

第30卷 第1號

Volume 30, Number 1

2007年度 春季
마이크로파 및 電波傳播 學術大會 論文集



KICS
Korea Information and
Communications Society

KEES



日時：2007年 5月 18日(金)
場所：국 민 대 학 교

大 韓 電 子 工 學 會
韓 國 通 信 學 會
韓 國 電 磁 波 學 會
大 韓 電 氣 學 會

IEEE MTT/AP/EMC Korea Chapter

▶ 장소 : 7호관 2층 로비

9:30~10:50

좌장 : 서철현 (승실대)

[P-1-1]	동일 군속도 지연 상쇄기를 이용한 이중대역 Feedforward 선형 전력 증폭기	최홍재, 정시균, 정용채, 김철동 (전북대/세원텔레텍㈜)	.....19
[P-1-2]	고효율 전력 증폭기를 위한 디지털 피드백 전치 왜곡 선형화 방법에 대한 연구	김장현, 김일두, 문정환, 김경준, 전명수, 우영운, 홍성철, 김범만 (포항공대/삼성전자통신연구소)	.....23
[P-1-3]	최적 전송선로를 이용한 고효율의 분산형 증폭기 설계	정시균, 서수진, 송경주, 정용채, 김철동 (전북대/세원텔레텍㈜)	.....27
[P-1-4]	Balun impedance transformer를 이용한 Power Amp 설계	송진우, 김민혁, 장익수 (서강대)	.....31
[P-1-5]	선형성 개선과 크기 축소를 위한 새로운 PBG 구조를 이용한 전력증폭기 설계	최재원, 서철현 (승실대)	.....35
[P-1-6]	효율 개선을 위한 3 way Class F 도허티 전력 증폭기	장정석, 도지훈, 김대웅, 홍의석 (광운대)	.....39
[P-1-7]	개방형 루프구조와 단일 FET를 이용한 1.8GHz/2.14GHz 이중대역 전력증폭기 설계	김형준, 김태형, 서철현 (승실대)	.....43
[P-1-8]	CMRC(Compact Microwave Resonance Circuit) 구조를 적용한 고효율, 고선형성 Class-F 전력증폭기	이종민, 정승백, 서철현 (승실대)	.....47
[P-1-9]	CMOS 능동 인덕터를 이용한 1.8GHz/2.4GHz 대역통과 증폭기 설계	성영규, 윤경식 (고려대)	.....51
[P-1-10]	RFID 리더용 Concurrent 이중 대역 저잡음 증폭기 설계	오재욱, 김형석 (중앙대)	.....57
[P-1-11]	Ka-Band BUC용 위상 고정 발진기 설계 및 제작	김성용, 이강훈, 이영철 (경남대)	.....61
[P-1-12]	광대역 주파수 합성기용 주파수 변환기 제작 및 특성 분석	정인기, 이강훈, 김수정, 안동명, 이영철 (경남대/㈜계노코)	.....65
[P-1-13]	저 위상잡음의 다중밴드 직접변환 수신기용 Octa-phase LC 전압 제어 발진기	이재혁, 한병기, 박지현, 김형동 (한양대)	.....69
[P-1-14]	Microstrip Square Open Loop 공진기와 Tunable Negative Resistance를 이용한 저위상 잡음 Push-Push 전압 제어 발진기	최재원, 서철현 (승실대)	.....73
[P-1-15]	위상 고정 루프를 이용한 40 Gb/s 클락 데이터 복원 모듈 설계 및 구현	박현, 우동식, 김강욱, 임상규, 고 제수 (경북대/한국전자통신연구원)	.....77
[P-1-16]	전치왜곡기와 바이어스 제어를 이용한 하이브리드 평형 전력증폭기의 성능개선	이상수, 이석희, 방성일 (단국대)	.....81

동일 군속도 지연 상쇄기를 이용한 이중대역 Feedforward 선형 전력 증폭기

최홍재, 정시균, 정용채, *김철동
전북대학교 정보통신공학과, *세원텔레텍(주)

Dual-band Feedforward Linear Power Amplifier using Equal Group Delay Signal Canceller

Heungjae Choi, Sigyun Jeong, Yongchae Jeong, and *Chul Dong Kim
Dept. of Information & Communication Engineering, Chonbuk National Univ.,
*Sewon Teletech Inc.
E-mail: streetpoet@chonbuk.ac.kr

