

OFDM 시스템에서 LDC 기법을 이용한 채널추정 및 성능 분석

*조봉균 **한동석

경북대학교

*jbggg1@ee.knu.ac.kr

Analysis of MIMO and Rotated Constellation Transmission System for Ultra High Definition Television

*Jo, Bong Gyun **Han, Dong Seog

Kyungpook National University

요약

본 논문에서는 MIMO(multi-input multi-output)-OFDM(Orthogonal frequency-division multiplexing) 시스템에서 정확한 채널 추정을 위하여 CAZAC 시퀀스를 LDC(linear dispersion code)로 부호화하여 전송하는 시스템을 제안한다. MIMO 시스템의 성능은 채널 추정 성능에 크게 영향을 받는다. 또한 MIMO 시스템은 송수신 안테나 개수에 따라 채널의 개수가 증가하므로 서로 다른 송신 안테나에서 전송된 훈련열을 수신기에서 정확히 분리해야 한다. 그러므로 MIMO-OFDM 시스템에서 훈련열로 사용되어질 CAZAC 시퀀스를 LDC로 부호화하여 수신 채널간의 간섭을 제거하는 방법을 제시하고 그 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 비교분석하였다.

1. 서론

MIMO(multi input-multi output) 기법은 차세대 방송 시스템 또는 차세대 모바일 시스템에서 요구하는 높은 전송량을 채널 대역폭을 확장시키지 않고 달성할 수 있다.[1] 그러나 MIMO 기법은 높은 전송량을 달성할 수 있음에도 불구하고 수신 채널간의 간섭 및 다중 경로 채널에서는 신호의 왜곡이 심하게 일어난다. 이러한 문제로 인하여 수신기에서는 신호의 검파가 어렵기 때문에 정확한 채널 추정 기법이 필요하다. 또한 여러 개의 채널을 통과한 신호들이 한 개의 수신기에 섞여서 들어오기 때문에 여러 개의 채널을 동시에 추정하기 위해서는 채널 추정에 필요한 훈련열 간의 직교성이 유지되어야 한다.

본 논문에서는 정확한 채널 추정을 위하여 CAZAC 시퀀스를 이용한다. CAZAC 시퀀스는 시간과 주파수 영역에서 전력분포가 일정하여 주파수 영역에서 채널을 추정하는 OFDM(Orthogonal frequency-division multiplexing) 시스템에 적합하다. 또한 MIMO 기법을 사용하면 여러 개의 채널을 추정해야 하므로 송신기에서 전송하는 서로 다른 CAZAC 시퀀스 훈련열들을 간섭없이 분리해야만 한다. 이러한 CAZAC 시퀀스를 주파수 영역에서 간섭없이 분리하기 위하여 LDC(linear dispersion code) 기법을 적용하여 부호화하였다. LDC 기법은 전송량을 증가시키는 대표적인 MIMO 기법으로 선형 분산 행렬을 이용하여 정보를 분산시켜 전송하는 방식이다. 이러한 LDC 기법을 이용하여 CAZAC 시퀀스 및 송신 신호들을 부호화하여 전송하는 시스템을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서는 CAZAC 시퀀스의 특징을 살펴보고 3장에서는 LDC 부호화 방법에 대하여 알아본다. 4장에서는 제안한 시스템을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석하고, 마지막 5장에서 결론을 맺는다.

2. CAZAC 시퀀스

CAZAC 시퀀스는 시간과 주파수 영역에서 전력분포가 일정하는 장점이 있기 때문에 주파수 영역 채널 추정을 하기에 적합하다. 이러한 CAZAC 시퀀스는 다음과 같다.

$$s(n) = \begin{cases} e^{j\frac{2\pi q}{L}\left(n + \frac{n^2}{2}\right)}, & \text{if } L = \text{even} \\ e^{j\frac{2\pi q}{L}\left(n + \frac{n(n+1)}{2}\right)}, & \text{if } L = \text{odd} \end{cases}, n = 0 \dots L-1 < L \quad (1)$$

식 (1)은 CAZAC 시퀀스의 n 번째 출력을 나타낸 것이다. q 는 root, L 은 시퀀스 길이를 나타내고, L 에 따라 q 만큼의 시퀀스 생성이 가능하다. MIMO 채널 추정을 위해서는 CAZAC 시퀀스를 MIMO 시스템의 채널 개수에 맞게 서로 다른 시퀀스를 생성하여 사용한다. 이러한 CAZAC 시퀀스를 LDC로 부호화하여 채널 추정을 위한 훈련열로 사용한다.

3. LDC 기법 및 제안하는 시스템

LDC 기법은 송신 안테나 개수에 비례하여 전송량이 늘어나

1) 본 연구는 방송통신위원회의 방송통신미디어 원천기술개발사업의 연구결과로 수행되었음(KCA-2012-10912-02002)

는 공간 다중화 방식이다. 또한 널리 쓰이고 있는 STBC(space time block code)와 비슷하게 공간 다이버시티 기법으로도 사용 가능하다. 일반적으로 LDC 부호화는 다음과 같다.[2]

$$s_q = \alpha_q + j\beta_q, \quad q = 1, \dots, Q \quad (2)$$

$$S = \sum_{q=1}^Q (\alpha_q I_q + j\beta_q L_q) \quad (3)$$

$$Q = \min(M, N) \times T \quad (4)$$

식 (2)와 같이 변조된 심볼 s 는 식 (3)의 선형분산행렬 I, L 에 곱하여 신호전송행렬 S 를 구성하게 되며, 식 (4)에서 나타내는 Q 값은 신호전송행렬 안에 서로 다른 심볼의 개수를 나타낸다. 그 값은 송신 안테나 개수 M 과 수신 안테나 개수 N 을 비교하여 구한 최소값과 신호전송행렬 S 의 길이 T 의 곱보다 작거나 같게 정의된다. 여기서 훈련열을 부호화 하기 위해서는 Q 를 2로 설정을 하고 나머지 데이터 부분은 Q 를 4로 설정하여 서로 다른 선형분산행렬을 사용한다.

