 채널 상관성 행렬과 수신 안테나의 채널 상관성 행렬을 나타내고 $\det(\cdot)$ 는 채널의 결정자(determinant)를 나타낸다. 상기 짝오류확률로부터 MIMO 시스템의 성능을 높이기 위해서는 $\det(\mathbf{R}_T)$ 와 $\det(\mathbf{R}_R)$ 를 최대화 시켜야 한다. 여기서는 송신 안테나의 선택에만 관심을 가지므로 $\det(\mathbf{R}_T)$ 를 최대화 시키는 것에만 제한을 한다. 그러면 통계적인 채널의 특성만으로 최대의 시스템 성능을 낼 수 있는 송신 안테나의 선택은 $\det(\mathbf{R}_T)$ 를 최대화 시키는 안테나 집합을 찾는 것이 된다. 따라서 SCK 전송 안테나 선택 기법은 $\det(\mathbf{R}_T)$ 가 가장 큰 안테나 집합을 선택하는 것이다. 송신 안테나 선택 기법에서 송신단은 전체 채널에 대한 정보가 아닌 안테나 선택 정보만 있으면 된다. 그러나, 이 송신 안테나 선택 기법은 채널의 공간 상관성을 고려하지 않고 설계된 기술로 공간 상관성에 의한 성능저하를 피할 수 없다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로, 본 발명의 목적은 순시적인 채널 정보와 통계적인 채널 정보를 모두 이용하여 안테나를 선택함으로써 안테나 선택 이득을 향상시킬 수 있는 MIMO 전송 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 순시적인 채널 정보는 물론 통계적인 채널 정보를 고려하여 송신안테나를 선택함으로써, 공간 상관성으로 인해 발생하는 성능 저하 현상을 개선하고 시스템 성능을 향상시킬 수 있는 MIMO 전송 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 공간 상관성을 고려한 MIMO 채널의 효과적 활용을 통해 시스템 성능을 향상시킬 수 있는 MIMO 전송 방법을 제공하는 것이다.

상기한 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 다중입출력통신시스템을 위한 전송 방법에서는 송신기가 수신기로부터 안테나 선택 정보를 수신하고, 상기 안테나 선택 정보를 기반으로 적어도 두 개의 송신안테나들을 선택하고, 시공간 부호화된 입력신호들을 미리 정해진 가중치행렬로 빔포밍하여 선택된 안테나들을 통해 전송한다.

상기 송신 안테나 선택 정보는 송신 안테나들의 순시적 채널 특성과 통계적인 채널 특성, 그리고 송신 안테나들 간의 공간 상관성을 반영하여 생성된다.

바람직하게는, 상기 안테나 선택 정보는 수신기에 의해

$$\max_{[h_m \ h_n]} |h_m'|^2 + |h_n'|^2 = \max_{[h_m \ h_n]} |h_m|^2 + |h_n|^2 + 4 \frac{N_0}{gE_s} \frac{|\rho|}{1-|\rho|^2} (h_m h_n^* + h_m^* h_n)$$
를 통해 구해지며, 여기서 h_m' 과 h_n' 는 2차원 빔포밍 효과를 포함하는 m 및 n 번째 채널 h_m 과 h_n 의 등가채널들이고, N_0 는 수신 신호의 잡음 전력이고, E_s 는 수신 신호의 신호 전력이고, g 는 사용되는 변조 방식에 따라 결정되는 상수이며, ρ 는 선택된 안테나들에 대한 채널 간 공간 상관성이다.

바람직하게는, 상기 가중치 행렬은 $T = \begin{bmatrix} f_1 & f_1 \frac{\rho}{|\rho|} \\ f_2 & f_2 \frac{\rho}{|\rho|} \end{bmatrix}$ 로 표현되며, 여기서 f_i 는 i번째 채널의 전력 할당치이다.

발명의 구성 및 작용

이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 MIMO 전송 방법을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 MIMO 송신기의 구조를 보인 구성도이다. 도 3에서, 본 발명의 일 실시예에 따른 MIMO 송신기는 입력 정보 비트를 미리 정해진 변조모드로 변조하여 심벌을 생성하는 변조기(301), 상기 변조기(301)로부터 출력되는 심벌을 시공간 부호화하는 시공간 블록 부호기(303), 그리고 수신기로부터 피드백 되는 안테나 채널 정보에 따라 다수의 송신 안테나 중 2개를 선택하여 2차원 빔포밍을 수행하는 2차원 빔포머(305)를 포함한다.

