

논문 2005-42TC-9-5

전송 안테나 및 성상도 선택과 전력 할당을 적용한 MIMO 다중 사용자 시스템의 성능분석

(Performance Analysis for MIMO Multi-user system employing
selection of transmit antennas, constellations and powers allocation)

유 현*, 김 진 수**, 황 현 철***, 김 백 현****, 이 형 기*****, 곽 경 섭*****

(Hyun Yoo, JinSu Kim, HyeonChyeol Hwang, BaekHyun Kim, HyungKi Lee, and KyungSup Kwak)

요 약

본 논문에서 장시간 귀환 기법과 단시간 귀환 기법을 결합하는 MIMO 다중 사용자 시스템을 제안하고 성능을 분석하였다. 통화 초기에 목표 심볼 오류와 목표 전송률을 고려하여 활성 안테나 수, 성상도, 전송 전력과 같은 장시간 귀환 기법을 수신단에서 전송단에 귀환한다. 이 후에 수신단에서 단시간귀환기법으로서 활성안테나 인덱스를 주기적으로 전송단에 알려준다. 모의 실험을 통해 장시간 귀환 기법 또는 단시간 귀환 기법만을 적용하였을 경우보다 장시간 귀환 기법 방법에 단시간 귀환 기법을 적용하였을 경우에 우수한 성능 개선이 있음을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we suggest the scheme combining long-term feedback and short-term feedback in MIMO multi-user system and analyze its system performance. At the beginning of communication, long-term feedback is fed back to transmitter such as the number of active antennas, constellations, and transmission powers which are determined to satisfy the given target symbol error and target data rate for each user. After this, short-term feedback of active antenna index is fed back periodically. Simulation results show the proposed scheme outperforms better than long-term feedback or short-term feedback information scheme.

Keywords : 다중안테나 시스템, V-BLAST, 채널 정보 귀환 시스템, 안테나 선택기법

I. 서 론

기존의 무선 통신 서비스는 음성 위주의 서비스를 제공하였고 열악한 채널을 극복하고 음성 서비스를 지원하기 위해 주로 채널 코딩을 이용하였으나, 차세대 무선 통신에서는 고품질의 멀티미디어 데이터 전송으로 그 서비스의 중심이 이동하여 고속의 데이터 전송률과 낮은 오류를 갖는 무선통신 시스템이 필요하게 되었고 관련된 기술을 개발하기 위해서 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나 이동통신 환경은 다중경로, 음영효과, 전파감쇠, 간섭 등의 영향으로 인해 신호가 심각하게 왜곡된다. 특히 페이딩 현상은 고속 디지털 통신이 해결해야 할 문제 중의 하나로 이 문제를 해결하기 위해서 등장한 방법 중의 하나가 다중 안테나 시스템이다

* 학생회원, ** 준회원, ***** 정회원, 인하대학교
정보통신대학원
(Graduate school of Information Technology &
Telecommunication, Inha University)
*** 준회원, 인하대학교 대학원
(Graduate school, Inha University)
**** 정회원, 철도기술연구원
(Chief Research Engineer, Korea Railroad Research
Institute)
***** 정회원, 재능대학 정보통신과
(Information & Communication department
Professor, JalNeung College)
※ 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2003-
000-10685-0(2005))와 대학IT연구센터 과제(INHA
UWB-ITRC)지원으로 수행되었음.
접수일자: 2005년5월9일, 수정완료일: 2005년8월19일

[1]-[3]. 다중 송수신 안테나 시스템은 성능에 중심을 둔 공간다이버시티 (Spatial diversity) 기술과 주파수 효율에 중심을 둔 공간다중화 (Spatial multiplexing) 기술로 크게 나눌 수 있다^{[4]-[10]}. 공간 다이버시티 기술은 채널 정보의 귀환 없이 데이터를 전송하며 무선 링크의 신뢰성을 향상시킬 수 있지만 주파수 효율은 크게 향상시킬 수 없다. 반면, 공간 다중화 기술은 신뢰성 향상은 없지만 송신기에서 전송할 연속적인 입력 데이터 스트림을 여러 개의 병렬 부스트림으로 나뉘어서 서로 다른 송신 안테나를 통해 독립적으로 동시에 전송함으로써 대역폭을 늘리지 않고도 기존 시스템보다 더 높은 데이터 전송률을 구현할 수 있다^[11].

