

## 자동 전력 제어 대전력 증폭기

정세웅, 송영진, 정용채, 김철동\*

전북대학교 정보통신공학과 및 정보통신연구소, \* 세원 텔레텍

전화 : (063) 270-2458 / 팩스 : (063) 270-2461

H.P 번호 : 011-9649-0633

## Design of Automatic Power Controlling High Power Amplifier

Se-Woong Jeong, Song-Young Jean, Yong-Chae Jeong, Chul-Dong Kim

Dept. of Communication Eng. Chonbuk National University

E-mail : sewoong@mail.chonbuk.ac.kr

### Abstract

In this paper, as a protecting HPA (High Power Amplifier) from unwanted high power input signals, APC(Automatic Power Control) circuit is designed, compared and analyzed. APC-circuit is composed of attenuator, controller and detector. In PCS-band, they are measured with gain characteristics and 3<sup>rd</sup>-IMD, 5<sup>th</sup>-IMD (Third Inter-modulation distortion, Fifth Inter-modulation distortion). In the result of measurement, it is found, as a protecting HPA(High Power Amplifier) from high Input power, that APC (Automatic Power Controller) circuit is the better in the automatic limiting at point of P1dB about increasing the input power.

하고 있다. 이는 지금까지 송, 수신 시스템보다 정교한 회로를 요구해 왔다. 이동 통신 시스템기술의 발전에 따라 매우 다양한 형태의 무선서비스의 수요가 증가 추세에 있으며, 이에 따라 이러한 이동 통신 서비스를 구성하는 무선설비 중 하나인 기지국도 빠른 속도로 증가하고 있다. 이러한 기지국에 들어가는 핵심장비 중 하나가 마이크로파 대전력 증폭기(HPA : High Power Amplifier)이다. 대전력 증폭기란, 변조된 반송파신호를 증폭시켜 높은 전력의 신호를 송신안테나로 전달하는 마이크로파 비선형 능동 소자이다. 높은 출력과 선형성이 요구되며, 효율과 안정성에도 관심을 기울여야 한다. 본 논문에서는 대전력 증폭기(HPA)를 설계하여 보고, 이에 손상을 가하는 입력 전력을 자동적으로 제어하는 회로로 자동 전력 제어 회로를 구현함으로써 전력증폭기를 보호하도

### 1. 서론

지난 몇 년간 이동 통신 수요의 급격한 증가와 함께 디지털 기술은 많은 발전을 거듭해 왔다. 특히 우리나라에서는 가입용량과 암호화에 장점을 가지고 있는 CDMA 기술을 사용

특 하였다. 또한 일반적으로 사용되는 리미터 회로를 설계하여, 자동 전력 제어 회로와 비교하여 보았다. 대전력 증폭기 앞단에 감쇠기를 두고, 비교기를 통해 기준 전압을 최대 전력일 때의 감지 전압으로 맞추어 그 전압

UÀ½/

이상일 때는 감쇠기가 정상 동작하게 하고 기준 전압 이하일 때는 감쇠기가 동작하지 않게 함으로써 출력 전력이 더 이상 올라가지 않게 하는 것이 자동전력 제어 회로의 원리이다. 입력 전력이 피크 치 이상의 전력치로 들어오면 대전력 증폭기는 보호하면서 서비스는 중단 없이 계속 되게끔 하는 것이 이 자동 전력 제어 회로의 장점이다. 기존의 리미터 회로는 이득의 손실을 야기시킨다든지 이득의 평탄도가 깨진다든지, 다이오드의 사용으로 인한 혼변조 왜곡 성분들이 더 크게 발생하는 등의 문제점이 많았다. 본 논문에서 제시하는 자동 전력 제어 회로에서는 위에서 야기되는 문제점들을 모두 해결 하였다.

## 2. PCS 대역에서 HPA 설계 및 제작

위의 내용을 이용하여 PCS 기지국(BTS : Base Transceiver Station)용 마이크로파 대전력 증폭기를 설계, 제작하였다. 송신 주파수 대역은 1840 ~ 1870Mhz 이며, 사용된 트랜지스터는 Motorola 사의 MRF-19030 과 MHL-19338 이다. 트랜지스터를 구동 시키기 위하여 MRF-19030 을 사용하여 2 단 평형구조의 증폭기를 제작하였다[1]. MRF-19338 과 MHL-19030 은 직렬구조로 중간 단 정합(Interstage Match-ing) 시켰으며, 높은 출력과 성능의 향상을 위하여 접지와 방열문제도 고려하여 설계, 제작하였다. 그림 1 은 실제로 제작된 대전력 증폭기의 Line-up 이다. 그림 2 는 제작된 대전력 증폭기의 주파수 sweep 에 따른 이득 특성이다.

