개별 차수 제어된 혼변조 신호를 이용한 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 Using Controlled Individual Order IM 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

Abstract

In this paper, suggested a new predistorter using controlled individual order intermodulation distortion signals. This circuit generates and controlls predistorted third and over the fifth IM signals simultaneously, and that is to use the predistorter for suppressed the IMD signals of power amplifier effectively. The test results show that third IMD signal and fifth order IMD signal of power amplifier are improved more than 20dB and 10dB for CW 2-tone signals, respectively. The predistorter improved the ACPR more than 10dB at 885kHz offset point for CDMA signals.

서론

일반적으로 통신 시스템을 구성할 때 대전력 증폭기(Power Amplifier : HPA)가 가진 비선형 특성 때문에 CDMA 신호나 다채널의 신호가 동시에 인가되면, 증폭기 출력단에서는 증폭된 신호와 함께 하모닉 신호나 혼변조 왜곡 신호가 발생하게 된다. 이러한 하모닉 신호나 혼변조 왜곡 신호에 의한 전력증폭기의 비선형 특성을 보상해주기 위한 방법 중 전치 왜곡 선형화 방법은 전력 증폭기의 전단에 전력 증폭기의 비선형 전달특성과 역이 되는 신호를 갖는 회로를 위치시켜 전력 증폭기의 왜곡성분을 감쇄시키는 방법으로 일반적인 전치왜곡 선형화기는 3차와 5차 혼변조 신호의 크기와 위상을 동시에 맞추기 어려워 동시에 두 신호를 개선시키기 어려운 단점을 갖게 된다. 이러한 문제 해결을 위해서는 개별 차수 제어를 해야 한다[1][2][3][4] . 본 논문에서는 3차 왜곡 혼변조 신호를 만들고, 이 신호를 이용하여 고차 혼변조 왜곡 신호를 다시 만들어 이 같은 어려움을 피하면서 전력

증폭기를 선형화하는 방법을 제안하였다.

본론

Ⅰ. 회로의 동작 원리

입력 신호가 v_i이고 출력신호가 v_o일 때 전력 증폭기의 비선형 전달특성은 식 (1)과 같이 파워 시리즈를 이용하여 3차 항까지 나타낼 수 있다.[5]

$$v_o = k_1 v_i + k_1 v_i^2 + k_1 v_i^3 \qquad (1)$$

서로 다른 두 주파수 신호들로 구성된 입력 신호 $v_i = A[\cos(w_1 t) + \cos(w_2 t)]$가 인가되면, 출력 신호는 기본 주파수 신호와 함께 고차 하모닉 신호 성분과 혼변조 왜곡 신호들이 출력된다. 혼변조 왜곡 신호들은 인접 채널에 영향을 주어 통신의 잡음원인이 되므로 이를 제거하기 위해, 그림 1(a)에서 3차 혼변조 신호 발생기를, 그림 1(b)에서 이를 이용한 5차 이상의 고차 혼변조 신호 발생기를 제안하였다.[6]

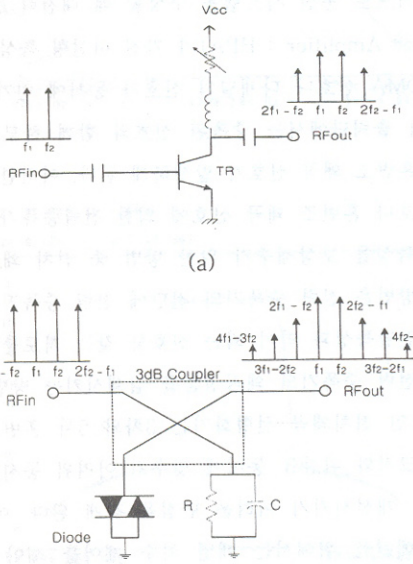


그림 1. (a) 3차 혼변조 신호 발생기 블록도
(b) 고차 혼변조 신호 발생기 블록도

Ⅱ. 개별차수 제어 선형화기 설계

3차 및 고차 혼변조 신호 발생기를 이용한 Predistorter의 블록도를 그림 2에서 보였다. 이것의 동작원리를 살펴보면 입력신호가 결합기를 통해 주 경로와 보조 경로로 나뉜다. 주 경로는 시간 지연을 거치고 보조 경로는 자동 레벨 조정기(Automatic Level Controller :ALC)로 인가되어 일정한 신호 레벨을 유지하고, 이 신호가 3차 혼변조 신호 발생기에 인가되어 3차 혼변조 신호를 만들고, 이 신호는 다시 고차 혼변조 신호 발생기에 인가되어 5차 이상의 고차 혼변조 신호를 만들어낸다. 또, 3차와 5차 이상의 고차 혼변조 신호들의 크기와 위상을 개별적으로 제어 할 수 있도록 가변 감쇠기와 위상변환기를 두었다.

