

# 마이크로파 트랜시버용 고안정 자기발진믹서의 설계

정인기\* · 이영철\* · 김영진\*\*

\* 경남대학교 정보통신학부

\*\* 동의대학교 전자공학과

## Design of High Stable Self-Oscillating Mixer for Microwave Transceiver

In-Ki Jeong\* · Young-Chul Rhee\* · Young-Jin Kim\*\*

\* Div. of Information & Comm. Eng., Kyungnam University,

\*\* Dept. of Electronic Eng. Donggeui University,

E-mail : synthesizer@hanmail.net, micropt@kyungnam.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 마이크로파 트랜시버용 자기발진믹서를 설계·제작하였다. 설계된 자기 발진기는 10.75GHz의 동작주파수에서 4.33dBm의 출력을 보였으며 위상잡음은 100KHz의 offset주파수에서 -102dBc/Hz의 특성을 보였다. 입사신호 11.7GHz~12.9GHz를 인가시켰을 때 IF 주파수 950MHz~2150MHz 범위에서 변화이득은 6dB로 나타났으며 설계된 SOM은 디지털 트랜시버 시스템의 하향변환기에 적용할 수 있음을 확인하였다.

### ABSTRACT

In this paper, we designed a Self-Oscillating Mixer(SOM) for Microwave Transceiver. Implementation of SOM shows the output power of 4.33dBm at 10.75GHz and the phase-noise of -102dBc/Hz at 100KHz offset frequency. Applying the input frequency band 11.7GHz~12.9GHz, The designed SOM IF frequency is 950MHz~2150MHz and its conversion gain is 6dB in the IF band. We convinced that SOM is applied to a digital transceiver down-converter

### 1. 서 론

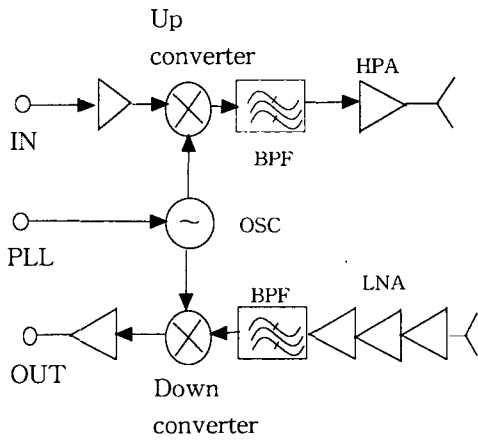
최근의 마이크로파 통신시스템의 디지털화 추세에 따라 저가 고성능(Low cost-High performance)의 추세로 발전되고 있다. 저가 고성능인 MMIC의 가격이 낮아지는 추세이지만 국부 발진기등의 경우 고안정 특성과 저위상 잡음이 요구되며, 디지털 통신에서 BER과 위상잡음의 관계에 의하여 마이크로파 대역에서 높은 Q값을 갖는 DR을 이용한 발진기를 요구한다. 이와 같은 특성을 고려하여 발진기는 고안정 DRO를 설계하고 믹서는 게이트 믹서 형태로서 마이크로파 front-end를 설계하여 기존의 발진기와 믹서를 결합한 자기발진믹서(SOM; Self-Oscillating Mixer)의 특성을 분석할 필요가 있다. 이러한 연구개발 추세에 따라 디지털 마이크로파 통신시스템의 송·수신모듈의 설계에 있어서 국부발진기와 믹서를 하나의 모듈로

설계하는 칩셋(Chip-set)의 필요성이 요구되고 있다. 또한 저 잡음 하향변환기(Low Noise Block)에 적용되는 다이오드형 믹서(mixer)는 다이오드에 의한 변환손실(conversion loss)을 나타내고 별도의 국부 발진기(Local Oscillator)를 설계를 해야 하나 자기발진믹서의 경우에는 하나의 능동소자로 국부발진신호의 형성과 믹서기능을 동시에 나타내고 능동소자에 의한 변환이득(conversion gain)을 나타내므로 하향변환기의 증폭단 또는 IF 증폭단의 수를 감소시키는 장점 등이 있다. 따라서 본 논문에서는 하나의 FET를 사용하여 국부발진신호와 입력단의 RF신호를 혼합(mix) 시키는 마이크로파 트랜시버용 자기발진믹서를 분석하고자 한다[1].

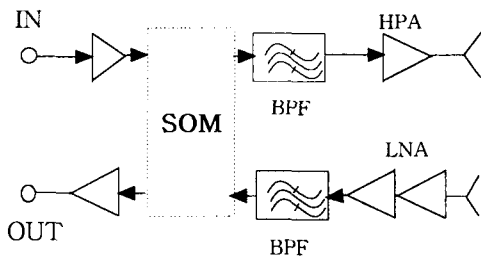
\* 본 연구는 1999년도 정보통신부 대학기초 연구사업의 일부분으로 수행하였습니다.

