

# OFDM 시스템에서 PAPR 감소기법의 비선형 증폭기를 고려한 성능평가

\*한창식, 서만중, 임성빈  
 숭실대학교 정보통신전자공학부

e-mail : hanjja1004@ssu.ac.kr, smj77@amcs.ssu.ac.kr, sbi@ssu.ac.kr

## Performance Evaluation of a PAPR Reduction Scheme in the OFDM System with an Nonlinear Amplifier

\*Changsik Han, Manjung Seo and Sungbin Im  
 School of Electronic Engineering  
 Soongsil University

### Abstract

This paper evaluated the performance of the PAPR reduction scheme[1], which is based on the time- and frequency-domain clippings. This evaluation is carried out on the OFDM system with an nonlinear amplifier, which is described by the Saleh's model.

### 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. 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.

본 논문에서는 OFDM 시스템의 성능을 평가하기 위해 비선형 고출력 증폭기를 모델링 하고 비선형 고출력 증폭기를 통해 발생하는 비선형적 왜곡을 감소시키기 위해 시간 및 주파수 영역 클리핑 기반의 PAPR 감소기법[1]을 적용하여 시스템의 전력 효율 및 성능을 개선하고자 한다.

본 연구는 2단계 BK21의 지원으로 수행되었음

### II. PAPR 감소기법 및 비선형 증폭기

#### 2.1 PAPR 감소기법

본 논문에서는 OFDM 신호의 PAPR을 감소하기 위하여 클리핑 기반의 준최적화 방법을 사용하였다.

$$\begin{aligned}
 & \text{minimize} && p \\
 & \text{subject to} && \|\tilde{x}_i\| \leq p, i = 1, \dots, NL \\
 & && \tilde{x} = \text{IFFT}_1(\tilde{c}) \\
 & && \|S(\tilde{c} - c)\| \leq \epsilon \\
 & && \text{Re} \langle \tilde{S}\tilde{c}, S\tilde{c} \rangle \geq \|S\tilde{c}\|^2 - \epsilon^2/2 \\
 & \text{in variables} && p \in R, \tilde{c} \in C^N, \tilde{x} \in C^{NL}
 \end{aligned} \tag{1}$$

이 방법은 시간영역 신호에 대하여 클리핑을 사용하여 원하는 PAPR을 갖는 신호를 발생시키고 이로 인해 발생하는 대역 내 왜곡 (in-band distortion)과 대역 외 왜곡 (out-of-band distortion)을 주파수영역에서 클리핑과 필터링을 사용하여 감소시킨다. 대역 내 왜곡은 정상도 오차를 초래하므로 이 오차는 정상도의 오차 벡터 크기 (Error Vector Magnitude; EVM)에 의해서 정해지는 오차 한계 내로 제한하는 주파수 영역 클리핑을 적용한다. 대역 외 왜곡은 강제적으로 대역 외 밴드에 영 (zero)을 삽입함으로써 제거한다. 이러한 방식의 PAPR 감소기법은 기존의 수신기 구조를 그대로 사용할 수 있으며 계산량이나 구현 방법이 간단하다는 장점이 있는 반면에 전송신호의 PAPR은 최적의 해보다 개선 정도가 떨어지는 단점이 있다.



그림 1. 구성도

## 2.2 HPA의 비선형성

무선통신 시스템에서는 일반적으로 전송신호의 전력효율을 높이기 위해 증폭기를 사용한다. 하지만 수신시 비선형 왜곡에 의한 성능 열화가 발생한다. HPA (High Power Amplifier)는 AM/AM 변환과 AM/PM 변환에 의해 입력신호의 진폭에 따라 출력 신호의 진폭과 위상이 비선형적 특성을 보인다. 본 논문에서는 Saleh's two-parameter model을 사용하였고 특성식은 다음과 같다.

