

# SOM을 이용한 DBS 위성통신용 LNB Downconverter의 설계

조재현, 양홍선, 박창열, 박정호  
고려대학교 전자공학과 광전자연구소  
전화 : 02-3290-3680 핸드폰: 011-384-5889

## A Design of Monolithic LNB Downconverter Using Self Oscillating Mixer for DBS Application

Jae Hyun Cho, Hong Sun Yang, Chang Youl Park, Jung Ho Park  
Dept. of Electronics Engineering, Korea University  
E-mail: [jhoppp@korea.ac.kr](mailto:jhoppp@korea.ac.kr)

### Abstract

A design of Ku-band(11.7 ~ 12.2GHz) monolithic microwave integrated circuit(MMIC) low noise block(LNB) downconverter using self oscillating mixer (SOM) for direct broadcast satellite(DBS) application is presented. The proposed LNB downconverter is composed of low noise amplifier(LNA), image reject filter(IRF), SOM, low pass filter(LPF). The conversion gain is 30dB, VSWR is less than 1.7:1 and overall noise figure is less than 1.2dB.

### I. 서론

데이터 통신량이 많아지고 무선통신에 기대가 커짐에 따라 위성수신기에서 가정의 수신기까지 직접 수신하는 DBS(direct Broadcast Satellite) LNB(Low Noise Block) downconverter에 관심이 높아지고 있으며 이의 역할이 증대되고 있다[1].

DBS 시스템용 저잡음 주파수 변환기는 일반적으로 LNA, IRF, mixer, LPF, local oscillator, IF amplifier로 구성된다. 저잡음 주파수 변환기는 광대역특성으로 인한 각소자간의 정합특성을 고려해야 할 뿐만 아니라 소자간의 안정도와

독립성을 고려해야 한다. 최종적으로는 시스템 전체를 MMIC화하는 것을 목표로 하고 있다.

본 논문에서는 etri의 0.2 $\mu$ m p-HEMT 공정의 라이브러리를 이용하여 저잡음 주파수 변환기를 설계하였다. 기존의 저잡음 주파수 변환기는 다이오드 믹서나 FET 믹서를 사용하였다. 다이오드 믹서를 사용하였을 경우 믹서에 의한 손실로 인해 LNA의 단수를 늘릴 수 밖에 없었고 칩면적이 커졌을 뿐만 아니라 잡음특성이 저하되었다. 또 FET 믹서를 사용할 경우 믹서에 의한 이득은 존재하지만 local oscillator를 작은 칩면적을 요구할 때에는 한계가 있었다. 본 논문에서는 local oscillator와 믹서를 혼합한 형태인 자기 발진 믹서를 이용하여 저잡음 주파수 변환기를 구현하고자 한다.

### II. 회로 설계

DBS 통신용 저잡음 주파수 변환기는 블록들을 어떻게 구성하느냐에 따라 다양한 형태의 시스템이 만들어진다. 일반적으로 주파수 변환기인 downconverter는 그림 1과 같이 LNA, IRF, mixer, oscillator, LPF, IF amplifier 등으로 구성된다. 본 논문에서는 그림 2와 같은 형태의 LNB downconverter를

설계하였다. 설계된 회로는 표 1 과 같은 설계목표에 맞추었다.

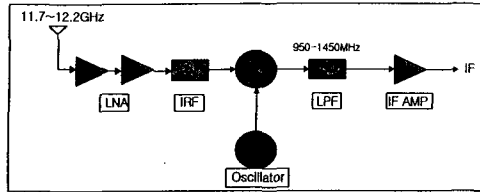


그림 1 LNB downconverter 의 블록도

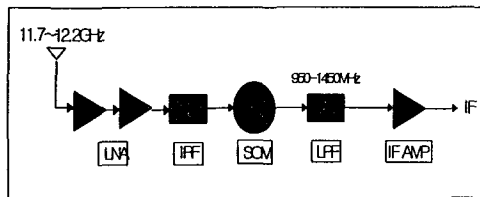


그림 2. SOM 을 이용한 LNB downconverter

표 1. 저잡음 주파수변환기의 설계목표

RF 주파수	11.7 - 12.2 GHz
LO 주파수	10.75 GHz
IF 주파수	950 - 1450 MHz
변환이득	25 dB 이상
잡음지수	1.5 dB 이하
입력 VSWR	2:1 이하
Image rejection	40 dBc 이상

Downconverter 의 전체적인 성능을 최적화하기 위해서 각 블록별로 회로의 형태를 결정하여 적용하였다. 기존의 downconverter 는 diode mixer 를 사용하여 mixer 의 손실로 인해 증폭기의 단수를 늘릴 수 밖에 없거나 능동믹서를 사용하더라도 시스템의 단수를 줄이고 칩면적을 줄이는데는 한계가 있었다. 본 연구에서는 etri 0.2um 공정의 p-HEMT 를 이용한 자기발진믹서를 적용하여 시스템의 단수를 줄이고 이득을 얻음으로써 칩면적을 줄이면서 전체시스템의 특성을 최적화 시킬 수 있었다. 또한 칩 면적의 제한성을 극복하고 기존의 hybrid 형태를 단일 칩화 하고 성능은 극대화 시키기 위한 설계를 하였다.

