

무선랜을 위한 5.25GHz 이미지 제거 저 잡음 증폭기 및 믹서 설계

이 준 재, 공 동 호, 추 성 중, 박 정 호
고려대학교 전자컴퓨터 공학과
e-mail : lance81@korea.ac.kr

5.25GHz Image Rejection Low Noise Amplifier and Mixer for Wireless LAN

Jun-Jae Lee, Dong-Ho Kong, Sung-Joong Choo, Jung-Ho Park
Dept. of Electronics and Computer Engineering Korea University

Abstract

This paper describes Low Noise Amplifier(LNA) and Single Balanced Mixer(SBM) with monolithic image rejection notch filter using 0.5um MESFET process. LNA, Notch filter, and SBM were integrated on a chip. This chip does not need off chip SAW filter, thereby reducing the overall cost and system volume. The LNA with Notch filter provides a gain of 15dB, noise figure of 1.2dB, and image rejection ratio of -74dB. The SBM has a conversion gain of 6dB.

I. 서론

현대 사회가 이미 정보화 사회로 진입하여 빠르게 발전해 나감에 따라 무선통신 기술 또한 이에 맞추어 발전해 나가고 있다. 이 중 WLAN(Wireless Local Area Network) 기술은 그 이동성과 편리성을 앞세워 디지털 정보화 사회 발전의 한 축을 담당하고 있다. 사용자가 늘어나고 상호 정보 양이 방대해 지면서 경량화와 저가격화를 요구하게 되었으며 새로운 규격이 개발 되었다. 최근에는 54Mbps의 최대 속도를 가지며

기존의 블루투스와의 충돌을 피할 수 있는 5GHz 대역을 사용하는 IEEE 802.11a 표준의 연구가 활발한 상황이다.

본 논문에서는 WLAN 환경에 활용할 수 있도록 5.25GHz 이미지 제거 저 잡음 증폭기와 Single Balanced 형태의 믹서를 설계하여 단일 칩에 집적하였다. 국부발진기(Local Oscillator) 주파수는 4.35GHz이며 중간주파수(Intermediate Frequency)는 900MHz이다. 기존의 크기가 크고 가격이 높은 칩 외부의 이미지 제거 필터 대신에 칩 내부에 Notch 필터를 집적하여 비용과 크기를 줄이고 구조를 간단히 하였다. 이 Notch 필터는 LC 필터 구조에 부성저항 성분을 이용하여 높은 이미지 제거 비를 얻을 수 있도록 하였다. 또한 필터의 바이어스 전압을 조절함으로써 이득을 변화시킬 수 있게 하였다. 이런 이득의 변화는 높은 입력신호의 전력 레벨에 대응하여 보다 충분한 동작범위(dynamic range)를 가질 수 있게 한다. SBM(Single Balanced Mixer)를 함께 집적하여 이미지 제거 효과를 확인 하도록 하였다. SBM에는 국부발진기(Local Oscillator) 단자와 중간주파수(Intermediate Frequency) 단자 사이에 LC 공진 회로를 추가하여 SBM의 단점 중 하나인 LO 신호와 IF 신호의 격리도(isolation)가 낮은 점을 보완하였다.

II. 본론

2.1 이미지 제거 저 잡음 증폭기

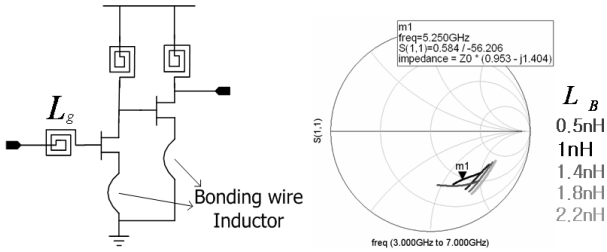


그림 1. LNA의 입력 매칭

그림 1에서 보는 바와 같이 저 잡음 증폭기는 기본적인 cascade 구조를 이루고 있으며 잡음 특성을 최적화하고 회로를 안정화하기 위하여 source에 degeneration 인덕터를 사용하였다. degeneration 인덕터는 본딩 와이어 인덕터를 사용하였으며 본딩 와이어의 기생 인덕턴스인 L_B 를 변화시켜 입력 매칭 지점을 결정하였다.

