

## Tunable Image Rejection Filter 구현

<sup>1</sup>하상훈, <sup>1</sup>오재욱, <sup>1</sup>김형석,  
<sup>1</sup>중앙대학교 전자전기공학부

### Design of Tunable Image Rejection Filter

<sup>1</sup>Sang-Hoon HA, <sup>1</sup>Jae-Wook OH, <sup>1</sup>Hyeong-Seok KIM,  
<sup>1</sup>School of Electronic and Electrical Engineering  
Chung-Ang University

**Abstract** - 본 논문에서는 모바일 컨버전스 단말기를 위한 Tunable Image Rejection Filter를 구현 하였다. 이 필터는 TSMC 0.25um 공정을 이용해 시뮬레이션 되었다. 또한 정전기로 인한 소자의 파괴를 방지하기 위해 ESD 패드(Electro Static Discharge Pad)를 추가 하였다. 영상 주파수 저지 특성은 WCDMA(2.1GHz), WiBro(2.3GHz), WLAN(2.45) 대역에서 모두 28dB 이상이고, 이때 바이어스 전압은 각각 0.5V, 0.95v, 1.8V의 전압을 가지게 되었다. 삽입 손실은 세 대역에서 모두 2dB 이하이다.

#### 1. 서 론

최근 수년 동안 무선 이동통신 시장은 양적, 질적으로 급속하게 성장하였으며, 광대역 통합망 기반의 유비쿼터스 컴퓨팅 사회로 빠르게 발전해 가고 있다. 이에 따라 하나의 단말기로 이동통신을 비롯한 다양한 서비스를 제공하는 차세대 모바일 단말기의 구현이 큰 이슈가 되고 있다. 이를 실현하기 위해서는 단말 transceiver 핵심 부품들의 소형화, 고성능화와 더불어 다중 모드, 다중 밴드화가 필수적이다. 다중 모드, 다중 밴드의 특성을 갖기 위해서는 각각의 transceiver 핵심 부품이 사용 주파수 대역을 조절할 수 있는 특성을 가져야 하며, 이에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.[1][2]

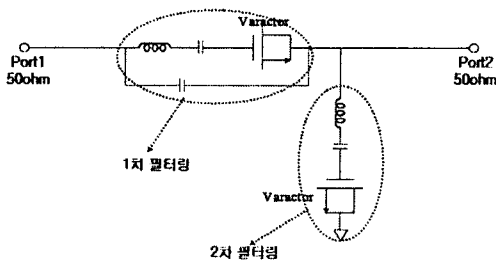
본 논문에서는 모바일 컨버전스 단말기에 사용될 수 있는 Tunable Image Rejection filter를 IC공정을 이용하여 구현하였다. 사용 주파수 대역을 조절할 수 있도록 varactor diode를 사용하여, Image Rejection filter의 삽입손실과 저지특성을 비교하였다.

#### 2. 본 론

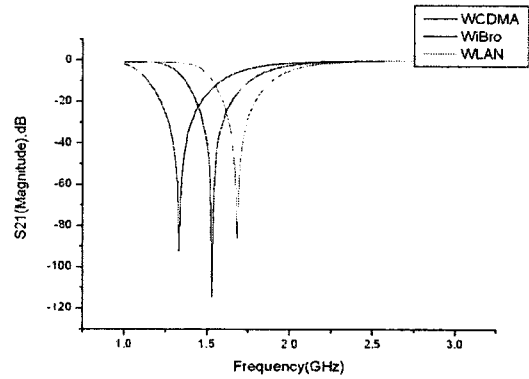
##### 2.1 Image Rejection Filter(IRF) Simulation

구현 하고자 하는 Image Rejection Filter는 그림 1 (a)와 같다. WCDMA(2.1GHz), WiBro(2.3GHz), WLAN(2.45GHz)의 세 대역에서 동작하는 Image Rejection Filter로써 각각의 주파수에 대한 영상 주파수는 1.332GHz, 1.532GHz, 1.682GHz 이고, Local Oscillator의 주파수는 768MHz이다.

그림 1 (a)에서 1차 필터링 단의 병렬 공진 회로가 영상 주파수를 막아 주고, 이때 걸러지지 못한 성분을 2차 필터링 단의 직렬 공진 회로가 신호를 접지면으로 유도함으로써 영상 주파수의 제거 특성을 향상 시켰다.