### 2.1. 2 단의 LNA 설계

LNA 는 2 단으로 구성하였는데 전체적인 잡음지수를 낮추고 이득을 늘리기 위해 첫째 단은 잡음성분을 최대한

억제 시키고, 둘째 단은 이득을 최대화 시키는 방향으로 설계하였다. 정합은 칩 면적과 주파수 특성을 고려하여 microstrip L 과 microstrip C 를 사용하였다[2]. 드레인 바이어스와 게이트 바이어스는 각각 2V, -0.3V 를 인가하였다

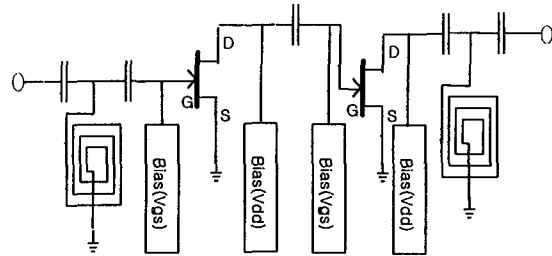


그림 3. 2 단의 LNA 의 회로도

### 2.2. IRF 의 설계

IRF 는 여러 가지 형태가 쓰일 수 있다. 이 논문에서 제시한 IRF 는 band reject filter 이다. 이는 저항 R 의 병렬 연결로 직렬 연결로 인한 신호의 감쇠현상을 제거하였다. 즉 신호의 감쇠 없이 image 신호를 제거 시킬 수 있는 필터를 설계하였다.

### 2.3. SOM 의 설계

자기 발진 믹서는 기본적으로 발진기의 구조를 가지고 있다. 발진기에 RF 신호를 입력하여 IF 신호를 발생시키는 소자이다. 기본적인 발진기와와의 차이점은 입력을 가지고 있고 출력 주파수가 입력과 자체에서 발진되는 주파수와의 혼합에 의해서 발생된다는 것이다. 자기 발진 믹서는 발진기 설계 이후에 입력단과 출력단에서 RF 주파수와 IF 주파수에 대해 정합을 시켜 설계를 마무리한다. RF 신호에 대한 정합은 RF 저잡음 입력 부하에 맞추어 하며 IF 신호에 대한 정합은 LPF 를 겸하는 정합을 한다. 이 때 캐환소자를 이용하는데 캐환소자의 값을 결정하는데 있어서 주의할 점은 발진주파수에서의 발진출력을 최대로 하고, IF 및 RF 주파수에서 안정도를 보장하며 신호의 손실이 작도록 설계하여야 한다는 것이다. 입력신호는 정합회로를 거쳐 능동소자에 의해 증폭되며 transconductance 에 의해 발진 된 신호와 혼합되어 출력을 내보내게 된다[3].

자기 발진 믹서의 경우 발진 되는 신호에 다른 주파수의 신호를 인가하여 둘의 차를 생성해내는 소자이니 만큼 그에 대한 단점이 존재한다. 즉, frequency pulling 현상이 일어난다. Frequency pulling 이란 발진 되는 신호에 인접한 곳에 해당하는 신호가 있으면 그 power 가 커질수록 발진

주파수가 그 신호쪽으로 이동되는 현상을 말한다[4]. 본 논문에서는 구조적으로 dual-gate 능동소자를 사용하여 이를 어느 정도 해결하였다. 또 RF 신호의 load network, 공진회로에 대한 영향력을 작게하고 보통의 dual-gate mixer 와는 달리 윗단에 RF 신호를 입력하므로써 발전기의 궤환소자를 분리하여 발전신호를 안정시켰다. Frequency pulling 현상의 해결에 따라 변환이득은 줄었으나 선형성에서 개선된 효과를 보였다. 자기발전믹서도 LNA 와 마찬가지로 바이어스의 통일성을 위해 Vdd = 2V, Vg1 = -0.3V 로 정하였다. 이 때 mixing 이 일어나는 바이어스 점에서 동작시키기 위해 윗 단의 HEMT는 4-gate HEMT 를 사용하였다. 그림 4는 설계된 SOM 의 회로도 를 나타낸다.

