

論文2002-39TC-6-4

아날로그 Feedforward 선형화기를 이용한 IMT-2000대역 선형증폭기 설계

(The Design of the Linear Power Amplifier using Analog
Feedforward Linearizer for IMT-2000 Band)

朴 雄 熙 * , 李 慶 熙 * , 姜 尙 璡 *

(Ung Hee Park, Kyung Hee Lee, and Sang Gee Kang)

요 약

본 논문에서는 새로운 방식의 아날로그 Feedforward 선형화기 시스템을 이용하여 IMT-2000 주파수 대역(2110~2170 MHz)에서 동작하는 평균 출력전력 30W급의 선형증폭기를 설계 및 제작하였다. 새로운 방식의 아날로그 Feedforward 방식의 회로는 크기가 작고, 회로 동작이 단순하여 안정된 동작을 수행하였다. 제작된 선형증폭기는 2110~2170MHz 대역 중에서 2-tone 신호를 입력할 경우에 주파수 대역에 따른 별도의 회로 수정없이 60dBc 이상의 혼변조 신호 감쇄를 가졌다. 이는 주전력증폭기의 동일한 출력대비 23dB 이상의 혼변조 신호 감쇄 효과를 갖는 것이다.

Abstract

In this paper, the LPA(Linear Power Amplifier) using new analog feedforward linearizer for IMT-2000 frequency band(2110MHz~2170MHz) is proposed and fabricated. The designed analog feedforward linearizer system possessing the characteristics of stable operation for input power variation is simple structure and small size. When two-tones in IMT-2000 frequency band are applied to an amplifier, this LPA have the average output power is about 30W and the IMD value is below about 60dBc without correcting the circuit. In comparison with an amplifier without feedforward system at the same output power, the supposed analog feedforward linear amplifier possesses improved the IMD characteristics of over 23dB.

Keyword : Linearizer, Feedforward, power Amplifier.

I. 서 론

오늘날 이동 통신의 대중화에 따른 사용자의 급격한

증가와 다양한 정보 제공을 위한 통신 서비스의 증가로 인해 새로운 주파수 대역의 통신과 보다 발전된 형태의 통신 기법이 연구되고 또한 상용화 되고 있다. 제 3세대 통신이라 일컫는 IMT-2000 동기 및 비동기 방식도 이러한 요구 조건에 의해 개발된 것으로 현재 우리나라에서는 기지국이나 중계기에서 2110~2170MHz대역에서 통신 서비스를 준비중이다.

이동 통신의 가입자에게 보다 좋은 서비스를 제공하거나 보다 많은 다수의 가입자에게 이동 통신의 혜택을

* 正會員, 韓國電子通信研究院 無線放送研究所
電波基盤部

(Electronics and Telecommunications Research Institute, Radio & Broadcasting Research Laboratory, Advanced Radio Technology Department.)

接受日字:2002年4月1日, 수정완료일:2002年5月14日

제공하는 것은 보다 발전된 통신 방법에 의한 제공 뿐만 아니라 초고주파 회로의 선형성의 증가와 출력 전력의 증가에 의해서도 가능하다. 특히, 이동 통신 시스템의 기지국 최종단에 위치하는 전력증폭기의 선형성은 가입자 통화 품질과 안정된 정보 제공에 중요한 역할을 한다. 이러한 통신 서비스의 질적 향상 뿐만 아니라 통신시스템의 안정성 측면에서 선형화 기능이 포함된 전력증폭기인 선형증폭기의 연구가 활발히 진행되어 왔고 진행중이다.

