

논문 2006-43TC-1-16

주파수 체배기를 이용한 이중 모우드 증폭부 설계

(Design of Dual Mode Amplifying Block Using Frequency Doubler)

강 성 민**, 최 재 홍*, 구 경 현**

(Sung Min Kang, Jae Hong Choi, and Kyung Heon Koo)

요 약

본 논문은 입력되는 주파수 대역에 따라 증폭기 및 주파수 체배기로 동작하도록 설계하여, 무선 LAN의 다양한 표준인 802.11a/b/g의 주파수 대역을 만족하는 이중 모우드 증폭기를 설계하였다. 기존의 이중대역 무선 LAN의 경우 동작주파수에 따라 별도의 증폭기를 구성하는 형태였으나, 본 연구에서는 서로 다른 바이어스 조건에 따라 802.11b/g 신호에 대해서는 증폭기로서 동작하고, 802.11a 신호에 대해서는 주파수 체배기로 동작하여 하나의 능동회로를 이용하여 각기 다른 표준의 주파수 대역을 증폭할 수 있도록 하였다. 증폭기로 동작할 경우 약 13dB의 이득과 약 17dBm의 P1dB을 얻었으며, 2차 고조파는 약 -37dBc 이하로 억압되었다. 주파수 체배기로 동작할 경우 약 3.3dB의 체배 이득과 약 7.3dBm의 최대 전력을 얻었으며, 3차 고조파는 약 -50dBc 이하로 억압되었다.

Abstract

This paper presents a dual-mode amplifier which operates as amplifier or frequency multiplier according to the input frequency. It satisfies the 802.11a/b/g frequency band of wireless LAN standard. A conventional dual-band wireless LAN transmitter consists of the separating power amplifiers operating at each frequency band, but the proposed dual-mode amplifier operates as an amplifier for the 802.11b/g signal and as a frequency multiplier for the 802.11a signal according to each DC bias condition. The amplifier mode shows the gain of 13dB, the P1dB of 17dBm and second harmonic suppression of below -37dBc. And the frequency-doubler mode shows the gain of 3.3dB, the output power of 7.3dBm and third harmonic suppression of below -50dBc.

Keywords: 제스처 인식, 은닉 마르코프 모델, 포즈 분류, 사용자-컴퓨터 인터페이스

I. 서 론

무선 통신기술의 발전과 함께 이를 뒷받침할 통신시스템 및 부품의 개발은 매우 빠르게 진행되고 있다. 특히, 무선 LAN(Local Area Network)은 장소에 구애받지 않고, 무선으로 통신망에 연결할 수 있으므로 유선 LAN의 설치가 어려운 환경에서도 쉽게 LAN을 확장시킬 수 있다. 또한 이동성, 휴대성, 확장성 및 유연성 등

의 이점과 ISM(Industrial Scientific and Medical)밴드의 사용으로 개발 및 사용의 장점을 갖는다^[1].

IEEE에서 제시한 무선 LAN의 표준 802.11b/g의 주파수는 2.4GHz 대역을 사용하며, 802.11a는 5GHz 대역을 사용하고 있다. 표준에 따라 서로 다른 주파수대역의 사용으로 기존의 이중대역 무선 LAN의 경우, 동작주파수에 따라 별도의 증폭기로 구성되어 있다^{[2][3]}. 이러한 두 대역의 증폭기를 본 논문에서는 하나의 능동소자를 이용하여 설계 및 제작하였다. 802.11b/g의 2.4GHz 대역 신호에 대해서는 증폭기로 동작하고, 802.11a의 5GHz 대역의 신호는 주파수 체배 방식을 사용하여 출력 신호를 얻도록 하였다. 하나의 능동소자를 이용하여 증폭기 및 주파수 체배기의 이중 모우드 성능을 향상시키기 위해 서로 다른 바이어스 조건에서 동작하도록 하였다. 주

