(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.
H04B 7/04 (2006.01)
H04L 1/06 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2007-0017714
(43) 공개일자 2007년02월13일

(21) 출원번호 10-2005-0072265
(22) 출원일자 2005년08월08일
심사청구일자 2005년08월08일

(71) 출원인 인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자 곽경섭
인천 부평구 갈산동 태화아파트 7동 1302호
유현
서울 동작구 상도4동 202-70

(74) 대리인 이원희

전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 다중입력 다중출력 시스템의 안테나 선택장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 MIMO 시스템에서 통화 초기 장시간 귀환 기법을 이용하여 목표 심볼 오류와 목표 전송률을 고려한 성상도, 전송 전력 및 사용 안테나수에 대한 정보를 일차적으로 제공한 후, 단시간 귀환 기법을 이용하여 이차적으로 활성 안테나 인덱스 정보를 주기적으로 제공함으로써 장시간 귀환기법으로 귀환량을 줄이고 단시간 귀환기법으로 시간에 따른 채널 변화에 적절하게 대응할 수 있도록 하여 시스템의 성능을 개선시킬 수 있도록 하는 다중입력 다중출력 시스템의 안테나 선택장치 및 방법을 제공한다.

본 발명의 안테나 선택 방법은 통화 초기 상기 송신단으로부터 제공되는 채널 정보를 바탕으로 각 사용자의 성상도와 전력, 안테나 수를 계산하여 계산된 결과를 상기 송신단으로 제공하여 해당 계산 결과에 따른 데이터 전송이 이루어지도록 하며, 이후, 상기 계산 결과가 반영된 송신단으로부터의 채널 상황 정보를 이용하여 해당 성상도와 전력을 따르면서 최적 효율을 갖는 안테나 선택 정보를 송신단으로 제공하여 해당 안테나를 통해 데이터 전송이 이루어질 수 있도록 한다.

대표도

도 2

특허청구의 범위

청구항 1.

송수신단에 각각 다수의 송수신 안테나를 갖는 MIMO 시스템의 안테나 선택 장치에 있어서,

상기 수신단에는 상기 송신단으로부터 수신된 채널 정보를 이용하여 각 사용자의 성상도와 전력, 안테나 수를 계산하여 계산된 결과를 상기 송신단으로 제공하는 장시간 귀환기법 정보 제공수단; 상기 장시간 귀환기법 정보 제공수단에서 상기 송신단으로 제공된 계산 결과가 반영된 송신단으로부터의 채널 상황 정보를 이용하여 해당 성상도와 전력을 따르면서 최적 효율을 갖는 안테나 선택 정보를 상기 송신단으로 제공하는 단시간 귀환기법 정보 제공수단;이 구비되고,

상기 송신단에는 상기 장시간 귀환기법 정보 제공수단에서 제공되는 정보를 바탕으로 해당 성상도와 전력 및 선택된 안테나 수에 따라 송신단의 데이터 전송이 이루어질 수 있도록 하는 장시간 귀환기법 적용수단; 상기 단시간 귀환기법 정보 제공수단으로부터 제공되는 안테나 선택 정보에 따라 해당 안테나를 통해 데이터 전송이 이루어질 수 있도록 하는 활성 안테나 선택수단;이 구비됨을 특징으로 하는 다중입력 다중출력 시스템의 안테나 선택 장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 단시간 귀환기법 정보 제공수단은

채널 상황이 변할때마다 상기 송신단으로 안테나 선택 정보를 제공하는 것을 특징으로 하는 다중입력 다중출력 시스템의 안테나 선택 장치.

청구항 3.

제 1 항에 있어서, 상기 단시간 귀환기법 정보 제공수단은

주기적으로 상기 송신단에 안테나 선택 정보를 제공하는 것을 특징으로 하는 다중입력 다중출력 시스템의 안테나 선택 장치.

청구항 4.

제 1 항에 있어서, 상기 단시간 귀환기법 정보 제공수단은

상기 장시간 귀환기법 정보 제공수단에 의해 각 사용자에 대한 안테나 개수가 정해지면 정해진 안테나 개수에 대한 조합을 생성하여 해당 채널 용량을 계산한 후, 채널 용량 중 최대 용량을 검출하여 해당 안테나를 사용하는 채널 행렬에서 계산되는 가장 작은 값을 찾아내어 해당 채널정보를 상기 송신단으로 제공하는 것을 특징으로 하는 다중입력 다중출력 시스템의 안테나 선택 장치.

청구항 5.

송수신단에 각각 다수의 송수신 안테나를 갖는 MIMO 시스템에서의 안테나 선택 방법에 있어서,

통화 초기 상기 송신단으로부터 제공되는 채널 정보를 바탕으로 각 사용자의 성상도와 전력, 안테나 수를 계산하여 계산된 결과를 상기 송신단으로 제공하는 제 1 과정;

상기 제 1 과정에 따라 상기 수신단으로부터 제공된 정보를 바탕으로 해상 성상도와 전력 및 선택된 안테나 수에 따른 데이터 전송이 이루어지도록 하는 제 2 과정;

상기 제 1 과정의 계산 결과가 반영된 상기 송신단으로부터의 채널 상황 정보를 이용하여 해당 성상도와 전력을 따르면서 최적 효율을 갖는 안테나 선택 정보를 상기 송신단으로 전송하는 제 3 과정; 및

상기 제 3 과정에서 제공되는 안테나 선택 정보에 따라 해당 안테나를 통해 데이터 전송이 이루어질 수 있도록 하는 제 4 과정;

으로 이루어짐을 특징으로 하는 다중입력 다중출력 시스템의 안테나 선택 방법.

청구항 6.

제 5 항에 있어서, 상기 제 3 과정에서 안테나 선택 정보는

채널 상황이 변할때마다 상기 송신단으로 제공되는 것을 특징으로 하는 다중입력 다중출력 시스템의 안테나 선택 방법.

청구항 7.

제 5 항에 있어서, 상기 제 3 과정에서 안테나 선택 정보는

주기적으로 상기 송신단으로 제공되는 것을 특징으로 하는 다중입력 다중출력 시스템의 안테나 선택 방법.

청구항 8.

제 5 항에 있어서, 상기 제 3 과정은

상기 제 1 과정에서 각 사용자에 대한 안테나 개수가 정해지면 해당 안테나 개수에 대한 조합을 생성하여 해당 채널 용량을 계산하는 제 1 단계; 및

채널 용량 중 최대 용량을 검출하여 해당 안테나를 사용하는 채널 행렬에서 계산되는 가장 작은 값을 찾아내어 해당 채널 정보를 송신단으로 전송하는 제 2 단계;

로 이루어짐을 특징으로 하는 다중입력 다중출력 시스템의 안테나 선택 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 다중입력 다중출력 시스템에 관한 것으로, 특히 시스템 성능 향상을 위한 안테나 선택을 지원하는 다중입력 다중출력 시스템의 안테나 선택장치 및 방법에 관한 것이다.

기존의 무선 통신 서비스는 음성 위주의 서비스를 제공하였으며, 열악한 채널을 극복하고 음성 서비스를 지원하기 위해 주로 채널 코딩을 이용하였다.

그러나 차세대 무선 통신에서는 고품질의 멀티미디어 데이터 전송으로 그 서비스의 중심이 이동하여 고속의 데이터 전송률과 낮은 오류를 갖는 무선통신 시스템이 필요하게 되었으며, 관련된 기술을 개발하기 위해서 많은 연구가 이루어지고 있다.

