

통신용 대전력증폭기의 AM/AM과 AM/PM을 독립적으로 제어하는 전치왜곡보상기 설계

論 文

53D-3-8

A Design of Predistorter for Independently Controllable AM/AM and AM/PM of High Power Amplifier for the Communication Systems

元 容 奎^{*} · 鄭 讚 壽^{**}
(Yong-Kyu Wor., Chan-Soo Chung)

Abstract - Amplifier linearity plays a major role in the quality of modern communication systems. The power amplifier should be operated near saturation region to achieve high efficiency. But at this region amplitude and phase distortions of the amplifier remarkably increase with the input power increase and cause a significant adjacent channel interference. In this paper, an independently controllable AM/AM and AM/PM predistortion linearizers consisted of two bias feed resistance linearizers is proposed. This linearizer allows independent adjustment of the AM/AM and AM/PM curves by using two adjustable voltages to compensate the power amplifier non-linearities. The predistortion linearizer can improve the ACPR by 5.3dB with cdma2000 multi carrier signals. And by applying this linearizer to two-tone(880MHz) power amplifier, third order IMD products are improved up to 8[dB].

Key words : Predistortion, AM/AM, AM/PM, ACPR

1. 서 론

전력증폭기의 선형성화는 근래 통신시스템설계에 중요하게 대두되고 있다. 통신수요의 증가에 따른 주파수대역의 증가로 많은 기지국이 필요하게 되고 기지국 통신시스템의 전력증폭기는 가능한 높은 출력신호를 방사해야만 된다. 그러기 위해서는 대전력 증폭기가 최대 출력 전력 특성을 가질 수 있도록 하여야 하지만 이 지점부터 대전력 증폭기의 이득과 위상의 왜곡이 시작된다. 그리고 여러 개의 반송파가 입력되어 같이 증폭될 경우 포화영역은 비선형 특성으로 인하여 혼변조 신호들이 발생하게 된다. 이때 발생한 혼변조 성분들은 혼신 또는 잡음으로 작용하여 통화 품질의 저하와 전체시스템의 이득을 감소시키게 된다.

특히 통신시스템의 성능을 높이기 위해 광대역의 필요성이 증가되고 있는 오늘날 통신시스템에서 이러한 요구를 해결하기 위해서는 우수한 RF회로 설계가 절실하게 요구되고 있다.

현재 많이 사용되고 있는 전력증폭기의 선형화 방법으로써

백-오프(Back-off)방법, 부의 피드백(Negative feedback)방법, 피드포워드(Feedforward)방법, 전치왜곡보상(Predistortion)방법 등이 있다.

백-오프(Back-off)방법은 다수 반송파가 입력되는 전력증폭기에 대해 증폭기의 출력을 최고출력지점보다 3~5[dB]정도 낮은 지점에서 동작하도록 하는 방법으로 혼변조 잡음이 적지만 그것은 전체출력이 낮아져서 같은 출력을 내기 위해서는 두 개 이상의 전력증폭기를 병렬로 접속하여 구동해야 하기 때문에 증폭부의 부피가 커지고 더 큰 용량의 전원공급기가 필요하게 되므로 효율과 안정성이 저하되고 고가의 비용이 들어가게 된다.

다음으로 부의 피드백(Negative-feedback)방식은 반송파와 혼변조 왜곡신호가 섞여있는 증폭기 출력의 일부를 추출하여 증폭기의 입력으로 부채환 시켜 선형화를 실현하는 방식으로 전송대역폭에 따른 시간지연을 보상하기 위한 별도의 장치가 필요하게 되며 전송주파수가 광 대역에서는 사용하기가 곤란하고 발진방지를 위한 대역제한 여파기가 필요하다는 단점을 갖고 있다.[2,7]

그리고 피드포워드 방법은 왜곡된 증폭기의 출력에서 왜곡되지 않은 증폭기의 입력을 빼서 순수한 왜곡신호만을 추출, 별도의 증폭레벨, 위상, 지연시간을 조정하여 최종 출력에서 왜곡신호가 포함된 주신호와 역으로 합하여 왜곡신호성분이 최소가 되게 하는 방식이다.[3] 이 방식은 송신기의 주 신호 패스와 동일한 특성을 가지는 왜곡신호패스를 구성해야 됨으로써 시스템이 복잡하고 비용이 많이 들게 된다. 마지막

* 正 會 員 : 서울情報技能大學 電氣計測制御科 助教授 · 工博

** 正 會 員 : 崇實大學 電氣學科 教授 · 工博

接受日字 : 2003年 8月 30日

最終完了 : 2004年 2月 10日

으로 전치보상방법은 순수왜곡신호를 만들어내는 왜곡발생회로를 증폭기 앞단에 위치시켜서 왜곡발생회로의 출력레벨 및 위상을 조정할 수 있게하여 증폭기에서 생기는 비선형 특성을 상쇄 이득영역을 확장시키는 방식이다. 여기에는 직렬다이오드를 증폭기 앞단에 위치시켜 AM/AM(Amplitude Modulation-Amplitude Modulation)과 AM/PM(Amplitude Modulation-Phase Modulation)변환을 동시에 보상하는 방법과 AM/AM과 AM/PM변환을 독립적으로 보상하는 전치보상방법이 있다. 이 전치왜곡보상방법은 개선효과는 비교적 크지 않으나 저전력 소자로 구현이 가능하고 저비용, 소형, 경량화가 구현이 가능하다는 장점이 있다.[1,4,7,8]

본 연구에서는 AM/AM과 AM/PM변환을 독립적으로 제어하는 전치왜곡보상방법을 구현하여 그 우수성을 입증하는데 목적을 두었다.

