

# DECT 단말기용 Switchable VCO 설계 및 제작

## Design and Fabrication of Switchable VCO for DECT Handset

김상태\* · 황수설\*\* · 류준규\*\* · 홍성용\*\* · 이재명\*\*\*

Sang-Tae Kim\* · Soo-Seol Hwang\*\* · Jun-Gyu Ryu\*\* · Sung-Yong Hong\*\* · Jae-Myung Lee\*\*\*

### 요 약

DECT 단말기용 Switchable VCO를 설계 및 제작하였다. 이중모드 단말기에서는 하나의 VCO가 송·수신모드의 규격을 만족하도록 두 개의 다른 주파수에서 동작되어야 한다. 이중 모드 VCO는 하나의 공진부를 스위칭한 VCO, 두 개의 공진부를 스위칭한 VCO 그리고 두개의 VCO를 스위칭한 형태가 있다. 본 논문에서는 하나의 공진부를 스위칭한 VCO를 사용하였는데, 핀 다이오드를 사용하여 공진부의 커패시턴스를 스위칭하였다. 측정 결과 바이어스 조건이 3V와 13mA일때 출력전력은 -6.5 dBm 이상, 25 kHz offset 주파수에서 -104 dBc/Hz의 위상잡음 특성을 나타내었다. 따라서 제작된 switchable VCO는 DECT 단말기에 적용할 가능성을 알 수 있다.

### Abstract

A switchable VCO for DECT handset is designed and fabricated. In dual mode radios, a single VCO is desired to operate at two different frequencies to meet the requirement of two mode(Tx, Rx). The three design types of switchable VCO are switched resonator VCO, switched mode VCO and dual band VCO. In this paper, we use the switched resonator VCO type using pin diode switch to change the total amount of capacitance in the tank circuit. At the bias condition of 3V and 13mA, the output power and phase noise are better than -6.5 dBm and -104 dBc/Hz at 25 kHz offset from the carrier, respectively, across the operating frequency range. From these results, the fabricated switchable VCO is applicable to the DECT handset.

### I. 서 론

전압제어발진기(VCO)는 제어전압으로 발진 주파수를 조정하는 부품으로써 이동통신기에서 PLL 모듈에 사용되어 채널을 할당하거나 주파수를 RF 또는 IF로 변환하는 국부발진기의 핵심 부품이다. 특히 채널 간격이 좁은 시스템에서는 전압제어 발진기의 위상잡음 특성이 전체 시스템의 성능에 상당한 영향을 미치게 된다<sup>[1]</sup>.

현재 유럽에서 널리 사용되고 있는 디지털 무선

전화기인 DECT(Digital European Cordless Telephone) 시스템의 출력도를 그림 1에 나타내었다. DECT 시스템은 송수신 주파수 대역을 1,880~1,900 MHz를 사용하는데 RF 스위치를 이용하여 송수신 신호를 분리하는 TDD(Time Division Duplex)방식을 채택하고 있다<sup>[2]</sup>. DECT 시스템의 송신단은 1,880~1,900 MHz, 수신단은 1,770~1,790 MHz의 발진 주파수가 각각 필요한데 이를 위해 안테나 스위치와 동기되어 두 개의 주파수를 스위칭할 수 있는 VCO를 사용한다. 또한 900 MHz대를 이용하여 PLL 회

\* 아주대학교 전기 및 전자공학부(Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Ajou University)

\*\* 충남대학교 전파공학과(Dept. of Radio Science and Engineering, Chungnam National University)

\*\*\* (주)뉴컴전자(Newcom Electronic Co.)

· 논문 번호 : 20000126-009

· 수정완료일자 : 2000년 4월 19일

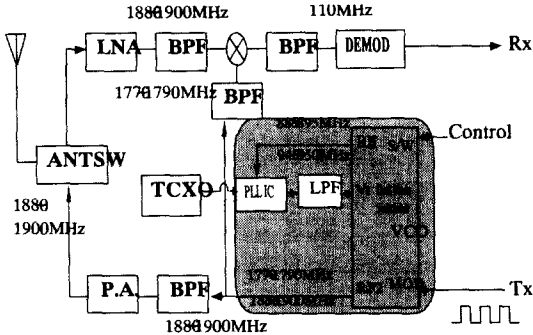


그림 1. DECT 시스템 블럭도  
Fig. 1. Block diagram of DECT System.

