

## 다른 변조 차수를 위한 비균등 전력을 이용한 MIMO SM 기법

\*서재현 \*김흥묵 \*\*김홍중 \*\*정태진

\*한국전자통신연구원 \*\*전남대학교

\*jhseo@etri.re.kr

### Unequal Power MIMO SM Scheme for Different Modulation Orders

\*Seo, Jae Hyun \*Kim, Heung Mook \*\*Kim, Hong Jung \*\*Jung, Tae Jin

\*Electronics and Telecommunications Research Institute

\*\*Chonnam National University

### 요약

본 논문에서는 DVB-NGH 시스템에서 수직-수평 편파 안테나를 이용한 2x2 MIMO SM 기법 중 두 안테나에 서로 다른 변조 차수를 가진 신호를 전송할 경우 비균등 전력을 이용하여 수신 성능을 향상시키는 기법을 제안한다. 이를 위해 기존의 MIMO SM 구조와 비교해 서로 다른 변조 차수를 가진 신호에 비균등 전력을 포함하는 송수신 시스템의 구조를 도입하였다. 전산실험 결과 LDPC 부호율이 각각 4/9, 2/3에서 비트오류율이  $10^{-4}$ 의 조건에서 0.2, 0.5 dB의 성능 향상이 있음을 확인할 수 있다.

### 1. 서론

유럽의 DVB-T (digital video broadcasting-terrestrial) 시스템은 세계에서 가장 많은 국가가 채택하고 있는 지상파 디지털방송시스템이다. 유럽의 경우 HD (high definition) 서비스를 지향하는 북미의 ATSC (advanced television systems committee), 일본의 ISDB-T (integrated services digital broadcasting-terrestrial)와 달리 SD (standard definition) 다채널 서비스가 주요한 서비스였다. 그러나, 최근 유럽에서도 HD 서비스에 대한 수요가 증가함에 따라 DVB-T 시스템 대비 전송효율을 약 30% 이상 향상시킨 DVB-T2 시스템이 2009년 표준으로 채택되었다[1]. DVB-T2에서는 전송효율을 높이기 위해 FFT 크기를 기존 최대 8K에서 최대 32K까지, 변조 차수를 기존 최대 64-QAM에서 최대 256-QAM까지 지원하고, 고효율 채널부호로 길쌈 부호 대신 LDPC (low-density parity-check code)를 채택하였다. 또한, 선택적으로 Alamouti STBC(space-time block coding)를 기반으로 MISO (multiple input single output) 기법은 포함 되었으나, 최종적으로 MIMO (multiple input multiple output) 기법은 제외 되었다. 하지만 기존의 휴대/이동 방송방식 중 DVB-H의 경우 DVB-NGH (next generation handheld) 표준화를 시작하면서 2개의 송수신 안테나를 이용한 DVB-T2 기반의 MIMO 기법을 도입하고 있다[2].

### 2. 비균등 전력을 이용한 MIMO SM 기법

DVB-T2 시스템에서 MIMO 기법을 적용하고자 하는 연구는 계속되고 있다. 먼저, 2x2 MIMO를 적용하여 LOS (line of sight) 즉, 고정수신 환경에서 단일 안테나에 비해 전송효율을 높일 수 있고, 편파 다양성을 이용한 채널 추정 기법들이 연구되었다[3]. 또한, DVB-T2

시스템에 MIMO SM (spatial multiplexing)을 적용하여 이상적인 채널환경 하에서 SISO (single input single output)에 비해 우수한 성능을 나타내었다[4]. DVB-T2 시스템을 기반으로 표준화 진행 중인 DVB-NGH에서는 수신기 다이버시티 이득을 얻기 위한 1x2 SIMO (single input multiple output), 공간-시간 블록 코딩을 적용한 2x1 MISO Alamouti, 2x2 MIMO에 SM을 접목한 MIMO SM을 고려하고 있다. 본 논문에서는 MIMO 기법을 적용할 때 서로 다른 변조 차수를 가질 경우 고차 변조 신호가 포함된 송신안테나 측의 전력을 저차 변조 신호가 포함된 송신안테나 측의 전력보다 크게 할 경우 주어진 조건에서 성능을 도출하였다. 다른 변조 차수를 가진 MIMO 변조된 2개의 신호에 비균등 전력을 적용하기 위한 2x2 MIMO SM의 송수신 시스템 구조를 그림 1에 나타내었다.

