

# Dirty Paper Coding을 이용한 다중 도약 셀룰러 네트워크에서 Sectorization을 통한 전송률 향상

\*박성수, 송형준, 임성목, † 유철우, \*\*홍대식  
 연세대학교 전기전자공학과 정보통신연구실,  
 † 명지대학교 통신공학과 이동통신연구실  
 e-mail : \*soo567@yonsei.ac.kr, \*\*daesikh@yonsei.ac.kr  
 homepage : http://mirinae.yonsei.ac.kr

## Achievable Sum Rate Enhancement by Sectorization for Dirty Paper Coding Aided Multihop Cellular Networks

\*Sungsoo Park, Hyungjoon Song, Sungmook Lim, † Cheolwoo You, \*\*Daesik Hong  
 Dept. of Electrical and Electronic Eng., Yonsei Univ.  
 † Dept. of Communication Eng., Myongji Univ.

### Abstract

This paper proposes a sectorization and exclusive subcarrier allocation technique for dirty paper coding (DPC) aided orthogonal frequency division multiple access (OFDMA) multihop cellular networks. Simulation result shows that the proposed technique significantly increases the achievable sum rate compared to the conventional mobile station selection approach.

### I. 서론

릴레이를 이용한 다중 도약 셀룰러 네트워크는 전송률을 높이고 통신 가능 구역을 넓히기 위하여 제안되었다 [1]. 다중 도약 셀룰러 네트워크는 기지국과 이동국 사이의 경로 손실을 감소시키는 이점이 있지만, 파워, 대역폭 등의 추가적인 자원을 필요로 한다는 단점을 갖는다. 특히, 동시에 송·수신할 수 없는 반양방향(half-duplex) 릴레이의 경우 추가 자원 사용으로 인해 발생하는 전송률의 손실이 실제로 릴레이를 구현하는데 있어 매우 큰 제약으로 여겨졌다 [1].

최근, 반양방향 릴레이의 전송률 손실을 극복하기 위해 DPC를 이용한 새로운 전송 기법이 제안되었다 [2][3]. DPC는 수신단에 들어올 간섭을 송신단이 미리 알고 있는 경우 이를 파워 손실 없이 송신단에서 제거할 수 있는 기법이다 [4]. 이를 이용하여 [3]에서는 직

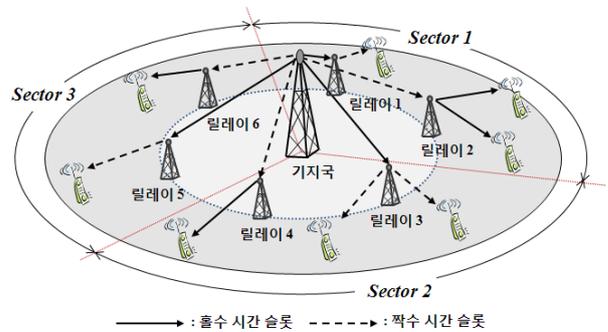


그림 1. DPC를 이용한 OFDMA 다중 도약 셀룰러 네트워크 주파수 분할 다중 접속 (OFDMA) 다중 도약 셀룰러 네트워크의 하향 링크에서 각 부반송파별로 2개의 릴레이를 선택하여 릴레이간 간섭을 미리 제거한 신호를 번갈아가며 전송함으로써 반양방향 릴레이의 전송률 손실을 극복하는 전송기법과 자원할당 기법을 제안하였다. 하지만 [3]에서 제안된 전송기법은 기지국과 이동국 사이에 직접 링크가 존재할 경우 기지국에서 전송된 신호가 이동국에게 간섭을 일으켜 전송률 향상에 제약이 생긴다.

본 논문에서는 DPC를 이용한 OFDMA 다중 도약 셀룰러 네트워크에서 sectorization을 통해 기지국과 이동국 사이에 직접 링크를 제거하고, sector별로 배타적으로 부반송파를 사용하는 자원할당 기법을 제안한다.

