

논문 2007-44TC-3-1

드레인 바이어스 스위칭을 이용한 와이브로/무선랜 이중 모우드 전력증폭기

(Dual Mode Power Amplifier for WiBro and Wireless LAN Using
Drain Bias Switching)

이영민*, 구경현**

(Young Min Lee and Kyung Heon Koo)

요약

와이브로 및 무선랜 이중 대역 이중 모우드 송신기에서 전력부가효율을 증가시킬 수 있는 바이어스 스위칭 기술을 제시한다. 서로 다른 주파수 대역과 출력을 갖는 송신기에서 높은 효율을 얻을 수 있는 기법으로 바이어스 스위칭을 제안하고 드레인과 게이트 바이어스의 변화에 따른 영향을 각각 시뮬레이션 하였다. 바이어스 스위칭을 적용하지 않은 경우의 전력부가효율에 비해 시뮬레이션 된 최적의 고정 게이트 바이어스를 공급하고 드레인 바이어스 스위칭을 한 경우 매우 개선된 전력 효율 특성을 얻을 수 있었다. 이러한 드레인 및 게이트 바이어스 스위칭 기술은 다양한 기능을 필요로 하는 다중 모우드 통신 시스템에 유용할 것이다.

Abstract

A drain bias switching technique is presented to enhance power added efficiency for WiBro and wireless LAN dual band and dual mode transmitter. Some simulations have been done to predict the effect of drain and gate bias change, and bias switching is proposed to get the higher efficiency for dual mode transmitter which generates different output power for different applications. With drain bias switching and simulated optimum fixed gate bias, the amplifier shows dramatic PAE improvement compared to the amplifier without bias switching. The drain and gate bias switching technique will be useful for multi mode communication system with various functions.

Keywords: power amplifier, drain switching, gate switching, dual band

I. 서 론

새롭고 다양한 이동통신 시스템이 제안되어 서비스가 진행되고 있으며 이중 2.3GHz 주파수를 이용하여 이동 중에도 데이터 전송이 가능한 와이브로(WiBro) 시스템이 있다. 와이브로는 시속 100Km 이상의 속도로 이동중에도 수 Mbps 이상의 전송속도를 갖도록 구현된 새로운 기술이며 최대 1W급 출력을 갖는다. 인접한

2.4GHz ISM 주파수 대역에서는 무선랜 서비스가 제공되고 있으며 단말기는 100mW이하의 출력을 갖는다.

이동통신 기술의 발전 방향을 볼 때 수년 내로 휴대 전화 사용자들이 이동통신과 와이브로 서비스를 동시에 이용할 수 있도록 이중 대역 이중 모우드 단말기가 개발되어 활용 가능할 것으로 예상된다.^[1,2] 이러한 이동통신 서비스 기술의 발전은 이를 지원할 수 있는 새로운 RF 회로 설계기술을 필요로 하고 있으며, 특히 시스템 송신전력의 상당 부분을 소비하는 전력증폭기는 선형성을 유지하며 높은 효율을 얻기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 전력증폭기의 효율을 개선하기 위한 방법으로 Doherty 증폭기, 다이나믹 (Dynamic) 바이어스

* 학생회원, ** 정회원, 인천대학교 전자공학과
(Dept. of Electronics Eng., University of Incheon)
※ 본 연구에 사용된 CAD tool은 IT-SoC 사업단 및
IDEC의 지원을 받았습니다.

접수일자: 2007년 2월 22일, 수정완료일: 2007년 3월 14일

및 적응형 (Adaptive) 바이어스 증폭기 등의 연구가 진행되어 왔다^[3,4,5,6]. 이러한 연구들은 단일 주파수 대역에서 동작하는 전력증폭기의 효율을 개선하는데 큰 효과가 있으며 향후 필요로 하는 이중 대역 이중 모우드 시스템에 대한 연구가 추가로 필요할 것으로 생각된다.

본 논문에서는 와이브로와 무선랜을 지원할 수 있는 이중 모우드 전력증폭기의 효율을 향상시키기 위하여 드레인 및 게이트 바이어스 스위칭 기법을 각각 시뮬레이션하여 비교하고 효율적인 방법을 제안하고자 한다. 바이어스 스위칭은 입력 신호의 종류에 따라 최적화된 바이어스 전압을 스위칭하는 방식이다. 본 논문의 II장에서는 바이어스 스위칭을 이용하여 높은 효율을 갖는 회로를 설계하기 위하여 동작원리를 제시하고 게이트 및 드레인 바이어스 변화에 따른 효율 변화를 시뮬레이션 하여 바이어스 스위칭을 이용한 전력증폭기 설계 기술에 관한 내용을 담았다. III장에는 제안된 바이어스 스위칭 증폭기의 구현 및 특성을 기술하고 IV장에 결론을 제시하였다.

