

## LTE-Advanced 표준을 지원하는 0.13- $\mu$ m CMOS Active-RC 필터 설계

이경옥\* · 김중명\* · 박민경\* · 현석봉\*\* · 정재호\*\* · 김창완\*

\*동아대학교 · \*\*한국전자통신연구원(ETRI)

### A 0.13- $\mu$ m CMOS Active-RC Filter for LTE-Advanced Systems

Kyoung-Wook Lee\* · Jong-Myeong Kim\* · Min-Kyung Park\* · Hyun-Seok Bong\*\* · Jae Ho Jung\*\* ·

Chang-Wan Kim\*

\*Dong-A University · \*\*Electronics and Telecommunications Research Institute(ETRI)

E-mail : glay915@daum.net

### 요 약

본 논문은 LTE-Advanced 시스템을 위한 멀티채널을 선택할 수 있는 저역통과필터를 제안한다. 제안하는 필터는 5 MHz, 10 MHz, 그리고 40 MHz의 3가지 모드의 차단주파수를 제공하며 Active-RC 5차 Chebyshev 구조로 설계되었다. 저전력을 확보하면서 40 MHz의 높은 차단 주파수를 확보하기 위해서 부정 저항을 가지는 PMOS Cross-Connection Load를 사용한 연산증폭기를 필터에 적용하였다. 더불어 공정, 전압, 그리고 온도에 의한 각각의 차단주파수 변화에 대응할 수 있도록 각각 3-bit 제어 가능한 튜닝회로를 추가하였다. 제안하는 필터는 0.13- $\mu$ m CMOS 공정을 사용하여 설계하였으며 1.2V 전압에서 총 20.2 mW 전력을 소모한다.

### ABSTRACT

This paper has proposed a multi-channel low pass filter (LPF) for LTE-Advanced systems. The proposed LPF is an active-RC 5th chebyshev topology with three cut-off frequencies of 5 MHz, 10 MHz, and 40 MHz. A 3-bit tuning circuit has been adopted to prevent variations of each cut-off frequency from process, voltage, and temperature (PVT). To achieve a high cut-off frequency of 40 MHz, an operational amplifier used in the proposed filter has employed a PMOS cross-connection load with a negative impedance. A proposed filter has been implemented in a 0.13- $\mu$ m CMOS technology and consumes 20.2 mW with a 1.2V supply voltage.

### 키워드

Active-RC, CMOS, Filter, LTE-Advanced

### I. 서 론

최근 4세대 이동통신 표준인 IMT-Advanced는 Mobile WiMAX 진영의 IEEE 802.16m과 3GPP (3rd Generation Partnership Project)의 LTE (Long Term Evolution) Advanced 표준이 있다.

이들 표준을 지원하는 저역통과필터는 근접 채널 신호의 간섭을 억제하며, 불필요한 왜곡 신호의 출력을 방지하거나, 잡음을 제거하는 역할을 수행해야 한다[1].

본 논문에서 3GPP LTE-Advanced 표준을 지원하면서 OFDM (Orthogonal Frequency Division

Multiplexing) 통신 방식에 적합하고 5/10/40 MHz의 차단 주파수를 동시에 제공하는 수신단의 채널 선택 저역통과필터를 제안한다.

### II. Active-RC 채널 선택 필터 설계

본 논문에서 제안하는 Active-RC 채널 선택 저역통과필터를 그림 1에 나타내었다.

LTE-Advanced system 수신기에서는 OFDM 통신 방식을 사용하므로 저역통과필터는 높은 선형성과 감쇄특성을 확보해야 한다. 이를 위해 본

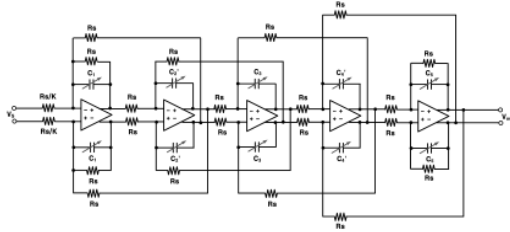


그림 1. Active-RC 5차 Chebyshev 필터

Cut-off frequency	5/ 10/ 40 MHz
Insertion loss	0 dB
Passband ripple	< 1.7 dB
Stopband Attenuation	> 40dB@80MHz/ > 40dB@20MHz/ > 40dB@10MHz
Group Delay	27ns ~ 226ns
Max Input Voltage	810mVpp

