

위상 왜곡에 의한 무선 LAN 용 전력증폭기 ACPR 특성

·강 광 희·, 정 성 일·, 구 경 현·

* 인천대학교 공과대학 전자공학과

인천광역시 남구 도화동 177번지 (우:402-749)

g971707@lion.inchon.ac.kr, g981057@lion.inchon.ac.kr, khkoo@lion.inchon.ac.kr

ACPR Characteristics of Wireless LAN Power Amplifier with AM-to-PM Distortion

Kwang Hee Kang *, Sung Il Jung *, Kyung Heon Koo *

* Dept. of Electronics Eng., College of Engineering, University of Inchon.
177 Dowha-dong, Nam-gu, Inchon 402-749

Abstract

In order to predict the effect of power amplifier non-linearity for digital modulated signal, this paper analyses the adjacent channel power ratio(ACPR) with the various AM-to-PM distortion levels. As the phase distortion increases from 0° to 12° at 1dB compression point by 2.4° step, the input power level which satisfies the required ACPR decreases from 3.5dB to 6.5dB less than the 1dB compression input power.

I. 서 론

최근 무선통신 시스템은 기존의 아날로그 변조 방식과는 다른 디지털 변조를 이용하므로 디지털 변조된 신호의 표시 및 특성분석이 중요하다. RF 송신 단의 맵서, 전압제어 발진기, 그리고 전력증폭기는 ACPR, IMD3, 이득과 위상 압축, 위상잡음 등 여러가지 비선형왜곡 특성을 갖는다.

무선통신 시스템에서 RF 소자는 기본 기능 외에 정확한 모델링을 하기 위해서는 입출력 반사특성, 위상잡음, 증폭기 및 주파수 혼합기의 비선형 특성 등을 포함하여야 한다. 특히, 전력증폭기의 경우 측정된 IP3, AM-to-PM 효과들이 고려되어야 한다.^[1-3] 이들의 영향을 고려할 수 있으면 ACPR과 같은 디지털 통신 시스템의 주요한 특성의 예측도 가능하다.

본 연구에서는 디지털 변조된 신호원을 구현하고 측정된 전력증폭기의 진폭에 따른 위상 왜곡 특성을 변화시켜 각각의 경우 전력증폭기 출력의 ACPR에 어떠한 영향을 주는지 분석하였고 이를 측정치와 비교하였다.

II. 무선 LAN 변조부 및 송신부 모델링

본 연구에서는 전력증폭기의 위상왜곡에 따른 특성을 분석하기 위해 22MHz의 대역으로 확산되는 디지털 변조 신호원을 IEEE802.11 무선 LAN 송신부의 표준

규격에 맞춰 구성하였고 이를 전력증폭기에 인가하여 특성을 시뮬레이션하였다. 전력증폭기에 인가된 입력 신호원은 HP-Eesof사의 시스템 시뮬레이터인 Omnisys 을 사용하여 구성하였다.^[4]

변조 신호원 구성을 보면, 입력되는 데이터를 차동 신호로 변화시켜 대역확산시키는 베이스밴드 처리부, 대역제한을 위한 필터부와 DQPSK 변조부, 주파수 합성부, IF주파수를 RF주파수로 변환시켜주는 상향 변환기, 전력증폭기의 입력 크기를 조절하는 드라이브 증폭기와 전력증폭기 등으로 구성되는 송신부로 나눌 수 있다.

먼저 베이스밴드 처리부와 변조부를 보면 입력 신호를 이전 비트와 Exclusive OR하여 차동신호를 만들고 데이터 Splitter를 이용해 I신호와 Q신호를 분리시키며 나누어진 데이터는 의사 잡음 부호인 11chip Barker code를 곱하여 22Mcps로 확산을 시켰다. 확산된 신호는 DQPSK 변조시키기 위해 NRZ형태로 바꾸어 주며 디지털 신호의 대역제한은 차단 주파수가 8.8MHz인 5차 Butterworth 저역통과 필터를 사용하였다. I신호와 Q신호를 원하는 IF 주파수인 280MHz로 DQPSK 변조시키고 이 신호를 송신부로 인가하게 된다. 그림 1은 베이스밴드 처리부와 변조부를 구성한 회로도이고 그림 2는 변조부에서 나가는 280MHz대의 출력 스펙트럼이다.