2. 전치왜곡보상기 설계

2.1 전치왜곡보상기

그림 1은 RF 증폭기와 전치왜곡보상기(Predistortion compensation)의 기본 구성도 이다.

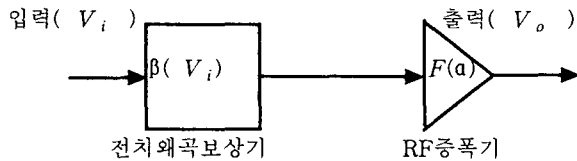


그림 1 RF 증폭기와 전치보상기의 기본구성도
Fig. 1 Schematic of RF amplifier and predistorter

$$F(\beta(V_i)) = A \quad \text{----- (1)}$$

그림 1에서 V_i : 입력, V_o : 출력, $\beta(V_i)$: 다이오드의 비선형 왜곡함수, $F(a)$: RF증폭의 비선형 왜곡함수이다. 식 (1)은 다이오드의 비선형 왜곡함수가 RF증폭기의 비선형 왜곡함수에 가해짐으로써 새로운 선형특성을 갖는 A가 됨을 보여주고 있다. 그림 1에서 $\beta(V_i)$ 는 $F(a)$ 에 대해 정확하게 서로 정반대의 왜곡신호가 만들어져야 한다는 것을 알 수 있다. 그림 2에서 (a)와 (b)를 합하면 선형화된 (c)가 출력된다. 따라서 그림 2(a)와 같은 다이오드의 비선형왜곡 곡선을 그림 2(b)와 같은 RF증폭기의 비선형 왜곡곡선을 보상하면 그림2(c)와 같은 입력증가에 따라 선형성을 갖는 증폭기를 만드는 것이다.

물론 이것을 구현하기는 쉬운 일이 아니므로 여러 가지 많은 회로가 제시되었고 그 특성곡선을 만들기위한 연구가 계속 되어 왔다.

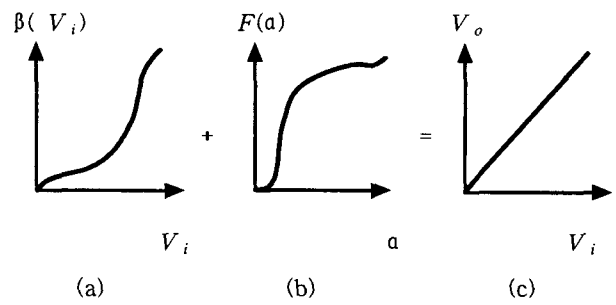


그림 2 전치보상기의 보상원리
Fig. 2 Operation of a predistortion system

특히 해당주파수와 소자의 바이어스전압, 콘덴서용량, 출력 등예따라 그 특성의 변화가 민감하므로 최적의 회로를 구성을 구현하는데 어려움이 있다.

본 논문에서 구현하게될 전치왜곡보상 방법은 feedforward 방법이나 feedback 방법에 비해 회로가 간단하게 구성되기 때문에 적은 용적과 크기를 요하는 탑재용 위성중계기와 위성통신기지국 및 이동통신기지국에 적합할 것이며 feedforward방식과 혼합해서 사용함으로써 고출력 증폭기의 비선형특성을 획기적으로 개선할 수 있다.

2.2 AM/AM과 AM/PM의 독립제어 전치왜곡보상기의 구성

그림 3은 AM/AM과 AM/PM독립적으로 제어 하는 전치 왜곡보상기의 블록도이다. 이것은 두 개의 전치왜곡보상기와 두 개의 90도 하이브리드로 구성되어 있다. 전치왜곡보상기 1은 AM/AM 보상용이고 전치왜곡보상기 2는 AM/PM 보상용이다. 입력신호는 90°하이브리드 1번 포트에 들어와 90° 위상변환 포트의 전치왜곡보상기1과 0°포트의 전치왜곡보상기2로 각각 -3dB씩 나뉜다.그리고 전치왜곡보상기를 통해서 나온 신호는 90°하이브리드를 통해 3dB이득과 180° 위상을 가지고 결합된다. 여기서 각 독립보상을 위해 사용된 하이브리드는 Anaren사의 X-503이다. 이러한 구성은 쇼트키 다이오드의 DC바이어스 전압 변화와 함께 입력에 대한 출력의 위상과 이득크기의 변화를 독립적으로 제어할 수 있다.

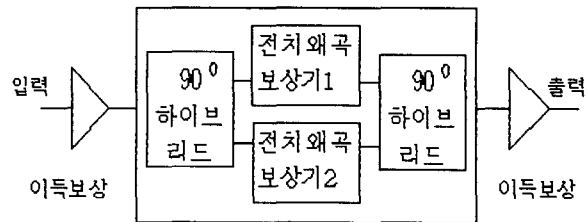


그림 3 AM/AM과 AM/PM독립적으로 제어하는 전치왜곡보상기의 블록도
Fig. 3 Block diagram of a predistorter independently control the AM/AM and AM/PM

여기서 신호의 이득보상용 증폭기로는 저잡음 증폭기를 사용하게 되고 증폭전력은 대개 5[dB]미만으로 한다.

이것은 독립적으로 두 개의 바이어스를 받아 AM/AM과 AM/PM을 각각 제어하는 방법이다. 즉 비선형 전력증폭기에 두 부분의 DC 바이어스된 다이오드가 결합된다. 전치왜곡보상방법에 의한 선형화기는 많은 부품과 복잡한 제어회로로 구성되는 Feedforward 방법에 의한 선형화기보다 비교적 간단하고 AM/AM과 AM/PM보상이 가능하기 때문에 많이 사용되고 있다.

