

# 비트 반전 선택 사상 기법을 이용한 직교 주파수 분할 다중화 시스템의 최대전력 대 평균전력의 비 감소방법

\*전현배, 노종선, \*\*신동준  
\*서울대학교 전기컴퓨터공학부  
\*\*한양대학교 전자통신컴퓨터공학부

e-mail : lucidream@ccl.snu.ac.kr, jsno@snu.ac.kr, djshin@hanyang.ac.kr

## Bit Inverted SLM Scheme for PAPR Reduction in OFDM Signals

\*Hyun-Bae Jeon, Jong-Seon No, Dong-Joon Shin  
Department of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul  
National University

### Abstract

In this paper, we propose selected mapping (SLM) scheme for reducing peak to average power ratio (PAPR) of orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) signals modulated with QAM, called bit inverted SLM (BISLM) scheme. The alternative symbol sequences of this scheme are generated by inverting the data in binary expression by the binary phase sequences. We also show that the covariance value of average power of alternative symbol sequences is related to PAPR reduction performance by simulation.

### I. 서론

본 논문에서는 직교 주파수 분할 다중화 (orthogonal frequency division multiplexing; OFDM) 신호의 최대 전력 대 평균전력의 비(peak to average power ratio; PAPR)를 감소시키는 방법 중의 하나인 선택사상 기법(selected mapping; SLM)의 새로운 방식을 제안하고

그 성능을 분석한다. 기존의 SLM 방법은 원 신호에 위상의 변화만 가하여 후보 신호들을 생성한 다음, 역푸리에 변환 (inverse fast Fourier transform; IFFT)을 통해서 가장 작은 PAPR을 갖는 신호를 선택하는 방법이다. 제안한 방법은 직교 크기 변조(quadrature amplitude modulation; QAM)와 같이 비 균등 크기(non constant envelope)의 정상도(constellation)를 갖는 OFDM 신호의 비트열을  $\{\pm 1\}$ 로 표현되는 위상 신호 값이  $-1$ 인 경우에만 반전시켜서, 위상의 변화뿐만 아니라 크기의 변화도 발생하는 후보 신호들을 생성한다. 이러한 방법은 후보 신호들 간에 평균 전력을 달라지게 하며, 이들의 공분산(covariance) 값이 PAPR 감소 성능과 관계가 있음을 실험을 통해서 보인다.

### II. 본론

#### 2.1 OFDM 시스템 및 일반적인 SLM 방법

$N$ 개의 부반송파  $\mathbf{A}=[A_0 A_1 \cdots A_{N-1}]$ 를 갖는 OFDM 신호의 시간 영역의 이산 신호  $\mathbf{a}=[a_0 a_1 \cdots a_{N-1}]$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$a_k = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} A_n e^{j2\pi \frac{n}{N} k}, \quad k=0, 1, \dots, N-1 \quad (1)$$

이러한 시간 영역의 신호에 대한 PAPR은 다음과 같이 표현된다.

$$\text{PAPR}(\mathbf{a}) \propto \frac{\max_{0 \leq k \leq N-1} |a_k|^2}{E[|a_k|^2]} \quad (2)$$

일반적인 SLM 방법은 부반송파  $\mathbf{A}$ 에  $U$ 개의 위상 신호  $\mathbf{P}^u = [P_0^u P_1^u \dots P_{N-1}^u]$ ,  $0 \leq u < U$ 를 원소별로 곱하여  $U$ 개의 대안 신호  $\mathbf{A}_u$ 를 생성한다. 그리고 이러한  $U$ 개의 대안 신호 중 최소의 PAPR 값을 갖는 신호를 전송한다[1].

### 2.2 대안 신호들의 평균전력 공분산

$u$ 번째 대안 신호를 다음과 같이 정의한다.

$$X_k^{(u)} = A_k A_k^{(u)} e^{j\phi_k^{(u)}}, \quad 0 \leq k \leq N-1, \quad 0 \leq u \leq U-1 \quad (3)$$

여기서  $A_k^{(u)}$ ,  $\phi_k^{(u)}$ 는 각각  $u$ 번째 대안 신호의  $k$ 번째 부반송파에 대한 크기 이득과 위상 변화이다. 이러한 대안 신호의 평균 전력의 공분산은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{COV}(\bar{P}^{(l)}, \bar{P}^{(m)}) &= E[(\bar{P}^{(l)} - E[\bar{P}^{(l)}])(\bar{P}^{(m)} - E[\bar{P}^{(m)}])] \\ &= E[\bar{P}^{(l)} \bar{P}^{(m)}] - E[\bar{P}^{(l)}]E[\bar{P}^{(m)}] \end{aligned} \quad (4)$$

