第 29 券 第 1 號 Volume 29, Number 1

2006年度 春季
마이크로波 및 電波傳播 學術大會 論文集

日 時 : 2006年 5月 26日 (金)
場 所 : 한 국 항 공 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

Session I-1 마이크로파 능동회로(1) 분야

▶장소 : 항공우주센터 205호

13:30~15:30 **좌장 : 윤영철(관동대)**

[1-1-1]	13:30~13:50	원함수 발생기를 이용한 전력 증폭기의 전치 왜곡 선형화기 설계	김일규, 전기경, 김영, 윤영철 (국립금오공과대/관동대)	185
[1-1-2]	13:50~14:10	SDR용 Tri-Mode (CDMA 2000 1x, WCDMA,WiBro) 저잡음 증폭기 설계	최상현, 주지선, 이지용, 이상호, 김형동 (한양대/LG전자)	189
[1-1-3]	14:10~14:30	디지털 셀룰러 및 IMT-2000 기지국용 이중 대역 전치왜곡 선형화 증폭기	최홍재, 정희영, 김영, 임종식, 김철동, 정용채 (전북대/금오공과대/순천향대/(주)세원텔레텍)	193
[1-1-4]	14:30~14:50	SDR을 이용한 다중모드 Direct Conversion Mixer 설계	유주훈, 안수섭, 김형동 (한양대)	197
[1-1-5]	14:50~15:10	내부 기생성분 상쇄를 통한 고주파, 고출력 유사 Class-E 증폭기 설계	반주호, 정성찬, 박현철, 안건현, 김민수, 박천석, 양영구(성균관대)	201
[1-1-6]	15:10~15:30	Peaking 증폭기의 최적화 바이어스를 이용한 비대칭 3-way 도허티 증폭기의 선형성 향상 연구	홍성철, 김일두, 차정현, 김장헌, 우영윤, 문정환, 김범만 (포항공과대)	205
	15:30~16:00	Coffee Break		

16:00~17:40 **좌장 : 이문규(서울시립대)**

[1-2-7]	16:00~16:20	바이어스 스위칭을 이용한 이중 모우드 전력 증폭기	이영민, 구경헌 (인천대)	209
[1-2-8]	16:20~16:40	2.3 GHz 대역에서 단일 Half-LO 주파수를 이용한 Double-Conversion Down Mixer 설계	김민석, 문주영, 윤상원 (서강대)	213
[1-2-9]	16:40~17:00	능동 캐패시턴스 회로를 이용한 Ku-Band Frequency Synthesizer 설계	박현준, 윤상원 (서강대)	217
[1-2-10]	17:00~17:20	소형화 평면형 헬리컬 공진기를 이용한 CPW 기반의 초고주파 발진기의 새로운 위상잡음 감소방법	황철규, 명로훈 (한국과학기술원)	221
[1-2-11]	17:20~17:40	Experimental Investigation of Giga-watts L-band Magnetically Insulated Transmission Line Oscillator	D.H.Kim, H.C.Jung, S.H.Min, M.C.Wang, M.J.Rhee and G.S.Park (서울대)	227

디지털 셀룰러 및 IMT-2000 기지국용 이중대역 전치왜곡 선형화 증폭기

최흥재, 정희영, *김 영, **임종식, ***김철동, 정용채

전북대학교 정보통신공학과 및 IDEC WG, *금오공과대학교, **순천향대학교, ***세원텔레텍(주)

전화: (063)270-2458, 팩스: (063)270-2461

E-mail: streetpoet@ chonbuk.ac.kr

Dual-band Predistortion Power Amplifier for Digital Cellular and IMT-2000 Base-station Application

Heung-Jae Choi, Hee-Young Jeong, *Young-Kim, **Jong-Sik Lim, ***Chul-Dong Kim, and Yong-Chae Jeong

Dept. of Information & Communication Engineering, IDEC WG, Chonbuk National Univ., Kumoh Nat'l Institute of Technology, **Soonchunhyang Univ., ***Sewon Teletech Inc.

Abstract

This paper proposes a flexible design of dual band predistortion linear power amplifier (PD LPA) using diplexer for digital cellular (f_0=880MHz) and IMT-2000 (f_0=2140MHz) base stations. The diplexer is composed of low pass filter having defected ground structure (DGS) microstrip line and high pass filter having high-Q lumped capacitors and distributed elements. The analog predistorter adopts a reflection type intermodulation signal generator with 3dB hybrid coupler for good reflection characteristic. For a forward link one carrier CDMA IS-95A and WCDMA signal, the proposed dual band PD LPA shows the adjacent channel power ratio improvement about 10dB and 9.36dB for digital cellular and IMT-2000 band, respectively.