직렬다이오드만의 특성으로 AM/AM과 AM/PM보상을 동시에 만족하는 데는 인가되는 DC바이어스전압과 쇼트키 다이오드마다 그 보상효과가 조금씩 차이가 있으므로 AM/AM특성만 좋게 할 수도 있고 AM/PM특성을 더 좋게 할 수 있기 때문에 직렬다이오드 하나로 동시에 두가지 특성을 만족시키는데는 다소 어려움이 있다.[7] 본 연구의 AM/AM과 AM/PM의 각각 독립적으로 제어하는 전치왜곡보상방법은 두 개의 선형제어기가 구성되어 그 보상효과와 안정성 면에서 많은 장점을 가질 수 있다는 것을 알 수 있다. 이것은 그림 4에서 보는바와 같이 바이어스된 최적의 쇼트키다이오드를 찾아 그것에 가해지는 DC바이어스를 제어함으로써 위상과 이득의 보상이 가능하도록 하였다. 여기서 90도 하이브리드(90 Degree Hybrid)는 90°출력포트와 결합포트로 출력되는 전력 사이에 90°의 위상차가 생기는 3dB 방향성 결합기이다. 90°하이브리드의 상호분리단자에 임피던스 매칭을 거처 다이오드를 접지와 연결하고 특성임피던스 Z_c 와 부하저항 R_L 을 연결한다. 쇼트키다이오드(Schottky Diode)에는 VCC로부터 DC전압V1과 V2가 인가되고 그 값에 따라 동적저항의 변화영역을 VR1과 VR2로 조정할 수 있게 하였다. 쇼트키다이오드를 역병렬(Anti-parallel)로 구성한 것은 다이오드의 V-I특성곡선에서 1사분면과 3사분면을 모두 이용하기 때문이다.

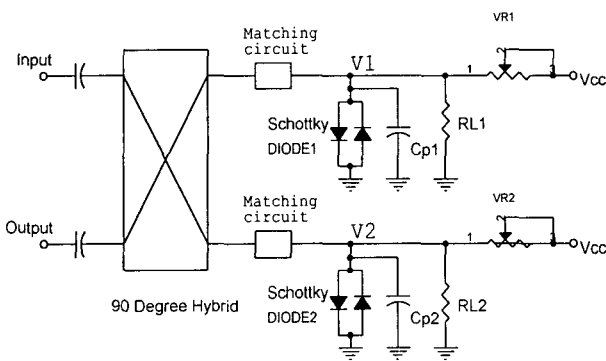


그림 4 AM/AM과AM/PM 독립전치왜곡보상기 기본구성회로
Fig. 4 Schematic of An Independently controller AM/AM and AM/PM predistorter

여기서 정합회로(Matching Circuit)는 입력임피던스와 전치

왜곡보상회로의 전기적 특성임피던스를 맞추기위한 회로서 왜곡보상회로의 임피던스 값을 원하는 특성이 나올 수 있도록 맞추고 입력쪽에서 최대의 이득을 보일 수 있도록 임피던스를 정합하게 되어 있으며, DC바이어스와 함께 왜곡발생회로에 중요한 요소로서 최적의 왜곡특성을 나타낼 수 있게 구성하였다.

그림 5는 전치왜곡발생회로의 주요 부분으로서 입력 전력 레벨이 적을 때는 다이오드의 다이내믹 저항이 커서 Id가 적은 값을 가지고 신호들은 종단 저항 R_L 에서 반사되지만, 입력 전력 레벨이 높을 때는 다이오드의 다이내믹 저항이 작아져서 Id값이 커지게 되면서 종단저항 R_L 뿐만 아니라 다이오드에서도 신호 반사가 일어나게 된다. 따라서 신호들의 입력이 클 때는 상대적으로 이득이 증가하게 되고 위상은 앞서게 되는 역 왜곡신호가 발생하게 된다. 결과적으로 입력전력증가에 따라 이득이 감소하고 위상이 지연되는 대전력 증폭기의 비직선 특성을 보상하게 된다.

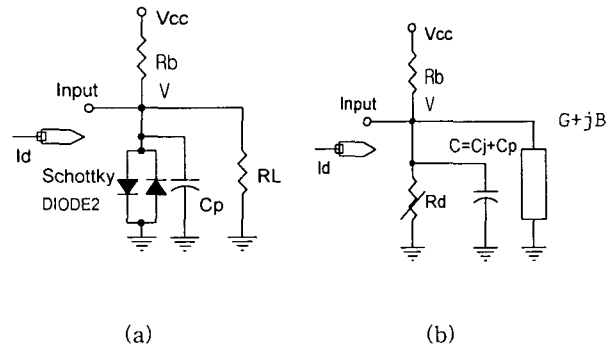


그림 5 전치왜곡발생기의 주 회로
(a) 전치왜곡보상기 회로
(b) 전치왜곡보상기의 등가회로

Fig. 5 The major circuit of predistorter
(a) the circuit of predistorter
(b) equivalent circuit of predistorter

그림4와 같이 구성된 전치왜곡보상기의 산란행렬 S21에 대한 위상과 진폭크기의 변화는 다음 (2)식과 (3)식으로 표현된다.[8]

$$|S_{21}| = \frac{2}{\sqrt{(wC Z_0)^2 + \left(\frac{Z_0}{R_{total}} + 2\right)^2}} \quad (2)$$

$$\angle S_{21} = \tan^{-1} \left(\frac{wC Z_0}{\frac{Z_0}{R_{total}} + 2} \right) \quad (3)$$

여기서 S 파라미터는 고주파를 다루는 사람들이 가장 널리 사용되는 특성지표로 S₂₁은 2-포트 네트워크로 표현된 회로

에 1번 포트에서 입사된 전력이 2번 포트로 얼마나 전달되는지 하는 것을 의미하고 $\angle S_{21}$ 은 그의 위상각을 의미한다. ω 는 각주파수, C 는 다이오드의 정전용량이며 Z_0 는 특성 임피던스이다. 여기서 R_{total} 은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$R_{total} = \frac{R_{diode} \cdot R_{bias}}{R_{diode} + R_{bias}} \quad (4)$$

R_{diode} 는 다이오드 다이내믹 저항이고, R_{bias} 는 외부바이어스 전류제한용 다이오드이다.

