

OFDM PAPR 감소를 위한 피크 신호 관찰 기반의 적응적 SLM 기법

양석철*, 신요안**
 숭실대학교 정보통신전자공학부

Adaptive SLM Scheme Based on Peak Observation for PAPR Reduction of OFDM Signals

Suckchel Yang* and Yoan Shin**
 School of Electronic Engineering, Soongsil University
 E-mail : *ysc0809@amcs.ssu.ac.kr, **yashin@e.ssu.ac.kr

Abstract

In this paper, we propose an adaptive SLM scheme based on peak observation for PAPR reduction of OFDM signals. The proposed scheme is composed of three steps: peak scaling, sequence selection, and SLM procedures. In the first step, the peak signal samples in the IFFT outputs of the original input sequence are scaled down. In the second step, the sub-carrier positions where power difference between the original input sequence and the FFT outputs of the scaled signal is large, are identified. Then, the phase sequences which have the maximum number of phase-reversed sequence words only for these positions, are selected. Finally, only using the selected phase sequences, the generic SLM procedure is performed for the original input sequence. Simulation results reveal that the proposed adaptive SLM remarkably reduces the complexity in terms of IFFT and PAPR calculations than the conventional SLM, while maintaining the PAPR reduction performance.

I. 서론

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 신호의 PAPR (Peak-to-Average Power Ratio)을 감소하기 위한 기법들중에서, 특히 SLM (SeLective Mapping) 방법[1]은 다수 직교 부호를 이용하여 동일한 주파수 영역 OFDM 심벌에 위상 변화를 주어 IFFT (Inverse Fast Fourier Transform)를 취함으로써 통계적으로 독립적인 시간 영역 시퀀스들을 생성하고, 이 중에서 가장 낮은 PAPR을 갖는 시퀀스를 선택하여 전송하는 방법이다. 이러한 SLM 방법은 구조가 간단하고 병렬 처리가 가능하다는 장점을 가지는 반면, 사용되는 직교 부호의 개수에 비례하여 많은 IFFT 연산 횟수가 요구될 뿐만 아니라 직교 부호와 데이터 심벌간의 곱셈 연산량 증가 또한 불가피하여 시스템 복잡도를 증대시키게 된다.

이 논문은 정보통신부 ITRC 프로그램의 지원으로 이루어짐.

본 논문에서는 기존 SLM 방법의 단점을 보완하기 위해 피크 신호에 대한 관찰 과정을 이용하는 저복잡도 기반의 적응적 SLM (Adaptive SLM; ASLM) 기법을 제안한다. 제안 기법은 피크 신호 조정, 직교 부호 선택, SLM 과정의 3단계로 구성되며, 이는 매 OFDM 심벌에 대해 적응적으로 적용된다.

II. 본론

먼저, 피크 신호 조정 단계에서는 주파수 영역 OFDM 심벌인 \mathbf{X} 에 대해 N -point IFFT를 취하여 PAPR을 계산한 뒤, 생성된 시간 영역 신호 \mathbf{x} 에 대하여 평균 전력을 초과하는 신호, 즉 피크들에 대해서만 평균 전력이 되도록 신호 크기를 조정한다. 그림 1과 2에서는 제안된 ASLM을 위한 피크 신호 조정 단계의 블록도와 예시를 나타내고 있다.

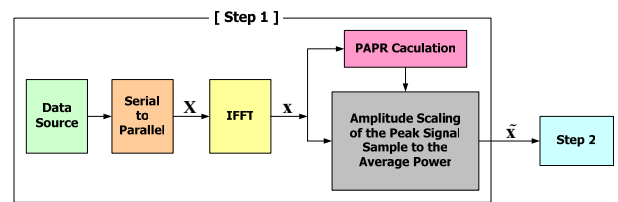


그림 1. ASLM을 위한 피크 신호 조정 단계

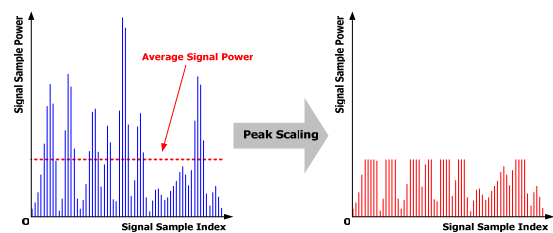


그림 2. 피크 신호 조정 단계에 대한 예시

다음, 직교 부호 선택 단계에서는 조정된 시간 영

역 신호 $\tilde{\mathbf{x}}$ 에 대하여 다시 FFT를 취한 결과인 $\tilde{\mathbf{X}}$ 와, 원래의 주파수 영역 OFDM 심벌 \mathbf{X} 간의 전력차를 부반송파별로 비교하여, 그 값이 가장 큰 N_c 개의 부반송파 위치 $P_k \in \{0, \dots, N-1\}$ ($k=0, \dots, N_c-1$) 를 추출한다. 특히 추출된 부반송파 위치 $\{P_k\}$ 는 피크 신호 조정후 급격히 전력 변동이 심해진 위치이므로, 이는 피크 신호를 구성하는 기여도가 가장 큰 부반송파임을 의미한다고 볼 수 있다. 따라서 피크 신호의 전력을 낮추기 위해서는 이 부반송파를 통해 전송되는 변조 심벌들에 되도록 위상 변화를 주는 과정이 필요하다. 제안된 ASLM 기법에서는 이러한 피크 신호 관찰 과정을 기반으로, 추출된 부반송파 위치 $\{P_k\}$ 에 대해서만 직교 부호들을 검사하여 위상이 반전된 부호어의 합이 가장 큰 N_s 개의 직교 부호 $\mathbf{r}^{(s)}$ ($s=1, \dots, N_s$) 을 선택하게 된다. 그림 3은 제안된 ASLM을 위한 직교 부호 선택 단계의 블록도를 도시하고, 그림 4에서는 $N=16$, $N_c=4$ 인 경우 직교 부호 선택 과정의 예를 제시하고 있다. 이 예에서는 결과적으로 $\{P_k\}=\{4, 10, 11, 14\}$ 가 되고 $N_s=2$ 가 됨을 알 수 있다.