기존의 MIMO 다중안테나 시스템에서는 이미 몇 가지 종류의 다중 안테나 시스템을 위한 안테나 선택 기법에 관한 연구가 진행되었다. 현재 가장 많이 연구가 되고 있는 안테나 선택방법은 용량을 증가시키거나, 수신 SNR을 증가시키거나, 그리고 오율을 낮출 수 있는 방법에 관한 연구가 주를 이루었다^{[12]-[15]}. 뿐만 아니라 간단한 선형 수신기의 위상 정보를 사용해서 안테나를 선택할 때, 부분적으로 개선된 심벌 오율을 보여주었고, 이미 MIMO 다중 사용자 시스템에서 오류확률을 최소화 하기 위해서 SNR을 최대로 하는 안테나 선택 기법을 제안하였다^{[16][17]}. 기존 연구^{[18]-[20]}에서 볼 수 있듯이 채널이 천천히 변하는 경우에 안테나 선택 기법에서는 채널상관행렬을 이용한다. 만약 채널이 천천히 변할 경우라면, 채널 상관 행렬을 정확하게 추정하는 것이 가능하며 저속의 귀환채널로도 선택 정보를 전송하고 성능을 개선할 수 있다. 그러나 이동체의 속도가 빨라지고 채널의 상태가 급격해지면 이러한 방법은 시간 변화에 대응하지 못한다. 기존에 제안된 시스템의 특징은 장시간 귀환방법을 사용하였을 때, 다중 접속 채널에 접속된 각 사용자의 성상도와 전력, 선택된 안테나의 개수는 접속된 사용자의 수가 변하지 않는 한 계속 유지시킴으로써 귀환량을 줄였다. 또한 상향링크 다중 안테나 시스템에서 각 사용자의 성상도와 전력, 송신 안테나를 선택하는 방법을 이용함으로써 스펙트럼의 효율을 증가시키고 무선 링크의 신뢰도를 향상시켰다. 각 사용자의 성상도와 전력, 선택되는 안테나는 주어진 목표 심벌 에러 확률에서 각 사용자의 정보량과 채널의 추정 정보를 근거로 MMSE와 V-Blast 수신기에서 요구되는 SNR이 최소가 되도록 결정한다^{[21]-[23]}. 그러나 장시간 귀환방법은 단 한번만 정보를 전송하므로 귀환의 양을 줄였고, 안테나의 개수도 정했지만 시간에 따른 채널 변화에 적절하게 대응할 수 없다는 단점이 있다.

본 논문은 장시간 귀환정보와 같이 단시간 귀환 기법을 사용하여 채널의 시간 변화에 대한 적응도를 높였는데 매 순간마다 단시간 귀환 기법을 사용하여 각 사용자마다 선택되는 안테나의 번호가 변할 때마다 선택 정보만을 귀환시킴으로써 귀환 기법의 양을 줄여 전송량이 적은 귀환 채널에서도 충분히 이용 가능하도록 하였다. 그러나 채널의 변화 속도가 빨라짐에 따라 이러한 방법은 채널의 변화에 적절히 대응하지 못하며 본 논문에서는 이런 점에 착안하여 모의실험을 수행하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 시스템 모델에 대해서 살펴보고, III장에서는 다중 안테나송수신 분야에서 전송 안테나들과 성상도, 전력을 선택하는 방법에 대해 설명하며, IV장에서는 모의실험을 통하여 다양한 안테나 선택방법과 채널환경에서 기존 시스템과 성능을 비교하였다. 마지막으로 V장에서 논문의 결론을 맺는다.

II. 시스템 모델

MIMO 다중사용자 시스템은 N명의 사용자를 가진 MIMO 다중접속 채널을 가정한다. n번째 사용자는 K_n 개의 안테나와 P_n 의 전력을 가지며, 기지국은 K_R 개의 안테나를 갖는다. 이 경우 수신 안테나에서 다중 사용자의 데이터를 구별하기 위해서 필요한 안테나의 수는

$$K_R \geq \sum_{n=1}^N K_n \text{이다.}$$

그림 1은 MIMO 다중 사용자 시스템을 나타내며 장시간 귀환기법은 MIMO 다중 사용자 시스템 채널에서 사용자의 수가 변할 때마다 각 사용자의 성상도와 전력, 안테나의 수를 계산하여 그 정보를 담고 있으며, 단시간 귀환기법은 수신된 채널 정보를 계산하여 얻은 최적화된 안테나 선택 정보를 담고 있다. 사용자 n에 대한 안테나 선택의 결과인 M_n 은 전송을 위해서 사용되는 안테나의 수를 나타내며, 각각의 안테나 전력은 선

