

전력증폭기 위상왜곡에 의한 밀리미터파 OFDM 시스템의 ACPR 해석

(ACPR Analysis of Millimeterwave OFDM System with Power Amplifier's Phase Distortion)

노희정*
(Hee-Jung Roh)

요 약

본 논문은 밀리미터파 OFDM 무선 랜 시스템의 ACPR(Adjacent Channel Power Ratio)영향을 모델링을 통하여 분석하였다. 전력 증폭기, 시스템 시뮬레이션기술을 분석하기 위하여 AM-to-PM 모델링을 사용하였다. 전력 증폭기 ACPR은 OFDM 변조(modulation)를 이용하여 시뮬레이션하였다. 증폭기의 back-off 값은 요구되는 ACPR을 만족시키며, ACPR감소치는 모델링한 AM-to-PM의 왜곡과 측정된 AM-to-PM의 왜곡을 이용하여 예측이 가능하였다.

Abstract

Millimeterwave OFDM wireless LAN system has been modeled for ACPR analysis. With simple AM-to-PM modeling for power amplifier and system simulation technique, power amplifier ACPR is simulated for OFDM modulation. Also, amplifier back-off value satisfying the required ACPR and the ACPR degradation have been predicted with the measured and modeled AM-to-PM distortion.

Key Words : OFDM, ACPR, back-off

1. 서 론

멀티미디어 정보를 전송하기 위한 광대역 신호의 고속전송에 대한 요구가 증가하고 있는 상황에서, 마이크로파 대역의 주파수는 점점 포화상태에 이르러 있어 상업적 사용이 되지 않은 새로운 주파수의

개발이 시급하다. 60[GHz] 주파수 대역은 근거리 통신을 위해 4~5[GHz] 대역의 막대한 주파수 자원의 사용이 가능하므로 이에 대한 연구가 증대되고 있다.

60[GHz] 근방의 밀리미터파는 공기 중 산소분자로 인해 15[dB/km] 정도의 큰 감쇠가 발생하며, 이것은 60[GHz] 대역이 장거리 통신에는 적합하지 않으나 근거리 통신에 이용될 수 있음을 나타낸다[1].

스펙트럼 재성장 정도는 ACPR(Adjacent Channel Power Ratio)에 의해 특성을 나타낼 수 있으며 이 비율은 전력증폭기에서 고효율을 얻고자할 때 주요한 요소이며 디지털 변조 통신시스템에서 선

* 주저자 : 김포대학 전자정보계열 조교수
Tel : 031-999-4208, Fax : 031-999-4775
E-mail : june@kimpo.ac.kr
접수일자 : 2004년 5월 14일
1차심사 : 2004년 5월 20일
심사완료 : 2004년 9월 8일

전력증폭기 위상왜곡에 의한 밀리미터파 OFDM 시스템의 ACPR 해석

형성을 나타내는 성능지수이다. ACPR은 인접채널에 나타나는 신호와 신호출력 전력과의 비율로 정의되므로 상측 ACPR과 하측 ACPR이 있으며, 일반적으로 양쪽의 비율은 같지 않게 된다.

밀리미터파 시스템의 송신부 개발을 위해서는 ACPR에 대한 해석이 필요하며, 전력증폭기의 위상 왜곡에 따른 ACPR 특성 해석을 위해 AM-to-PM에 대한 모델링을 하였다. 모델링을 통하여 변조방식에 따른 요구 ACPR을 만족하는 위상왜곡 정도를 시뮬레이션 하였다.

고속의 데이터를 무선으로 전송함에 있어, 다수반송파 변조기법은 다중경로 페이딩으로 인한 심볼간의 간섭(ISI(Intersymbol interference))을 막기 위한 유력한 변조방식이다. 본 논문에서는 다수반송파 변조방식과 전력증폭기의 관계를 알기 위해 변조방식에 따른 ACPR 성능을 기술하고 있다.

2. 변조부 및 송신부 구현

밀리미터파 대역 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)시스템에서 요구 ACPR을 만족하는 전력증폭기 특성을 제시하기 위해, 시스템 시뮬레이터를 사용하여 OFDM 변조부와 송신부를 구성하였다.

60[GHz] 대역에서는 특별히 OFDM 시스템에 대한 출력 ACPR을 규정하는 스펙트럼 마스크에 대한 규정이 없으므로, 시뮬레이션상에서는 20[Mbps]의 변

조된 60[GHz] 신호원은 IEEE 802.11a 표준안에 근거하여 모델링하였다. 그림 1에 무선 랜 시스템의 요구 출력 스펙트럼 마스크 규격을 나타내고 있다.