로를 구성하는 것이 가격이나 기술적으로 유리하기 때문에 DECT용 VCO는 900 MHz와 1,800 MHz 대역을 동시에 사용할 수 있어야 하며 송신신호를 FSK 변조를 할 수 있는 기능이 있어야 한다. 따라서 일반적인 VCO에 비해 구현하기가 상당히 어렵다.

본 논문에서는 900 MHz 대역과 1,800 MHz 대역을 동시에 사용할 수 있는 DECT 단말기용 switchable VCO를 설계 및 제작하였다.

## II. Switchable VCO 회로 및 설계

전압제어발진기의 구성을 보면 공진부, 발진부 그리고 출력부 등으로 구분하여 볼 수 있다. 전압제어 발진기의 출력 주파수를 스위칭하기 위해서는 공진부의  $L$ 과  $C$ 를 변화시켜 출력주파수를 조절함으로써 가능하다. Switchable VCO 회로는 공진부의 형태에 따라 그림 2와 3과 같다<sup>[3]</sup>.

그림 2는 하나의 공진부를 사용한 회로인데 전압제어발진기 공진부의 일부분인 인덕턴스를 다이오드의 스위칭 동작에 의해 서로 다른 공진 모드를 가지도록 구성하여 줌으로써 서로 다른 공진주파수에서 동작시킬 수 있다. 동작을 살펴보면, 스위칭 다이오드에  $V_{sw}$ 가 인가되었을 경우  $L_2$ 만이 공진에 영향을 주게 되고, 동작 전원이 인가되지 않으면  $L_2$ 와  $L_3$ 가 공진에 영향을 주게 되어 다이오드의 스위칭 동작에 의해 각각 다른 출력주파수를 얻을 수 있게 된다. 이와 같이 회로를 구성하게 되면 회로가 단순해 지므로 총 사용 전류를 줄일 수 있으며, 크기와 가격

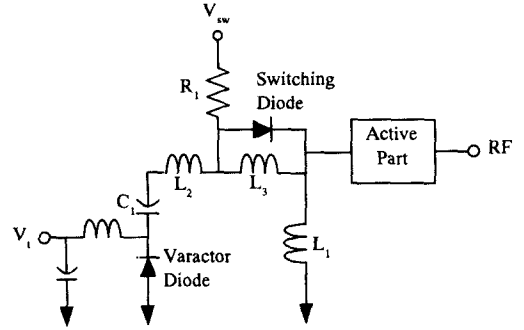


그림 2. 하나의 공진부를 이용한 switchable VCO 회로  
Fig. 2. Switchable VCO circuit using one resonator.

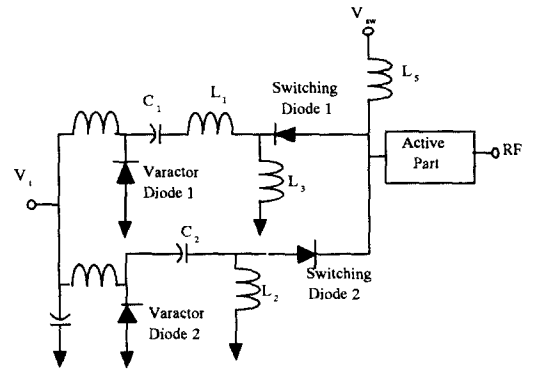


그림 3. 두 개의 공진부를 이용한 switchable VCO 회로  
Fig. 3. Switchable VCO circuit using two resonators.

면에서도 유리하게 된다. 반면에 스위칭 주파수 간격이 넓은 경우, 공진을 유지시키기 위한 케환 회로가 필요하게 되고 부과된 케환 회로의 위상잡음을 줄이기 위한 회로가 추가되는 등 실제적인 제약이 생기게 된다. 일반적으로 이러한 형태의 switchable VCO는 스위칭 주파수 간격이 좁을 때 사용되어지고 스위칭 주파수 간격이 넓은 경우에는 그림 3과 같은 두 개의 공진부를 이용한 회로를 사용한다.

그림 3의 switchable VCO는 공진부를 두 부분으로 구성하여 서로 다른 주파수 대역에서 공진이 되도록 설계한 후 이를 다이오드의 스위칭 동작에 의해 서로 다른 주파수 대역에서 동작하도록 하게 한다. 그림 3의 switchable VCO 형태는 그림 2의 회로에 비해 제작이 어렵고 크기가 커지는 단점이 있지만 하나의 공진부를 이용한 switchable VCO에서 구현하기 어려운 넓은 주파수 대역을 스위칭할 수 있

다. 따라서 900 MHz대역의 이동전화(Cellular)와 1,900 MHz 대역의 개인휴대통신(PCS)의 switchable VCO와 같이 주파수 차이가 큰 대역을 스위칭 가능한 VCO를 구현할 수 있다.

