

다중 사용자 OFDM 시스템에서 다이버시티를 향상시키기 위한 새로운 기법

*허지행, 민현기, 김형중, **홍대식
연세대학교 전기전자공학과 정보통신 연구실
e-mail : *slamhjh@yonsei.ac.kr, **daesikh@yonsei.ac.kr
Homepage: <http://mirinae.yonsei.ac.kr>

A New Diversity Technique for multi-user OFDM

*Jihaeng Heo, Hyunkee Min, Hyungjong Kim, and **Daesik Hong
Information and Telecommunication Lab. (B715),
Dept. of Electrical and Electronic Eng., Yonsei Univ

Abstract

A new diversity technique is proposed for multi-user single-input single-output (SISO) orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) uplink system. Each user transmit a symbol using frequency band of all users that are active in the uplink. In addition, a receiver detect each signal using maximum likelihood (ML) method. Simulation results show that the proposed technique improves a diversity order without an additional bandwidth and a loss of data rate.

frequency division multiplexing, OFDM) 시스템에서, 상향 링크에 동작하고 있는 사용자들은 다른 사용자의 주파수 대역을 동시에 공유하여 전송하고, 수신단에서는 maximum likelihood (ML) 방법을 이용하는 기법이다. 제안된 기법은 전송률 및 전체 사용자가 사용하는 주파수 대역의 손실 없이 다이버시티 오더를 증가시킬 수 있다. 다이버시티 이득에 의한 성능 향상을 비교하기 위하여, 제안된 기법의 성능을 기존의 OFDM 시스템 및 2×1 시공간 블록 부호화 (space time block coding, STBC) 기법 [3] 을 적용한 OFDM MIMO 시스템의 성능과 함께 보인다.

I. 서론

무선 이동 통신 환경에서는 페이딩 채널에 의해 신호가 크게 왜곡 된다. 이러한 페이딩 채널에서 다중 안테나 (MIMO) 기술을 사용하면 무선통신의 용량 증대와 신뢰성 향상을 얻을 수 있다 [1]. 다중 안테나 기술은 UMTS, IEEE 802.16등 다수의 차세대 인터넷 기법의 표준으로 채택되어있다 [2].

그러나 작은 단말기는 크기와 전력의 제약 때문에 다중 안테나를 배치하기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 다중 안테나를 사용할 수 없는 환경에서 다이버시티 이득을 얻기 위한 새로운 기법을 제안한다. 이 기법은 N 개의 부 반송파를 이용하여 신호를 전송하는 다중 사용자 직교 주파수 분할 다중화(orthogonal

II. 본론

각 사용자는 서로 다른 주파수 대역을 할당 받고, 할당 받은 대역에서 N 개의 부반송파로 구성된 OFDM 주파수 분할 다중 접속 (FDMA) 방식을 사용한다. 이때, 사용자 1, 2는 각각 f_1, f_2 의 주파수 대역을 할당 받는다고 가정한다. 그리고 f_1, f_2 대역에 대한 부반송파의 n 의 범위는 각각 $0 \leq n \leq N-1, N \leq n \leq 2N-1$ 이라고 가정한다.

제안하는 송·수신기의 블록 다이어그램은 각각 그림 1, 그림 2와 같다. 그림 1에서 사용자 1은 OFDM 변조된 신호를 f_1 과 f_2 에 자신의 신호인 S_1 을 똑같이 전송한다. 2개의 주파수 대역을 동시에 사용하기 때문에 전체 신호의 전력을 1로 정규화하기 위해서 S_1 에 $1/\sqrt{2}$ 을 곱해준다. 사용자 2도 마찬가지로 f_1 과 f_2 를 이용하여 자신의 전송 신호인 S_2 를 전송한다. 수신단에서는 f_1 과 f_2 의 대역 모두에 S_1 과 S_2 의 신호가 서로 다른 채널을 겪고, 합쳐진 형태로 들어오게 된다. 이 때, 그림 2와 같이 f_1 과 f_2 의 대역에 대해 각각

1) 본 과제(결과물)는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금 및 보조금으로 수행한 최우수실험실 지원사업의 연구 결과임.

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

OFDM 복조를 하면, 복조된 신호는 아래와 같다.

$$y[n] = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}(S_1[n]H_1[n] + S_2[n]H_2[n]) + \omega[n] & \text{for } 0 \leq n \leq N \\ \frac{1}{\sqrt{2}}(S_1[n-N]H_1[n] + S_2[n-N]H_2[n]) + \omega[n] & \text{for } N \leq n \leq 2N-1 \end{cases}, \quad (1)$$

여기서 H_1 과 H_2 는 각각 사용자 1, 2에 해당하는 복소 가우시안 랜덤 채널의 주파수 응답이고 ω 는 부가 백색 가우스 잡음이다. 그리고 (1)은 아래와 같은 매트릭스 형태로 표현할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} y[n] \\ y[n+N] \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} H_1[n] & H_2[n] \\ H_1[n+N] & H_2[n+N] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1[n] \\ S_2[n] \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega[n] \\ \omega[n+N] \end{bmatrix}. \quad (2)$$