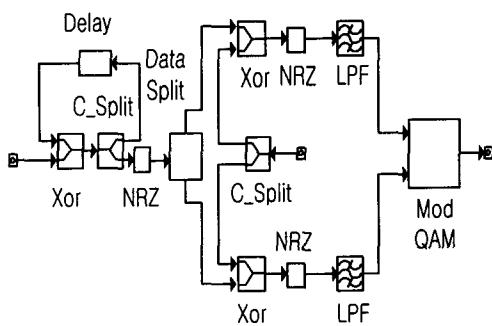


그림 1. 베이스 밴드 처리부와 변조부 모델링

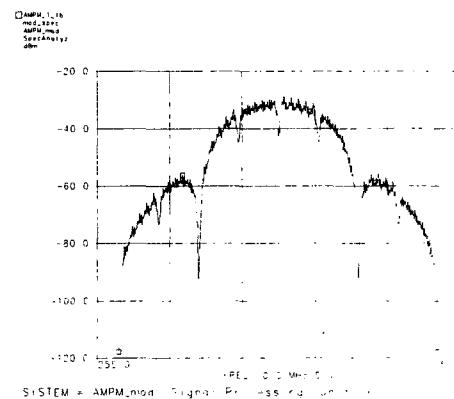


그림 2. 변조부 출력 신호 스펙트럼

송신부는 변조부에서 인가된 신호를 대역통과시키고 발진기와 주파수 혼합기에 의해 RF주파수로 상향 변환을 시키고 대역제한한 후, 전력증폭기의 입력 전력을 조절하는 드라이브 증폭기와 전력증폭기로 구성하였다. 그림 3은 송신부를 구현한 회로도다.

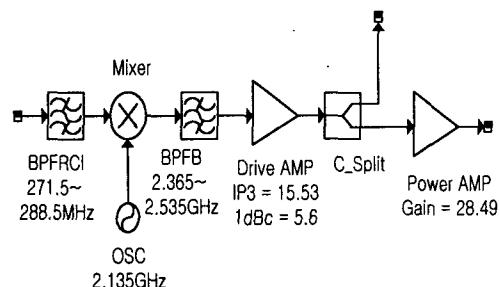


그림 3. 상향 변환부와 송신부 모델링

구현된 송신부의 전력증폭기 입력과 출력 스펙트럼 특성을 비교한 결과, 전력증폭기 비선형 특성에 의해 출력 ACPR이 큰 영향을 받음을 알 수 있다. 그림 4는 전력증폭기 입력이 증가함에 따라 출력 스펙트럼 재발생에 의해 ACPR이 악화됨을 나타낸다.

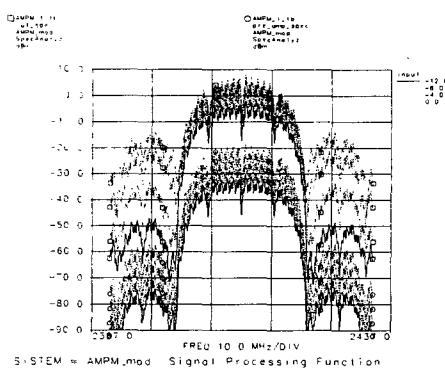


그림 4. 전력증폭기의 입력전력에 따른 출력 스펙트럼 특성

III. ACPR 특성 시뮬레이션 및 측정

본 연구에서는 전력증폭기의 특성 중 신호레벨에 따라 변화하는 위상왜곡 특성에 의해 요구 ACPR을 만족하는 신호레벨이 입력 1dB 압축점보다 어느 정도 감소하는지를 나타내는 backoff값을 예측하고자 하였다. ACPR 특성을 분석하기 위해 전력증폭기에 인가되는 입력전력을 -10dBm에서 +5dBm까지 15dB 변화시키며 인가하였다. 설계된 전력증폭기의 1dB 압축 입력 전력은 -2.0 dBm이었으며, 증폭기의 이득과 위상왜곡 특성을 그림 5와 같이 모델링하였다.