DECT용 이중 모드 switchable VCO의 설계 규격을 표 1에 나타내었다. DECT 시스템은 송신부와 수신부의 주파수 간격이 좁기 때문에 그림 2와 같이 하나의 공진부를 이용하여 switchable VCO 회로를 설계하였다.

본 논문에서 사용한 switchable VCO 회로를 그림 4에 나타내었다.

그림 4의 회로는 하나의 공진부를 이용하여 스위칭할 수 있는 형태이며 발진회로는 Colpitts 형을 사용하였으며 편 다이오드를 이용하여 공진부의 C를

변화시켜 원하는 주파수를 얻을 수 있다. 또한 발진 주파수 대역에서 일정한 출력 전력을 얻고 발진기

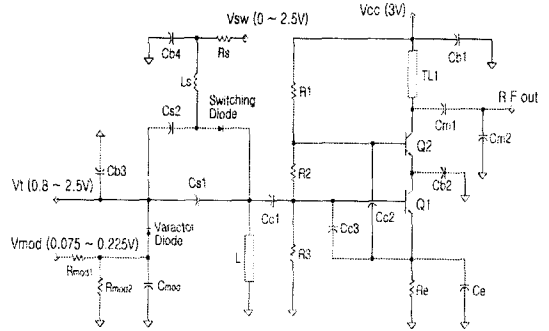


그림 4. DECT용 switchable VCO

Fig. 4. Switchable VCO for DECT handset.

표 1. DECT 단말기용 Switchable VCO 설계 규격

Table 1. Specification of switchable VCO for DECT handset.

구분	동작조건		단위
	송신대역 (Tx)	수신대역 (Rx)	
스위칭 전압 (Vsw)	+2.3min, +2.9max	+0.1 max	Vdc
스위칭 전류 (Isw)	1.0 max	0.1 max	mA
주파수 가변 범위			
기준 주파수 at 0.8V (Fundamental)	935 max	879 max	MHz
2차 고조파 at 2.5V (Doubler out)	954 min	898 min	
기준 주파수 at 0.8V	1870 max	1758 max	
2차 고조파 at 2.5V	1908 min	1796 min	
출력 전력 (P)			
기준 주파수	-9±3	-7±3	dBm
2차 고조파	-9.5±3	-9.5±3	
주파수 안정도 푸싱피겨(Pushing Figure)	±400 max	±500 max	kHz (Vcc±5%)
풀링피겨(Pulling Figure)	±300 max	±500 max	kHz (vswr=2)
출력 정합	50 typ	50 typ	Ω
동작 전압 (Vcc)	2.9±0.1		Vdc
가변 전압 (Vt)	0.8 ~ 2.5		Vdc
위상잡음 : 기본 주파수(at 25 kHz offset)	-95 max		dBc/Hz
전류 소모 (Icc)	16 max		mA
Harmonics at Doubler out 기준 주파수	-3		dBc
3차 기준 주파수	-8		
Modulation Sensitivity	±250 ~ 360		kHz

출력단 부하의 변화에 대해 발진 주파수의 영향을 최소화하기 위해 완충증폭기를 연결함으로써 전체 회로를 간소화하고 소비 전력을 줄일 수 있도록 설계하였다.

본 논문에서는 HP Eesof MDS 시뮬레이터를 사용하여 먼저 발진부를 설계하였다. 발진부 시뮬레이션 결과를 그림 5에 나타내었다.

두 주파수 대역을 스위칭하기 위해 HITACHI사의 HVC132 편 다이오드를 사용하였는데 특성 값은 표 2와 같다.