일반적인 증폭기의 선형성 증가 방법으로는 입력전력을 낮추어 출력전력의 선형성을 증가시키는 입력전력 백오프(Back-off) 방법, 전력증폭기 전단에 전력증폭기의 비선형성과 역이되는 비선형 성분을 갖는 소자를 위치시켜 전력증폭기에서 발생하는 혼변조 신호의 양을 감쇠시키는 Predistortion 방법, 전력증폭기에서 발생한 혼변조 성분을 다시 전력증폭기 입력부에 다시 공급하여 전력증폭기의 혼변조의 세기를 감쇠시키는 Feed-back 방법, 전력증폭기의 혼변조 신호를 추출하여 이를 증폭하고 위상을 변화시켜 전력증폭기의 출력부에 재결합하는 Feed-forward 방법 등이 사용된다. 입력전력 Back-off 방법은 전력 효율이 낮고 크기가 다른 방법에 비해 상대적으로 크므로 거의 사용되지 않는다. Feed-back 방법^[1]도 사용 가능한 대역이 작고 발전 가능성이 있어, Predistortion 방법^[2-3]과 Feedforward 방법에 비하여 사용되는 경우가 적다. Predistortion 방법은 Feed-forward 방법에 비해 크기가 작고 전력 효율이 높아 유리하지만, 혼변조 신호 감쇠량과 온도 및 외부 환경에 따른 안정적 동작에는 상대적으로 불리하다.

본 논문에서는 비교적 광대역인 IMT-2000 주파수 전 대역(60MHz)에서 선형화를 목적으로 하여 혼변조 신호 감쇠량이 높고 온도 및 외부 환경 변화에 대해 안정적 동작을 하는 Feedforward 선형증폭기를 제작하였다. 제작된 Feedforward 선형증폭기는 실시간 혼변조 신호 감쇠 처리가 가능한 아날로그 형태로, 별도의 회로의 수정 없이 비교적 광대역인 60MHz 대역폭에서 사용 가능한 형태로 30MHz 동작 대역을 가지는 형태로 설계 및 제작하였다.

II. Feedforward 선형화 방법^[4-5]

Feedforward 방식의 선형화기 구조는 크게 Error sensor loop와 Error injection loop로 구성된다. Error

sensor loop에서는 고출력 증폭기에서 증폭되어 나오는 신호 중에서 주 신호를 제거하여 혼변조 신호를 얻는 부분을 말한다. Error injection loop는 Error sensor loop에서 얻어진 혼변조 신호를 증폭하여, 이를 다시 고출력 증폭기의 출력에 역 위상으로 결합시켜 선형증폭기 최종단에서 혼변조 신호가 상쇄되고 순수한 증폭된 주신호만을 얻게 하는 회로부를 말한다. 그림 1은 Feed-forward 선형화기의 개략적인 동작이다.

Error sensor loop에서 여러 추출 방법으로는 입력부에 Pilot 신호를 인가시키는 방법과 마이크로프로세서를 이용한 Error 신호 세기 추출 방법 등이 주로 사용되고 있다. Pilot 신호를 이용하는 방법은 회로 입력부에 Pilot 톤을 입력시켜 Error injection loop로 입력되는 부분에서 Pilot 신호를 검출하여 어느 정도의 감쇄가 이루어지고 있는지를 확인하는 방법이다. 이는 전력증폭기의 환경 조건(온도, 습도, 장시간 동작에 따른 성능 저하 등)에 따른 성능 변화를 Error sensor loop 내에 있는 가변 위상 변환기와 가변 감쇠기를 통해 보정해 주게 된다. 마이크로프로세서는 Pilot 신호 컨트롤에서도 이용 가능하지만, Pilot 신호가 없는 경우에도 일정 알고리즘을 통하여 입력되는 주신호의 주파수 위치와 혼변조의 주파수 위치를 계산해 Error injection loop 입력단에서의 얻고자 하는 정도의 주신호 감쇄가 가능하도록 마이크로프로세서의 동작에 의해 제어하는 것이다. 두개의 서로 다른 경로의 신호가 월킨슨 콤비너와 같은 결합기를 이용 신호가 결합하는 경우 서로 다른 경로의 신호가 동일한 세기(P)와 180도 위상차(())로 결합하게 되면 출력하는 출력 신호는 이론적으로 존재하지 않는다. 하지만 세기 오차(P)와 위상 오차(())가 존재하는 경우 (1)식^[6]과(단위:dB) 같이 나타낼 수 있으며, 그림 2의 형태를 갖는다.

$$CP(\delta P, \delta \theta) = 10 \log[1 + 10^{\delta P/10} - 2 \times 10^{\delta P/20} \times \cos(\delta \theta)] - 3 \quad (1)$$