L_B 는 본딩 와이어의 길이에 따라 달라진다. 수식(1)은 이와 같은 degeneration 인덕터와 gate 인덕터에 따라 입력 임피던스가 결정됨을 나타낸다.

$$Z_{IN} = s(L_g + L_b) + \frac{1}{sC_{gs}} + \left(\frac{gm_1}{C_{gs}}\right)L_b$$

$$\approx \left(\frac{gm_1}{C_{gs}}\right)L_b = 50\Omega \quad (1)$$

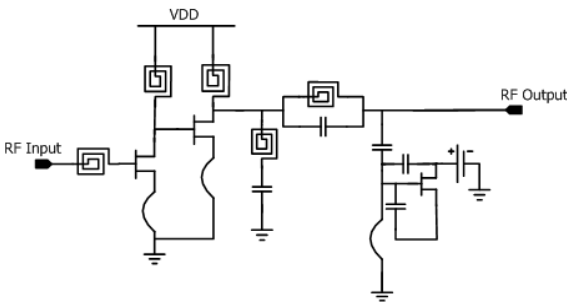


그림 2. 제안된 이미지 제거 저 잡음 증폭기

그림 2는 이미지 제거 저 잡음 증폭기의 모습을 보여주고 있다. 이미지 제거를 위한 notch 필터는 LNA 바로 뒤에 위치하며 2개의 LC 공진회로와 부성 저항, 그리고 본딩 와이어로 구성되어 있다. 본딩 와이어의 기생 인덕턴스는 다른 캐패시터와 함께 또 다른 LC 공진회로를 구성한다. 본딩 와이어의 기생 인덕턴스는 기존의 나선형 인덕터에 비해 상대적으로 저항성분이 적어 Q값이 높기 때문에 필터의 Q값을 높일 수 있다.

2.2 가변 이득

그림 2의 부성 저항 단은 필터에 높은 Q값을 갖게 하면서 바이어스 전압을 변화시킴으로서 저 잡음 증폭기의 출력 매칭을 바꿀 수 있다. 출력 매칭이 변하면서 저 잡음 증폭기의 이득을 줄일 수 있게 된다. 이렇게 이득을 줄이는 이유는 무선랜의 동작 환경에서 높은 전력의 신호가 입력되었을 경우 이득을 줄여 줌으로써 증폭 후에 충분한 동작범위(dynamic range)를 갖도록 하기 위해서이다. 이러한 바이어스 전압의 변화는 출력 매칭의 변화와 함께 필터에 영향을 줄 수 있지만 이는 다른 두 LC 공진회로로 인해 큰 영향을 미치지 못한다.

2.3 Single Balanced Mixer(SBM)

능동 믹서는 수동 믹서에 비해 그 성능이 크게 발전해 왔고 변환 이득이 있어 믹서에서의 손실을 줄일 수 있다. 뿐만 아니라 최근에 시스템이 칩 상에 집적화됨에 따라 집적도에서 높은 장점을 갖고 있다. 능동 믹서는 크게 Single Balanced Mixer(SBM)와 Double Balanced Mixer(DBM)의 두 종류로 제시된다. DBM의 경우에는 SBM에 비해 상대적으로 우수한 성능을 나타내지만 큰 칩 면적을 차지하며 높은 전력을 소모한다. 반면 SBM은 구조가 간단하며 전력 소모가 적고 잡음 지수에 기여가 적은 장점이 있지만 RF/LO/IF 성분의 격리도(isolation)가 낮은 단점이 있다. 이 논문에서는 SBM의 단점 중 하나인 LO/IF 격리도를 개선하기 위하여 LO 단자와 IF 단자 사이에 LC 공진 회로를 추가하였다. 그림 3은 제안된 SBM의 모습을 보여주고 있다. RF 주파수는 5.25GHz이고 LO 주파수는 4.35GHz로 IF 주파수는 900MHz의 신호가 출력된다.

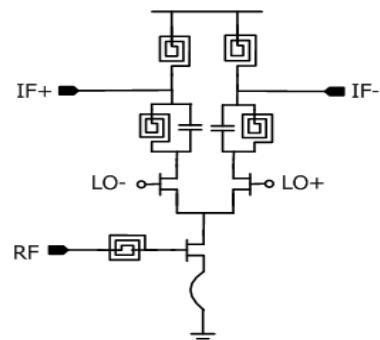
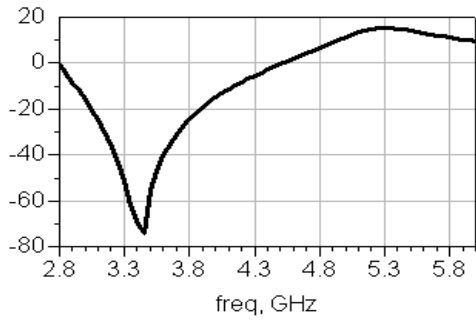