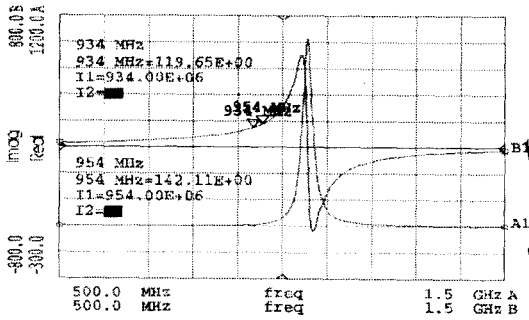
대신호 모델을 이용하여 기본 주파수와 고조파 성분의 출력 전력 레벨을 조정하였는데 시뮬레이션 결과를 그림 6에 나타내었다. 그림 6으로부터 기본 주파수 성분과 2차 고조파 성분의 전력 레벨이 비슷하게 되어 두 주파수 성분 모두 사용할 수 있음을 알 수 있다.

또한 위상잡음 특성을 시뮬레이션 한 결과를 그림 7에 나타내었다.

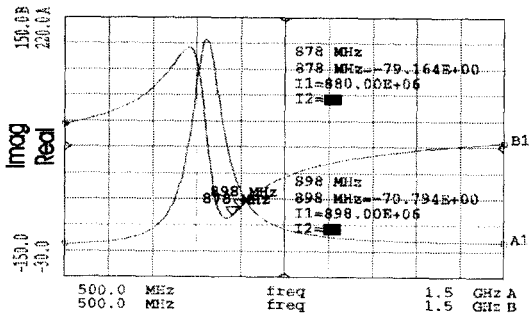
표 2. Pin 다이오드 주요 특성

Table 2. Characteristics of pin diode.

항 목	단 위	측 정 조 건	규 격		
			min.	typ.	max.
순전압( $V_F$ )	V	$I_F=100\text{ mA}$	-	-	1.0
역전류( $I_R$ )	$\mu\text{A}$	$V_R=60\text{ V}$	-	-	0.1
커패시턴스	pF	$V_b=1\text{ V}$ at $f=1\text{ MHz}$	-	-	0.5
내부 저항( $r_s$ )	$\Omega$	$I_F=100\text{ mA}$ at $f=470\text{ MHz}$	-	-	2.0



(a)



(b)

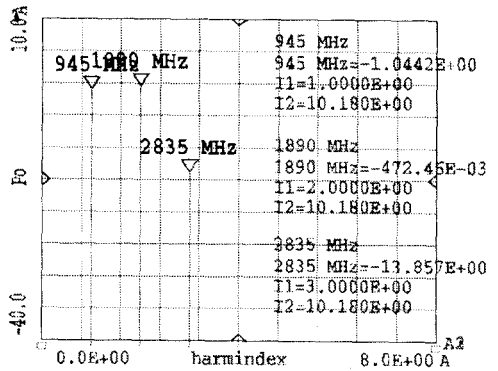
그림 5. 발진부 시뮬레이션 결과 ( $V_t=1.7\text{ V}$ ).

(a) 송신대역 ( $V_{sw}=2.5\text{ V}$ ),

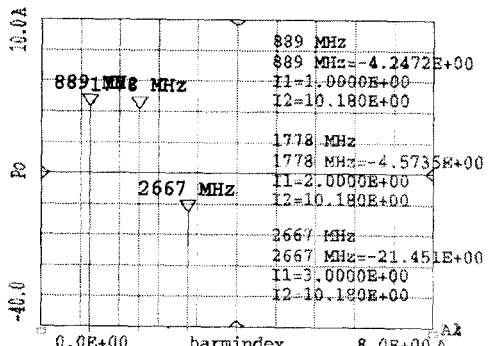
(b) 수신대역 ( $V_{sw}=0\text{ V}$ )

Fig. 5. Simulation results of oscillating part ( $V_t=1.7\text{ V}$ ).

(a) Transmitting band, (b) Receiving band.



(a)



(b)

그림 6. VCO의 출력 특성 시뮬레이션 결과

(a) 송신대역, (b) 수신대역

Fig. 6. Simulated output power spectrum.

(a) Transmitting band, (b) Receiving band.

