

Cascode FETs형 자기발진 믹서의 이미지신호제거 개선 효과 분석

심재우, 이영철
경남대학교 정보통신 공학과 전파통신 연구실
전화 : 055-246-2943 / 핸드폰 : 011-9933-6953

Analysis of Cascode FETs Self Oscillator Mixer to Improve Image rejection

Jae-Woo Sim, Young-Chul Rhee,
Dept. of Information & comm. Eng, Kyungnam University
E-mail : simjw@dreamwiz.com , micropt@kyungnam.ac.kr

요약

본 논문에서는 Cascode FETs 구조를 능동필터로 동작시켜 이미지제거 특성을 분석하였으며, Cascode 형 자기발진 믹서를 설계하였다. Ku-band 대역에서 모의실험 결과 Cas code FETs형 자기발진믹서에서 이미지성분이 -25dBc 개선되었으며, Single FET형 자기발진믹서와 비교해서 -23dBc 이상 개선됨을 확인할 수 있었다.

I. 서론

마이크로파 수신 시스템에서 이미지(Image)성분은 수신기 성능에 큰 영향을 미치므로 시스템에서 이미지 성분을 줄이기 위한 연구가 진행되어 왔으며 [1], 이미지 성분을 감쇄 시키기 위한 방법으로 Direct conversion 방식과 Mixer 앞단에 이상적인 이미지 제거 필터(Image reject Filter)를 사용하는 슈퍼헤테로다인 방식 등이 있다[1,2]. 그러나 Direct Conversion 은 RF단에 한정되어 개발되고 있으며, 슈퍼헤테로다인 방식의 경우는 RF입력 신호와 국부발진 신호가 인접할 경우 이미지 제거 필터의 구현이 어려우므로 회로를 단순화하면서 이미

지 성분을 최대한 줄일 수 있는 연구가 요구되고 있다. 본 논문에서는 슈퍼헤테로다인 방식에서 이미지 성분을 감소시키기 위한 자기발진믹서 (Self-Oscillating Mixer)을 Cascode 형태의 Dual-gate 로 설계하여 이미지 제거특성을 분석하였다. Dual-gate 중 하나의 FET는 부성특성을 가지게 하여 발진하게 하고 나머지 FET는 비선형 특성을 이용하여 Mixer의 기능과 IRF(Image Reject Filter)기능을 동시에 나타나도록 동작시켜 Single-gate 자기 발진 형태와 Cascode FETs형 자기발진 믹서의 이미지제거 비율을 비교 분석하였다.

II. Cascode FETs 자기발진 믹서

2.1 Cascode FETs Mixer 구조

Double gate-FETs의 동작모드에 대한 정확한 설계를 하기 위해서는 Double gate-FET model이 필요하나 이를 해석하는 것이 매우 어렵기 때문에 일반적으로 그림1과 같이 두 개의 Single-gate FET를 Cascode 형태로 해석한다[2].

*본연구는 2001년도 정보통신부 대학기초 연구사업의 일부분으로 수행하였습니다.

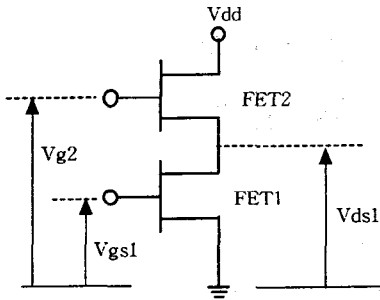
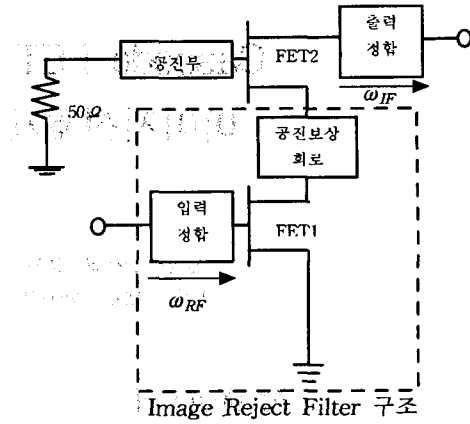


그림1 Cascode형으로 연결된 두 FETs가 제공하는 두 입력 Mixer 설계에 대한 바이어스.

