

주파수 상향 변환을 이용한 전치왜곡 증폭기 설계

서규재, 김연환, 정용채, *김철동
전북대학교 전자·정보 공학부, *세원 텔레텍

A Design of Predistortion HPA using Frequency Up-Conversion Mixing Operation

Gyu Jae Seo, Youn Hwan Kim, Young Chae Jeong, Chul.D Kim

Dept. of Information & Communication Engineering Chonbuk National University,

* Sewon Teleteck Inc.,

E-mail: kevin018@hanmail.net

Abstract

In this paper, a predistortion linearizing method using frequency up-conversion operation. This method doesn't require any additional signal sources even though using mixing operation. This method uses the 2nd low frequency intermodulation distortion signal of driver amplifier as mixing signal. With the proposed predistortion method, the (C/I)3rd of amplifier is improved 26dB (@Po=22dBm/tones), where two tones are 1.8544GHz and 1.8556GHz.

I. 서론

제 3세대(3G) 무선이동통신의 표준은 높은 파워의 신호를 다룰 수 있는 선형성이 높은 송신기를 전보다 더 요구하고 있다. 이러한 전력증폭기의 설계를 위해, 높은 선형성과 높은 효율성이 필수적인 과제이다. 사실, 전력증폭기가 높은 효율과 높은 출력 전력을 얻는 포화영역에 가깝게 동작할 때, 선형성의 성능저하도 상당히 크게 된다. 그러므로 전력 효율과 선형성 사이의 절충도 고려되어야 한다. 전력 증폭기의 비선형성을 제거하기 위해서는 선형화 기법이 그 해결책이다. 선형화 방법으로는

feedforward, feedback(부귀환), predistortion(전치왜곡), LINC 등과 같은 다양한 방법과 [1][2][3][4]와 같은 방법들이 있다.

전치왜곡은 RF전력 증폭기의 선형화 방법 중 가장 기본적인 형태이다. 그러나 비선형적인 요소의 개선 효과는 feedforward 에 미치지 못한다. 전치 왜곡기는 AM/AM과 AM/PM의 왜곡을 바로 잡을 수 있고, 대역폭에 제한을 두지 않으며, 소형으로 구현될 수 있다. 일반적으로, 전치왜곡 방법은 전치왜곡신호를 만들고, HPA의 왜곡신호를 줄이기 위한 전치 왜곡 신호들의 크기와 위상을 조절한다.

본 논문에서, 우리는 주파수 상향 변환 혼합장치를 이용한 전치왜곡방법을 제안했다. 그 제안된 전치 왜곡 방법은 mixing 방법을 사용하지만 어떤 신호도 첨가할 필요가 없다. 그리고 이 방법은 전치왜곡 신호를 만들고 그 신호들을 제어하는 것이 쉽다.[5][6]

II. 이 론

A. 주파수 상향 변환 혼합

Mixer 는 LO (Local Oscillator) 신호를 가지고 있는

mixer의 비선형성을 이용하여 주파수 상향-하향 변환 동작을 수행한다. 상향 변환의 경우, RF 포트 주파수 성분들은 LO와 IF 신호의 주파수 성분들 사이의 합과 차이다. 만약 LO신호는 주파수가 f_1, f_2 ($f_1 < f_2$) 이고 IF신호의 주파수는 $\Delta f = f_2 - f_1$ 인 크기가 같은 두 신호로 구성되었다면, 그때 RF포트 신호의 주파수 성분들은 $f_1, f_2, f_1 - \Delta f$ 과 $f_2 + \Delta f$ 이다. 이 $f_1 - \Delta f$ 과 $f_2 + \Delta f$ 의 주파수 성분들은 증폭기가 만들 수 있는 3차 IM 왜곡 성분들이다. 그림 1은 상향 하향 변환 혼합기의 동작의 주파수 스펙트럼을 보여준다[5].