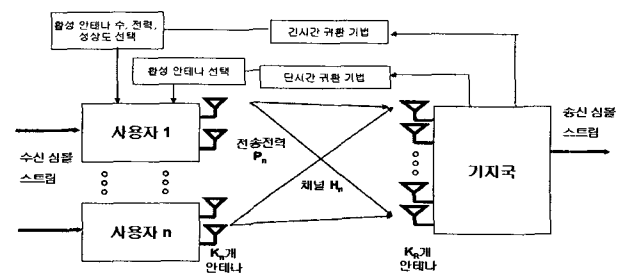


그림 1. 다중 사용자 시스템 모델
Fig. 1. Multi-user system model.

택된 안테나의 수에 따라 P_n/M_n 의 전력을 갖는다. $x_n = \sqrt{P_n/M_n}s_n$ 은 사용자 n에 의한 전송되는 전송 심볼 벡터이고, s_n 는 단위 에너지를 갖는 정상도로부터 선택된 심볼벡터이다. H_n 은 안테나 선택 후에 사용자 n에서 기지국 수신기까지의 $K_R \times M_n$ MIMO 채널 행렬이다. $y = [y_1 \dots y_{K_R}]^T$ 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 다중 사용자 채널 시스템 수신신호 모델은 아래와 같다.

$$y = HDs + w \quad (2)$$

여기서 $s = [s_1^T \dots s_N^T]^T$ 는 심볼이며, w 는 $N_0I_{K_R}$ 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, $H = [H_1 \dots H_N]$ 는 $K_R \times M_{tot}$ 크기의 채널 행렬로서 다음과 같이 쓸 수 있다.

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

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

여기서 $M_n \times M_n$ 행렬인 R_T 는 송신단 안테나의 상관행렬, $K_R \times K_R$ 행렬인 R_R 은 수신단 안테나의 상관행렬을 나타내고, 이 상관행렬은 출발각, 도착각, 각확산 등 사용자 n의 송신안테나와 기지국의 수신안테나 사이 기하학적인 위치에 따라 결정된다. H_w 는 독립이고 동등한 분포(I.I.D)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 정상도와 전력, 안테나의 수를 계산하여 낮은 전송량을 가진 귀환 채널을 이용하여 송신기로 전달한다. 선형 수신기는 $\hat{s} = Gy$ 를 이용하여 전송 심볼 s 를 추

정한다. 여기서 G 는 $M_{tot} \times K_R$ 수신기행렬이다. ZF 수신기는 $G = D^{-1}(H^*H)^{-1}H^*$ 로 표현되며, 잡음 지수를 고려한 선형 MMSE 수신기는 $G = D^{-1}(H^*H + N_0D^{-2})^{-1}H^*$ 가 된다. V-BLAST 수신기는 연속 간섭 제거 (OSIC:Ordered Successive Interference Cancellation)를 사용하여 높은 다이버시티 이득을 얻을 수 있다^[21].

III. 활성 안테나 및 정상도 선택 및 전력할당기법

1. 장시간 귀환정보: 정상도, 전력, 활성안테나 수
다중 안테나 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 귀환 기법은 사용할 안테나 개수가 고정되어 있고, 단 한 번의 귀환 기법을 받아 전력, 정상도 및 안테나 선택기법을 사용하여 사용할 만큼의 안테나개수를 한번 선택하여 그 방법으로만 보내는 기법이다. 사용자의 수가 변할 경우, 다중안테나 시스템에서는 안테나 개수, 정상도 선택 및 전력 할당을 선택알고리즘을 이용하여 계산하고 귀환을 하는 방법이다^[21]. 위 방법을 사용하여 주어진 목표 심볼 에러 확률에서 각 사용자의 정상도와 전력, 송신 안테나의 수를 수신기에서 요구되는 평균 SNR이 최소화 되도록 결정하고 Chernoff bound 이용해 다음과 같은 식을 얻을 수 있다^[24].

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

여기서 n 은 n 번째 사용자를, l 은 l -번째 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 n 의 정보량을 나타낸다. 상수 c_n 과 $N_{e,n}$ 은 사용자 n 의 정상도와 관계되며 다음과 같이 표현된다.