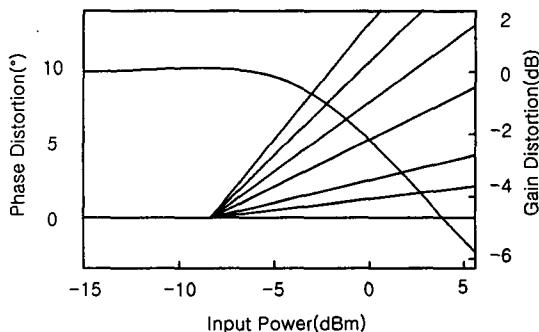


그림 5. 입력 전력에 따른 이득과 위상왜곡 모델링

중심주파수에서 11MHz 떨어진 곳의 요구 ACPR은 30dB_r이며 위상왜곡이 없는 경우에는 P1dB입력보다 3.5dB, 1dB 압축점에서 위상이 1.2° 왜곡시에 4.0dB 작은 레벨에서 ACPR특성을 만족하였고, 2.4° 왜곡에서는 4.1dB, 4.8° 왜곡에서는 5.0dB, 9.6° 왜곡일 때 6.0dB, 12° 왜곡일 때 6.5dB의 backoff값을 가져야함을 알 수 있다. 그럼 6은 AM-to-PM 변화에 따른 11MHz 떨어진 점에서 ACPR을 만족시키는 backoff를 표시하였다. 그림 7은 위상왜곡이 2.4°, 9.6°일 때 입력전력에 따른 ACPR 특성을 제시하였다.

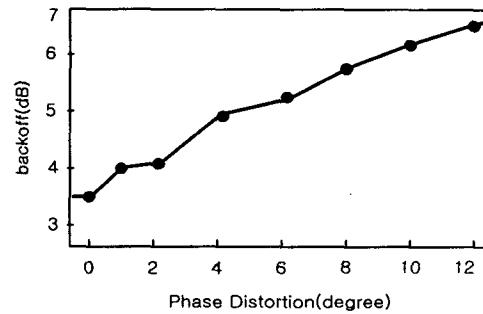


그림 6. AM-to-PM 변화에 따른 11MHz 떨어진 점에서 ACPR을 만족시키는 입력 backoff

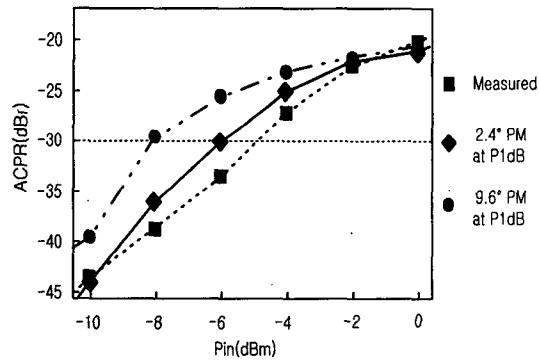


그림 7. 1dB 압축점에서의 위상왜곡 및 입력전력에 따른 ACPR 특성 비교

또한, 동일한 이득과 P1dB를 가지며 IP3를 P1dB보다 8 ~ 12dB 크도록 변화를 주었을 때의 ACPR을 시뮬레이

이션해보았으나 큰 영향이 나타나지 않음을 알 수 있었다. 그럼 8은 측정된 전력증폭기의 파라미터 값중 IP3를 변화하여 ACPR특성을 시뮬레이션한 스펙트럼이다.