II. 바이어스 스위칭 증폭기 설계

1. 스위칭 바이어스 제어 이론

증폭기의 전력부가효율 (Power Added Efficiency, PAE) 은 DC 입력전력과 원하는 RF 주파수에서 추가로 전달되는 전력의 비로 식(1)로 표시할 수 있다^[7].

$$PAE = \frac{P_{RF(out)} - P_{RF(in)}}{P_{DC}} \quad (1)$$

PAE를 개선하기 위하여 바이어스 스위칭 증폭기는 각 주파수 대역에서 공급되는 DC 바이어스 전압 및 전력(P_{DC})을 제어하여 최적의 효율을 유지하고자 동작하게 된다.

그림 1은 현재 사용되는 적응형 바이어스 전력증폭

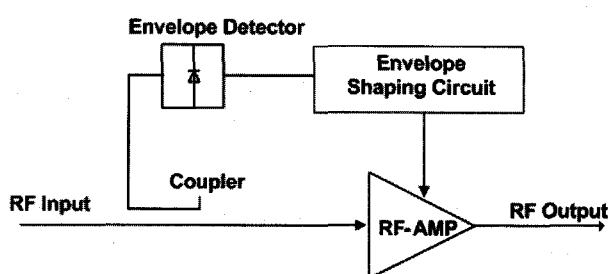


그림 1. 적응형 바이어스 증폭기 블록도.

Fig. 1. Block diagram of adaptive bias amplifier.

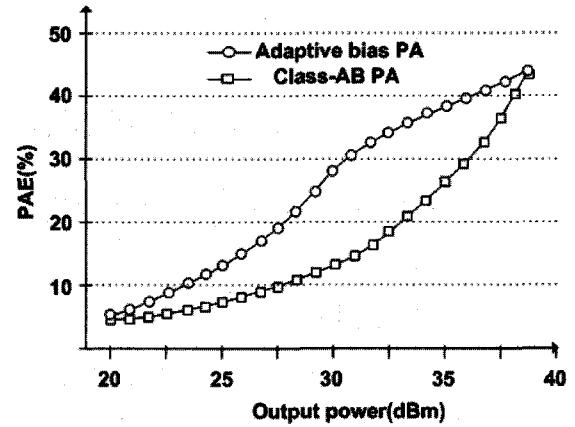


그림 2. 적응형 바이어스 및 고정 바이어스 전력증폭기의 전력부가효율.

Fig. 2. PAE of adaptive bias PA and fixed bias PA.

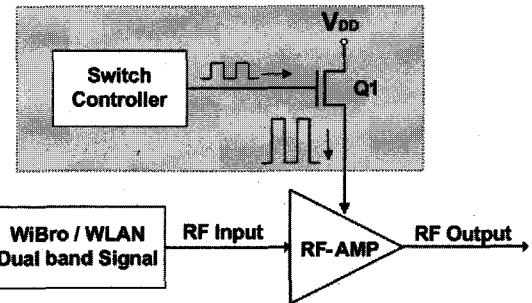


그림 3. 바이어스 스위칭 전력증폭기 블록도.

Fig. 3. Block diagram of bias switching power amplifier.

기의 기본적인 블록도이다^[8]. 단일 주파수 대역 및 협대역 신호가 입력되면 방향성결합기(directional coupler)로 신호전력을 분배하고 포락선 검파기 (envelope detector)를 통해 입력신호를 검출하며, 최적 효율을 얻기 위한 파형 정형회로 등으로 구성된다. 적응형 바이어스 전력증폭기는 입력 신호의 크기에 따라 증폭기의 바이어스 전압을 제어하는 방식으로 고정 바이어스 전력증폭기보다 입력 신호가 작을 때 효율이 개선되는 것으로 알려져 있다. 하지만 입력 신호의 크기와 주파수가 각각 다른 새로운 형태의 이중 모우드 시스템에 적용하기 위해서는 각각의 신호에 따라 최적 성능을 갖는 바이어스 전압으로 변환시키는 방법을 생각할 수 있다. 그림 2는 적응형 바이어스 전력증폭기와 고정 바이어스형 증폭기의 효율을 비교한 것이다. 적응형 바이어스 제어를 통해 전력부가효율이 상당부분 개선된 특성을 나타내고 있다.^[5]