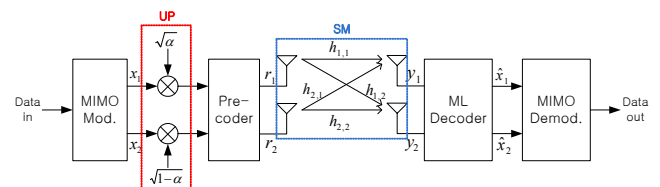


그림 1. 비균등 전력 MIMO SM의 송수신 시스템 구조

송신단에서 MIMO 변조된  $x_1, x_2$ 에 서로 다른 전력을 부여하기 위한 전력비  $\alpha$ 를 식 (1)과 같이 적용한다.

$$\mathbf{x} = [\sqrt{\alpha}x_1, \sqrt{1-\alpha}x_2]^T \quad (1)$$

특히,  $\alpha = 0.5$ 일 경우 동일한 전력을 가지게 된다. Pre-coder에서는 식 (2)와 같이 적용한다.

이때,  $\Theta$ 는 식 (3)과 같이 정의되며 신호의 위상을 회전시키게 된

$$\mathbf{r} = [r_1, r_2]^T = \Theta \mathbf{x} \quad (2)$$

다. 여기서,  $\theta$  값은  $x_1, x_2$  신호의 변조 차수에 따라 최적의 값을 도출할 수 있다.

$$\Theta = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \quad (3)$$

위 식 (1)~(3)으로부터 각각의 송신안테나로 입력되는 신호  $r_1, r_2$ 는

$$\begin{aligned} r_1 &= \sqrt{\alpha} x_1 \cos \theta + \sqrt{1-\alpha} x_2 \sin \theta \\ r_2 &= -\sqrt{\alpha} x_1 \sin \theta + \sqrt{1-\alpha} x_2 \cos \theta \end{aligned} \quad (4)$$

와 같이 나타낼 수 있다.

### 3. 전산실험 결과

전산실험을 통해 비균등 전력을 이용한 MIMO SM, 기존의 MIMO SM, Alamouti 및 SIMO 기법들의 성능을 비교하였다. 전송 파라미터로는 FFT 크기가 4K, 보호구간이 1/4, 그리고, 파일럿은 적용하지 않았다. 또한, 동일한 스펙트럼 효율을 고려하여 1개의 셀에 6 bits를 할당하였다. 변조 차수는 Alamouti와 SIMO의 경우 64-QAM을 적용하였고, MIMO SM의 경우  $x_1, x_2$ 에 각각 QPSK, 16-QAM을 적용하였다. 제한한 비균등 전력의 경우 16-QAM 신호가 QPSK 신호에 비해 2배 큰 전력을 적용하였다( $\alpha = 1/3$ ). 그리고, Pre-coder의  $\theta = 30^\circ$ 를 적용하였다. 채널부호로는 DVB-T2 규격에 따라 프레임의 크기가 16K, 부호율이 4/9, 2/3을 가진 LDPC 부호를 적용하였다. MIMO 채널 모델은 Helsinki2 실외수신을 가정하였고, 파라미터로 Rice K = 1, XPD = 4, 도플러 주파수 = 33.3 Hz를 적용하였다[5].

그림 2에서는 부호율이 4/9일 경우 제안한 UP (unequal power) MIMO SM, MIMO SM, Alamouti 그리고, SIMO의 비트오류율을 나타내었다. MIMO SM이 Alamouti 및 SIMO 보다 좋은 성능을 보이고 특히 제안한 UP MIMO SM은 MIMO SM에 비해 비트오류율이  $10^{-4}$ 에서 요구되는 SNR이 0.2 dB 낮음을 알 수 있다. 또한, 그림 3에서는 부호율이 2/3일 경우 동일한 전산실험을 수행하였다. 그 결과 UP MIMO SM은 MIMO SM에 비해 비트오류율이  $10^{-4}$ 에서 SNR이 0.5 dB 낮음을 알 수 있다.

