

상향링크 다중 사용자 중첩전송을 위한 다이버시티 제어 기법

염정선, 장한승, 정방철
충남대학교 전자공학과

jsyeom@cnu.ac.kr, jhanseung@gmail.com, bcjung@cnu.ac.kr

1. 서론

비직교 다중접속(non-orthogonal multiple access: NOMA)은 동일한 주파수 자원을 둘 이상의 단말기들이 동시에 사용하는 기술로서 주파수 효율을 높이기 위한 5G 이동통신의 핵심 기술이다 [1-2]. 비직교 다중접속기술의 한 종류인 다중 사용자 중첩전송(multi-user superposition transmission: MUST) 기술은 전력 도메인에서 신호들을 중첩하여 전송하는 기술로 최근 이를 이용한 하향링크 다이버시티 제어 기법이 제안되었다 [3]. 본 논문에서는 [3]에서 제안된 MUST 용 다이버시티 제어 기법을 상향링크 셀룰라 환경에 적용하고 joint maximum-likelihood (ML) 검출기를 이용한 기지국의 디코딩 성능을 시뮬레이션으로 분석한다.

2. 제안하는 상향링크 다중 접속 기법

본 논문에서는 N 개의 cell-center user(CU)와 단일 cell-edge user(EU)가 N 개의 부반송파를 이용하여 상향링크 통신을 하는 환경을 고려한다. 사용자들의 전송 심벌은 BPSK 신호이며 CU $i \in \{1, \dots, N\}$ 는 i 번째 부반송파를 통해 신호를 전송한다고 가정한다. i 번째 부반송파를 통해 전송된 CU와 EU의 각각의 신호가 채널을 겪은 후 중첩된 신호를 다음과 같이 s_i 로 표현된다.

$$s_i = h_i \sqrt{P} d_c^{-\alpha} x_i + h_{e,i} \sqrt{P/N} \cdot (\beta d_c)^{-\alpha} x_e, \quad (1)$$

h_i 와 $h_{e,i}$ 는 i 번째 부반송파를 통해 CU i 와 EU의 각각의 무선 채널로 $\mathcal{CN}(0,1)$ 의 분포를 따르고 P 는 전송 전력, d_c 와 βd_c ($\beta > 1$)는 CU i 와 EU의 기지국까지의 거리를 각각 나타낸다. 모든 CU는 기지국으로부터 동일한 거리에 위치한다고 가정한다. 본 논문에서 α 는 경로 손실 지수 그리고 x_i 와 x_e 는 CU i 와 EU의 BPSK 심벌을 각각 의미한다. 기지국은 중첩 신호 s_i 에 가우시안 잡음이 더해진 신호를 수신한다.

$$y_i = s_i + n_i, \quad (2)$$

n_i 는 가우시안 잡음으로 $\mathcal{CN}(0, \sigma_n^2)$ 의 분포를 갖는다.

기지국은 CU i 의 비트 정보를 수신 신호 y_i 로부터 log-likelihood ratio(LLR)를 이용하여 검출한다.

$$\mathcal{L}_i = \log \frac{\sum_{z_0 \in \{s_i | b_i=0\}} \exp\left(-\frac{|y_i - z_0|^2}{\sigma_n^2}\right)}{\sum_{z_1 \in \{s_i | b_i=1\}} \exp\left(-\frac{|y_i - z_1|^2}{\sigma_n^2}\right)}, \quad (3)$$

\mathcal{L}_i 는 CU i 의 LLR 값이고 b_i 는 CU i 의 비트 정보이다. 기지국은 \mathcal{L}_i 의 값에 따라 다음과 같이 비트 정보를 결정한다.

$$\hat{b}_i = \begin{cases} 0, & \text{if } \mathcal{L}_i \geq 0 \\ 1, & \text{if } \mathcal{L}_i < 0 \end{cases}. \quad (4)$$

반면 EU의 비트 정보는 모든 N 개의 수신 신호에 중첩되어 있기 때문에 각각의 수신 신호로부터 구한 N 개의 LLR 값을 더하여 LLR 값을 구한다.

$$\mathcal{L}_e = \sum_{i=1}^N \log \frac{\sum_{z_0 \in \{s_i | b_e=0\}} \exp\left(-\frac{|y_i - z_0|^2}{\sigma_n^2}\right)}{\sum_{z_1 \in \{s_i | b_e=1\}} \exp\left(-\frac{|y_i - z_1|^2}{\sigma_n^2}\right)}, \quad (3)$$

\mathcal{L}_e 는 모든 수신 신호를 고려한 CU의 joint LLR 값이고 b_e 는 EU의 비트 정보이다. \mathcal{L}_e 의 값에 따라 다음과 같이 비트 정보를 결정한다.

$$\hat{b}_e = \begin{cases} 0, & \text{if } \mathcal{L}_e \geq 0 \\ 1, & \text{if } \mathcal{L}_e < 0 \end{cases}. \quad (4)$$

3. 시뮬레이션 결과 및 결론

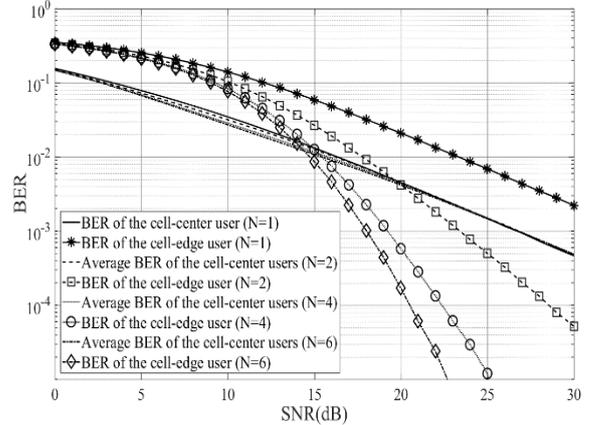


그림 1. 상향링크 MUST 용 다이버시티 제어 기법의 BER 성능

그림 1은 제안한 상향링크 MUST 시스템에서 CU의 송신 SNR 변화에 따른 CU와 EU 사용자의 BER 값을 보여준다. 여기서 $d_c = 1$, $\beta = 2$ 로 설정하였고 전체 사용자 수 N 을 1,2,4,6로 변화시켜 성능을 비교하였다. EU의 BER 성능은 다이버시티에 의한 영향으로 N 이 증가함에 따라 향상 되는 것을 관찰할 수 있다. CU의 성능은 N 이 증가할수록 EU의 각 부반송파 송신전력 (P/N)이 줄어들어 따라 간섭이 줄어들어 약간의 성능 개선이 나타나는 것을 볼 수 있다.

ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 2016년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.NRF-2016R1A2B4014834).

참고 문헌

- [1] J.-B. Seo, H. Jin, and B. C. Jung, "Non-orthogonal random access with channel inversion for 5G networks," in *Proc. International Conference on ICT Convergence (ICTC)*, Oct. 2017, pp. 117-119.
- [2] M. Al-Imari, P. Xiao, M. A. Imran, and R. Tafazolli, "Uplink nonorthogonal multiple access for 5G wireless networks," in *Proc. International Symposium on Wireless Communications Systems (ISWCS)*, Aug. 2014, pp. 781-785.
- [3] J. S. Yeom, E. Chu, B. C. Jung, and H. Jin, "Performance analysis of diversity-controlled multi-user superposition transmission for 5G wireless networks," *MDPI Sensors*, vol. 18, no. 2, Feb. 2018.