* 학생회원, ** 정회원, 인천대학교 전자공학과
(Dept. of Electronics Eng., University of Incheon)
※ 본 연구는 지역협력 연구센터인 인천대학교 멀티미디어연구센터의 지원을 받아 수행되었습니다. 설계에 사용된 CAD툴은 IT-SoC 사업단 및 IDEC의 지원을 받음.
접수일자: 2005년3월17일 수정완료일: 2006년1월12일

파수 체배기로 동작할 경우, 2차 고조파의 전류가 많이 유도되는 차단영역 바이어스에서 동작하도록 하였으며, 증폭기의 경우 출력이득과 효율을 고려한 AB급 바이어스 근처에서 동작하도록 하였다^[4].

II. 이중 모우드 증폭부 설계

1. 이중 모우드 증폭기를 적용한 송신부 구조

일반적으로 이중 대역 무선 LAN의 송신부는 그림 1과 같이 2.4GHz 대역과 5GHz 대역의 송신부가 분리된 구조를 갖고 있다. 이러한 구조는 각각의 주파수 대역에 맞는 증폭기뿐만 아니라 두 개의 VCO(Voltage Controlled Oscillator)가 요구되거나 주파수 가변 범위가 매우 넓은 VCO이어야 한다^[5]. 하지만, 본 논문에서 제안한 이중 모우드 증폭기로 이중 대역 송신부를 구성하였을 때, 그림 2와 같이 두 주파수 대역을 하나의 증폭기로 동작할 수 있을 뿐만 아니라 약 2.4GHz에서 2.9GHz까지의 비교적 작은 가변 대역폭을 갖는 VCO로 구성이 가능하다.

2. 주파수 체배기의 Reflector

주파수 체배기로 동작시, 제2차 고조파의 출력이 크고 입력 주파수의 출력을 최소로 하기 위해 출력 단에 입력 주파수에 해당하는 $\lambda g/4$ 의 길이를 갖는 reflector를

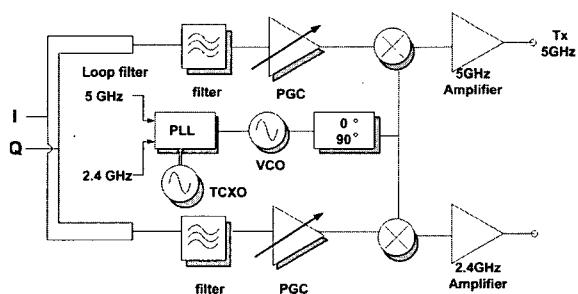


그림 1. 일반적인 이중 대역 송신부의 구조
Fig. 1. Block diagram of general dual band transmitter.

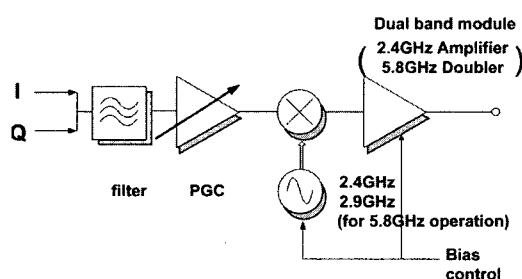


그림 2. 제안한 이중 대역 송신부의 구조
Fig. 2. Block diagram of proposed dual band transmitter.

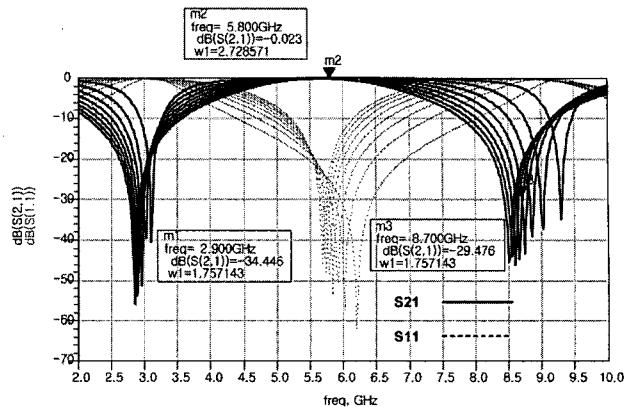


그림 3. 2.9GHz reflector의 전달 특성

Fig. 3. Transmission characteristics of 2.9GHz reflector.

