

## OFDMA 시스템에서 양방향 협력통신기법

김기로, 유영환, 송형규<sup>1</sup>  
 세종대학교

sotoro@naver.com, yhyou@sejong.ac.kr, songhk@sejong.ac.kr

## Interactive Cooperative Communication Scheme for OFDMA System

Ki-Ro Kim, Young-Hwan You, Hyoung Kyu Song<sup>1</sup>  
 Sejong University

## 요 약

무선통신에서 다중안테나를 사용하지 않고 다이버시티 이득을 얻기 위한 대안으로 협력 통신 기법이 개발되어 왔다. 하지만 대부분의 협력기법들은 릴레이에 신호를 전송하는 과정에서 delay 가 발생하게 되어 전송률이 감소하는 단점이 있다. 본 논문에서는 OFDMA 시스템에서 feedback 정보를 이용하는 기법을 사용하여 전송 손실이 발생하지 않으면서 기존의 MISO(multi input multi output)시스템과 비슷한 성능을 갖는 새로운 협력 모델을 제안한다. 제안된 기법은 bit error rate(BER) 관점에서 평가되고 협력하는 사용자와의 채널이 보장되면 기존의 MISO 기법과 비슷한 성능을 보이는 것을 보여준다.

## 1. 서론

협력통신은 단일 안테나를 가진 여러 단말들이 모여 가상의 다중안테나를 형성하여 다이버시티 이득을 얻는 기법이다. 하지만 대부분의 협력 기법들은 수신단에서 소스 와 릴레이로부터 디코딩 할 수 있는 구성으로 받아야 하기 때문에 전송률 손실이 발생한다.

그리하여 본 논문에서는 각 사용자 마다 다른 주파수 밴드를 사용할 수 있기 때문에 협력 통신에서 매우 효과적인 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 업링크 시스템과 적은 양의 피드백 정보를 요구하면서 높은 성능을 갖는 SPC 기법을 사용하여 기존의 MISO 시스템과 비슷한 성능을 보이지만 전송률 손실이 없는 전송기법을 제안한다 [1].

## 2. 시스템 모델 및 제안 알고리즘

본 논문에서 제안한 협력 전송 기법은 두 명의 사용자가 짝을 이뤄 서로의 정보를 공유하여 목적지에서 피드백 정보를 받아 pre-coding 하여 전송하여 다이버시티 이득을 얻는 방법이다. 제안된 시스템은 full-duplex 시스템으로 가정하고 모든 사용자와 목적지의 안테나 수는 1 개로 가정하였다.

그림 (1)은 본 논문에서 제안하는 시스템 모델이다.  $H_{u(m),u(n)}$ 는 사용자 사이의 채널을 나타내고  $H_{u(m),b}$ 는 사용자와 목적지의 채널을 나타낸다. ( $m = i, j$ ) 이 모델은 각 사용자 마다 다른 주파수 밴드를 사용할 수 있는 OFDMA 시스템으로 점선은  $i$  번째 사용자의 주파수 밴드를 실선은  $j$  번째 사용자의 주파수 밴드를 나타낸다. 각 채널들은 적어도 한 번의 전송시간 동안 채널 상태가 일정하며 Rayleigh fading 을 겪고 독립적이고 동일한 분포를 갖는 멀티패스 채널로 가정한다. 또한 각 채널은 완벽하게

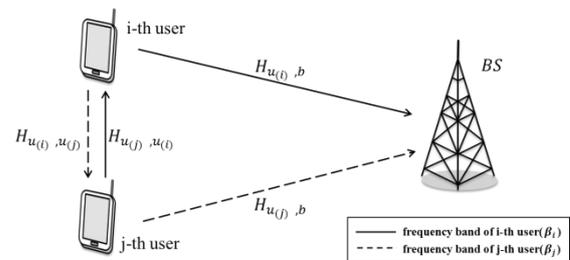


그림 1. 제안된 시스템 모델

추정된다고 가정한다. 먼저 사용자들은 채널 상태가 좋은 사용자를 찾아 다른 사용자와 짝을 이룬다. 이때 설명을 쉽게 하기 위해 1-bit 피드백정보를 사용하는 SPC 인 경우를 예를 들어 설명하면  $i$  번째 사용자와  $j$  번째가 짝을 이룬 경우에 대해 살펴보면 다음과 같다.

먼저 각 사용자는 상대방의 주파수 밴드를 이용하여 자신의 데이터를 브로드캐스팅한다. 이때 각 사용자가 수신한 데이터의 수식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} R^{(i)}(l) &= X^{(j)}(l) \cdot H_{u(j),u(i)} + \eta(i) \\ R^{(j)}(l) &= X^{(i)}(l) \cdot H_{u(i),u(j)} + \eta(j) \end{aligned} \quad (1)$$

위 수식에서  $X^{(m)}(l)$ 는 BPSK modulation 된  $m$  번째 사용자의  $l$  번째 데이터를 나타내고  $\eta$ 는 평균이 0 이고  $\sigma^2$ 을 갖는 복소 가우시안 잡음을 나타낸다.  $R^{(m)}(l)$ 은  $m$  번째 사용자의  $l$  번째 수신 받은 데이터를 나타낸다. ( $m = i, j$ ) 이렇게 수신된 데이터는 DF(decode and forward) 기법을 사용하여 추정한다.