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

식 (5)를 감마확률분포에 대입하면 다음 식을 얻는다 [21]

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

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

식 (7)을 구하기 위해서 식(8)이 필요하다.

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

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

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

$SNR = Pt_{tot}/N_0$ 에 의해서 수신기에서 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 송신전력과 성상도를 선택하는 것이다. 일단 M_n 과 P_n 의 최적값을 얻었을 때, n번째 사용자를 위한 성상도의 변조 지수는 $(b_{r,n}/M_n)$ 이 된다. 이 방법을 사용하여 사용자들마다 성상도, 전력 할당 및 안테나의 개수를 결정할 수 있게 된다.

2. 단시간 귀환 기법: 활성 안테나 색인

기지국으로부터 각각의 n명의 사용자에게로 3.1절에서 사용된 귀환된 채널 상황 정보를 이용하여 다수의

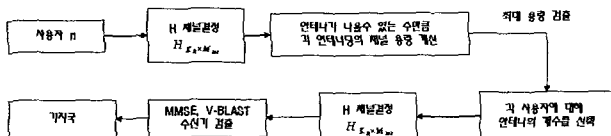


그림 2. 안테나 선택을 위한 단시간 귀환방법
Fig. 2. Short-term feedback for antenna selection.

안테나중 전력 할당 및 성상도를 가지고 가장 채널 상황이 좋은 안테나를 선택함으로써 신호를 전송하는 방법이 단시간 귀환방법이다. 그리하여 채널 정보를 순간순간 받을 때마다 어떤 안테나를 쓸 것인지 결정할 수 있다[25]

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

\underline{H} 는 H의 사용하는 안테나에 대한 행렬이다. 최대용량을 다시 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$C_s(\underline{H}, \rho) = \operatorname{argmax}_{\det} \{ C(\underline{H}, \rho) : \underline{H} \in H_{K_R \times M_{tot}}(\underline{H}) \} \quad (11)$$

$\rho = Pt/\sigma^2$ 로서 송수신 안테나당 평균신호잡음비이다. 그림 2와 같이 채널행렬을 가지고 식(10)을 이용하여 채널용량을 계산한다. 안테나 선택하는 개수가 나올 수 있는 수만큼을 비교하여, 식(11)과 같이 안테나 선택의 최대수에서 각각의 행렬에서 최대값을 뽑아낸다. 각각의 안테나행렬에서 최대용량들중에서 가장 작은 값을 찾아내서 몇 번 안테나를 쓰는 지를 확인할 수 있다.

IV. 모의실험 및 검토

MIMO 다중 사용자 채널에서 선택기법 알고리즘의 성능을 검증하기 위하여 모의실험을 수행하였다. 실험에서 사용된 파라미터는 표 1에 요약 제시하였다. 표 1은 식(7)-(9)에 의해 활성안테나수, 성상도 선택 및 전력할당이 결정된다. 장시간 귀환 기법을 사용하였을 경우에 IID 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 안테나

표 1. 모의실험에 사용된 파라미터
Table 1. Simulation Parameter.

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) 3 (I.I.D) 1 (Correlation)
성상도	8PSK (All Tx) 16QAM (I.I.D) 64QAM (Correlation)	4PSK (All Tx) 16QAM (I.I.D) 256QAM (Correlation)
전력할당	0.5 (All Tx) 0.6 (I.I.D) 0.67 (Correlation)	0.5 (All Tx) 0.4 (I.I.D) 0.33 (Correlation)
목표 확률	10^{-3}	10^{-3}
스펙트럼 효율	12 bps/Hz	8 bps/Hz
각 스프레드	30' (Correlation)	20' (Correlation)
수신 안테나수	8	8

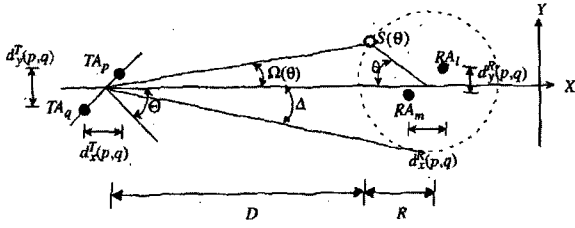


그림 3. 상관된 채널에 대한 설명
Fig. 3. Explanation for correlation channel.