그러나 이동통신 환경은 유선 환경과 달리 페이딩, 음영효과, 전파 감쇠, 시변 잡음, 간섭 등에 의해 낮은 신뢰도를 나타낸다. 이중에서 다중경로에 의한 페이딩 현상은 서로 다른 경로를 거쳐 위상과 크기가 서로 달라진 신호들이 합쳐져 심한 왜곡을 겪은 신호로 수신되는 현상이다.

이러한 다중경로에 의한 페이딩 효과는 이동통신 환경에서의 고속 데이터 통신 실현의 난제이며, 이를 효과적으로 대처하기 위해 많은 연구가 수행되었다.

대표적인 방법이 다이버시티 기법으로, 이는 독립적인 페이딩 현상을 겪은 여러 개의 신호를 수신하여, 결합 과정을 통해 페이딩 현상에 대처하게 된다. 이러한 다이버시티에 의한 페이딩 대처 방법은 우수한 성능을 내는 것으로 알려져 있으며, 다양한 다이버시티 방법이 제안되고 현재 상용화되고 있다.

이와 같이 현재까지의 이동통신 시스템은 주로 음성위주의 서비스를 위해 이동통신 환경의 페이딩 극복에 초점을 맞추어 발전하였다.

그러나 2000년대에 들어서는 멀티미디어 콘텐츠를 포함한 데이터 통신으로 중심축이 이동함에 따라 고속 데이터 전송이 요구되고 있으며, 특히 데이터 요구량이 많은 순방향 링크에서의 고속 데이터 전송이 중요성을 더하고 있다.

그러므로 현시점에서는 이동통신 환경의 열악성 극복과 아울러 데이터 전송량을 크게 높일 수 있는 기술이 절실히 요구된다. 이에 다수의 송수신 안테나를 이용하여 데이터 전송률을 획기적으로 높일 수 있는 다중입력 다중출력(Multi-Input Multi-Output : 이하, MIMO라 칭함)기술이 제안되었다.

다중 송수신 안테나 기술은 송신기에서 각 송신 안테나를 통해 서로 다른 데이터를 전송하고, 수신기에서는 적절한 신호처리를 통해 송신 데이터들을 구분해 내는 공간 다중화/역다중화(Spatial Multiplexing)/ Demultiplexing)기법을 사용한다.

따라서 송수신 안테나의 개수를 동시에 증가시킴에 따라 채널용량이 증가하여 보다 많은 데이터를 전송할 수 있게 한다.

이러한 MIMO방식은 차세대 이동통신 시스템인 IMT-2000시스템 및 그 이후의 초고속 이동 멀티미디어 서비스를 위한 고속 데이터 통신에 적합한 방법으로 여겨지고 있다.

도 1은 일반적인 MIMO 시스템의 기본적인 동작 원리를 설명하기 위한 도로, 각 송신안테나에서 서로 다른 정보를 전송하여 이를 수신기에 수신하게 되면, 이들이 겪게 되는 공간상의 채널 특성이 서로 다르게 되고 따라서 이러한 특성을 이용하면 각각의 전송정보를 구별할 수 있게 된다.

이와 같은 MIMO 시스템은 다중 안테나 시스템으로 안테나 선택 기법에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

종래의 안테나 선택 기법들 중 장시간 귀환기법(Ravi Narasimhan에 의한 Selection of Transmit Antennas, Constellations, and powers for correlated MIMO multiple access channels 및 IEEE Communication Society, pp.625-629,2004 등)이 있다.

이는 수신된 채널 상황 정보를 바탕으로 기지국에서 사용자의 수가 변할 때마다 각 사용자의 성상도(Constellation)와 전력, 안테나의 수를 결정하여 주며, 이에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

우선, MIMO 시스템은 N명의 사용자 즉, 송신단을 가진 MIMO 다중접속 채널을 가정한다. n번째 사용자는 K_n개의 안테나와 P_n의 전력을 가지며, 수신단인 기지국은 K_R개의 안테나를 갖는다. 이 경우 수신 안테나에서 다중 사용자의 데이터를 구별하기 위해서 필요한 안테나의 수는 $K_R \geq \sum_{n=1}^{N} K_n$이다.

사용자 n에 대한 안테나 선택의 결과인 M_n은 전송을 위해서 사용되는 안테나의 수를 나타내며, 각각의 안테나 전력은 선택된 안테나의 수에 따라 P_n/M_n의 전력을 갖는다. $x_n = \sqrt{P_n/M_n} s_n$은 사용자 n에 의한 전송되는 전송 심볼 벡터이고, S_n는

단위 에너지를 갖는 성상도로부터 선택된 심벌벡터이다. H_n은 안테나 선택 후에 사용자 n에서 수신단인 기지국까지의 $K_R \times M_n$ MIMO 채널 행렬이다. $y=[y_1 \cdots y_{K_R}]^T$는 수신 신호 벡터를 나타낸다. 전력 할당 행렬을 D라고 할 때, D는 다음과 같이 정의한다.

$$D = \begin{bmatrix} \sqrt{P_1 / M_1} I_{M_1} & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \sqrt{P_N / M_N} I_{M_N} \end{bmatrix} \quad (1)$$

중저속 이동환경에서의 MIMO 시스템의 수신신호 모델은 다음과 같다.

$y = HD_s + w$ (2)

여기서, $s=[s_1^T \cdots s_N^T]^T$는 심벌이며, w는 $N_0 I_{K_R}$(N_O : 가산 백색 가우스잡음, I_{KR} : KR by KR 항등 행렬)을 가진 AWGN (A Complex Additive White Gaussian Noise) 벡터를 나타낸다. 모든 사용자에 대해서, 데이터 전송을 위한 선택된 송신 안테나수의 총합은 $M_{tot} = \sum_{n=1}^{N} M_n$이며, $H = [H_1 \ldots H_N]$는 $K_R \times M_{tot}$ 크기의 채널 행렬로서 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$H = R_R^{1/2} H_w R_T^{1/2} \quad (3)$$

$$R_T = \begin{bmatrix} R_{T,1} & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & R_{T,N} \end{bmatrix}, \quad R_R = \sum_{n=1}^{N} \left(\frac{P_n}{P_{tot}} \right) R_{R,n} \quad (4)$$

여기서, $M_n \times M_n$행렬인 R_T는 송신단 안테나의 상관행렬, $K_R \times K_R$행렬인 R_R은 수신단 안테나의 상관행렬을 나타내고, 이 상관행렬은 출발각, 도착각, 각확산 등 사용자 n의 송신 안테나와 수신단인 기지국의 수신 안테나 사이의 기하학적인 위치에 따라 결정된다.

H_w는 독립이고 동등한 분포(I.I.D : Independently and Identically Distributed 를 가진 평균이 0이며, 단위 분산을 가진 복소 가우시안 랜덤 변수이고, $P_{tot} = \sum_{n=1}^{N} P_n$이다.

기지국은 수신된 채널 정보를 이용하여 각 사용자의 성상도와 전력, 안테나의 수를 계산하여 낮은 전송량을 가진 귀환 채널을 이용하여 송신단으로 전달한다.

수신단인 기지국은 선형 수신기, ZF(Zero Forcing) 수신기, MMSE(Minimum Mean Square Error) 수신기, V-BLAST (Vertical Bell Labs Layered Space Time) 수신기 등을 이용할 수 있다.