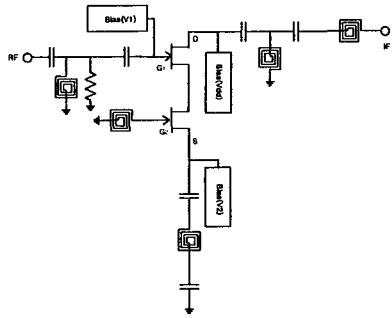


그림 4. SOM 의 회로도

2.4 전체 LNB downconverter 의 구현

설계한 2 단의 LNA, IRF, 자기 발전 믹서와 LPF 를 연결하여 LNB Downconverter 를 구현하였다. 라이브러리는 etri 0.2um p-HEMT 공정을 사용하였다. 그림 5 는 전체 LNB downconverter 의 회로도 를 나타낸다.

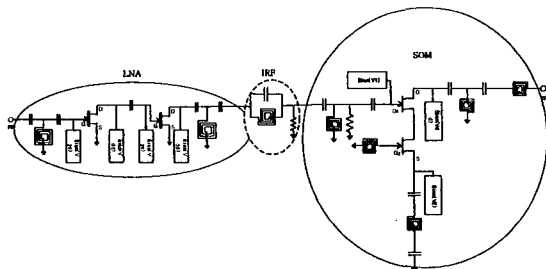


그림 5. LNB downconverter 의 회로도

III. Simulation

시뮬레이션은 Agilent 사의 ADS 로 하였고 라이브러리는 15 차 MPW ETRI 0.2um p-HEMT MMIC 공정에서 제공되는 것을 사용하였다.

LNA 의 시뮬레이션 결과 RF 신호 대역에서 S11 은 -11.7 ~ -12.033 dB , S22 는 23 ~ 23.210 dB 의 값 이 나왔다. 또한 VSWR(Voltage Standing Wave Ratio)은 1.668, 잡음지수는 0.673 ~ 0.78dB 로 우수한 결과를 보였다. 그림 6 은 LNA 의 이득과 S11, 그림 7 은 잡음지수를 나타내었다.

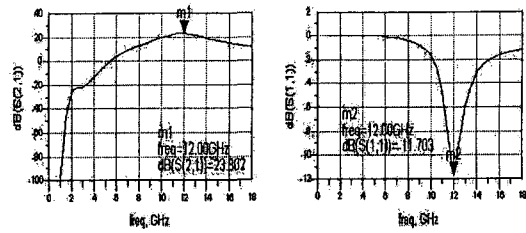


그림 6. LNA 의 S21 과 S11

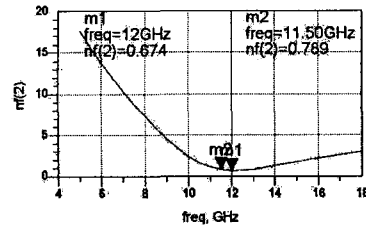
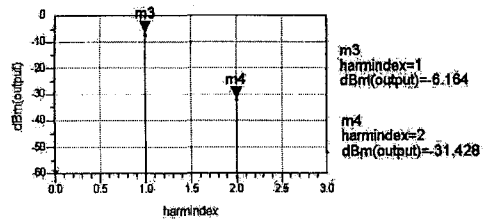


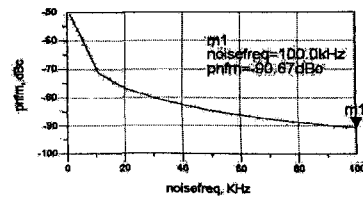
그림 7. LNA 의 Noise Figure

IRF 의 경우 Image 주파수 대역 (9.25GHz~9.75GHz) 에서 S21 의 값이 -23dB 정도의 값을 갖는다. 즉 필터에서만 -23dB 의 이미지 제거 효과를 얻는다.

SOM 의 시뮬레이션 결과는 다음과 같다. 그림에서 확인할 수 있듯이 발전 주파수는 10.757GHz 이다. 발전 주파수에서 출력파워는 -6,164dBm 으로 나왔다. 발전기의 잡음특성을 나타내는 위상잡음은 100kHz 에서 -90.67dBc 로 나왔다.