그림 3에 본 논문에서 제안한 바이어스 스위칭 전력증폭기의 블록도를 나타내었다. 동작 주파수 및 동작 모우드에 관한 정보를 이용하여 바이어스 스위칭 블록을 제어하게 된다. 송신기의 제어 신호를 이용하여 무

선랜과 와이브로 신호 송신 여부에 따라 바이어스 스위칭 블록의 Q1을 제어하여 각 모우드에 최적화된 바이어스를 공급하게 된다. 이 경우 게이트 및 드레인 바이어스를 각각 스위칭하거나 두개 모두를 스위칭 하는 경우를 고려할 수 있으므로 이중 어느 경우를 구현할 것인가를 결정하여야 한다. 본 연구에 이용된 중폭기는 무선랜과 와이브로 이중 대역에서 10dB 이상의 이득을 갖고 각각의 모우드에서 요구하는 출력 전력을 만족하는 P_{1dB} 를 갖는 중폭기를 이용하여 바이어스 결정 시뮬레이션 및 효율 개선 목표를 설정하였다^[9].

2. 바이어스 스위칭 시뮬레이션

게이트와 드레인에 공급되는 바이어스를 모두 제어하기 위해서는 각각의 바이어스 제어회로가 필요하며, 본 논문에서는 게이트 및 드레인 전압을 변화하며 전력 중폭기의 효율 개선 특성을 시뮬레이션 하였다. 또한 이중대역에서 원하는 중폭기 특성을 얻기 위해서 신호의 종류에 구분 없이 공급할 수 있는 V_{gs} 를 선택하기 위한 최적의 값을 시뮬레이션 하였다. 그림 4는 2.3GHz

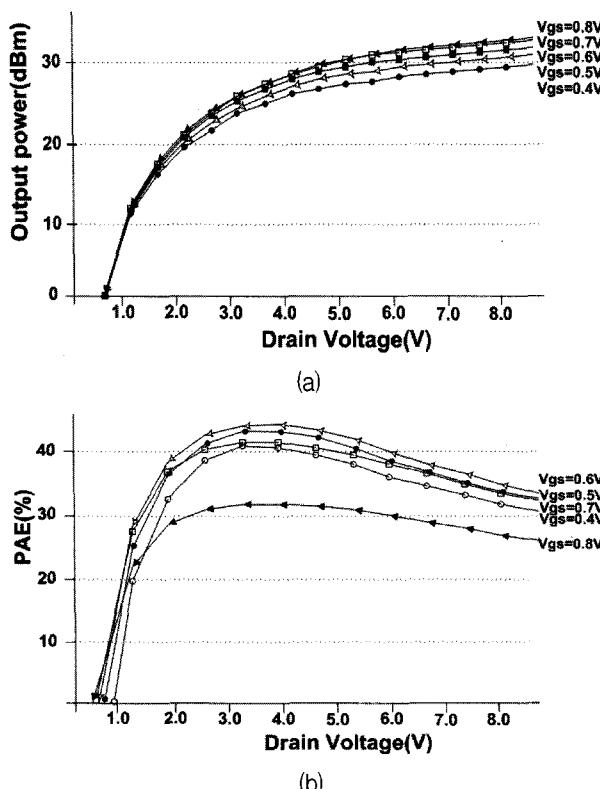


그림 4. 와이브로 신호를 인가시, 드레인 및 게이트 전압변화에 따른 시뮬레이션 (a) 출력전력 (b) 전력부가효율.

Fig. 4. Simulation for WiBro signal by drain and gate voltage (a)output power (b) PAE.

의 와이브로 신호를 인가하고 드레인 전압과 게이트 전압을 변화시켰을 때 출력되는 전력과 효율 특성을 시뮬레이션 한 것이다. V_{ds} 가 0 ~ 8V로 변화시키고, V_{gs} 는 0.4~0.8V의 범위에서 변화를 주었다. 이때 $V_{ds}=5V$, $V_{gs}=0.6V$ 에서 1W (30dBm)의 출력전력과 40%의 전력효율을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 그럼 그림 5에는 2.4GHz의 무선랜 신호를 인가한 상태에서 드레인과 게이트 전압을 변화시키며 출력되는 전력과 효율 특성을 시뮬레이션 한 특성을 나타낸다.

