

OFDM 신호의 PAPR 감소를 위한 시간 및 주파수 영역 클리핑의 반복

서만중*, 임성빈*, 정재호**, 이광천**
*승실대학교 정보통신전자공학부
**ETRI

An Iterative Technique of Time-and Frequency-Domain Clipping for Reducing PAPR of OFDM Signals

Manjung Seo*, Sungbin Im*, Jaeho Jeong**, Kwangcheon Lee**
*School of Electronic Engineering, Soongsil University
**ETRI

E-mail : *smj77@amcs.ssu.ac.kr, *sbi@nuri.net

Abstract

In this paper, we propose a novel PAPR reduction scheme, which requires no change of a receiver structure or no additional information transmission. The approach we employed is clipping in the time and frequency domains within EVM, which is a suboptimal method with lower computational complexity compared to the optimal method. The simulation results demonstrated that the proposed method is more effective at lower modulation levels with larger constellation errors.

I. 서론

OFDM (Orthogonal Frequency Domain Multiplexing) 통신 시스템은 단일 반송파 시스템에 비해 우수한 장점들을 가지고 있지만 복소 가우시안 분포 형태의 출력 샘플들은 높은 PAPR (Peak-to-Average Power Ratio)을 발생시키는 특징을 가지고 있다[1]. 이러한 신호의 높은 첨두값 (peak)으로 인한 비선형 왜곡을 피하기 위하여 일반적으로 송신기에서는 상당한 크기의 백오프 (back-off)를 사용하여야 한다. 이로 인하여 증폭기의 출력이 낮아지며 또한 효율이 감소한다[2]. 본 논문에서는 간단하면서도 수신단의 구조에 변화를 주지 않으며 또한 추가적

정보의 전송이 필요 없는 새로운 PAPR 감소 기법을 제안하였다.

II. 새로운 PAPR 감소 기법

본 논문에서는 먼저 PAPR 감소 문제를 다음 식(1)과 같은 최적화 문제로 간주하였다. 기존의 최적화 해법이 갖는 높은 복잡도를 해결하기 위하여 클리핑 기반의 준최적화 방법을 개발하였다.

$$\begin{aligned} & \text{minimize } p \\ & \text{subject to } \|\tilde{x}_i\| \leq p, i = 1, \dots, NL \\ & \quad \tilde{x} = \text{IFFT}_l(\tilde{c}) \\ & \quad \|S(\tilde{c} - c)\| \leq \varepsilon \\ & \quad \text{Re}\langle S\tilde{c}, Sc \rangle \geq \|Sc\|^2 - \varepsilon^2 / 2 \\ & \text{in variables } p \in \mathbb{R}, \tilde{c} \in \mathbb{C}^N, \tilde{x} \in \mathbb{C}^{NL} \quad (1) \end{aligned}$$

이 방법은 시간 영역 신호에 대하여 클리핑을 사용하여 원하는 PAPR 을 갖는 신호를 발생시키고 이로 인해 발생하는 대역내 왜곡 (in-band distortion)과 대역외 왜곡 (out-of-band distortion)을 주파수 영역에서 클리핑과 필터링을 사용하여 감소시킨다. 대역내 왜곡은 정상도

본 연구는 한국전자통신연구원의 지원으로 이루어졌습니다.

오차를 초래하므로 이 오차는 정상도의 오차 벡터 크기 (Error Vector Magnitude: EVM)에 의해서 정해지는 오차 한계 내로 제한하는 주파수 영역 클리핑을 적용한다. 대역의 왜곡은 강제적으로 대역의 밴드에 영 (zero)을 삽입함으로써 제거한다[3]. 이러한 방식의 PAPR 감소 기법은 기존의 수신기 구조를 그대로 사용할 수 있으며 계산량이나 구현 방법이 간단하다는 장점이 있는 반면 전송신호의 PAPR 은 최적의 해보다 개선 정도가 떨어지는 단점이 존재한다. 그림 1 은 본 논문에서 제안하는 방법의 구성도를 도시하였다.

