

## 직접변환 방식 수신기용 이득 조정 연속시간필터 설계

김병욱, 방준호\*, 김영민\*\*

전북대학교, \*익산대학, \*\*전남도립 남도대학

### Design of Gain-Tuning Continuous-Time Filter for Direct-Conversion Receiver

Byoung-Wook Kim, \*Jun-Ho Bang, \*\*Yeong-Min Kim

Chonbuk National Univ. \*Iksan National College, \*\*Namdo Provincial College.

**Abstract :** A novel design of continuous-time filter for direct conversion receiver applications is proposed. The filter supports different modes including GSM, WCDMA. A 5th chebyshev filter is realized in a gm-C filter topology. The filter circuit is implemented in a standard CMOS 0.35 $\mu$ m processing parameter with a supply voltage of 2.5V. The HSPICE results show that the filter has 200KHz and 5MHz cutoff frequency, and each 3.4 $\mu$ s and 85.44 $\mu$ s gm value.

**Key Words :** direct conversion receiver, gm-C filter topology

#### 1. 서론

슈퍼헤테로다인 수신기는 RF신호를 IF신호로 변환하고 IF대역에서 채널선택 필터로써 원하는 채널의 신호만 baseband 신호로 변환한다. 슈퍼헤테로다인 수신기에서 IF 주파수가 높으면 원하는 채널의 신호와 image 신호가 멀리 떨어져 있으므로 image 신호는 image reject 필터에 의하여 거의 제거할 수 있지만 채널에 인접한 interferer는 IF 주파수가 높아 채널 선택 필터에 의해 감쇄되는 정도가 크지 않다. 반대로 IF 주파수가 낮으면 image가 원하는 채널의 신호와 가까이 있어 image의 감쇄가 충분하지 않을 수 있다. 이 때문에 image reject 필터와 IF 채널 선택 필터는 통상적으로 감쇄 특성이 우수한 SAW 필터 등을 이용한다. 반면 직접변환 방식 수신기(Direct Conversion Receiver)는 RF신호를 곧바로 baseband로 변환하므로 IF 주파수가 생략된 것으로 생각할 수 있다. 즉 Image rejection 필터가 필요 없고 IF대역의 bandpass 필터가 lowpass필터로 대체할 수 있다. 즉 채널선택은 IF가 아닌 baseband에서 이루어지며 baseband에서의 채널선택 필터는 능동 필터 형태로 충분히 구현할 수 있다. 그러므로 직접변환 방식 수신기는 모든 신호처리를 SAW 필터와 같은 외부 부품의 도움 없이 칩 내부에서 완료할 수 있어 변환과정이 간단해져 수신기의 집적도를 높이고 전력소모를 줄일 수 있는 장점이 있다. 통신 시스템은 2세대 방식인 GSM과 DECT 방식에서 더 넓은 대역폭을 갖는 WCDMA와 같은 3세대 방식으로 변화하고 있다. 또한 지역에 국한되지 않고 사용하기 위해서 이동통신 시스템의 송수신단은 모든 시스템을 하나로 통합해야 한다. 그러므로 여러 가지 표준 방식을 전부 포함할 수 있는 다표준 방식의 수신단의 설계가 요구되어 진다. 본 논문에서는 여러 대역 이동통신 시스템의 직접변환 방식 수신기에서 사용할 수 있는 연속시간필터 설계에 대하여 나타내었다

#### 2. 직접변환 수신기용 필터 설계

##### 2.1 필터설계 조건

그림 1은 이동통신 시스템용 직접변환 방식 수신기의 채널선택 필터의 구성을 나타낸 것이다. 이 경우 채널선택 필터의 설계사양은 200KHz에서 5MHz의 넓은 대역폭의 처리가 가능해야 한다.

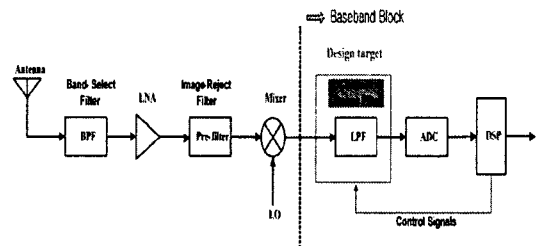


그림 1. 직접변환 방식 수신기의 채널 선택필터

일반적으로 연속시간 필터를 설계하기 위한 방법으로 RC active 필터, MOSFET-C 필터, Gm-C 필터가 있다. 이 중에서 Gm-C 필터는 수백 KHz에서부터 100 MHz이상의 넓은 주파수 대역에서 동작범위를 가지고 있다. 또한 외부 바이어스 전압에 의하여 트랜스컨덕턴스 값을 조정함으로써 주파수 조정이 가능하다. 그러므로 Gm-C 필터의 이러한 장점 때문에 이동통신 시스템용 직접변환 방식 수신기용 채널 필터로 사용할 경우, 다양한 주파수 대역에서의 baseband 주파수를 얻어내기가 용이하며 또한 이득조절증폭기(Programmable gain amplifier)를 연결하여 설계할 경우 baseband 단에서 필요로 하는 이득과 주파수를 동시에 얻을 수 있다. 본 연구에서는 GSM과 WCDMA의 이동통신 시스템용 직접변환 방식 수신기용 채널 필터를 Gm-C 실현법을 이용하여 필터를 설계하고자 하며 그 설계 사양은 표 1과 같다.