Abstract

In this paper, the first attempt to design a novel structure of dual-band feedforward linear power amplifier (FFW LPA) was presented. The operation frequency bands of the implemented dual-band FFW LPA are digital cellular ($f_0=880\text{MHz}$) and IMT-2000 ($f_0=2.14\text{GHz}$) band, which are separated about 1.26GHz. With the high power amplifier of 120W PEP for commercial base-station application, IMD cancellation loop shows 20.45dB and 25.04dB loop suppression at each band of operation for 100MHz. From the adjacent channel leakage ratio (ACLR) measurement with CDMA IS-95A 4FA and WCDMA 4FA signal, we obtained 16.52dB improvement at the average output power of 41.5dBm for digital cellular band, and 18.59dB improvement at the average output power of 40dBm for IMT-2000 band simultaneously.

I. 서론

과거의 이동통신은 주로 음성이나 텍스트와 같은 저용량의 데이터 교환에 국한되어 있었다. 하지만 사용자들의 다양한 요구를 만족시키기 위하여 최근에는 고화소의 디지털 카메라, MP3, TV 수신 등 여러 가지 기능이 단말기에 더해지면서 고용량의 데이터를 송/수신

해야 하는 상황이 되었다. 그로 인해 기존의 통신 외에 추가적으로 멀티미디어 정보를 포함하는 서비스를 제공하기 위해서 하나의 서비스 제공업자가 이미 사용하고 있는 주파수 외에 또 다른 주파수 대역을 사용하는 경우가 발생하였다. 최근에는 하나 이상의 주파수 대역을 다룰 수 있는 다중대역 장비에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 하지만 다중대역 장비의 필요성에도 불구하고, 기지국의 엄격한 선형성 요구 조건으로 인하여 현재까지는 연구가 주로 단말기에 국한되어 있었다[1].

선형성 문제를 극복하기 위한 해법으로 여러 가지 선형화 방식이 있지만 Feedforward 기법은 뛰어난 선형성 개선 효과로 실질적으로 가장 널리 사용되고 있으며, 가장 활발한 연구가 이루어지고 있다. 하지만 현재까지의 연구는 주로 대역내의 동작주파수의 확장이나 효율 개선에 그 초점이 맞추어져 있었다[2][3].

따라서, 본 논문에서는 그동안 시도되지 않았던 동일 군속도 지연 이중대역 주신호 상쇄기와 혼변조 왜곡 신호 상쇄기의 설계 방법과, 이중대역 신호 상쇄기를 이용하여 단일 대역 feedforward 기법을 확장한 이중대역 FFW LPA의 설계 방법을 제안하였다. 또한 제안된 설계 방법의 효율성을 보이기 위해 이중대역 FFW LPA를 제작하여 루프별 신호 제거 특성과 ACLR 개선 정도를 제시하였다.

이 연구에 참여한 연구자는 2 단계 BK21 사업의 지원비를 받았음.

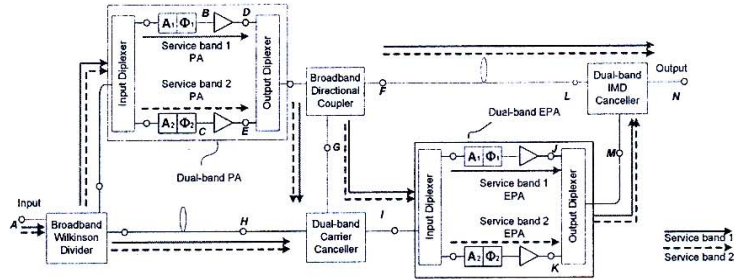


그림 1 이중대역 FFW LPA 블록도

II. 이중대역 FFW LPA 설계 이론

2.1 구성 및 동작원리

그림 1 은 우리가 제안하는 이중대역 FFW LPA 의 블록도 이다. 이중대역 FFW LPA 는 광대역 윌킨슨 전력 분배기, 다이플렉서, 광대역 방향성 결합기, 동일 군속도 지연 이중대역 주신호 상쇄기, 동일 군속도 지연 이중대역 혼변조 왜곡신호 상쇄기, 그리고 각 대역에서 동작하는 가변 진폭/위상 조정기, 전력증폭기(Power Amplifier: PA), 그리고 오차 증폭기(Error Power Amplifier: EPA)로 구성되어 있다.