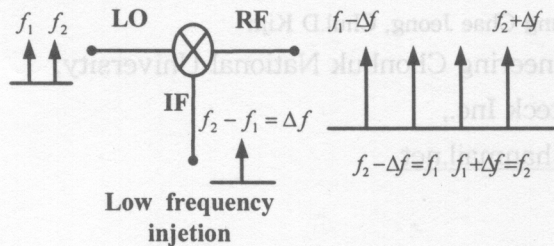


그림 1 주파수 상향변환 혼합 동작의 주파수 스펙트럼

B. 2차 저주파IM신호 발생

비선형성이 적은 증폭기의 전달함수는 다음의 Taylor series로 표현될 수 있다.

$$V_{out} = G_1 \cdot V_{in} + G_2 \cdot V_{in}^2 + G_3 \cdot V_{in}^3 + \dots \quad (1)$$

그 계수들 G_i ($i=1, n$) 입력과 출력 특성의 정확한 형태로 인해 결정되어진다. 만약 입력신호가 크기가 같은 두개의 신호로 구성되었다면 다음과 같다.

$$V_{in} = A[\cos(\omega_1 t) + \cos(\omega_2 t)] \quad (2)$$

이때 증폭기의 출력에는 간섭 왜곡 성분들($\omega_1 \pm \omega_2, 2\omega_1 - \omega_2, 2\omega_2 - \omega_1, \dots$)과 하모닉 성분들($2\omega_1, 2\omega_2, 3\omega_1, 3\omega_2, \dots$)이 입력신호 옆에 증폭되어 나온다. 그림 2는 비선형 증폭기의 출력신호의 스펙트럼을 보여준다. 주파수 하향변환 혼합동작을 위해 2차 저주파 IM 신호($\omega_1 - \omega_2$)가 요구된다.

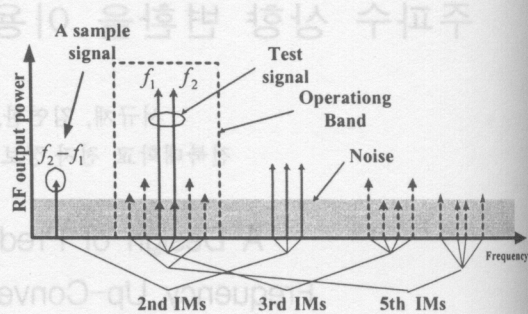


그림 2. 증폭기의 출력신호의 스펙트럼

본 논문에서는 2차 저주파 IM신호(LIM2)발생기를 Fig.3과 같이 제안한다.

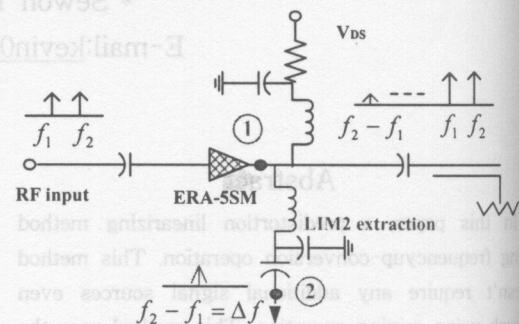


그림 3. 2차 저주파 IM신호(LIM2)발생기의 구성도

이 발생회로는 증폭기, 커플러, 인덕터(Ls) 그리고 캐패시터들(Cs)로 구성된다.

커플러는 band 신호로 동작하는 것을 차단하기 위한 대역통과 필터로서 동작한다. 그리고 직렬 LC 공진기는 LIM2 신호를 추출해 내기 위해 사용한다.

C. 주파수 상향 혼합 동작을 이용한 전치 왜곡 대전력 증폭기 설계

주파수 상향 혼합 동작을 이용한 전치왜곡 대전력 증폭기를 그림 4와 같이 설계하였다. 전체 구성은 전력 분배기, Automatic Level Controller(ALC), 2차 저주파 혼변조 신호 검출기, 혼합기, 가변 이득 조절기, 가변 위상 조절로 되어있다. 입력된 2-tone 신호는 전력 분배기를 통해 전력 증폭기 패스와 ALC 패스로 나뉜다. ALC는 입력신

호 동작 대역을 위해 일정한 신호 레벨을 유지시킨다. 이러한 신호들은 다시 전력 분배기에서 혼합기의 LO 단에 들어가는 신호와 2차 저주파 신호 검출을 위한 패스로 나뉘게 된다. Voltage gain amplifier (VGA) 는 2차 저주파 신호검출기에서 추출된 신호의 크기를 조절할 수 있다. 결국 LO단에 들어가는 신호는 증폭된 2차 저주파 신호와 혼합되고, 전치 왜곡 신호가 발생된다. 이러한 전치 왜곡 신호의 이득과 위상은 대전력 증폭기에서 발생하는 혼변조 왜곡을 정합시키기 위해, 가변이득 조절기와 가변 위상 조절기를 이용하여 조절된다.