기존 Error injection loop의 동작도 크게 Pilot 신호나 마이크로프로세서만을 이용하여 동작시키는 방법이 주로 이용되었다. 전력증폭기 앞단에 Pilot 신호를 입력할 경우 이 신호는 전력증폭기에서 발생하는 혼변조 신호와 동일한 것으로 선형증폭기에서는 인식하게 된다. 선형증폭기의 출력부에서 전력증폭기 앞단에서 인가된 Pilot 신호를 추출하여 Pilot 신호의 감쇄량이 원하는 값이 되도록 Error injection Loop의 가변 감쇠기와 가변

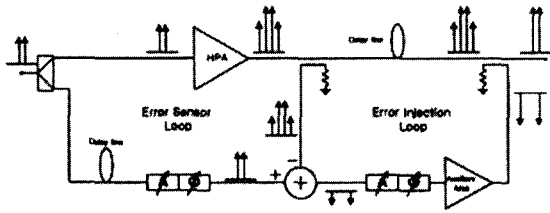


그림 1. 기본적인 Feedforward 선형화기 시스템
Fig. 1. The basic feedforward type linearizer.

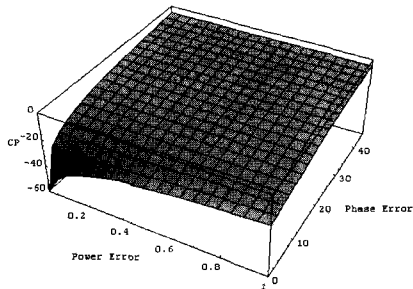


그림 2. 전력과 위상 오차에 따른 상쇄 전력특성
Fig. 2. The cancellation characteristic vs. the power and phase errors.

위상변환기를 동작시키게 된다. 마이크로프로세서를 이용하는 경우도 Error sensor Loop와 마찬가지로 계산된 주파수 영역의 신호 세기를 가지고 주신호의 세기와 혼변조의 세기를 평가하는 방법이 주로 이용된다.

본 논문에서 사용된 방법은 Error sensor Loop와 Error injection Loop 모두 아날로그 컨트롤 제어 기법을 이용하였다.

III. 제안된 아날로그 Feedforward 선형화 방법

1. 아날로그 Feedforward

앞서 설명하였듯이 Feedforward 방식은 Error sensor Loop와 Error injection Loop로 구성되어 서로가 독립적인 기능을 하게 된다. IMT-2000 주파수 대역에서 설계, 제작된 아날로그 Feedforward의 기본적인 동작 설명을 Error sensor Loop와 Error injection Loop를 구분하여 설명하면 다음과 같다.

Error sensor Loop의 기본적인 구조는 그림 3과 같은 구조로 자세한 회로의 특성과 성능은 참고문헌 [3]에 설명되어 있으므로 간략하게 기본적인 동작 방법을 살펴 보면 다음과 같다. Error injection Loop에 입력하는 신

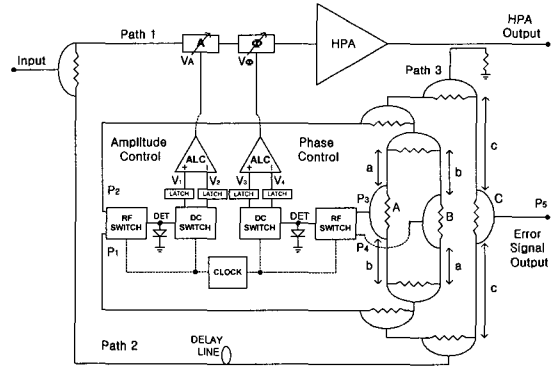


그림 3. 오차 추출 루프 블록도
Fig. 3. The block diagram of the error sensor loop block.

호는 Error sensor Loop의 Path 2를 기준 신호로 하고, 전력증폭기를 경우한 신호를 비교 신호로 하여 아날로그적 비교하여 실시간으로 가변 감쇄기와 가변 위상 변환기를 제어한다. 기준 신호의 세기를 기준으로 비교 신호를 세기가 기준 신호와 같아 지도록 가변 감쇄기를 제어하고, 기준 신호의 위상을 기준으로 비교 신호의 위상이 180도가 되도록 가변 위상 변환기를 제어한다. 환경 조건의 변화에 안정된 동작을 유지하기 위하여 RF 스위치와 DC 스위치를 이용하여 동일한 전력 검출기를 이용하여 상호 세기와 위상을 비교하게 된다.