위치시킨다. 일반적으로 reflector는 입력 주파수와 기수 고조파를 저지하는 특성을 갖는다. reflector의 특성 임피던스가 높으면 입력주파수의 저지 특성은 좋으나, 동작 주파수 대역이 좁아지므로 원하는 기수 고조파의 대역을 저지하기가 어렵다. 그러므로 본 연구에서는 reflector의 특성 임피던스를 30Ω 정도로 하여, 입력 주파수와 기수 고조파의 저지 특성을 갖도록 하였다. 그림 3은 reflector의 특성 임피던스를 20Ω 에서 100Ω 까지 변화시켰을 때 입력 주파수 2.9GHz의 대역과 3차 고조파 대역의 저지 특성과 5GHz 대역에서의 통과 특성을 보여준다.

3. 소신호 및 대신호 해석

2.4GHz 대역에서 증폭기로 동작하고, 2.9GHz의 입력 주파수에 5.8GHz 대역의 주파수 체배기로 동작하도록 정합회로를 구성하기 위하여 소신호 해석을 하였다. 그림 4와 같이 입력 정합회로는 2.4GHz에서 2.9GHz 대역의 입력 신호에 대해 감쇄 없이 전달되고 출력단에서 입력쪽으로 되돌아오는 5.8GHz 대역의 신호를 차단하기 위해 약 2.9GHz 대역 이하의 주파수가 통과할 수 있는 저대역 통과 필터 구조의 정합회로로 구성하였다. 또한

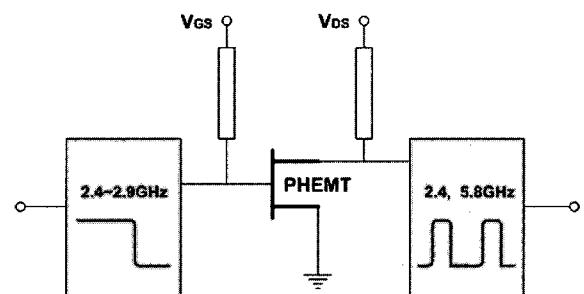


그림 4. 입력/출력 정합회로

Fig. 4. Matching circuits of input and output.

출력 정합회로는 증폭기로 동작시 2.4GHz 대역과 주파수 체배기로 동작시 2.9GHz 대역의 2배 주파수인 5.8GHz 대역이 통과할 수 있도록 정합회로를 구성하였다.

입력과 출력의 정합회로를 적용한 전체회로의 시뮬레이션에 의한 소신호 해석결과와 제작 후 측정한 결과를 그림 5에 나타내었다. 2.4GHz에서의 시뮬레이션에 의한 소신호 이득은 약 15dB정도를 보였다. 5.8GHz 대역의 주파수 체배기 동작시 2.9GHz의 reflector는 시뮬레이션과 측정된 값이 유사한 특성을 나타내었으며, 2.4GHz에서 2.9GHz까지의 입력 반사특성과 2.4GHz와 5.8GHz의 출력 반사특성도 두 결과가 유사하였다.

소신호 해석에 의해 설계된 회로를 기본으로 하여, 전력 이득 및 최대 출력을 갖도록 입력과 출력 매칭회로의 튜닝을 통한 대신호 해석을 하였다. 그림 6은 2.44GHz의 입력 주파수에서 증폭기로 동작할 때 전력 스펙트럼을 나타낸다. P1dB는 3dBm 입력에서 약 17.7dBm이고 제2, 3차 고조파가 약 -37dBc 이하로 억압된 것을 볼 수 있다. 특히 제2차 고조파는 무선 LAN 표준인 802.11b/g의 신호 입력시 ACPR 특성을 악화시키는 요인으로 큰 억압을 가져야 한다.

