

## 불요 주파수 대역 잡음 제거 루프를 갖는 선형 전력 증폭기 설계

정시균, 정용채, 김철동\*

전북대학교 정보통신공학과 및 정보통신 연구소, \*세원 텔레텍

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

## Design of Feedforward Amplifier with Unwanted Frequency Band Distortion Rejection Loop

Si Gyun Jeong, Yong Chae Jeong, \*Chul Dong Kim

Dept. of Information & Communication Engineering, Chonbuk National Univ.,

\*sewon Teletech

E-mail : jsg333@hanmail.net

### Abstract

In this paper, a new power amplifier is proposed for reduction of distortion signals out-of-band as well as intermodulation distortion signals in-band using feedforward technique. The amplifier is implemented for IMT-2000 frequency band. The proposed power amplifier, contains two loops-intermodulation distortion signals cancellation loop and RX band noise signals cancellation loop, can provide duplexer with low TX path insertion loss for various wireless communication systems due to choice of loose RX attenuation characteristic. Experimental results represent that the cancellation performance of intermodulation distortion signals and RX band noise signals are more than 31dB and 21dB, respectively.

### I. 서론

다양한 RF 시스템에서, 원하는 신호와 원하지 않는

신호들이 나타난다. 혼변조 왜곡 신호를 제거시키기 위한 노력으로써, 혼변조 왜곡 신호 제거 루프를 가진 여러 형태의 전력 증폭기들이 개발되어왔다[1][2].

그러나 그림 1 에서 보듯이 증폭된 수신 잡음 신호는 그대로 듀플렉서까지 전달되어 수신측 경로로 유기되는 데, 이로 인해 수신단의 신호대 잡음비가 감소된다. 또한, 수신 경로에 대한 격리 특성을 향상시키기 위해 송신 대역 통과 여파기의 수신 대역 감쇠가 증가되어야 한다. 그것은 필연적으로 송신 대역에서의 경로 삽입 손실을 증가시킨다. 따라서 경로 손실의 증가를 보상하기 위해서 송신단 전력 증폭기의 출력 용량을 증가시켜야 한다. 또한 출력 용량이 증가함에 따라 전력 증폭기를 구현하는데 드는 비용도 같은 비율로 증가하게 된다. 결국, 송수신 신호 격리 특성을 증가시키기 위해서는 충분한 시스템 가격의 증가가 뒤따라야 한다.

본 논문에서, 수신 제거 특성을 개선시키기 위해 두 개의 루프, 즉 혼변조 왜곡 제거 루프와 수신 대역 제거 루프를 갖는 새로운 전력 증폭기를 제안했다. 수신

신호의 격리 특성은 매우 중요하다. 송신 경로와 수신 경로간의 신호 격리 정도는 주로 RF 송수신 단의 가 격을 좌우한다고 할 수 있다. 송신단 전력 증폭기의 경우, 송신 신호를 증폭할 때 부가적으로 혼변조 왜곡

대역 제거 루프를 추가적으로 도입함으로써, 수신 대역 잡음 신호가 송신 출력단에서 충분히 감소될 수 있다.

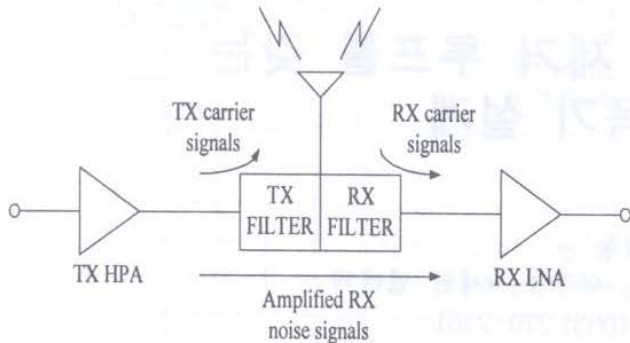
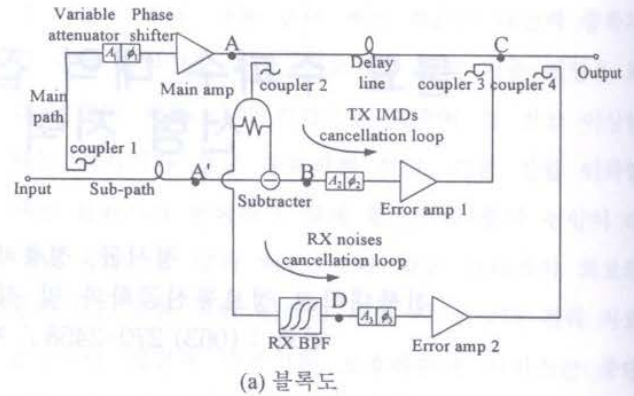