표 1. 직접변환 방식 수신기용 채널 필터 설계 사양

Parameter	Specification
Filter Funtion	5th-order Chebyshev
Passive filter type	LC-ladder doubly terminated
Cut-off Frequency	200KHz(GSM)~5MHz(WCDMA)
Passband Ripple	1dB
Stopband Attenuation	40dB
Power Supply Voltage	+3.0V이하
Power Dissipation	수mW 이내

2.2 필터설계 조건

Gm-C 필터를 구성하기 위한 트랜스컨덕터(Gm)를 본 연구에서는 완전차동 folded cascode amplifier 구조를 활용하여 그림 2와 같이 설계하였다. 완전차동 folded cascode amplifier는 출력저항이 큰 전압이득을 얻어낼 수 있으며 부하 커패시터의 크기를 증가함으로써 주파수 보상을 할 수 있다.

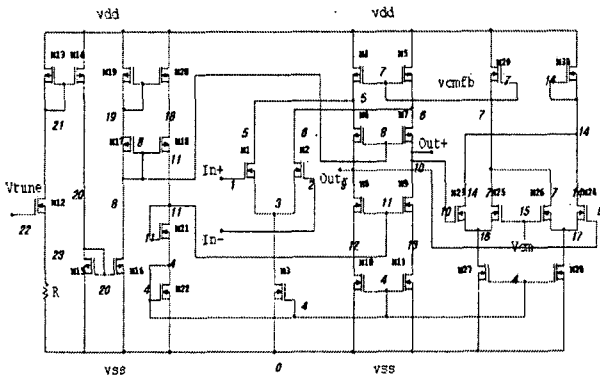


그림 2. 완전 차동 folded cascode amplifier

2.3 채널 선택 필터 설계

이동통신 시스템용 직접변환 방식 수신기용 채널 필터 설계 사양을 만족하는 Gm-C 필터를 설계하는 방법으로는 바이쿼드 실현법을 이용하였다. 먼저  $f_c=5\text{MHz}$ ,  $a_p=1\text{dB}$ ,인 5차 저역통과 체비셰프 전달함수를 구하고, 전체 전달함수를 1차 함수와 2차 함수로 분리하면 식(1)와 같이 나타낼 수 있다.

$$H(s) = \frac{0.2835}{s+0.2835} \times \frac{0.9883}{s^2+0.1789S+0.9883} \times \frac{0.4293}{s^2+0.4684S+0.4293} \quad (1)$$

(1)식의 분리된 전달함수는 바이쿼드 실현법에 의하여 1차 함수는 1개의 트랜스컨덕터와 1개의 C로 실현되며, 2차 함수는 각각 2개의 트랜스컨덕터와 2개의 C로써 실현된다. 또한 트랜스컨덕터를 완전차동 회로로 설계하여 구성하였으므로 5차 체비셰프 바이쿼드 필터 역시 완전차동 구조로 설계한 회로를 그림 3에 나타내었다.

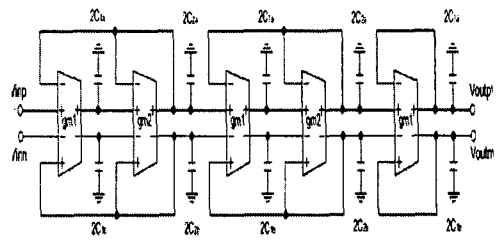


그림 3. 완전차동 5차 체비셰프 바이쿼드필터

3. 필터 시뮬레이션 및 고찰

설계된 그림 3의 이동통신 시스템용 직접변환 방식 수신기의 채널선택 필터에 대한 이상적인 트랜스컨덕터를 모델링한 것을 Hspice로 시뮬레이션 결과를 그림 4에 나타내었다. 각각의 필터는 3.4us의 gm값으로써 200KHz의 차단특성을 가지며, 85.44us의 gm값으로써 5MHz의 차단특성을 얻어낼 수 있음을 알 수 있다.

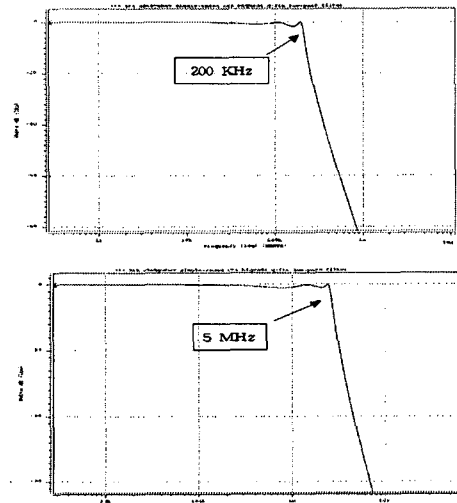


그림 4. Hspice 시뮬레이션 결과 필터 특성

4. 결론

본 논문에서는 이동통신 시스템의 직접변환 방식 수신기에서 사용할 수 있는 연속시간 필터를 설계하기 위한 방법으로 다양한 주파수 대역에서의 baseband 주파수를 얻어내기가 용이하며 또한 이득조절증폭기(Programmable gain amplifier)를 연결하여 설계할 경우 baseband 단에서 필요로 하는 이득과 주파수를 동시에 얻어 낼 수 있는 Gm-C 실현법을 이용하였다.

참고 문헌

[1] F. Henkel et all "A fully differential CMOS integrated 4th order reconfigurable gm-C lowpass filter for mobile communication" ICECS 2003.  
 [2] T. K. Nguyen, S. G. Lee "A Low Voltage, Low Power CMOS Fifth Order Elliptic Low Pass Gm-C Filter for Direct Conversion Receiver" APMC 2003.