본 실시예에서는 설명의 편의상 송신기가 두 개의 송신 안테나를 통해 신호를 전송하고 수신기가 하나의 수신 안테나를 통해 신호를 수신하는 경우를 예를 들어 설명한다.

상기 안테나 선택은 수신기에서 피드백 된 채널 정보를 이용하여 이루어진다. 상기 MIMO 송신기는 상기 채널 정보를 통해 m 번째 안테나와 n 번째 안테나를 선택하고 수학식 7을 통해 선택된 두 안테나에 해당하는 채널의 상관행렬을 구한다.

수학식 7

$$\mathbf{R}_{hh}^{sel} = E \left[\begin{bmatrix} h_m \\ h_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_m^* & h_n^* \end{bmatrix} \right] = \begin{bmatrix} 1 & \rho \\ \rho^* & 1 \end{bmatrix}$$

여기서, ρ 는 선택된 두 안테나에 해당하는 채널 간 공간 상관성이다. 수학식 7을 아이젠 분해(Eigen-decomposition)하면 수학식 8의 고유치 행렬(eigenvalue) Λ 과 수학식 9의 고유벡터 (Eigenvector)행렬 \mathbf{U}_{hh}^{sel} 을 얻을 수 있다.

수학식 8

$$\Lambda = \begin{bmatrix} 1+|\rho| & 0 \\ 0 & 1-|\rho| \end{bmatrix}$$

수학식 9

$$\mathbf{U}_{hh}^{sel} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \frac{\rho^*}{|\rho|} & -\frac{\rho^*}{|\rho|} \end{bmatrix}$$

수학식 8와 수학식 9으로부터 수학식 10의 2차원 빔포밍을 위한 가중치 행렬 T을 구할 수 있다.

수학식 10

$$T = \begin{bmatrix} f_1 & f_1 \frac{\rho}{|\rho|} \\ f_2 & f_2 \frac{\rho}{|\rho|} \end{bmatrix}$$

여기서, $f_1 = \frac{1}{2} \sqrt{1 + \frac{N_0}{gE_s} \frac{2|\rho|}{1-|\rho|^2}}$, $f_2 = \frac{1}{2} \sqrt{1 - \frac{N_0}{gE_s} \frac{2|\rho|}{1-|\rho|^2}}$ 이다.

이와 같은 전송행렬을 이용하여 2차원 빔포밍을 통해 전송된 신호를 수신기에서 수신하면 수신 신호는 수학식 11와 같이 표현될 수 있다. 이때, 수신된 신호는 시공간 블록부호의 복호기에 입력되는 신호이다.

수학식 11

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 \\ -s_2^* & s_1^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h'_m \\ h'_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix}$$

여기서, w_1 과 w_2 는 가우시안 잡음이며, h'_m 과 h'_n 는 2차원 빔포밍 효과를 포함하는 등가의 채널로 수학식 12과 같이 표현할 수 있다.

수학식 12

$$\begin{bmatrix} h'_m \\ h'_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1 h_1 + f_1 \frac{\rho}{|\rho|} h_n \\ f_2 h_1 - f_2 \frac{\rho}{|\rho|} h_n \end{bmatrix}$$

상기 수학식 11의 수신 신호를 시공간 블록 부호의 복호기를 통해 복호하면 복호된 신호의 신호대잡음비(SNR)는 수학식 13과 같다.

수학식 13

$$\gamma = \frac{E_s}{2N_0} (|h'_m|^2 + |h'_n|^2)$$

알려진 바와 같이 시스템의 성능은 수신 신호의 신호대잡음비에 비례하므로 송신 안테나 선택을 적용한 2차원 빔포밍 성능을 높이기 위해서는 수학식 7로 표현되는 신호대잡음비를 최대화 해야 한다. 따라서 전송신호의 전력과 잡음의 전력이

주어졌을 때 신호대잡음비 $|h'_m|^2 + |h'_n|^2$ 가 가장 클 때 최대의 값을 가진다. 결국, 송신 안테나의 선택은 다음과 같은 수학식 14을 통해 이루어진다.

