

다중 셀 상향링크에서 기회적 전송 기법의 성능 분석

남현우(충남대학교), 고갑석(한국과학기술원), 방인규(한국과학기술원), 정방철(충남대학교)

hwnam@cnu.ac.kr, chlinrgc@gmail.com, veronika@kaist.ac.kr, bcjung@cnu.ac.kr

Performance Analysis of Opportunistic Transmission in Multi-Cell Uplink Networks

Hyunwoo Nam(CNU), Kab Seok Ko(KAIST), Inkyu Bang(KAIST), and Bang Chul Jung(CNU)

요약

본 논문은 간섭이 극심한 다중 셀 상향링크에서 무선채널 특성을 효과적으로 이용하는 기회적 전송 기법을 제안한다. 특히, 본 논문에서 제안하는 기회적 전송기법은 각 셀의 사용자가 전송할 확률을 이용하여 기지국에서 발생하는 간섭의 양을 통계적으로 정확히 계산하여 전체 네트워크의 채널 용량을 극대화한다. 시뮬레이션을 통하여 분석한 네트워크 채널 용량이 정확함을 검증하였다.

I. 서론

다중 셀 환경에서의 간섭관리는 주파수 효율을 개선시키는 매우 중요한 요소이다. 따라서, 최근 셀룰라 네트워크에서 효과적으로 간섭을 관리하기 위하여 빔포밍과 사용자 스케줄링 기술을 결합하는 기술들이 제안되고 있다 [1-2]. 또한, 다중 셀 다중안테나 상향링크 네트워크에서 사용자가 인접셀에 미치는 간섭의 양을 기반으로 송신전력을 제어하는 기법이 제안되었다 [3]. 한편, 두 개의 셀로 구성된 단일안테나 네트워크 환경에서 사용자가 인접셀에 미치는 간섭의 양을 기반으로 데이터 전송을 결정하는 기회적 전송 기법이 제안되었고, 그 성능이 분석되었다 [4]. 그러나 [4]에서 제안된 기회적 전송기법은 셀 중앙에 위치한 사용자의 성능을 분석할 때 인접 셀 간섭이 없다고 가정하였다. 본 논문에서는 자신의 채널 이득을 고려하여 기회적으로 데이터를 전송하는 기법을 제안하고 그 성능을 인접셀 간섭을 포함하여 분석한다.

II. 시스템 모델 및 제안하는 기회적 전송 기법

본 논문에서는 두 개의 셀로 구성된 상향링크 네트워크를 고려한다. 각 셀에는 동일한 주파수를 사용하는 한명의 사용자가 존재하고 기지국과 사용자는 단일 안테나를 가진다고 가정한다. 따라서 $i(i \in 1, 2)$ 번째 기지국에서 수신된 신호 y_i 는 다음과 같이 표현된다.

$$y_i = \sqrt{P_1} h_{1i} x_1 + \sqrt{P_2} h_{2i} x_2 + z_i \quad (1)$$

여기서 P_i , x_i 는 i 번째 셀에 속한 사용자의 송신전력과 심볼을 나타내며, h_{ij} 는 i 번째 셀의 사용자에서 j 번째 기지국으로의 무선 채널을 나타낸다 ($h_{ij} \sim CN(0, 1)$). z_i 는 i 번째 기지국에서 발생한 복소 백색 가우시안 잡음을 나타낸다($z_j \sim CN(0, N_0)$).

본 논문에서는 채널이득을 고려하여, 확률적으로 주변에 미치는 간섭을 줄이는 동시에 무선통신 링크의 주파수효율을 향상시키는 기회적 전송 기법을 제안한다. 사용자는 다음과 같이 특정 임계값을 고려하여, 송신여부를 결정한다.

$$P_i = \begin{cases} P_T & \text{if } h_{ii} > \zeta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 ζ 는 사용자가 데이터 전송을 시도하기 위한 최소 무선채널이득의 임계값을 나타낸다. 간섭이 존재하지 않는 무선 채널에서 (2)를 이용하여 기회적으로 데이터를 송신하는 경우 사용자 평균 전송률 다음과 같이 계산 가능하다 [4].

$$C_0 = \int_{\zeta}^{\infty} \log_2(1 + x \cdot SNR_{TX}) \cdot e^{-x} dx \quad (3)$$

여기서 SNR_{TX} 은 P_T/N_0 이다. 각 무선 채널이 i.i.d.이고 각 셀에서 동시에 데이터를 전송하는 경우 간섭의 영향을 고려한 평균 전송률은 다음과 같이 표현된다.

$$C_1 = \frac{1}{\ln 2} \int_0^{\infty} \ln(1 + \zeta \cdot \frac{1}{y + 1/SNR_{TX}}) + \exp(1/SNR_{TX} + \zeta) \cdot E_1(y + 1/SNR_{TX} + \zeta) dy \quad (4)$$

각 셀의 사용자는 자신의 무선 채널이득에 따라 전송 여부를 결정하므로 전송 확률을 고려한 전체 네트워크의 전송율은 다음과 같이 표현된다.

$$C_{\Sigma} = p \cdot \sum_{i=0}^1 \binom{1}{i} p^i (1-p)^{1-i} \cdot C_i / \ln 2 \quad (5)$$

각 사용자가 데이터를 전송할 확률(p)은 $e^{-\zeta}$ 이고 (5)를 극대화하는 ζ 를 찾아 사용한다.

III. 성능 분석 및 결론

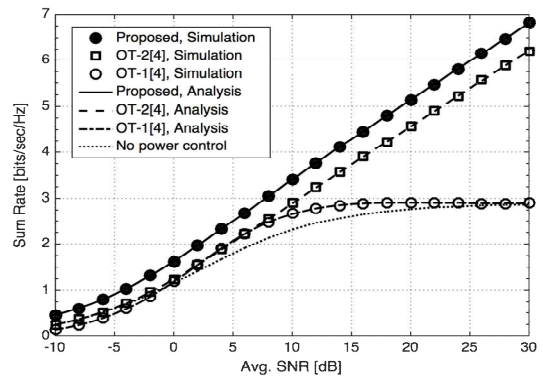


그림 1 제안한 기회적 전송기법의 전송률 성능

그림1은 제안하는 기회적 전송기법의 전송률을 보여준다. 그림 1에서 OT-1, OT-2는 [4]에서 제안된 2가지의 기회적 전송기법을 나타낸다. 본 논문에서 제안한 기법이 기존 기술에 비하여 좋은 성능을 보인다.

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] H. J. Yang, W. -Y. Shin, B. C. Jung, and A. Paulraj, "A feasibility study on opportunistic interference alignment: Limited feedback and sum-rate enhancement," in *Proc. of Asiloma Conference on Signals, Systems, and Computers*, Nov. 2012.
- [3] M. -J. Cho, T. -W. Ban, B. C. Jung, and H. J. Yang, "A distributed scheduling with interference-aware power control for ultra-dense networks," in *Proc. of IEEE ICC*, Jun. 2015.
- [4] 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.