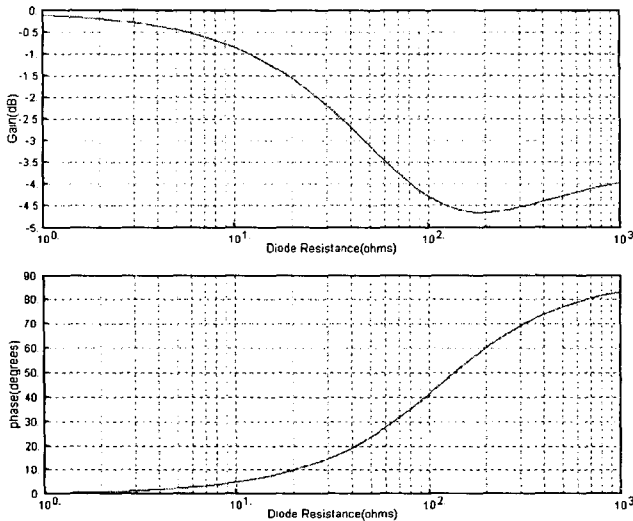


그림 6 S_{21} 의 이득 곡선 및 위상특성곡선
 Fig. 6 Calculated gain and phase deviations of S_{21}

그림 6은 식(2)와 (3)을 Matlab을 사용하여 다이오드의 다이내믹저항의 변화에 따른 S_{21} 의 이득 및 위상특성곡선을 그렸다. 여기에서 중심 주파수는 880[MHz], 커패시터 C 는 1.6[pF], 특성임피던스 Z_0 는 50[Ω]으로 설정하였다. 그리고 가로축은 직렬다이오드의 다이내믹저항의 변화를 표시하였다. 여기서 보면 직렬다이오드 저항 값 R 의 변화에 따라 이득과 위상의 변화가 발생함을 알 수 있다. 따라서 그림 6에서 이득곡선과 위상곡선은 직렬다이오드 저항 R 이 200[Ω]보다 작아야 그 효과를 볼 수 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 이득 증가특성곡선은 증폭기의 이득감소 특성과 역으로 되어야 증폭기의 비선형특성을 보상할 수 있는 것이다. 따라서 위와 같은 개념 하에 AM/AM과 AM/PM독립제어 전치왜곡보상기를 구성하면 입력전력의 증가에 따라 이득의 확장 또는 압축은 물론 위상의 진상 또는 지상제어 역할을 할 수 있다는 것을 확인하였다.

2. 3 전력증폭기의 특성곡선

그림 7은 대전력증폭용 트랜지스터(MHL9838)의 입력신호 증가에 따른 위상 및 진폭의 출력특성곡선을 나타내고 있다. 입력신호의 중심주파수를 880[MHz]하고 입력신호전력을 -10dBm에서 +10dBm까지 변화시켜 가면서 S_{21} 의 순방향 전달 진폭이득특성과 위상변화특성을 회로분석기(Network Analyzer)을 이용해 관찰하였다. 여기서 보면 진폭이득 기준값을 -26.331dB로 한 것은 TR의 출력 값을 바로 측정하지 않고 감쇄기를 사용하여 측정하기 편리한 레벨까지 낮추기 위한 것이다. 이런 상태에서 입력신호전력을 증가시키면 처음에는 증폭기가 최대출력을 유지하다가 입력신호전력이 약 4dBm정도 상승하니까 서서히 이득과 위상의 왜곡이 시작되었다. 이때 입력신호레벨을 -10dBm에서 +10dBm까지 변화시키는 동안 진폭이득은 약 1.1dB정도 떨어지는 것을 볼 수 있고 위상은 약 2^0 정도 변화됨을 볼 수 있다.

2. 4 전치왜곡보상기의 특성곡선

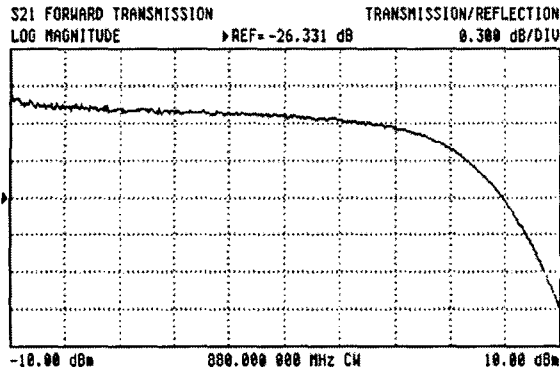
2. 4. 1 AM/AM만 독립적으로 보상한 상태에서의 특성곡선

중심주파수 880MHz의 입력전력을 -10dBm에서 +10dBm까지 변화시켜 가면서 S_{21} 의순방향 전달 이득특성과 위상변화특성을 관찰하였다. 그림 4의 AM/AM과AM/PM 독립전치왜곡보상기 기본구성회로에서 외부 바이어스전압 V_{cc} 를 5V로 인가하고 가변저항을 이용 $V_1= 0.50 V$, $V_2=0.48V$ 으로 하고 병렬 커패시터는 그림5의 C_p 를 4pF로 하였을때 진폭 보상 특성곡선이 입력신호 증가에 따라 증가로 변화해 가는 가장 우수한 특성을 보였으며, 이때 위상은 거의 변동을 하지 않았다. 물론 이때 다이오드 구성은 역 병렬다이오드형태 (Anti-parallel diode type)로 하였다. 그림 8에서 보는바와 같이 입력을 서서히 상승시켜 -2dBm까지 되니까 이 지점부터 신호의 크기가 서서히 상승하는 것을 볼 수 있다. 그러나 위상의 변화는 거의 변동이 없음을 확인하였다.

