

## MIMO-OFDM 시스템에서의 적응적 하이브리드 MIMO 기법에 관한 연구

유승준, 유영환, 송형규<sup>1</sup>  
 세종대학교

for1stlove@gmail.com, yhyou@sejong.ac.kr, songhk@sejong.ac.kr<sup>1</sup>

## A Study on the Adaptive Hybrid MIMO Scheme for MIMO-OFDM Systems

Seung-Jun Yu, Young-Hwan You, Hyoung-Kyu Song<sup>1</sup>  
 Sejong University

## 요 약

본 논문에서는 기존의 하이브리드 MIMO 기법들이 정수 배의 멀티플렉싱 이득만 달성할 수 있는 단점을 해결하기 위해서 임의의 멀티플렉싱 이득을 달성할 수 있는 하이브리드 MIMO 기법을 제안한다. 제안된 기법은 다양한 멀티플렉싱 이득을 달성하기 위해서 전송 matrix 의 구성을 기존의 MIMO 기법들과 다르게 구성함으로써 멀티플렉싱 이득의 조절이 가능하다.

## 1. 서론

최근 활발하게 연구되고 있는 MIMO(Multiple-Input Multiple-Output) 시스템은 송신단과 수신단에 다중 안테나를 사용함으로써 대역폭이나 전력을 늘리지 않으면서 페이딩 환경에서 채널 용량을 증가시켜 멀티플렉싱 이득을 얻거나 신뢰성 있는 통신을 제공하는 다이버시티 이득을 얻을 수 있다 [1].

대부분의 MIMO 기법들은 멀티플렉싱 이득과 다이버시티 이득 중에 하나의 이득만을 얻을 수 있도록 고안되었다. 그러나 STBC(Space-Time Block Code)와 SM(Spatial Multiplexing) 기법으로 구성된 하이브리드 MIMO 기법 [2, 3] 은 멀티플렉싱 이득과 다이버시티 이득을 동시에 달성할 수 있다.

본 논문에서는 멀티플렉싱 이득과 다이버시티 이득 사이의 트레이드 오프를 사용자의 요구에 따라 최대화하는 새로운 하이브리드 MIMO 기법을 제안한다.

## 2. 시스템 모델

본 논문에서는 송신 안테나  $N_t$  개와 수신 안테나  $N_r$  개의 MIMO-OFDM 시스템을 고려한다. 이 시스템 모델은 주파수 축으로 다음과 같이 정의된다.

$$\mathbf{Y}(k) = \mathbf{H}(k)\mathbf{S}_k + \mathbf{N}(k) \quad (1)$$

여기서,  $\mathbf{Y}(k)$ 는  $k$  번째 서브캐리어의 수신 신호이고,  $\mathbf{H}(k)$ 는  $k$  번째 서브캐리어의 채널 주파수 응답이다.  $\mathbf{S}_k$  는

전송 matrix  $\mathbf{S}$  의  $k$  번째 열이고,  $N(k)$ 는  $k$  번째 서브캐리어의 AWGN(additive white Gaussian noise)이다.

이 시스템 모델은 전송 matrix  $\mathbf{S}$  의 구성만 달리하여 여러 기법에 적용될 수 있다. 전송 matrix  $\mathbf{S}$  는 다음과 같다.

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} s_1^1 & s_2^1 & s_3^1 & s_4^1 & \cdots & s_{N_c}^1 \\ s_1^2 & s_2^2 & s_3^2 & s_4^2 & \cdots & s_{N_c}^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_1^{N_r} & s_2^{N_r} & s_3^{N_r} & s_4^{N_r} & \cdots & s_{N_c}^{N_r} \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서  $s_{N_c}^{N_r}$  는  $k$  번째 서브캐리어에 할당된 QAM(quadrature amplitude modulation) 변조된 심볼이다. 이 시스템 모델의 멀티플렉싱 비율은 하나의 OFDM 심볼 안에 전송된 심볼의 수를 서브캐리어로 나눈 것으로 정의한다. 위의 전송 matrix 의 멀티플렉싱 비율을 구하면 다음과 같다.

$$r = \frac{N_s}{N_c} \quad (3)$$

여기서  $N_s$  는 하나의 OFDM 심볼 안에 전송된 심볼의 수이고,  $N_c$  는 하나의 OFDM 심볼의 서브캐리어 수이다.