그림 1. 수신 경로로 유기되는 증폭된 수신 잡음 신호



(a) 블록도

## II. 이론

제안된 전력 증폭기의 블록도가 그림 2(a)에 나타나 있다. 제안된 증폭기의 동작 원리는 그림 2(b)-(h)에 나타낸 4-tone 스펙트럼으로 잘 설명된다. 그림 2(b)에서 보여지듯이 입력 신호는 2-tone 송신 신호와 수신 잡음 신호로 구성되어 있으며, 방향성 결합기 1에 의해 주경로와 부경로로 나누어진다. 주경로로 주입된 신호는 주증폭기에서 증폭되고 주증폭기 출력단(점 A)에서는 그림 2(c)처럼 혼변조 왜곡 신호가 생성된다. 주증폭기 출력단에서 추출된 일부 신호들은 윌킨슨 분배기에 의해 동일하게 분배되어 각각 송신 혼변조 왜곡 신호 제거 루프의 빼기 회로와 수신 잡음 제거 루프의 수신 대역 통과 여파기에 주입된다. 빼기 회로에 주입되는 또 하나의 신호는 그림 2(d)에 나타나 있으며, 빼기 회로 출력단(점 B)에서는 그림 2(e)에서처럼 혼변조 왜곡 신호만이 나타난다. 빼기 회로 출력단에서의 혼변조 왜곡 신호는 조건 (1)과 (2)가 만족되도록 가변 감쇠기, 위상 변환기 그리고 에러 증폭기 1에 의해 조정된다.

- (1) 송신 혼변조 왜곡 신호 제거 루프를 통해 결합기 3으로 주입되는 신호의 크기는 주경로를 통해 주입되는 혼변조 왜곡 신호의 크기보다 결합량만큼 커야 한다.
- (2) 송신 혼변조 왜곡 신호 제거 루프를 통해 결합기 3으로 주입되는 신호와 주경로를 통해 주입되는 혼변조 왜곡 신호의 위상차는 180도이다.

조건 (1)과 (2)가 만족되는 상황에서 그림 2(f)에 나타

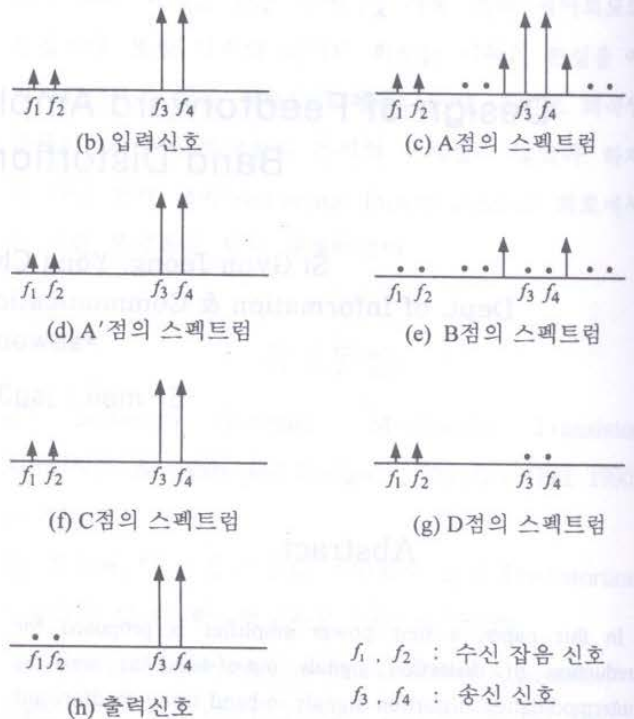


그림 2. 불요 주파수 대역 왜곡 신호 제거 루프를 갖는 선형 전력 증폭기

된 회로 소자들의 제한된 주파수 특성에 기인된다. 이러한 결과는 기존의 전력 증폭기에서 그대로 사용되었다. 따라서, 증폭된 수신 잡음 신호가 감쇠없이 그대로 듀플렉서까지 전달되어 시스템 성능을 감소시키게 된다.