Error injection Loop의 기본 구조는 그림 4와 같다. 저주파 비교기와 고주파 비교기의 기본 동작과 제어기의 기본 동작은 Error sensor Loop의 동작과 동일하다. 주파수 F_1 의 사용은 Pilot 신호와 유사하나 그 사용주파수가 선형증폭기의 동작 대역인 2110~2170 MHz 대역이 아닌 100MHz 근처로 전력증폭기의 출력선로인 지연 선로의 특성 변화만을 감지하는 기능을 한다. 하나의 주파수에서는 특별한 선로 보정없이 지연선로 이전에 입

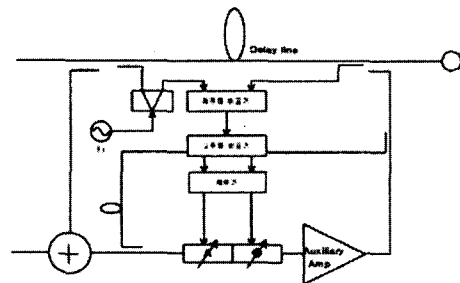


그림 4. 오차 제거 루프 블록도
Fig. 4. The block diagram of the error injection loop block.

력된 값과 지연선로 이후의 값을 단순히 비교하여 지연 선로를 거치면서 변화된 세기와 위상 정보를 고주파 비교기에 제공하게 된다. 지연선로의 변화에 대한 정보와 Error injection Loop에 존재하는 에러 증폭기(Auxiliary Amp)의 동작 특성 변화량을 측정하여 에러 증폭기 전단에 위치한 가변 위상 변환기와 가변 감쇠기를 이용하여 제어하게 된다.

2. 실험 결과

그림 5는 아날로그 Feedforward 선형화기로 동작하는 선형증폭기의 사진이다. 제작된 선형증폭기는 2110MHz~2170MHz의 임의의 대역에서 별도의 회로 수정없이

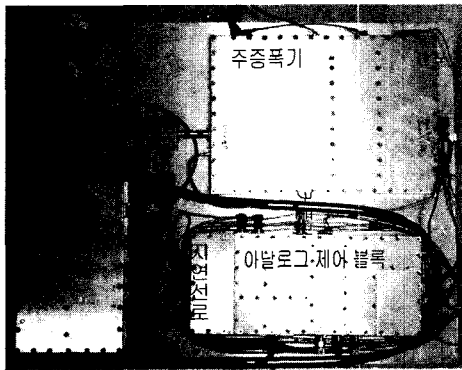


그림 5. 아날로그 Feedforward 선형증폭기
Fig. 5. Analog Feedforward LPA.

표 1. 선형증폭기의 동작특성($f_1=2109.5\text{MHz}$, $f_2=2110.5\text{MHz}$)

Table 1. Linear Power Amplifier Characteristics ($f_1=2109.5\text{MHz}$, $f_2=2110.5\text{MHz}$)

LPA출력전력		IMD 특성[dBc]				혼변조 개선량[dB]	
f_1 (dBm/t)	f_2 (dBm/t)	선형화전		선형화후		$2f_1-f_2$	$2f_2-f_1$
f_1 (dBm/t)	f_2 (dBm/t)	$2f_1-f_2$	$2f_2-f_1$	$2f_1-f_2$	$2f_2-f_1$	$2f_1-f_2$	$2f_2-f_1$
41.3	41.1	38.0	36.0	63.0	63.6	25.0	27.6
40.5	40.1	39.0	37.0	64.2	67.3	25.2	30.3
39.1	39.1	40.7	38.5	65.1	68.8	24.4	30.3
38.3	38.1	42.1	40.1	65.8	65.6	23.7	25.5
37.3	37.1	43.8	41.6	65.8	65.6	22.0	24.0
36.3	36.3	45.5	43.2	65.8	65.8	20.3	22.6
35.5	35.5	47.2	45.3	66.0	66.0	18.8	20.7
34.5	34.3	49.2	47.2	66.0	65.8	16.8	18.6
33.5	33.3	50.3	49.0	66.0	65.8	15.7	16.8
32.5	32.3	54.3	51.8	66.0	65.8	11.7	14.0

