

전치왜곡기로 인한 고속이동통신의 성능향상기법

이강미*, 신덕호**, 김백현***, 이준호****

한국철도기술연구원

Performance improvement of the high speed mobile communication by the predistorter

Kang-Mi Lee*, Duckho Shin**, Bakhyun Kim***, Junho Lee****

Korea Railroad Reserch Insuitute

E-mail : kmlee246@krri.re.kr, duckho@krri.re.kr, bhkim@krri.re.kr, jhlee77@krri.re.kr

Abstract

High power amplifier (HPA), which is used in transmitter of wireless communication systems, usually works in near saturation point in order to achieve maximum efficiency. In this region, HPA can introduce undesirable nonlinear effects. In this paper, we present a polynomial modeling method for efficient techniques to compensate for nonlinear distortion introduced by nonlinear HPA. Proposed polynomial predistorter inverses actual amplifier. Namely, we derive polynomials of amplifiers from analytical method and the electrical parameters in the data sheet of an actual amplifier and then can derive polynomial predistorter by inverting them. It is an effective and a simple method to compensate nonlinear distortion. SSPA(Solid-state power amplifier) is considered. We also analyze the effects of predistortion on the SER performance of communication system with 16-QAM modulation format. The results have shown the efficiency of this model.

Keywords: HPA, predistortion, polynomial modeling and power efficiency

I. 서론

광대역 무선 시스템은 QAM 과 같은 대역효율이 좋은 높은 변조레벨의 변조방식을 필요로 한다. 한다[1][2]. 그러나, 이런 변조방식은 신호 변동폭이 커서 송신단의 비선형 HPA 에 의한 신호의 왜곡이 커진다는 단점이 있다. 이러한 영향을 줄이기 위해, 선형 HPA 를 사용하거나 HPA 에 입력되는 신호의 동작점을 포화점 아래로 끌어내리는 방법등이 사용된다. 그러나, 선형 HPA 및 back off 방법은 전력효율이 낮다. 본 논문에서는 송신단에 비선형 HPA 의 특성에 반대되는 특성을 만들어 주어 HPA 의 비선형 특성을 보상하고도 전력효율이 높은 전치왜곡기법을 제안한다[3][4][5].

본 논문에서는 HPA 의 AM/AM 특성모델과 실제 증폭기의 data sheet 에 나와있는 parameter 를 가지고, polynomial 전치왜곡기를 설계하는 방법을 제안한다.

이 방법은 HPA 의 특성을 역변환한 방식이다. 또한, 실험 모델은 16-QAM 변조방식을 사용하며, SER 성능결과를 통해 전치왜곡의 개선효과를 보인다.

II. 본론

본 연구에 사용된 HPA 는 SSPA 로 협대역 통신시스템에 사용되는 것으로 가정한다. Intermodulation 은 캐리어 주파수 주변에 발생하며, 홀수 차수의 항으로 표현된다. HPA model 을 분석하기 위해 증폭기의 입력과 출력 전압 사이의 관계를 5 차 polynomial 항을 이용하여 분석한다.

$$v_{out}(t) = a_1 v_{in}(t) + a_3 [v_{in}(t)]^3 + a_5 [v_{in}(t)]^5 \quad (1)$$

(1)식에서 세개의 계수 a_1 , a_3 , a_5 는 datasheet 에 나와있는 증폭기 파라미터들이다. 이 증폭기는 작은입력 (G_0)에 대한 gain 을 갖으며, 3 차 출력 intercept point (OIP₃)와 1dB compression point (P_{1dB})를 갖는다. 또한 HPA 에 의해 발생한 비선형 왜곡을 보상하기 위한 목적으로 간단한 방법인 전치왜곡기법이 있다. 본 연구에서는 polynomial modeling 한 전치왜곡기를 위에서 언급한 polynomial 로 modeling 된 HPA 와 함께 제안한다. 본 연구에 앞서, 먼저 polynomial HPA 의 입출력을 정규화 한다.

$$v_{out}^{a_1}(t)_{norm} = a_{01} \cdot v_{in} + a_{03} \cdot v_{in}^3 + a_{05} \cdot v_{in}^5 \quad (2)$$

이때 각 계수는 다음과 같다.

$$a_{01} = \frac{a_1}{\sqrt{2 \cdot P_{sat}}}, \quad a_{03} = \frac{3 \cdot a_3}{4 \sqrt{2 \cdot P_{sat}}}, \quad a_{05} = \frac{5 \cdot a_5}{8 \sqrt{2 \cdot P_{sat}}}$$

III. 실험결과

그림 1 은 식(1)과 (2)를 이용하여 나타낸 비선형 HPA 와 전치왜곡기의 입출력 특성이다. 위 결과를 이용하여 본 논문에서는 시뮬레이션을 통해서 QAM 신호가 전치왜곡기법을 사용할 경우, SER 성능곡선을 통해 분석한다.

