

수신단 다중안테나를 이용하는 다중셀 상향링크용 기회적 전송기법

남현우(충남대학교), 정방철(충남대학교)

hwnam@cnu.ac.kr, bcjung@cnu.ac.kr

Opportunistic Transmission Techniques for a Multi-Cell Uplink Network with Multiple Receiver Antennas

Hyunwoo Nam (CNU) and Bang Chul Jung (CNU)

요약

본 논문은 다중 셀 상향링크에서 수신단 안테나 다이버시티를 이용하여 무선채널 특성을 효과적으로 이용하는 기회적 전송 (opportunistic transmission, OT)기법을 제안한다. 특히, 본 논문은 기존 송수신단 단일 안테나를 가정 (single-input single output, SISO)한 기회적 전송기법을 다중 안테나 환경으로 확장하고, 그 성능을 분석하였다. 시뮬레이션을 통해 수신단 다중안테나를 이용할 경우 기회적 전송기법의 성능이 기존 기회적 전송기법의 성능보다 개선되는 것을 확인하였다.

I. 서론

다중셀 네트워크에서 전송률의 증가를 위해서는 셀간 간섭을 효과적으로 관리하는 것이 매우 중요하다. 특히 상향링크에서는 셀간 협력의 한계로 인해 간섭관리가 더욱 도전적인 과제이다 [1]. 최근 간섭이 극심한 다중 셀 TDD 상향링크에서 기회적 전송 기법이 제안되었다 [2][3]. [2]에서는 사용자가 인접셀에 미치는 간섭의 양을 고려하여 간섭의 양이 특정 임계치보다 작으면 기회적으로 데이터를 전송하는 기법이 제안되었고, [3]에서는 사용자가 자신의 무선채널 이득값이 특정 임계치보다 클 때 기회적으로 데이터를 전송하는 기법이 제안되었다. 그러나 [2][3]에서 제안된 기회적 전송 기법은 송수신단에서 단일안테나를 가정하였다. 본 논문에서는 수신단에 다중 안테나가 존재하는 환경에서 [2][3]에서 제안된 기회적 전송기법의 성능을 시뮬레이션을 통해 분석한다.

II. 시스템 모델 및 제안하는 기회적 전송 기법

본 논문은 두 개의 셀로 구성된 상향링크 네트워크를 고려한다. 각 셀 내에는 동일한 주파수를 사용하는 한명의 사용자가 단일 안테나를 사용하며, 각 기지국은 N_R 개의 안테나를 가진다고 가정한다. 또한, 각 사용자는 주어진 채널 정보를 기반으로 기회적 전송을 한다. $i \in \{1, 2\}$ 번째 기지국에서 수신된 신호 벡터 $\mathbf{y}_i \in \mathbb{C}^{N_R \times 1}$ 는 다음 식으로 표현된다.

$$\mathbf{y}_i = b_i \sqrt{P} \cdot \mathbf{h}_{i1} \cdot x_1 + b_2 \sqrt{P} \cdot \mathbf{h}_{i2} \cdot x_2 + \mathbf{z}_i, \quad (1)$$

이때 P 는 송신전력이고 b_i , x_i 는 각각 i 번째 셀에 속한 사용자의 전송여부와 심볼을 나타낸다. $\mathbf{h}_{ij} \in \mathbb{C}^{N_R \times 1}$ 는 각각의 원소가 $CN(0, 1)$ 을 따르는 i 번째 셀의 사용자로부터 j 번째 기지국으로의 무선채널 벡터를 나타낸다. $\mathbf{z}_i \in \mathbb{C}^{N_R \times 1}$ 는 각 벡터원소가 $CN(0, N_0)$ 을 따르는 i 번째 기지국에서 발생한 복소 백색 가우시안 잡음 벡터이다.

