

# 저주파 혼변조 신호 크기 조절에 의한 전치 왜곡 선형화기 설계

장미애, 김성용, 김영, \*정용채

금오공과대학교 전파통신공학과, \*전북대학교 전자,정보공학부

전화 : 054-467-4258 / 팩스 : 054-461-9096

## A Design of Predistortion Linearizer to Control the Amplitude of Low Frequency Intermodulation Signals

Mi Ae Jang , Sung Yong Kim , Young Kim, \*Yong Chae Jeong

Dept. of Radio Communication Eng., Kumoh National Institute of Technology,

\* Dept. of Electronics & Information Engineering, Chonbuk National University

[roseae99@kumoh.ac.kr](mailto:roseae99@kumoh.ac.kr)

### Abstract

In this paper, a new predistorter to control the amplitude of low frequency intermodulation distortion signals is proposed. In this linearizer method, low frequency components are generated by harmonic generator and are modulated with the fundamental signals. The amplitude and phase of generating intermodulation distortion signals are controlled by low frequency variable gain amplifier. Also, conventional method can not exactly measure delay time of main path, but because of using the main carrier suppression delay, solved this problem. The experimental results show that 3<sup>rd</sup> IMD signal of the power amplifiers are cancelled more than 20dB for CW 2 tone signals. Also, it's improved the ACPR more 10dB for CDMA (IS-95) signals.

### 서론

일반적으로 통신 시스템을 구성할 때 대전력 증폭기 (Power Amplifier : HPA)는 최대 효율과 최대 출력을 얻기 위해 포화영역에서 동작시키게 되며 이때, 증폭기 출력단에서는 증폭된 신호와 함께 하모닉 신호와 혼변조 왜곡 신호가 발생하게 된다. 이렇게 생성된 하모닉 신호와 혼변조 왜곡 신호는 데이터의 비트 에러율을 증가시키고, 인접채널 신호간에 간섭을 일으키며, 증폭기의 효율을 떨어뜨리게 된다[1].

이러한 전력증폭기의 비선형 특성을 보상해주는 여러 가지 선형화 방법 중에서 전력증폭기 전단에 전력증폭기의 비선형 특성과 역이 되는 비선형 특성을 갖는 소자를 위치시켜 전력증폭기에서 발생하는 혼변조 왜곡 성분들을 감쇠시키는 방법이 전치왜곡 선형화 방법이다.

본 논문에서는 하모닉 발생기에서 추출된 저주파 혼



변조 신호와 주신호를 진폭 변조시켜서 혼변조 왜곡 성분을 생성한다[2],[3],[4]. 또한, 저주파 혼변조 신호의 크기를 조절함으로써 전력 증폭기의 전달특성과 역이 되는 신호를 만들어내어 전력 증폭기를 선형화하는 전지 왜곡 선형화 방법을 제안하였다.

본론

I. 이론적 배경

전력 증폭기의 비선형 전달 특성은 일반적으로 입력 신호가  $v_i(t)$ 이고 출력 신호가  $v_o(t)$ 일 때 식 (1)과 같이 파워 시리즈를 이용하여 나타낼 수 있다. [5]

$$v_o(t) = k_1 v_i(t) + k_2 v_i(t)^2 + k_3 v_i(t)^3 + \dots \quad (1)$$

이 때, 입력신호로  $v_i = A[\cos(w_1t) + \cos(w_2t)]$ 의 2톤 신호가 전력증폭기에 인가되면, 비선형 전달 특성에 의해 출력에서는 기본 주파수 신호와 함께 고차 하모닉 성분과 혼변조 왜곡 신호들이 출력되며, 본 논문에서 필요한 저주파 혼변조 신호 ( $w_2-w_1$ )는 파워 시리즈 표현식 두 번째 항에 의해 얻어진다. 또, 혼변조 신호를 만들기 위해서 저주파 ( $w_2-w_1$ ) 성분을 주 신호와 진폭 변조 시키며, 전력증폭기의 혼변조 왜곡 성분을 제거하기 위해서 저주파 혼변조 신호의 크기를 조절함으로써 혼변조 신호의 크기와 위상을 조절하여 전력증폭기를 선형화 시킬 수 있다.

