



DMB RF Tuner 설계기술 심층 소개(Technical Column)

>> Design Methodology



Low-IF 구조의 지상파 DMB RF Tuner 설계

김성도 책임연구원_한국전자통신연구원 RF/Analog SoC 설계팀(sdskim@etri.re.kr)

최장홍 선임연구원_한국전자통신연구원 RF/Analog SoC 설계팀

유현규 책임연구원_한국전자통신연구원 RF/Analog SoC 설계팀

엄낙웅 책임연구원_한국전자통신연구원 응용 SoC 개발팀

1. 개요

요즘 우리의 이목을 끄는 것 중의 하나가 2005년 하반기에 시험방송을 거쳐 2005년12월부터 본 방송을 시작하는 지상파 DMB 방송 서비스일 것이다. 지상파 DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 서비스는 방송국의 증가로 인한 주파수 자원의 고갈과 아날로그 FM 방송의 혼신 및 이동시 음질저하 문제 등에 대한 해결책인 동시에 CD수준의 고음질 오디오 서비스, 교통, 증권 정보 등 다양한 부가데이터 서비스가 가능하고, 고속 이동 중에도 선명한 화질의 TV 방송 수신이 가능한 차세대 디지털 방송 서비스이다.

지상파 DMB 본 방송 실시와 함께 지상파 DMB 수신이 가능한 다양한 단말기들이 차량용, 휴대단말기 내장형, 전용 및 복합형 등 다양한 형태로 개발, 출시되고 있으며 킬러 어플리케이션(Killer Application)으로 떠오르고 있다. 이런 호재로 많은 IT 업체에서 DMB 수신기용 칩셋 개발에 참여하여 우수한 성능의 칩들을 잇달아 출시하고 있다. 그러나 대부분 디지털신호 처리용 칩셋으로 기술개발이 어려운 RF 튜너용 칩셋 분야는 다소 제한적으로 진행되고 있다. 지상파 DMB 수신기는 크게 RF 튜너부, 베이스밴드 신호 처리부, 멀티미디어신호 처리부 그리고 각종 주변회로 등으로 구성되어 있는데, 이 중에서도 특히 RF 튜너의 성능이 매우 중요하다. 그래서 대부분의 기존 수신기들은 소모전력이 다소 증가하더라도 특성이 우수한 바이폴라 또는 화합물 소자기술로 개발된 RF 튜너를 채용해 왔다. 그러나 최근 들어 휴대형 단말기 시장이 급팽창함에 따라 저전력화 문제가 대두되면서 점차 저전력형 CMOS 기술로 휴대형 단말기를 개발하려는 시도가 90년대 말부터 시작되었다.

지금까지 CMOS 소자는 저전력 및 고집적화가 가능한 장점이 있지만 소자특성이 떨어져 대부분 저주파수에서 동작하는 디지털 신호처리 블록에

만 제한적으로 사용되어 왔다.

그러나 최근 몇 년 사이에 RF(Radio Frequency) CMOS 소자기술이 개발되어 소자 성능이 개선됨에 따라 기존 바이폴라 또는 화합물소자의 영역으로만 여겨져 왔던 RF 대역의 응용 분야에도 RF CMOS 기술을 이용한 제품들이 속속들이 개발되고 있으며 VHF 대역의 지상파 DMB 튜너 또한 RF CMOS 기술을 이용할 수 있는 응용분야로 보여진다.

여기에서는 RF CMOS 기술을 이용한 지상파 DMB RF 튜너 설계기술에 대하여 살펴 보기로 한다. 먼저 2장에서는 지상파 DMB 튜너에 적합한 수신구조에 대해 살펴보고, 3장에서는 ETSI에서 권고하고 있는 지상파 DMB 수신기 규격에 대해 간단하게 살펴 보고, 4장에서는 지상파 DMB RF 튜너의 핵심블록 설계에 대하여 살펴 보기로 한다.

2. 지상파 DMB RF 튜너 구조 설계

휴대형 단말기가 현대인에게 생활의 일부가 되면서 성능에 못지않게 소모전력 또한 단말기 경쟁력의 지표가 되고 있다. 앞서 언급한 바와 같이 서브마이크로의 RF CMOS 소자기술 개발로 소자성능이 향상됨에 따라 CMOS 고유의 고집적 및 저전력 소모를 무기로 기가(GHz) 대역의 응용 분야까지 이용되기 시작하였으며, 더 나아가 RF front-end 와 디지털신호 처리부를 하나의 칩으로 구현하려는 SoC(System On a Chip) 기술개발이 진행되고 있다. 소모 전력을 줄이기 위한 기술개발은 소자에 국한되지 않고 수신기 구조에도 이루어져 최근에는 외장 부품을 사용하지 않는 Direct conversion(또는 Zero-IF) 방식이나 Low-IF 구조를 채용한 수신기들이 개발되고 있다.

