

## DSTTD-SM 기법을 적용한 이중편파 MIMO 시스템 수신 성능 분석

박명철, 한동석  
경북대학교

mcpark@knu.ac.kr, dshan@knu.ac.kr

## Reception Performance of Dual Polarized MIMO system with DSTTD-SM

Myung Chul Park, Dong Seog Han  
Kyungpook National University

## 요 약

본 논문은 DSTTD-SM(double space time transmit diversity with spatial-modulation)기법이 적용된 이중편파 MIMO 시스템의 수신 성능에 대하여 안테나 간 간섭 환경에서 분석하였다. 차세대 방송 시스템에서는 고품질의 영상을 전송하기 위하여 ATSC 3.0 에서 이중편파 MIMO 시스템을 채택하였다. 기존 MIMO 기법을 이중편파 MIMO 시스템에 적용하였을 때 시스템의 수신 성능에 대한 분석을 하기 위하여 본 논문에서 SM, STBC, STBC-SM 그리고 DSTTD-SM의 수신 성능을 SUI 채널 환경에서 모의실험을 통하여 분석하였다.

## 1. 서론

차세대 방송 시스템에서는 고품질의 영상 서비스를 제공하기 위하여 SFN(single frequency network)를 지원하고 있다 [1]. 대용량 전송을 위하여 MIMO(multiple-input multiple-output)을 SFN 방송 시스템에 적용하는 연구가 활발히 진행되고 있다[2]. 특히 이중편파 다중안테나 시스템은 LoS(line-of-sight) 환경에서 효과적인 성능을 나타내고 있다[3]. 그러나 NLoS(non line-of-sight)와 안테나 간 간섭 환경에서는 성능이 열화되는 문제점이 있다[4].

MIMO 기술은 안테나 간 간섭이 발생하는 환경에서 다중화 이득을 향상시키기 위한 연구가 진행되었다. Melsh[5]가 제안한 SM(spatial modulation) 시스템은 다중 안테나 중 하나의 안테나를 선택하여 전송하여 송신 안테나 간 간섭을 감소시켰다. Basar[6]는 STBC-SM(space-time block coded SM) 시스템을 제안하여 동시에 2 개의 안테나를 선택하여 1 개의 안테나를 사용하는 SM 시스템보다 전송 효율을 향상시켰다. STBC의 직교성을 통해서 송신 안테나 간 간섭 영향을 감소시켜 안테나 간 간섭 환경에 보다 강인하다. 그러나 STBC-SM 시스템은 다중 안테나 중 2 개의 안테나를 사용하기 때문에 전송량을 보다 향상시키는 시스템으로 DSTTD-SM(double space time transmit diversity SM) 시스템이 제안되었다[7]. 다중 안테나 중 선택되는 안테나 조합을 통하여 추가적인 비트를 전송하고 최적화된 회전각을 사용하여 안테나간 간섭 영향을 감소시켰다.

본 논문에서는 SM, STBC-SM, 그리고 DSTTD-SM 기법을 살펴보고 이러한 기법이 안테나 간 간섭이 존재하는 이중편파 MIMO 시스템 환경에서의 성능을 분석하였다.

## 2. 이중편파 MIMO 채널

본 장에서는 기본적인 이중편파 MIMO 채널 모델에 대하여 살펴본다. 송신 안테나와 수신 안테나의 수가 2 개일 때 채널 행렬은 수직/수평 편파 모드에 따라 다음과 같다[8].

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} (C_H + C_V) & j(C_H - C_V) \\ -j(C_H - C_V) & (C_H + C_V) \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서  $C_H$  는 수평 편파 채널응답이고  $C_V$  는 수직 편파 채널응답이다. 채널 행렬  $\mathbf{H}$  는  $C_H = 0$  또는  $C_V = 0$  가 아니면 최대 랭크를 가진다.

## 3. DSTTD-SM

DSTTD-SM 기법은 SM 기법과 DSTTD 기법을 결합한 방법이다. 송신기에서 전송되는 비트 정보는 SM 기법을 통하여 변조되는 비트와 송신 심볼 성상으로 변조되는 비트로 구성되어 있다.

SM 기법은 송신되는 비트 정보에 따라 다음과 같이 선택되는 송신 안테나가 결정된다.

$$\begin{bmatrix} y_1[k] \\ \vdots \\ y_N[k] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{1,l} \\ \vdots \\ h_{N,l} \end{bmatrix} x[k] + \begin{bmatrix} z_1[k] \\ \vdots \\ z_N[k] \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서  $y_n[k]$  는 총  $N$  개의 수신 안테나 중  $n$  번째 수신 안테나를 통하여 수신 받는 심벌을 나타낸다. 그리고  $h_{n,l}$  는 선택된  $l$  번째 송신 안테나와  $n$  번째 수신 안테나간에 채널 응답을 나타낸다. 선택되는 안테나 번호  $l$  은 총  $M$  개의 송신 안테나에 대하여  $\log_2 M$  가지의 조합 중 하나이다. 그리고  $z_n[k]$  는  $n$  번째 수신 안테나에서의 AWGN(additive white

Gaussian noise)를 나타낸다.

DSTTD-SM 기법은 최적화된 회전각을 사용하여 송신되는 비트 정보에 따라 선택되는 안테나 조합을 다음과 같이 결정한다[7].