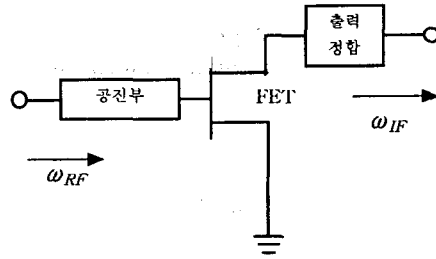
Cascode FET2 gate 단에 교류신호가 주입될 경우 LNM(Low Noise Mixer), SOM(Self Oscillator Mixer), IRM(Image Reject Mixer)의 3가지 비선형 동작 영역으로 나누어 해석 할 수 있다[5,6]. 일반적으로 LNM 동작모드에서는 Cascode FET의 동작은 다음과 같다. FET2 gate 단에 주입되는 LO 신호의 크기변화에 따라 V_{g2} 의 진폭이 변화하고, V_{g2} 의 변화에 따라 FET1의 전달컨덕턴스(transconductance) g_{m1} 이 커지고 작아지게 된다. g_{m1} 의 변화에 따라서 FET1의 전류변화로 인해서 FET1은 포화영역과 선형영역으로 동작하게 된다. 이러한 변화로 인해 발생하는 비선형성을 이용하여 FET1은 주파수 혼합기로서 동작하게 된다. 반면 FET2는 LO주기동안 전류포화영역에 있으면서 IF 주파수의 이득을 보상해주는 IF증폭기로서 동작하게 된다. SOM 모드는 LNM보다 채널저항이 더욱 비선형적인 것을 제외하고는 LNM과 동작원리가 비슷하여 FET1은 믹싱을 하고 FET2는 IF 증폭기로 동작한다. IRM 모드경우는 FET1이 RF전치증폭기(preamp-lifier) 그리고 FET2는 주요 비선형요소인 g_{m2} , R_{ds} , C_{gs} 에 의해서 믹싱을 하게 된다[5].

2.2 이미지제거 특성 효과율 가진 Cascode FETs형 자기발전 믹서 해석

본 논문에서는 그림2(a)에서 처럼 Cascode FETs형 자기발전믹서의 설계시 FET1가 이미지제거 필터 특성을 가지는 구조를 제안한다. 회로의 구조를 단순화하고 IR(Image Reject) 개선 효과를 비교 분석하기 위하여 자기발전믹서를 Single-gate형태(그림2(b))와 Cascode FETs 형태(그림2(a))로 설계하였다.



(a) 이미지제거특성을 가진 Cascode FETs 자기발전 믹서



(b) Single-gate FET형 자기발전 믹서
그림2 자기발전 믹서의 2가지 형태의 구조

그림2(b)의 구조는 일반적으로 Single-gate FET소자를 사용함으로써 이 소자가 Mixer로 동작하면서 발전기로 동작한다[7]. 이때 RF 정합회로를 구성하는 것이 어려워 RF와 LO의 분리도가 좋지 못하며 이미지 제거를 위해서 특성이 우수한 이미지 제거 필터를 gate 단 앞에 삽입함으로써 전체적인 회로의 사이즈가 커진다는 단점이 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 그림2(a)와 같은 Cascode FETs 자기발전믹서를 사용하게 된다. 이때 바이어스는 앞에서 언급했던 믹싱과 발전하기에 적합한 SOM의 특성을 가지는 바이어스를 선택하여 설계하게 된다. 그림2(a)에서 FET2가 발전기로 동작하기 위해서 gate단을 공진부로 설계하고, FET1은 Mixer와 이미지제거 필터의 특성을 가지도록 설계하게 된다. 이때 이미지제거 필터 설계시 Open 스텔브의 길이변화로 인하여 부정저항 특성을 변화시키는 문제점이 발생시켜 FET2가 발전기로서 동작 하지 못하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 FET1과 FET2 사이에 공진 보상회로를 삽입하여 부정저항에 미치는 영향을 최소화시킨다. FET1은 RF

주파수만을 통과시키기 위해서 입,출력단을 협대역으로 정합하여 이미지신호를 최소화하게 한다.