선형 수신기는 $\hat{s}=Gy$를 이용하여 전송 심벌 s를 추정한다. 여기서 G는 $M_{tot} \times K_R$행렬이다. ZF 수신기는 $G = D^{-1} (H * H)^{-1} H *$ (* : Superscirpt Conjugate Transpose)로 표현되며, 잡음 지수를 고려한 선형 MMSE 수신기는 $G = D^{-1} (H * H + N_0 D^{-2})^{-1} H *$ 가 된다. V-BLAST수신기는 연속 간섭 제거(OSIC : Ordered Successive Interference Cancellation)를 사용하여 높은 다이버시티 이득을 얻을 수 있다.

또한, MIMO 시스템에서는 안테나마다 상이한 채널 상황을 가지게 되며, 채널마다 어떤 채널은 낮은 이득을, 어떤 채널은 높은 이득을 갖게 된다. 이런 경우에 채널 이득이 높은 안테나를 선택하여 전송함으로써, 제한된 전력을 효율적으로 사용할 수 있다.

장시간 귀환기법은 단 한 번의 귀환을 받아 전력, 성상도 및 사용할 만큼의 안테나 개수를 선택하여 선택된 결과에 따라 사용자의 수가 변하지 않은 이상 계속 그 상태로 신호를 전송하는 기법으로, 사용자 수가 변하지 않으면 한 번 선택된 결과에 따라 계속 그 상태로 신호를 전송함으로 귀환량을 줄일 수 있게 되며, 사용자 수가 변하면 안테나 개수, 성상도 선택 및 전력 할당을 다시 계산하여 귀환하게 된다.

이 방법을 사용하여 주어진 목표 심벌 에러 확률에서 각 사용자의 성상도와 전력, 송신 안테나의 수를 수신단에서 요구되는 평균 SNR이 최소화 되도록 결정하고 Chernoff bound 이용해 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\Pr_{e,n} \le \frac{N_{e,n}}{M_n}\sum_{l=1}^{M_n} E\left[\exp\left(-\frac{c_n SNR_{n,l}}{2(2^{b_{T,n}/M_n}-1)}\right)\right] \le N_{e,n} E\left[\exp\left(-\frac{c_n SNR_{n,\min}}{2(2^{b_{T,n}/M_n}-1)}\right)\right] \quad (5)$$

여기서, n은 n번째 사용자를, ι은 ι번째 안테나를 나타내며, $SNR_{n,min} = \min_l SNR_{n,l}$이고, $SNR_{n,min}$은 에러확률을 만족하기 위한 최소 SNR lower bound를 나타내며, $b_{T,n}$은 사용자 n의 정보량을 나타낸다. 상수 c_n과 $N_{e,n}$은 사용자 n의 성상도와 관계되며 다음과 같이 표현된다.

$$N_{e,n} = \begin{cases} 4(1-2^{-b_{T,n}/(2M_n)}) & square\ \ QAM \\ 2 & 8-PSK \end{cases}, \quad c_n = \begin{cases} 3 & square\ \ QAM \\ 2\sin^2\frac{\pi}{8} & 8-PSK \end{cases} \quad (6)$$

식(5)를 감마확률분포에 대입하면 다음 식을 얻는다.

여기서부터 시뮬레이션에 의한 성상도 선택, 전력할당 안테나 선택을 할 수 있다.

$$\Pr_{e,n} \le \frac{N_{e,n}}{(1+\beta_n\rho_n)^{K_R - M_{tot}+1}} \quad (7)$$

식 (7)을 구하기 위해서 식(8)이 필요하다.

$$\beta_n = \frac{c_n \lambda_{\min}(R_I)\lambda_{\min}(R_R)}{2M_n M_{tot}(2^{b_{T,n}/M_n}-1)} \quad (8)$$

여기서, $\rho_n = P_n / N_0$는 n번째 사용자의 전송 SNR이고, λ_{min}은 행렬의 최소 고유값을 나타낸다. 목표 에러 확률 $Pr_{e,target}$을 이용하여 식(8)에서 구한 β_n의 값을 식(9)에 대입하여, 각 사용자의 SNR인 ρ_n을 구할 수 있다.

$$\rho_{n,target} = \frac{1}{\beta_n}\left[\left(\frac{N_{e,n}}{\Pr_{e,target}}\right)^{\frac{1}{K_R - M_{tot}+1}} - 1\right] \quad (9)$$

SNR = P_{tot} / N_0에 의해서 수신단에서 요구되는 SNR은 $SNR_{required} = \sum_{n=1}^{N} \rho_{n,target}$로 표현되며, 사용자 n의 할당되는 송신 전력은 $P_n = \left(\frac{\rho_{n,target}}{SNR_{required}}\right) P_{tot}$ 이다. (9)식에서 알고리즘의 최적의 선택방법은 $SNR_{required}$가 최소가 되는 송신 전력과 성상도를 선택하는 것이다.

일단 M_n과 P_n의 최적값을 얻었을 때, n번째 사용자를 위한 성상도의 변조 지수는 ($b_{T,n} / M_n$)이 된다. 이 방법을 사용하여 사용자들마다 성상도, 전력 할당 및 안테나의 개수를 결정할 수 있게 된다.

그러나 상기와 같은 장시간 귀환기법은 다중 접속 채널에 접속된 각 사용자의 성상도와 전력, 선택된 안테나의 개수는 접속된 사용자의 수가 변하지 않는 한 계속 유지시킴으로써 귀환량을 줄이고 안테나의 개수도 정해주지만 시간에 따른 채널 변화에 적절하게 대응할 수 없는 단점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서 본 발명은 이러한 점을 감안한 것으로, 본 발명의 목적은 MIMO 시스템에서 통화 초기 장시간 귀환 기법을 이용하여 목표 심볼 오류와 목표 전송률을 고려한 성상도, 전송 전력 및 사용 안테나수에 대한 정보를 일차적으로 제공한 후, 단시간 귀환 기법을 이용하여 이차적으로 활성 안테나 인덱스 정보를 주기적으로 제공함으로써 장시간 귀환기법으로 귀환량을 줄이고 단시간 귀환기법으로 시간에 따른 채널 변화에 적절하게 대응할 수 있도록 하여 시스템의 성능을 개선시킬 수 있도록 하는 다중입력 다중출력 시스템의 안테나 선택장치 및 방법을 제공함에 있다.

발명의 구성

상기 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 다중출력 시스템의 안테나 선택 장치는, 송수신단에 각각 다수의 송수신 안테나를 갖는 MIMO 시스템의 안테나 선택 장치에 있어서, 상기 수신단에는 상기 송신단으로부터 수신된 채널 정보를 이용하여 각 사용자의 성상도와 전력, 안테나 수를 계산하여 계산된 결과를 상기 송신단으로 제공하는 장시간 귀환기법 정보 제공수단; 상기 장시간 귀환기법 정보 제공수단에서 상기 송신단으로 제공된 계산 결과가 반영된 송신단으로부터의 채널 상황 정보를 이용하여 해당 성상도와 전력을 따르면서 최적 효율을 갖는 안테나 선택 정보를 상기 송신단으로 제공하는 단시간 귀환기법 정보 제공수단;이 구비되고, 상기 송신단에는 상기 장시간 귀환기법 정보 제공수단에서 제공되는 정보를 바탕으로 해당 성상도와 전력 및 선택된 안테나 수에 따라 송신단의 데이터 전송이 이루어질 수 있도록 하는 장시간 귀환기법 적용수단; 상기 단시간 귀환기법 정보 제공수단으로부터 제공되는 안테나 선택 정보에 따라 해당 안테나를 통해 데이터 전송이 이루어질 수 있도록 하는 활성 안테나 선택수단;이 구비됨을 특징으로 한다.