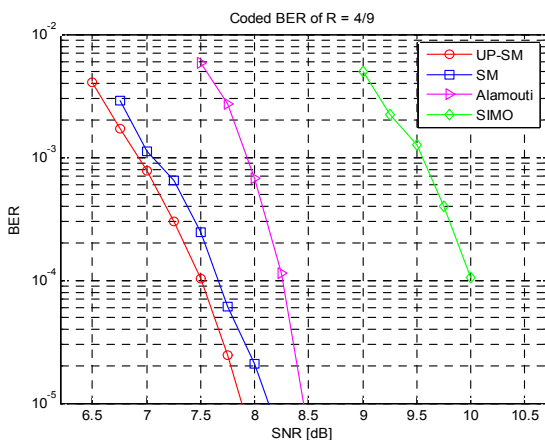


그림 2. 제안한 UP MIMO SM 및 MIMO SM, Alamouti, SIMO의 수신성능 비교(부호율 = 4/9)

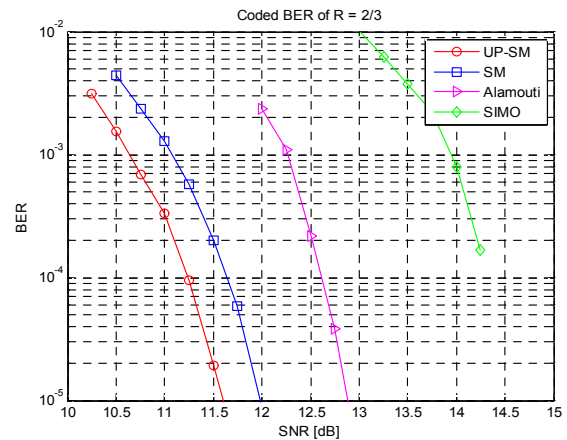


그림 3. 제한한 UP MIMO SM 및 MIMO SM, Alamouti, SIMO의 수신성능 비교(부호율 = 2/3)

### 4. 결론

본 논문에서는 수직-수평 편파 안테나 사이에 서로 다른 변조 차수를 가진 MIMO 시스템에서 비균등 전력을 이용한 MIMO SM과 기존의 MIMO SM, Alamouti, SIMO 기법의 성능을 비교하였다. 전산실험 결과 동일한 스펙트럼 효율 조건에서 MIMO SM 기법이 Alamouti 및 SIMO 보다 훨씬 성능이 높음을 알 수 있었다. 또한, MIMO SM 기법에 비균등 전력을 적용했을 경우, LDPC 부호율이 각각 4/9, 2/3, 비트오류율이  $10^{-4}$ 의 조건에서 요구되는 SNR의 성능 향상이 각각 0.2, 0.5 dB를 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

### Acknowledgment

본 연구는 방송통신위원회의 방송통신기술개발사업의 연구결과로 수행되었음(11921-02001)

### 참고 문헌

- [1] "Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)", ETRI EN 302 755, v1.2.1, Oct. 2010.
- [2] DVB TM-H NGH, "Call for Technologies(CfT)", v1.0, DVB TM-NHG019r6/TM 4270r2, Nov. 2009.
- [3] Carlos Gomez-Calero, Luis Cuellar Navarrete, Leandro de Haro, Ramon Martinez, "A 2 x 2 MIMO DVB-T2 System: Design, New Channel Estimation Scheme and Measurements With Polarization Diversity", *IEEE Trans. on Broadcasting*, vol. 56, no. 2, June 2010.
- [4] In-Woong Kang, Ki-Hwan Suh, Tae-Jin Jung, Hyungssoo Lim, Hyun-Chool Shin, Hyoung-Nam Kim, "Performance of the DVB-T2 system with MIMO Spatial Multiplexing", *IEEE 2011 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communications Systems (ISPACS)*, Dec., 2011
- [5] DVB TM-H NGH, "Configuration for Multi-Path MIMO Channel Simulations in NGH", v1.0, DVB TM-NHG641r8/TM-H1190, Feb. 2011.