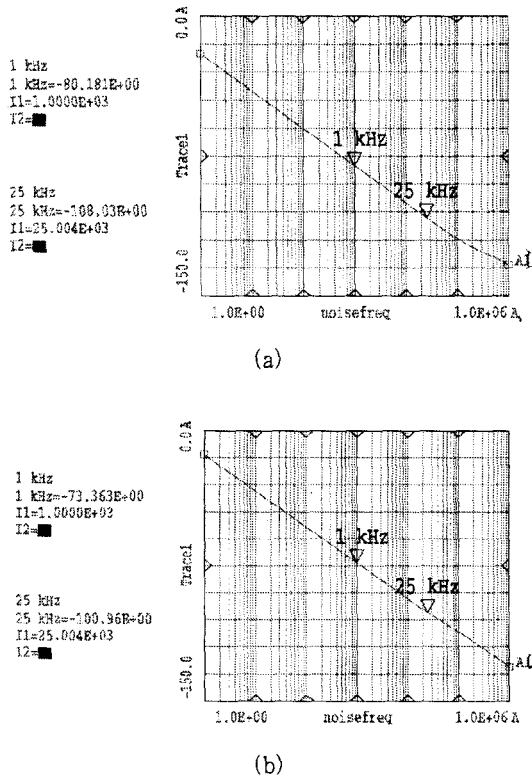


그림 7. 위상잡음 특성 시뮬레이션 결과

- (a) 송신대역 ( $f = 1,890 \text{ MHz}$ ,  $P_o = 0 \text{ dBm}$ )
- (b) 수신대역 ( $f = 1,778 \text{ MHz}$ ,  $P_o = 0 \text{ dBm}$ )

Fig. 7. Simulated phase noise of VCO.

- (a) Transmitting band, (b) Receiving band.

DECT용 VCO는 FSK 변조기능이 있어야 한다. 입력되는 디지털 신호의 전압 변화에 따라 바랙터 다이오드에 인가되는 전압을 변화하게 하여 출력되는 신호의 주파수를 바뀌게 함으로써 FSK 변조를 가능하게 한다. 변조부를 설계하기 위해서는 우선 설계하고자 하는 주파수 대역에서 바랙터 다이오드의 특성값을 구한 후, 이 값을 이용하여 FSK 변조하였을 때 출력되는 고주파 신호의 변화량을 만족하는 특성값의 변화를 구해야 한다. 바랙터 다이오드는 Toshiba사의 1S229를 사용하였는데 HP 8719D 회로망 분석기를 이용하여 전압변화에 대한 커패시턴스를 측정하여 시뮬레이션에 이용하였다.

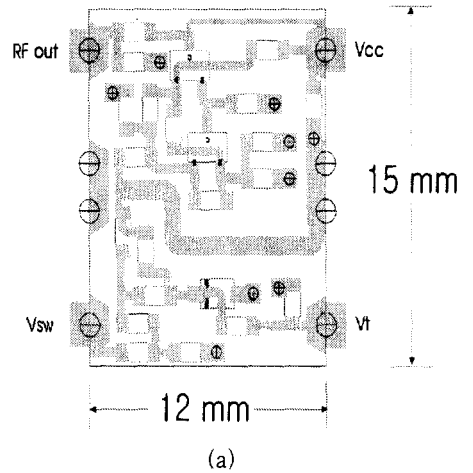
그림 4의 회로에서 출력신호가 규격에 맞는 변조 감도를 갖도록 바랙터 다이오드의 특성값을 시뮬레이션을 통해 구한 후 변조회로의  $R_{mod1}$ ,  $R_{mod2}$  및

$C_{mod}$ 를 결정하였다.

### III. Switchable VCO 제작 및 측정

앞에서 보인 설계 과정을 통해 얻어진 결과를 이용하여 switchable VCO를 제작하였다. 기판은 두께가 1mm이고 비 유전율이 4.5인 FR4를 사용하였으며 크기는 12×15mm이다. 제작한 switchable VCO의 패턴도와 사진을 그림 8에 나타내었다.

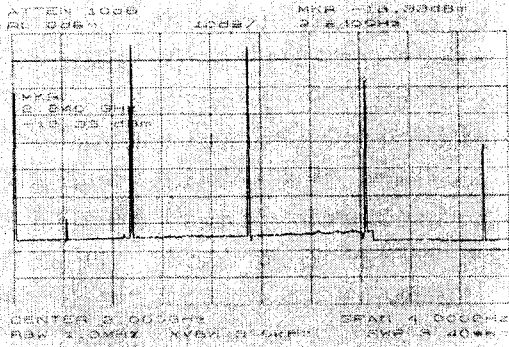
$V_{cc}$ 는 3V의 직류 신호를 인가하였고  $V_t$ 는 0.8 ~ 2.5V로 가변하였으며  $V_{sw}$ 는 송신대역에서는