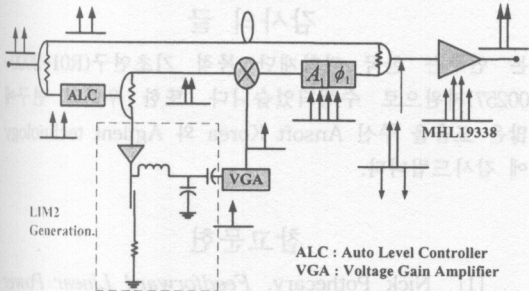


그림 4. 전치 왜곡 대전력 증폭기 구성도

III. 실험결과

본문에서 제안한 선형화기의 실제 개선 정도를 보이기 위해, 전치왜곡기와 대전력 증폭기를 제작하였다. 실험에서 사용된 대전력 증폭기는 Motorola 사의 MHL19338 이고, 측정된 이득은 30dB 이고, P1dB 는 35dBm이다. 2차 저주파 혼변조 왜곡 신호를 검출하기 위해서, Mini-Circuits사의 ERA-4SM 이 사용되었다. VGA 혼합기는 Analog device 사의 AD602 와 Mini-circuit사의 LRMS-30J를 사용하였다. 가변 이득 조절기와 가변 위상 조절기는 좋은 반사 계수를 얻기 위하여 반사 형태 (reflection type)를 사용하였다. 가변 위상 조절기에 Sony 사의 Varactor diode 1T362를 사용하였고, 가변 이득 조절기에는 HP사의 PIN diode HSMP-4810을 사용하였다..

그림 5는 2차 저주파 신호 검출기의 전달 특성을 보여 주고 있다. 그림 6은 입력 주파수가 1.8544GHz 와 1.8556GHz 일 때, 2차 저주파 혼변조 신호 검출기의 출력 스펙트럼 그림이다. 그림 7은 주파수 상향 혼합 동작을 보여 주고 있다.

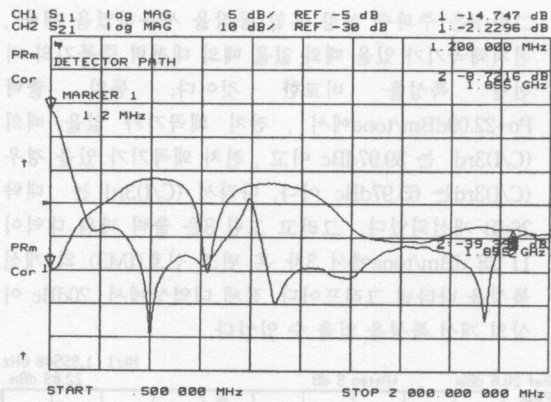


그림 5. 2차 저주파 신호 검출기의 전달 특성

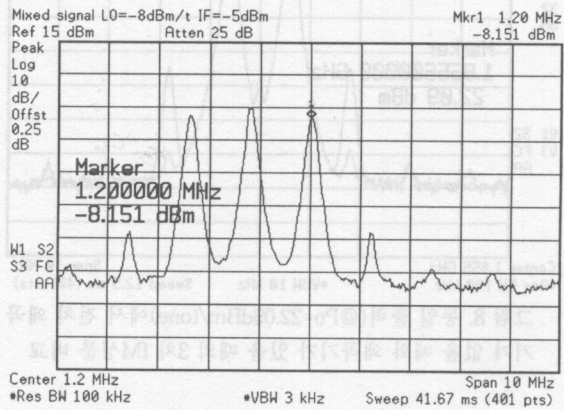


그림 6. 2차 저주파 혼변조 신호 검출기의 출력 스펙트럼

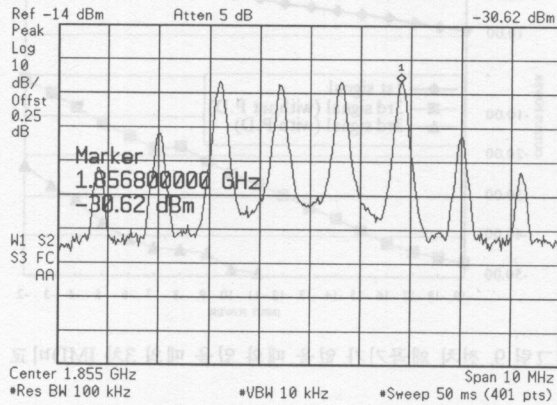


그림 7. 주파수 상향 혼합 동작