상기 단시간 귀환기법 정보 제공수단은 채널 상황이 변할때마다 또는 주기적으로 상기 송신단으로 안테나 선택 정보를 제공하는 것을 특징으로 한다.

상기 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 다중출력 시스템의 안테나 선택 방법은, 송수신단에 각각 다수의 송수신 안테나를 갖는 MIMO 시스템에서의 안테나 선택 방법에 있어서, 통화 초기 상기 송신단으로부터 제공되는 채널 정보를 바탕으로 각 사용자의 성상도와 전력, 안테나 수를 계산하여 계산된 결과를 상기 송신단으로 제공하는 제 1 과정; 상기 제 1 과정에 따라 상기 수신단으로부터 제공된 정보를 바탕으로 해상 성상도와 전력 및 선택된 안테나 수에 따른 데이터 전송이 이루어지도록 하는 제 2 과정; 상기 제 1 과정의 계산 결과가 반영된 상기 송신단으로부터의 채널 상황 정보를 이용하여 해당 성상도와 전력을 따르면서 최적 효율을 갖는 안테나 선택 정보를 상기 송신단으로 전송하는 제 3 과정; 및 상기 제 3 과정에서 제공되는 안테나 선택 정보에 따라 해당 안테나를 통해 데이터 전송이 이루어질 수 있도록 하는 제 4 과정; 으로 이루어짐을 특징으로 한다.

이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 단, 하기 실시 예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 내용이 하기 실시 예에 한정되는 것은 아니다.

도 2는 본 발명에 따른 다중입력 다중출력 시스템의 안테나 선택장치를 도시한 것이다.

도시한 바와 같이, 수신단(20)인 기지국 측에는 장시간 귀환기법 정보 제공부(21) 및 단시간 귀환기법 정보 제공부(22)가 구비되고, 송신단(10)인 사용자 단말측에는 장시간 귀환기법 적용부(11) 및 활성 안테나 선택부(12)가 구비된다.

상기 장시간 귀환기법 정보 제공부(21)는 수신된 채널 정보를 이용하여 각 사용자의 성상도와 전력, 안테나 수를 계산하여 계산된 결과를 송신단(10)으로 제공하며, 상기 단시간 귀환기법 정보 제공부(22)는 상기 장시간 귀환기법 정보 제공부(21)에서 송신단(10)으로 제공된 계산 결과가 반영된 송신단(10)으로부터의 채널 상황 정보를 이용하여 해당 성상도와 전력을 따르면서 다수의 안테나중 가장 채널 상황이 좋은 안테나 선택 정보를 주기적으로 송신단(10)으로 제공한다.

상기 장시간 귀환기법 적용부(11)는 상기 수신단(20)의 장시간 귀환기법 정보 제공부(21)에서 제공되는 정보를 바탕으로 해당 성상도와 전력 및 선택된 안테나 수에 따라 송신단(10)의 데이터 전송이 이루어질 수 있도록 하며, 상기 활성 안테나 선택부(12)는 단시간 귀환기법 적용부로, 상기 단시간 귀환기법 정보 제공부(22)로부터 제공되는 안테나 선택 정보에 따라 해당 안테나를 통해 데이터 전송이 이루어질 수 있도록 한다.

상기와 같이 구성된 본 발명을 도 3의 흐름도와 함께 살펴본다.

먼저, 통화 초기 송신단(1)으로부터 제공되는 채널 정보를 바탕으로 상기 장시간 귀환기법 정보 제공부(21)는 각 사용자의 성상도와 전력, 안테나 수를 계산하여 계산된 결과를 낮은 전송량을 가진 귀환 채널을 이용하여 송신단(10)으로 제공한다(S10).

이에 따라 송신단(10)의 장시간 귀환기법 적용부(11)는 송신단(10)이 상기 장시간 귀환기법 정보 제공부(21)로부터 제공된 정보를 바탕으로 해당 성상도와 전력 및 선택된 안테나 수에 따른 데이터 전송이 이루어질 수 있도록 한다(S20).

이후, 상기 수신단(20)의 단시간 귀환기법 정보 제공부(22)는 상기 장시간 귀환기법 정보 제공부(21)의 계산 결과가 반영된 상기 송신단(10)으로부터의 채널 상황 정보를 이용하여 해당 성상도와 전력을 따르면서 다수의 안테나중 가장 채널 상황이 좋은 안테나 선택 정보를 주기적으로 송신단(10)으로 전송한다(S30).

이에 따라 상기 활성 안테나 선택부(12)는 상기 단시간 귀환기법 정보 제공부(22)로부터 제공되는 안테나 선택 정보에 따라 해당 안테나를 통해 데이터 전송이 이루어질 수 있도록 한다(S40).

한편, 상기 단시간 귀환기법 정보 제공부(22)에서는 도 4와 같이 채널 상황이 좋은 안테나 선택 정보를 얻게 된다.

먼저, 장시간 귀환기법 정보 제공부(21)에 의해 각 사용자에 대한 전력 할당과 성상도 선택이 이루어져서 사용자(송신단)들에 대한 안테나의 개수가 정해지게 되면, 그 이후에 각 사용자들에 대해서 각각 안테나의 채널용량을 계산하게 된다.

예를 들면, 사용자 1에 대한 안테나가 3개, 사용자 2에 대한 안테나가 2개로 결정되었을 때, 모든 안테나의 경우의 수에 대한 채널용량 계산하게 된다.

사용자 1은 {1,2,3,4}의 안테나를 가지고 있고, 사용자 2는 {5,6,7,8}의 안테나를 가지고 있을 경우, 장시간 귀환기법 정보 제공부(21)에서 사용자1 및 사용자 2에 대하여 각각 안테나의 개수가 3개, 2개로 결정되었을 때, 단시간 귀환기법 정보 제공부(22)에 의해 사용자 1에 대하여 선택된 3개의 안테나에 대한 조합 즉, {1,2,3}, {1,2,4},... ,{2,3,4}와 사용자 2에 대하여 선택된 2개의 안테나에 대한 조합 즉, {5,6},{5,7},...,{7,8}까지 각각의 조합에 대하여 최대용량을 검출한다(S31,S32).

{1,3,4,6,8}이 최대 용량으로 검출되면 이 안테나를 쓰는 채널 행렬에서 계산되는 가장 작은 값을 찾아내어 채널정보(예: (1,3,4)와 (6,8)의 정보)를 송신단(10)으로 보내게 된다(S33,S34). 이와 같이 하는 이유는 그냥 보내도 되지만, 조금이라도 작은 값을 보내서 전력소모를 줄이기 위해서이다.

다음의 (10)식은 채널 용량 계산식이며, (11)식은 최대 용량 계산식이다.

$$C(\underline{H},\rho)=\log_2 \det(I_R + D^2 \rho \underline{H}^H \underline{H}) \quad (10)$$

여기서, $\underline{H}$는 H의 사용하는 안테나에 대한 행렬이다. 최대 용량을 다시 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$C_{sel}(H,\rho)=\arg\max_{\underline{H}} \det\{C(\underline{H},\rho): \underline{H} \in H_{K_R \times M_{tot}}(H)\} \quad (11)$$

$\rho = Pt/\sigma^2$로서 송수신 안테나당 평균신호잡음비이다.