수학식 14

$$\max_{[h_m \ h_n]} |h'_m|^2 + |h'_n|^2 = \max_{[h_m \ h_n]} |h_m|^2 + |h_n|^2 + 4 \frac{N_0}{gE_s} \frac{|\rho|}{1-|\rho|^2} (h_m h_n^* + h_m^* h_n)$$

수학식 14을 만족시키는 m번째와 n번째 전송 안테나를 선택하면, 신호대잡음비를 최대화 할 수 있다.

이하, 본 발명의 MIMO 전송 방법의 성능 실험 결과를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다.

실험은 전체 4개의 송신 안테나와 1개의 수신 안테나로 구성되며 16QAM 시스템을 이용하는 시스템에서 2개의 송신 안테나를 선택하는 방식으로 진행되었으며, 채널 모델은 레일리 페이딩 채널, 공간 상관성 채널은 Paulraj 모델과 HSDPA MIMO 채널을 사용하였다. 비교 시스템은 종래의 2차원 빔포밍, ECK 안테나 선택, SCK 안테나 선택, 그리고 Quasi-STBC 등이다.

도 4는 본 발명의 전송방법과 종래의 전송방법들의 공간 상관성에 대한 강건성 비교 실험 결과를 보인 그래프이다.

도 4에서 보는 바와 같이, 본 발명의 전송방식이 종래의 2차원 빔포밍 기법과안테나 선택 기법의 전송 방식들에 비해 전 범위의 공간 상관성에 대해 낮은 심벌오류율을 보임을 알 수 있다. 특히, 공간 상관성이 적은 영역에서는 성능 차이가 두드러진다.

도 5는 본 발명의 전송방법과 종래의 2차원 빔포밍 기법의 SNR에 대한 심벌오류율 성능 비교 실험 결과를 보인 그래프이다.

실험을 위해, HSDPA 공간 상관성 채널 모델 중 확산각 (angle spread) 60도인 모델을 적용하였다. 도 5에서 보는 바와 같이, 본 발명의 전송방법이 종래의 2차원 빔포밍 기법에 비해 10^{-4} 심벌오류율 지점에서 최대 5dB의 SNR 이득을 보이고 있다. 특히 신호대 잡음비가 증가할수록 성능 차이가 커짐을 알 수 있다. 이는 높은 신호대잡음비 영역에서는 빔포밍 이득보다 다이버시티 이득이 크게 영향을 주기 때문이다. 종래의 2차원 빔포밍 기법을 이용한 전송 방법은 다이버시티 이득이 단지 시공간 블록 부호에 의해서만 얻어지지만 본 발명의 전송방법은 상기 2차원 빔포밍 이득과 함께 선택 다이버시티 이득을 얻을 수 있다. 따라서, 신호대 잡음비가 증가할수록 성능의 이득이 차이가 나는 것이다.

도 6은 본 발명의 전송방법과 종래의 안테나 선택 기법 기반의 전송 방법의 심벌오류율 성능 비교 실험 결과를 보인 그래프이다. 이 실험에서는 HSDPA 공간 상관성 채널 모델중 확산각이 5도인 모델을 사용하였다. 도 6에서 보는 바와 같이, 본 발명의 전송 방법은 종래의 안테나 선택 기법 기반의 전송 방법에 비해 10^{-4} 심벌오류 지점에서 최대 4dB의 SNR이득을 가지는 것을 알 수 있으며 이는 전 SNR 영역에서 일정하게 유지된다. 특히 안테나 선택 기법 중 SCK 기법에 비해서는 더 큰 이득을 가짐을 알 수 있다. 이는 본 발명의 전송 방법이 순시적인 채널 정보 뿐만 아니라 채널의 통계적인 특성을 반영하여 채널을 선택하기 때문이다. 더불어 본 발명의 전송 방법은 공간 상관성을 극복할 수 있는 2차원 빔포밍을 사용하여 빔포밍 이득을 얻기 때문에 공간 상관성을 고려하지 않는 안테나 선택 기법을 기반으로 하는 전송 방법에 비해 우수한 성능을 갖는다.

본 발명은 첨부된 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호범위는 첨부된 청구범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

발명의 효과

상기한 바와 같이, 본 발명의 MIMO 전송 방법은 종래의 안테나 선택 기법과 달리 순시적인 채널 특성과 통계적인 채널 특성을 모두 고려하고 있다. 따라서 본 발명의 MIMO 전송 방법은 종래의 안테나 선택 기법에서 반영하고 있지 않은 공간 상관성을 고려함으로써 공간 상관성이 존재하는 실제의 채널 환경에서 더 좋은 성능을 보인다.