본 논문에서, 수신 대역 잡음을 제거하기 위해 추가적인 제거 루프를 도입했다. 이 루프에는 수신 잡음 신호를 추출해내기 위한 수신 대역 통과 여파기가 포함되는데, 수신 대역 통과 여파기 출력단(점 D)에서의 스펙트럼은 그림 2(g)에 나타난 것과 같다. 수신 대역

수신 잡음 신호를 통과한 수신 잡음 신호는 송신 혼변조 왜곡 신호 제거 루프에서의 동작과 유사하게 가변 감쇠기, 위상 변환기 그리고 에러 증폭기 2 에 의해 조정된다. 그림 2(h)는 수신 잡음 신호가 제거된 출력 신호

중파 역파기를 통과한 수신 잡음 신호는 송신 혼변조 왜곡 신호 제거 루프에서의 동작과 유사하게 가변 감쇠기, 위상 변환기 그리고 에러 증폭기 2 에 의해 조정된다. 그림 2(h)는 수신 잡음 신호가 제거된 출력 신호

를 나타낸다. 수신 대역 통과 여파기 대신에 송신 대역 제거 여파기를 사용하여도 동일한 효과를 얻을 수 있다.

수신 잡음 신호의 제거로 인해, 송신 대역 통과 여파기의 수신 대역 감쇠 특성을 줄일 수 있다. 이것은 송신 경로 삽입 손실이 감소됨을 의미한다. 따라서, 송신 전력 증폭기는 출력 용량을 감소시킬 수 있다는 이점을 가지게 되고, 전력 증폭기를 구현하는데 드는 비용 또한 감소된다.

만약 수신 주파수 대역 대신에 다른 주파수 대역의 왜곡 신호를 제거하고 싶다면 수신 대역 통과 여파기 대신에 특정 주파수용 대역 통과 여파기와 에러 증폭기 등을 제작하여 부착하면 된다.

### III. 구현 및 실험

제작된 주증폭기는 Mini-Circuit 사의 ERA-5SM 과 Motorola 사의 XHL-21336 과 MRF-19030 으로 구성되어 있으며 IMT-2000 주파수 대역에서 57dB 의 이득과 0.24dB 의 평탄도를 가진다. 송신 대역 에러증폭기 1 은 Mini-Circuit 사의 ERA-5SM 과 Motorola 사의 XHL-21336 으로 구성되었고, 수신 대역 에러증폭기 2 는 Mini-Circuit 사의 ERA-5SM 으로 구성되었으며, 전체이득은 각각 64dB 와 68dB 이다.

선형화 루프를 위해 KMW 에서 제조된 30dB 마이크 로스트립 방향성 결합기(KDCNRW30-32-01) ANAREN 에서 제조된 10dB 방향성 결합기(1A1305-10)가 사용되었다. 빼기 회로에는 윌킨슨 분배기가 사용되었다.

바랙터 다이오드를 이용한 반사형 위상 변환기가 사용되었다[3]. 이 위상 변환기는 약 120 도의 위상 조정 범위를 가진다. 가변 감쇠기는 PIN 다이오드를 이용한 저 위상 변화 감쇠기로써, 30dB 의 감쇠 범위에 대하여 1°이하의 위상 변화가 있었다[4].

수신 잡음 신호를 추출해내기 위해 삽입손실법을 이용한  $\lambda/4$  결합선로 방식의 수신 대역 통과 여파기를 구현하였다[5][6]. 구현된 수신 대역 통과 여파기는 수신 대역에서 1.8dB 의 삽입 손실과 송신 대역에서 24dB 의 감쇠 특성을 지닌다.