그림 7은 무선 LAN 표준 802.11a의 밴드중 하나인

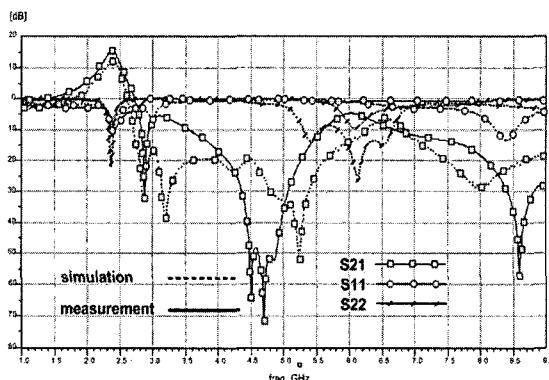


그림 5. 이중 모우드 증폭기의 소신호 산란계수
Fig. 5. Small-signal S-parameters of dual mode amplifier.

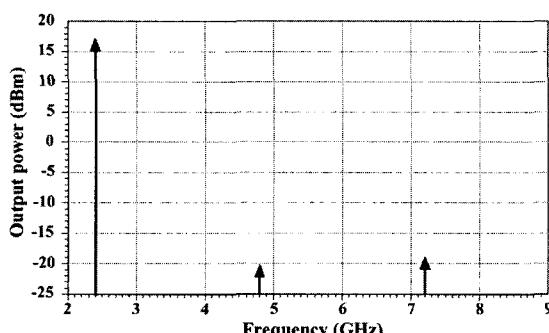


그림 6. 2.4GHz 증폭기의 시뮬레이션 출력 스펙트럼
Fig. 6. Simulated output spectrum of 2.4GHz amplifier.

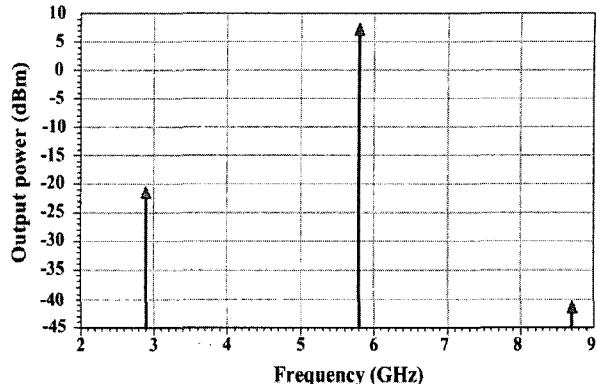


그림 7. 5.8GHz 주파수 체배기의 시뮬레이션 출력 스펙트럼
Fig. 7. Simulated output spectrum of 5.8GHz frequency-doubler.

5.725GHz에서 5.825GHz의 중심 주파수인 약 5.77GHz에서의 체배된 전력 스펙트럼을 나타낸다. 입력 전력이 4dBm일때 최대 출력 약 8.0dBm을 보이며, 입력 주파수의 억압은 -28dBc이고 제3차 고조파의 억압은 -47dBc 이하의 특성을 볼 수 있었다. 주파수 체배기는 입력 주파수의 최대 억압뿐만 아니라, 증폭기에서의 제2차 고조파의 상호변조 의한 왜곡과 같이 제3고조파는 상호변조 왜곡에 의해 ACPR 특성을 악화시키는 원인으로 최대 억압을 갖도록 하였다.^[6]

III. 이중 모우드 증폭부의 제작 및 측정

본 연구에서 Agilent사의 PHEMT ATF-34143을 사용하여, 유전율 2.6이고 유전체 두께 0.4mm인 테플론 기판위에 실장하였다. 제작된 이중 모우드 증폭부의 사진을 그림 8에 나타내었다.