의 수에 의해 성상도 선택 및 전력할당이 결정된다. 단시간 귀환기법을 사용하였을 경우에는 첫 번째 사용자와 두 번째 사용자에서 송신 안테나를 모두 4개씩 사용한다. 장시간 및 단시간 귀환기법을 모두 사용하는 경우에는 첫 번째 사용자에서 안테나수를 3개, 두 번째 사용자에서 안테나를 2개를 사용하였다. 그리고 상관채널은 다음과 같은 모델을 사용하였다^[26].

그림 3에서 TA_p 는 p번째 안테나에서의 전송값이며, RA_i 은 i번째 안테나에서 받은 값이다. $S(\theta)$ 는 θ 각에서 산란체이고 θ 는 도착 각도이며 Δ 는 각 확산이다. $D_{x \rightarrow y}$ 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 TA_p 와 TA_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 λ 는 파장을 의미한다. Δ 는 퍼진 각도이다. 식 (12)에서 첫 번째 사용자에서는 0.48λ , $\Delta=30^\circ$ 와 두 번째 사용자에서는 0.48λ , $\Delta=20^\circ$ 로 가정하여 계산하면 첫 번째 사용자는 식 (13), 두 번째 사용자는 식(14)와 같은 채널 행렬로 나타낼 수 있다.

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

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

그림 4와 그림 5는 각각 IID 채널에서 첫 번째 사용자과 두 번째 사용자의 수신안테나 당 평균 SNR과 BER을 나타내는 그림이다. 이 그림에서는 모든 안테나를 다 사용했을 때와 최적의 안테나를 선택하여 사용하는 방법 이 두 가지를 보여준다. 그림 4를 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, MMSE V-BLAST가 선형 MMSE기법보다 성능이 더 좋은 반면에 MMSE V-BLAST는 그만큼 복잡도가 커지게 된다. 채널정보를 귀환하지 않는 장시간 채널 정보의 경우에는 MMSE 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 SNR 도 성능이 더 우수한 것을 볼 수 있다.

그림 4와 그림 5를 보면 모든 안테나를 사용했을 때에는 MMSE와 MMSE V-BLAST기법 모두 거의 유사한 성능이 나옴을 확인할 수 있다. 기존에 제안되었던 장시간 귀환기법과 새로 제안한 단시간 귀환기법과 두 가지 모두 사용하였을 때의 귀환기법을 비교해보면, 장시간 귀환기법과 같이 정해진 단시간귀환기법만 사용하였을 때보단, 장시간 귀환기법을 사용하였을 때 좋은 성능이 나타났다. 하지만 장시간과 단시간귀환기법을 같이 사용하였을 경우 더 좋은 성능이 나옴을 볼 수 있다. 이 경우에는 단시간 귀환기법을 장시간 귀환기법과 비교하기 위해 안테나의 개수를 표 1에서와 같이 고정하였지만, 안테나를 모두 사용하는 단시간 귀환기법만을 사용하였을 때는 장시간 귀환기법만을 사용하였을 때보다 귀환정보량은 늘어나지만, 단시간 귀환기법 방식만을 사용하였을 때의 성능이 가장 좋을 것으로 기대된다.

MMSE V-BLAST인 경우에 BER이 비트 오류율 10⁻⁶에 도달하기 위해서 제안한 장시간 귀환 기법에 단시간 귀환 기법을 사용하였을 경우가 장시간 귀환 채널 정보만 사용하였을 경우보다 3dB 더 우수한 것을 볼 수 있다. 반면에 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-BLAST 를 쓰지 않았을 때보다 4dB정도 더 우수한 성능 이득을 얻을 수 있다.

그림 6에서 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,

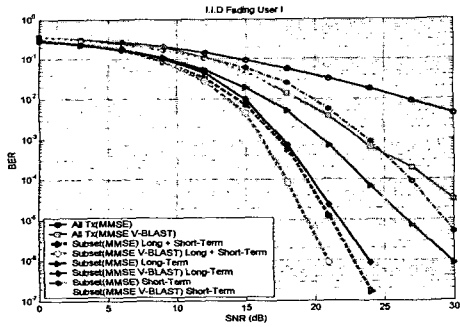


그림 4. I.I.D 채널에서의 첫 번째 사용자에게 대한 BER성능
Fig. 4. BER performance for User 1 (I.I.D channel).