잘 알려진 바와 같이 과거 대부분의 수신기에서 채용했던 헤테로다인 수신구조는 RF 신호를 2단계 이상에 걸쳐 기저대역(Baseband) 신호로 변환시키기 때문에 수신감도(Sensitivity)와 선택도(Channel selectivity)를 동시에 얻을 수 있는 장점이 있다.

그러나 이미지신호 제거 및 채널선택을 위해 SAW 필터와 같은 외장 부품을 사용해야 하기 때문에 소비전력이 증가하는 단점과 RF 신호를 2단계에 걸쳐 기저신호로 변환하기 때문에 회로가 복잡해 지는 단점을 갖고 있다. 지상파 DMB RF 튜너의 수신구조는 성능을 저하시키지 않으면서 소모 전력을 최대한 줄일 수 있는 수신 구조로 제한하였다. 이에 따라 저전력화가 가능하고 외부소자 수를 줄일 수 있는 Direct conversion과 Low-IF 수신 구조의 장단점을 비교, 분석하여 최종 지상파 DMB RF 튜너의 수신 구조를 선정하였다.

1. Direct conversion 수신 구조

먼저 Direct conversion 수신구조는 고주파수 대역의 RF 신호를 중간 주파수(IF)를 거치지 않고 직접 기저 대역으로 주파수 변환시키기 때문에 이미지신호가 없다. 따라서 이미지신호 제거를 위한 필터가 필요 없을 뿐만 아니라 RF 신호를 직접 기저 대역으로 변환시키기 때문에 가장 간단한 구조이다. 이러한 장점으로 볼 때 Direct conversion 수신구조는 SoC 구현에 가장 적합한 구조라 할 수 있다.

그러나 이 구조는 기술적으로 해결해야 할 몇 가지 문제를 내포하고 있다. RF 신호를 기저대역으로 직접 변환시키는 과정에서 RF 와 LO 신호의 주파수가 같고 더욱이 RF 와 LO 신호의 주파수가 높기 때문에 전도성 기판(Conductive substrate) 또는 기생 커패시티브 경로(Parasitic capacitive path)를 통한 신호 누설이 발생하여 DC 오프셋(DC offset) 문제가 발생하게 된다.

이러한 신호 누설에 의한 DC 오프셋 성분뿐만 아니라 능동 소자에 의한

flicker noise 성분과 2-order 비선형 특성에 의한 interferer 성분들은 DC 근처에 존재하게 되는데, 이 성분들은 연속되는 블록을 포함시키거나 DC 근처에 있는 기저 대역 신호의 S/N 비를 나쁘게 해 궁극적으로 시스템 성능을 저하시키게 된다. 그리고 Direct conversion 수신구조는 RF 신호를 직접 기저대역 신호로의 주파수 변환시킴과 동시에 I/Q 채널신호로 분리해야 하기 때문에 상대적으로 I/Q mismatch가 발생할 우려가 높다.

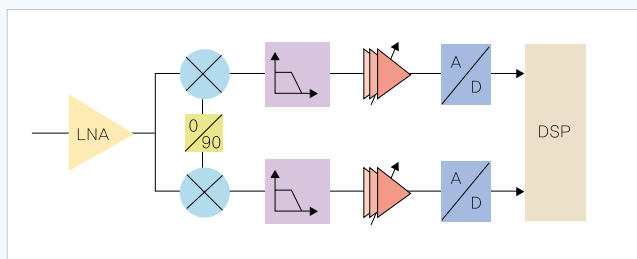
그림 1은 일반적인 Direct conversion 수신구조이며, 그림에서와 같이 안테나를 통하여 수신된 미약한 RF 신호는 LNA에서 증폭되어 Quadrature mixer에서 기저대역 신호로 주파수 변환됨과 동시에 I/Q 채널로 분리된다. Direct conversion 수신구조는 중간주파수(IF) 신호가 없기 때문에 이미지제거용 필터가 필요없는 가장 간단한 수신 구조이다. 그림 2는 Direct conversion 수신구조에서 RF 신호의 주파수 변환과정을 도식적으로 보여준다.(그림 1, 2)