OFDM 시스템의 신호원은 16개의 부분송파를 사용하는 다중반송파 변조방식으로 Modulator에 인가되어 RF 송신부로 보내어진다. 그림 2는 베이스밴드 처리부, 변조부, 송신부에 대한 모델링 회로이다. 베이스밴드 신호는 140[MHz]의 IF 주파수로 변조되며, SAW 필터를 거쳐 AGC 증폭기로 인가된 후, 2.4[GHz]로 주파수 변환된 후 대역 통과 여파기에서 대역 제한된다. 대역 제한된 2.4[GHz] 신호는 증폭기를 거치고 60[GHz]의 밀리미터파 주파수 대역으로 상향 변환된 후 대역 통과 여파기를 거쳐 전력증폭기에 입력된다. 송신부 각 블록의 특성을 모델링하기 위해 각 소자들은 상용화된 제품을 모델링하였다.

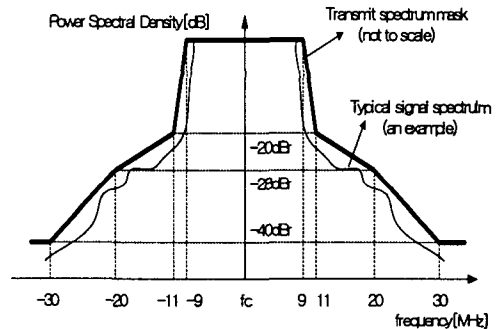


그림 1. IEEE 802.11a ACPR 특성 요구 스펙트럼
Fig. 1. IEEE 802.11a ACPR MASK

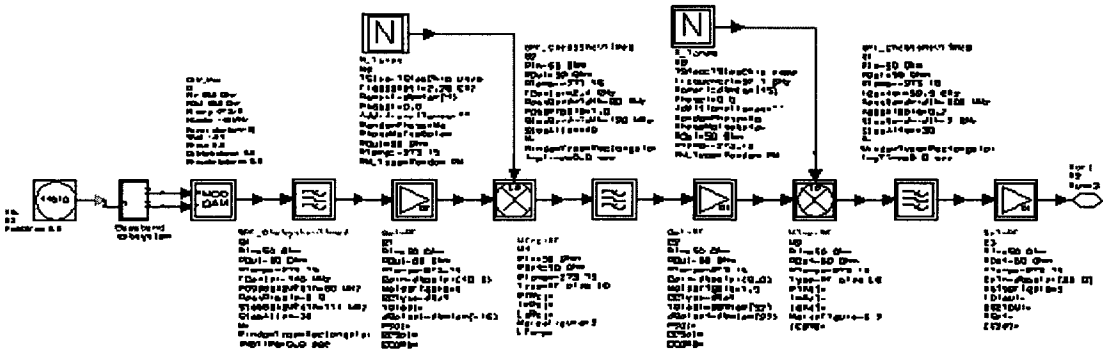


그림 2. 밀리미터파 시스템의 베이스밴드 처리부, 변조부, 송신부 모델링
Fig. 2. Milimeterwave system including baseband part, modulation part, transmission part

3. AM-to-PM에 의한 ACPR 특성

이상적인 증폭기는 출력 신호가 입력 신호에 비해 하여 선형적으로 증폭되나 실제 전력증폭기는 비선형 특성을 가지며, 전력증폭기의 비선형 특성은 입력

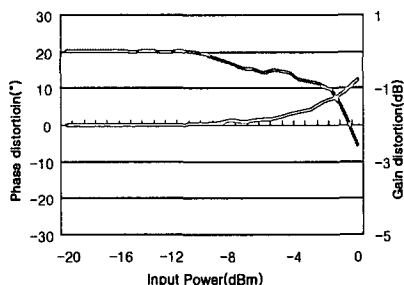


그림 3. 60[MHz] 전력증폭기의 진폭 및 위상 왜곡 특성
Fig. 3. 60[MHz] power amplifier Gain and Phase distortion characteristics

전력에 따른 진폭과 위상의 변화인 AM-to-AM 과 AM-to-PM으로 분석한다[5]. 이러한 전력증폭기의 비선형 특성은 출력 ACPR 특성에 영향을 주어 시스템의 성능을 저하시키며 AM-to-AM 특성은 낮은 차수 고조파 성분에 영향을 미치고 AM-to-PM 특성은 높은 차수 고조파 성분에 영향을 미친다고

알려져 있다.