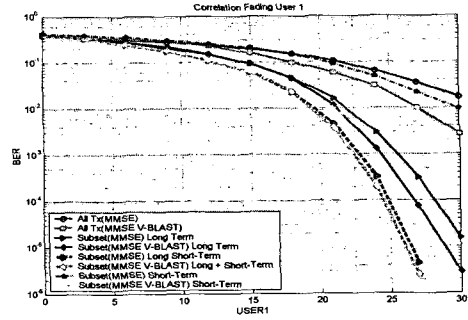


그림 7. 상관된 채널에서의 첫 번째 사용자에게 대한 BER성능
Fig. 7. BER performance for User 1 (Correlation channel).

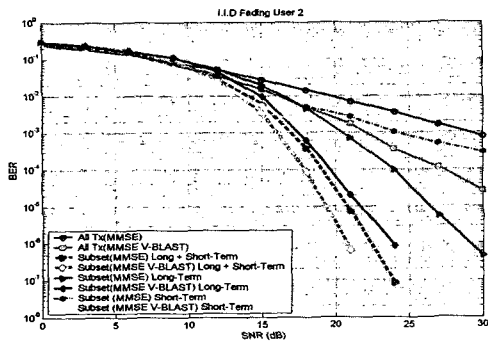


그림 5. I.I.D 채널에서의 두 번째 사용자에게 대한 BER성능
Fig. 5. BER performance for User 2 (I.I.D channel).

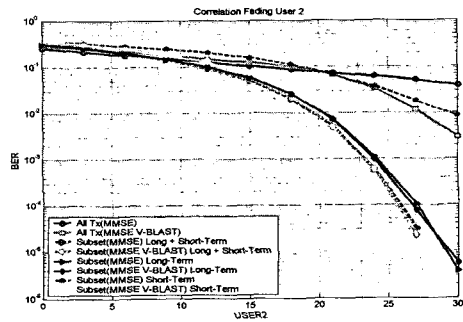


그림 8. 상관된 채널에서의 두 번째 사용자에게 대한 BER성능
Fig. 8. Ber performance for User 2 (Correlation channel).

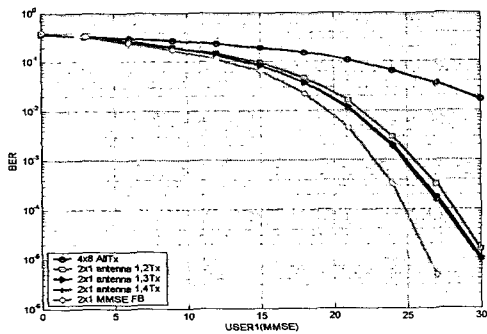


그림 6. 상관된 채널에서의 첫 번째 사용자에게 대한 안테나 선택 기법
Fig. 6. Antenna Selection method for User 1 (I.I.D channel).

안테나 {1,3}번과 {1,4}번을 썼을 경우에는 유사한 성능이 나옴을 볼 수 있다.

그림 7과 그림 8은 상관채널에서 안테나 선택기법을 이용하여 첫 번째 사용자의 경우와 두 번째 사용자의 경우의 시스템 BER성능을 비교한 그래프이다. 상관된 채널에서 두 그림을 비교하면, All Tx에 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. 안테나 선택기법을 사용한 경우에 V-BLAST 수신기의 사용했을 경우, 10⁻⁴의 비트 오류율에 도달하기 위해 귀환이 있는 시스템이 귀환이 없는 시스템보다 3-4dB의 SNR이 요구된다.

V. 결론

본 논문에서 MIMO 다중 사용자 시스템에서 목표 심볼 오류와 목표 전송률을 고려하여 각 사용자의 성상도 및 활성 안테나 선택 및 전력할당과 같은 장시간 귀환 기법과 단시간 귀환 기법을 활용하는 방안을 제안하였다. 장시간 귀환기법은 주기적으로 채널 정보를 요구하지 않을 뿐만 아니라 특정 사용자에게 대하여 간단한 선택 기법에 따라 안테나마다 동일한 성상도와 전력을 할당함으로써 귀환량을 줄였고 단시간 귀환 기법은 수신단에서 안테나 인덱스를 주기적으로 전송단에 알려주었다. 모의실험을 통해 장시간 귀환정보 또는 단시간 귀

환 기법만을 적용하였을 경우보다 장시간과 단시간 귀환방법을 모두 사용할 때 각각 3-4dB의 SNR성능 개선이 있음을 확인하였다.