또한 본 발명의 MIMO 전송 방법은 2차원 빔포밍 기법에 최적화된 것으로 2차원 빔포밍의 활용도를 증가시켜 그 성능을 향상시킬 수 있다.

또한, 다수의 송신 안테나를 사용하게 되면 송신 안테나 수 만큼의 RF 장치가 요구된다. 일반적으로 RF 장치는 고가이므로 많은 RF 장치를 사용하게 되면 제조 비용이 높아지게 된다. 하지만 본 발명의 전송 방법을 적용할 경우 많은 수의 전송 안테나가 존재하더라도 전송 시에는 2개의 안테나 만을 사용하므로 전체 안테나 수만큼의 RF 장치를 요하지 않는다. 단지, RF 장치를 선택된 안테나로 스위칭 함으로써 RF 장치의 수를 줄일 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

다수의 송신안테나를 가진 송신기와 적어도 하나의 수신안테나를 가진 수신기로 구성되는 다중입출력통신시스템의 신호 전송방법에 있어서,

수신기로부터 안테나 선택 정보를 수신하고;

상기 안테나 선택 정보를 기반으로 적어도 두 개의 송신안테나들을 선택하고;

시공간 부호화된 입력신호들을 미리 정해진 가중치행렬로 빔포밍하여 상기 선택된 송신안테나들을 통해 신호를 전송하는 것을 특징으로 하는 신호 전송방법.

청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 송신 안테나 선택 정보는 송신 안테나들의 순시적인 채널 특성과 통계적인 채널 특성을 반영하여 생성되는 것을 특징으로 하는 전송방법.

청구항 3.

제 1항에 있어서, 상기 송신 안테나 선택 정보는 송신 안테나들의 공간 상관성을 반영하여 생성되는 것을 특징으로 하는 전송방법.

청구항 4.

제 1항에 있어서, 상기 송신 안테나 선택 정보는 송신 안테나들의 순시적 채널 특성과 통계적인 채널 특성, 그리고 송신 안테나들 간의 공간 상관성을 반영하여 생성되는 것을 특징으로 하는 전송 방법.

청구항 5.

제 1항에 있어서,

h'_m 과 h'_n 는 2차원 빔포밍 효과를 포함하는 m 및 n 번째 채널 h_m 과 h_n 의 등가채널들이고, N_0 는 수신 신호의 잡음 전력이고, E_s 는 수신 신호의 신호 전력이고, G 는 사용되는 변조 방식에 따라 결정되는 상수이며, ρ 는 선택된 안테나들에 대한 채널 간 공간 상관성이라 할 때,

상기 안테나 선택 정보는 다음 식:

$$\max_{[h_m \ h_n]} |h_m'|^2 + |h_n'|^2 = \max_{[h_m \ h_n]} |h_m|^2 + |h_n|^2 + 4 \frac{N_0}{gE_s} \frac{|\rho|}{1 - |\rho|^2} (h_m h_n^* + h_m^* h_n) \quad \text{에 의해 구해지는 것을 특징으로 하는 전송 방법.}$$

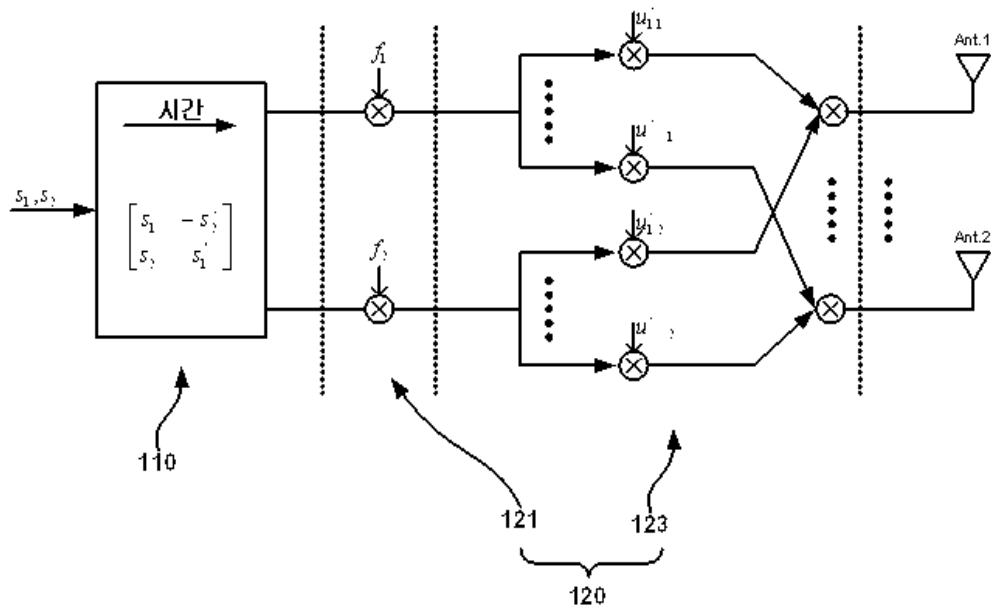
청구항 6.

