

안테나 선택을 이용한 Beamforming 기반의 MIMO-OFDM 시스템

박대진*, 양석철, 신요안
 송실대학교 정보통신전자공학부

A MIMO-OFDM System Based on Beamforming with Antenna Selection

Daejin Park*, Suckchel Yang, and Yoan Shin
 School of Electronic Engineering, Soongsil University
 E-mail : *pdj1017@amcs.ssu.ac.kr

Abstract

In this paper, to reduce uplink feedback information for the beam weight and simultaneously maintaining the performance, we propose a MIMO-OFDM (Multi Input Multi Output-Orthogonal Frequency Division Multiplexing) system based on beamforming with antenna selection. In the proposed system, to perform the beamforming with more useful transmit antennas, the optimal combination of transmit antennas with maximum MRT (Maximum Ratio Transmission) beamforming gain is selected. Simulation results reveal that the proposed MIMO-OFDM system adopting the beamforming with antenna selection can reduce the feedback information for the beam weights as compared to the system using all the transmit antennas without serious degradation of system performance.

I. 서론

최근 각광받고 있는 MIMO-OFDM (Multi Input Multi Output-Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기반의 이동통신 시스템에서는 셀 경계 (Cell Boundary)와 같이 반송파대간섭전력비 (Carrier-to-Interference Ratio; CIR)가 낮은 열악한 채널 환경에 위치한 단말기를 위한 안정적인 트래픽 전송 문제가 매우 중요시되고 있다.

이에 본 저자들은 열악한 채널에서의 하향링크 트래픽 전송 성능 개선을 위한 Beamforming 기반의 MIMO-OFDM 시스템[1]을 제안한 바 있으나, 상향링크로의 과도한 채널 정보량으로 인하여 주파수 효율 측면에서 성능 열화가 발생된다. 따라서 본 논문에서는 MIMO-OFDM 시스템에 요구되는 과도한 채널 정보량을 줄이

기 위해서 안테나 선택 기반의 Beamforming 기법을 제안하고자 한다.

II. 본론

본 논문에서 고려하는 시스템은 기본적으로 MIMO 를 위해 M 개의 송신 안테나 및 N 개의 수신 안테나를 사용하게 되고, OFDM 을 위해 N_c 개의 부반송파를 사용하며 SBA (Simple Bit Allocation)를 고려했을 경우 전체 N_c 개 중에서 채널 상태가 우수한 N_s 개의 부반송파만을 통해 데이터 전송이 수행된다. 특히, 송신단에서는 수신단으로부터 채널받은 CSI (Channel State Information) 와 Beam Weight 벡터를 이용하여 SBA 를 수행후 채널 특성이 우수한 부채널들을 선별하게 되고, 선택되어진 부채널에 매핑된 데이터 심벌과 Beam Weight 벡터를 곱한 후 IFFT (Inverse Fast Fourier Transform)를 수행하여 각 송신 안테나를 통해 최종 OFDM 심벌의 전송이 수행된다. 수신단에서는 수신 안테나를 통해 수신된 신호에 대해 FFT 를 수행하게 되고, 버퍼에 저장된 CSI 와 Beam Weight 벡터를 사용하여 MRC (Maximum Ratio Combining) 검출을 통한 최종 데이터 복조 과정을 수행하게 된다. 특히, 본 논문에서는 송신단 MRT (Maximum Ratio Transmission) 및 수신단 MRC 기법 연동에 적합한 효율적인 공간 자원 그룹화 기반의 CSI 이득 계산법을 이용한 M-GTA-SBA (Modified GTA-SBA) 기법[1]을 고려한다.

한편, 특정 부반송파에 대해 서로 독립적인 채널 특성에 기인하여 실제 Beamforming 성능의 극대화에 거의

이 논문은 정보통신부의 ITRC 프로그램 및 삼성전자 SKYPASS 4G 과제의 일부 지원으로 이루어짐

영향을 주지 못하는 송신 안테나가 존재할 수 있고, 이로 인해 특정 송신 안테나를 위해 제한되는 Beam Weight 정보는 전체 시스템 성능 측면에서 오히려 낭비가 될 수 있게 된다. 따라서 이러한 송신 안테나를 배제한, 즉 성능 열화를 최소화하면서 제한 정보량을 감소시킬 수 있는 최적의 안테나 선택에 의한 Beamforming 수행이 가능하다. 예를 들어 M 개의 송신 안테나 중에 선택된 L 개만을 통해 Beamforming 을 수행할 때, 이러한 최적 안테나 선택 기반의 채널 행렬인 $\mathbf{H}_s(c)$ 를 선택하기 위한 방법은 다음 식과 같다.