2. Low-IF 수신 구조

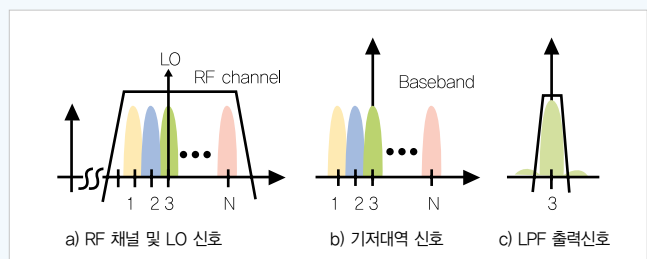
앞서 언급한 바와 같이 직접변환 수신구조에서는 RF 신호를 직접 베이스밴드로 변환하기 때문에 DC 오프셋과 flicker noise 그리고 2-order distortion에 의한 interferer 등에 의해 수신성능이 크게 영향을 받게 된다. 이러한 문제들을 피하면서 저전력화 및 고집적의 SoC에 적합한 구조가 Low-IF 수신 구조라 할 수 있다.

Low-IF 수신 구조는 직접변환구조와 달리 RF 신호를 직접 베이스밴드 신호로 변환하지 않고 flicker noise 대역보다 다소 높은 주파수 대역에 채널이 놓여지도록 near-DC 근처로 IF를 설정한다. 따라서 Low-IF 수신 구조에서는 중간 주파수를 DC 보다 다소 높은 주파수 대역으로 설정하기 때문에 직접 변환 수신 구조에서 문제가 되었던 DC 오프셋과 flicker noise 또는 2-order distortion에 의한 영향은 거의 없게 된다.

그러나 Low-IF 수신구조는 헤테로다인 수신구조와 같이 중간주파수(IF)



(그림 1) Direct conversion 수신 구조



(그림 2) Direct conversion 수신 구조의 주파수 변환

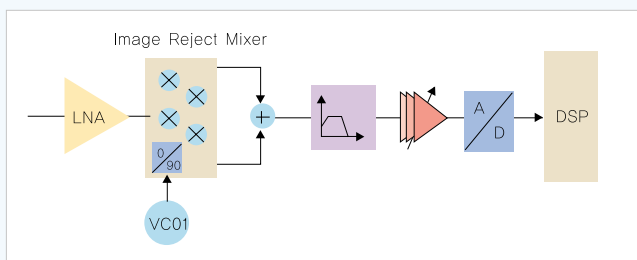


신호를 사용하기 때문에 이미지신호 제거 기능이 필요한데, 수신에서 수백 MHz 대역을 IF 주파수로 사용하는 헤테로다인 수신구조와는 달리 near-DC 근처로 설정하기 때문에 On-chip Image Reject Mixer(IRM)를 이용하여 이미지신호 제거가 가능하다는 차이가 있다. 또한 Low-IF 수신구조는 디지털 도메인에서 Demodulation을 수행하기 때문에 I/Q mismatch를 최소화 할 수 있는 장점이 있다.

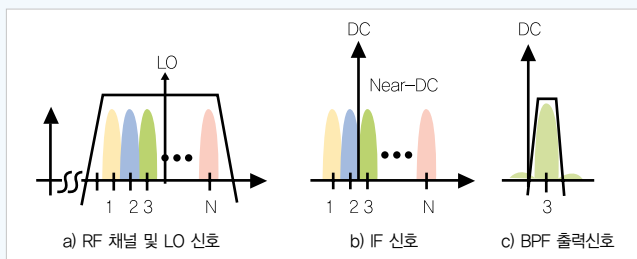
Direct conversion 수신구조와 달리 Low-IF 수신구조는 채널선택을 위해 LPF 대신에 BPF를 사용해야 하므로 필터의 복잡도가 다소 증가하고 IF 신호를 직접 ADC(Analog-Digital Converter)로 입력시키기 때문에 고성능 ADC가 필요하다는 단점이 있다. 그러나 Direct conversion 수신구조와 마찬가지로 별도의 외장 부품을 사용하지 않기 때문에 저전력 및 고집적 수신기 설계에 적합한 구조라 할 수 있다.

그림 3은 일반적인 Low-IF 수신구조이며, 그림과 같이 안테나를 통하여 수신된 미약한 RF 신호는 LNA에서 증폭되고 IRM(Image Rejection Mixer)에서 이미지신호 제거 및 IF 신호로 주파수 변환된다. 주파수 변환된 IF신호는 BPF를 거쳐 ADC로 입력되고 최종 디지털 도메인에서 I/Q demodulation이 수행된다.