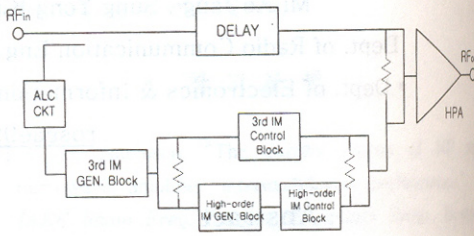


그림 2. 제안된 전치왜곡 전력 증폭기 블록도

Ⅲ. 실험결과

본 논문에서 제안한 선형화기의 실제 개선 정도를 확인하기 위하여 전치왜곡기와 전력 증폭기를 제작하였다. 전력 증폭기는 국내 PCS 기지국 송신 주파수 대역인 1840~1870MHz에서 동작하고,이득과 P1dB는 각각 50dB, 37dBm이다. 3차 혼변조 신호 발생기는 HP사의 MSA0386 트랜지스터를 사용하였고, 고차 혼변조 신호 발생기는 HP사의 HSMS-2822 쇼트키 배리어 다이오드를 사용하였다.

그림 3은 전치 왜곡기의 반송파 2톤 신호의 주파수를 1854MHz와 1855MHz로 하였고, 제작된 혼변조 신호 발생기 출력에서 측정된 3차 혼변조 신호 특성을 나타내었다. 그림 3과 같이 발생된 혼변조 신호를

고차 혼변조 신호 발생기에 인가하여 얻은 고차 혼변조 신호들 중 CDMA 1FA 혼변조 신호 입력 시 측정된 고차 혼변조 신호 특성은 그림 4와 같다.

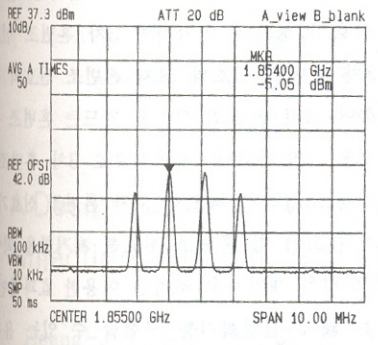


그림 3. 2톤 입력 시 3차 혼변조 신호 특성

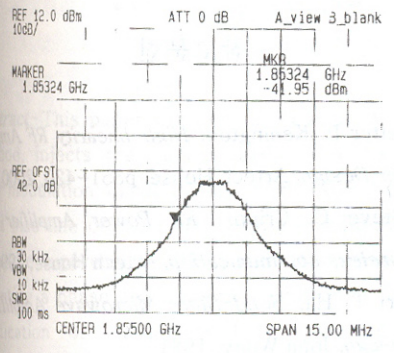
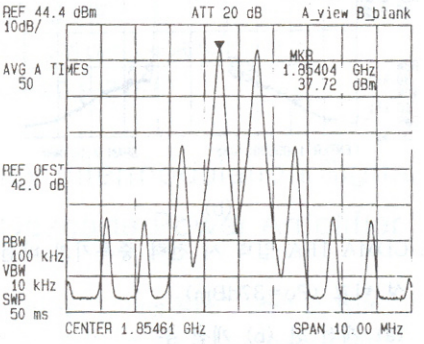
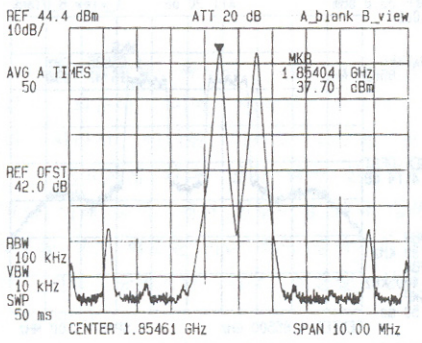


그림 4. CDMA 1FA 혼변조 신호 입력 시 측정된 고차 혼변조 신호 특성

그림 3, 4와 같은 혼변조 신호를 이용한 선형화 개선 전후의 특성을 그림 5, 6, 7에 나타내었다. 그림 5는 2톤을 인가하였을 때, Po=37.7dBm/tone에서의 개선 전후의 특성을 보인다. 이 때 3차와 5차 혼변조 왜곡 신호는 각각 -42.87dBm, -23.95dBm, 전체적인 (C/I)는 23dB 개선되었다. 그림 6은 중심 주파수가 1855MHz의 CDMA 1FA 신호를 인가하여 Po=37dBm을 얻었을 때의 선형화 특성을 보인다. ACPR 개선 특성은 885KHz, 1.25MHz, 2.25MHz 떨어진 지점에서 각각 11.63dB, 11.62dB, 5.67dB 개선되었다. 그림 7은 중심 주파수가 1854MHz, 1856MHz인 CDMA 2FA 신호를 인가하여 Po=33dBm/FA 일 때의 선형화 특성을 보인다. ACPR은 885KHz, 1.25MHz, 2.25MHz 떨어진 지점에서 각각 10.25dB, 8.6dB, 7.15dB 개선되었다.