(a) Tunable Image Rejection filter의 회로도



(b) 회로 시뮬레이션 결과

<그림 1> 필터 설계를 위한 회로도(a), 시뮬레이션(b)

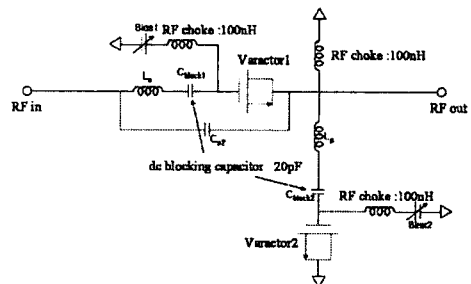
그림 1 (b)는 간단한 회로 시뮬레이션을 통해 설계 하고자 하는 여파기의 특성을 예상 하였다. 이와 같은 여파기 특성을 얻기 위해서 varactor의 커패시턴스가 원하는 범위내의 값을 가질 수 있도록 조절 하였다.

##### 2.2 Varactor Simulation

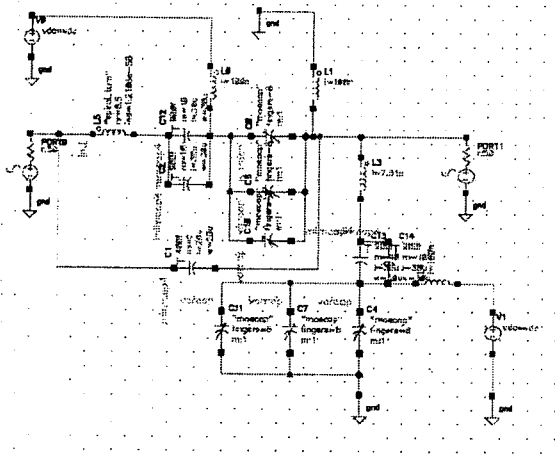
2.1절에서 얻은 회로 시뮬레이션의 결과로부터 인가 전압에 따른 varactor의 커패시턴스 변화를 얻기 위하여 CADENCE-Spectre를 이용한 varactor 시뮬레이션을 수행하였다. 하나의 varactor만으로는 원하는 범위의 커패시턴스를 얻을 수 없어 3개의 varactor를 병렬로 연결하여 커패시턴스를 증가 시켜 구현하였다.

##### 2.3 Tunable Filter Schematic Simulation

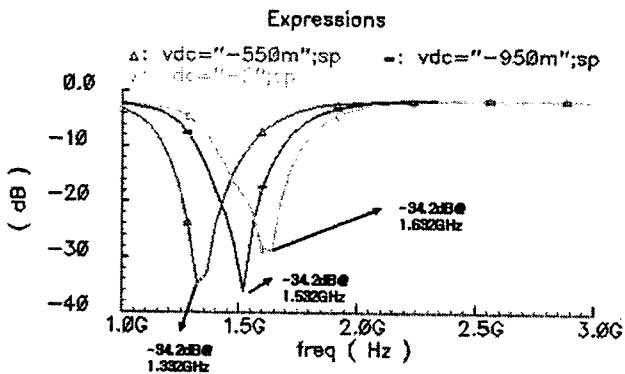
2.2절에서 구한 varactor의 커패시턴스 변화를 바탕으로 회로를 구성 하고, varactor에 전원 인가 부분을 포함한 전체 회로도를 그림 2에 나타내었다.



<그림 2> Tunable Image Rejection Filter의 전체 회로도



(a) Tunable IRF의 전체 회로도



(b) Tunable IRF의 S21 특성

<그림 3> Tunable Image Rejection Filter의 시뮬레이션

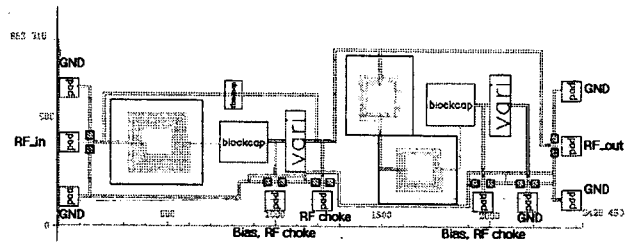
그림 3(a)는 Image Rejection filter의 전체 회로도라 그 결과(b)이다. RF Choke는 DC bias 단에 연결 되어 RF 신호가 DC단으로 빠져나가 손실을 일으키는 것을 막아주는 역할을 한다. 이 RF Choke는 그 값이 매우 크므로 100nH의 SMD(Surface Mount Device) 인덕터를 사용하여 off-chip 형태로 구현 할 것이다. SMD 칩을 사용할 경우 칩의 Q-factor의 값에 따라 실제 회로의 성능에 영향을 미치게 되므로 이를 고려하여 시뮬레이션을 하였다. DC Bias 전압을 바꾸어 서로 다른 대역에서의 영상 주파수 제거 특성을 표 1과 같이 도출 하였다.

