

혼변조 왜곡 특성을 향상시킨 Cascode Mixer의 설계

The Design of Cascode Mixer Improved with Intermodulation Distortion

윤 승 기 이 종 철* · 김 종 현* · 이 병 제* · 김 남 영*

(광운대학교, 석사과정)

(* 광운대학교, 교수)

E-mail : seungki@explore.kwangwoon.ac.kr

목 차

I. 서론

II. Cascode FET Mixer 의 동작원리

III. Cascode FET Mixer 의 설계

IV. Simulation 결과

V. 결론

I. 서론

최근에 전자, 통신, 정보, 제어 등의 첨단 기술이 자동차와 도로를 변화시키고 있다. 정보통신, 전자제어 등 첨단 기술을 활용한 새로운 교통 시스템 개발로서 명명된 지능형 교통시스템(Intelligent Transport System)은 기존 교통체계의 문제점으로 지적되던 교통 체계 구성요소간 정보흐름의 단절성을 발달된 정보통신기술을 활용해 해결하고자 하는 것으로, 실시간으로 수집, 분석, 전달되는 현장 교통정보를 통해 도로, 사람, 차량이 하나로 연결됨으로써 최적의 교통흐름의 관리 및 관련업무의 처리가 가능하게 하는 것이다.

통신 단말기가 차량에 탑재되어 사용되는 ITS 통신 방식은 크게 FM 부가방송, 단거리 전용통신(DSRC : Dedicated Short Range Communication)으로 나눌 수 있다. 이 중 DSRC는 다양한 ITS 서비스를 제공하기 위한 통신수단의 하나로서, 노변장치(RSE : Road Side Equipment)라고 불리는 도로변에 위치한 소형기지국과 차량 내에 탑재된 차량 탑재장치(OBE : On-Board Equipment)간의 단거리 전용통신을 의미한다. 최근에는 ITS의 범용서비스를 위해서 능동 DSRC 방식이 정통부 선도 기술 개발과제로 기술을 개발하였다. 따라서 국내 DSRC 시스템 제작업체들도 5.8GHz급 DSRC RF 관련 소자개발이 활발하다.

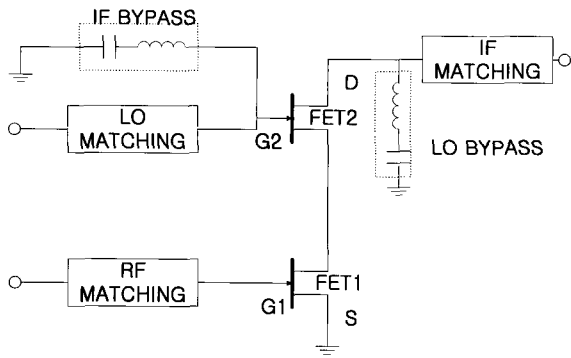
이러한 RF 통신에 중요한 부품인 주파수 혼합기는 소자의 비선형 특성을 이용하여 원하는 주파수를 뽑아내는 회로이다. 현재 많이 연구되는 혼합기로는 저항성 FET 혼합기와 Dual gate FET 혼합기를 들 수 있으며, 저항성 혼합기의 경우 매우 낮은 혼변조 왜곡 특성을 보이거나, 변환손실로 인한 IF 증폭기를 첨가하는 단

점을 가진다. 이에 반해 dual gate mixer는 변환이득을 가지는 대신 혼변조 왜곡 특성이 떨어지며 선형성이 나쁜 단점을 가진다. 본 논문에서는 변환이득을 가지는 dual gate mixer topology를 응용한 cascode mixer를 이용하여 변환이득을 가짐과 동시에 선형성을 고려한 주파수 혼합기를 설계하였다.