30MHz 대역내에서 44.4dBm 출력하는 경우 60dBc 이상의 혼변조 신호 출력을 갖는다. 주증폭기의 크기는 145mm×208mm로 Motorola 회사의 MRF-21125를 최종단 트랜지스터로 이용하여 제작하였고 46 dBm (40W) 출력하는 경우에 공급되는 전력은 338W($V=26V$,

표 2. 선형증폭기의 동작특성($f_1=2139.5\text{MHz}$, $f_2=2140.5\text{MHz}$)

Table 2. Linear Power Amplifier Characteristics ($f_1=2139.5\text{MHz}$, $f_2=2140.5\text{MHz}$)

LPA출력전력		IMD 특성[dBc]				혼변조 개선량[dB]	
f_1 (dBm/t)	f_2 (dBm/t)	선형화전		선형화후		$2f_1-f_2$	$2f_2-f_1$
f_1 (dBm/t)	f_2 (dBm/t)	$2f_1-f_2$	$2f_2-f_1$	$2f_1-f_2$	$2f_2-f_1$	$2f_1-f_2$	$2f_2-f_1$
41.3	41.1	35.5	33.4	61.6	57.8	26.1	24.4
40.3	40.1	37.0	35.5	61.0	59.5	24.0	24.0
39.1	39.0	39.3	36.9	65.5	61.0	26.2	24.1
38.0	38.0	41.6	40.4	65.5	63.7	23.9	23.3
37.0	37.0	44.3	41.5	65.5	65.5	21.2	24.0
36.6	36.0	47.0	44.5	66.1	65.5	19.1	21.0
35.3	35.0	49.8	46.9	65.8	65.5	16.0	18.6
34.1	34.0	53.9	50.3	65.6	65.5	11.7	15.2
33.1	33.0	56.8	53.0	65.6	65.5	8.8	12.5
32.1	32.0	58.2	55.5	65.6	65.5	7.4	10.0

표 3. 선형증폭기의 동작특성($f_1=2169.5\text{MHz}$, $f_2=2170.5\text{MHz}$)

Table 3. Linear Power Amplifier Characteristics ($f_1=2169.5\text{MHz}$, $f_2=2170.5\text{MHz}$)

LPA출력전력		IMD 특성[dBc]				혼변조 개선량[dB]	
f_1 (dBm/t)	f_2 (dBm/t)	선형화전		선형화후		$2f_1-f_2$	$2f_2-f_1$
f_1 (dBm/t)	f_2 (dBm/t)	$2f_1-f_2$	$2f_2-f_1$	$2f_1-f_2$	$2f_2-f_1$	$2f_1-f_2$	$2f_2-f_1$
40.8	40.5	37.8	35.0	65.0	68.8	27.2	33.8
39.6	39.5	39.0	36.3	64.6	67.2	25.6	30.9
38.8	38.5	40.5	38.0	64.2	68.0	23.7	30.0
37.6	37.5	42.0	39.6	65.3	67.0	23.3	27.4
36.6	36.5	43.7	41.2	65.1	66.0	21.4	24.8
36.1	35.6	45.5	42.8	65.6	65.1	20.1	22.3
34.8	34.6	47.7	44.8	65.3	65.1	17.6	20.3
33.8	33.6	49.8	47.0	65.3	65.1	15.5	18.1
32.8	32.6	51.0	48.9	65.3	65.1	14.3	16.2
31.8	31.6	52.8	50.5	65.3	65.1	12.5	14.6

표 4. 주파수 간격에 따른 선형증폭기의 동작 특성(중심주파수: 2140MHz)

Table 4. Linear Power Amplifier Characteristics for frequency distance.(Center Freq.: 2140MHz)

LPA출력전력		선형화 후 IMD 특성(dBc)							
f ₁ (dBm/t)	f ₂ (dBm/t)	1MHz		2MHz		3MHz		4MHz	
		2f ₁ -f ₂ 2	2f ₂ -f ₁ 1	2f ₁ -f ₂ 2	2f ₂ -f ₁ 1	2f ₁ -f ₂ 2	2f ₂ -f ₁ 1	2f ₁ -f ₂ 2	2f ₂ -f ₁ 1
41.3	41.1	61.6	57.8	62.0	66.2	60.3	59.8	62.5	53.5
40.5	40.1	61.0	59.5	60.8	65.2	60.0	68.5	61.3	57.7
39.1	39.1	65.5	61.0	62.6	65.7	62.5	67.1	61.3	59.0
38.3	38.1	65.5	63.7	64.1	66.5	64.2	65.5	65.0	60.7
37.3	37.1	65.5	65.5	65.6	65.5	63.7	63.7	65.2	60.7