Key Words: Dual band, base-station, predistortion, power amplifier.

I. 서 론

끊임없이 진화를 거듭하는 이동통신은 시간이 지날수록 우리의 사회생활에 있어서 더 많은 부분을 차지하고 있다. 과거의 이동통신은 주로 음성이나 텍스트와 같은 저용량의 데이터 교환에 국한되어 있었다. 하지만 사용자들의 다양한 요구를 만족시키기 위하여 최근에는 고화소의 디지털 카메라, MP3, TV수신 등 여러 가지 기능들이 단말기에 더해지면서 고용량의 데이터를 송/수신해야 하는 상황이 되었다. 그로 인해 기존의 음성 통신 외에 추가적으로 이러한 멀티미디어 정보를 포함하는 서비스를 제공하기 위해서 하나의 서비스 제공 업자가 이미 사용하고 있는 주파수 외에 그 주변 또는 서로 다른 주파수 대역을 사용하는 경우가 있다. 이 때 각각의 응용 사례에 맞는 장비를 개별적으로 개발하기 위해서는 많은 비용과 노력이 수반되기 때문에, 최근에는 하나 이상의 주파수 대역을 다룰 수 있는 광대역/다중모드/다중대역 장비에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 다중대역 장비는 사용되는 안테나와 그에 수반되는 부품의 수를 감소시킬 수 있기 때문에 기지국의 운용과 수율 측면에서 훨씬 유리할 것이다. 하지만 신호의 송 수선에 있어서 가장 중요한 부분을 차지하는 전력 증폭기의 엄격한 선형성 요구 조건으로 인하여 연구가 주로 단말기에 국한되어 있었다는 한계점이 있었다[1][2].

전력 증폭기의 선형성 문제를 극복하기 위한 해법으로써 여러 가지 선형화 기법이 존재하며, 그 중 대표적으로 전치 왜곡 선형화 기법은 선형화 정도가 상대적으로 작지만 비용이 저렴하고 회로 구현이 간단하여 매우 활발한 연구가 진행되어 왔다[3]~[5].

본 논문에서는 이중 대역 전치 왜곡 선형화 전력 증폭기를 설계 하는 새로운 방법을 제시하였다. 선형화하고자 하는 대상 전력 증폭기의 인접 채널 전력비(Adjacent Channel Power Ratio: ACPR)에 최적화 된 전치 왜곡 선형화기를 구성하고 이중 대역 전치 왜곡 선형화 전력 증폭기의 성능을 점검하였다. 측정 결과는 디지털 셀룰러 대역에서 IS-95A 1FA 신호를, IMT-2000 대역에서 WCDMA 1FA 신호를 인가하였을 때 인접 채널 전력 비의 개선 정도를 나타내었다.

Ⅱ. 이중대역 전치왜곡 선형화 전력 증폭기의 설계

1. 구성 및 동작 원리

제안하는 이중 대역 PD LPA의 블록도가 그림 1에 나타나 있다. 동작하는 대역은 디지털 셀룰러 대역(f_0=880MHz)과 IMT-2000대역(f_0=2140MHz)을 포함한다. 입출력단의 다이플렉서, 각 대역에서 동작하는 전치왜곡 선형화기, 그리고 선형화 대상 전력 증폭기로 구성 되어 있다.

본 디자인 기법의 가장 큰 장점은 시스템이 다이플렉서, 전치왜곡 선형화기, 그리고 전력증폭기의 각각 독립된 세 부분으로 구성되어 있기 때문에 모든 형태의 다이플렉서, 전치왜곡 선형화기를 적용할 수 있다는 점이다.

디지털 셀룰러 대역의 전력 증폭기는 MHL9236과 MRF182로 구성되어 있으며, IMT-2000 대역의 전력 증폭기는 AH1, FLL357ME 그리고 MRF21045로 구성하였다. 실제로 구현한 디지털 셀룰러 대역과 IMT-2000 대역의 전력 증폭기는 1dB 압축점에서 각각 4.5dBm과 45.3dBm의 출력을 갖도록 하였다.