## II. 마이크로파 트랜시버의 구성과 자기발진 믹서

마이크로파 트랜시버(Microwave Transceiver)의 front-end단의 구성도는 그림1(a)와 같이 나타낼 수 있다. 일반적으로 Up/Down Converter의 설계방향은 저잡음 증폭기(LNA)에서 약 1.0~1.2dB 정도의 잡음지수(NF; Noise Figure)와 약 30dB이상의 증폭이득을 필요로 하며 그림1(a)에서와 같이 GaAs FET(또는 HEMT)와 같은 능동소자를 사용하여 3단 이상의 저잡음 증폭기블럭과 다이오드에 의한 믹서 및 국부발진기(VCO또는 DRO) 및 IF증폭단으로 다운 컨버터를 구성한다 [1,2].



(a) 일반적인 Transceiver의 구성도



(b) 자기발진 믹서형 Transceiver의 구성도

그림 1. 마이크로파 트랜시버의 구성도

그림1(b)의 자기발진믹서형 다운컨버터의 구성은 저잡음 증폭단과 HEMT에 의한 자기발진믹서(SOM) 및 IRF (Image Rejection Filter)와 IF증폭단으로 구성되며 종래의 다이오드형 믹서 보다 잡음지수의 개선 효과, 다이오드 믹서의 변환손실(Conversion Loss)대신 능동소자에 의한 변환이득

(Conversion Gain)특성에 의한 증폭효과가 있으며 다이오드믹서에 비하여 왜곡의 개선 효과를 나타낼 수 있다.

이와 같은 자기발진믹서는 HEMT에 의한 믹서 작용과 DR에 의한 자기발진기의 형성과 전달이득이 큰 값을 갖게 되는 증폭작용도 나타난다. 그러나 자기 발진믹서의 HEMT를 안정화시키고 기생발진(Spurious Oscillation)을 방지하기 위하여 가능한 자기발진믹서의 설계에 있어서 능동소자의 증폭현상을 감소시킬 필요가 있다. 자기발진신호에 대하여 능동소자를 부정합(mismatch)시키는 방안으로 출력단에서 자기발진의 고조파 성분을 단절시킬 수 있는 단락회로를 설계하며, 단락회로의 구성으로 인하여 불안정현상을 방지하거나 귀환을 방지하는 효과를 얻게 된다. 자기 발진믹서의 설계에 있어서 고려되어야 할 사항은 국부발진의 누설(leakage)의 차단과 IF증폭단 사이의 효과적인 분리도(Isolation)를 위한 회로를 설계하여야 한다.

자기발진믹서의 HEMT에 의한 DRO를 설계함에 있어서 HEMT의 조건안정 상태를 이용한 병렬 귀환회로를 출력단과 입력단 사이에 구성하고 부하와 소스 임피던스 정합회로를 설계하여 HEMT를 불안정상태로 형성시키므로서 입력과 출력임피던스가 부정저항특성(Negative Real Point)에 반사계수가 1 보다 크게 되는 현상을 이용한다. HEMT에 의한 DR 국부발진기의 설계에 있어서 가장 고려한 사항은 발진기의 위상잡음(Phase Noise)과 DC-RF변환효율이다[3].

HEMT에 의한 자기발진믹서의 회로는 그림2와 같으며 회로에서 HEMT의 출력단에서 입력단으로 전달되는 병렬귀환에 의하여 자기발진 주파수 이외의 주파수 성분(Harmonics)이 차단되고 입력단에 RF신호 이외의 다른 주파수 성분이 차단된다고 가정할 때 자기발진믹서의 믹서동작은 고안정 DR에 의한 자기발진에 의한 신호 인가와 입사되는 RF신호에 의한 소신호 동작에 대하여 최적화 과정으로 해석할 수 있다. 이와같은 능동소자내의 대신호-소신호 분석은 대신호에 대하여 Harmonic Balance법으로 분석하고 분석된 값을 다시 소신호 선형화 상태로 변화시켜 시변(Time Varying)등가회로에 의하여 해석한다.