그림 4는 Low-IF 수신구조에서 RF 신호의 주파수 변환과정을 도식적으로 보여주며 RF 신호를 직접 기저대역으로 변환하지 않고 near-DC 근처로 변환시킨다.(그림 3, 4)



(그림 3) Low-IF 수신 구조



(그림 4) Low-IF 수신 구조의 주파수 변환

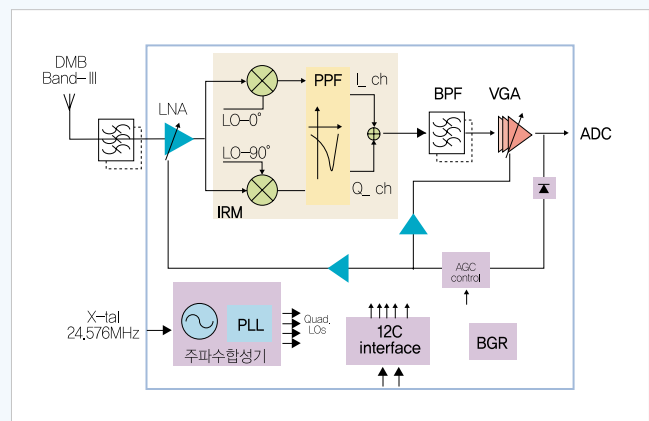
3. 지상파 DMB RF 튜너 수신구조 도출

지금까지 고집적 SoC에 적합한 대표적인 두 가지 수신구조의 장단점을 살펴 보았으며, 그 결과 직접변환과 Low-IF 수신구조 모두 고집적 SoC에 적합한 것으로 보인다.

Low-IF 수신구조의 경우 IRM과 고성능 ADC를 필요로 하지만 IF 주파수가 매우 낮기 때문에 On-chip상에 용이하게 구현이 가능한 편이다. 그러나 Direct conversion 수신구조의 경우 OFDM 변조방식을 사용하는 지상파 DMB 방송신호의 서브캐리어 간격이 수KHz로 매우 좁기 때문에 DC 오프셋과 Flicker noise의 영향이 매우 심각해진다. 또한 현재 개발되었거나 진행되고 있는 베이스밴드 신호처리 칩셋들이 Low-IF 신호를 처리하도록 구성되어 있기 때문에 호환성 측면을 고려하면 Low-IF 수신구조가 더 적합한 것으로 보인다.

그림 5는 RF CMOS 기술로 개발된 Low-IF 수신구조의 지상파 DMB RF 튜너 구조를 보여 준다. 그림과 같이 안테나를 통해 수신된 RF 신호는 LNA에서 증폭된 다음 IRM에서 이미지신호 제거와 동시에 2.048MHz IF 신호로 변환된다. 이미지신호 제거를 위한 IRM은 Quadrature mixer와 다중위상필터(PPF, Poly Phase Filter)로 구성되어 있는데 이미지신호 제거를 위해 분리된 I/Q 채널신호는 다시 하나의 채널로 합쳐져 BPF(Band Pass Filter)와 VGA(Variable Gain Amplifier)를 거쳐 ADC 블록으로 출력된다.

그리고 신호 처리블록 이외에도 항상 일정한 세기의 IF 신호를 제공하기 위한 AGC 블록과 안정적인 바이어스 전압 및 전류를 제공하기 위한 Band-gap reference 전압회로(BGR) 그리고 Quadrature LO 신호를 생성하는 PLL 및 VCO 블록이 있으며 기능 및 동작 제어를 위한 I2C 인터페이스 등이 있다.(그림 5)



(그림 5) Low-IF 지상파 DMB RF 튜너 구조도

3. 지상파 DMB 튜너 설계규격

우리나라의 지상파 DMB 방송서비스는 유럽의 DAB(Eureka-147) 기능에 멀티미디어 기능을 추가한 것으로 고속 이동 중에도 선명한 화질의 멀티미디어 방송 수신에 가능한 차세대 디지털 방송 서비스이다. 지상파 DMB RF 튜너 설계규격은 유럽전기통신표준협회(ETSI)의 표준화 문서 ETSI TR 101 496-3 v1.1.2, EN 50248 (IEC 62104) 및 ETSI TR 101 758 등을 참고하여 만들어 졌다. 표 1에서는 ETSI 표준화 문서를 참고로 작성된 지상파 DMB 튜너의 최소 설계규격(Minimum requirement)을 요약한 것이다.