먼저 입력 주파수를 802.11b/g의 주파수 대역인 2.4GHz

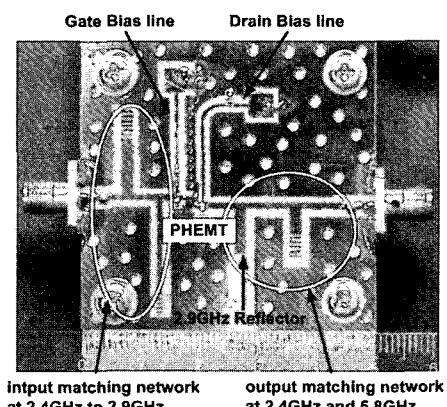


그림 8. 제작된 이중 모우드 증폭부
Fig. 8. Fabricated dual mode amplifying block.

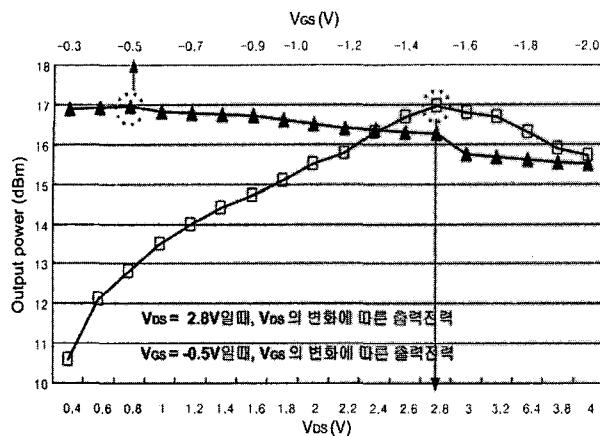


그림 9. 바이어스 전압에 따른 2.4GHz 증폭기의 출력 전력
Fig. 9. Output power of 2.4GHz amplifier with bias voltage.

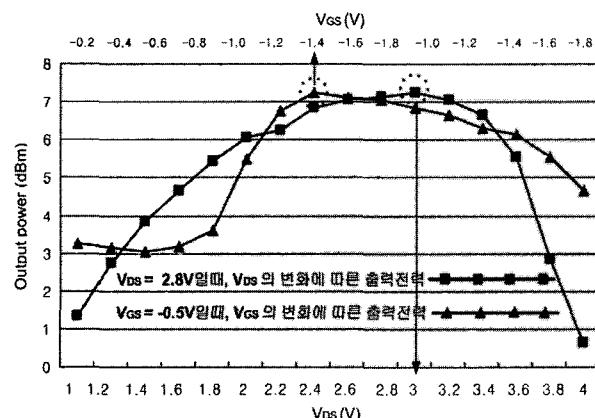


그림 10. 바이어스 전압에 따른 5.8GHz 주파수 체배기의 출력 전력
Fig. 10. Output power of 5.8GHz frequency doubler with bias voltage.

대역에서 증폭기로의 바이어스 전압에 따른 출력 특성을 살펴보았다. V_{GS} 와 V_{DS} 의 바이어스 전압을 가변시켜 증폭기의 출력이 $V_{GS} = -0.5V$, $V_{DS} = 2.8V$ 일 때 최적의 결과를 보였으며, 802.11a의 주파수 대역 5.8GHz 대역에 대하여 입력 주파수가 2.9GHz 대역일 때 2체배기로 동작되는 바이어스 전압을 찾은 결과, $V_{GS} = -1.4V$, $V_{DS} = 3.0V$ 일 때 최적의 결과를 나타내었다. V_{GS} 와 V_{DS} 의 변화에 따른 출력 전력을 그림 9, 10에서 보인다.

증폭기로 동작시 이득은 2.44GHz에서 약 12.9dB로써, 0dBm 입력에 약 12.9dBm의 출력을 보였고, 그림 11에 나타내었다. 또한 P1dB는 4dBm의 입력에서 측정된 출력으로 그림 12에서 보듯이, 2.44GHz에서 약 17dBm의 출력을 보였고 2차 고조파는 약 $-37dBc$ 이하로 억압되었다. 시뮬레이션 결과에 비해 P1dB는 약 0.7dB, 이득은 약 1dB 정도 낮게 측정되었다.