II. Cascode FETs 와 Single-Gate FET 자기발진믹서의 설계 및 검증

3.1 Cascode FETs 와 Single-Gate FET 자기발진믹서의 설계

본 논문에서는 NEC사에서 제공하는 NE32484c소자를 사용하였으며 사용된 기판은 유전율 2.5 유전체 두께 0.508mm 기판의 두께 0.018 mm인 테프론을 사용하였다. 모의실험은 Agilent사의 ADS1.3에서 제공하는 하모닉 발판스법을 사용하였다[8]. 설계시 LO 주파수는 10.75GHz, RF신호는 11.7 ~ 12.9GHz을 선택하였고 이때 발생하게 되는 RF이미지 주파수대역은 8.6GHz ~ 9.8GHz로 선택되다. Single FET자기발진믹서 설계시 그림3처럼 gate와 drain단이 병렬 DR에 의해서 피드백 되는 구조로 설계하였으며, Cascode FETs형 자기발진믹서의 설계는 그림4와 같이 FET2단 DR 발진기로 설계하게된다. 이때 FET1에 주입되는 RF신호와 FET2에서의 발진신호가 FET1에서 믹싱을 하게된다. 능동필터로 동작하기 위해서 RF 입력과 두 개의 FET 사이를 정확하게 정합 시키며, 정합으로 발생하게되는 부정저항의 변화를 보상하기 위해서 보상 스타브를 삽입하게된다. 이와 같이 설계한 결과 그림5, 그림6처럼 Single FET 자기발진 믹서의 LO 주파수10.75GHz에서 출력전력은 4.966dBm, 100KHz에서 Phase Noise는 -122.1dBc이며, Cascode FETs 자기발진 믹서의 LO출력전력은 16.315dBm, 100KHz에서 Phase Noise는 -130.3dBc의 특성을 얻었다. 그림7, 그림8은 이미지성분에 대한 모의실험을 하기 위해서 RF단에 RF이미지 성분 8.6 ~ 9.8GHz과 RF신호 11.7 ~ 12.6GHz을 각각 -40dBm 주입했을 때 IF단주파수 0.95 ~ 2.15GHz출력전력을 나타낸 것이다. 그림9, 그림10은 RF신호 12.7GHz을 -40dBm ~ 5dBm 까지 변화시켰을 때 RF신호에 대한 변환이득과 이미지 신호에 대한 변환이득을 나타낸 것으로 RF 신호에 대해서 Single FET형 자기발진믹서의 경우 변환이득이 3dB, Cascode FET의 경우 변환이득이 0.5dB 얻었으며, 이미지 신호에 대한 Single FET 자기발진믹서의 변환이득은 1.5dB, Cascode FET의 경우 변환손실 -25dB인 것을 확인 할 수 있다.

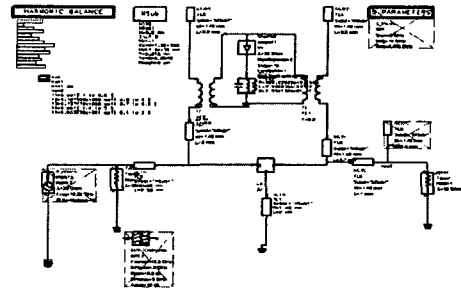


그림3. Single FET형 자기발진 믹서의 설계.