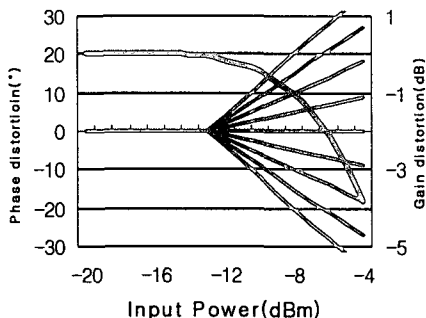


그림 4. 입력 전력에 따른 이득과 위상 왜곡 모델링
Fig. 4. Gain and Phase distortion Modelling for input power

AM-to-AM 특성은 진폭 응답을 통하여 모델링 될 수 있으며 P1[dB]나 IP3로 설명이 가능하다. 본 논문에서는 60[MHz] 대역 전력증폭기의 위상왜곡 정도를 모델링하기 위해 실제 증폭기의 특성을 분석하고자 Spacek Labs.사의 SP604-13-12 전력증폭기의 AM-to-AM과 AM-to-PM을 측정하였다. 그림 3은 측정된 전력증폭기의 위상(그림의 아래쪽)과 진폭특성(그림의 아래쪽)을 나타내며 P1[dB] 점에서의 위상은 7° 차이를 갖고 있다.

이러한 내용을 바탕으로 그림 4는 입력 전력 레벨

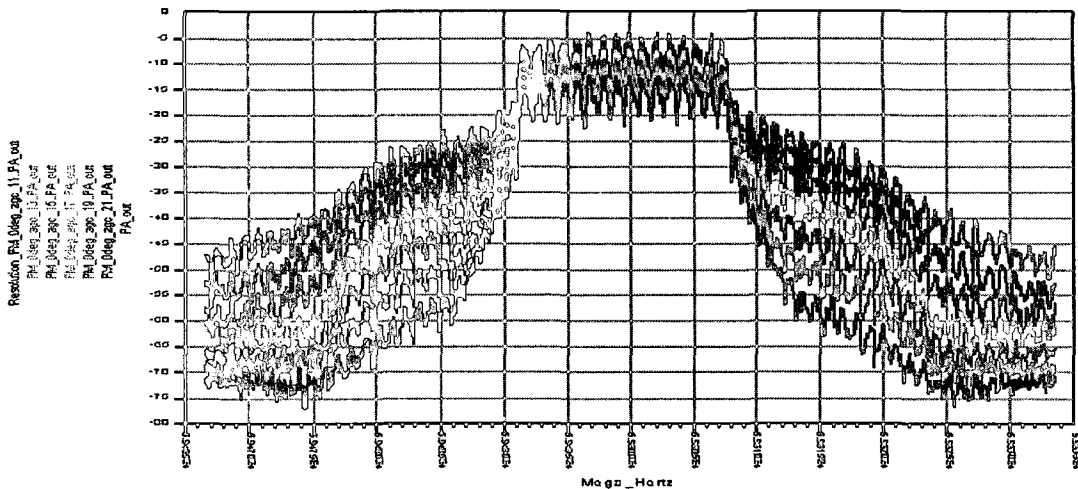


그림 5. 전력증폭기의 입력 전력변화에 따른 출력 ACPR 스펙트럼
Fig. 5. Output ACPR Spectrum from power amplifier's input power

전력증폭기 위상왜곡에 의한 밀리미터파 OFDM 시스템의 ACPR 해석

에 대한 이득과 위상왜곡 모델링을 나타내고 있다. 위상 왜곡 특성은 전력증폭기의 선형성 정도를 결정짓는 선정된 동작점에 따라 크게 좌우된다. 선형 동작을 하는 A급 증폭기보다 효율을 강조한 B급 증폭기로 갈수록 위상왜곡 현상이 현저하다. 전력증폭기의 왜곡 정도를 모델링 하고자 AM-to-AM 특성은 그림 4와 같이 가정하고 AM-to-PM 특성은 P1[dB]에서 각각 위상의 변조가 5°간격으로 -20°에서 20°의 선형 위상왜곡 특성을 갖는다.

전력증폭기의 ACPR 성능을 예측하기 위해 입력 전력을 -16[dBm]에서 -4[dBm]까지 변화시켜 인가하였으며 그림 5는 입력 전력에 따른 출력 스펙트럼을 나타내고 있다. 입력 전력이 증가함에 따라 주파수 재성장이 급격히 일어남을 보여주고 있다.

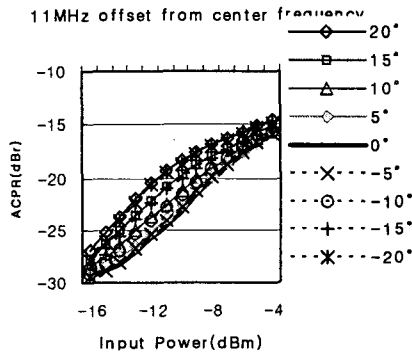


그림 6. 11[MHz] 떨어진 주파수에서의 ACPR 특성
Fig. 6. ACPR characteristics For 11[MHz] offset of center frequency

그림 2의 송신부 시스템에 대하여 전력증폭기의 위상왜곡 특성과 ACPR과의 관계를 분석하였으며, ACPR 특성을 만족하는 증폭기의 back-off 값을 예측하였다. 그림 6과 7은 각각 11[MHz]와 30[MHz] offset된 주파수 영역에서의 위상왜곡 크기에 대한 ACPR 특성 비교를 나타내고 있다. 위상왜곡 크기에 따른 ACPR 특성은 주파수 offset이 클수록 위상왜곡에 대한 ACPR 성능이 더욱 악화됨을 보여주고 있다.