### II. 본론

그림 1은 DPC를 이용한 OFDMA 다중 도약 셀룰러 네트워크를 나타낸다. 셀의 중심에 기지국이 위치하고, 그 주위에  $M$ 개의 고정 릴레이가 동심원 상에 존재한다. 릴레이 벨트 바깥의 릴레이 영역에 균일하게 분포하는  $K$ 개의 이동국은 기지국, 릴레이와 함께 동일한 주파수 대역을 공유하고, 전체 채널은  $N$ 개의 OFDMA 부반송파로 구성된다.

† 본 과제(결과물)는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금 및 보조금으로 수행한 최우수실험실 지원사업의 연구결과임.

† 이 논문은 한국과학재단이 주관하는 국가지정연구실사업(NRL:R0A-2007-000-20043-0)의 지원을 받아 연구되었음.

† 본 논문의 일부를 IEEE Globecom, New Orleans, 2008에 제출하였습니다.

기지국과 릴레이 사이의 채널은 고정된 두 노드간의 채널이므로 거의 변화하지 않는다고 가정할 수 있고 (quasi-static fading), 릴레이-이동국 간의 채널은 느리게 변한다고 가정한다. 기지국은 릴레이, 이동국으로부터 피드백 받은 채널 정보를 바탕으로 하향 링크에서 각 부반송파별로 2개의 릴레이와 2개의 이동국을 선택하여 번갈아가며 전송한다. 예를 들어, 홀수 시간 슬롯에는 기지국이  $m$ 번째 릴레이로 메시지를 전송하는 동안  $m'$ 번째 릴레이가  $k'$ 번째 이동국과 동일한 부반송파를 이용하여 통신한다. 이어지는 짝수 시간 슬롯에 기지국은  $m'$ 번째 릴레이로 새로운 메시지를 전송하고, 동시에  $m$ 번째 릴레이는 이전 슬롯에 수신한 메시지를  $k$ 번째 이동국에 전달한다. ( $m \neq m', k \neq k'$ )

동일 부반송파의 재사용으로 인해 발생하는 릴레이간 간섭은 기지국이 그 전 슬롯에 전송한 메시지와 동일하므로, 기지국은 간섭을 미리 알 수 있다. 따라서 각 부반송파별로 DPC 기법을 적용하여 릴레이간 간섭을 미리 제거한 신호를 번갈아가며 전송함으로써 반양방향 릴레이로 인한 전송률 손실을 극복할 수 있다 [3]. 이를 DPC에 기반한 이중 경로 릴레이 전송 기법 (two-path relay based on DPC, TPR-DPC)이라 한다.

TPR-DPC에서 기지국과 이동국 사이에 직접 링크가 존재하는 경우 기지국에서 전송된 신호가 이동국에게 간섭을 일으키므로, [3]에서는 직접 링크 파워가 임계값 이하인 이동국들을 선택한 후 부반송파와 파워를 적응적으로 할당하는 기법을 제안하였다. 하지만 이와 같은 이동국 선택은 직접 링크를 실질적으로 제거하지는 못하고 오히려 선택 가능한 이동국의 수를 줄여 다중 사용자 다이버시티 이득을 감소시키기 때문에 전송률 향상에 제약이 생긴다.

따라서, 본 논문에서는 sectorization을 통해 기지국과 이동국 사이에 직접 링크를 제거하는 기법을 제안한다. 예를 들어 그림 1에서와 같이 한 셀에 릴레이가 6개 존재하는 경우  $120^\circ$  방향성 안테나를 이용하여 셀을 3개의 sector로 나누고, 각 sector의 기지국-릴레이 링크에  $N/3$ 개의 부반송파로 구성된 부반송파 집합을 배타적으로 할당한다.