수신 잡음 제거 특성을 효율적으로 보이기 위해, HP-8753D 벡터 네트워크 분석기가 측정에 사용되었다. 송신 대역 혼변조 왜곡 신호 제거 루프의 특성은 그림 6 과 같고, 수신 대역 잡음 제거 루프의 특성을 그림 7 에 나타냈고, 수신 대역 잡음 제거 루프를 갖는 경우와 갖지 않는 경우의 Feedforward 방식 대전력 증폭기의 특성을 그림 8 에 나타냈으며 20dB 이상의 수신 대역 잡음 추가 제거 특성을 보이고 있다.

### IV. 결론

수신 대역 잡음을 감소시키기 위해 수신 제거 루프를 가진 새로운 형태의 Feedforward 방식의 송신 전력 증폭기를 제안하였다. 이 전력 증폭기는 IMT-2000 주파수 대역에서 구현되었다. 수신 제거 루프를 도입함으로써, 수신 잡음 신호의 제거 성능이 IMT-2000 수신 전체 대역에서 20dB 이상 개선되었으며 Feedforward 선형화 방식에 의해 송신 대역 혼변조 왜곡 성분을 31dB 이상 감소시켰다. 따라서, 송신 경로로부터 수신 경로로 유기되는 수신 잡음이 감소되고 d 듀플렉서에서 송신에 대한 수신 격리 특성을 기존의 전력 증폭기의 경우보다 엄격히 하지 않아도 된다. 결과적으로, 송신에 대한 높은 수신 격리 특성을 가진 듀플렉서를 구현하는데 드는 비용과 차지하는 부피를 감소시킬 수 있다. 부가적으로, 낮은 송신 경로 삽입 손실을 가진 듀플렉서로 인해 증폭기의 출력 용량을 감소시킬 수 있다.

### 참고문헌

- [1] Nick Pothecary, *Feedforward Linear Power Amplifiers*, Boston. London. Artech House, 1999.
- [2] Guillermo Gonzalez, *MICROWAVE TRANSISTOR AMPLIFIERS Analysis and Design*, PRENTICE HALL, 1997.
- [3] S.K.Koul, B.Bhat, *Microwave and Millimeter Wave Phase Shifter*, Artech House, 1991.
- [4] Y. C. Jeong and C.D. Kim, "Design of the Noble Vector Modulator", *Proc. Asia Pacific Microwave Conf.*, 2000, pp. 1007-1010.

특성기터 할터기 50.4dBm/10ne 널 배 C/1 미는  
33.5dB 이며 그 특성을 그림 3 에 나타내었다. 빼기 회  
로의 출력 스펙트럼은 그림 4 에 보였으며 50.7dB 의  
주신호 제거 특성을 보였다. 최종 혼변조 왜곡 신호  
제거 특성은 31.3dB 로써 그 특성을 그림 5 에 보였다.

- 1097-2000
- [5] David M. Pozar, *MICROWAVE ENGINEERING*, WILEY, pp. 422-494, 1998.
- [6] Inder Bahl, Prakash Bhartia, *MICROWAVE SOLID STATE CIRCUIT DESIGN*, WILEY, pp.237-293, 1988.