$$\bar{s} = \arg \max_{1 \leq s \leq S} \|\mathbf{H}_s(c) \cdot \mathbf{w}_s(c)\|^2 \quad (1)$$

$$S = {}_M C_L = \frac{M!}{L!(M-L)!} \quad (1 \leq L \leq M)$$

여기서, $\mathbf{H}_s(c)$ 와 $\mathbf{w}_s(c)$ 는 s 번째 안테나 선택에 맞춰 재선택된 채널 행렬 및 Beam Weight 벡터이며, S 는 안테나 선택 수에 해당한다. 그림 1 에서는 $M=4$, $N=2$, $L=3$ 인 경우 안테나 선택에 의한 채널 행렬 선택과정의 예를 보여주고 있으며, 이 예에서는 식 (1) 에 의해 1, 3, 4 번째 송신 안테나 선택이 최적인 경우를 제시하고 있다.

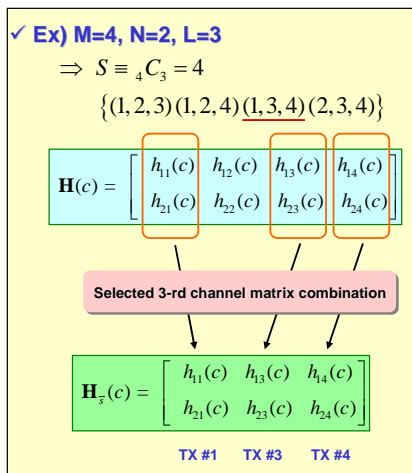
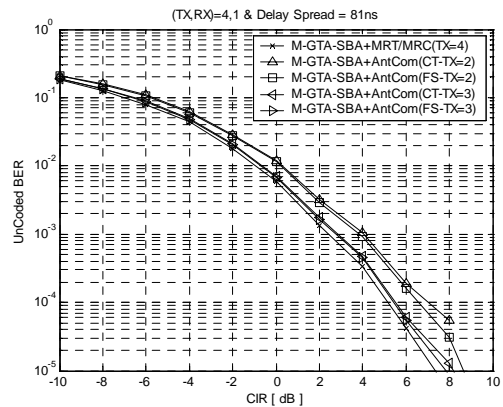


그림 1. 안테나 선택에 의한 채널행렬 선택과정의 예

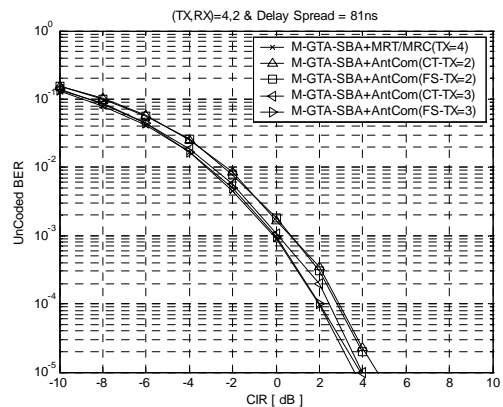
III. 실험결과

그림 2 은 송신 안테나가 4 개, 수신 안테나가 각각 1, 2 인 MIMO 환경에서 Delay Spread 가 81 nsec 인 채널을 고려했을 경우 안테나 선택을 이용한 Beamforming 기반 MIMO-OFDM 시스템의 비트오율 (Bit Error Rate; BER) 성능을 나타내고 있다. 그림에서 “CT (CounT)” 는 전

체 부반송파에 대해 가장 많이 선택된 최적의 안테나 선택을 찾고 그 선택으로 전체 부반송파에 대해 동일하게 Beamforming 을 적용한 경우이고, “FS (Full-Search)” 는 각 부반송파마다 독립적으로 최적의 안테나 선택을 찾은 후 그 선택에 따라 부반송파별로 Beamforming 을 수행한 경우이다. 그림에서 볼 수 있듯이, 전체 송신 안테나 4 개 중 최적의 2, 3 개만을 선택하여 사용하는 안테나 선택 기반의 제안된 MIMO-OFDM 시스템이 4 개의 송신 안테나를 모두 사용하는 기존의 시스템[1]과 거의 유사한 우수한 성능을 보이며, CT 방식과 FS 방식과의 성능 차이는 거의 없음을 확인할 수 있다.



(a) 송수신 안테나 = (4,1)



(b) 송수신 안테나 = (4,2)

그림 2. 안테나 선택을 이용한 Beamforming 기반 MIMO-OFDM 시스템의 BER 성능

참고문헌

[1] D. Park, S. Yang, and Y. Shin, “A MIMO-OFDM system with simple bit allocation and spatial resource grouping based beamforming,” *Proc. ICACT 2006*, Phoenix Park, Korea, Feb. 2006