전체적으로는 일반적인 단일대역 FFW LPA 와 같은 구조를 가지고 있지만, 단일대역 FFW LPA 의 PA (EPA) 에 해당되는 부분이 다이플렉서를 적용한 이중대역 PA (EPA)로 대체되어 있다[4]. 또한 단일 대역 결합기와 단일대역 신호 상쇄기는 이중대역 신호 상쇄기로 대체되어 있다.

그림 1 에서 실선은 대역 1, 점선은 대역 2 의 주파수 신호를 의미한다. 실선과 점선이 같이 존재하는 구간은 광대역 수동소자에 의하여 두 대역의 신호가 동시에 전달되며, 실선이나 점선 하나만 존재하는 구간은 다이플렉서의 주파수 분기 동작에 의하여 분기된 단일 대역의 신호만 전달되는 구간이다.

2.2 동일 군속도 지연 이중대역 신호 상쇄기

Feedforward 선형화 방식에서 일정 주파수 대역을 갖는 입력 신호에 대해서 대역 전체의 신호의 고른 신호 상쇄를 위해서는 진폭, 역 위상, 군속도 지연이 동시에 정합이 이루어져야 한다. 하지만 일반적인 구조의 신호 상쇄기로는 역 위상 정합과 군속도 지연 정합을

동시에 만족시킬 수 없기 때문에 광대역 신호의 상쇄를 위한 동일 군속도 지연 신호 상쇄기가 제안 되었다[5]. 동일 군속도 지연 신호 상쇄기는 중단이 단락과 개방된 길이 l 의 전송선로의 반사계수는 서로 역위상이 된다는 것을 기반으로 하였다.

그림 2 는 동일 군속도 지연 이중대역 신호 상쇄기의 블록도이다. 이중대역 주신호 상쇄기(그림 2(a))는 광대역 윌킨슨 합성기와 수직 장착 평면회로를 이용한 광대역 하이브리드 회로(VIP 광대역 90° 하이브리드)로 구성되어 있으며, 이중대역 혼변조 왜곡 신호 상쇄기(그림 2(b))는 광대역 방향성 결합기와 VIP 광대역 90° 하이브리드로 구성되어 있다[6].

그림 2(a)의 이중대역 주신호 상쇄기의 두 입력 단자(G, H)에 이중대역 신호가 인가되면 각각 결합단자(coupling port)와 전송단자(through port)가 단락 및 개방된 VIP 광대역 90° 하이브리드를 통과 하면서 격리단자(isolation port)로 전달된다. 개방 및 단락 스텔브에서 전 반사가 일어날 때, 동위상 및 180° 위상 반전에 의한 출력 신호들은 진폭, 역 위상, 군속도 지연의 동시 정합 조건들을 만족하게 된다. 출력된 신호들을 광대역 동위상 윌킨슨 결합기에 인가하면 출력단(N)에서는 입력된 이중대역 신호가 완전히 상쇄된다.

마찬가지로 그림 2(b)에서 방향성 결합기의 결합 계수와 삽입 손실의 차만큼 진폭 차이가 나면서 90° 만큼 위상차를 갖는 이중대역 입력 신호들은 결합 단과 전송 단이 각각 단락 및 개방된 VIP 광대역 90° 하이브리드 회로의 두 입력단자(L, M) 에 인가된다. 인가된 신호는 격리 단으로 전달되는데 이때 출력된 신호들은 다시 방향성 결합기의 상호 격리 단에 인가된다. 방향성 결합기의 출력 신호들은 진폭, 역 위상, 군속도 지연의 동시 정합 조건들을 만족하게 되어 출력단(N)에서는 입력 신호가 완전히 상쇄된다.

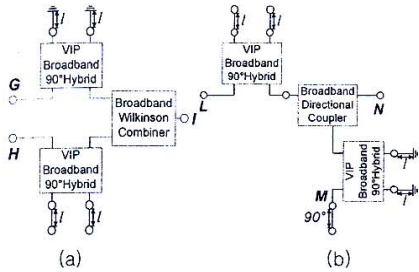


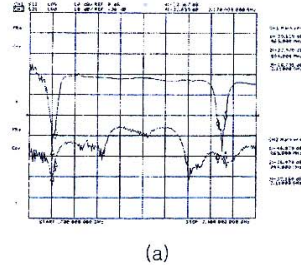
그림 2 (a) 동일 균속도 지연 이중대역 주신호 상쇄기. (b) 동일 균속도 지연 이중대역 혼변조 왜곡신호 상쇄기.

