

WPAN용 60GHz 능동 믹서의 연구

이종석, 문 용

송실대학교 정보통신전자공학부

전화: (02)825-8108, E-mail: ljs1385@ssu.ac.kr, moony@ssu.ac.kr

A Study on 60GHz Active Mixer for WPAN

Jongsuk Lee, Yong Moon

School of Electronic Engineering, Soongsil University

요 약

WPAN에 적용할 수 있는 능동 믹서를 65nm CMOS 공정을 사용하여 설계했다. 60GHz 통신에서 신호의 손실을 줄이기 위해 DBM(Double Balanced Mixer)로 설계하였으며, 출력단에 버퍼를 추가하여 믹서의 출력과 다른 회로와의 영향을 최소화했다. 실제 칩과 유사한 환경을 위해 레이아웃을 통한 LPE결과를 사용하여 설계하였으며, 믹서의 입력 또한 60GHz 대역에서 동작하는 VCO를 추가로 설계하여 테스트 하였다. 7GHz의 IF 대역에서 3.5dB 이상의 변환이득과 -2dBm의 P1dB를 시뮬레이션을 통해 확인했으며 전원전압은 1.2V이다.

Abstract

We design active mixer for WPAN with a 65nm CMOS technology. We apply DBM structure because reduce conversion loss in 60GHz communication and add buffer that decrease effect of another circuit at output stage. For similar environment of chip design, we design LPE results by layout and input of mixer is connected to output of additionally designed 60GHz VCO for LPE simulation. mixer exhibits an IF bandwidth of 7GHz with a conversion gain of 3.5dB and P1dB of -2dBm from 1.2V supply voltage.

Keywords : WPAN(Wireless Personal Area Network), Gilbert cell, DBM(Double Balanced Mixer)

I. 서 론

밀리미터-웨이브 통신은 넓은 밴드width를 제공하기 때문에 WPAN(Wireless Personal Area Network) 같은 무선통신 시스템에서 높은 데이터양을 전송 할 수 있게 해준다. 특히 가용 주파수 대역의 부족과 고속 데이터 전송에 대한 요구가 높아짐에 따라 60GHz 주파수 대역에서 라이선스 없이 사용 가능한 7GHz 대역을 위해 개발되고 있다^[1].

믹서는 통신 시스템에서 중요한 회로중 하나이며, 수 GHz의 RF 대역폭을 갖는 광대역 믹서는 다양한 공정에 의해 개발되었다^[2]. 특히 CMOS공정은 낮은 가격과 큰 용량 제작, 디지털 회로와의 집적회로 가능성의 때문에 최근 많이 사용되는 공정 중 하나이다^[2]. 하지만

CMOS 공정에서 60GHz 대역에서 동작하기 위해서는 RF소자를 사용하는 CMOS RF공정이나, substrate를 수정 또는 트랜지스터의 body전압을 조절할 수 있는 추가적인 공정변화를 이용하는 경우가 대부분이다^[3].

본 연구에서는 60GHz 대역에서 7Gbps의 데이터를 전송할 수 있는 다운 컨버전 믹서를 standard CMOS 공정을 사용하여, 추가적인 공정 변화 없이 레이아웃 단계까지 설계했다. 정확한 믹서의 성능 테스트를 위해 60GHz 대역에서 동작하는 VCO 2개를 추가적으로 제작하여 믹서의 RF신호와 LO신호를 생성했다.

II. 본 론

1. 믹서의 종류

믹서의 종류에는 수동믹서와 능동믹서 크게 두가지로 나눌 수 있으며 그림1에 그룹별로 나타냈다.

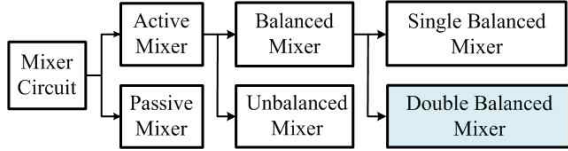


그림 1. 믹서의 분류

수동믹서는 수동소자에서 발생하는 손실에 의해 출력전력이 작아지는 변환손실이 발생하지만, 능동믹서는 주파수 변환과 함께 신호 증폭도 할 수 있으므로 변환이득이 발생한다. 특히 수동믹서는 LO신호가 커야지만 구동이 되지만 60GHz 대역의 고주파 통신에서는 신호의 스윙폭이 작으므로 입력 스윙폭을 증폭하여 출력전력을 높여줄 수 있는 능동믹서를 대부분 사용한다.