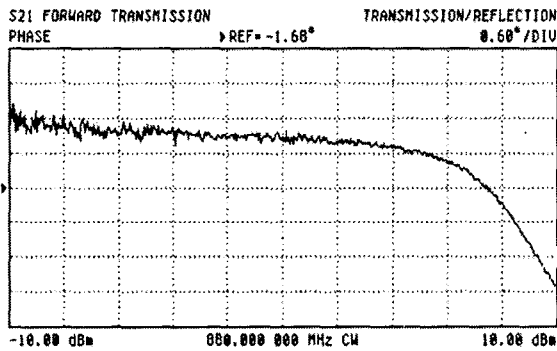
전력증폭기의 비선형역역을 찾기 위한 두 번째 실험으로 AM/AM만 독립적으로 보상한 상태에서의 즉, AM/AM보상 회로에만 DC바이어스를 공급한 상태에서 특성곡선을 확인한 결과 뚜렷하게 AM/AM특성만 변화를 가져왔고 AM/PM특성은 거의 변화가 없음을 확인하였다.

2.4.2 AM/PM만 독립적으로 보상한 상태에서의 특성곡선

그림 9는 중심주파수를 880MHz의 입력신호를 -10dBm에서 +10dBm까지 변화시켜 가면서 S_{21} 의 순 방향전달 이득특성과 위상변화특성을 관찰했다.



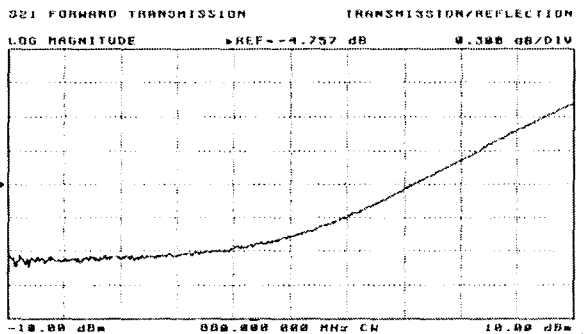
(a)AM/AM



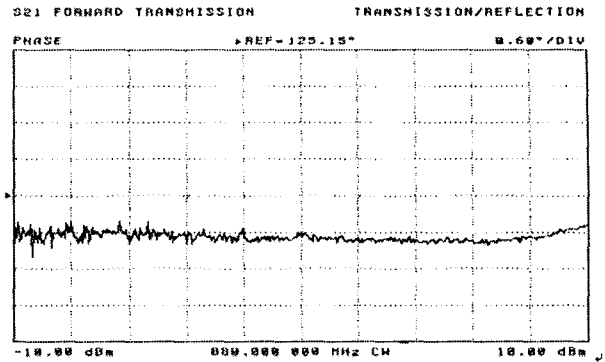
(b)AM/PM

그림 7 대전력증폭기의 AM/AM과 AM/PM 출력특성곡선 (보상전) (a)AM/AM,(b)AM/PM

Fig. 7 The output characteristic(AM/AM, AM/PM) of high power amplifier(Without Predistortion) (a) AM/AM, (b) AM/PM



(a)AM/AM



(b)AM/PM

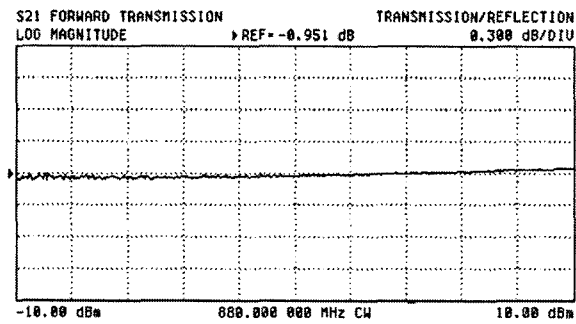
그림 8 AM/AM만 독립적으로 제어한 특성곡선 (중심주파수 880MHz)

Fig. 8 The characteristic curve of a control Independently the AM/AM (880MHz CW)

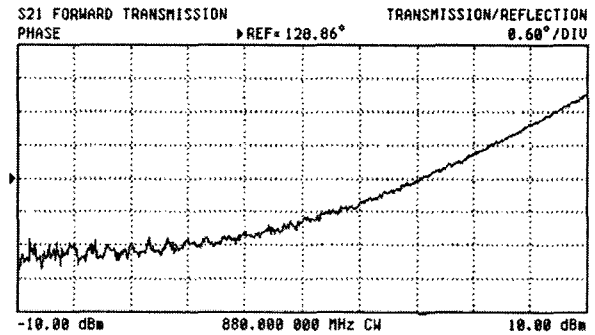
그림 4의 AM/AM과 AM/PM 독립전치왜곡보상기 기본구성회로에서 외부 바이어스전압 V_{cc} 를 5V로 인가하고 가변저항을 이용 $V_1 = 0.55V$, $V_2 = 0.57V$ 으로 하고 병렬 커패시터는 그림5의 C_p 를 1pF로 하였을때가 위상 보상특성곡선이 입력신호 증가에 따라 위상이 진상으로 변화해 가는 가장 우수한 특성을 보였으며, 이때 진폭은 거의 변동을 하지 않았다. 물론 이때 다이오드 구성은 역 병렬다이오드형태(Anti-parallel diode type)로 하였다. 그림 9에서 보는바와 같이 입력을 서서히 상승시켜 -4dBm까지 되니까 이 지점부터 신호의 위상이 서서히 진상으로 되는 것을 볼 수 있다. 그러나 진폭의 변화는 전혀 변동이 없음을 확인하였다. 위 실험 결과 AM/AM과 AM/PM을 따로 따로 보상할 수 있음을 확인하였고 궁극적으로 AM/AM과 AM/PM을 동시에 보상되어야 그 보상효과가 확인되므로 따로 따로 보상하는 것은 그 의미가 적다. 다음 실험에서는 AM/AM과 AM/PM을 동시에 보상될 수 있도록 하여 최종의 전치보상효과를 입증할 수 있도록 하였다.