(2)의 수식을 살펴보면, 제안된 기법에 의해 수신된 신호가 2×1 공간 다중화 (spatial multiplexing) MIMO 시스템의 수신 신호와 같은 형태로 표현됨을 알 수 있다 [2]. 따라서 위의 수식에 대한 ML 수신기를 구성하면 2의 다이버시티 오더를 얻을 수 있다. (2)에 대한 ML 수신기는 아래와 같이 구성할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \hat{S}_1[n] \\ \hat{S}_2[n] \end{bmatrix} = \underset{s}{\operatorname{argmin}} \left\| \begin{bmatrix} y[n] \\ y[n+N] \end{bmatrix} - \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} H_1[n] & H_2[n] \\ H_1[n+N] & H_2[n+N] \end{bmatrix} s \right\|_F^2. \quad (3)$$

즉, 제안된 기법은 2명의 사용자가 상향 링크에서 동작하고 있을 때, 서로의 주파수 대역을 동시에 이용하여 주파수 다이버시티를 얻는 기법이다. 그리고 주파수 대역을 동시에 이용함으로써 사용자를 구분하지 못하는 문제를 ML receiver를 사용하여 해결한다.

III. 실험 결과 및 결론

제안된 기법의 다이버시티 이득에 의한 성능 향상을 비교하기 위하여, 다이버시티 오더가 1인 기존의 단일 사용자 OFDM 시스템과 제안된 기법, 그리고 2×1 STBC 시스템의 비트 오류율 (bit error rate, BER) 성능을 그림 3에 나타내었다.

제안된 기법은 각 사용자가 2배의 대역폭을 사용하지만 2명의 사용자가 공유하여 동시에 전송하므로 3가지 기법 모두 같은 대역폭 효율을 가진다. 그림 3에서 OFDM 시스템은 다이버시티 이득을 얻을 수 없기 때문에 성능이 가장 나쁘다. 그리고 제안된 기법은 2×1 STBC의 성능에 비해 1.8 dB 정도의 E_b/N_0 열화가 발생한다. 이것은 각 사용자가 2배의 대역폭을 사용해서 더 많은 잡음이 신호에 영향을 미치기 때문이다. 그러나 제안된 기법은 2×1 STBC와 같은 2의 다이버시티 오더를 가진다.

본 논문에서는 다른 사용자의 주파수 대역을 동시에 공유하여 신호를 전송하고 수신단에서 ML 기법을 이용하여 신호를 검출하는 것을 제안하였으며, 제안된 기법은 추가적인 대역폭과 전송률의 손실 없이 다이버

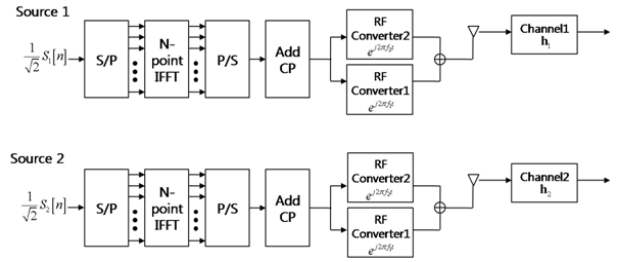


그림 1. 제안한 송신기 블록 다이어그램 (2 User)

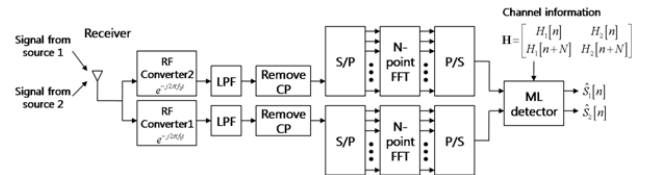


그림 2. 제안한 수신기 블록 다이어그램 (2 User)

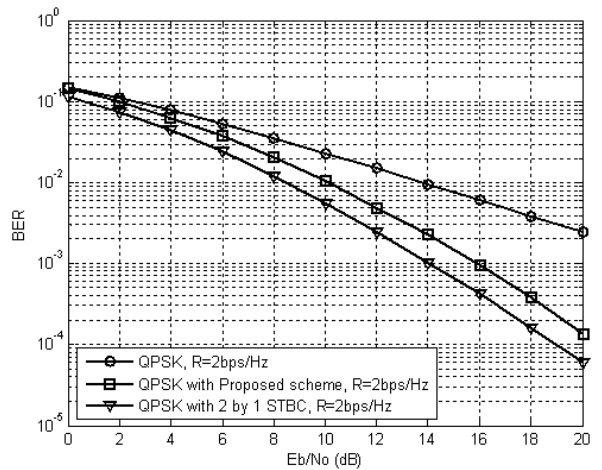


그림 3. 제안한 기법과 다른 기법과의 BER 성능비교

시티 오더 2를 얻을 수 있음을 확인하였다. 따라서 실제로 다중 안테나를 배치하기 어려운 환경에서도 2의 다이버시티 오더를 얻을 수 있다는 장점을 가진다.

참고문헌

- [1] E. Ko and D. Hong, "A Robust STBC-Based Transmit Diversity Scheme for OFDM Systems Over Spatially Transmit Correlated Fading Channels," *IEEE Trans. VT.*, vol. 56, Issue 2, March 2007, pp. 984-991.
- [2] A. Paulraj, R. Nabar and D. Gore, *Introduction to Space-Time Wireless Communications*, Cambridge University Press, 2003
- [3] S. M. Alamouti, "A simple transmit diversity technique for wireless communications," *IEEE J. on Selected Areas in Comm.*, vol. 16, no. 8, pp. 1451-1458, Oct. 1998.