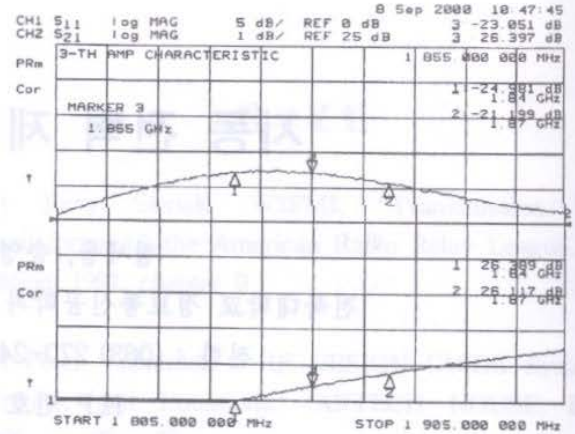
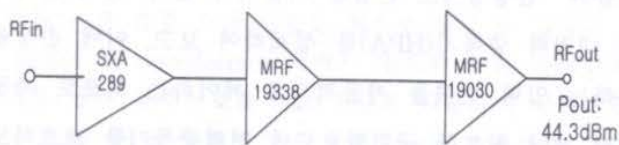


그림 2 제작된 대전력 증폭기의 특성

또한 입력 전력의 변화에 따른 출력 전력의 변화를 측정함으로써 출력 전력 1dB 압축점을 측정하였는데  $P_{1dB} = 44.3dBm$  (26.9 W)이었다. 입력 전력 변화에 대한 출력 전력의 변화는 그림 3에 나타냈다.

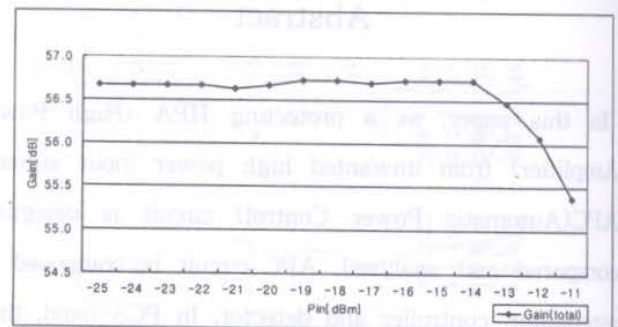


그림 3 HPA의 입력 전력에 따른 출력 특성

## 3. 자동 전력 제어 회로의 설계 및 제작

자동 전력 제어회로는 동작 범위를 갖는 입력 신호에 대해 대전력 증폭기의 1dB 압축점까지는 입력 전력에 따른 출력 전력을 내다가 1dB 압축점 이상일 때의 입력 전력일 때는 일정한 레벨의 출력 신호를 제공하는 회

로 입력되는 기준 전압에 의해 출력 신호의 레벨이 결정된다. 그림 4 는 자동 전력 증폭기 블록도를 나타내며 인가된 입력 신호는 감쇠기, 증폭기, 결합기 등을 거쳐 출력된다[2]. 이때 출력 신호의 일부를 검출기에 인가

로 입력되는 기준 전압에 의해 출력 신호의 레벨이 결정된다. 그림 4 는 자동 전력 증폭기 블록도를 나타내며 인가된 입력 신호는 감쇠기, 증폭기, 결합기 등을 거쳐 출력된다[2]. 이때 출력 신호의 일부를 검출기에 인가

그림 1 대전력 증폭기 구조 및 출력전력

하여 DC 신호로 바꿈으로써 출력 신호의 크기를 판별한다. 비교기를 통해 기준 전압을 최대 전력 치일 때의 감지 전압으로 맞추어 그 전압 이상일 때는 감쇠기가 정상 동작하게 하고 기준 전압 이하일 때는 감쇠기가 동작하지 않게 함으로써 출력 전력이 더 이상 올라가지 않게 하는 것이 자동 전력 제어 회로의 원리이다. 저위상 변화 감쇠기는 감쇠량이 약 24dB 일 때 1°이내의 위상 변화를 얻을 수 있었다. [3]-[5]

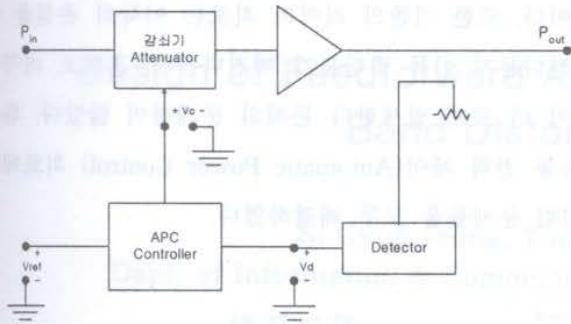
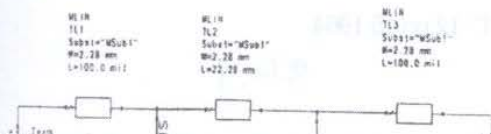