## 3. 제안된 하이브리드 MIMO 기법

제안된 기법의 전송 matrix 구성은 기존 기법은 전송 matrix 구성과 다르다. 만약 전송 matrix 를 기존 기법의 멀티플렉싱 비율보다 높게 구성하고 싶다면 다음과 같이

<sup>1</sup> 교신저자

구성할 수 있다.

$$\mathbf{S}^1 = \begin{bmatrix} s_1^1 & s_2^1 & s_3^1 & s_4^1 \\ s_1^2 & s_2^2 & s_3^2 & s_4^2 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{S}^2 = \begin{bmatrix} -s_1^{2*} & -s_2^{2*} & s_5^1 & s_6^1 \\ s_1^{1*} & s_2^{1*} & s_5^2 & s_6^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

기존 기법과 비교해서 제안된 기법은 전송 matrix 에서 시스템 모델의 변화 없이 심볼  $s_5^1, s_5^2, s_6^1, s_6^2$  이 새로 도입되었다. 따라서 제안된 기법의 멀티플렉싱 비율은 다음과 같다.

$$r = \frac{N_s^{stbc} + N_s^{sm}}{N_c \times T} = \frac{4+8}{4 \times 2} = 1.5 \quad (5)$$

제안된 기법의 수신기는 데이터 스트림을 검출하기 위해 두 개의 MMSE 검출기를 사용한다. MMSE-STBC 검출기는 시공간 블록 부호가 적용된 심볼을 검출할 때 사용되고, MMSE-SM 검출기는 공간 다중화 심볼을 검출할 때 사용된다.

첫 두 개의 서브캐리어에는 MMSE-STBC 검출기를 사용하여 심볼을 검출한다.

$$\begin{bmatrix} \tilde{s}^1(k) \\ \tilde{s}^2(k) \end{bmatrix} = \mathbf{W}_{MMSE-STBC}(k) \mathbf{Y}(k) \quad (6)$$

나머지 두 개의 서브캐리어에는 MMSE-SM 검출기를 사용하여 심볼을 검출한다.

$$\begin{bmatrix} \tilde{s}^1(k) \\ \tilde{s}^2(k) \end{bmatrix} = \mathbf{W}_{MMSE-SM}(k) \mathbf{Y}(k) \quad (7)$$

#### 4. 모의실험 및 결과

이번 장에서는 제안된 기법과 기존 기법 간의 성능을 비교해본다. 모의 실험은 송신안테나 2 개, 수신 안테나 2 개를 사용하고 채널 환경은 7 의 경로는 갖는 Rayleigh 페이딩 채널일 때를 고려하였다. 또한 구속장 7 을 갖고 1/2 의 부호율을 갖는 컨볼루션 채널 코드를 사용하였고, FFT 사이즈는 128 로 고려한다.

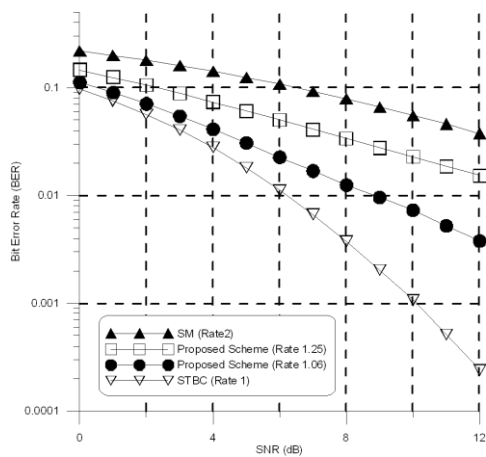


그림 1. 제안된 기법과 기존 기법의 BER 성능 비교

그림 1 은 기존의 STBC(Rate 1), V-BLAST(Rate 2), 그리고 제안된 기법(Rate 1.06, 1.25)의 BER 성능을

비교하였다. 그림 1 에서 멀티플렉싱 비율이 높아질수록 낮은 BER 성능을 얻게 되는 것을 볼 수 있다. 멀티플렉싱 비율이 높아질수록 낮은 BER 성능을 얻게 되는 이유는 멀티플렉싱 비율이 높아질수록 다이버시티 이득이 높은 신호가 실리는 서브캐리어 수보다 다이버시티 이득이 낮은 신호가 실리는 서브캐리어의 수가 많아서 다이버시티 이득이 낮아지기 때문이다. 따라서 제안된 하이브리드 MIMO 기법은 시스템의 요구에 따라서 다이버시티 이득과 멀티플렉싱 이득을 조절할 수 있다.

#### ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the Materials & Components development program funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE, Korea) and This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (No. 2012-000902).

#### 참고 문헌

- [1] G.J. Foschini and M.J. Gans, " On Limits of Wireless Communications in a Fading Environment when Using Multiple Antennas," Wireless Personal Communications, vol. 6, pp. 311-335, 1998.
- [2] L. Zhou and Y. Oishi, " Improved Performance for Hybrid STBC and Spatial Multiplexing OFDM Systems with Linear Receiver," PIMRC 2007 IEEE 18th International Symposium on, pp. 1-5, 3-7 Sept. 2007
- [3] T. Khomyat, P. Uthansakul and M. Uthansakul, " Hybrid-MIMO Receiver with Both Space-Time Coding and Spatial Multiplexing Detections for Cognitive Radio Networks," ISPACS 2011 International Symposium on, pp. 1-4, Dec. 2011.