이와 같이 본 발명은, 통화 초기 장시간 귀환기법을 이용하여 각 사용자의 성상도와 전력, 안테나 수를 계산하여 계산된 결과를 따르는 데이터 전송이 이루어질 수 있도록 하며, 단시간 귀환기법을 이용하여 통화중 채널 상황이 변할 때마다 장시간 귀환기법에 의해 결정된 성상도와 전력을 따르는 최적의 안테나가 선택될 수 있도록 한 것이다.

다음은 본 발명의 검증을 위한 모의 실험에 대하여 살펴본다.

실험에서 사용된 파라미터는 도 5에 요약 제시하였다. 도 5는 식(7)-(9)에 의해 활성안테나 수, 성상도 선택 및 전력할당이 결정된다. 장시간 귀환기법을 사용하였을 경우에 I.I.D 잡음에서 첫 번째 사용자에서 안테나 3개를 사용하고, 두 번째 사용자에서 안테나 2개를 사용하며, 상관채널에서 첫 번째 사용자는 안테나 2개, 두 번째 사용자는 안테나 1개를 사용한다.

목표전송률과 안테나의 수에 의해 성상도 선택 및 전력할당이 결정된다. 그리고 상관채널은 다음과 같은 모델을 사용하였다.

도 6에서 TA_p는 p번째 안테나에서의 전송값이며, RAι은 l번째 안테나에서 받은 값이다. S(Θ)는 Θ각에서 산란체이고 Θ는 도착 각도이며 △는 각 확산이다. $D_{x\to y}$는 물체 x에서 물체 y까지의 거리이다.

$$d_x^T(p,q)=0, E[H_{m,p}H_{m,p}^*]\approx J_0\left(\Delta\frac{2\pi}{\lambda}d_y^T(p,q)\right) \quad (12)$$

$d^T(p,q)$**는** 전송안테나 T_{A_p}와 T_{A_q}사이의 거리차이다. $d_x^T(p,q)$와 $d_y^T(p,q)$는 각각 $d^T(p,q)$의 x축과 y축의 투영도들이다. 식(12)의 오른쪽 식들은 두 안테나 사이 간에 거리를 나타낸 것이며, λ는 파장을 의미한다. △는 퍼진 각도이다.

식 (12)에서 첫 번째 사용자에서는 0.48λ, △=30°와 두 번째 사용자에서는 0.48λ, △=20°로 가정하여 계산하면 첫 번째 사용자는 식 (13), 두 번째 사용자는 식(14)와 같은 채널 행렬로 나타낼 수 있다.

$$R_{T_1}=\begin{vmatrix} 1 & 0.46727 & -0.30893 & -0.25875 \\ 0.46727 & 1 & 0.46727 & -0.30893 \\ -0.30893 & 0.46727 & 1 & 0.46727 \\ -0.25875 & -0.30893 & 0.46727 & 1 \end{vmatrix} \quad (13)$$

$$R_{T_2}=\begin{vmatrix} 1 & 0.74154 & 0.16347 & -0.30893 \\ 0.74154 & 1 & 0.74154 & 0.16347 \\ 0.16347 & 0.74154 & 1 & 0.74154 \\ -0.30893 & 0.16347 & 0.74154 & 1 \end{vmatrix} \quad (14)$$

도 7a와 도 7b는 각각 I.I.D 채널에서 첫 번째 사용자와 두 번째 사용자의 수신안테나 당 평균 SNR과 BER을 나타내는 그림이다. 도 7에서는 모든 안테나를 다 사용했을 때와 최적의 안테나를 선택하여서 사용하는 방법 두 가지를 보여준다.

도 7a를 보면, I. I. D채널에서 첫 번째 사용자에 대한 BER성능을 보여준다. MIMO 다중 사용자 시스템에서 채널 정보를 단시간 귀환을 할 때와 장시간 귀환을 하지 않을 때의 성능 차이가 심하게 나는 것을 볼 수 있다.

이 결과에서 보면, MMSE와 V-BLAST가 선형 MMSE기법보다 성능이 더 좋은 반면에 MMSE와V-BLAST는 그만큼 복잡도가 커지게 된다. 채널정보를 귀환하지 않는 장시간 채널 정보의 경우에는 MMSE와 V-BLAST가 MMSE보다 BER성능이 대략 3dB 좋아지지만, 복잡도가 높은 V-BLAST를 쓰는 것보다는 MMSE를 쓰는 것이 복잡도를 줄이는 면에서 더 좋다는 것을 알 수 있다.

또한, 여기서 모든 안테나를 사용했을 때보다 필요로 하는 활성적인 안테나를 썼을 때에 SNR도 성능이 더 우수한 것을 볼 수 있다.

도 7a와 도 7b를 보면 모든 안테나를 사용했을 때에는 MMSE, MMSE와 V-BLAST기법 모두 거의 유사한 성능이 나옴을 확인할 수 있다. 기존에 제안되었던 장시간 귀환기법과 본 발명에 따른 단시간 귀환기법 두 가지 모두 사용하였을 때의 귀환귀법을 비교해보면, 단시간 귀환기법만 사용하였을 때보다 장시간 귀환기법을 사용하였을 때 좋은 성능이 나타났다.

그러나 장시간과 단시간 귀환기법을 같이 사용하였을 경우 더 좋은 성능이 나옴을 볼 수 있다. MMSE와 V-BLAST인 경우에 BER이 비트 오류율 10^{-6}에 도달하기 위해서 제안한 장시간 귀환 기법에 단시간 귀환 기법을 사용하였을 경우가 장시간 귀환 채널정보만 사용하였을 경우보다 3dB 더 우수한 것을 볼 수 있다.

반면, MMSE일 경우에는 장시간과 단시간 귀환 채널정보를 사용할 경우가 장시간 귀환 채널정보를 귀환하지 않았을 경우보다 7dB 더 우수한 것을 볼 수 있다.

그러므로 채널정보를 모를 때 V-BLAST를 써주면 V-BLAST를 쓰지 않았을 때보다 4dB정도 더 우수한 성능 이득을 얻을 수 있다.

도 8에서 보면 상관된 채널에서의 수신단의 안테나 개수가 2개이고, 송신단의 안테나 개수가 1개일 경우에, 안테나 {1,2}번을 썼을 때보다 안테나 {1,4}번을 썼을 때, 성능이 1dB정도 좋아지는 것을 볼 수 있으며, 안테나 {1,3}번과 {1,4}번을 썼을 경우에는 유사한 성능이 나옴을 볼 수 있다.

도 9a와 도9b는 상관채널에서 본 발명에 따른 안테나 선택기법을 이용하여 첫 번째 사용자의 경우와 두 번째 사용자의 경우의 시스템 BER성능을 비교한 그래프이다.

상관된 채널에서 도 9a와 도 9b를 비교하면, 모든 송신단에 대해서는 거의 같은 성능이 나오며, 장시간 귀환 채널정보를 사용하는 경우나 단시간 귀환 채널 정보를 사용하는 경우에 MMSE를 사용했거나 V-BLAST를 사용해도 거의 유사한 성능이 나옴을 알 수 있다.

본 발명에 따른 안테나 선택기법을 사용한 경우에 V-BLAST 수신기의 사용했을 경우, 10^{-4}의 비트 오류율에 도달하기 위해 귀환이 있는 시스템이 귀환이 없는 시스템보다 3-4dB의 SNR이 요구된다.

상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 또는 변형하여 실시할 수 있다.

