

# IEEE 802.16j 상호 협조 중계 성능 평가

하동주, 김석찬, 박주성, 박동찬  
부산대학교 전자공학과

e-mail: dongju@pusan.ac.kr, sckim@pusan.ac.kr, juspark@pusan.ac.kr,  
dongchan@pusan.ac.kr

## Performance for Cooperative Relay in IEEE 802.16j

Dong Ju Ha, Suk Chan Kim, Ju Sung Park and Dong Chan Park  
Department of Electronics Engineering  
Pusan National University

### Abstract

IEEE 802.16j의 목적은 기존의 IEEE 802.16e에 중계기를 도입하여 커버리지 확장과 데이터 처리율 향상에 있다. IEEE 802.16j시스템에서 두 개 이상의 중계기를 상호 협조적으로 사용함으로써 공간 다이버시티 이득을 얻을 수 있다. 이 논문에서는 상호 협조 중계 방식을 사용하는 IEEE 802.16j의 성능을 링크 레벨 모의 실험을 통해 구하고, 그 방식이 기존의 단일 중계 방식보다 우수한 성능을 가짐을 보인다.

### I. 서론

IEEE 802.16j는 IEEE 802.16표준에 준거한 시스템의 멀티 중계 운용을 가능하게 하기 위해 중계기를 도입하여 OFDMA PHY 및 MAC을 확장하는 것과, 음영 지역 해소를 통한 커버리지 확대와 데이터 처리율 향상을 목적으로 하고 있다. 2006년 3월에 IEEE 802.16j Relay TG이름으로 정식 프로젝트 그룹화 된 후, 2006년 5월부터 2007년 3월까지 총 6차례의 표준회의를 통해 표준화 작업이 활발하게 진행중에 있다.

IEEE 802.16j에서 중계 방식은 다이버시티 특성에 따라 일반적인 단일 중계 방식과 상호 협조형 중계 방식으로 나눌 수 있다. 이 논문에서는 Alamouti가 제안한 시공간 부호를 사용하는 cooperative transmit diversity에 대해 주로 다룬다 [1].

이 논문에서는 IEEE 802.16j 시스템과 상호 협조 중

계 방식에 대해 살펴본 뒤, IEEE 802.16j시스템에서 단일 중계 방식과 상호 협조 중계 방식에 대한 성능을 BLER와 SINR관점에서 평가한다.

### II. IEEE 802.16j 상호 협조 중계

시공간 부호를 사용하는 IEEE 802.16j 시스템은 기존의 IEEE 802.16e에서 시공간 부호에 대한 부분을 추가하여 표현할 수 있다. 참고로, 주파수 영역인 신호는 대문자로, 시간 영역 신호는 소문자로 표시한다.

입력 신호인 이진 데이터가 채널코딩을 거치고 인터리빙된다. QAM Symbol로 매핑된 후, 부반송파 할당 방식에 의해 1024 FFT 크기 중에 사용 가능한 841개의(Nused)에 따라 부반송파에 할당을 하게 되고 나머지는 보호 구역으로 0으로 할당된다 [2][3]. 연속된 두 개의 OFDMA 심볼  $S_1, S_2$ 는 시공간 부호 인코더에서  $S_1, S_2, -S_2^*, S_1^*$ 로 인코딩 된다. 시공간 부호 인코더를 거친 신호들은 IFFT과정을 통해 시간영역의 신호로 식 (1)과 같이 바뀌게 된 후 CP(Cyclic Prefix)를 더해지게 되어 전체길이가  $N + L$ 인 심볼을 이루게 된다. 여기서,  $N$ 은 FFT 크기를 나타내며  $L$ 은 CP 크기를 나타낸다. 이와 같은 전송 신호는 두 개의 전송 안테나를 통해 1번 안테나로  $s_1$ 과  $-s_2^*$ 을 전송하게 되고, 2번 안테나로  $s_2$ 와  $s_1^*$ 을 전송하게 된다.

$$S_i(t) = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} S_i e^{j2\pi mt} \quad (1)$$

수신단에서, 두 개의 페이딩 채널을 겪은 신호들은

하나의 수신 안테나를 통해 더해지며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\tilde{r} = \tilde{h}^T \tilde{s} + n \quad (3)$$

여기서  $n$ 은 평균이 0이고, 분산이  $\sigma_n^2$ 인 AWGN 벡터를 나타낸다. CP를 제거하고 난 뒤, 수신된 신호는 FFT연산을 하게 되어 다시 주파수 영역 신호가 된다. FFT과정을 거친 주파수 영역 수신 신호  $R$ 과 채널추정치를 이용하여 결합기에서 결합 신호 추정치  $\hat{S}$ 를 다음 식을 이용하여 구할 수 있다 [1].

$$\hat{S}_1 = \frac{\hat{H}_1^* R_1 + \hat{H}_2^* R_2}{|\hat{H}_1|^2 + |\hat{H}_2|^2} \quad (4)$$

$$\hat{S}_2 = \frac{\hat{H}_2^* R_1 - \hat{H}_1^* R_2}{|\hat{H}_1|^2 + |\hat{H}_2|^2}$$

결합기에서 구한 추정치  $\hat{S}$ 는 디코더로 보내어지게 되고, 부채널 할당의 역과정과 심볼 매핑의 역과정을 거친 후, 비터비 디코더에서는 추정치  $\hat{S}$ 를 이용하여 원래의 데이터를 복구할 수 있다.