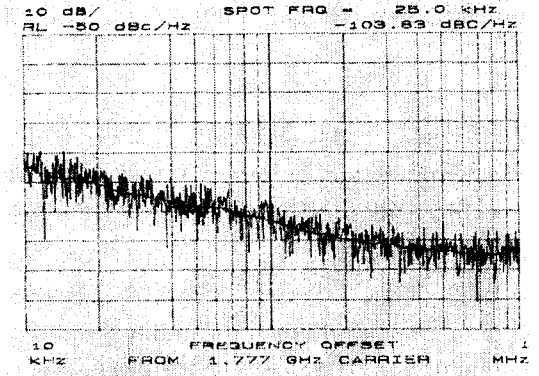
(b)

그림 8. 제작한 switchable VCO 패턴도와 사진  
(a) Switchable VCO 패턴도,  
(b) 제작한 VCO

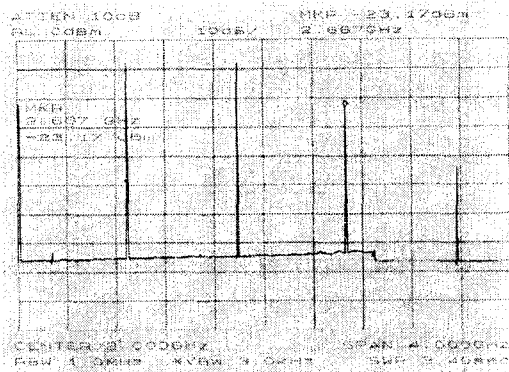
Fig. 8. Layout and photograph of fabricated VCO.  
(a) Layout of switchable VCO,  
(b) Photograph of fabricated VCO.



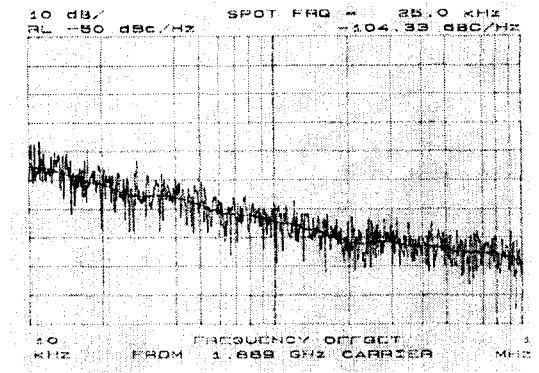
(a)



(b)



(b)



(b)

그림 9. 고조파 특성 측정 결과

(a) 송신대역, (b) 수신대역

Fig 9. Measurement results of harmonics response.

(a) Transmitting band, (b) Receiving band.

그림 10. 위상잡음 특성. (a) 송신대역, (b) 수신대역

Fig 10. Measured values of phase noise.

(a) Transmitting band, (b) Receiving band.

표 3. 설계 및 측정 결과 비교

Table 3. Comparison of designed and measured values.

항 목			설계 결과		측정 결과	
			송신대역	수신대역	송신대역	수신대역
주파수 범위 [MHz]	기본	$V_i=0.8$	921	868	922.7	861.5
		$V_i=2.5$	960	906	959	901.8
	2차	$V_i=0.8$	1842	1736	1845	1722
		$V_i=2.5$	1920	1812	1920	1804
출력 전력 [dBm]	기본		$-1 \pm 0.5$	$-4 \pm 0.5$	$-5 \pm 0.5$	$-5 \pm 0.5$
	2차		$-1 \pm 0.5$	$-4 \pm 0.5$	$-6 \pm 1$	$-6 \pm 1$
위상잡음[dBc/Hz] (@ 25 kHz)	기본		-108	-102	-109	-108
	2차		-108	-102	-104	-103
소모전류[mA]			10		13	
3차 고조파[dBc]			-12	-17	-13	-18

0 V, 수신대역에서는 2.5 V를 인가하여 스위칭하였다.

측정결과 주파수 가변 범위는 송신대역에서 기본 주파수는 922.7 ~ 959.3 MHz, 2차 고조파는 1,845 ~ 1,920 MHz로 나타났고, 수신대역에서는 기본 주파수는 861.5 ~ 901.8 MHz, 2차 고조파는 1,722 ~ 1,804 MHz로 측정되었다.

고조파 특성은 그림 9에 나타내었다. 그림 9에서 알 수 있듯이 기본 주파수와 2차 고조파의 출력차이가 1 dB 이내로 나타났으며 3차 고조파의 고조파 억압도도 -13 dBc 이하로 설계규격을 만족하였다.

또한 송신대역 및 수신대역의 위상잡음 특성을 그림 10에 나타내었다.