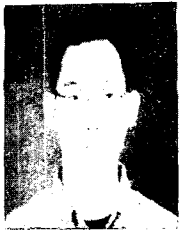
참고 문헌

- [1] J. H. Winters, "On the capacity of radio communication systems with diversity in a Rayleigh fading environment," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. SAC-5, no. 5, pp. 871-878, Jun. 1987.
- [2] G.J. Foschini and M. J. Gans, "On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antennas," *Wireless Pers. Commun.*, vol. 6, pp. 311-335, 1998.
- [3] G.G. Raleigh and J. M. Cioffi, "Spatio-temporal coding for wireless communication," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 46, no. 3, pp. 357-366, Mar. 1998.
- [4] Bong-Gee Song, Ritcey, J.A, "Spatial diversity equalization for MIMO ocean acoustic communication channels," *Oceanic Engineering, IEEE Journal of Volume 21, Issue 4*, pp. 505-512 Oct. 1996.
- [5] E. G. Larsson, "On the combination of spatial diversity and multiuser diversity," *Communications Letters, IEEE Volume 8, Issue 8*, pp. 517 - 519, Aug. 2004.
- [6] H. M. Karkhanechi, and B.C. Levy, "Spatial multiplexing and diversity gain in OFDM-based MIMO systems," *Wireless Communication Technology, 2003. IEEE 15-17*, pp. 299 - 301, Oct. 2003.
- [7] Kai Zhang, Zhisheng Niu, "Adaptive transmission in spatial multiplexing system with zero forcing receiver," *IEEE Commun., 2004 Volume 1*, 29 pp. 301-304 Sept. 2004.
- [8] L. Collin, O. Berder, P. Rostaing, G. Burel, "Optimal minimum distance-based precoder for MIMO spatial multiplexing systems," *IEEE Transactions, Volume 52, Issue 3*, pp. 617-627 March 2004.
- [9] R. Narasimhan, "Spatial multiplexing with transmit antenna and constellation selection for correlated MIMO fading channels," *IEEE Transactions, Volume 51, Issue 11*, pp. 2829-2838, Nov 2003.
- [10] R. W. Heath, S. Sandhu, A. Paulraj, "Antenna selection for spatial multiplexing systems with linear receivers", *Communications Letters, IEEE Volume 5, Issue 4*, pp. 142-144 April 2001.
- [11] 임연주, 민범석, 박상규, "다중경로 환경을 위한 새로운 송신 안테나 선택 기법," *한국통신학회논문지*, Vol.29 No. 6A, June 2004.
- [12] J. W. Wallace and M.A. Jensen, "Intrinsic capacity of the MIMO wireless channel," in *Proc. IEEE 56th Vehicular Technology Conf.*, vol. 2, Vancouver, BC, Canada, Sep. 2002, pp. 701-705.
- [13] A. F. Molish, J. H. Winters, and M. Z. Win, "Capacity of MIMO systems with antenna selection," in *Proc. IEEE Int. Conf. Communication*, vol. 2, Helsinki, Finland, Jun. 2001, pp. 570-574.
- [14] D. Gore and A. Paulraj, "Space-time block coding with optimal antenna selection," in *Proc. IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. 4, Salt Lake City, UT, pp. 2441-2444, May 2001.
- [15] D. A. Gore, R. W. Heath, and A.J. Paulraj, "Transmit selection in spatial multiplexing systems," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 6, no. 11, pp. 491-493, Nov. 2002.
- [16] R. W. Heath Jr., S. Sandhu, and A. Paulraj, "Antenna selection for spatial Multiplexing systems," *IEEE Commun.*, vol.5, no. 4, pp. 142-144, Apr. 2001.
- [17] D. A. Gore and A. J. Paulraj, "MIMO antenna subset selection with space-time coding," *IEEE Trans. Singal Process.*, vol. 50, no. 10, pp.2580-2588, Oct. 2002.
- [18] E. Visotsky and U. Madhow, "Space-time transmit precoding with imperfect feedback," *IEEE Trans, Inform. Theory*, vol. 47, no. 9, pp. 2632-2639, Sep. 2001.
- [19] D. Gore, R. Heath and A. Paulraj, "Statistical antenna selection for spatial multiplexing systems," in *Proc. IEEE ICC 2002*, New York, NY, Apr. 2002.
- [20] D. Gore and A. Paulraj, "MIMO antenna subset selection with space-time coding," *IEEE Trans. Sig. Proc.*, vol.50, no. 10, pp. 2580-2588, Oct. 2002.
- [21] Ravi Narasimhan, "Selection of Transmit Antennas, Constellations, and Powers for Correlated MIMO Multiple Access Channels," *IEEE Communications Society*, pp. 625-629, 2004.
- [22] Seung Hoon Nam, Kwang Bok Lee, "Transmit power allocation for an extended V-BLAST system," *The 13th IEEE International Symposium on Volume 2*, 15-18 pp. 843-848, Sept. 2002.
- [23] C.Z.W.H. Swetman, J.S. Thompson, B. Mulgrew, P.M. Grant, "A comparison of the MMSE detector and its BLAST versions for MIMO channels, MIMO: Communications Systems from Concept to Implementations (Ref. No. 2001/175),"