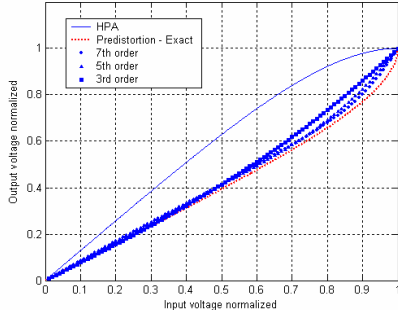


그림 1. 정규화된 비선형 HPA(MGA - 52543) 와 전치왜곡기의 입출력 특성곡선.

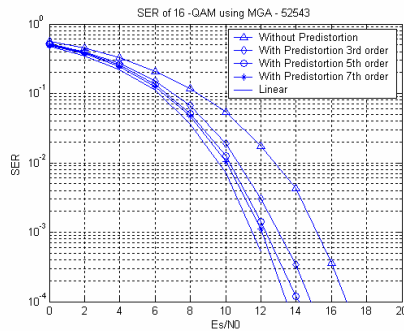


그림 2. 비선형 HPA(MGA - 52543)를 고려한 16-QAM 에서의 SER 성능곡선.

그림 2 의 결과, 전치왜곡기법이 비선형왜곡을 보상할 수 있음을 알 수 있다. 또한 고려한 차수가 높을수록 이상적인 전치왜곡기 특성에 가까워짐을 알 수 있다. 이때 고려한 비선형 HPA 모델은 SSPA 로 가정한다. SER 성능 분석을 보면, HPA 의 비선형 왜곡으로 신호의 감쇄가 발생하는데, SSPA MGA - 52543 를 사용한 경우, SER 성능이 10^{-4} 에서 3.75dB 감쇄한다. 그러나, 전치왜곡기법은 감쇄되는 신호를 보상하여 준다. 그 이유는 SSPA 가 비선형에 약하며, 이를 보상해주기 위한 방법으로 polynomial 전치왜곡기법이 보다 효율적이기 때문이다. 5 차 polynomial 전치왜곡기의 차수는 HPA 모델 차수와 동일하며, 10^{-4} 에서 3dB 개선 효과를 보인다.

IV. 결론

본 논문에서는 실제 HPA 의 Polynomial 전치왜곡기법을 제안한다. 이 모델은 실제 증폭기의 datasheet 에 나와있는 실제 파라미터를 사용하여 구현하며, 파라미터에는 gain, third order intercept point 일때의 출력전력, 1dB compression point 에서의 출력전력이 있다. 본 논문에서는 두개의 HPA 의 비선형 왜곡을 전치왜곡기를 사용하여 얻어지는 보상효과를

분석하며, 그 결과 전치왜곡기법이 SER 성능분석을 통하여 볼 때, 효과적인 방법임을 알 수 있다. SSPA MGA - 52543 를 사용한 경우, SER 성능이 10^{-4} 에서 3.75dB 감쇄한다. 그러나, 전치왜곡기법은 감쇄되는 신호를 보상하여 준다. 그 이유는 SSPA 가 비선형에 약하며, 이를 보상해주기 위한 방법으로 polynomial 전치왜곡기법이 보다 효율적이기 때문이다. 5 차 polynomial 전치왜곡기의 차수는 HPA 모델 차수와 동일하며, 10^{-4} 에서 3dB 개선 효과를 보인다.

참고문헌

- [1] M.Jin et al, "A novel predistorter for power amplifier"
- [2] A.Sano and L.Sun, "Identification of Hammerstein-Wiener system with application for nonlinear distortion"
- [3] A.P.Zamora et al, "Memoryless predistortion of nonlinear amplifiers based on Fourier series based models"
- [4] M.Ghaderi et al, "Adaptive predistortion lineariser using polynomial functions", IEE Proc.-Comm, Vol. 141, No .2, April 1994.
- [5] M.Ghaderi et al, "Fast adaptive predistortion lineariser using polynomial functions"