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}[k] \\ \mathbf{y}[k+1] \end{bmatrix}^T = \mathbf{H}\Psi_l \begin{bmatrix} x_1[k] & -x_2^*[k] \\ x_2[k] & x_1^*[k] \\ \gamma x_1[k] & -\gamma x_2^*[k] \\ \gamma x_2[k] & \gamma x_1^*[k] \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{z}[k] \\ \mathbf{z}[k+1] \end{bmatrix}^T \quad (3)$$

여기서  $\mathbf{y}_n[k]$  와  $\mathbf{z}_n[k]$  는 수신기에서의 신호와 잡음을 나타낸다. 그리고  $\Psi_l$  는 송신 비트 정보에 따라 선택되는  $l$  번째 안테나 조합을 나타내고  $\gamma$  는 송신 심볼 정상 레벨에 따른 최적의 회전각을 나타낸다.

이전 장에서 살펴본 이중편파 MIMO 채널 모델을 가진 시스템에 DSTTD-SM 기법을 적용하고 송수신기 안테나에서 안테나 간 간섭이 발생되었을 때 성능 영향을 다음장의 실험을 통하여 분석한다.

### 4. 실험

본 장에서는 SUI-1 채널 환경에서 송수신기에서 안테나간 간섭이 발생되었을 때의 수신 성능을 분석하였다. 변조 레벨은 QPSK, FFT 크기는 8K, 송신 안테나와 수신 안테나의 수는 4 개이다. 그리고 안테나간 간섭 영향은 0.4 로 설정하였다.

그림 1 은 SM, STBC, STBC-SM 그리고 DSTTD-SM 의 수신 성능을 나타낸다. 대역폭 효율을 5bits/s/Hz 으로 달성하기 위하여 SM 은 8QAM, STBC 는 32QAM, STBC-SM 은 16QAM, 그리고 DSTTD-SM 은 QPSK 의 변조 방식을 사용하였다. BER(bit error rate)  $10^{-3}$  을 얻기 위하여 요구되는 SNR(signal-to-noise)은 DSTTD-SM 의 성능인 12 [dB]를 기준으로 STBC-SM 이 1.5 [dB], STBC 는 4 [dB], SM 은 8 [dB]만큼 열화된다. 안테나 간 간섭 환경에서 DSTTD-SM 기법이 기존 기법보다 우수한 성능을 나타낸다.

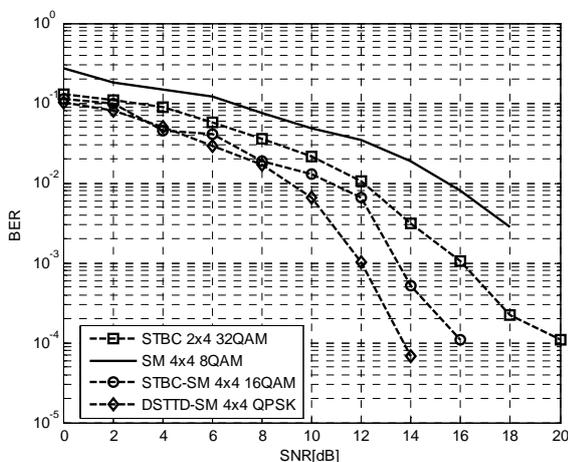


그림. 1 SUI 채널 환경에서의 DSTTD-SM, STBC-SM, SM 그리고 STBC 수신 성능 분석

### 5. 결론

본 논문에서는 DSTTD-SM 이 적용된 이중편파 MIMO 시스템에서 안테나 간 간섭 영향에 따른 수신 성능을 SUI-1 채널 환경에서 모의 실험을 통해 분석하였다. 기존 MIMO 기법을 이중편파 MIMO 시스템에 적용하였을 때의 성능은 안테나간 간섭 영향을 최소화하는 전처리 기법인 DSTTD-SM 의 성능이 가장 우수함을 모의 실험을 통하여 보였다.

### ACKNOWLEDGMENT

"본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음" (초고품질 UHD(UHQ) 전송 기술 개발)

### 참고 문헌

- [1] S.I. Park et al., "Novel Equalization On-Channel Repeater with Feedback Interference Canceller in Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting System," ETRI J., vol. 31, no. 4, Aug. 2009, pp.357-364.
- [2] M. Taguchi, K. Murayama, T. Shitomi, S. Asakura, and K. Shibuya, "Field experiments on dual-polarized MIMO transmission with ultramultilevel OFDM signals toward digital terrestrial broadcasting for the next generation," in Proc. IEEE BMSB, Nuremberg, Germany, 2011, pp. 1-5.
- [3] L. Fay, L. Michael, D. Gomez-Barquero, N. Ammar, and W. Caldwell, "An overview of the ATSC 3.0 physical layer specification," IEEE Trans. Broadcast., vol. 62, no. 1, 2016.
- [4] Dual polarized versus single polarized MIMO: A study over NLOS propagation with polarization discrimination and spatial correlation effects
- [5] Melsh, R., Haas, H., Sinanovic, S., Ahn, C. W. and Yun, S., "Spatial modulation," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 57, no. 4, July 2008, 2288-2241.
- [6] Basar, B., Aygolu, U., Panayirci, E., and Poor, H. V., "Space-Time Block Coded Spatial Modulation," IEEE Trans. On Commun., vol. 59, no. 3, Mar. 2011, 823-832.
- [7] M. C. Park, B. G. Jo and D. S. Han, "Double space-time transmit diversity with spatial modulation," Electronics Letters, vol. 51, no. 25, pp. 2155-2156, Dec. 2015.
- [8] S. Enserink, C. Köse, M. Fitz, M. Urie and R. McCourt, "A model for dual polarized HF MIMO communications," MILCOM 2015 - 2015 IEEE Military Communications Conference, Tampa, FL, 2015, pp. 1650-1655.