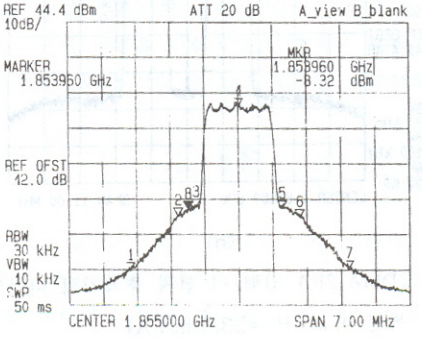


(a)

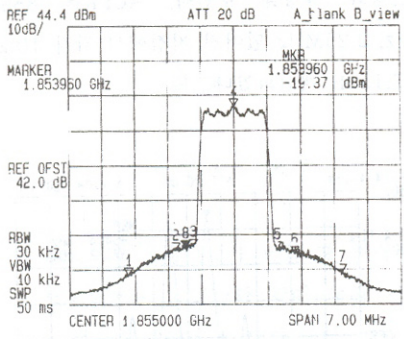


(b)

그림 5. 2톤 신호 입력 시 전력 증폭기의 비선형 특성 비교 (Po=37.7dBm/tone)
(a) 개선 전 (b) 개선 후

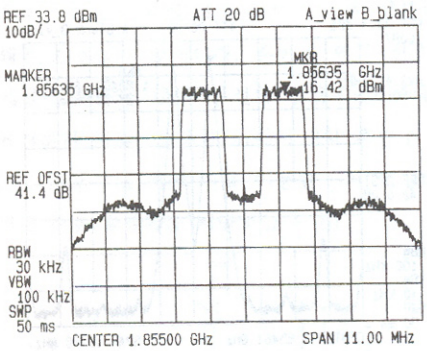


(a)

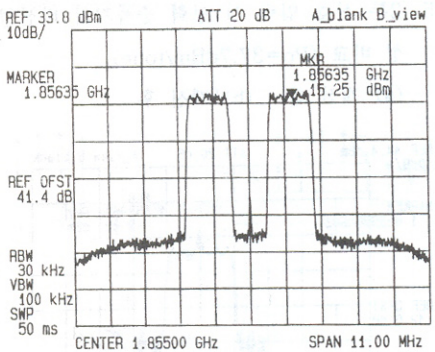


(b)

그림 6. CDMA 1FA 입력 시 전력 증폭기의 비선형 특성 비교 (Po=37dBm)
(a) 개선 전 (b) 개선 후



(a)



(b)

그림 6. CDMA 2FA 입력 시 전력 증폭기의 비선형 특성 비교 (Po=33dBm/FA)
(a) 개선 전 (b) 개선 후

결론

본 논문은 통신 잡음을 유발하는 전력 증폭기의 혼변조 왜곡 신호를 억압하기 위하여 입력신호를 3차 혼변조 신호 발생기에 인가하여 3차 혼변조 신호를 만들고 3차 혼변조 신호와 고차 혼변조 신호의 관계를 이용하여 고차 혼변조 신호를 만드는 혼변조 신호 제작 방법을 고안하였다. 최종적으로 3차 혼변조 신호의 진폭을 조절한 입력으로 고차 혼변조 신호가 전력 증폭기의 고차 항 혼변조 신호를 제거함을 확인하였다. 이 방법은 개별차수 조정을 이용한 효과적인 혼변조 신호 왜곡 선형화기를 구현할 수 있는 유용한 전치 왜곡기이다.

참고문헌

[1] Petter B. Kenington, *High-linearity RF Amplifier Design*, Artech House, p351~420, 2000

[2] Steve C. Cripps, *RF Power Amplifier for wireless communication*, Artech House, 1999

[3] Tri T. Ha, *Solid-State Microwave Amplifiers Design*, John Wiley, 1981

[4] 정용채, 혼변조 신호의 개별차수 조정 Predistoter 선형화기 설계, 서강대학교 박사 학위 논문, 1995

[5] Stephen A. Mass, *Nonlinear Micorwave Circuits*, Artech House, 1988

[6] Toshio Nojima and Toru Konno, "Cuber Predistortion Linearizer for Relay Equipment in 880MHz Band Land Mobile Telephone System", *IEEE Trans. on Vehicular Techonlogy*, Vol. VT-34, No.4, Nov. 1985