1번째 sector에 부반송파 집합  $N_1$ 이 할당되었다고 가정하면, 홀수 시간 슬롯에는 기지국과 1번째 릴레이가  $N_1$ 을 통해 신호를 전송하고, 동시에 2번째 릴레이가  $N_1$ 을 제외한 나머지 부반송파 집합( $N_2, N_3$ )에서 부반송파를 할당받는다. 짝수 시간 슬롯에는 1번째 릴레이와 2번째 릴레이가 그 역할을 바꾸어 전송하며, 이와 같은 방식으로 각 sector에 부반송파를 할당한다. 결과적으로 동일한 부반송파가 같은 sector 내에서는 재사용되지 않으므로, 기지국과 이동국 사이에 직접 링크가 존재하지 않게 된다.

### III. 실험 결과 및 결론

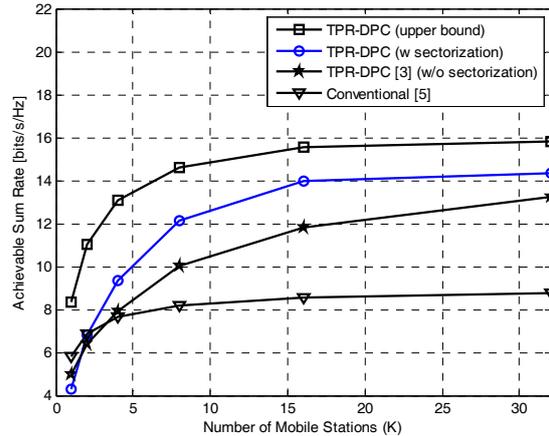


그림 2. 이동국의 증가에 따른 전송률의 변화 (M=6)

제안된 sectorization 및 배타적 부반송파 할당 방식의 성능을 측정하기 위하여 모의 실험을 수행하였다. 실험 환경 및 자원 할당은 [3]과 동일하며, 임계값에 의한 이동국 선택 대신 sectorization과 배타적 부반송파 할당 방식을 사용하였다. 전체 N개의 부반송파는 comb type으로 3개의 부반송파 집합으로 나누었다.

그림 2는 고정 릴레이가 6개 존재할 때 이동국의 증가에 따른 전송률의 변화를 나타낸다. 'Conventional'은 일반적으로 사용되는 반양방향 릴레이를 사용할 경우 자원 할당을 통해 얻을 수 있는 전송률을 나타낸다[5]. 기지국-이동국 간 직접 링크가 존재하지 않는다고 가정할 경우 최대한 얻을 수 있는 전송률을 TPR-DPC의 upper bound로 보았을 때, 제안된 sectorization 및 배타적 부반송파 할당 방식이 [3]에서 제안된 임계값에 의한 이동국 선택방식보다 높은 전송률을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이는 동일한 부반송파가 같은 sector 내에서 재사용되는 것을 막음으로써 기지국과 이동국 사이의 간섭을 제거하여 TPR-DPC 기법의 이득을 최대한 얻을 수 있기 때문이다.

### 참고문헌

- [1] R. Pabst et al., "Relay-based deployment concepts for wireless and mobile broadband cellular radio," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 42, Issue 9, pp. 80-89, Sept. 2004.
- [2] W. Chang, S.-Y. Chung, and Y. H. Lee, "Capacity bounds for alternating two-path relay channels," in *Proc. Allerton Conference on Communications, Control, and Computing*, Urbana, USA, Sept. 2007.
- [3] S. Park, H. Song, S. Lim and D. Hong, "Dirty paper coding aided multihop cellular networks: architecture and resource allocation framework," submitted to *IEEE Globecom, 2008*.
- [4] M. Costa, "Writing on dirty paper," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. IT-29, no. 3, pp. 439-441, May 1983.
- [5] W. Nam, W. Chang, S.-Y. Chung, and Y. H. Lee, "Transmit optimization for relay-based cellular OFDMA systems," *IEEE International Conference on Communications*, pp. 5714-5719, June 2007.