시간 영역에서 부호화된 CAZAC 시퀀스 훈련열은 수신기에서 주파수 채널 추정을 위하여 사용된다. 시간 영역에서 LDC 기법이 적용된 수신 신호는 주파수 영역에서 다음과 같다.

$$\begin{aligned} y_1(n) &= h_1(n) * s_1(n) + h_2(n) * s_2(n) + w_1 \\ y_2(n) &= -h_1(n) * s_2^*(n) + h_2(n) * s_1^*(n) + w_2 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} Y_1(k) \\ Y_2(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_1(k) & S_2(k) \\ -S_2^*(k) & S_1^*(k) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_1(k) \\ H_2(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Omega_1(k) \\ \Omega_2(k) \end{bmatrix} \quad (6)$$

그러므로 주파수 영역에서 LDC 채널추정기법을 적용하기 위해서는 식 (6)이 다음과 같이 정의되어야 한다.

$$\begin{bmatrix} Y_1(k) \\ Y_2(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_1(k) & S_2(k) \\ -S_2^*(k) & S_1^*(k) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_1(k) \\ H_2(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Omega_1(k) \\ \Omega_2(k) \end{bmatrix} \quad (7)$$

식 (7)을 다시 시간 영역 신호로 변환하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} y_1(n) &= h_1(n) * s_1(n) + h_2(n) * s_2(n) + w_1 \\ y_2(n) &= -h_1(n) * s_2^*((-n)_N) + h_2(n) * s_1^*((-n)_N) + w_2 \end{aligned} \quad (8)$$

식 (8)에서 $(\cdot)_N$ 은 N-모듈로 연산을 나타낸다. 그러므로 송신기에서는 식 (8)을 이용하여 CAZAC 시퀀스를 LDC 부호화한다.

4. 실험 결과

제안한 채널 추정 기법의 성능을 확인하기 위하여 제안한 채널 추정 기법을 송신 안테나 개수가 2개, 수신 안테나 개수가 2개인 MIMO 시스템에 적용하였다. FFT size는 1K를 사용하였으며 변조레벨 16-QAM을 적용하여 실험하였다. 채널은 flat한 Rayleigh를 적용하였다.

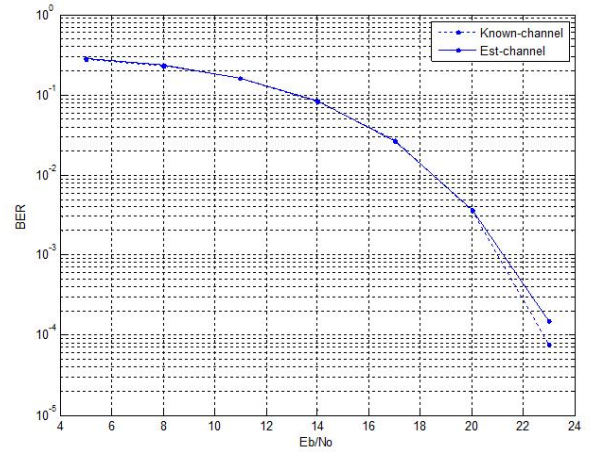


그림 1 제안된 기법의 BER 수신 성능
Fig 1. The BER performance of proposed method

그림 1의 모의실험을 통하여 제안한 채널 추정 기법이 거의 정확하다는 것을 알 수 있다. LDC로 부호화된 CAZAC 시퀀스가 수신기에서 서로간의 간섭없이 완벽하게 분리되어 각각의 채널이 정확하게 추정되었음을 의미한다.

5. 결론

MIMO 시스템은 채널 대역폭을 늘리지 않고 높은 전송량을 달성할 수 있는 시스템이다. 그러나 정확한 채널 추정이 동반되지 않고서는 그 기능을 제대로 발휘할 수 없다. 제안하는 기법인 CAZAC 시퀀스를 LDC로 부호화하여 채널을 추정하는 방법은 수신기에서 간섭이 되는 서로 다른 훈련열들을 분리하여 정확하게 채널을 추정한다. 이러한 제안된 채널 추정 기법은 높은 전송량을 요구하는 3DTV 방송 및 UHD-TV(ultra high definition TV) 방송 시스템에 적용될 수 있다.

참고 문헌

- [1] V. Tarokh, H. Jafarkhani, and A. R. Calderbank, "Space-time block codes from orthogonal designs," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 45, no. 5, pp. 1456-1467, Jul. 1999.
- [2] B. Hassibi and B. M. Hochwald, "High-rate codes that are linear in space and time," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 48, no. 7, pp. 1804-1824, Jul. 2002.