발명의 효과

이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명은 MIMO 시스템에서 통화 초기 장시간 귀환 기법을 이용하여 목표 심볼 오류와 목표 전송률을 고려한 성상도, 전송 전력 및 사용 안테나수에 대한 정보를 일차적으로 제공한 후, 통화중에 단시간 귀환 기법을 이용하여 이차적으로 활성 안테나 인덱스 정보를 주기적으로 제공함으로써 장시간 귀환기법으로 귀환량을 줄이고 단시간 귀환기법으로 시간에 따른 채널 변화에 적절하게 대응할 수 있도록 하여 시스템의 성능을 개선시킬 수 있게 된다. 또한, 채널의 비트 오류율 성능 개선과 무선 링크의 신뢰도가 향상된 MIMO변조 및 다중 액세스 기술을 기대할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

도 1은 일반적인 MIMO 시스템의 기본 동작원리를 설명하기 위한 도.

도 2는 본 발명에 따른 다중입력 다중출력 시스템의 안테나 선택장치의 구성도.

도 3은 본 발명의 전체적인 동작 흐름도.

도 4는 도 2의 단시간 귀환기법 정보 제공부의 안테나 선택 정보 출력 과정을 나타낸 흐름도.

도 5는 본 발명의 모의실험에 사용되는 파라미터를 나타낸 도.

도 6은 상관된 채널에 대한 설명을 나타낸 도.

도 7a 및 도 7b는 I.I.D 채널에서의 첫 번째 및 두 번째 사용자에 대한 BER성능을 나타낸 도.

도 8은 상관된 채널에서의 첫 번째 사용자에 대한 안테나 선택기법에 따른 성능을 나타낸 도.

도 9a 및 도 9b는 상관된 채널에서의 첫 번째 및 두 번째 사용자에 대한 BER성능을 나타낸 도.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

10 : 송신단 11 : 장시간 귀환기법 적용부

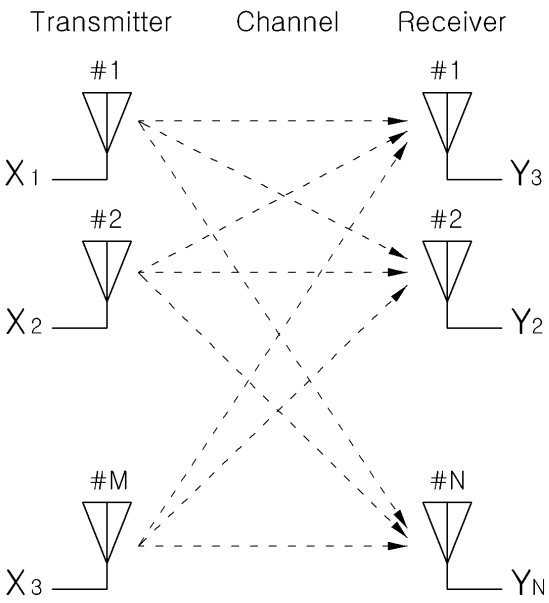
12 : 활성 안테나 선택부 20 : 수신단

21 : 장시간 귀환기법 정보 제공부

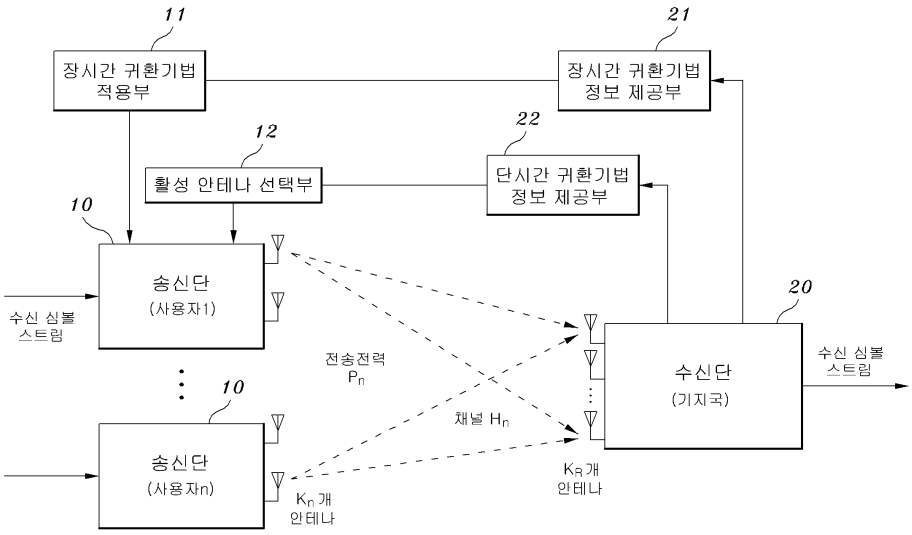
22 : 단시간 귀환기법 정보 제공부

도면

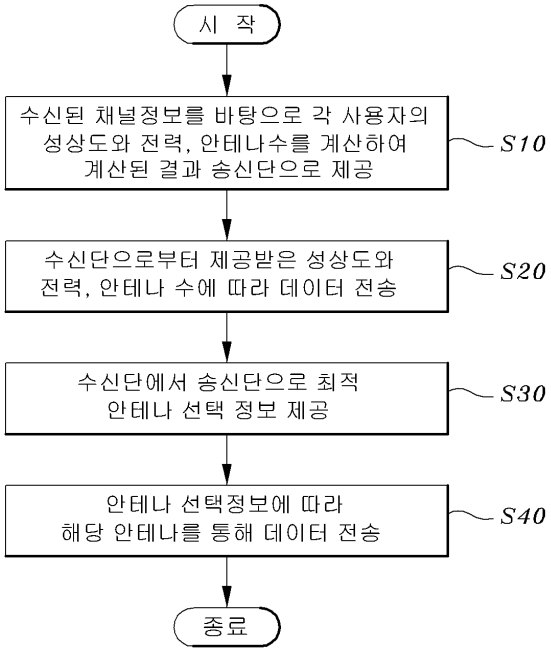
도면1



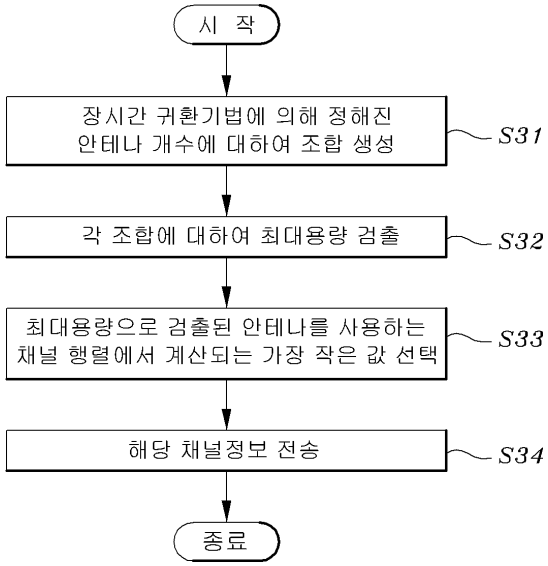
도면2



도면3


시 작
수신된 채널정보를 바탕으로 각 사용자의 성상도와 전력, 안테나수를 계산하여 계산된 결과 송신단으로 제공
S10
수신단으로부터 제공받은 성상도와 전력, 안테나 수에 따라 데이터 전송
S20
수신단에서 송신단으로 최적 안테나 선택 정보 제공
S30
안테나 선택정보에 따라 해당 안테나를 통해 데이터 전송
S40
종료