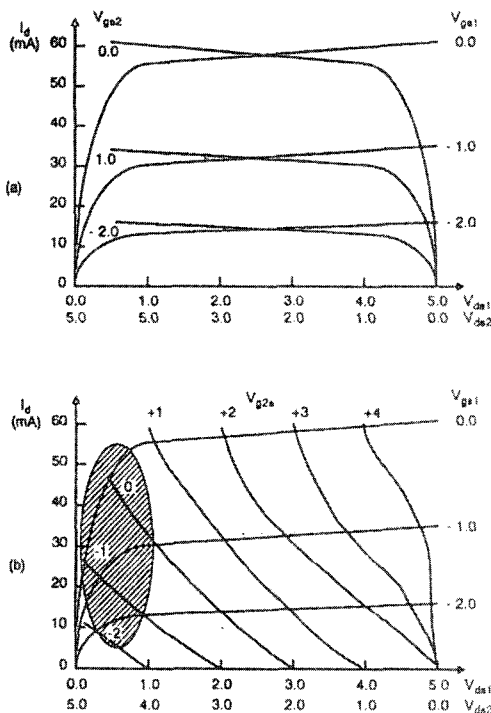
II. Cascode FET Mixer의 동작원리

Dual gate mixer는 고주파 전자회로에 새로운 것이 아니다. 1960년대 이래로 저잡음 VHF와 UHF 수신기에서 amplifier와 mixer로서 사용되어왔다. Dual gate FET는 약간 높은 noise figure를 갖는 반면에 낮은 intermodulation distortion과 BJT보다 더 나은 automatic gain control을 제공한다. Dual gate FET는 첫 번째 gate와 drain 사이에 두 번째 gate를 포함한다는 것을 제외하고는 단일 Gate 소자와 구조가 비슷하다. Cascode mixer는 단일 gate 소자를 연결함으로써 같은 동작원리를 적용하여 dual gate mixer 처럼 설계한다. 일반적으로 dual gate FET modeling을 정확하게 수행하기란 힘들기 때문에 대부분의 경우 <그림 1>과 같이 두 개의 단일 소자를 직렬 연결하여 설계한다.

이 구조는 개별 단일 게이트 소자를 사용한 cascode 증폭기와 유사하고 이중 게이트 FET는 종종 그와 같이 기술된다. 하지만, 첫 번째 게이트의 전달콘덕턴스를 제어하기 위한 두 번째 FET를 위해서 밑에 위치한 FET는 선형영역에서 동작되어야 한다.



〈그림 206〉 Dual gate FET 의 구조



〈그림 2〉 Dual gate FET의 I/V 특성

각 device의 drain과 source 사이의 전압의 합은 전체 device에 걸린 전압과 같다는 것과 각각의 device에 흐르는 drain 전류는 같기 때문에 dual gate FET의 I/V 특성의 〈그림 2〉와 같이 나타내어진다. 이로부터 두 FET의 동작점을 결정할 수 있다.

G2 FET에서의 전류는 G1 FET와 같이 gate to source 전압에 의해서 조절된다. G1 FET의 gate to source 전압 V_{gs1} 은 gate 전압에 의해 인가된다. 그러나, G2 FET의 gate to source 전압 V_{gs2} 는 전압 V_{g2s} 에 의해 제어받 있지 않으며 V_{gs2} 는 두 FET 채널을 연결하는 노드 전압에 의존하므로 V_{dd} 는 두 디바이스 사이에서 나누어진다. 두 디바이스는 연결하는 노드에서의 전압 V_{ds1} 이 float하게 되며 그것은 0과 V_{dd} 사이의 값을 가지며 두 디바이스에서 같은 채널전

류를 갖게 한다.

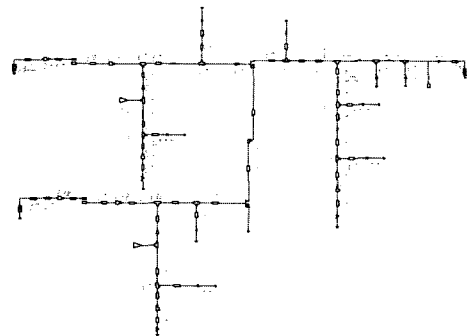
G1 FET은 선형 영역에서 bias 되며 LO 신호에 대해 포화영역과 선형영역에서 동작한다. G2 FET가 포화 영역에 있을 때, V_{gs2} 변화에 의한 trans-conductance의 비선형성을 이용해서 주파수 혼합이 이루어지게 된다.

III. Cascode FET Mixer의 설계

본 논문에서는 HP사의 ATF-38143 2개를 cascode 구조로 연결하여 dual gate mixer를 설계하였다. Cascode FET Mixer는 구조적으로 발진의 위험성이 있으므로 설계에서는 이를 방지하기 위하여 저항을 삽입하고, G1 FET의 동작점을 knee voltage 보다 약간 낮은 bias point를 택하였다. 설계 주파수는 RF 신호 5.8 GHz, LO 신호는 5.7 GHz, IF 신호는 100 MHz 선정하였다. G1 FET에는 RF 신호를, G2 FET에는 LO 신호를 인가하여 주파수를 하향변환 시켰다.

〈그림 3〉은 Agilent ADS로 설계한 dual gate mixer의 회로도를 보여주고 있다. G1 FET는 RF 신호에 대해 복소 공액 정합되었고, IF 신호는 단락된다. G2 FET에는 LO 신호에 대해 복소 공액 정합되고, 역시 IF 신호는 단락된다. IF 신호에 대해 두 게이트를 단락시켜 IF대역으로 들어가는 잡음의 증폭을 막을 수 있도록 설계 하였다. Drain 단은 IF 신호에 복소 공액 접합 시키고, RF 신호와 LO 신호는 단락된다. 이러한 특성으로 혼합기는 광대역 특성을 갖게 되며 IF 대역에서 최적의 변환 이득을 얻게 된다. 출력단의 harmonic 성분을 제거 해주기 위해서 IF단에 저역통과 필터를 설계하였으며, IMD 특성 향상을 위해서 LO주파수의 차배주파수를 제거하기 위한 trap 회로를 삽입하였다.