III. 제작 및 측정 결과

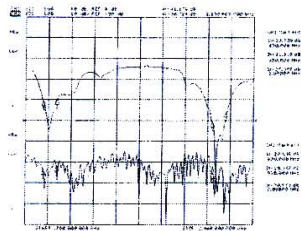
제안하는 설계 방식의 효율성을 검증하기 위하여, 동작 대역의 중심주파수를 기준으로 1.26GHz 이격된 디지털 셀룰러 대역 ($f_0=880\text{MHz}$)과 IMT-2000 ($f_0=2.14\text{GHz}$) 대역 기지국용 이중대역 feedforward 선형화 시스템을 구현하였으며, 최대 출력 전력 120W 급의 상용 기지국용 대전력 증폭기에 적용하여 성능을 점검하였다.

그림 3 은 회로망 분석기를 이용하여 측정한 루프 제거 측정 결과이다. 그림 3(a)는 이중대역 주신호 제거 루프의 측정 결과이며, 869~894MHz 대역에서 36.9dB 이상, 2.14~2.17GHz 대역에서 32.1dB 이상의 주신호 제거 특성을 갖는다. 그림 3(b)는 이중대역 혼변조 왜곡 신호 제거 루프의 측정 결과이며, 디지털 셀룰러와 IMT-2000 대역을 포함한 100MHz 동작 대역폭에서 각각 20dB, 30.6dB 이상의 제거 특성을 갖는다. 특히, 20dB 이상의 신호 상쇄를 얻는 대역폭이 디지털 셀룰러 대역에서는 113.3MHz, IMT-2000 대역에서는 173.9MHz 이상이 되었다.

그림 4 는 이중대역 FFW LPA 의 출력 스펙트럼 특성을 보여주고 있다. 그림 4(a)는 디지털 셀룰러 대역의 중심주파수에서 3.125MHz 와 4.375MHz 이격된 지점에서 출력 전력 레벨에 따른 개선 전과 개선 후의 ACLR 특성을 보여준다. 그림 4(b)는 평균 출력 전력 41.5dBm 에서의 출력 스펙트럼이다. 평균 출력 전력이 41.5dBm 일 때, 중심주파수에서 3.125MHz 이격된 지점에서 ACLR 이 -32.96dBc 에서 -49.48dBc 로 16.52dB 개선되었다. 출력 동적 영역에서 충분히 좋은 선형성을 유지하고 있다.

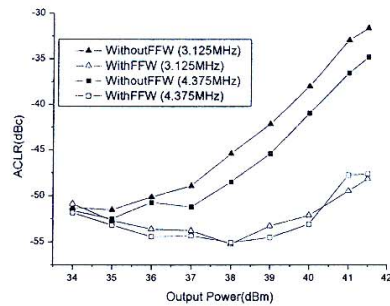


(a)

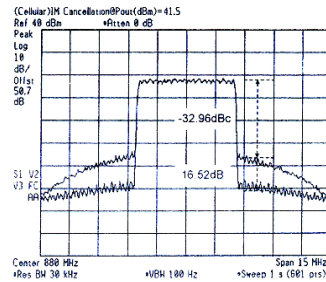


(b)

그림 3 (a) 이중대역 주신호 제거 루프 측정 결과. (b) 이중대역 혼변조 왜곡신호 제거 루프 측정 결과.



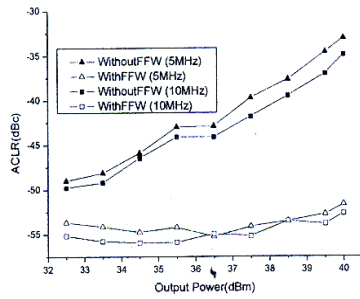
(a)



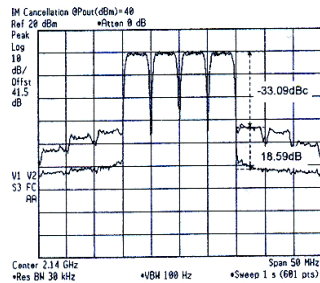
(b)

그림 4 (a)CDMA IS-95A 4FA 신호에 대한 디지털 셀룰러 대역의 ACLR 특성. (b)평균 출력 전력 41.5dBm 에서 디지털 셀룰러 대역의 출력 스펙트럼.