그림 8은 위상왜곡에 따른 ACPR 조건을 만족하는 back-off 값을 나타내고 있다. P1[dB]에서 20°

위상 왜곡을 갖는 전력증폭기는 ACPR 특성을 만족시키기 위해 4[dB]의 추가적인 back-off가 필요함을 보여주고 있다. 중심주파수로부터 11[MHz] 떨어진 곳에서의 -20[dBr]의 조건을 만족하면 중심주파수로부터 30[MHz]이상 떨어진 곳에서 -40[dBr] ACPR은 항상 만족함을 알 수 있다.

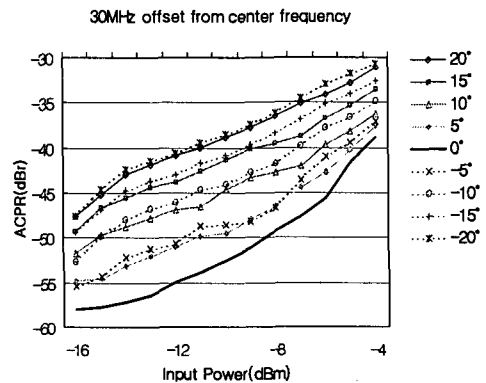


그림 7. 30[MHz] 떨어진 주파수에서의 ACPR 특성
Fig. 7. ACPR characteristics For 30 MHz offset of center frequency

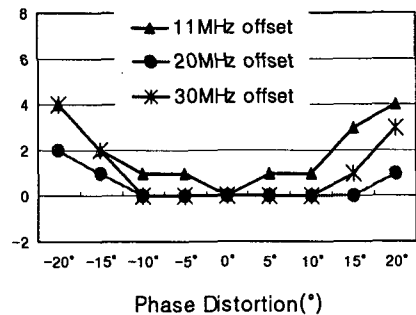


그림 8. 위상 왜곡 정도에 따른 ACPR 특성을 만족시키는 back-off 특성
Fig. 8. Back-off characteristics satisfying the required ACPR from phase distortion

4. 결 론

본 논문에서는 밀리미터파 시스템에서 ACPR 특성과 전력증폭기의 위상왜곡 관계에 대해 분석하고자 하였으며, 이를 위해 OFDM 변조부와 송신부를 구성하였다. 전력증폭기의 비선형 특성은 AM-to-AM과

AM-to-PM으로 모델링하였으며, 구성된 입력 신호원을 전력증폭기에 인가하여, 위상왜곡에 따른 ACPR 특성을 분석하였다.

요구되는 ACPR 특성은 전력증폭기의 비선형 특성 때문에 P1[dB]에서 만족하지 않으므로 AM-to-PM 왜곡 정도에 따라 back-off값이 요구되며, P1[dB]에서 20° 위상왜곡을 갖는 전력증폭기는 최대 4[dB]의 추가back-off가 필요함을 알 수 있다. 이 결과는 밀리미터 주파수 대역 무선 랜 시스템의 전력증폭기 설계에 유용하게 응용될 것으로 생각된다.

References

- (1) P. Smulders and L. Correia, "Characterisation of Propagation in 60(GHz) Radio Channels," Electronics and Communication Eng. Journal, pp.73-80, April 1997.
- (2) S.Chen, W.Panton and R.Gilmore, "Effects of Nonlinear Distortion on CDMA Communication Systems," IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., pp.775-778, 1996.
- (3) J.Sevic and J.Staudinger, "Simulation of Power Amplifier Adjacent Channel Power Ratio for Digital Wireless Communication Systems," IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., pp.681-684, 1996.
- (4) H.Gutierrez, K.Grad and M.Steer, "Spectral Regrowth in Microwave Amplifier Using Transformation of Signal Statistics," IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., pp.985-998, 1999.
- (5) S. Cripps, RF Power Amplifiers for Wireless Communications, Artech House, 1999.

◇ 저자소개 ◇

노희정 (盧熙正)

1961년 7월 7일생. 1985년 2월 아주대학교 전자 공학사. 1995년 7월 서울시립대학교 대학원 제어계측공학 석사. 2003년 7월 인천시립대학교 대학원 전자공학과 박사수료. 1989~1998 (주)한국통신기술 근무. 현재 김포대학 정보통신계열 조교수.