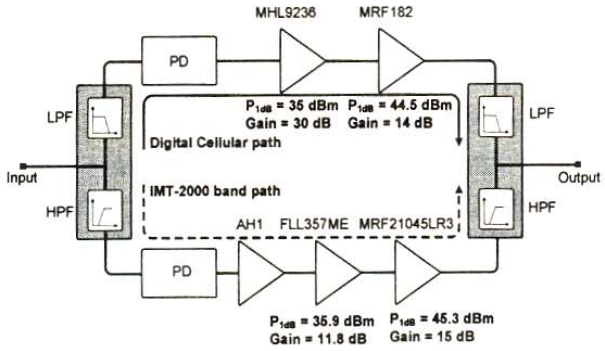

그림1. 이중 대역 전치왜곡 선형화 전력 증폭기의 블록도

입력단에 인가된 이중 대역의 2-tone신호 f_1, f_2 와 f_3, f_4 는 입력 다이플렉서의 A단자에서 디지털 셀룰라 경로와 IMT-2000 경로로 분기된다. B, C 지점에서는 각 대역의 전치왜곡 선형화기에 의하여 전치 왜곡 혼변조 신호가 발생되며, 이 전치 왜곡 혼변조 신호는 D, E 지점에서 전력 증폭기의 비선형성분에 의하여 발생하는 혼변조 왜곡 성분(IM)을 상쇄시킨다. 이중 대역의 선형화된 신호는 출력 다이플렉서에 의해 하나의 경로 F로 결합된다.

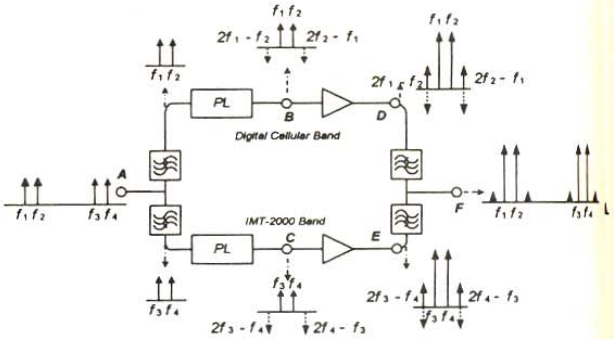

그림2. 이중 대역 전치 왜곡 선형화 전력 증폭기의 벡터 분석

2. 전치왜곡 선형화기

그림 3은 본 논문에서 사용한 전치왜곡 선형화기를 보여준다. 제안된 전치왜곡 선형화기는 입출력단의 반사계수 특성을 좋게 하기 위하여 3dB 하이브리드를 이용한 반사형 구조로 되어 있으며, 지연 선로 경로와 혼변조 왜곡 신호 생성 경로로 나뉘어 진다. 혼변조 왜곡 신호 생성 경로는 자동 레벨 조정기, 혼변조 왜곡 신호 생성기, 가변 위상 조정기 및 가변 감쇄기, 소신호 증폭기인 AH1으로 구성되어 있다. 자동 레벨 조정기는 혼변조 왜곡 신호 생성기의 최적 입력 전력 레벨 정합을 위하여 사용 되었다. 혼변조 왜곡 신호 생성기는 3dB 하이브리드와 쇼트키 다이오드 HSMP4810, 그리고 50Ω 전송 선로로 이루어져 있다.

3. 다이플렉서

다이플렉서는 이중 대역 PD LPA의 동작에 있어 가장 기본적이고 필수적인 소자이며, 일반적으로 저역 통과 여파기와 고역 통과 여파기로 구성되어 있다. RF와 마이크로파 대역에서는 높은 Q값을 갖는 인덕터를 구현하기가 쉽지 않고 소자의 값 또한 한정되어 있으므로 고역통과 여파기는 높은 Q값을 갖는 캐패시터와 마이크로 스트립 단락 스터브로 구현하였다. 저역통과 여파기는 DGS 마이크로 스트립 선로의 형태로 구현하였다. DGS 마이크로 스트립 선로는 하나 또는 여러 개의 아령 형태의 패턴을 전송 선로의 접지면에 식각하여 구현할 수 있다[6][7]. 시뮬레이션과 제작에 사용한 기판은 상대 유전율 ε_r=2.2, 기판높이 h=31mil 인 Rogers社의 RT/duroid 5880 이다.