무선랜 신호의 경우 $V_{ds}=2V$, $V_{gs}=0.6V$ 에서 100mW급 출력전력과 30% 이상의 효율을 얻을 수 있었다. 시뮬레이션 결과 게이트 전압에 따라 특성이 변화하지만 이중 모우드의 경우 모두 V_{gs} 가 0.6V일 때 요구 특성을 만족하였으며 이에 따라 게이트 전압은 $V_{gs}=0.6V$ 로 고정하여도 크게 특성 변화가 없음을 알 수 있었다. 설계된 중폭기의 종류에 따라 게이트 전압을 스위칭하여 할 경우도 발생할 수 있을 것이나 본 연구의 경우 상대적으로 그 영향이 적게 나타나는 것을 알 수 있었

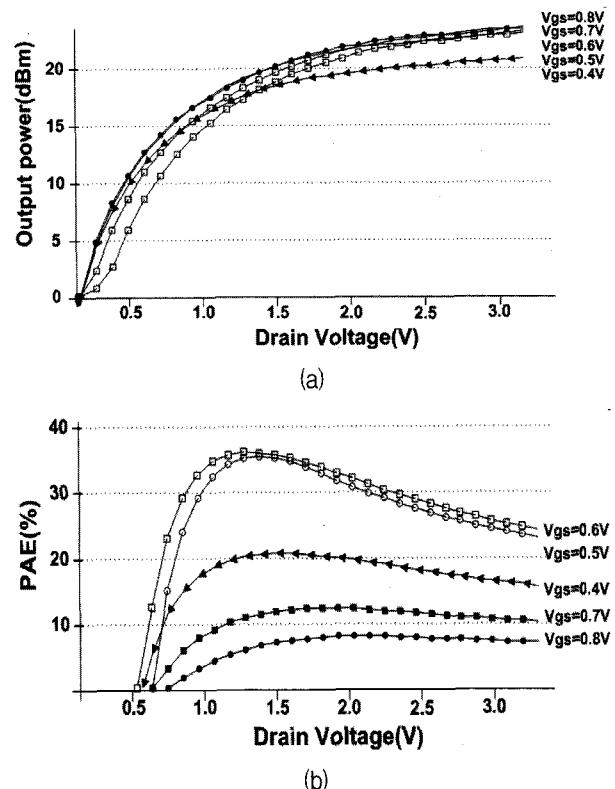


그림 5. 무선랜 신호를 인가시, 드레인과 게이트전압 변화에 따른 시뮬레이션 (a) 출력전력 (b) 전력부가효율.

Fig. 5. Simulation for wireless LAN signal by drain and gate voltage (a)output power (b)PAE.

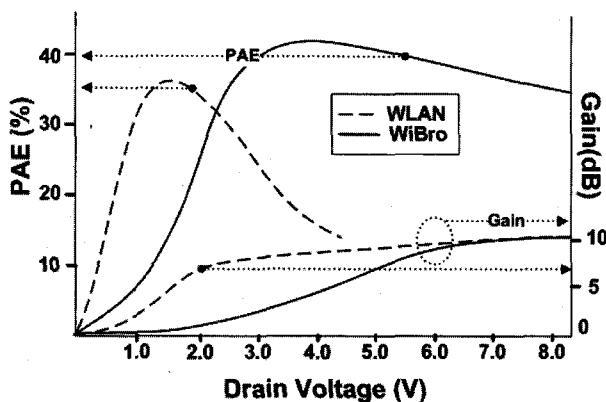


그림 6. 드레인 바이어스에 따른 이득과 PAE 시뮬레이션.

Fig. 6. PAE and gain simulation for drain bias selection.

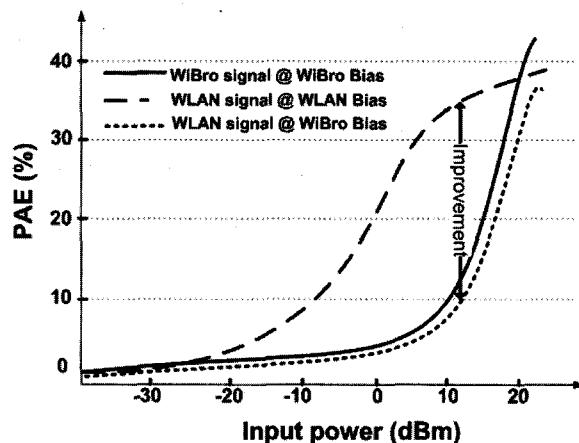


그림 7. 드레인 바이어스 스위칭시 개선된 PAE 특성.