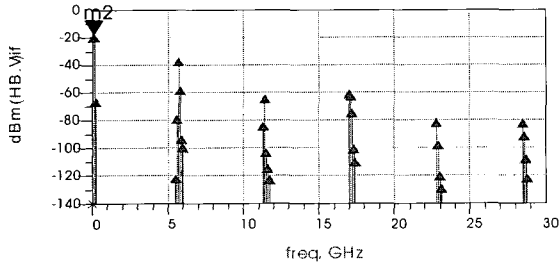
보통 혼합기는 비 선형부위에 바이어스를 걸게 됨으로 출력 임피던스가 커지게 되며 또한 높은 Q 값을 가지게 된다. 이로 입·출력정합이 어려운데 마이트로스트림을 이용한 DC차폐회로로 정합을 용이하게 하였다.



〈그림 3〉 Cascode mixer의 회로도

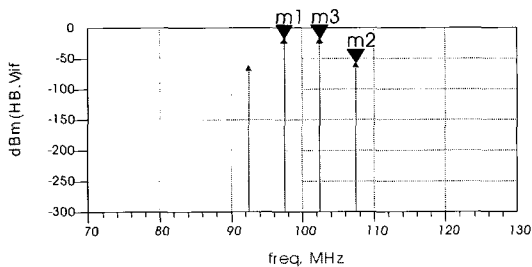
IV. Simulation 결과

〈그림 4〉는 LO 전력이 9dBm, RF 전력이 -20dBm 인가시, 설계된 cascode mixer의 출력 스펙트럼이며, IF 주파수 100MHz에서 약 2.3dB의 변환이득을 가진다.

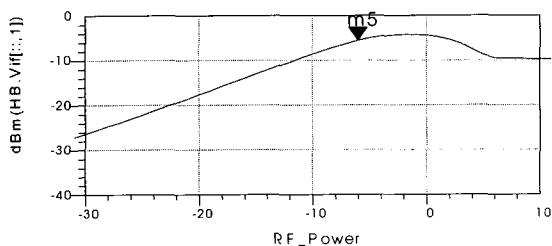


〈그림 4〉 Cascode mixer의 output spectrum

〈그림 5〉에서 RF two-tone 시뮬레이션으로 -40dBc의 좋은 IMD 특성을 가짐을 볼 수 있다. 〈그림 6〉에 나타난 바와 같이 P1dB가 약 -6dBm으로 다른 mixer 보다 뛰어난 결과를 얻을 수 있었다.



〈그림 5〉 Cascode mixer의 two-tone simulation



〈그림 6〉 RF 신호 전력 대 IF 신호 전력

각 포트의 반사계수는 LO 반사계수 -17dB, RF 반사계수 -24dB, IF 반사계수 -17dB를 나타낸다. 각

포트간 분리도는 RF-to-IF -15dB, LO-to-IF -43dB를 각각 보여주고 있다.

V. 결론

본 논문에서는 mixer의 가장 중요한 특성인 IMD와 선형성을 향상시키면서 동시에 변환이득을 가질 수 있는 cascode mixer를 설계하였다. IF단에 저역통과 필터와 LO의 두배 주파수에 대한 trap을 삽입함으로써 -39dBc의 IMD 특성과 -6dBm의 높은 P1dB를 가질 수 있었다. 설계 면적의 감소를 위하여 IF 증폭기가 필요없는 변환 이득을 가질 수 있는 Cascode mixer 구조로 설계하여 약 2.3dB의 변환 이득을 얻었다.

추후 이와 같은 설계 결과를 토대로 제작 및 측정이 요구되며, noise 특성의 측정이 필요하다.

참고문헌

1. 강경우·이 상건, "ITS 사업의 효율적 추진의 위한 제언", 한국 ITS 학회 창립기념 세미나, pp.5~12, 2002
2. 한국전파진흥협회, pp.267~293, 전파방송산업연보, 2001
3. Stephen A. Mass, "Microwave Mixer", 2nd Edition, Artech House, 1993
4. Stephen A. Mass, "Nonlinear Microwave Circuits", Artech House, 1988
5. M. S. Jeon, J Kim, S. W. Kim, D. H. Kim, Y. Kwon and K. S. Seo, "Ka-band CPW Cascode Mixer의 설계 및 제작", 2000년도 추계 마이크로파 및 전파 학술대회 논문집, pp.49~52, 2000
6. K. L. Fong, R. G. Meyer, "Monolithic RF Active Mixer Design", IEEE Trans. Circuits and Systems, Vol. 46, No. 3, 1999
7. M. Nakayama, K. Horiguchi, K. Yamamoto, "A 1.9GHz Single-chip RF Front-end GaAs MMIC with Low-Distortion Cascode FET Mixer for Personal Handy-phone System Terminals", IEEE MTT-S, 1998