

## SIMO 비직교 다중접속 시스템용 신호정렬기법

염정선(충남대학교), 정방철(충남대학교)

201001887@cnu.ac.kr, bcjung@cnu.ac.kr

## A Signal Alignment Technique for SIMO Non-Orthogonal Multiple Access Systems

Jeong Seon Yeom (CNU) and Bang Chul Jung (CNU)

## 요약

본 논문은 SIMO (single-input multiple output) 셀룰라 하향링크에서 비직교 다중 접속 (non-orthogonal multiple access, NOMA) 기법 중 하나인 다중 사용자 중첩 전송 (multiuser superposition transmission, MUST)을 다룬다. 특히, 본 논문에서는 중첩되어 전송된 사용자의 신호를 정렬하여 수신기의 복잡도를 줄이는 기법을 고려했다. 수신단에 다중 안테나가 존재하는 환경에서는 안테나 다이버시티의 영향으로 기존 신호정렬 기법에 비하여 오류 성능이 향상됨을 시뮬레이션을 통하여 검증한다.

## I. 서론

비직교 다중 접속 (NOMA)은 한정된 주파수 자원을 둘 이상의 단말기가 동시에 사용함으로써 주파수 자원의 효율성을 높이는 통신방법으로 많은 연구가 진행되고 있다 [1]. 최근 Sub-Constellation을 정렬하는 기법이 NOMA를 이용한 통신방법 중 하나인 다중 사용자 중첩 전송 (MUST)을 저복잡도를 갖는 기술로 제안되었다 [2]. 본 논문에서는 [2]에서 제안된 신호정렬 기법을 수신 안테나가 2개 이상인 환경으로 확장하여 적용하고 그 성능을 시뮬레이션을 통하여 분석한다.

## II. 시스템 모델

본 논문에서는 한 개의 기지국이 두 개의 직교 자원으로 서로 다른 3개의 단말기에 3개의 심볼을 중첩하여 전송하는 하향링크 환경을 고려한다. 기지국은 단일 안테나를 가지며 단말기는 두 개의 안테나를 가진다고 가정한다. 3개 단말기의 각 심볼은 모두 4-QAM신호를 가정한다.  $i$ 번째 직교 자원에 전송되는 신호  $s_i (i \in \{1,2\})$ 는 3개 단말기 중 두 개의 4-QAM 심볼이 중첩된 심볼을 나타낸다. 본 논문에서 첫 번째 단말기는 1번 직교자원을 사용하고, 두 번째 단말기는 2번 직교자원을 사용하며, 세 번째 단말기는 1,2번 직교자원을 모두 사용한다고 가정한다. 본 논문에서 1,2번째 단말기의 신호는 각각  $1-\alpha (0 \leq \alpha \leq 1)$ 의 전력으로 데이터를 전송하며 이를 Base Layer(BL)라 부른다. 세 번째 단말기는  $\alpha$ 의 전력으로 데이터를 전송하며 Enhancement Layer(EL)라 부른다. 따라서  $s_i$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$s_i = \sqrt{1-\alpha}x_i + \sqrt{\alpha}x_3, i \in \{1,2\}$$

두 신호는 직교자원으로 전송되기 때문에 단말기들은 자신이 복조를 할 신호를 구분할 수 있다. 그래서 단말기들이 수신하는 신호는 다음과 같다.

$$y_{ij} = h_{ij}s_i + n_{ij}, i, j \in \{1,2\}$$

$$y_{3j}^{(k)} = h_{3j}^{(k)}s_k + n_{3j}^{(k)}, j, k \in \{1,2\}$$

여기서  $y_{ij}$ 는 단말기  $i$ 의  $j$ 번째 안테나로 받은 신호,  $y_{3j}^{(k)}$ 는 단말기3의  $j$ 번째 안테나로 받은  $s_k$ 가 포함된 신호,  $h_{ij}$ 는 기지국에서 단말기  $i$ 의  $j$ 번째 안테나로의 무선 채널이고  $h_{3j}^{(k)}$ 는 기지국에서 단말기3의  $j$ 번째 안테나로 수신되는  $s_k$ 가 포함된 신호가 겪는 무선 채널이며 위의 모든 채널은  $CN(0,1)$ 의 분포를 따른다고 가정한다. 본 논문에서 단말기들은 자신의 신호가 전송된 신호가 겪는 무선 채널을 파일럿 신호를 통하여 완벽하게 알고 있다고 가정한다.  $n_{ij}$ 는 단말기  $i$ 의  $j$ 번째 안테나의 가우시안 잡음이고  $n_{3j}^{(k)}$ 는 단말기3의  $j$ 번째 안테나가  $s_k$ 의 신호를 받을 때 발생하는 가우시안 잡음이며 위의 모든 가우시안 잡음은  $CN(0, N_0)$ 의 분포를 따른다고 가정한다.