2. 60GHz 능동 믹서

제안하는 믹서는 길버트 셀 구조를 사용한 DBM을 설계하였으며 그림2에 회로도를 나타냈다.

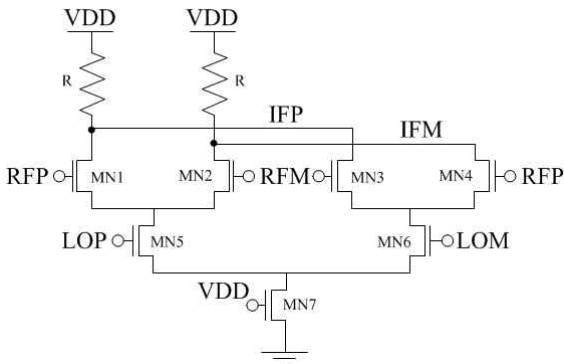


그림 2. 제안하는 믹서 회로도

길버트 셀 구조는 MN1과 MN2, MN3와 MN4의 소스-커플드 구조로 되어있어 두 개의 증폭단이 높은 변환이득을 가져온다. 또한 구조적으로 LO와 IF, LO와 RF의 분리를 해주기 때문에 입력과 출력 사이의 노이즈를 줄일 수 있다. 그림2에서 MN1~MN4는 스위치의 역할, MN5와 MN6은 트랜스컨덕턴스(Gm)의 역할, MN7은 전류소스의 역할을 한다. MN1~MN4의 크기를 크게하면 스위칭 동작이 좋아져서 노이즈 피어가 좋아진다는 장점이 있지만, 반대로 공정변화에 따라 민감해지기 때문에 출력단 매칭이 어려워지는 단점이 있다. 설계에서는 60GHz 통신에 적용하기 위해 다른 회로와의 연결과 매칭을 고려하여 회로가 안정적으로 동작할 수

있는 범위에서 최소크기로 설계했다. 부하 부분도 인덕터를 사용하지 않고 저항만을 사용하였기 때문에 회로의 크기가 매우 작다. 출력단 임피던스 매칭을 위하여 출력단에 버퍼를 추가하였으며 회로도도 그림3과 같다.

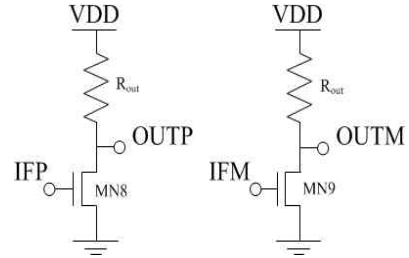


그림 3. 출력 버퍼 회로도

버퍼역시 저항만을 사용하여 크기가 매우 작다. 저항값은 출력단 임피던스 매칭을 고려하여 50Ω을 사용했다. MN8과 MN9의 크기가 클수록 큰 전류를 구동할 수 있으므로 버퍼 동작에 유리하여 출력 스윙폭은 커지지만 믹서 IF단에 걸리는 로드 캐패시턴스도 동시에 증가하게 되므로 동작주파수는 낮아진다. 설계에서는 LPE결과를 이용하여 버퍼의 크기를 결정했다.

III. 모의실험 결과

제안한 60GHz 믹서 회로의 설계 및 검증은 CADENCE SPECTRE 툴을 이용하였다. 그림4는 믹서를 테스트하기 위해 설계한 회로의 블록도이다.

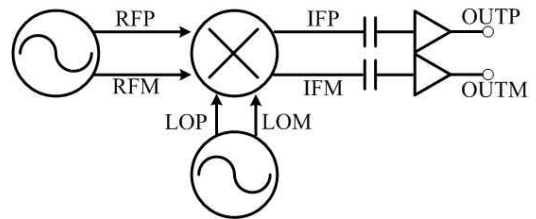


그림 4. 믹서 블록도

믹서 한 블록만 시뮬레이션 한다면 60GHz 대역의 입력신호를 손실없이 입력소스로 넣어주게 되지만, 실제 칩 설계에서는 믹서와 VCO의 매칭에 따라 신호의 손실이 발생하게 된다. 이 손실을 무시하고 설계한다면 다른 블록과의 연결시 문제가 될 수 있다. 모든 설계는 레이아웃에서 추출한 LPE 결과로 하였으며, 그림5는 테스트를 위해 설계한 VCO 2개와 믹서, 버퍼의 레이아웃이다.