그림 5(a)는 IMT-2000 대역의 중심주파수에서 5MHz 와 10MHz 이격된 지점에서 출력 전력 레벨에 따른 개선 전과 개선 후의 ACLR 특성을 보여준다. 그림 5(b)는 평균 출력 전력 40dBm 에서의 출력 스펙트럼이다. 전체 출력 전력 레벨에서 5MHz, 10MHz 이격된 주파수에 대하여 고른 개선효과를 나타내며, 개선 후 매우 뛰어난 선형성을 보여주고 있다. 평균 출력 전력이 40dBm 일 때, 중심주파수에서 5MHz 이격된 지점에서 ACLR 이 -33.09dBc 에서 -51.68dBc 로 18.59dB 개선되었다. 출력 동적 영역에서 충분히 좋은 선형성을 유지하고 있다.



(a)



(b)

그림 5 (a) WCDMA 4FA 신호에 대한 IMT-2000 대역의 ACLR 특성. (b) 평균 출력 전력 40dBm 에서 IMT-2000 대역의 출력 스펙트럼.

IV. 결론

두 개의 이격된 주파수 대역 신호들을 동시에 선형 증폭할 수 있게 하기 위하여, 본 논문에서는 이중대역 동일 군속도 지연 주신호 상쇄기와 혼변조 왜곡신호 상쇄기의 설계 방법, 그리고 이를 이용하여 단일 대역 FFW 기법을 확장한 이중대역 FFW LPA 의 설계 방법을 제안하였다.

제안된 방식의 이중대역 FFW LPA 설계 기법은 다 이플렉서와 광대역 방향성 결합기의 대역폭에 따라서 1GHz 이상 떨어진 주파수 대역에 대하여 이중대역 선형 전력 증폭 동작이 가능하다. 또한 동일 군속도 지연 이중대역 신호 상쇄기를 이용하므로 이중대역 동작과 동시에 각 대역 내에서 광대역 신호 상쇄가 가능하여 오늘날의 광대역 멀티미디어 통신 분야의 기지국용 대전력 증폭기 시스템으로 매우 뛰어난 성능을 발휘할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Adar, A, DeMoura, J, Balslem, H, Lott, J, "A high efficiency single chain GaAs MESFET MMIC dual-band power amplifier for GSM/DCS handsets" *IEEE Gallium Arsenide Integrated Circuit Symposium Digest*, pp. 69-72, November 1998.
- [2] S. C. Cripps, *Advanced Techniques in RF Power Amplifiers Design*, Norwood, MA, Artech House, 2002.
- [3] F. H. Raab, P. Asbeck, S. C. Cripps, P. B. Kenington, Z. B. Popović, V. Potheary, J. F. Sevic, and N. O. Sokal, "Power amplifiers and transmitters for RF and Microwave" *IEEE Trans. Microwave Theory & Tech.*, vol. 50, no. 3, pp. 814-826, March 2002.
- [4] Heung-Jae Choi, Hee-Young Jeong, Young Kim, Jong-Sik Lim, Chul-Dong Kim and Yong-Chae Jeong, "Dual-Band Predistortion Power Amplifier for Digital Cellular and IMT-2000 Base-station Application" *Asia Pacific Microwave Conference Proceeding*, vol. 1, pp. 208-211, December 2005.
- [5] Yong-Chae Jeong, Dal Ahn, Chul-Dong Kim and Ik-Soo Chang, "Feedforward Amplifier using Equal Group-Delay Signal Canceller" *IEEE MTT-S Digest*, pp. 1530-1533, 2006.
- [6] In-Seon Kim, Cheol-Soo Lee, "A Study on Broadband Hybrid Design Using Vertically Installed Planar Circuit with Partially Removed Ground Plane" *Journal of KEEs*, vol. 16, no. 7, pp. 661-670, July 2005.