여기서

$$\bar{P}^{(u)} = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |A_k A_k^{(u)}|^2 \quad (5)$$

### 2.3 가변적 평균전력을 갖는 선택 사상 기법

M-QAM 신호로 사상되는 OFDM 심볼의 비트 표현은 다음과 같다.

$$\mathbf{A}_B = [A_{0,0}, \dots, A_{0, \log_2 M - 1}, \dots, A_{N-1, \log_2 M - 1}] \quad (6)$$

여기서  $A_{k,l} \in \{\pm 1\}$ 은  $k$ 번째 부반송파의  $l$ 번째 비트를 의미한다. 위상 신호 역시  $\{\pm 1\}$ 로만 표현된다고 가정하면, 비트 반전 선택 사상 기법(bit inverted SLM; BISLM)에서  $u$ 번째 대안 신호는 다음과 같이 표현된다.

$$\mathbf{X}_B^{(u)} = [A_{0,0} P_0^{(u)}, \dots, A_{0, \log_2 M - 1} P_0^{(u)}, \dots, A_{N-1, \log_2 M - 1} P_{N-1}^{(u)}] \quad (7)$$

즉,  $k$ 번째 위상 신호 값이 -1인 경우에  $X_k$ 의 비트들을 반전시키고, 위상 신호 값이 +1인 경우는  $X_k$ 의 원래 값을 그대로 유지한다.

## III. 실험 결과

그림 1은 대안 신호들의 평균 전력간의 공분산 값을 여러 가지  $N$ 값에 대해서 보여주고 있다. 여기서 BWSLM(Bitwise SLM)은 [2]에서 제안한 비트 선택 사상기법에 의한 실험 결과를 나타낸다. 그림 2는

$N=256$ 인 경우에 여러 가지 SLM 기법에 대한 PAPR 성능 결과이다.

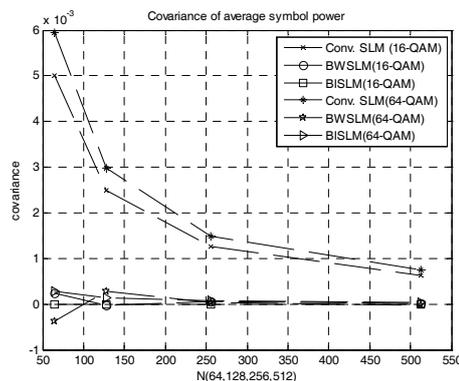


그림 1 대안 신호의 평균 전력에 대한 공분산 값의 비교

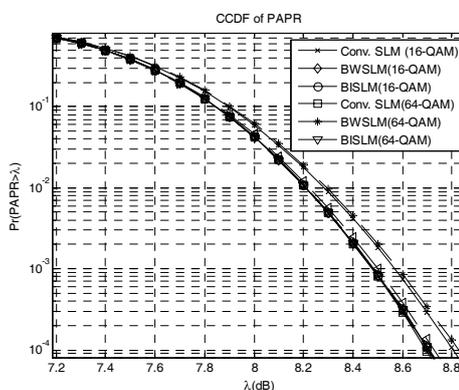


그림 2  $N=256$ 인 경우의 다양한 SLM 기법에 대한 PAPR 감소 성능 비교

## IV. 결론

본 논문에서는 전력 가변적인 비트 반전 SLM 기법을 제안하고, 대안 신호들의 평균 전력에 대한 공분산값과 PAPR 감소 성능을 비교 분석 하였다. 실험 결과로부터 제안한 방법이 기존의 SLM 방법보다 더 좋은 PAPR 감소 성능을 보임을 알 수 있다.

### 참고문헌

- [1] R.W.Bauml 외, "Reducing the peak-to-average power ratio of multicarrier modulation by selected mapping," *Electro. Lett.*, vol.32, no.22, Oct. 1996.
- [2] 김규홍 외, "직교 주파수 분할 다중화 시스템의 최대전력 대 평균전력의 비 감소를 위한 비트 선택 사상 기법", 한국통신학회논문지, 제33권, 7호, 2008년 7월