$$T = \begin{bmatrix} f_1 & f_1 \frac{\rho}{|\rho|} \\ f_2 & f_2 \frac{\rho}{|\rho|} \end{bmatrix}$$

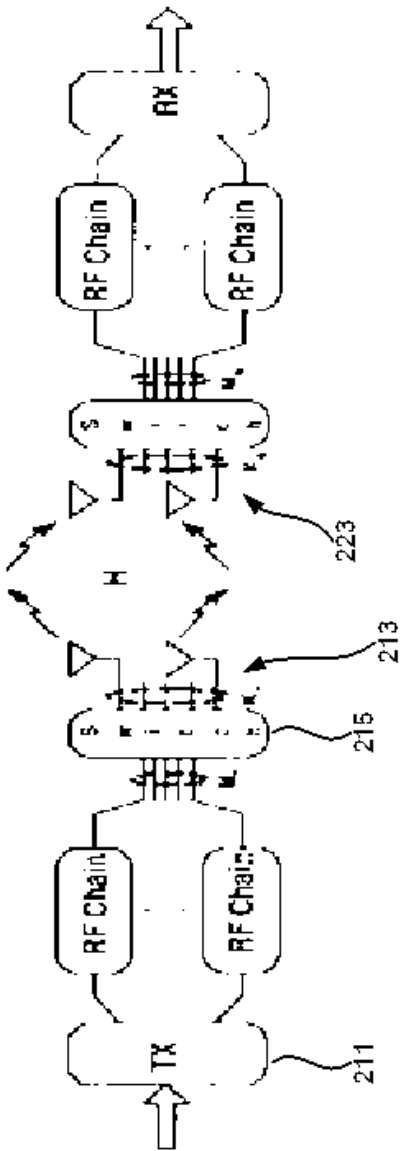
제 5항에 있어서, 상기 가중치 행렬은 T 로 표현되며, 여기서 f_i 는 i번째 채널의 전력 할당치인 것을 특징으로 하는 전송 방법.