II. 제안된 선형화기의 동작원리

그림1은 본 논문에서 제안된 선형증폭기 구성도를 보이고 있다. 제안된 선형증폭기는 전력 분배기, 자동 레벨 조정기 (Automatic Level Controller : ALC), 하모닉 신호 발생기, 가변 이득 조정기, 진폭 변조기, 가변 감쇠기, 가변 위상변환기, 지연 선로 그리고 증폭기로 이루어진다.

입력 신호는 전력 분배기를 이용하여 주경로와 보조경

로로 나뉘어지고, 보조경로를 지나는 신호는 다시 전력 분배기를 이용하여 지연경로와 혼변조 신호 생성 경로로 나뉘게 된다. 지연경로를 지나는 신호는 혼변조 생성 경로의 시간적 지연을 보상하는 지연선로를 거치며, 혼변조 신호 생성경로를 지나는 신호에서 일부는 자동 레벨 조정기로 인가되고, 나머지는 진폭 변조기로 인가된다. 이때, ALC회로를 통과한 신호는 일정한 신호 레벨로 유지된 다음, 하모닉 신호 발생기에 인가되어 저주파 혼변조 신호를 생성하고, 이 저주파 혼변조 신호의 크기 조정하기 위하여 가변 이득 조정기를 두었다. 이렇게 생성된 저주파 혼변조 신호는 진폭 변조기에 인가되어 주 신호와 변조되어 혼변조 신호를 만든다. 그림 2는 제안된 저주파 혼변조 신호 발생기를 나타내었다.

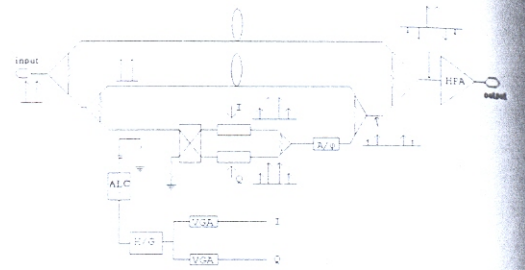


그림1. 제안된 선형증폭기의 구성도

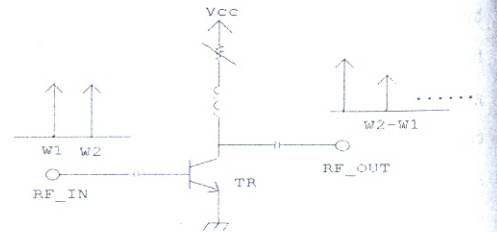


그림 2. 저주파 혼변조 신호 발생기 구성도

변조된 신호는 지연경로와 시간지연을 맞춘 후, 가변 감쇠기와 가변 위상 변환기를 적절히 조절함으로써, 주 신호성분을 제거하게 된다. 이렇게 생성된 신호는



전  
성  
변  
률  
일  
변  
에  
과  
정  
진  
신  
호

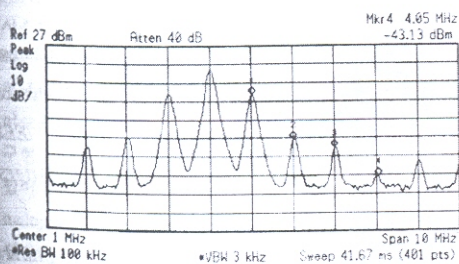
주 경로의 신호와 역 위상으로 더해지도록 주 경로의 시간지연을 맞춘 후 전력 합성기로 더해진 후, 전력 증폭기를 선형화하게 된다.