$$A(r) = \frac{1.9638r}{1 + 0.9945r^2}$$

$$\phi(r) = \frac{2.5293r^2}{1 + 2.8168r^2} \quad (2)$$

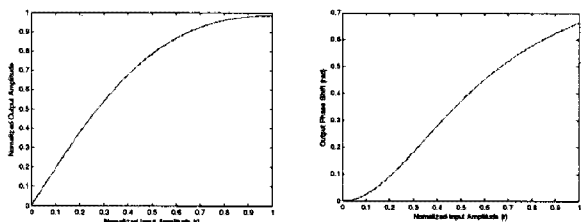
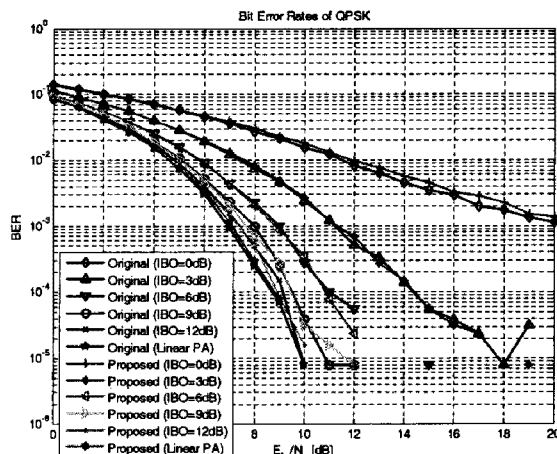


그림 2. 고출력 증폭기의 비선형 특성

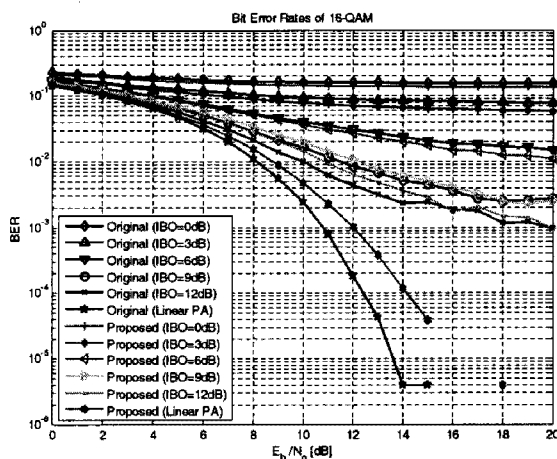
## III. 모의실험 및 결과

HPA의 비선형 왜곡을 감소시키기 위해 제안된 PAPR 감소기법을 이용하여 비트오율 관점에서 모의실험을 통하여 성능을 검증하고자 한다.

그림 3(a)는 QPSK 변조에 대하여 클리핑 레벨 CL=7 dB, 심볼간 허용간격  $\delta$ 는 심볼 결정경계의 20%로 설정하고 64-FFT를 사용하였다. PAPR 감소기법을 적용한 신호와 적용하지 않은 신호에 Input back-off를 0 dB에서 12 dB까지 3 dB 단위로 변화시킨 후에 비선형 증폭기를 통해 출력된 신호의 비트오율을 비교하였다. 그림에 나타난 것처럼 QPSK 변조의 경우 두 신호의 비트오율차이가 거의 없다. 반면 그림 3(b)에 나타난 16-QAM 변조의 경우 제안된 PAPR 감소기법을 적용하였을 때 비트오율이 개선됨을 알 수 있다. 이런 현상은 변조 레벨이 증가함에 따라 결정경계가 좁아지기 때문에 HPA의 비선형성에 더욱 민감해지는 것에 기인한다. 따라서 PAPR을 감소시키면 비선형성에 대한 영향을 덜 받고 비트오율이 PAPR 감소 전보다 개선된다.



(a) QPSK (CL=7 dB,  $\delta=0.2$ )



(b) 16-QAM (CL=5 dB,  $\delta=0.2$ )

그림 3. 신호대 잡음비에 따른 비트오율

## IV. 결론

본 논문에서는 OFDM 시스템의 성능 개선을 위해 비선형 고출력 증폭기를 모델링 하고 증폭기를 통해 발생하는 비선형적 왜곡을 감소시키기 위해 시간 및 주파수 영역 클리핑 기반의 PAPR 감소기법을 적용하여 성능을 평가하였다. 모의실험 결과에 따르면 QPSK 보다는 16-QAM과 같이 변조 레벨이 높을수록 PAPR 감소에 따라 HPA의 비선형 왜곡의 영향이 줄어드는 것을 관측하였다.

## 참고문헌

- [1] 서만중, 임성빈, 김나훈, 조준경, "DVB-T 시스템에서 시간 및 주파수 영역 클리핑 기반의 PAPR 감소기법의 성능평가," 대한전자공학회논문지, vol. 44, no. 1, pp. 24-31, 2007년 1월.