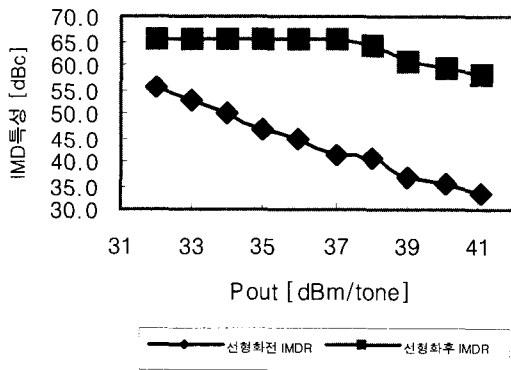


그림 6. 선형화기 이용 전과 후 차트(f₁=2139.5MHz, f₂=2140.5MHz)
Fig. 6. IMD Cancellation Chart.(f₁=2139.5MHz, f₂=2140.5MHz)

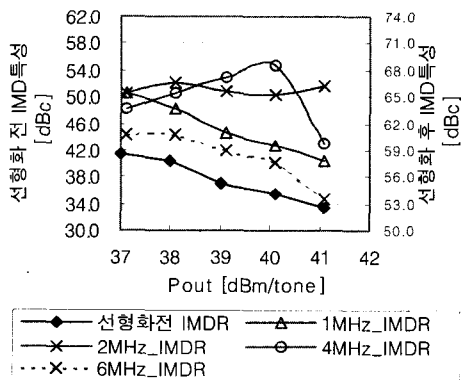


그림 7. 주파수 간격에 의한 혼변조 감쇠량(중심 주파수: 2140MHz)
Fig. 7. IMD Cancellation Chart according to frequency distance.(Center Freq.: 2140MHz)

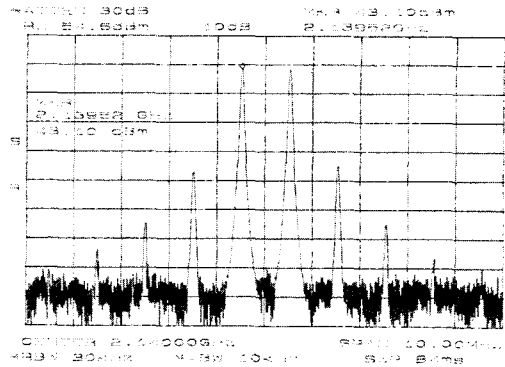


그림 8. 주증폭기 특성
Fig. 8. Main amplifier characteristic.

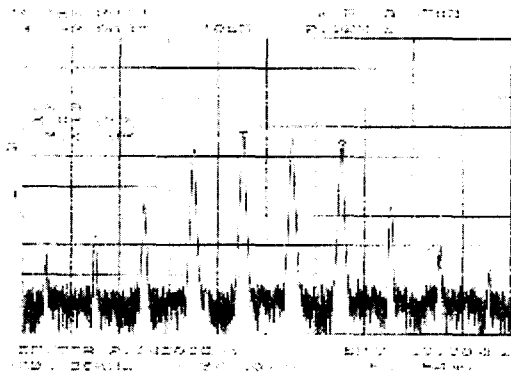


그림 9. Error sensor Loop에서 얻어진 혼변조 신호
Fig. 9. IMD signal at the output of Error sensor loop.

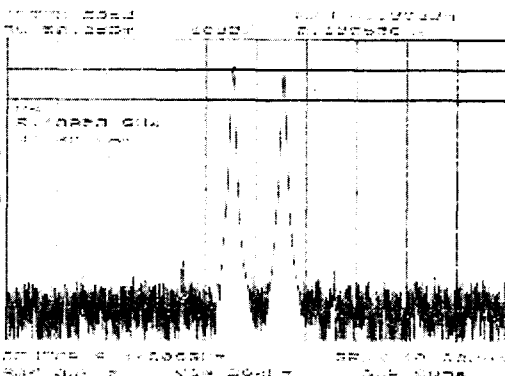


그림 10. 선형증폭기 혼변조 특성
Fig. 10. LPA IMD characteristic.