그림 10과 같이 위상잡음 특성은 송신대역에서 -104.3 dBc/Hz, 수신대역에서는 -103.8 dBc/Hz로 측정되었다. 설계 결과와 측정 결과를 정리하여 보면 표 3과 같다.

표 3으로부터 제작된 switchable VCO는 출력레벨, 위상잡음, 고조파 특성에서 표 1의 설계규격을 만족함을 알 수 있다. 측정된 위상잡음 특성이 시뮬레이션의 결과와 차이가 생기는 것은 측정된 소자의 특성값의 오차 때문이라 생각된다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 서로 다른 주파수 대역을 스위칭할 수 있고 기본 주파수와 2차 고조파를 동시에 사용할 수 있는 DECT 단말기용 듀얼 모드 Switchable VCO를 설계하고 제작하였다.

측정결과 제작된 이중 모드 switchable VCO는 가변 전압이 0.8 ~ 2.5 V일 때 송신대역인 922.7 ~ 956.8 MHz에서 -5.5 dBm의 출력 전력을 나타내었

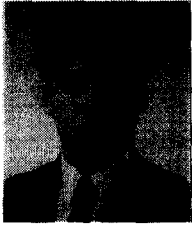
고, 2차 고조파인 1,845 ~ 1,920 MHz에서는 -6.5 dBm의 출력 전력을 보였으며 위상잡음은 25 kHz offset에서 -109 dBc/Hz와 -104.33 dBc/Hz로 나타났다. 수신대역의 기본 주파수인 861.5 ~ 901.8 MHz에서 -5 dBm의 출력 전력을 나타내었고, 2차 고조파인 1,722 ~ 1,804 MHz에서 -5.5 dBm의 출력 전력을 보였으며, 위상잡음은 25 kHz offset에서 -108 dBc/Hz와 -103 dBc/Hz로 각각 측정되었다. 이때 소비전력은 전원 전압이 3 V일 때 소비전류는 13 mA로 나타났다. 따라서 본 연구에서 제작한 VCO는 DECT용 단말기에 적용할 수 있으리라 여겨진다.

향후 다중기판을 사용하여 크기를 소형화하는 문제와 스위칭 시간을 측정하고 개선하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Eric Holzman, *Solid-state microwave power oscillator design*, Artech House, 1992.
- [2] Application Note, OM 5045 DECT radio design, Philips Electronics N.V., 1995.
- [3] Vari-L, "Dual band voltage controlled oscillators for personal communication", *Microwave Product Digest*, pp. 52, 84-85, May, 1999.
- [4] Y. Xuan, "A generalized approach to the design of microwave oscillator", *IEEE Trans MTT-35*, pp. 1340-1347, Dec., 1987.
- [5] K. L. Kotzebue, "A technique for the design of microwave transistor oscillators", *IEEE Trans. MTT-32*, pp. 719-721, July, 1984.

김 상 태

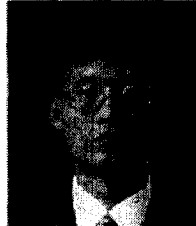


1984년 2월: 아주대학교 전자공학과(공학사)  
1986년 2월: 아주대학교 전자공학과(공학석사)  
1998년 2월: 아주대학교 전자공학과(박사과정 수료)  
1991년~현재: 한국산업기술평가원

선임연구원

[주 관심분야] RF 회로 설계, 필터 설계

홍 성 용



1985년 2월: 충남대학교 전자공학과(공학사)  
1988년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)  
1994년 8월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)  
1994년 2월~1996년 8월: 한국 쌍

신전기 연구소장

1996년 9월~현재: 충남대학교 전파공학과 조교수

[주 관심분야] RF 회로 설계

황 수 설



1998년 2월: 충남대학교 전파공학과(공학사)  
1998년 3월~현재: 충남대학교 전파공학과 석사과정  
[주 관심분야] RF 회로 설계

이 재 명



1993년 2월: 단국대학교 전자공학과(공학사)  
1993년 6월~1997년 12월: 한국 쌍 신전기 주임 연구원  
1997년 7월~현재: (주) 뉴컴전자 기술이사  
[주 관심분야] RF 회로 설계

류 준 규



1999년 2월: 충남대학교 전파공학과(공학사)  
1999년 3월~현재: 충남대학교 전파공학과 석사과정  
[주 관심분야] RF 회로 설계