그림 4 자동 전력 제어 대전력 증폭기의 블록도

#### 4. APC 회로의 실험 및 결과

기존의 리미터 회로는 이득의 손실을 야기시킨다든지 이득의 평탄도가 깨진다든지, 다이오드의 사용으로 인한 혼변조 왜곡 성분들이 더 크게 발생 하고 문제점이 발생되었다. 하지만 자동 전력 제어 회로에서는 이런 문제들을 모두 해결하였다. 이 장에서는 이런 문제점들을 실지로 자동 전력 제어 회로가 리미터 회로보다 성능이 나은지를 비교, 분석을 하였다. 리미터 회로는 그림 5에서와 같이 두개의 PIN 다이오드를 병렬 연결하는 매우 간단한 구조로 구성 했다.



먼저, 자동 전력 제어 회로에 부착된 감쇠기와 리미터 회로에 부착된 다이오드의 입력 파워에 따른 출력 파워를 비교를 해 보았다. 그림 6 에서 기존의 리미터 회로에 대전력 증폭기를 부착한 출력특성으로 1dB 압축점 이상에서 이득이 거의 비선형적으로 감소함을 볼 수가 있다. 반면에 그림 7 은 자동 출력 제어 회로에 대전력 증폭기를 부착했을 때의 출력 특성을 보이고 있다. 그림 7 에서 보는 바와 같이 자동 전력 제어 회로에서는 1dB 압축점 이상에서 이득이 거의 선형적으로 감소하는 것을 볼 수 있다.

그림 8 과 그림 9 은 대전력 증폭기의 혼변조 왜곡 특성, 리미터 회로에 대전력 증폭기를 부착 했을 때의 혼변조 왜곡 특성, 자동 출력 제어 회로에 대전력 증폭기를 부착 했을 때의 혼변조 왜곡 성분들을 각각 비교한 그림이다.

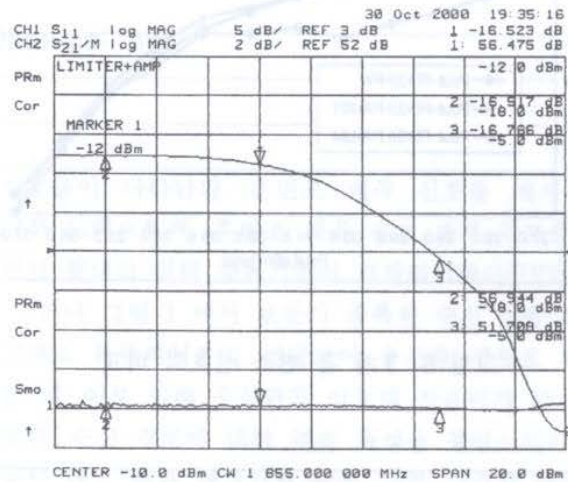


그림 6 Limiter 회로에 HPA 를 부착한 출력특성

#### 5. 결론

본 논문에서는 대전력 증폭기 앞 단에 감쇠기를 입력 전력이 1dB 압축점 이상이 대전력 증폭기 앞 단에 인가 될 시, 대전력 증폭기를 보호하도록 하였다. 이 두 회로

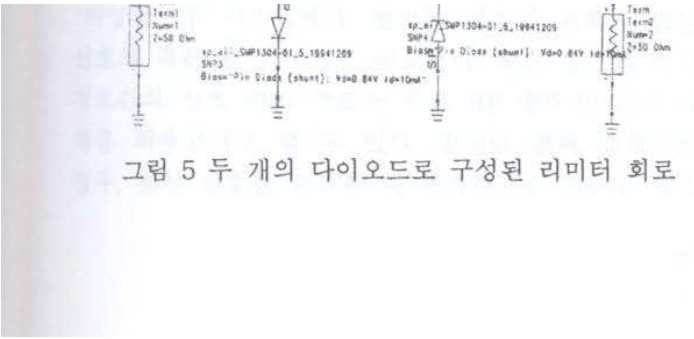


그림 5 두 개의 다이오드로 구성된 리미터 회로

는 비교적 간단하여 쉽게 상용화가 가능하며 측정된 리미터의 왜곡 특성은 전력증폭기 설계 시 고려 되어져야 한다. 이 두 회로들의 공통점은 대 전력 증폭기에 손상을 가하는 신호 원으로부터 대전력 증폭기를 보호하는