2. 4. 3 AM/AM과 AM/PM을 동시에 보상한 상태에서 전치왜곡 보상기 특성곡선

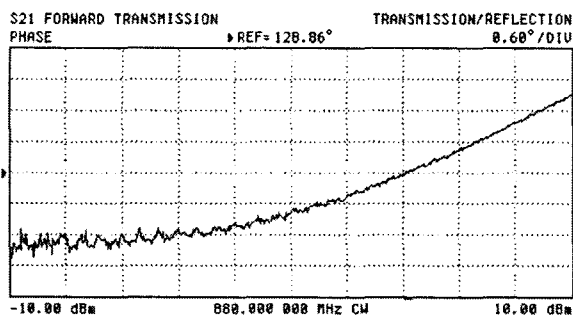
전력증폭기의 비선형역역을 찾기 위한 실험으로 2.4.1절에서 AM/AM만 독립적으로 보상한 상태에서의 특성곡선을 확인하였고, 다음은 2.4.2절에서 AM/PM만 독립적으로 보상한 상태에서의 특성곡선을 확인하였다. 따라서 전력증폭기의 비선형역역을 보상할 수 있다는 확신을 갖게 되었다.



(a) AM/AM



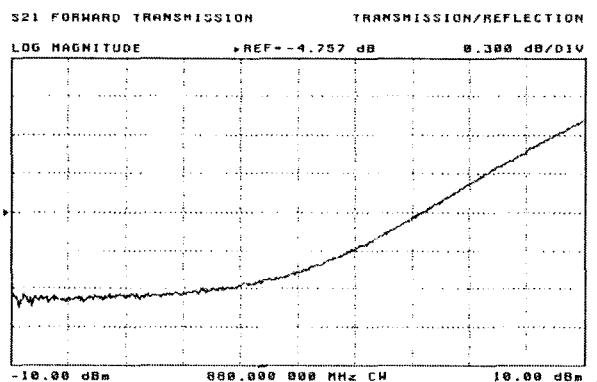
(b) AM/PM



(b) AM/PM

그림 9 AM/PM만 독립적으로 보상한 특성곡선 (중심주파수 880MHz)

Fig. 9 The characteristic curve of independently control the AM/PM(880MHz CW)



(a) AM/AM

그림 10 AM/AM과 AM/PM을 동시에 보상한 상태에서의 특성곡선(중심주파수 880MHz)

Fig. 10 The characteristic curve of a simultaneously control the AM/PM and AM/AM(880MHz CW)

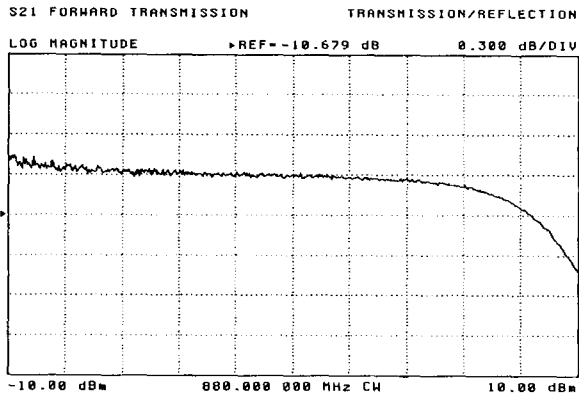
2. 4. 4 전치왜곡보상후의 대전력증폭기의 AM/AM과 AM/PM 출력특성곡선

그림 11은 대전력증폭용 트랜지스터(MHL9838)의 전치왜곡보상기에 의한 보상후 입력신호 증가에 따른 위상 및 진폭의 출력특성곡선을 나타내고 있다. 입력신호의 중심주파수를 880[MHz]하고 입력신호전력을 -10dBm에서 +10dBm까지 변화시켜 가면서 S21의순방향 전달 진폭이득특성과 위상변화특성을 회로분석기(Network Analyzer)을 이용해 관찰하였다. 입력신호전력을 증가시키에 따라 처음에는 증폭기가 최대출력을 유지하다가 그림 7의 보상전의 경우에는 입력신호전력이 약 4dBm정도 상승하니까 서서히 이득과 위상의 왜곡이 시작되었는데 여기서는 거의 7dBm이 넘어서야 왜곡이 시작되었고 -10dBm에서 +10dBm까지 변화시키는 동안 진폭이득은 약 0.7dB정도 떨어지는 것과 위상은 약 1.5° 정도의 변화를 볼 수 있어 그림7의 보상전 특성곡선과 비교하여 확실하게 개선된 것을 확인할 수 있었다.