논문에서 제안하는 저역통과필터는 Active-RC Chebyshev 구조로 선택하였다. 또한 설계 사양인 2배의 차단주파수에서 40 dB의 감쇄특성을 가지기 위해서는 5차 Chebyshev filter가 필요하다. 그리고 본 설계에서 수신기의 필터가 가져야 할 차단주파수는 5 MHz, 10 MHz, 40 MHz이다. 원하는 차단주파수를 선택할 수 있고 PVT (Process, Voltage, and Temperature)변화에 대응하기 위해 3-bit 제어 가능한 Cap Array 튜닝회로를 추가하여 설계사양을 만족 시켰다.

### III. 연산 증폭기 설계

본 연구에서 최대 40 MHz의 높은 차단주파수를 만족시키기 위해 광대역 연산 증폭기가 필요하다. 충분한 DC gain 및 선형특성을 만족시키기 위해서 2 stage 연산 증폭기를 사용하였다. DC Gain과 전류소모는 Trade-off 관계를 가지는데 상대적으로 적은양의 전류소모로 높은 Gain을 가지기 위하여 첫 번째 단의 부하로 부정저항 (Negative Impedance)을 가지는 PMOS cross connection load를 사용하였다[2]. 이를 통해 높은 DC Gain을 가지면서 동시에 넓은 bandwidth 특성을 얻을 수 있었다. 두 번째 단은 높은 DC gain을 가지면서 even-order harmonic 감소시키기 위해 gate와 drain사이에 저항이 연결된 NMOS diode connection 구조를 사용하였다. 그리고 연산증폭기의 안정도 확보를 위해 첫 번째 단의 출력과 두 번째 단의 출력사이에 RC 보상회로를 연결하여 Phase Margin을 확보하였다. 제안하는 연산증폭기의 Phase Margin은 81도이고 UGBW (unit gain bandwidth)는 2.2 GHz 로서 광대역 특성과 안정적 성능을 가질 수 있다.

### IV. 결론

표 1. 시뮬레이션 결과

CMOS technology	0.13 $\mu\text{m}$
Supply Voltage	1.2 V
Power Consumption	20.2 mW

본 논문에서는 LTE-Advanced 표준을 지원하는 저역통과필터에 대하여 기술하였다. 제안하는 필터는 Active-RC 5차 Chebyshev 구조로 설계하였으며 0.13- $\mu\text{m}$  CMOS 공정을 사용하여 제작하였다. 차단주파수 5 MHz, 10 MHz, 40 MHz을 안정적으로 지원하기 위해 Cap Array의 3-bit의 제어를 통해 PVT 변화에 대응하였다. 제안하는 저역통과필터의 시뮬레이션 결과는 표 1에 정리하였다. 제안하는 저역통과필터는 1.2 V의 공급 전압을 사용하여 20.2 mW 전력을 소모하였고, 시뮬레이션 결과 0 dB의 삽입 손실, 27 ns ~ 226 ns의 Group Delay, 40 dB 감쇄특성, 그리고 최대 1.7 dB 이하의 Passband ripple을 가진다. 또한 입력으로 받을 수 있는 최대 Voltage는 810 mVpp로 우수한 선형성을 가진다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부의 정부출연금 연구사업의 일환으로 수행하였음. [차세대 IMT-Advanced 시스템 기술]

### 참고문헌

- [1] 임진업, 최중호, "[특집] 아날로그 필터 IC 설계 기술 동향," 대한전자공학회지, 제31권 제9호 (통권 제244호), 59-69, 2004
- [2] Anh Tuan Phan, Ronan Farrel, Jeongseon Lee, Sang-Gug Lee, "380MHz Low-Power Sharp-Rejection Active-RC LPF for IEEE 802.15.4a UWB WPAN," ISCAS(International Symposium on Circuits and Systems), 2009