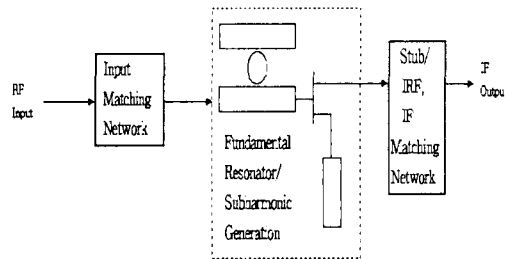
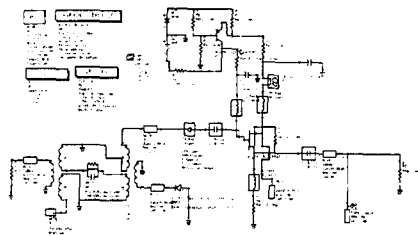


그림 2. 자기발진믹서의 회로

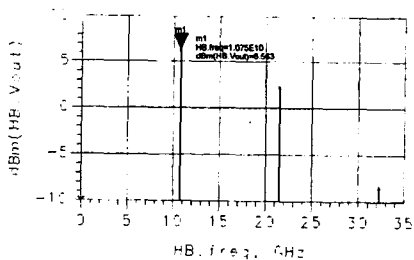
III. SOM 설계 및 실험 분석

본 연구에서는 자기발진믹서를 Ku-대역 마이크로파 통신시스템의 저잡음 다운컨버터에 적용시키고자 하며 입력주파수 11.7~12.9GHz에 대하여 10.75GHz의 고안정 국부발진기와 믹서 동작을 시켜 중간주파수(IF) 범위를 950~2150MHz로 하였다. 기준주파수인 10.75GHz는 DR을 이용하여 발생시키고 HEMT의 비선형성에 의해 동시에 믹서작용을 나타내도록 설계하였으며 HP사의 HP-ADS를 사용하여 모의 실험하였다.

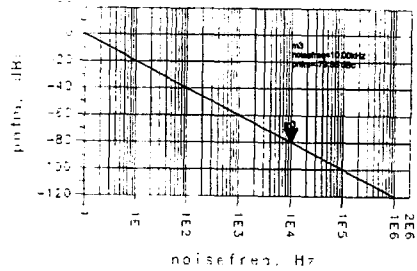
그림 3은 DRO의 모의 실험 회로도를 나타내고 그림 4는 입력단에 RF신호를 인가 한후의 모의 실험 결과를 나타내고 있다. 모의 실험결과 10.75GHz에서 출력전력은 6.563dBm, 위상잡음은 10KHz 오프셋 주파수(offset frequency)에서 79.86dBc의 특성을 얻었다. 자기발진 믹서를 구성하기 위하여 실험에 사용한 소자는 NEC사의 NE32584 소자를 사용하였으며 기판은  $\epsilon_r=2.5$   $t=0.508$ mm,  $H=0.018$  mm 인 Teflon기판을 사용하였고 DR은 온도특성( $\tau$ )  $9.0 \pm 1.0$ ppm/ $^{\circ}$ C, 비유전율 43,  $Q=7604$ 인 DR을 사용하여 제작하였다. 그림 5,6은 측정된 DRO의 발진파형과 위상잡음을 나타내고 그림 7은 SOM의 최종 출력인 중간주파수(IF)를 나타내며, 그림 8은 변환이득을 나타내고 있다. 측정 결과 10.75GHz에서 출력전력은 4.33dBm, 위상잡음은 81.5dBc/Hz@10KHz, 변환이득은 6dB의 특성을 얻었다. 그림 9는 제작된 SOM을 나타내고 있다.