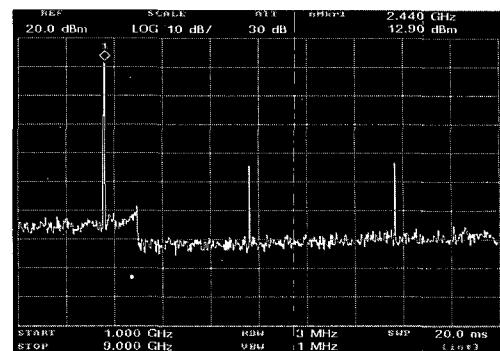


그림 11. 입력 전력이 0dBm일때, 2.4GHz 증폭기의 측정된 출력 스펙트럼
Fig. 11. Measured output power spectrum of 2.4GHz amplifier, when input power is 0dBm.

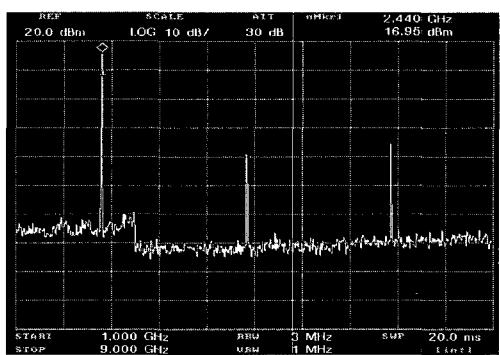


그림 12. 입력 전력이 4dBm일때, 2.4GHz 증폭기의 측정된 출력 스펙트럼
Fig. 12. Measured output spectrum of 2.4GHz amplifier, when input power is 4dBm.

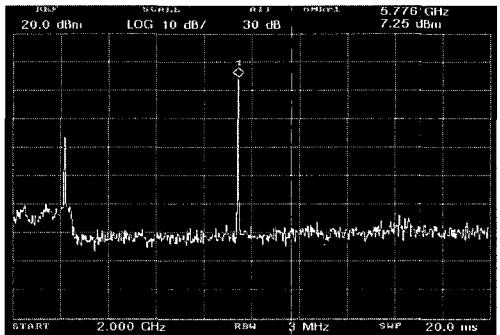


그림 13. 입력 전력이 4dBm일때, 5.8GHz 주파수 체배기의 측정된 출력 스펙트럼
Fig. 13. Measured output spectrum of 5.8GHz frequency, when input power is 4dBm.

입력 주파수에 대하여 2체배 주파수인 약 5.77GHz에서의 측정된 출력 스펙트럼을 그림 13에서 보여준다. 입력 전력이 4dBm일 때 출력 전력은 약 7.3dBm으로 약 3.3dB의 체배 이득을 갖으며, 입력 주파수의 출력은 약 $-22.4dBc$ 이하로 억압되었고, 제3차 고조파는 약 $-50dBc$ 이하로 억압되었다. 시뮬레이션 결과에 비해 2

체배된 주파수의 최대 출력은 약 0.7dB 정도 감소되었고 입력 주파수의 억압은 약 5.6dB 높게 측정되었으나, 제3차 고조파의 억압은 약 3dB 개선되었다.