### III. 실험결과

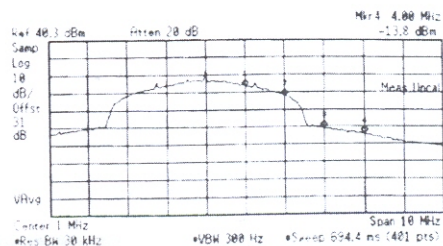
제안된 선형화기의 개선 정도를 확인하기 위하여 전지 왜곡선형화기와 전력 증폭기를 제작하였다. 전력 증폭기는 와킨 존슨사의 AH1과 모토로라사의 MHL 9838을 직렬로 연결하여 880MHz 대역에서 37dBm의 출력이 나오도록 설계하였다. 하모닉 신호 발생기는 와킨 존슨사의 AH1을 사용하였고, 사용된 진폭 변조기는 3dB 하이브리드 커플러와 바랙터 다이오드 그리고 전력 분배기를 사용하여 구성하였다.

주파수가 879.5MHz와 880.5MHz의 반송파 2 톤 신호를 인가 하였을 경우와 중심 주파수가 878.25MHz와 881.75MHz인 CDMA 2FA 신호 인가 시 저주파 혼변조 신호 발생기의 출력 특성을 그림 3에 나타내었다. 그림 4는 저주파 혼변조 신호와 주 신호를 진폭 변조한 다음 가변 감쇠기와 가변 위상 변환기를 이용하여 주 신호 성분을 억압한 출력 특성을 나타내었다. 이때 저주파 혼변조 신호 발생기를 미세하게 조정하여 5차 혼변조 신호를 생성하면, 3차와 5차 혼변조 신호를 동시에 제어하는 선형화기로 동작 할 수 있다.

그림 5는 2 톤 입력 신호 크기를 -15dBm에서 0dBm까지 변화시켰을 때, 전력 증폭기의 3차 혼변조 신호의 개선 전·후의 특성을 나타낸 것으로 전체 대역에서 대략 20dB의 개선 특성을 얻을 수 있음을 보인다.

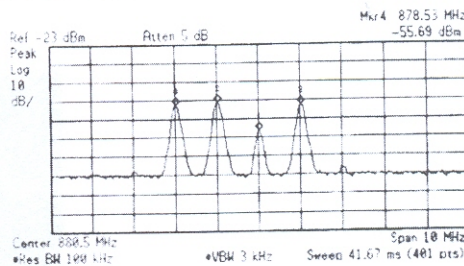


(a) 반송파 2 톤 신호 입력 시

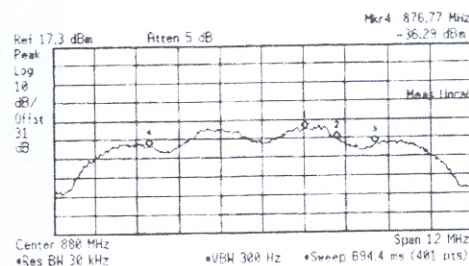


(b) CDMA 2FA 신호 입력 시

그림 3. 저주파 혼변조 신호 검출기의 출력 특성



(a) 반송파 2 톤 신호 입력 시



(b) CDMA 2FA 신호 입력 시

그림 4. 진폭 변조된 신호의 주 신호 억압 후 특성

그림 6(a)는 중심 주파수가 879.5MHz, 880.5MHz인 반송파 2 톤 신호를 인가하여 출력전력이 28.27dBm/tones을 얻었을 경우 (C/I)비를 20dB 개선시킨 전력 증폭기의 선형화 전·후의 특성을 나타내었다. 또, 그림 6(b)는 중심 주파수가 880MHz인 CDMA 1FA 신호를 인가하여 출력전력이 26dBm을 얻었을 경우 전력 증폭기의 선형화 전·후의 특성을 나타내었다. 이때, ACPR 개선 특성은 880KHz, 1.25MHz 떨어진 지점에서 각각 13.7dB, 9dB 개선되었다.