- IEEE Seminar*, pp. 19/1-19/6, on 12 Dec. 2001.
- [24] J. M. Cioffi, Course Notes, EE 379, Standford University, 2002.
- [25] A. Gorokhov and M. Collados, D. Gore, A. Paulraj, "Transmit/Receive MIMO antenna subset selection," *IEEE ICASSP*, 2004.

- [26] Da-Shan Shiu, Gerard J. Foschini, Michael J. Gans, Joseph M. Kahn, "Fading Correlation and Its Effect on the Capacity of Multielement Antenna Systems," *IEEE Transactions on communications*, vol. 48, no. 3, Mar. 2000.

 저 자 소 개



유 현(학생회원)
2003년 8월 인하대학교
전자공학과 학사 졸업.
2003년 9월~현재 인하대학교
정보통신대학원 석사졸업
2005년 8월~현재 LG전자
단말연구소 연구원

<주관심분야 : MIMO-OFDM, STC, 이동통신>



김 진 수(준회원)
2004년 2월 인하대학교
전자공학과 학사 졸업.
2004년 3월~현재 인하대학교
정보통신대학원 석사과정.
<주관심분야 : UWB, MIMO,
STC>



황 현 철(준회원)
1997년 2월 인하대학교
전자공학과 학사 졸업.
1999년 2월 인하대학교
전자공학과 석사 졸업.
1999년 3월~현재 인하대학교
전자공학과 박사과정.

<주관심분야 : MIMO-OFDM, 무선랜, UWB>



곽 경 섭(정회원)
1979년 인하대학교 전기공학과 공학석사 졸업.
1981년 미국 University of Southern California 대학원 EE석사 졸업.
1988년 미국 University of California San Diego 대학원 통신이론 및 시스템 박사 졸업.
1988년~1989년 미국 Hughes network system 연구원.
1989년~1990년 미국 IBM 연구원.
1990년~2002년 인하대학교 전자공학과 교수.

1995년~1999년 IEEE Seoul Section 총무이사.

1995년~2001년 한국 통신학회 상임이사.

1999년~1999년 인하대학교 공과대학 전기, 전자, 컴퓨터공학부 공학부장.

2001년~2002년 인하대학교 정보통신대학원장.

2002년~현재 인하대학교 정보통신공학부 교수

2002년~2003년 한국통신학회 부회장.

2003년~현재 인하대학교 IT신기술 연구소 소장, ITRC-UWB 연구센터장.

2004년~2005년 한국통신학회 감사.

2005년~현재 한국통신학회 수석 부회장.

<주관심분야 : 위성통신, 이동통신, 통신네트워크, 무선 인터넷>



김 백 현(정회원)
1994년 2월 인하대학교
전자공학과 학사 졸업.
1996년 2월 인하대학교
전자공학과 석사 졸업.
2003년 2월 인하대학교
전자공학과 박사 졸업.

2003년 3월~현재 철도기술연구원 전기신호연구
본부 선임연구원

<주관심분야 : 이동통신, 위성통신, 전력제어 >



이 형 기(정회원)
1985년 2월 인하대학교
전자공학과 학사 졸업.
1987년 8월 인하대학교
전자공학과 석사 졸업.
1989년 6월~1992년 3월 LG정보
통신 네트워크 사업부 근무

1998년 2월 인하대학교 전자공학과 박사수료.
1992년~현재 재능대학 정보통신과 부교수.

<주관심분야 : UWB, 무선LAN, RF시스템>