그림 3. Single Balanced Mixer

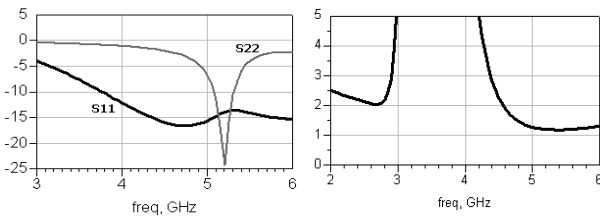
2.4 결과

그림 4는 설계된 저 잡음 증폭기의 성능을 나타낸다. 5.25GHz에서 이득은 15dB이며 이미지 신호 주파수인 3.45GHz에서의 이미지 제거 비는 -74dB이다. S11과

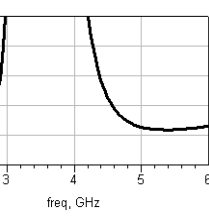
S22는 각각 -14dB와 -18dB이며 잡음 지수는 1.2dB를 나타낸다.



(a) 이득



(b) S11, S22



(c) 잡음 지수

그림 4. 이미지 제거 저 잡음 증폭기

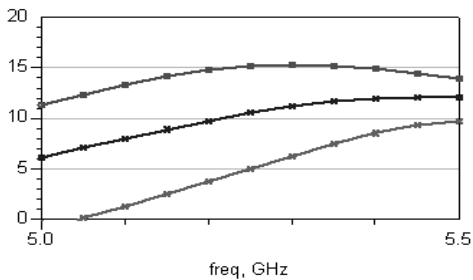


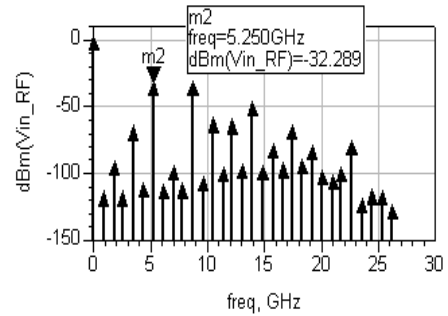
그림 5. 가변 이득

그림 5는 부성 저항단의 바이어스 전압을 변화 시켜서 저 잡음 증폭기의 이득을 변화시키는 모습을 나타내고 있다. 조절 전압은 순서대로 3V, 0.6V, -0.2V이며 변화되는 이득은 각각 15dB, 10dB, 5dB로 10dB 정도의 이득 변화가 가능함을 알 수 있다.

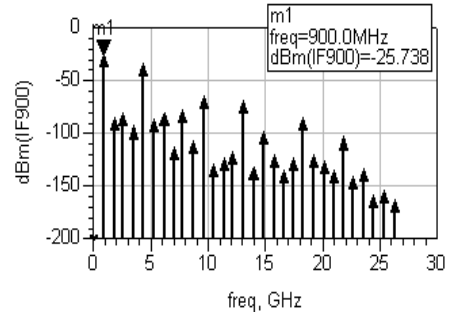
그림 6은 설계된 SBM에 -30dBm의 입력 신호 전력이 들어갔을 때의 출력 결과를 나타낸다. 약 6dB 정도의 변환이득(conversion gain)을 갖는 것을 알 수 있다.

그림 7은 전체 회로의 스펙트럼 결과를 나타낸다. 입력 신호 전력은 -30dBm, LO 전력은 -10dBm로 인가 하였으며 전체 이득은 21dB로 나타났다.

그림 8(a)와 (b)는 SBM 설계에서 LO 성분과 IF 성분을 격리 시키기 위해 사용된 LC 공진회로가 있을

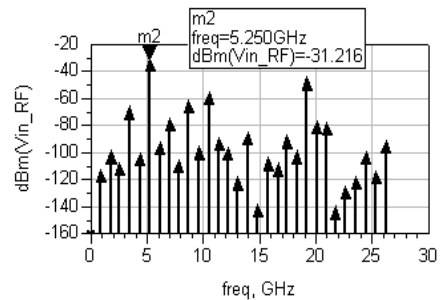


(a) 입력 신호 스펙트럼

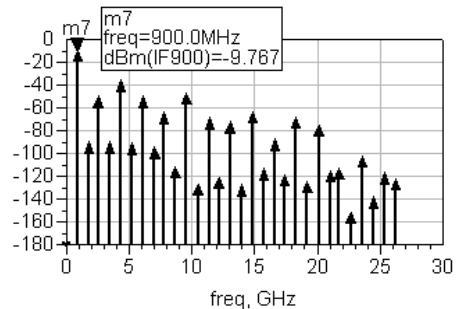


(b) SBM 출력 스펙트럼

그림 6. Single Balanced Mixer



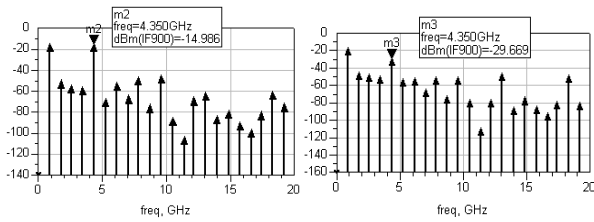
(a) 전체 회로의 입력 스펙트럼



(b) 전체 회로의 출력 스펙트럼

그림7. 전체 회로 스펙트럼

때와 없을 때를 각각 보여주고 있다. LC 공진 회로가 LO 성분인 4.35GHz 주파수 성분을 차단하면서 약 15dB 정도의 LO-IF 격리도(isolation)가 개선되었음을 보여준다.