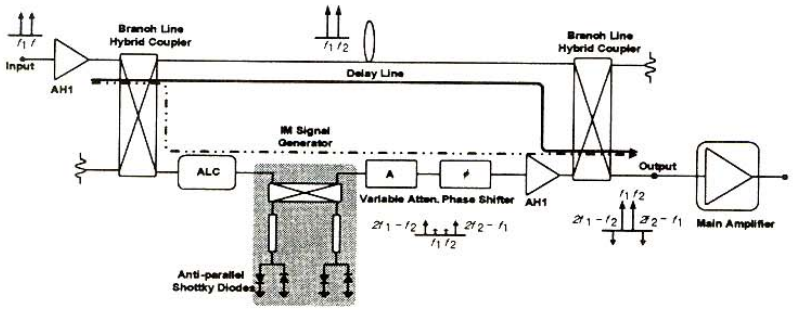

그림3. 아날로그 전치왜곡 선형화기의 블록도

Ⅲ. 제작 및 측정 결과

제작된 다이플렉서는 880 ± 12.5MHz 대역에서 0.27±0.01dB, 2140±30MHz 대역에서 0.42±0.03dB의 낮은 삽입 손실을 가졌다. 저역통과 여파기 경로와 고역통과 여파기 경로 사이의 격리도는 35dB 이상이었다. 프로토 타입으로 다이플렉서를 제작하여 제안하는 구조의 이중 대역 선형 전력 증폭기의 설계 방법이 타당하다는 것을 보이기에는 충분한 격리 특성이라고 판단된다. 측정 결과가 그림4에 나타나 있다.

제안된 이중 대역 PD LPA의 설계 방법에 관한 타당성을 검증하기 위하여 전력 증폭기와 전치왜곡 선형화기, 그리고 다이플렉서를 이용하여 이중 대역 전치왜곡 PD LPA를 구현하였다. 회로망 분석기를 이용하여 측정한 주파수 응답 특성이 그림5에 나타나 있다. 각 동작 대역에서 -20dB이하의 반사계수를 보이며 이중 대역 이득 특성을 갖는 것을 확인할 수 있다.

그림6과 그림7은 디지털 셀룰러 대역의 CDMA IS-95A 1FA신호와 IMT-2000 대역의 WCDMA 1FA (test model, 64DPCH) 신호를 동시에 인가하였을 때 개선 전과 개선 후 이중 대역 PD LPA의 출력 스펙트럼을 보여주고 있다.

그림6의 스펙트럼에 나타나 있듯이 디지털 셀룰러 대역에서는 중심 주파수에서 885kHz 이격된 지점에서 ACPR특성이 -28.13dBc에서 -38.1dBc로 약 10dB 개선되었다. 마찬가지로 그림7에는 IMT-2000 대역의 중심 주파수에서 2.7 MHz 이격된 지점에서 ACPR특성이 -34.92dBc에서 -38.1dBc로 약9.3dB 개선된 출력 스펙트럼이 나타나 있다.