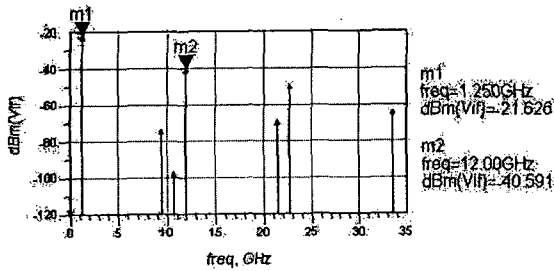
(a)



(b)

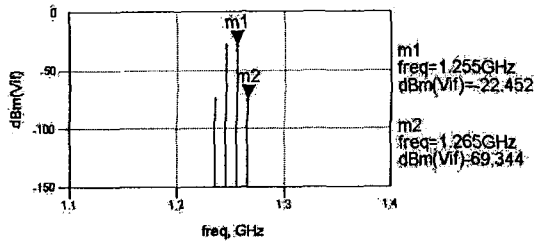
그림 8. SOM 의 발전특성 (a)출력 (b)위상잡음

RF 신호의 power 가 -30dBm 일때 1.25GHz 에서 -21.626dBm 으로 약 8.37 의 변환이득이 있었다. LPF 를 연결하지 않은 상태에서 RF 주파수에서는 약 -40dBm 의 power 가 나왔다. 이는 IF 정합을 할 때 LPF 의 역할을 겸하는 정합을 함으로써 이런 결과가 나왔음을 보인다., 선형성을 나타내는 3-rd order intercept point(IP3)는 -6.23dBm 이었다. Image rejection 의 경우 약 45dBc 의 값이 나왔다. 그림 9 는 SOM 의 변환이득을 보여주고 있다. 그림 10 은 IP3out 을 나타낸다.



freq	conversion gain
1.250GHz	8.374

그림 9. SOM 의 변환이득

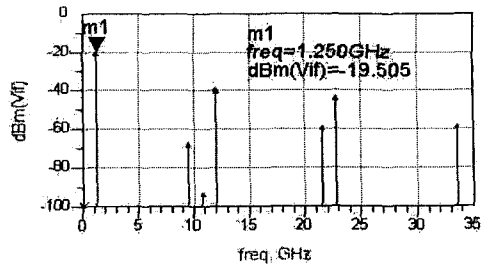


$$\text{Eqn} | \text{IP3output} = (3 \cdot m1 - m2) / 2$$

freq	IP3out
<invalid>Hz	-6.23

그림 10. SOM 의 IP3

전체 시스템의 시뮬레이션 결과는 그림 11 과 같이 나타난다. 즉 ,RF power 를 -50dBm 인가하였을때 IF 단에서 harmonic 을 보았을 때 약 30dB 정도의 이득을 얻은 것으로 나타난다. 이는 LNA 에서 약 23dB 의 이득이 생기고 SOM 에서 약 8dB 의 변환이득이 생기며 IRF 에서 약 1dB 정도의 손실이 생겨 나온 결과라고 추측된다. 또 잡음지수의 경우 1.19dB 로 만족할 만한 값을 얻었다. 입력 VSWR 은 약 1.75:1 이하로 나왔다.



(a)

noisefreq	nf(2)
1.250GHz	1.198

(b)

그림 11. LNB downconverter (a)변환이득(b)잡음지수

#### IV. 결론

본 연구에서는 자기발전믹서를 이용하여 DBS 통신용 Ku-Band MMIC LNB Downconverter 를 설계하였다. 설계된 downconverter 의 결과로 이득은 약 30B , 입력 VSWR 은 1.75 :1 , 잡음지수는 약 1.19 dB 정도로 나왔다. 자기 발전 믹서를 사용하였을 때 시스템의 단수를 줄일 수 있었고 칩면적을 줄여 MMIC 에 한결을 더 나아갈 수 있었다. 그 외에 이득, 잡음지수, VSWR 등이 DBS 시스템용 저잡음 주파수 변환기로서 만족할 만한 결과가 나왔다. 하지만 자기 발전 믹서 자체만의 잡음 지수는 매우 높았으므로 이를 해결하기 위한 연구가 지속되어야 할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] Kevin Hubbard, "A Family of Low Cost High Performance HEMT MMIC for Commercial DBS Applications", IEEE Microwave and Millimeter-wave Monolithic Circuit Symposium. 1995
- [2]George E, Stratakos, Nikolaos K and Uzunoglu, "Design of a MMIC Low Noise Amplifier at 10GHz", in proc. International Conference on microelectronics, pp 773-778, September 1995.
- [3]Xuesong Zhou and Afshin S.Daryoush, "An Efficient Self-Oscillating Mixer for Communications", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol.42, October 1994
- [4]Behzad Razavi, "RF Microelectronics", Prentice Hall 1998