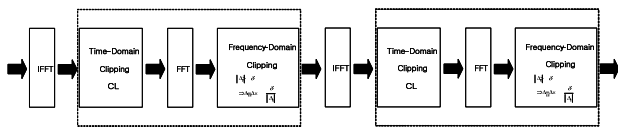


그림 1. 제안된 방법의 구성도

III. 모의실험 및 결과

제안된 PAPR 감소 기법에 대하여 PAPR 의 누적분포도 및 비트오율의 관점에서 모의실험을 통하여 성능을 검증하고자 한다.

그림 2 는 64-QAM 에 대하여 클리핑 레벨 CL=6 dB 를 적용하였으며 심볼간 허용 간격 δ 는 심볼결정경계의 50%를 사용하였다. 반복횟수로 1, 2, 4, 8, 16 회를 적용한 결과와 원신호의 PAPR 누적분포도를 도시하였다. 그림에 나타난 것처럼 1 회 반복에서 PAPR 의 개선이 두드러지게 나타나며 2 회 반복 이후부터는 PAPR 의 개선이 그다지 크게 나타나지 않는 추세를 보여주고 있으며 또한 여기서 사용된 δ 가 50%라는 점이다. 즉 정상도 왜곡의 허용범위가 넓기 때문에 PAPR 의 개선이 크게 나타난다.

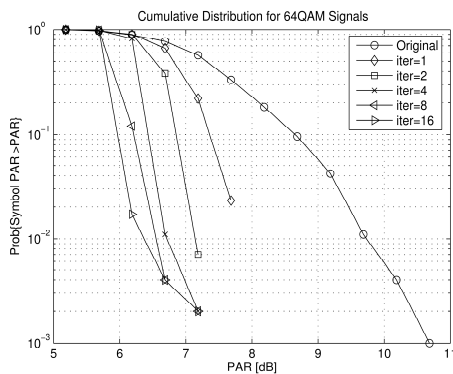


그림 2. 64-QAM 에 대하여 반복횟수에 따른 누적분포도의 변화 (64FFT, CL=6 dB, $\delta=0.5$)

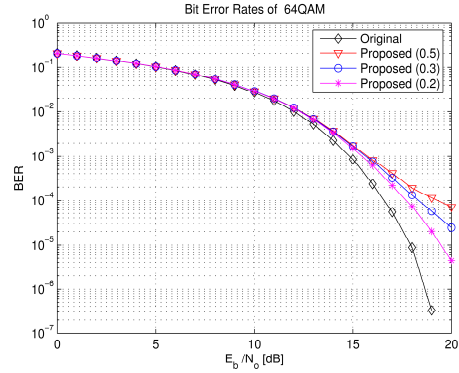


그림 3. AWGN 채널에서 신호대잡음비에 따른 비트오율

그림 3 은 256 개의 반송파를 사용하는 경우에 대하여 허용오차 δ 를 심볼간 최소거리의 50%, 30%, 20%로 설정하였을 때 AWGN 채널에서 신호대잡음비에 따른 비트오율을 측정 한 것이다. 이 실험에서는 클리핑 레벨을 7 dB 로 설정하였으며 반복횟수는 1 회로 제한하였다. 정상도의 허용 오차 범위에 비례하여 비트오율이 증가함을 관측할 수 있다.

IV. 결론

모의실험의 결과에 따르면 허용되는 정상도 오차가 클수록 PAPR 의 감소 효과가 크며 64-QAM 보다는 4-QAM 과 같이 변조 레벨이 낮을수록 PAPR 의 감소폭이 커짐을 관측하였다. 고차 변조에 있어서 낮은 신호대잡음비에서는 정상도 오차의 영향이 나타나지 않으나 높은 신호대잡음비에서는 PAPR 이 낮아진 신호의 비트오율이 원래 신호의 비트오율보다 열등한 것으로 나타나며 저차 변조 레벨에서는 영향이 나타나지 않는 것으로 관측되었다.

참고문헌

- [1] R. van Nee and Ramjee Prasad, OFDM Wireless Multimedia Communications, Norwood, MA: Artech House, 2000.
- [2] S. C. Cripps, RF Power Amplifiers for Wireless Communications. Northwood, MA: Artech House, 1999.
- [3] J. Armstrong, "Peak-to-average power reduction for OFDM by repeated clipping and frequency domain filtering," IEE Electronics Letters, vol. 38, issue 5, pp. 246 - 247, 28 Feb. 2002.