이렇게 추정된 다른 사용자의 데이터와 사용자 자신의 데이터를 합치고 1-bit feedback 정보를 사용 SPC 기법을 적용한 후 QPSK modulation 한 후 자신의 주파수 밴드를 사용하여 재구성한 신호를 전송한다. 이 때 목적지에서 받은 데이터의 구성은

<sup>1</sup> 교신저자

아래와 같이 표현 할 수 있다.

$$Y(l) = [P_1 \cdot X^{(i,j)}(l) \ P_2 \cdot X^{(i,j)}(l)] \begin{bmatrix} H_{u(i),b} \\ H_{u(j),b} \end{bmatrix} + N \quad (2)$$

위 수식에서  $N$ 은 복소 가우시안 잡음 벡터를 나타내고,  $P_m$ 은 1-bit 피드백 SPC를 위한 pre-coding 벡터를 나타낸다.  $P_m$ 은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$P_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}, P_2 = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{state1} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} e^{-j\pi} & \text{state2} \end{cases} \quad (3)$$

위 식에서  $1/\sqrt{2}$ 는 전송 파워를 normalization 하기 위한 값이고 1-bit feedback의 경우  $e^{-j\pi}$ 만큼 위상을 회전 시키거나 시키지 않는 두 가지 경우만 시행한다. State의 결정은 두 채널  $H_{u(i),b}$ 와  $H_{u(j),b}$ 의 각도에 의해 결정된다. 목적지에서는 수신 받은  $Y(l)$ 를 추정하게 되는데 아래와 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$\hat{X}^{(i,j)}(l) = Y(l)/H_n \quad (4)$$

여기서  $H_n$ 은 중첩된 채널을 나타낸다 [2, 3]. 이 기법은 첫 번째 단계를 제외하고 전송률 손실이 발생하지 않기 때문에 전송률 손실이 발생하지 않는다고 볼 수 있다. 그러므로 사용자로부터 목적지로 지속적인 중계가 가능하다.

### 3. 시뮬레이션 결과

제안된 기법의 시뮬레이션을 위해 7-path Rayleigh fading 채널을 사용하였고 FFT size는 512를 사용하고 OFDM 심볼의 가드 인터벌의 길이는 128로 하였다. 콘볼루션 코드는 rate = 1/2, 구속장의 길이 = 7을 사용하여 시뮬레이션 하였다.  $i$ 번째 사용자와  $j$ 번째 사용자의 채널이 상태가 완벽할 때 이 기법은 기존의 MISO 시스템과 같은 성능을 갖기 때문에 두 사용자 사이의 채널의 상태는 매우 중요한 요소이다. 그래서 본 논문에서는 사용자 사이의 채널 상태를 나타내는 SNR\_D에 따라 시뮬레이션을 수행하였다. 여기서 SNR\_D은 사용자 사이의 채널의 SNR과 사용자와 목적지 사이 채널의 SNR의 차이이다. 그림 2를 보면  $i$ 번째 사용자와  $j$ 번째 사용자 사이의 채널 상태가 좋아 질 수록 전송안테나를 사용하는 SPC 기법과 비슷한 성능을 보이는 것을 볼 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 OFDMA 시스템을 기반으로 SPC 기법을 이용하여 전송률 손실이 없이 협력 통신 할 수 있는 기법을 제안하였다. CDD 보다 항상 좋은 성능을 보이면서 사용자간의 채널상태가 보장되면 기존의 다중안테나를 사용하는 기법과 비슷한 성능을 나타낼 수 있다. 그러므로 무선 양방향 방송 시스템에서 전송률 손실이 없으면서 높은 전송 성능을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

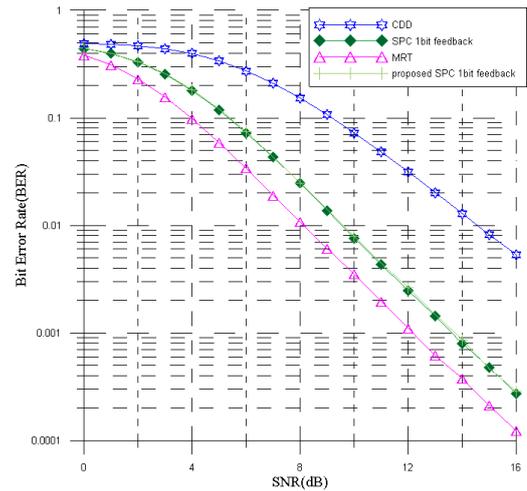


그림 2. SNR\_D가 10인 경우의 BER 성능비교 그래프

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT 융합 고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2013-H0401-13-1003 그리고 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2012-000902).

### 참고 문헌

- [1] Myung-Sun Beak and Hyung-Kyu Song "Cooperative diversity technique for MIMO-OFDM uplink in wireless interactive broadcasting," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol.54, no.4, pp.1627-1634, Nov. 2008.
- [2] S. Kaiser, "Performance of spatial pre-coding (SPC) in broadband OFDM systems," ICC, pp.4405-4410, June 2007.
- [3] Jeong-Chul Shin, Jee-Hoon Kim and Hyung-Kyu Song "Efficient Feedback Design for Spatial Phase Coding in MISO-OFDM Systems," IEICE Trans. on Communications vol.E94-B, no.7, pp.2149-2152, July 2011