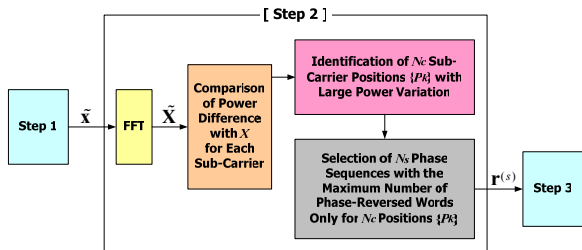


그림 3. ASLM을 위한 직교 부호 선택 단계

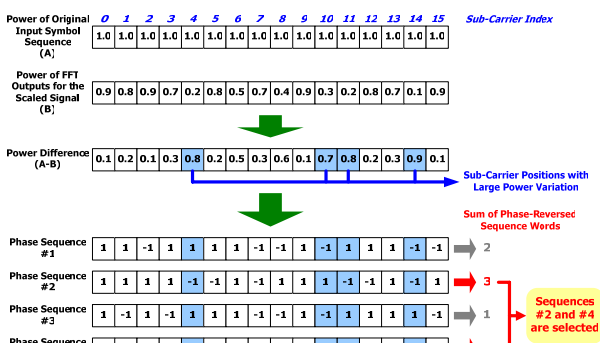


그림 4. 직교 부호 선택 단계에 대한 예시

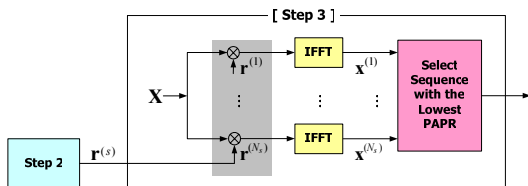


그림 5. ASLM을 위한 최종 SLM 단계

마지막으로, SLM 과정에서는 그림 5에서 보는 바와 같이 앞서 선택된 N_s 개의 직교 부호 $\mathbf{r}^{(s)}$ 만을 사용하여 원래의 주파수 영역 OFDM 심벌 \mathbf{X} 에 대해 기존 SLM 방법[1]을 그대로 적용하게 된다.

한편, 제안된 ASLM 기법의 복잡도를 살펴보면 IFFT 수행 회수 $N_I = N_s + 2$ (피크 신호 조정 단계에서 수행된 IFFT와 FFT 과정 포함)가 되고, PAPR 연산 회수 $N_P = N_s + 1$ (피크 신호 조정 단계에서 계산된 PAPR 포함)이 된다. 반면, 기존 SLM의 경우 C 개의 직교 부호를 사용한다고 가정하면, $N_I = N_P = C$ 가 된다[1].

III. 결론

그림 6은 $N=128$ 이고 QPSK 변조 방식을 적용했을 때 기존 SLM과 제안된 ASLM의 PAPR 감소 성능을 다양한 C 값과 N_c 값에 따라 비교하고 있고, 표 1은 N_c 값에 따른 ASLM 기법의 복잡도를 소요되는 평균 IFFT 수행 회수 및 평균 PAPR 연산 회수를 통해 제시하고 있다. 결과에서 볼 수 있듯이, 거의 유사한 PAPR 감소 성능을 얻게될 경우 제안된 ASLM 기법이 기존 SLM에 비해 매우 낮은 복잡도, 즉 훨씬 적은 IFFT 수행 회수와 PAPR 연산 회수를 요구함을 확인할 수 있다.

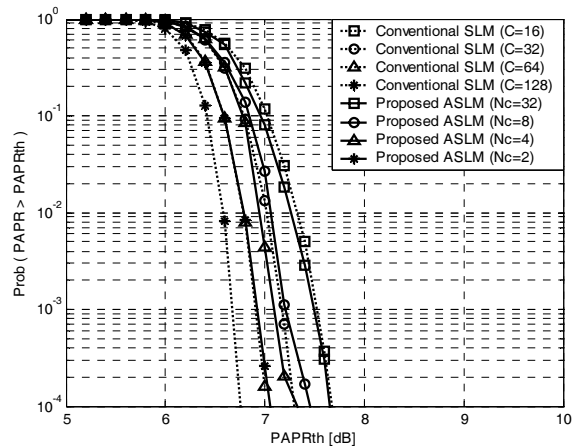


그림 6. 기존 SLM과 제안된 ASLM 기법의 PAPR 감소 성능 비교 ($N=128$, QPSK)

표 1. 제안된 ASLM 기법의 N_c 값에 따른 복잡도 비교 ($N=128$, QPSK)

N_c	2	4	8	32
N_I	33.2	9.4	4.9	3.7
N_P	32.2	8.4	3.9	2.7

참고문헌

[1] R. W. Bauml, R. F. H. Fischer, and J. B. Huber, "Reducing the peak-to-average power ratio of multicarrier modulation by selective mapping," *IEE Electr. Lett.*, vol. 32, no. 22, pp. 2056-2057, Oct. 1996.