ÀiÀü/ÙÀ½

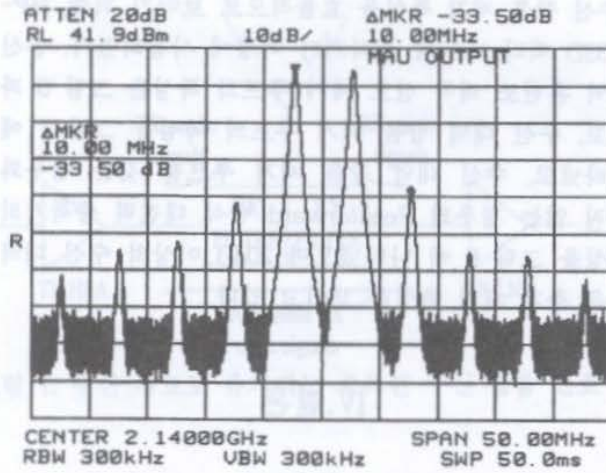


그림 3. 선형화기 전 주증폭기의 2-tone 혼변조 특성

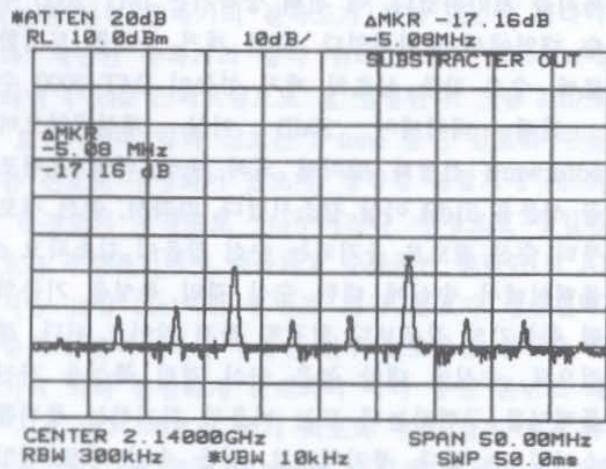


그림 4. 빼기 출력 스펙트럼

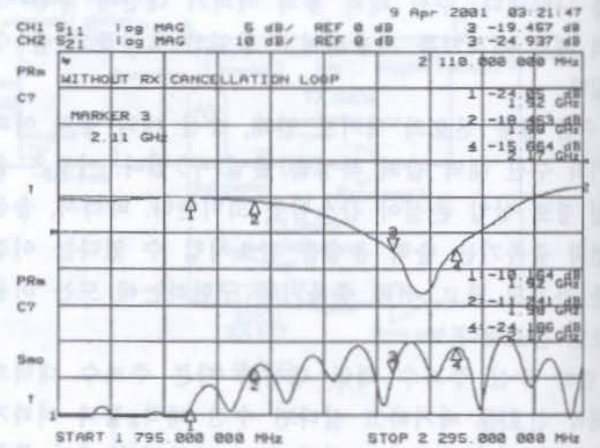
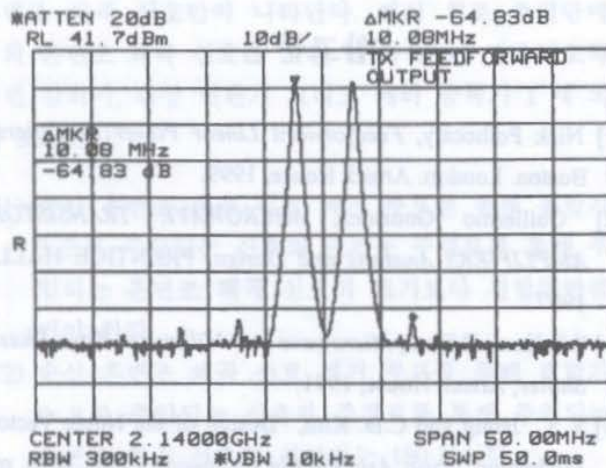


그림 6. 송신 대역 혼변조 신호 제거 루프 특성

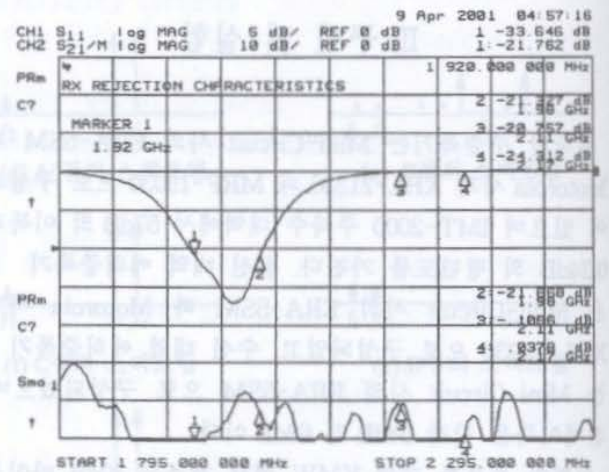


그림 7. 수신 대역 잡음 신호 제거 루프 특성

그림 5. 선형화기 후 Feedforward 증폭기의 2-tone  
혼변조 신호 특성

그림 8. 수신 잡음 제거 루프를 갖는 경우와  
갖지 않는 경우의 대전력 증폭기의 출력 특성