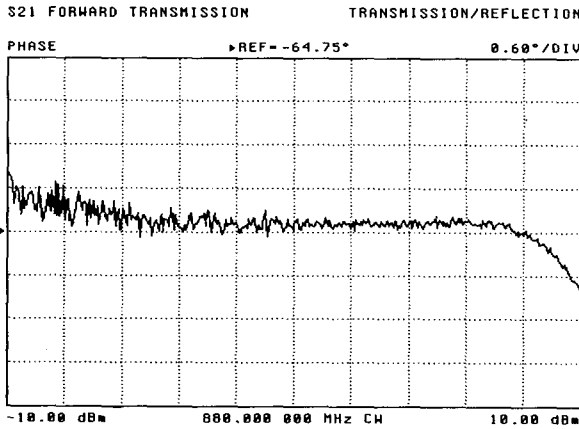
3. 실험 및 결과

전치 왜곡기의 특성을 측정하기 위해 그림 12 사진에서와 같이 실험PCB를 제작하였다. 기판의 종류 FR4이고 두께는 0.8t이며, 전치왜곡회로부분만의 크기는 약 5×5정도이다. 사용전압은 +27VDC를 사용하였다. 그리고 실제 사용하는 CDMA 신호를 입력하여 스펙트럼 상에서 왜곡의 정도를 측정하는 것이 일반적이다.

실제 혼변조 신호의 왜곡으로 인하여 인접채널에 왜곡성분의 증가 (ACPR: Adjacent Channel Power Ratio)를 발생하게 되므로 이 부분의 특성에 대한 개선이 가장 중요시 되고 있는 요소이다.



(a)AM/AM



(b)AM/PM

그림 11 대전력증폭기의 AM/AM과 AM/PM 출력특성곡선 (보상후)

Fig. 11 The output characteristic(AM/AM, AM/PM) of high power amplifier(With Predistortion)

측정은 DCS밴드주파수로 이 경우 입력신호는 다양한 FA(Frequency Allocation)을 사용하고 중심 주파수에서 +/- 750KHz 떨어진 곳과 +/- 1.98MHz 떨어진 곳에서의 상대적인 신호레벨(dBc)을 측정하였다. 이렇게 측정하는 방법을 스펙트럼 마스크라고 부르는데 국제적인 신호의 규격으로 정해져 있다. 그러나 이러한 측정은 대전력 증폭기의 전체적인 특성을 규정하는데 사용되는 방법이므로 offset 주파수에 따른 규격에 대해 만족하느냐의 여부는 본 논문에서 다루야 할 부분은 아니므로 대전력 증폭기에 사용되는 전치 왜곡기의 특성에 관한 측정만을 하였다.

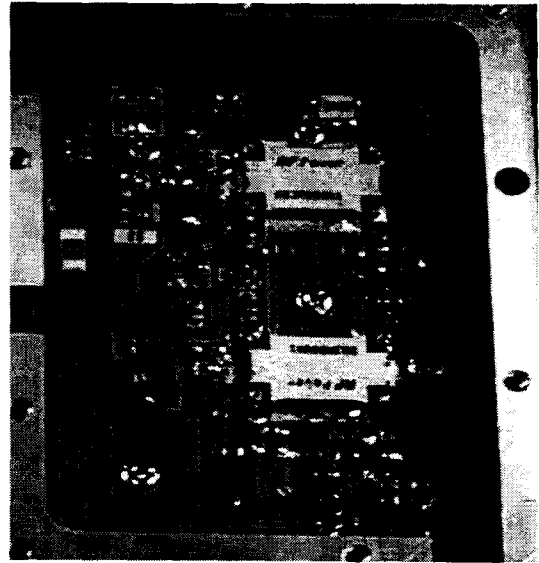


그림 12 실험PCB
Fig. 12 Test PCB

3. 1 ACPR 특성곡선

이 논문에서는 구현한 전치왜곡보상기의 입력으로 DCS 밴드신호를 29dBm 출력 하였을 때 전치왜곡보상기에 의한 보상전후의 경우를 비교하여 측정하였다. 측정결과 그림 11에서와 같이 중심주파수 750KHz벗어난 지점에서 5.3dB, 1.98MHz를 벗어난 지점에서 4.2dB의 ACPR 개선효과를 그림 13에 보였다.

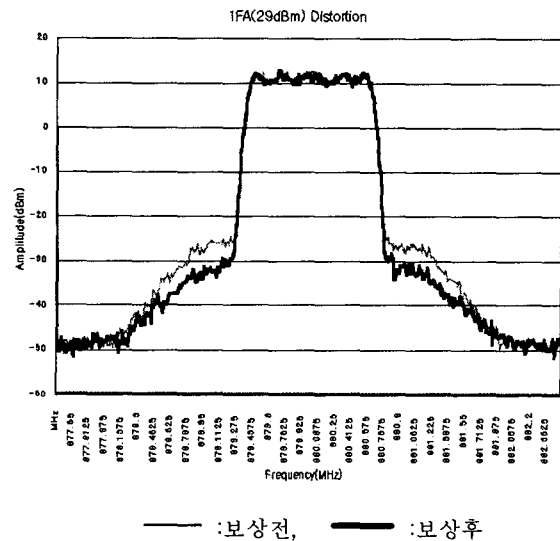
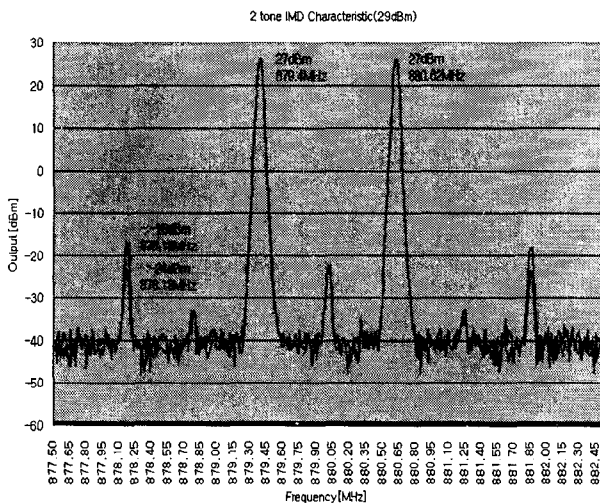