I= 13A)로 효율은 약 12%이며, 2110MHz~2170MHz 주파수 범위내에서 (0.2 dB이내의 주파수 편평도와 54dB 이상의 이득을 갖게 제작하였다. 선형증폭기는 44.3dBm

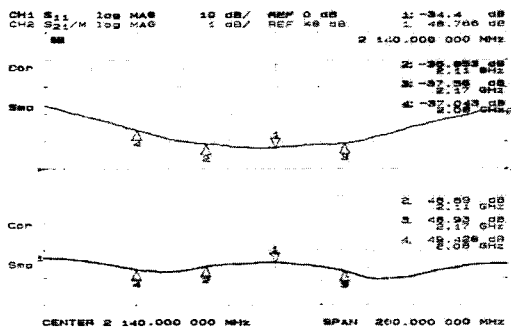


그림 11. 선형증폭기 이득 특성
Fig. 11. LPA gain characteristic.

(28W) 출력하는 경우에 소비되는 전력은 398W로 전체 효율은 약 7% 였다.

표1, 표2, 표3은 선형증폭기를 아무런 회로의 변화없이 동작주파수를 변화시켰을 경우에, 선형화 전과 선형화 후의 값을 비교 정리한 것이다. 표 1은 입력되는 주파수 신호가 2109.5MHz, 2110.5MHz인 경우이고, 표 2는 2139.5MHz, 2140.5MHz 일 때, 표 3은 2169.5MHz, 2170.5MHz인 경우이다. 아날로그 Feedforward 선형화 후에 혼변조 신호의 세기가 60dBc 이하가 됨을 알 수 있다. 주신호의 세기가 감소함에도 불구하고 혼변조의 신호가 65dBc 근처에 존재하는 것은 스펙트럼 어날라이저의 잡음 성분 이하에 혼변조 신호가 존재하게 되어 발생하는 것으로 실제 혼변조 신호의 값은 측정된 잡음 신호의 세기 보다는 낮을 거라 생각된다. 표4는 2140 MHz 주파수를 중심으로 하여 입력되는 두개의 신호의 주파수 간격을 변화 시켰을 경우에 혼변조 신호의 감쇠량을 측정하였다. 그림 6은 앞서 표2의 값을 도표로 나타낸 것으로 $(2f_2 - f_1)$ 의 신호의 선형화기 사용 전과 후를 나타낸 것이다. 그림 7은 주파수 간격에 의한 혼변조 감쇠량 변화 추이를 나타낸 표 4의 내용을 도표로 나타낸 것으로 IMDR은 주파수 $(2f_2 - f_1)$ 의 값을 나타낸 것이다. 그림 8은 2139.5MHz, 2140.5 MHz 주파수 신호가 입력하는 경우에 출력 전력 43.5dBm/t 일 때 주 증폭기의 출력을 나타낸 것이다. 이 신호를 이용하여 Error Sensor Loop에서의 얻어낸 혼변조 신호의 모습은 그림 9와 같다. 그림 10은 43.5dBm/t 주증폭기 출력이 지연선로를 거쳐 그림 9의 신호와 결합하여 얻어낸 신호로 출력세기는 41.3dBm/t이 된다. 그림 11은 제작된 선형증폭기의 전체 이득 특성을 벡터 네트워크 어날라이저로 측정한 그림이다.

위의 실험 결과를 토대로 살펴보면 본 논문에서 제시한 아날로그 Feedforward 선형화 방법을 이용하여 IMT-2000 주파수 대역(2110MHz~2170MHz)에서 동작 가능하게 제작된 선형증폭기가 출력전력 약 30W급에서 혼변조 신호 신호의 세기가 60dBc 이하로 안정되게 동작함을 볼 수 있었다.