<표 1> 각 대역의 영상 주파수 제거 특성

	WCDMA	WiBro	WLAN
Bias 전압[V]	-0.55	-0.95	-2
저지특성[dB]	-34.09	-30.2	-28.6
삽입손실[dB]	-1.81	-1.6	-1.59
Image Rejection Ratio[dB]	32.28	28.6	27.01

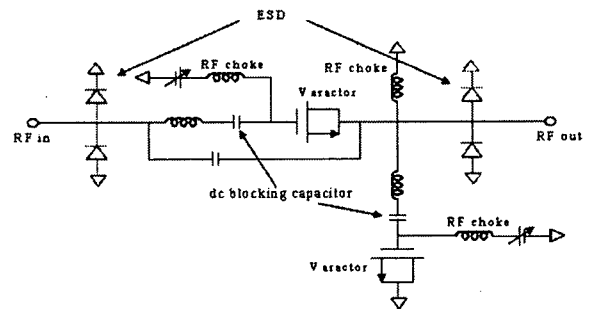
#### 2.4 Layout

Schematic의 결과에 따른 각 소자들의 값을 구현 하고 이를 그림 4와 같이 구성 하였다. DC Block 커패시터의 경우 DC 신호를 차단 하기위해 높은 용량 값을 가져야 한다. 따라서 여러 개의 MIM 커패시터를 병렬로 연결하여 DC Block 커패시터를 구현 하였다. 전체 소자의 크기는 2.43mm x 0.85mm로 구현 하였다.



<그림 4> Tunable Image Rejection Filter Layout

정전기 보호 회로인 ESD(Electrostatic Discharge) Pad를 삽입하여, 제작된 소자를 측정 하거나 손 또는 기타 물체로 만지게 될 경우 정전기로 인한 소자의 파괴를 방지하였다. 따라서 각각의 pad와 소자 사이에 schottky diode가 위치하여 정전기가 흐를시 이 전류가 회로로 타고 들어가지 않고 접지면 으로 흐를 수 있도록 그림 5와 같이 설계 하였다.



<그림 5> ESD Pad를 고려한 전체 회로도

#### 3. 결 론

본 논문에서는 WCDMA(2.1GHz), WiBro(2.3GHz), WLAN(2.45GHz) 대역의 Image Rejection Filter를 하나로 구현하였다. 인가전압은 WCDMA, WiBro, WLAN에서 각각 -0.55V, -0.95V, -1.85V이다. 저지 특성은 각각의 대역에서 34.09dB, 30.2dB, 28.6dB를 얻었으며 이대 삽입 손실은 각각 1.81dB, 1.6dB, 1.59dB이다. 또한 Electrostatic Discharge Pad를 추가 하여 정전기에 의한 소자의 파괴를 미연에 방지 하였다. Tunable Image Rejection Filter의 사이즈는 2.43mm x 0.85mm이다. 하나의 소자로 삼중 대역에서 모두 사용할 수 있는 여파기의 설계로 단말기 시스템의 크기를 줄일 수 있고 시스템을 간략화 할 수 있을 것으로 예상된다. 향후 varactor와 tunable Inductor를 함께 연구함으로써 더 넓은 응용 범위를 가질 수 있도록 할 것이다. 또한 현재 설계된 필터를 제작 하고 이에 대한 측정을 통하여 결과 값을 확인 하고 Image Rejection Ratio개선 에 대한 연구와 각 소자에 대한 구조를 분석 하여 EM 시뮬레이션을 통해 커플링 효과를 고려하는 연구가 병행 되어야 할 것으로 사료 된다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Byung-Wook Kim, Du-Il Yun and Sang-Won Yun, "A Varactor-Tuned RF Tunable Bandpass Filter with Constant Bandwidth", Journal of the Korea Electromagnetic Engineering Society, Vol.1, No.1, pp.166-172, NOV. 2001.
- [2] Byung-Wook Kim, Du-Il Yun and Sang-Won Yun, "A Varactor-Tuned RF Tunable Bandpass Filter with Improved Passband Flatness", Journal of the Korea Electromagnetic Engineering Society, Vol.2, No.2, pp.124-127, NOV. 2002.
- [3] G. Matthaei, L. Young and E.M.T. Jones, "Microwave Filters Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures", Artech House, 1980.
- [4] Lee. Thomas H. "The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits", Cambridge UK: Cambridge University Press, 2004.