무선 LAN 표준 802.11b/g의 주파수 대역인 2.4GHz에서 2.48GHz까지 입력 주파수를 가변시켜 출력을 살펴보았다. 2.4GHz와 2.48GHz에서 약 11.9dB의 최소 이득을 보였으며, 2.44GHz에서 약 13dB의 최대 이득으로 전체 대역에서 약 1dB의 이득 차이를 보였다. 또한, 무선 LAN 표준 802.11a의 주파수 대역인 5.725GHz에서 5.825GHz사이의 출력을 살펴본 결과이다. 5.73GHz에서 약 2.4dB의 최소 이득을 갖고 5.77GHz에서 약 3.3dB의 최대 이득을 나타내어, 전체 대역에서 약 1dB의 이득의 변화를 보였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 각기 다른 전송 표준에 의한 별도의 주파수 대역을 갖는 무선 LAN의 송신 모듈을 통합하기 위해, 단일 소자를 사용하여 2.4GHz 대역의 증폭기와 5.8GHz 대역의 주파수 체배기로 동작하는 이중대역 증폭부를 설계 제작하였다. 바이어스에 전압에 따라 2.4GHz 대역에서 증폭기 동작 특성과 비교적 낮은 임피던스를 갖는 reflector를 이용하여 2.9GHz 대역의 입력에 따른 5.8GHz 대역의 주파수 체배기로 동작하도록 설계하였다.

IEEE 802.11b/g의 주파수 대역에서 증폭기로 동작할 경우 약 13dB의 이득과 약 17.0dBm의 P1dB를 나타내었으며, 제2차 고조파 성분은 약 -37dBc 이하로 억압되었다. 또한 IEEE 802.11a의 주파수 대역에서 주파수 체배기로 동작할 경우 약 3.3dB의 이득과 약 7.3dBm의 최대 출력을 얻었으며, 제3차 고조파는 약 -50dBr 이하로 억압되었다.

본 연구를 통해 제안된 이중 모우드 증폭부를 이용한 송신 모듈은 셀룰러/PCS/IMT-2000등의 다중대역 모듈 설계에 유용하게 이용될 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] J. Geier, *Wireless LANs*, SAMS, pp. 8–32, 2002.
- [2] B. Klepser, M. Punzenberger, T. Ruhlicke, and M. Zannothe, “5GHz and 2.4GHz dual-band RF-transceiver for WLAN 802.11a/b/g applications,” 2003 IEEE RFIC Symp. Dig., pp. 37–40, June 2003.

- [3] S. Mehta, M. Zargari, S. Jen, B. Kaczyński, M. Lee, M. Mack, S. Mendis, K. Onodera, H. Samavati, W. Si, K. Singh, M. Terrovitis, D. Weber, and D. Su, “A CMOS dual-band tri-mode chipset for IEEE 802.11a/b/g wireless LAN,” 2003 IEEE RFIC Symp. Dig., pp.427–430, June 2003.
- [4] E. Camargo, *Design of FET Frequency Multipliers and Harmonic Oscillators*, Artech House, pp. 62–72, 1998.
- [5] K. Vavelidis, I. Vassiliou, T. Georgantas, A. Yamanaka, S. Kavadias, G. Kamoulakos, C. Kapnistis, Y. Kokolakis, A. Kyranas, P. Merakos, I. Bouras, S. Bouras, S. Plevridis, N. Haralabidis, “A dual-band 5.15–5.35GHz, 2.4–2.5GHz 0.18-/spl mu/m CMOS transceiver for 802.11a/b/g wireless LAN,” IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 39, no. 7, pp. 1180–1184, July 2004.
- [6] J. Pedro, N. Carvalho, *Intermodulation Distortion in Microwave and Wireless Circuits*, Artech House, pp. 160–172, 2003.

저자소개



강 성 민 (정회원)
 1999년 인천대학교 전자공학과
 학사
 2001년 인천대학교 전자공학과
 석사
 2005년 인천대학교 전자공학과
 박사

<주관심분야 : 마이크로파 송수신 모듈, 도허티
 증폭기, DGS 구조 해석>



구 경 현 (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 평의원, 이사,
 통신소사이어티 부회장
 1987년~현재 인천대학교 전자공학과 교수
 <주관심분야 : 마이크로파 회로 및 모듈 설계, 전
 력증폭기 선형화, 무선랜 시스템>



최 재 흥 (학생회원)
 2004년 인천대학교 전자공학과
 학사
 2004년~현재 인천대학교
 전자공학과 석사과정

<주관심분야 : 마이크로파회로 설계, 전력증폭기
 설계 및 선형화기법>