

고속 페이딩 채널에 적합한 SFBC SC-FDE 시스템 연구

장진호, 원희철, 임기홍
 포항공과대학교 전자전기공학과
 {pamaboy, squiffy, igh}@postech.ac.kr

A study of SFBC SC-FDE system over fast fading channels

Jin-Ho Jang, Hui-Chul Won, and Gi-Hong Im
 Department of Electrical Engineering, Pohang Univ. of Science and Technology (POSTECH)

요약

본 논문에서는 space-frequency block coded (SFBC) 전송을 위한 single-carrier frequency-domain equalization (SC-FDE) 시스템을 제안한다. 제안한 시스템의 전송 시퀀스는 공간 및 주파수 다이버시티를 가지도록 설계되며, 이에 대응하는 결합 수신기는 minimum mean square error (MMSE) 기준에 의하여 유도된다. 시간에 따라 빠르게 변하는 채널에서, 제안한 시스템이 기존의 STBC SC-FDE 시스템에 비해 우수한 성능을 가짐을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 보여준다. 또한 제안한 시스템이 SFBC 가 결합된 OFDM 보다 계산 복잡도가 낮음을 확인하였다.

I. 서론

Frequency-domain equalization (FDE) [1-3]은 광대역 무선 통신 시스템을 위한 간섭 제거 기술로서 각광을 받아 왔다. 이를 기반으로 하는 전송 방식으로서, single-carrier (SC)-FDE 는 orthogonal frequency division multiplexing (OFDM)과 유사한 구조와 성능을 가지면서 비선형 왜곡이나 캐리어 동기에 강한 특징이 있다. 한편, 최근에는 주파수 대역폭이나 송신 전력을 증가시키지 않고, 여러 개의 송신 안테나를 공간적으로 배치함으로써 link reliability 를 향상시킬 수 있는 송신 다이버시티 기술이 큰 관심을 얻고 있다. 대표적인 예로, Alamouti 가 제안한 space-time block coding (STBC) [4]이나 Ahmed 등이 제안한 space-frequency block coding (SFBC) [5-6]이 무선 통신 시스템에서 많이 응용되고 있다. 최근에는 SC-FDE 와 STBC 가 결합된 형태의 다중 안테나 시스템이 Al-Dhahir 에 의해 제안되었다 [3]. 그러나 이 방식은 채널 특성이 시간에 따라 천천히 변하는 환경에서만 성능이 보장된다는 제약이 있다. 따라서 본 논문에서는 단말기의 고속 이동으로 인해 fast 시변 채널에서 발생하는 왜곡 현상을 보상하는 방식으로서, SC-FDE 시스템에 SFBC 를 채용한 구조를 제안하였다. OFDM 과 달리, SC 시스템에서는 전송 시퀀스가 주파수 대역이 아닌 시간 대역에서 처리되기 때문에 SFBC 를 직접적으로 적용할 수 없다. 이를 해결하기 위해 제안한 SC 시스템의 송신기는 공간 및 주파수 다이버시티를 가질 수 있도록 설계하였으며, 결합 수신기는 minimum mean square error (MMSE) 기준에 의하여 유도하였다. Uncoded 전송의 경우, 제안한 시스템은 OFDM 보다 우수한 성능을 가지게 되는데 이는 채널상에서 주파수 선택적 페이딩으로 인한 deep spectral null 이

존재하기 때문이다.

II. SFBC SC-FDE 시스템

A. 시스템 모델

SC 방식을 사용하는 전송 시스템에서 cyclic prefix (CP)는 order 가 L 인 FIR 필터로 모델링된 channel impulse response (CIR) 만큼의 길이를 가지며 각 전송 심볼은 QPSK 변조로 생성된다. 길이가 N 인 블록 내에서 전송되는 심볼 벡터를 \mathbf{x} 라 하면, 수신된 심볼 벡터는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\mathbf{r} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{n} \quad (1)$$

여기서 \mathbf{n} 은 zero mean 을 갖는 complex additive white Gaussian noise (AWGN) 성분들이다. 그리고 $N \times N$ 의 크기를 갖는 채널 행렬 \mathbf{H} 는 CIR 에 $(N-L)$ 만큼의 zero 가 추가된 벡터를 첫번째 column 으로 가지는 순환 행렬이며 다음과 같이 decomposition 할 수 있다.

$$\mathbf{H} = \mathbf{W}^H \mathbf{\Lambda} \mathbf{W} \quad (2)$$

이 때, \mathbf{W} 는 $N \times N$ 의 크기를 갖는 직교 정규 푸리에 변환 (DFT ; discrete Fourier transform) 행렬이며 ($\mathbf{W}^H \mathbf{W} = \mathbf{W} \mathbf{W}^H = \mathbf{I}_N$), $(\cdot)^H$ 는 complex conjugate transpose 를 의미한다. $\mathbf{\Lambda}$ 는 CIR 의 푸리에 변환 값들을 가지는 대각 행렬이다.

B. 제안된 송신 다이버시티 기법

본 논문에서는 두 개의 송신 안테나와 한 개의 수신안테