IEEE 802.16j 시스템에서 상호 협조 중계 방식은 단일 중계 방식보다 우수한 성능을 제공하기 위해 사용된다. 기지국에서 시공간 부호화된 신호를 생성하여 중계기로 전송하게 되고, 중계기는 받은 신호를 단말기로 전송하게 된다 [4]. 앞서 살펴본 시공간 부호를 적용한 OFDMA시스템에서 두 개의 안테나로 전송되는 각각의 신호  $[S_1 - S_2^*]$ ,  $[S_2, S_1^*]$ 를 상호 협조 중계 방식에서는 각기 다른 중계기와 단말기간의 경로로 전송함으로써 상호 협조 중계 방식을 적용할 수 있다.

### III. 성능분석 및 모의실험

모의 실험은 IEEE 802.16j 시스템에서 모든 부채널을 사용하는 하향링크에 대한 성능 평가를 하였다. 채널코드는 부호율이 1/2인 Convolutional tailbiting 코드를 사용하였고, encoding block 크기는 288 바이트다. 또한, 채널추정과 동기는 완벽하다고 가정하였고, 다중 경로 페이딩 채널은 SUI모형을 사용하였다. 한편 SUI 모델은 이동속도가 3km/h의 저속이므로, 여기서는 이동속도가 없다고 가정하였고 [5], 기지국과 중계기간의 링크는 에러발생시 재전송등을 통해 에러가 발생하지 않는다고 가정하였다.

그림 1은 SUI 다중 경로 페이딩 채널 모델에서 단일 중계 방식과 상호 협조 중계 방식의 BLER에 대한 성능을 나타내었다. SUI 1 과 SUI 2는 LOS 환경인 반면, SUI 4와 SUI 5는 NLOS 환경이다. 따라서 그림에서 알 수 있듯이, SUI 1과 SUI 2에 대한 성능이 SUI 4와 SUI 5에 대한 성능보다 우수하다는 것을 알 수 있다. 또한 상호 협조 중계 방식의 성능이 단일 중계 방식의 성능 보다, BLER에서 약 3dB 정도 이득을 가진다는 것을 알 수 있다.

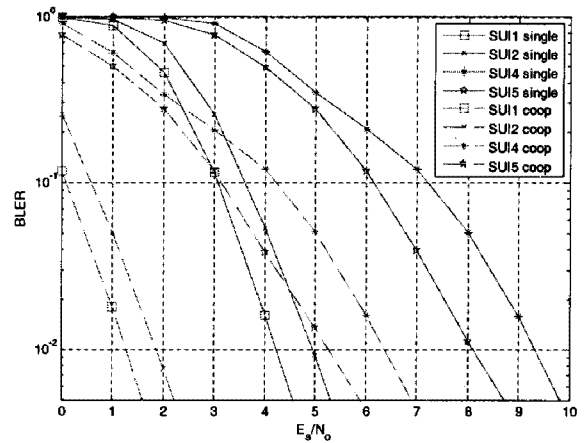


그림 1. 단일 중계 방식과 상호 협조 중계 방식의 BLER 성능

### IV. 결론

이 논문에서는 IEEE 802.16j에서 시공간 부호를 사용하는 상호 협조 중계 방식에 대해 BLER의 관점에서 성능을 살펴보았다. 상호 협조 방식이 단일 중계 방식보다 3dB 정도의 이득을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있으며, LOS환경에서의 성능이 NLOS 성능보다 우수하다는 것을 알 수 있었다.

### 참고문헌

- [1] S. A. Alamouti, A simple transmit diversity technique for wireless communication, *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 16, no. 10, pp. 1451-1458, Oct. 1998.
- [2] IEEE Std 802.16 - 2004, Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, Oct. 2004.
- [3] IEEE Std 802.16e-2005 and IEEE Std 802.16-2004/Cor1-2005, *Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems*, Feb. 2006.
- [4] Baseline Document for Draft standard for Local and Metropolitan Area Networks, *Part 16: Air interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Multihop Relay Specification*, 802.16j-06/026r2, Feb. 2007.
- [5] V. Erceg and L. J. Greenstein, An Empirically Based Path Loss Model for Wireless Channels in Suburban Environments, *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 17, no. 7, pp. 1205-1211, July 1999.