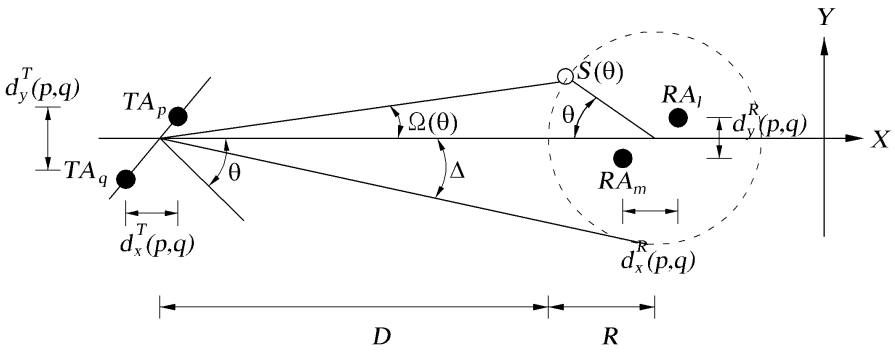
도면4


시 작
장시간 귀환기법에 의해 정해진 안테나 개수에 대하여 조합 생성
S31
각 조합에 대하여 최대용량 검출
S32
최대용량으로 검출된 안테나를 사용하는 채널 행렬에서 계산되는 가장 작은 값 선택
S33
해당 채널정보 전송
S34
종료

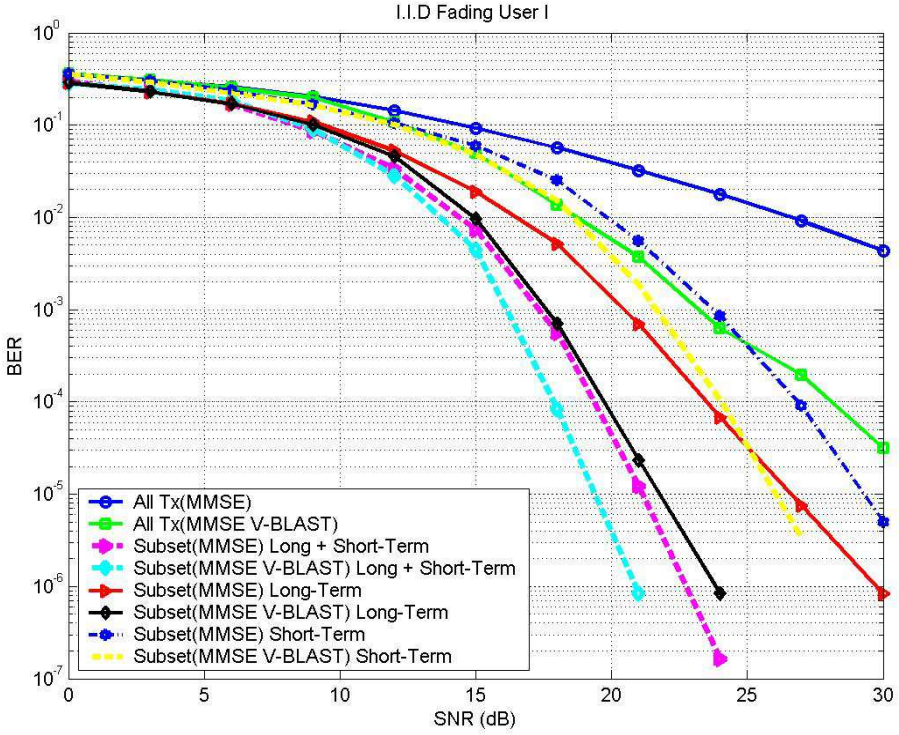
도면5

매개변수	첫 번째 사용자	두 번째 사용자
전체 안테나수	4	4
활성적인 안테나수	4 (All Tx) 3 (I.I.D) 2 (Correlation)	4 (All Tx) 2 (I.I.D) 1 (Correlation)
성상도	8PSK (All Tx) 16QAM (I.I.D) 64QAM (Correlation)	4PSK (All Tx) 16QAM (I.I.D) 256QAM (Correlation)
전력 할당	8PSK (All Tx) 16QAM (I.I.D) 64QAM (Correlation)	4PSK (All Tx) 16QAM (I.I.D) 64QAM (Correlation)
목표 확률	10^{-3}	10^{-3}
스펙트럼 효율	12 bps/Hz	8 bps/Hz
각 스프레드	30` (Correlation)	20` (Correlation)
송신 안테나수	8	8