Fig. 7. Simulated PAE with drain bias switching.

다. 그림 6에는 케이트에 고정 전압을 인가하고 바이어스 스위칭을 통해 공급하게 될 드레인 바이어스를 결정하기 위해, 두개 모우드의 신호를 인가하고 드레인 전압에 변화를 주어 이득과 효율을 시뮬레이션 한 결과를 제시하였다. 시뮬레이션 결과 무선랜 모우드시 V_{ds} 는 2V, 와이브로 모우드시 V_{ds} 가 5.5V 면 특성을 만족할 수 있으므로 드레인 바이어스 스위칭 전압으로 2V, 5.5V를 선정하여 그림 3의 Q1을 통해 공급하게 하였다.

스위칭 바이어스를 적용해 각 주파수 대역에서 시뮬레이션 된 효율 특성을 그림 6에 제시하였다. 와이브로와 무선랜에 최적화된 바이어스 전압을 인가하였을 때 최대 40% 효율을 갖는 것으로 나타나 고정 바이어스 증폭기와 비교해 상당한 크기로 전력부가 효율이 개선 될 수 있음을 나타내고 있다.

III. 증폭기 특성 개선 측정

시뮬레이션 된 바이어스 스위칭 방식을 적용하기 위한 증폭기를 그림 8에 나타내었다^[9]. 일단 pHEMT 증폭기로 드레인 바이어스 스위칭을 이용하여 이중대역에서 효율 특성 개선을 측정하였다. 증폭기에 고정 케이트 바이어스 및 드레인 바이어스 스위칭을 공급하고 출

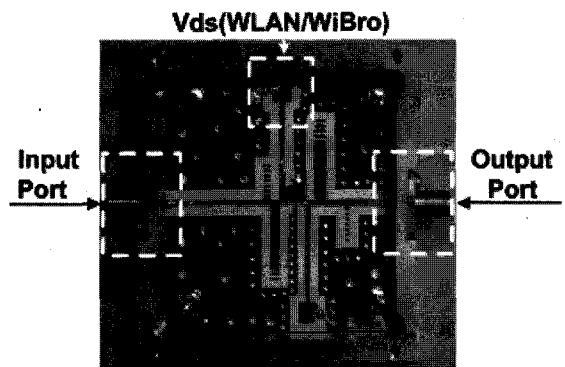


그림 8. 바이어스 스위칭에 이용된 전력증폭기.

Fig. 8. Power amplifier for bias switching.

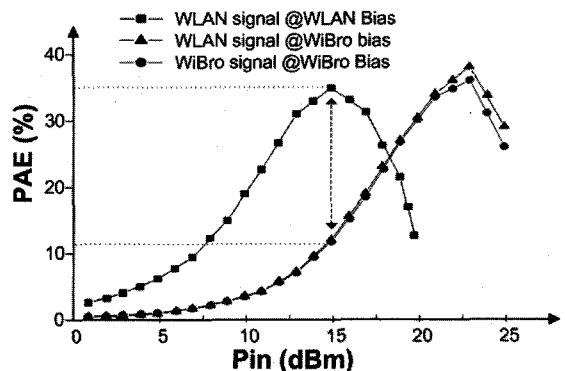


그림 9. 바이어스 스위칭시 측정된 전력부가효율.

Fig. 9. Measured PAE with bias switching.

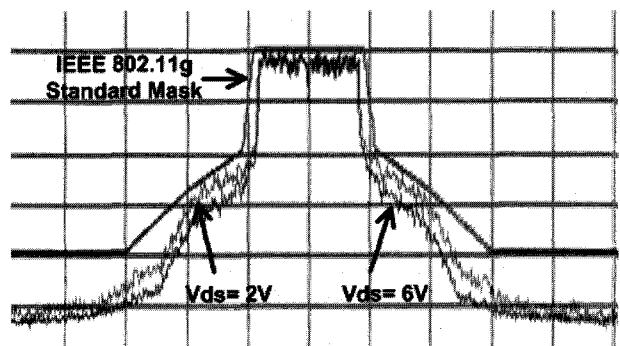


그림 10. IEEE 802.11g 마스크와 드레인 바이어스 스위칭에 따른 출력 스펙트럼.

Fig. 10. IEEE 802.11g standard mask and measured output spectrum.