도면

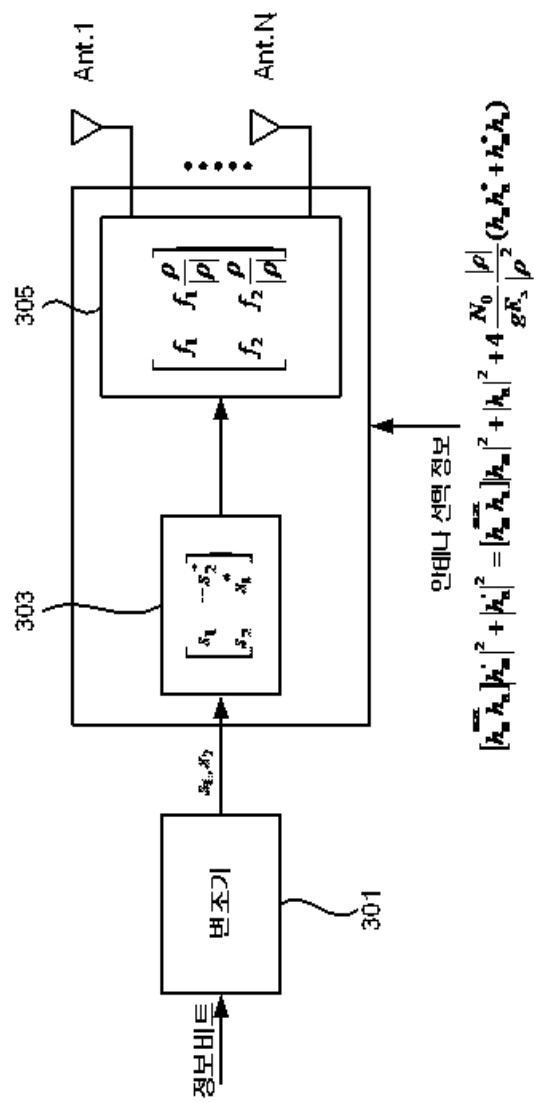
도면1



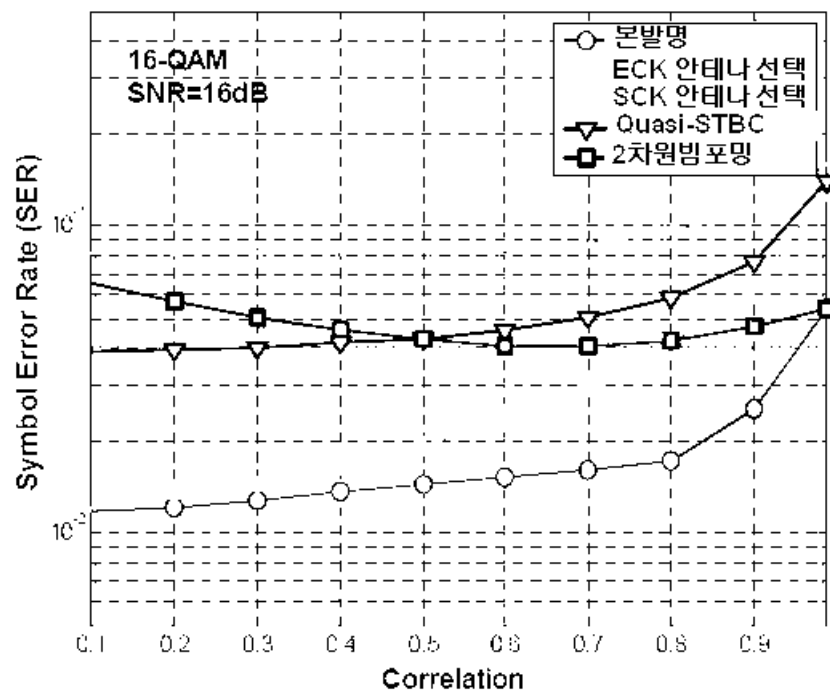
도면2



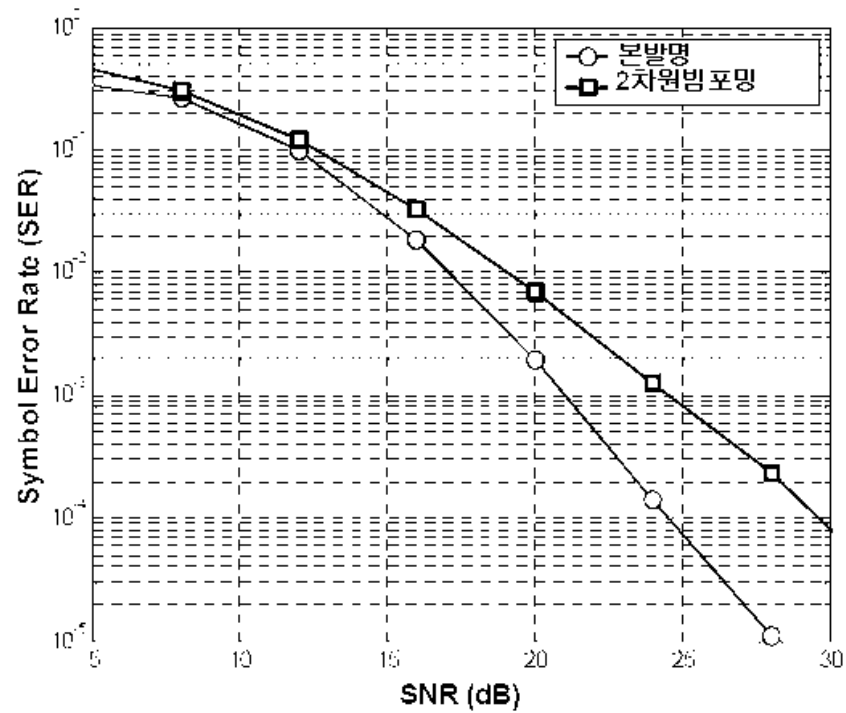
도면3



도면4



도면5



도면6