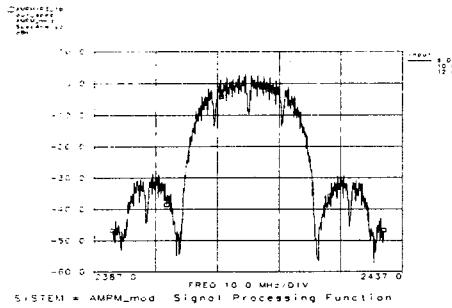


그림 8. IP3 변화에 따른 출력 스펙트럼

제작된 전력 증폭기의 특성을 측정하였을 때, ACPR특성은 -4.5dBm 의 입력전력이 인가되었을 때 중심 주파수에서 11MHz 떨어진 대역에서 30dB 의 요구 특성을 만족하였다.^[5,6] 그림 9는 제작된 전력증폭기의 측정특성 및 구현된 신호원과 전력증폭기 모델링에 의해 시뮬레이션된 출력을 나타낸 스펙트럼이다.

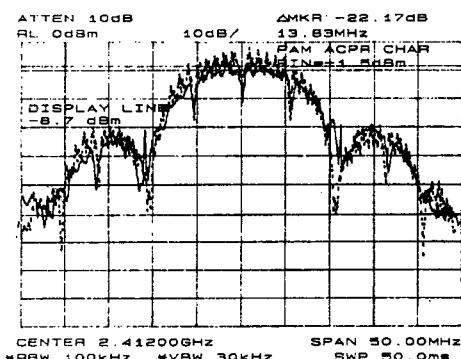


그림 9. -1.5dBm 입력시 제작된 전력증폭기
(실선)와 시뮬레이션(점선)된 스펙트럼
(출력에 30dB 감쇄기)

IV. 결 론

본 논문에서는 디지털 통신 시스템에서 전력증폭기의 선형특성을 규정하는 ACPR을 분석하기위해 전력증폭기의 AM-to-PM 특성을 $\text{P}1\text{dB}$ 점에서 0° 부터 12° 까지 변화하는 것으로 모델링하여 증폭기의 출력 ACPR을 분석하였다. $\text{P}1\text{dB}$ 에서 1.2° 왜곡에서는 $\text{P}1\text{dB}$ 입력 전력보다 4.0dB 떨어진 곳에서 ACPR 특성을 만족하였고 2.4° 왜곡시에는 4.1dB , 4.8° 왜곡에는 5.0dB , 9.6° 왜곡일 때 6.0dB , 12° 왜곡일 때에 6.5dB 의 backoff값이 요구함을 알 수 있었다. 본 연구를 통하여 전력증폭기의 위상왜곡에 따른 동작전력 범위를 결정하는 체계적인 접근방법을 제시하였다.

*본 연구는 인천대학교 멀티미디어 연구센터의 지원을 받아서 수행되었음.

참 고 문 헌

- John F. Sevic and Joesph Staudinger, "Simulation of Power Amplifier Adjacent Channel Power Ratio for Digital Wireless Communication Systems," Proc. of 1997 IEEE MTT-S, pp.681~684, June 1997.
- Seung-Woon Chen, William Panton and Rob Gilmore, "Effect of Nonlinear Distortion on CDMA Communication Systems," Proc. of 1996 IEEE MTT-S, pp.775~778, June 1996.
- John F. Sevic, et al, "Nonlinear Analysis Method for Digital Wireless Communication System," Int. Journal of MIMICAE, pp.197~216, May 1996.
- Omnisys 6.01 manual, HP-Eesof.
- Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification, IEEE Computer Society, July 1996.
- 이상학, 구경현, 조병학 "ACPR을 고려한 2.4GHz 무선 LAN용 전력증폭기 설계," 마이크로파 및 전파 학술대회 논문집, Vol.20, No.1, pp.264~267, 1997.9.