그림 13 ACPR특성곡선

Fig. 13 The characteristic curve of ACPR

3. 2 IMD 특성곡선

전치왜곡보상기의 특성을 측정하는 일반적인 방법으로 입력에 혼합된 신호(Multi-tone)를 인가하여 출력에서 이의 혼변조(IMD: Inter-Modulation Distortion) 특성을 측정하였다. 대개 대전력 증폭기의 경우 사용되는 전력 증폭용 TR의 종류에 따라 발생하는 혼변조의 특성 또한 약간의 차이가 있게 되는데 GaAs FET를 사용하는 경우와 최근에 많이 사용되는 LDMOS 의 경우 3차항 왜곡성분과 5차항 왜곡성분의 발생에 차이를 가지고 있다. 따라서 입력에 2개의 신호를 합성한 신호를 넣어서 출력을 측정하게 되면 3, 5차항의 왜곡 특성을 관찰할 수 있다. 대개 인접채널의 특성이 제일 중요하다. 이 논문에서 구현한 전치왜곡보상기의 입력으로 DCS 밴드신호를 29dBm 출력 하였을 때 전치왜곡보상기에 의한 보상전후의 경우를 비교하여 측정하였다. 측정결과 그림 14 에서와 같이 본 논문에서는 8dBc 정도의 개선효과를 보였으나 직렬다이오드를 이용한 전치왜곡 보상기에서는 2-tone IMD3에서 5.4dBc 정도의 개선효과를 보였으므로 상대적으로 양호한 결과를 보였다.[7]



— :보상전, — :보상후

그림 14 IMD특성곡선

Fig. 14 The characteristic curve of IMD

4. 결 론

본 연구에서는 통신용 대전력증폭기의 선형화를 위해 AM/AM과 AM/PM을 독립적으로 제어하는 전치왜곡보상 방법을 구현하였다. 이 방법은 비선형특성을 갖는 메인증폭기 전단에 쇼트키다이오드와 커패시터로 구성된 전치왜곡보상기를 삽입시켜 증폭기의 비선형 특성과 반대의 왜곡특성신호를 발생하게 함으로써 증폭기의 선형화영역을 더 높이는 것이

다. 직렬다이오드를 이용한 전치왜곡 보상기에서는 2-tone IMD3에서 5.4dBc 정도의 개선효과를 보였으나 본 논문에서는 IMD3에서 8dBc 개선효과를 보였고 중심주파수 750KHz 벗어난 지점에서 5.3dB, 1.98MHz를 벗어난 지점에서 4.2dB의 ACPR 개선효과를 보였다. 그리고 DC바이어스전압에 대해 AM/AM과 AM/PM변환을 독립적으로 제어하는 전치왜곡보상방법이 직렬다이오드를 이용한 전치왜곡 보상방법보다 덜 민감함을 실험중에 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 숭실대학교 교내 연구비 지원을 받아 이루어졌습니다.

참 고 문 헌

- [1] K. Yamauchi ,et al, "A novel series diode linearizer for mobile radio power amplifier", Proc. of the IEEE Symposium on Microwave Theory and Techniques, pp. 831-834, 1996.
- [2] C. B. Haskins, "Diode Predistortion Linearization for Power Amplifier RFICs in Digital Radios", 2000, Christopher B. Haskins.
- [3] C. S. Yu, W. S. Chan, W. L. Chan, "1.9GHz low varactor diode predistorter", IEEE Electronics Letters, vol. 35, no. 20, pp. 1681-1682, 1999. 9.
- [4] 윤상영, 정용채, "Carrier Complex Power Series 해석을 통한 대전력 증폭기용 왜곡기 설계", 한국전자과학회논문지 vol. 12, no. 5, pp. 686-692, 2001. 8.
- [5] P. B. Kenington, "Methods Linearize RF Transmitters and Power Amps (Part2)", Microwaves & RF, vol. 38, no. 1, pp.7 8-89, Jan.1999.
- [6] 정용채, 장익수, 윤상원, 김철동, "혼변조 신호의 개별차수 조정 Predistortion 선형화기 설계에 관한연구" 전자공학회논문지, vol. 3A, no. 9, pp. 1789-1797, 1996.
- [7] 원용규, 윤만수, 이상철, 정찬수 "RF 전력증폭기에 직렬다이오드선형화기를 이용한 전치보상기 구현" 대한전기학회 논문지 52P-1-5 pp. 28-34. 2003. 3.
- [8] C. W. Park, F. Bearegard, G. Carangelo, F. M. Ghannouchi, " An Independently Controllable AM/AM and AM/PM Predistortion Linearizer for cdma2000 Multi-carrier Applications", IEEE, Radio and Wireless Conference, pp. 53-56, 2001
- [9] C. G. Rey, E. Clark, " Linearization Performance for a Polar Work Function Predistorter", IEEE-RAWCON'98 Proceedings, pp. 325-328, 1998.

저 자 소 개



원 용 규(元容奎)

1959년 9월 30일생. 1985년 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 1987년 숭실대학교 대학원 졸업(석사). 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1990~1998년 삼성전자(주) 선임연구원. 1998년~현재 서울정보기능대학 조교수

Tel : 02)2186-5850, Fax : 02)2186-5852

E-mail : ykwony2k@kopo.or.kr



정 찬 수(鄭讚壽)

1949년 8월 10일생. 1972년 서울대학교 공대 전기공학과 졸업. 1980년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1981년~현재 숭실대학교 전기공학과 교수

Tel : 02)820-0645, Fax : 02)817-7961

E-mail : @chung@ee.ssu.ac.kr