IV. 결 론

Feedforward 선형화기는 다른 초고주파 회로에 비해 많은 초고주파 부품과 저주파 소자로 구성되어 있고, 고부가 가치 품목으로 많은 회사에서 여러 가지 방법으로 나름대로의 특허를 가지고 제품을 만들고 있다. 본 실험에서는 IMT-2000대역에서 사용 가능한 주증폭기를 바탕으로 하여 실시간으로 동작 가능한 형태의 아날로그 Feedforward를 이용하여 선형화기를 설계, 제작하였다. 본 논문에서 제시한 아날로그 Feed-forward의 Error sensor loop와 Error injection loop의 기본 동작 형태는 참고문헌 [3]에서 설명한 방법으로, 온도도와 습도 등 환경 변화에 대해 안정적인 동작을 할 수 있는 구조로 설계되었으며, Error injection loop의 주신호 지연선로의 특성 변화를 임의의 신호를 인가하여 얻어내는 방법을 사용하였다. 본 실험에서 사용된 임의의 신호는 지연선로가 없는 저주파 신호로 85.38MHz신호를 이용하였다. 제작된 선형화 증폭기는 전체효율 약 7%로 IMT-2000 전 주파수 대역(2110MHz~2170MHz) 내에서 별도의 수정없이 출력전력 43.3dBm 출력하는 경우에 60dBc 이하의 혼변조 신호를 가짐을 알 수 있었다. 이는 대역폭과 선형증폭기 효율사이의 반비례 관계를 생각하면 대역폭을 줄임으로서 보다 높은 효율이 구현 가능함을 알 수 있으나, IMT-2000 전대역을 실험하기 위하여 주증폭기의 동작 조건을 효율보다는 주파수 대역에 중점을 두어 설계, 제작하였다. 또한, 혼변조 신호의 양은 각각의 소자의 격리도를 높이면 보다 개선되리라 생각된다.

선형증폭기는 출력전력보다 선형화 기법의 안정도가 중요하다. 안정화된 선형화 기법은 주파수의 변화와 출력전력의 변화에 따라 몇 가지 동작 변수만을 맞추어 주면 안정적인 선형화 기능을 수행할 수 있다. 본 논문에서 제시한 아날로그 Feedforward 선형화 방법의 안정적인 동작이 가능한 지를 살펴보기 위하여 IMT-2000 주파수 대역에서 사용 가능한 선형증폭기를 설계, 제작하여 보았다. 제작된 선형증폭기는 실험결과에서 볼 수 있듯이 안정된 동작을 함을 볼 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Hsieh C., Chan S., "A S-band high power feedback amplifier", Proceeding of IEEE MITT-S, pp.182-184, 1997.
- [2] 정용채, 혼변조 신호의 개별 차수 조정 Predistortion 선형화기 설계, 박사학위 논문, 서강대학교, 1995.
- [3] K. yamauchi, K. Mori, M. Nakayama, Y. Mitsui, T. Takagi, "A Microwave Miniaurized Linearizer Using a Parallel Diode", IEEE MITT-S Digest, pp. 1199-1202, 1997.
- [4] Nick Potheary, Feedforward Linear Power Amplifier, Artech House, 1999.
- [5] P. B. Kenington, High-Linearity RF Amplifier Design, Artech House, 2000.
- [6] 남상대, 박응희, 장익수, 윤상원 "Feed-forward 선형화기 시스템의 오차 추출 루프를 위한 크기와 위상 제어 회로의 설계", 대한 전자공학회지, 제 37권 TC편, 제2호 pp. 91-97, 2. 2000

저 자 소 개

朴 雄 熙(正會員) 第38卷 TC編 第1號



姜 尙 璵(正會員)

1988년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학사) 1988년 3월~7월: 삼성반도체통신(주) 1989년 4월~1992년 7월: 해군통신장교(중위) 1994년 2월: 단국대학교 대학원 전자공학과(공학석사) 1994년 2월~현재: 한국전

자통신연구원 선임연구원 <주관심분야: 이동통신 송수신기, 전력증폭기 및 선형증폭기>



李 慶 熙(正會員)

1999년 2월: 전북대학교 정보통신공학과(공학사) 2001년 2월: 전북대학교 정보통신학과(공학석사) 2001년 2월~현재: 한국전자통신연구원 전파기반연구부 연구원 <주관심분야: 초고주파 회로 설계>