(a) 회로도

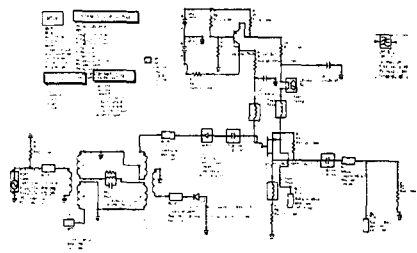


(b) 출력전력

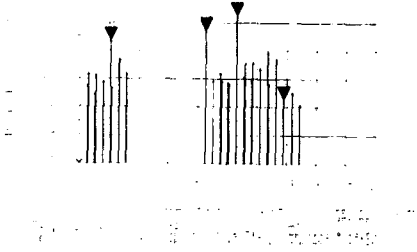


(c) 위상잡음

그림 3. DRO의 모의 실험 결과



(a) SOM의 회로도



(b) SOM의 하모닉 특성

그림 4. SOM의 모의 실험결과

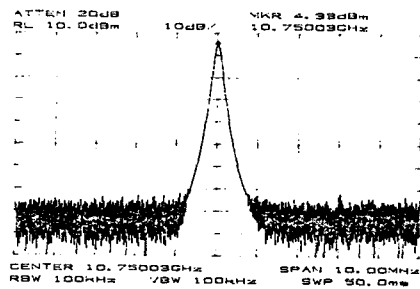


그림 5. DRO의 발진파형

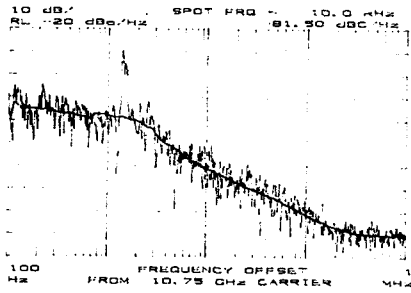


그림 6. DRO의 위상잡음 특성

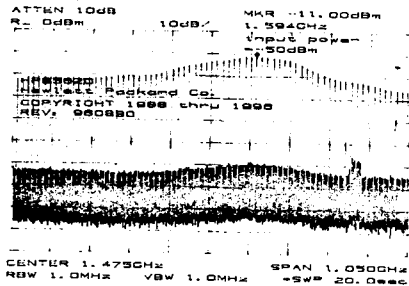


그림 7. IF 단 최종 출력

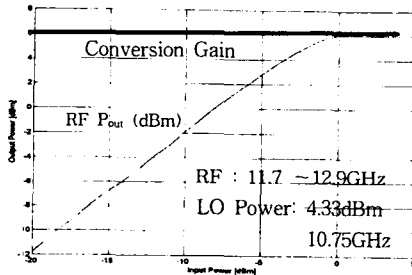


그림 8. Conversion Gain

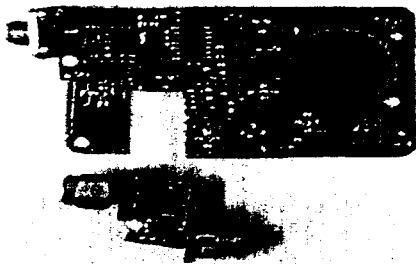


그림 9. 제작된 SOM

설계된 자기발진믹서에 대하여 RF신호가 입사된 후 신호는 interdigit 형태의 대역통과필터(BPF)를 통과하며 자기발진믹서의 입력단에서 대역통과필터에 의하여 RF-SO(self oscillation) 주파

수 사이의 분리 특성이 나타나도록 BPF를 설계하였다. 또한 자기발진믹서의 출력단에서는 IF대역만 통과시키고 스퓨리어스 신호는 억제되어야 하므로 출력단에서의 단락회로는  $50\Omega$   $\lambda/4$  스태브를 사용하여 IF와 자기발진 신호와의 분리도를 높였다.

### V. 결 론

본 논문에서는 마이크로파 트랜시버용 자기발진 믹서를 설계 및 제작하였다. 설계된 발진기의 모의 실험 결과와 측정치는 표 1과 같다.

<표 1>

	모의 실험	실험결과
출력전력	6.563dBm	4.33dBm
위상잡음	79.86dBc @10KHz	81.5dBc @10KHz
IF 출력	-12.68dBm	-11dBm
변환이득		6dB

설계 및 제작한 결과 만족할 만한 결과가 나타났으며 발진기의 위상잡음을 좀더 개선시키고 안정도를 높이기 위한 방안에 대한 연구가 진행되어야 하며, MMIC화에 대한 연구도 진행되어야 할 것이다.

### 참고문헌

- [1] 이영철, "C-band 자기발진믹서의 설계에 관한 연구", 한국통신학회 하계학술대회, 1997. 7월, PP737-740.
- [2] Guan-Wu Wang, et al "A Low Cost DBS Low Noise Block Downconverter with Self-Oscillating Mixer." IEEE. MTT-S. Dig. 1994. PP1447-1450.
- [3] Bernd Roth, "A CAD Method Applied to the Development of Microwave Oscillator." Int.Jour.of Micro .and MM Computed-Aided Eng. vol.4. No.4.1994.349-362.
- [4] Guan-Wu Wang "Large Signal Time-Domain Simulates fo HEMT Mixers." IEEE. MTT.Vol.36. No.4. April. 1988. 756-759.
- [5] Jacques Verdier, "Analysis of Noise Up-Conversion in Microwave Field-Effect Transistor Oscillators." IEEE. MIT. vol.44. No.8. Aug. 1996. 1478-1483.
- [6] P.Colantio, "The Optimum of M/W Active Frequency doublers." IEEE. MTT-S Aug. 1995. PP1423-1426.
- [7] A.Katerka. aq Tikacpr. "Computer Calculation of Large Signal GaAs FET Amplifiers Characteristic." IEEE. MIT. Vol.33. Feb. 1985. PP129-134.
- [8] Stephen A. Maas, Nonlinear Microwave Circuits, Artech House Inc., London, 1988