

# 다중 셀 상향링크에서 기회적 전송기법의 Outage 확률 분석

남현우<sup>1</sup>, 고갑석<sup>1</sup>, 방인규<sup>2</sup>, 정방철<sup>1</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 전자공학과, <sup>2</sup>한국과학기술원 전기및전자공학부

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

## 1. 서론

셀룰러 네트워크에서 발생하는 간섭은 주파수 자원의 효율적인 이용하기 위해 해결해야할 가장 큰 과제 중 하나이다. 최근 간섭 관리를 통한 주파수 효율을 개선시키기 위해 사용자 스케줄링 기술과 빔포밍을 결합하는 기술들이 제안되고 있다 [1-2]. 또한, 두 개의 셀로 구성된 단일 안테나 네트워크 환경에서 사용자가 주변 셀에 미치는 간섭의 양을 기반으로 데이터 전송을 결정하는 간섭인지 기반 기회적 전송 기법이 제안되었고, 그 성능이 분석되었다 [3]. 그러나 [3]에서는 기회적 전송기법의 평균 데이터 전송률만 분석하였다. 본 논문에서는 기회적으로 데이터 전송 기법의 Outage 성능을 분석한다.

## 2. 기회적 전송기법의 Outage 확률 분석

본 논문에서는 두 개의 셀로 구성된 상향링크를 고려한다. 두 셀은 모두 동일한 주파수를 사용하고, 각 셀에는 한 명의 사용자가 존재한다. 그리고 각 기지국과 사용자는 단일 안테나를 구성한다고 가정한다. 따라서,  $i(i \in \{1,2\})$  번째 기지국에서의 수신 신호  $y_i$ 는 다음과 같다.

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

여기서  $P_i$ 와  $x_i$ 는  $i$  번째 셀에 속한 사용자의 송신 전력과 심볼을 나타내며,  $h_{ij}$ 는  $i$  번째 셀의 사용자에서  $j$  번째 기지국으로의 무선 채널을 나타낸다 ( $h_{ij} \sim \text{CN}(0,1)$ ).  $z_i$ 는  $i$  번째 기지국에서 발생한 복소 백색 가우시안 잡음을 나타낸다( $z_i \sim \text{CN}(0, N_0)$ ). 본 논문에서는 자기 채널 이득을 고려하여, 확률적으로 주변에 미치는 간섭을 줄이는 동시에 링크간 주파수효율을 향상시키는 기회적 전송기법을 고려한다 [3]. 사용자는 다음과 같이 특정 시스템 파라미터 ( $\zeta$ )를 임계값으로 고려하여, 송신여부를 결정한다.

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

여기서  $\zeta$ 는 사용자가 데이터 전송을 시도하기 위한 최소 무선채널이득의 임계값을 나타낸다. 간섭이 존재하지 않는 무선 채널에서 (2)를 이용하여 간헐적으로 데이터를 송신하는 경우, Outage 확률은 다음과 같이 계산 가능하다.

$$P_{o|1} = \Pr\{\log_2\left(1 + \frac{x}{\text{SNR}_{Tx}}\right) < C\}. \quad (3)$$

여기서  $\text{SNR}_{Tx}$ 는  $P_{Max}/N_0$ 이다. 각 무선 채널이 i.i.d. 하고 각 셀에서 동시에 데이터를 전송하는 경우, 간섭의 영향을 고려한 Outage 확률은 다음과 같이 표현된다.

$$P_{o|2} = \Pr\{\log_2\left(1 + \frac{x}{y + \text{SNR}_{Tx}}\right) < C\}, \quad (4)$$

$$= \begin{cases} 1 - \int_0^{\frac{\zeta}{(2^C-1)^{\frac{1}{\gamma}}}} \int_{\frac{\zeta}{(2^C-1)^{\frac{1}{\gamma}}}}^{\infty} e^{-x+\zeta-y} dx dy, & (\zeta \leq \frac{2^C-1}{\gamma}) \\ 1 - \int_0^{\frac{\zeta}{(2^C-1)^{\frac{1}{\gamma}}}} \int_{\zeta}^{\infty} e^{-x+\zeta-y} dx dy, & (\zeta > \frac{2^C-1}{\gamma}). \end{cases} \quad (5)$$

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

$$P_o = p_{send} \cdot \sum_{i=0}^1 \binom{1}{i} \cdot p_{send}^i \cdot (1 - p_{send})^{1-i} \cdot P_{o|i} \quad (6)$$

각 사용자가 데이터를 전송할 확률( $p_{send}$ )은  $e^{-\zeta}$ 이고,  $\zeta$ 는 주파수 효율을 고려한 시스템 파라미터이다.

## 3. 시뮬레이션 결과 및 결론

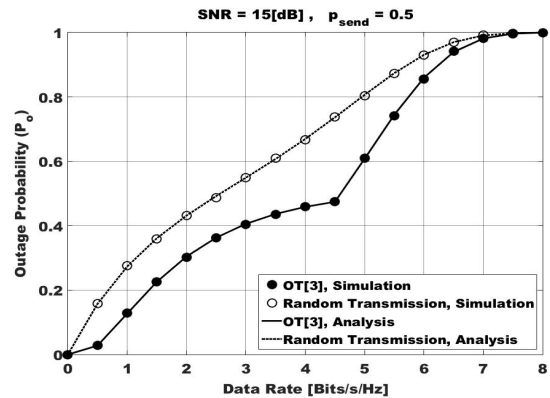


그림 1. 제안한 기회적 전송기법의 Outage 확률

그림 1은 기회적 전송기법의 Outage 확률을 보여 준다. 성능 비교를 위하여 전송확률을 동일하게 유지하는 무작위적 전송 기법과 성능을 비교하였고, 기회적 전송기법이 훨씬 탁월한 Outage 확률을 보이는 것을 확인하였다.

## 4. ACKNOWLEDGEMENT

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-2016R1A2B40148 34).

## 5. 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, D. Park, and W. -Y. Shin, "Opportunistic interference mitigation achieves optimal degrees-of-freedom in wireless multi-cell uplink networks," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. 60, no. 7, pp. 1935-1944, Jul. 2012.
- [3] 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.