(a) LC 회로 없을 때 (b) LC 회로 있을 때

그림 8. LO-IF 격리도 개선

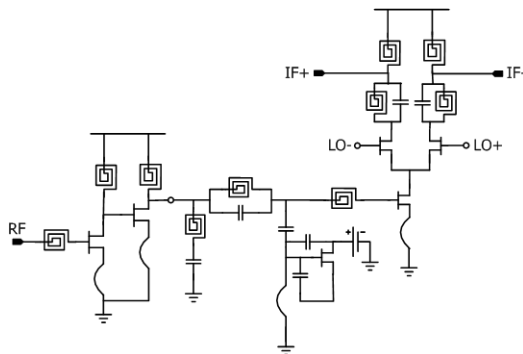


그림 9. 전체 회로도

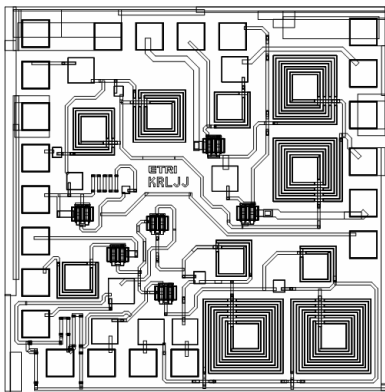


그림 10. 레이아웃

그림 9와 그림10은 간략화 된 전체 회로와 그 레이아웃을 보여주고 있다. 설계된 회로는 ETRI에서 제공되는 0.5um MESHFET 공정을 이용하여 제작되었으며 칩의 크기는 1.4mm x 1.4mm이다.

Simulation 결과	
LNA 이득	15dB
LNA 잡음 지수	1.2dB
S11, S22	-14dB, -18dB
이미지 제거 비(IRR)	-74dB
가변 이득 범위	10dB (15dB-5dB)
Mixer 변환이득	6dB

표 1. 설계 결과

III. 결론

본 논문에서는 5.25GHz 대역 무선랜 환경에서 활용될 저 잡음 증폭기와 믹서를 설계하였다. 부성 저항과 본딩 와이어 인덕터를 활용하여 높은 Q값을 갖는 이미지 제거 필터를 한 칩에 집적하였으며 이로 인하여 가격과 크기를 줄일 수 있게 되었다. 또한 이득을 변화 시키는 가변 이득 기능을 추가하여 큰 전력은 신호에 대해 높은 동작범위를 갖도록 하였다. 설계된 회로는 ETRI 0.5um MESHFET 공정을 이용하여 제작되었으며 Simulation을 통하여 21dB의 이득과 -74dB의 이미지 제거 비, 그리고 10dB의 가변 이득 범위를 가짐을 확인 하였다.

*This work was supported by IDEC

참고문헌

- [1] Behzad Razavi, RF microelectronics, Prentice Hall 1998
- [2] Guillermo Gonzalez, Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design, Prentice Hall, 1997
- [3] Ming-Chang Sun, Shing Tenqchen, Ying-Haw Shu, Wu-Shiung Feng, "A 2.4GHz CMOS Image Reject Low Noise Amplifier", International Symposium on Circuits And Systems Volume 1, 25-28 May 2003
- [4] T.-K. Nguyen, S.-K. Han and S.-G. Lee, "Ultra low power 2.4GHz image-rejection low-noise amplifier" ELECTRONICS LETTERS 21st July 2005
- [5] Thomas H. Lee, Hirad Samavati, Hamid R .Rategh, "5-GHz CMOS Wireless LANs", IEEE Transactions on Microwave Theory And Techniques, Vol. 50, No. 1, 2002
- [6] Krizhanovskii, V.; Nguyen Trung Kien; Sang-Gug Lee "0.18um CMOS LNA and Mixer for Wireless LAN Applications", Microwave and Telecommunication Technology, 2002
- [7] Yuyu Chang; Choma, J., Jr, "A Monolithic RF image-reject filter", Southwest Symposium on Mixed-Signal Design, 27-29 Feb. 2000
- [8] 강태영, "무선랜용 MMIC 이미지 리젝트 수신기", 고려대학교 대학원 석사학위 논문, 2004. 2.