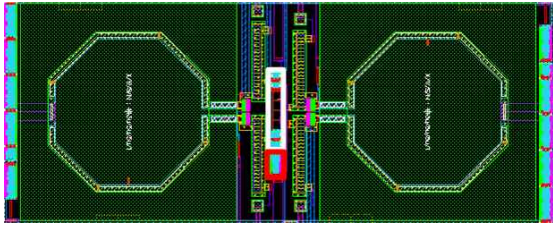


그림 5. 믹서 레이아웃

가운데 흰색 블록이 믹서이고 적색 블록이 출력버퍼이다. 양쪽에 링 모양은 설계한 VCO가 LC타입을 사용했기 때문에 spiral 인덕터의 레이아웃이며 왼쪽은 62~68GHz의 RF신호를, 오른쪽은 57~63GHz의 LO신호를 입력해 준다. 그림5는 최대 동작주파수인 68GHz RF 신호와 63GHz LO신호를 입력받은 믹서의 시뮬레이션 결과이다.

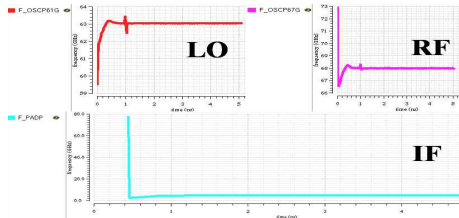


그림 6. 믹서 테스트 블록 시뮬레이션 결과

LPE결과를 확인하여 VCO의 출력이 약 40mV정도 흔들리기 때문에 VCO를 추가한 테스트 방법이 실제칩과 더 유사하다는 것을 확인했다. 그림7은 RF주파수에 따른 변환이득 그래프이다.

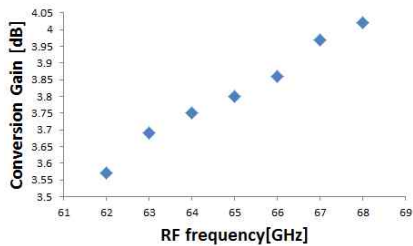


그림 7. RF 주파수에 따른 전압 변환 이득

믹서의 동작범위에서 3.5dB 이상의 높은 변환이득을 시뮬레이션을 통해 확인했다. 그림8은 입력전력에 대한 출력전력 그래프이다.

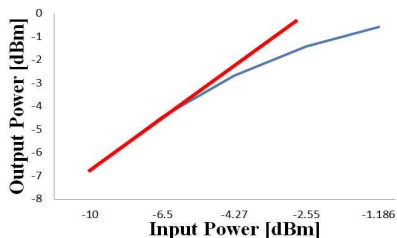


그림 8. 입력전력에 대한 출력전력

붉은색선은 출력전력이 포화되지 않았을때를 가정한 그래프이며 두 그래프를 통하여 약 -2dBm의 P1dB를 시뮬레이션 결과를 통해 확인했다.

IV. 결론

WPAN에 적용할 다운 컨버전 믹서를 65nm CMOS 공정으로 설계했다. 60GHz 대역의 초고주파 통신을 위하여 길버트 구조를 이용한 능동 믹서를 설계했으며, 매칭을 위해 출력단에 버퍼도 추가했다. 버퍼는 다음단과의 임피던스 매칭과 믹서 출력신호의 분리를 목적으로 설계되었다. 버퍼를 추가함으로써 통신에 사용될 다른 회로와의 연결시 더 안정적인 동작을 할 수 있다. 믹서의 테스트는 LPE 결과를 사용하기 위하여 60GHz 대역에서 동작하는 VCO도 레이아웃 하여 실제 칩 제작과 유사한 결과를 예상했다. 62~68GHz의 RF주파수 범위에서 3.5dB 이상의 변환이득과 -2dBm의 P1dB를 시뮬레이션 결과를 통해 확인했다. 설계한 믹서는 7Gbps의 데이터 통신 시스템에서 아날로그 핵심 IP로 사용될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [10044092, 7Gbps급 무선멀티미디어 통신서비스 제공을 위한 60GHz대역 무선LAN/PAN용 OFDM 기반 PHY 및 RF 트랜시버 핵심 IP 기술 개발]

참고 문헌

- [1] Zhang, F. et al., "A 60-GHz Double-Balanced Mixer for Direct Up-Conversion Transmitter on 130-nm CMOS," IEEE CSIC '08, pp.1-4, 2008.
- [2] Dong-Hyun Kim et al., "A 60 GHz Wide band Quadrature-Balanced Mixer Based on 0.13 RFCMOS Technology," IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol.21, no.4, pp.215-217, 2011.
- [3] El Oualkadi, A. et al., "mm-wave CMOS mixer design in 65 nm technology for 60 GHz wireless communications," Microwave Symposium (MMS), pp.1-4, 2009.