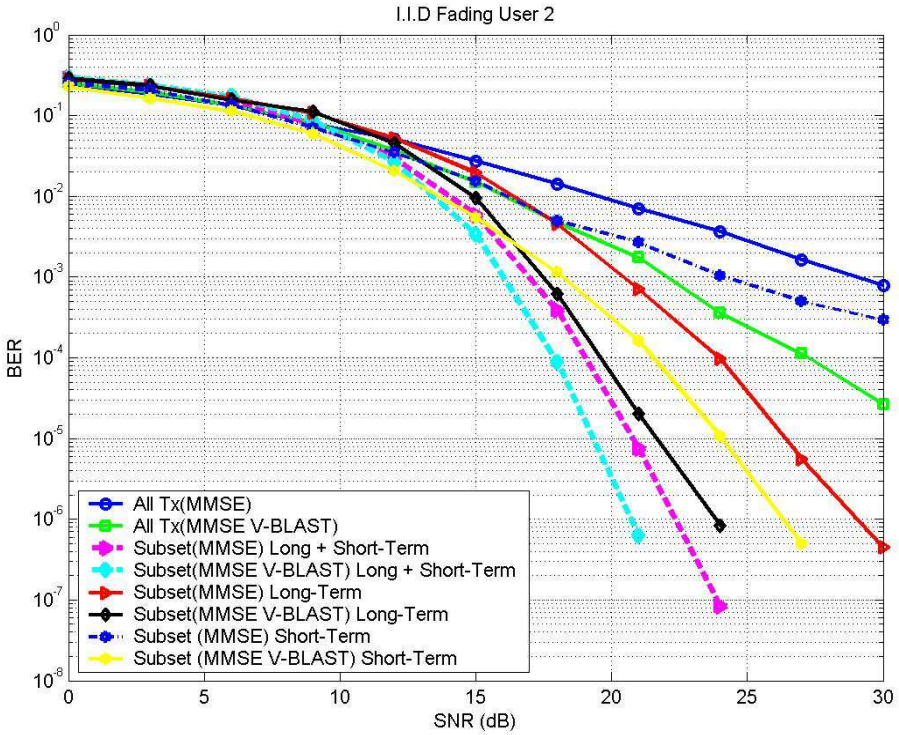
도면6



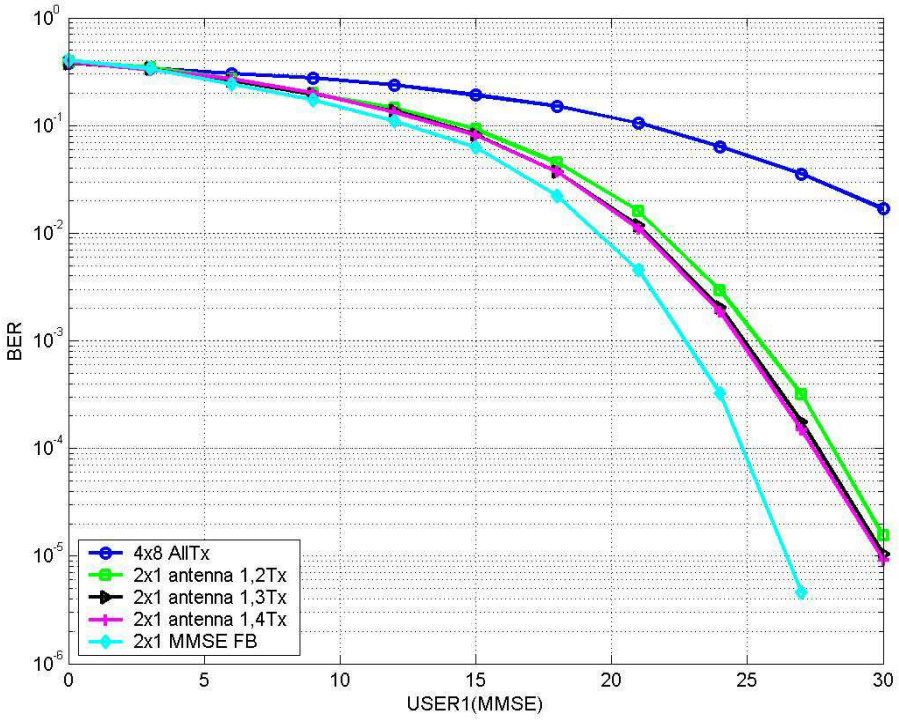
도면7a


I.I.D Fading User I
BER
SNR (dB)
All Tx(MMSE)
All Tx(MMSE V-BLAST)
Subset(MMSE) Long + Short-Term
Subset(MMSE V-BLAST) Long + Short-Term
Subset(MMSE) Long-Term
Subset(MMSE V-BLAST) Long-Term
Subset(MMSE) Short-Term
Subset(MMSE V-BLAST) Short-Term

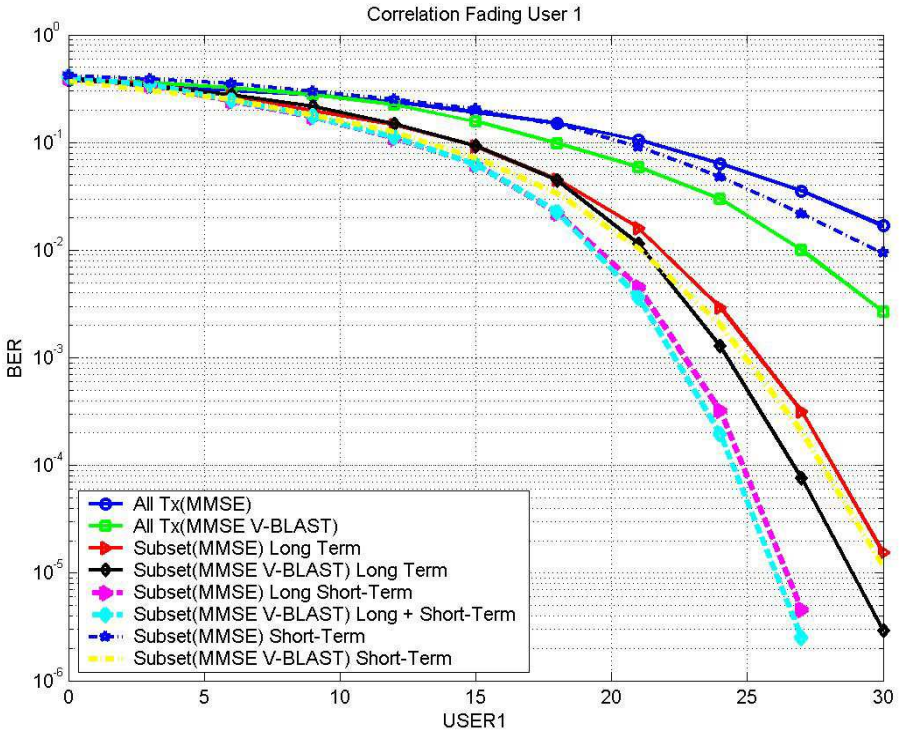
도면7b


I.I.D Fading User 2
BER
SNR (dB)
All Tx(MMSE)
All Tx(MMSE V-BLAST)
Subset(MMSE) Long + Short-Term
Subset(MMSE V-BLAST) Long + Short-Term
Subset(MMSE) Long-Term
Subset(MMSE V-BLAST) Long-Term
Subset (MMSE) Short-Term
Subset (MMSE V-BLAST) Short-Term

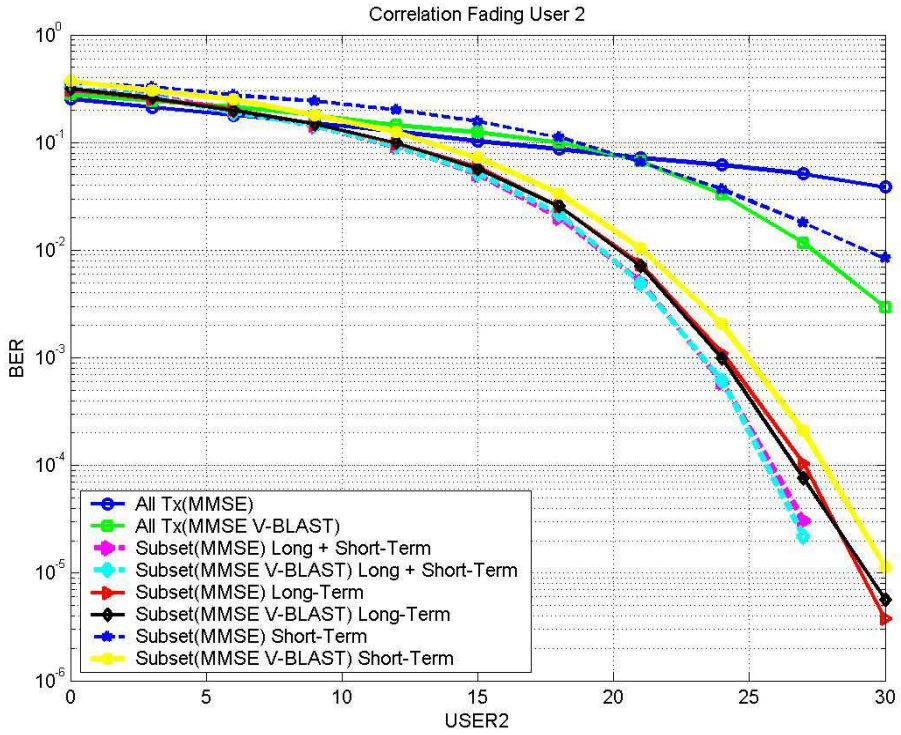
도면8


BER
USER1(MMSE)
4x8 AllTx
2x1 antenna 1,2Tx
2x1 antenna 1,3Tx
2x1 antenna 1,4Tx
2x1 MMSE FB

도면9a


Correlation Fading User 1
BER
USER1
All Tx(MMSE)
All Tx(MMSE V-BLAST)
Subset(MMSE) Long Term
Subset(MMSE V-BLAST) Long Term
Subset(MMSE) Long Short-Term
Subset(MMSE V-BLAST) Long + Short-Term
Subset(MMSE) Short-Term
Subset(MMSE V-BLAST) Short-Term

도면9b


Correlation Fading User 2
BER
USER2
All Tx(MMSE)
All Tx(MMSE V-BLAST)
Subset(MMSE) Long + Short-Term
Subset(MMSE V-BLAST) Long + Short-Term
Subset(MMSE) Long-Term
Subset(MMSE V-BLAST) Long-Term
Subset(MMSE) Short-Term
Subset(MMSE V-BLAST) Short-Term