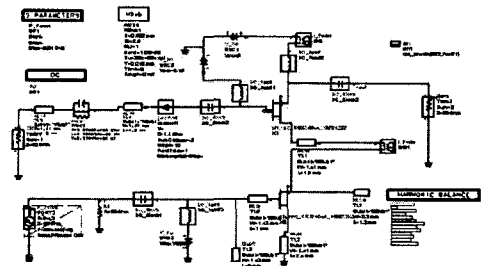


그림4. Cascode FETs형 자기발진 믹서의 구조

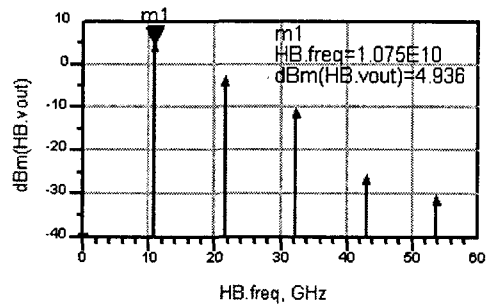


그림5. Single FET형 자기발진 믹서의 하모닉 성분

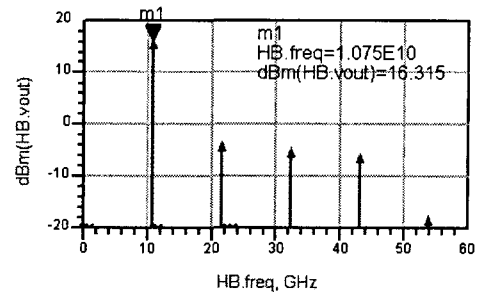


그림6. Cascode FETs형 자기발진믹서의 하모닉성분

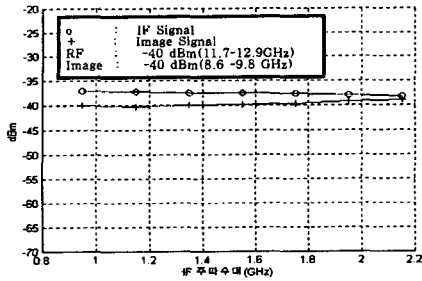


그림7. Single FET형 SOM의 IF와 Image관계
($f_{LO} = 10.75GHz$ $f_{IF} = 0.95 \sim 2.15GHz$)

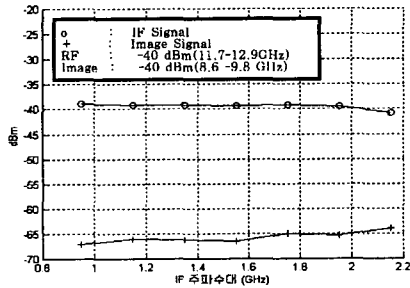


그림8. Cascode FET형 SOM의 IF와 Image관계
($f_{LO} = 10.75GHz$ $f_{IF} = 0.95 \sim 2.15GHz$)

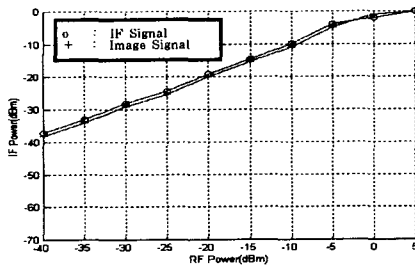


그림9. Single FET형 SOM의 변환이득

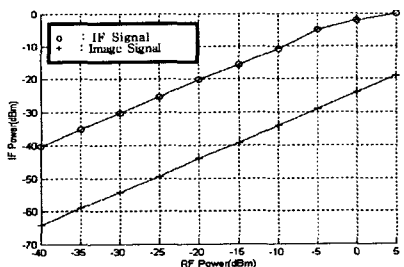


그림10. Cascode FET형 SOM의 변환이득

표1 Single FET형 SOM 과 Cascode형 FET SOM의 비교

	Single FET형 SOM	Cascode FET형 SOM
이미지 제거 특성	-2 dBc	-25 ~ -20 dBc
변환이득	3dB	0.5dB
LO 전력	4.936dBm	16.315dBm
Phase Noise	-122.1 dBc	-130.3 dBc

IV. 결론

본 논문에서는 Cascode FETs를 능동필터 형태로 동작시켜 이미지 성분이 개선된 자기발전 믹서를 설계하였으며, Single FET구조의 자기발전 믹서와 비교 분석하였다. 두 구조를 비교 분석한 결과 표1과 같이 Cascode FET형 SOM의 형태가 Single FET형 SOM 구조보다 이미지성분이 -23dBc개선된 결과를 보였으며, 차 후 연구과제로는 변환이득을 개선 하면서 이미지제거 특성이 우수한 Cascode FETs형 자기발전믹서에 대한 연구와 Cascode FETs의 모델링을 통한 위상잡음 관계의 정확한 해석이 필요하다.

참고문헌

- [1] C.H Lee, S. Han and Joy Laskar, "GaAs MESFET Dual-Gate Mixer with Active Filter Design for Ku-Band Applications" IEEE MTT p841-844 ,1999.
- [2] Behzad Razavi, "RF Micro electronics" p119-146 1998.
- [3] Stephen A. Maas, "Microwave Mixers", Artech House, 1986.
- [4] Stephen A. Maas, "Nonlinear Microwave Circuits", Artech House 1988.
- [5] Maria Luisa de la Fuente, "Analyze and Design A Cascode MESFET Mixer" Microwave & RF May 1998.
- [6] C. Tsironis, R.Meierer, and R.Stahlmann, "Dual-Gate MESFET Mixer," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. MTT-32, No. 3, p248-255 March 1984.
- [7] 정인기, 이대원, 이영철, "K-band 마이크로파 트랜시버용 하모닉 자기발전믹서의 설계" 2001년도 춘계 마이트로파 및 전파 학술대회 논문집 pp133-136, 2001.
- [8] ADS, Agilent Technology .Version1.3 ,1999.