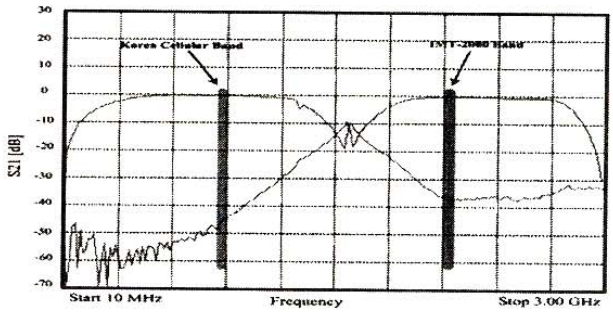

그림4. 다이플렉서 측정 결과

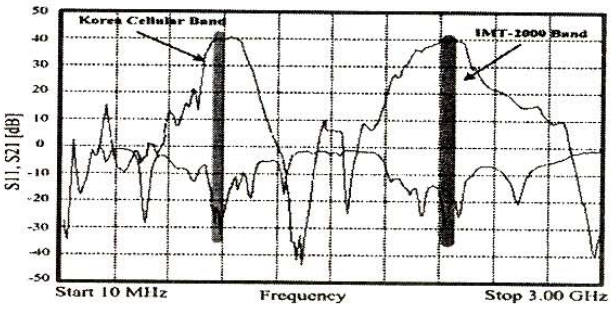

그림5. 이중대역 이득과 반사계수 측정 결과

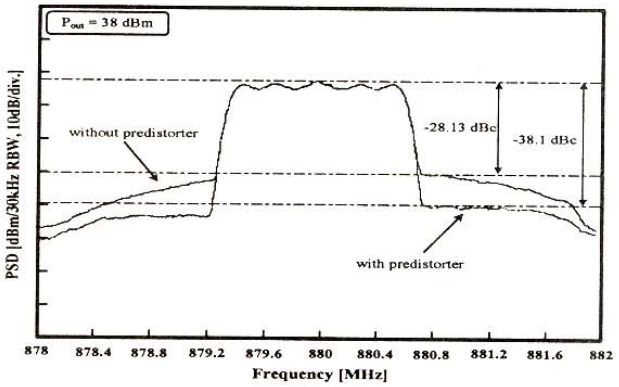

그림6. CDMA IS-95A 1FA신호를 인가 했을 때 디지털 셀룰러 대역의 개선량(Pout=38dBm)

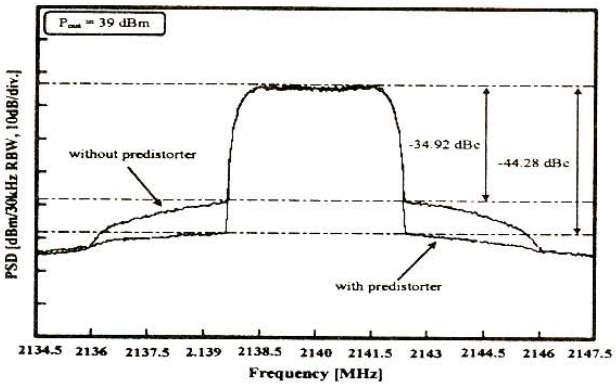

그림7. WCDMA 1FA신호를 인가 했을 때 IMT-2000 대역의 개선량(Pout=39dBm)

IV. 결 론

본 논문에서는 디지털 셀룰러와 IMT-2000의 두 주파수 대역에서 동작하는 새로운 기지국용 이중 대역 전치왜곡 선형화 전력 증폭기의 설계 기법을 제안하였다. 측정 결과를 살펴 보았을 때 두 대역에서 동시에 약 10dB의 개선 효과를 얻을 수 있었다. 제안된 기지국용 이중 대역 전치왜곡 선형화 전력 증폭기의 설계 기법은 회로가 매우 간단하고, 다이플렉서의 작은 삽입 손실로 인하여 대전력 증폭기에도 적용이 용이하며, 안테나와 그에 수반되는 부품 수의 줄일 수 있다는 것과 같은 여러 가지 장점을 가지고 있다. 제안된 이중 대역 전력 증폭기는 간단한 구조와 설계상의 유연성 및 비용 절감 효과로 인하여 기지국과 중계기에 쉽게 적용될 수 있을 것 이라고 생각된다.

참 고 문 헌

[1] Youn Sub Noh and Chul Soon Park, "PCS/W-CDMA dual-band MMIC power amplifier with a newly proposed linearizing bias circuit," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 37, no. 9, Sep. 2002.

[2] Adar. A, DeMoura. J, Balshem. H, and 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, Nov. 1998.

[3] Young Kim, Ik-Soo Chang, and Yong-Chae Jeong, "An analog predistortion linearizer design," *Microwave Journal*, vol. 48, no. 2, pp. 118-226, Feb. 2005.

[4] Yong-Chae Jeong and Sang-Young Yun, "Design of a predistortive high power amplifier using carrier complex power series analysis," *Microwave Journal*, vol. 45, no. 4, pp. 92-102, Apr. 2002.

[5] Jeonghyeon Cha, Jaehyok Yi, Jangheon Kim, and Bumman Kim, "Optimum design of a predistortion RF power amplifier for multicarrier WCDMA applications," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 52, no. 2, pp. 655-663, Feb. 2004.

[6] C. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn, and J. S. Lim, "A novel 1-D periodic defected ground structure for planar circuits," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 10, pp. 131-133, Apr. 2000.

[7] Yong-Chae Jeong, Si-Gyun Jeong, Jong-Sik Lim, and Chul-Dong Kim, "Amplifier design using a λ/4 high impedance bias line with a defected ground structure(DGS)," *Microwave Journal*, vol. 47, no. 4, pp. 80-92, Apr. 2004.