가  
변  
위  
상  
회  
전



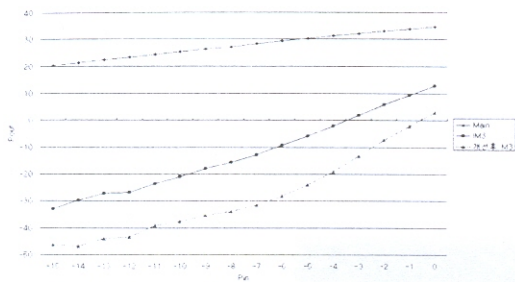
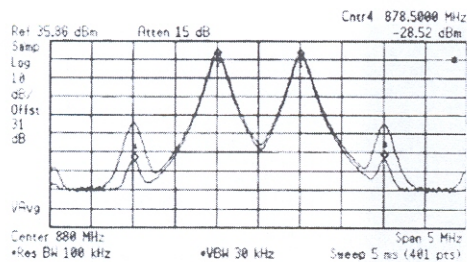
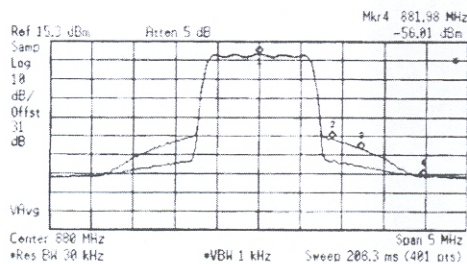


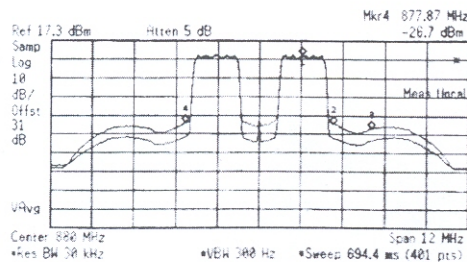
그림 5. 2 톤 신호 크기 변화에 따른 전력 증폭기의 3차 혼변조 신호 개선특성



(a) 반송과 2 톤 신호 입력 시 (Po=28.27dBm/tone)



(b) CDMA 1FA 신호 입력 시 (Po=26dBm)



(c) CDMA 2FA 신호 입력 시 (Po=26dBm/FA)

그림 6. 전치 왜곡 선형화기 사용 전·후의 전력 증폭기의 특성

그림 6(c)는 중심주파수가 878.25MHz, 881.75MHz 인 CDMA 2FA 신호를 인가하여 출력전력이 26dBm/FA 일 때의 선형화 특성을 보인다. 이 때, ACPR 개선특성은 880KHz, 1.25MHz 떨어진 지점에서 각각 9.8dB, 8.6dB 개선되었다.

### 결론

본 논문은 하모닉 신호 발생기에서 저주파 혼변조 왜곡 신호를 추출하여 주 신호와 진폭 변조기로 변조시키고, 혼변조 신호의 크기와 위상을 조절하기 위해서 저주파 가변 이득 조정기를 사용한 전치 왜곡 선형증폭기 설계방법을 제안하였다. 이 방법은 주 신호 제거를 위한 시간 지연을 기준으로 전력 증폭기의 혼변조 왜곡 신호의 시간 지연을 맞추었기 때문에 기존의 방법보다 시간 지연 선로의 조정이 쉬운 장점을 가진다. 또한 가변 이득 조정기를 사용하여 저주파 신호의 크기만을 조절함으로써 전력 증폭기를 선형화하였기 때문에 회로 구성을 간단하게 할 수 있었다.

### 참고문헌

- [1] Petter B. Kenington, *High-linearity RF Amplifier Design*, Artech House, p351~420, 2000
- [2] Young Kim, "A New Predistorter Using Low Frequency Intermodulation Signals Injection of a Harmonic Generator", *IEICE Trans. Electron*, Vol. E86-C, No. 8, August 2003
- [3] Nick Pothecary, *Feedforward Linear Power Amplifiers*, Artech House, PP. 124, 1999
- [4] Chun W. Fan, K. Keung and M. Cheng, "Amplifier Linearization Using Simultaneous Harmonic and Baseband Injection", *IEEE Microwave and Wireless Components letters*, Vol. 11, No.10, Oct. 2001
- [5] Tri T. Ha, *Solid-State Microwave Amplifiers Design*, John Wiley, 1981