단말기 1, 2는 각각 단말기 3의 신호를 잡음으로 취급하여 자신의 신호를 복호한다. 단말기 3에서는 먼저 각 직교 자원 및 수신 안테나에 수신된 신호를 다음식과 같이 채널 등화한다.

$$\bar{y}_{3j}^{(k)} = (h_{3j}^{(k)})^* y_{3j}^{(k)} = |h_{3j}^{(k)}|^2 s_k + (h_{3j}^{(k)})^* n_{3j}^{(k)}, j, k \in \{1,2\}. \quad (1)$$

그 후, 각 직교자원별로 2개의 수신 안테나로 수신되어 채널 등화된 신호는

공간다이버시티 이득을 위하여 아래와 같이 결합한다.

$$\bar{y}_k = \bar{y}_{31}^{(k)} + \bar{y}_{32}^{(k)}, k \in \{1,2\}. \quad (2)$$

그 후, 단말기 3은 아래 식을 이용하여 복호된 단말 1의 신호를 단말 2의 신호로 정렬한다.

$$\hat{y}_1 = \text{"Sgn"}(Re(\bar{y}_1))\text{Sgn}(Re(\bar{y}_2))Re(\bar{y}_1) + j(\text{Sgn}(Im(\bar{y}_1))\text{Sgn}(Im(\bar{y}_2))Im(\bar{y}_1)) \quad (3)$$

그 후, 단말기 3은 자신에게 전송된 신호를 복호하기 위하여 정렬된 단말 1의 신호와 단말기 2의 신호를 다음 식과 같이 결합한다.

$$y_{comb} = \hat{y}_1 + \bar{y}_2. \quad (3)$$

단말기 3의 신호는 (3)을 이용하여 복호한다. (2)에서의 신호 정렬이 오류 없이 수행되었다면 단말기 3의 신호는 추가적으로 주파수 다이버시티 이득을 얻을 수 있다.

## III. 시뮬레이션 및 결론

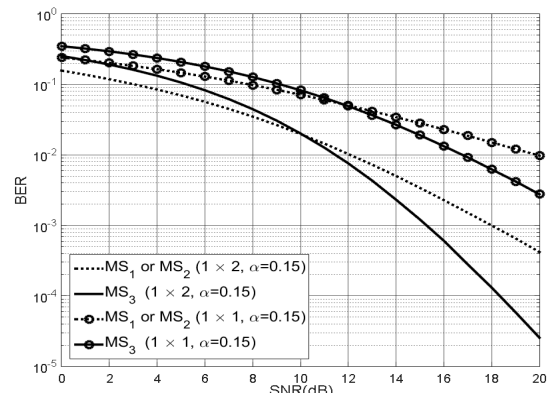


그림 1. 제안한 신호정렬기법을 적용한 단말기들의 BER 성능 비교

그림 1은 제안한 신호정렬기법이 적용된 NOMA 수신 단말기들의 BER 성능을 비교한다. 그림 1을 통하여 기존의 SISO환경과 비교했을 때, SIMO 환경의 BER 성능이 훨씬 개선된다는 것을 알 수 있다. 추후 연구에서는 단말기 1,2,3의 BER성능에 따라 최적의 전력 분배 방식을 개발할 예정이다.

## ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning (MSIP) (NRF-2016R1A2B4014834).

## 참고 문헌

- [1] L. Dai, B. Wang, Y. Yuan, S. Han, C. -L. I and Z. Wang, "Non-orthogonal multiple access for 5G: Solutions, challenges, opportunities, and future research trends," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 53, no. 9, pp. 4-81, Sep. 2015.
- [2] S. P. Herath and A. Haghghat, "Non-orthogonal multiple access with sub-constellation alignment," in *Proc. of Asilomar Conf on Signals, Syst. and Comput.*, pp. 1112-1116, Nov. 2016.