ÀÌÀü/ÙÀ½

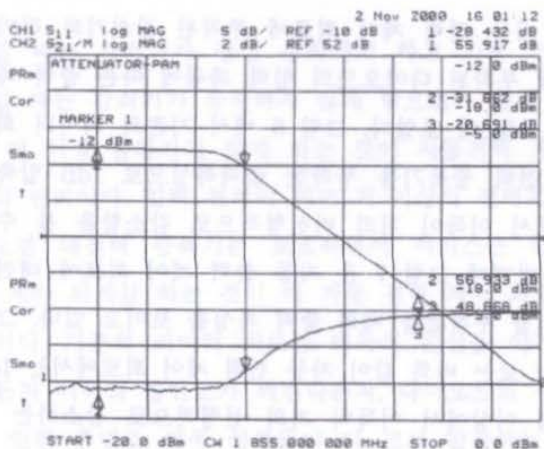


그림 7 APC 회로에 HPA 를 부착한 출력특성

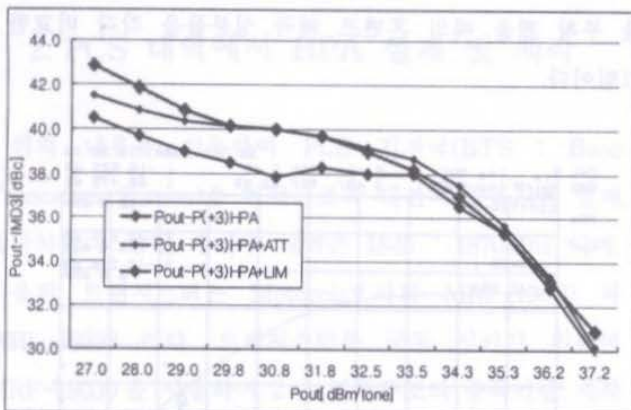
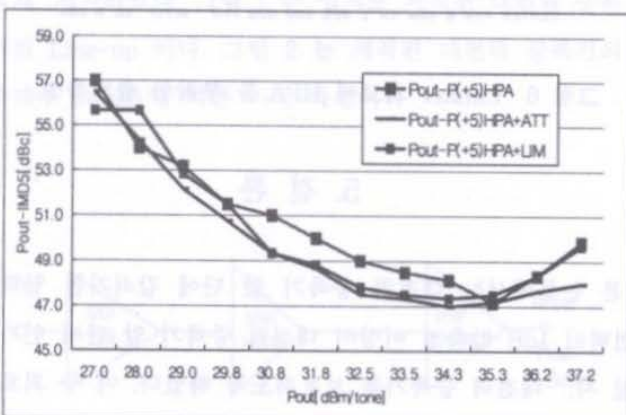


그림 8 3차 혼 변조 신호의 비교



데 사용이 된다. 자동 전력 제어 회로는 대전력 증폭기 앞단에 감쇠기를 두고, 비교기를 통해 기준 전압을 최대 전력일 때의 감지 전압으로 맞추어 그 전압 이상일 때는 감쇠기가 정상 동작하게 하고, 기준 전압 이하일 때는 감쇠기가 동작하지 않게 함으로써 출력 전압이 더 이상 올라가지 않게 하는 것이 자동 전력제어 회로의 원리이다. 또한 입력 전력이 피크치 이상의 전력 치로 들어오면 대전력 증폭기는 보호하면서 서비스는 중단 없이 계속 되게끔 하는 것이 이 자동 전력 제어회로의 장점이다. 또한 기존의 리미터 회로는 이득의 손실을 야기시킨다든지 이득 평탄도가 깨진다든지, 혼변조 왜곡성분들이 더 크게 발생한다든지의 문제점이 많았다. 하지만 자동 전력 제어(Automatic Power Control) 회로에서는 이런 문제들을 모두 해결하였다.

### 참고문헌

- [1] Guillermo Gonzalez, "Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design", (Prentice Hall, 1990) pp.115-127
- [2] 정용채, "혼변조 신호의 개별차수 조정 Predistortion 선형화기 설계", 박사학위논문 1995, pp.76-78
- [3] Stewart Walker, "A Low Phase Shifter Attenuator," IEEE Trans. Vol. MTT-42, No.2, pp.182-185, Feb 1994
- [4] Won-tae Kang, IK-soo Chang and Min-soo Kang "Reflection Type Low-Phase-Shift Attenuator," IEEE Trans. Microwave theory and Tech., Vol. 46, NO.7, pp.1019-1021, July 1988
- [5] Deloach "A new Technique to Characterize Diode and an 800-MHz Cutoff Frequency Varactor at Zero Volts Bias," IEEE Trans. Microwave theory and Tech., Vol. MTT-12, pp.15, 1964

그림 9 5차 혼 변조 신호의 비교

ÀÀü