본 논문에서는 수신단 다중안테나 환경에서 자기 채널이득을 고려하는 기회적 전송기법 (Proposed-1)과 인접셀에 미치는 간섭의 양을 고려하는 기회적 전송기법 (Proposed-2)을 제안한다. 다음 식은 Proposed-1 기법의 동작을 설명한다.

$$b_i = \begin{cases} 1 & \text{if } \|\mathbf{h}_{ii}\|^2 > \zeta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}. \quad (2)$$

다음 식은 Proposed-2 기법의 동작을 설명한다.

$$b_i = \begin{cases} 1 & \text{if } \|\mathbf{h}_{ij}\|^2 < \eta \text{ for } j \neq i, j = \{1, 2\} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

수신단에서 기지국은 자신의 셀에 속한 사용자의 신호의 세기를 최대화하기 위하여 maximum ratio combining (MRC) 기법을 적용한다. 따라서, 자기 신호 이득이와 발생 간섭이득은 각각 degrees-of-freedom (DoF)가 $2N_R$ 인 카이제곱 분포가 된다. DoF가 $2k$ 인 랜덤변수의 누적분포함수를 $F_{\chi^2}(k, x)$ 라고 하면, 기회적으로 전송할 확률은 아래 식으로 계

산이 가능하다. Proposed-1 기법의 경우, 기지국에 N_R 개의 안테나가 존재하고 임계값이 ζ 로 주어지면, 전송확률은 아래와 같다.

$$p_{\zeta}(N_R) = 1 - F_{\chi^2}(N_R, \zeta). \quad (4)$$

Proposed-2기법의 경우, 기지국에 N_R 개의 안테나가 존재하고 임계값이 η 로 주어지면, 전송확률은 아래와 같다.

$$p_{\eta}(N_R) = F_{\chi^2}(N_R, \eta). \quad (5)$$

III. 성능 분석 및 결론

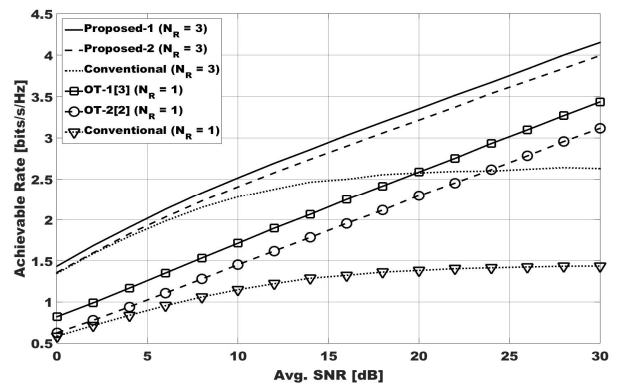


그림 1 제안한 기회적 전송기법의 전송률 성능

그림1은 제안하는 기회적 전송기법의 기지국 안테나 수가 1개인 경우와 3인 경우의 셀당 전송률을 보여준다. 'OT-1', 'OT-2'는 각각 [3]과 [2]에서 SISO환경에서 제안된 기회적 전송기법들을 나타낸다. 'Conventional'은 기회적 전송기법을 적용하지 않은 경우 셀당 전송률을 나타낸다. 시뮬레이션을 통하여 제안하는 기회적 전송기법들이 수신단에 다중 안테나가 존재하는 환경에서도 기존 기법에 비하여 높은 전송률을 달성함을 알 수 있다.

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] B. C. Jung and W. -Y. Shin, "Opportunistic interference alignment for interference-limited cellular TDD uplink," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 15, no. 2, pp. 148-150, Feb. 2011.
- [2] B. C. Jung, Y. -J. Hong, D. K. Sung, and S. -Y. Chung, "Fixed power allocation with nulling for TDD-based cellular uplink," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 12, no. 4, pp. 253-255, Apr. 2008.
- [3] 남현우, 고갑석, 방인규, 정방철 "다중 셀 상향링크에서 기회적 전송 기법의 성능분석", *한국통신학회 동계종합학술대회*, Jan. 2017.