력 특성을 측정하였을 때 무선랜 모우드시 출력은 20dBm이며, 와이브로 모우드시 30dBm의 출력을 나타내었다. 각 바이어스 조건에서 입력전력에 따른 효율의 변화를 나타낸 그림 9에서 알 수 있듯이 드레인 바이어스 스위칭시 전력부가효율은 35%에서 40%로 고정 바이어스보다 효율이 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 그림 10은 IEEE의 802.11g 스펙트럼 마스크와 출력 신호 스펙트럼 파형을 비교한 것이다. 전력증폭기 드레인 바이어스를 2V와 5.5V로 스위칭시 모두 표준 마스크를 만족하였다.

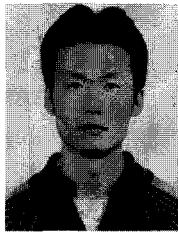
IV. 결 론

본 논문에서는 전력증폭기의 바이어스 스위칭을 통해 이중대역에서 높은 효율을 얻기 위하여 시뮬레이션을 통하여 드레인 및 게이트 스위칭 바이어스의 최적값을 구하였다. 본 실험에 사용된 증폭기의 경우 게이트 바이어스는 이중 모우드 모두에서 동일한 $V_{GS}=0.6V$ 를 얻게 되어 드레인 바이어스만을 스위칭하여 전력부가효율을 개선하였다. 제안된 개념을 검증하기 위해 시스템 시뮬레이터로 시뮬레이션하였고, 구현된 증폭기에 드레인 바이어스 스위칭을 적용하여 특성을 측정하였다. 와이브로 및 무선랜 이중 모우드에서 최대 40%의 PAE 특성을 나타냈으며 표준 스펙트럼 마스크를 만족하는 특성을 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 지경용, 김문구, 임상민, “광대역 무선인터넷의 고객 수용도 분석 및 서비스 제공 방향,” 통신시장, 통권 제 51호, 2003년 12월.
- [2] 이은상, 방형빈, “사용자 관점에서 바라본 휴대인터넷,” 통신시장, 통권 제 51호, 2003년 12월.
- [3] So Bong Shin and Sang Gug Lee, "An adaptive bias circuits for high efficiency power amp," Proceedings of 2000 TENCON, vol. 2, pp. 30 - 32, 2000.
- [4] Fun Ye, Jen Shiun Chiang, Chun Wen Chen, and Yu Chen Sung, "Dynamic bias circuits for efficiency improvement of RF power amplifier," Tamkang Journal of Science and Engineering, vol. 7, pp. 183-188, 2004.
- [5] Jeonghyeon Cha, Youngoo Yang, Bumjae Shin and Bumman Kim, "An adaptive bias controlled power amplifier with load modulated combining scheme for high efficiency and linearity," IEEE Int. Microwave Symp. vol 1, pp. 81-84, 2003.
- [6] J. Lees, M. Goss, J. Benedikt and P.J. Tasker, "Single tone optimisation of an adaptive bias Doherty structure," IEEE Int. Microwave Symp. vol 3, pp. 2213 - 2216, 2003.
- [7] David M. Pozar, *Microwave and RF wireless systems*, John Wiley & Sons, pp. 218-219, 2001.
- [8] Kyoung Hoon Yang, G. I. Haddad, and J. R. East, "High efficiency class A power amplifiers with a dual bias control scheme," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 47, pp. 1426 - 1432, 1999.
- [9] 이영민, 구경현 “바이어스 스위칭을 이용한 이중 모우드 전력 증폭기 효율 개선”, 대한전자공학회 논문지, 제43권 TC편, 제8호, 97-102쪽, 2006년 8월.

저자소개



이영민(학생회원)
 2006년 인천대학교 전자공학과
 학사 졸업,
 2006년 ~ 현재 인천대학교 대학원
 전자공학과 석사과정
 <주관심분야 : 마이크로파 회로
 및 모듈 설계, 다중대역 전력증폭
 기 설계, RFIC 설계>



구경현(정회원)
 1981년 서울대학교 전자공학과
 학사,
 1983년 서울대학교 전자공학과
 석사,
 1991년 서울대학교 전자공학과
 박사,
 1999년 ~ 2000년 UC San Diego 방문학자,
 2001년 ~ 2002년 대한전자공학회 마이크로파 및
 전파연구회 위원장,
 2003년 ~ 현재 대한전자공학회 이사,
 통신소사이어티 이사, 부회장, 회장,
 1987년 ~ 현재 인천대학교 전자공학과 교수
 <주관심분야 : 마이크로파 회로 및 모듈 설계,
 전력증폭기 선형화, 무선랜 시스템>