〈표 1〉 지상파 DMB 튜너 설계규격

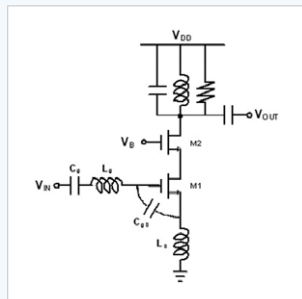
| 파라미터 | 규격 | 비고 |
|------------------------------|-------------|----------------------------|
| Operating frequency | 174~240 MHz | Band-III |
| Bandwidth | 1,536 MHz | |
| Channel spacing | 1,712 MHz | With channel guard |
| Required BER | 10^{-4} | After convolution decoding |
| Sensitivity | -81 dBm | Gaussian channel |
| | -75 dBm | Rayleigh channel |
| Maximum input power | -10dBm | Mobile |
| | -15dBm | Stationary |
| | -20dBm | Portable |
| Adjacent channel selectivity | >30dB | Minimum requirement |
| Far-off selectivity | >40dB | Minimum requirement |
| IF signal | 2,048MHz | Differential |
| Supply voltage | 1.8V | |
| Device technology | CMOS 0.18um | 1P6M, MIM cap. |

4. 지상파 DMB RF 튜너 핵심블록 설계

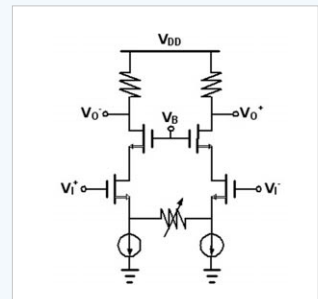
1. 저잡음증폭기(LNA, Low Noise Amplifier)

저잡음 증폭기는 대부분 수신기의 초입단에 위치하여 안테나로부터 수신된 미약한 RF 신호를 증폭하는데 그 목적이 있다. 수신기의 수신감도(Sensitivity)는 시스템의 전체 잡음특성(Noise Figure)에 의해 결정되기 때문에 안테나 쪽에 가까운 블록일수록 저잡음 특성이 요구된다[1].

지상파 DMB RF 튜너에서는 그림 6과 같이 저잡음 특성 및 입출력간 격리특성이 우수하고 임피던스매칭이 용이한 캐스코드(Cascode) 구조의 Single-ended LNA를 사용하였으며, 입출력 임피던스 매칭회로를 외부 수동소자로 구현할 수 있도록 open-drain/open-source로 설계하였다 [2]. 또한 안테나로 유입되는 신호가 매우 약할 경우에도 충분한 수신감도를 확보하기 위하여 PGA(Programmable Gain Amplifier)와 같은 이득를 록을 LNA 후단에 추가하는 것이 일반적이다. 그림 7은 설계된 RF PGA 회로도이며 이득제어는 MOS Tr로 구성된 소스 디제너레이션(Source degeneration) 저항을 가변하는 방법으로 이루어 진다.(그림 6, 7)



(그림 6) Cascode LNA 회로



(그림 7) 가변이득 RF PGA 회로

2. 이미지신호 제거 혼합기(IRM, Image Rejection Mixer)

앞서 언급한 바와 같이 Low-IF 수신구조에서도 IF 신호를 사용하기 때문에 이미지신호 제거가 필요하다. 헤테로다인 수신구조의 경우 IF 주파수가 수십MHz 또는 수백MHz 정도로 높기 때문에 high-Q의 외장 이미지제거필터를 사용하여 효과적으로 이미지신호를 제거할 수 있으나 Low-IF 수신구조의 경우 IF를 near-DC 근처로 설정하기 때문에 On-chip IRM으로 용이하게 이미지신호를 제거할 수 있다. 이미지신호 제거를 위한 다양한 IRM 구조가 발표되고 있으나 지상파 DMB RF 튜너에서는 안정된 동작특성을 갖는 Quadrature downconversion mixer와 IF PPF(Poly phase filter)로 구성된 IRM 회로를 사용하였다. 그림 8과 같이 IRM에 사용된 Quadrature downconversion mixer는 이득구현이 용이하고 잡음특성 및 IF-RF 격리특성이 우수한 길버트-셀(Gilbert-cell)을 기반으로 하는 Double-balanced 차동구조의 Mixer 회로를 사용하였다.

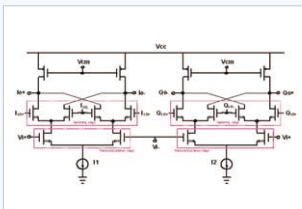
RF 전압신호는 트랜스컨덕턴스(Transconductance)부에서 전류신호로 변환되어 스위칭부로 제공되고 Quadrature LO 신호에 의해 IF 신호로 변환된다. 잘 알려진 바와 같이 Mixer 회로의 잡음특성은 LO신호에 의해 스위칭부 동작하는 스위칭부에 의해 대부분 좌우되며, 선형특성은 RF신호를



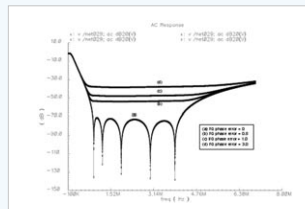
처리하는 트랜스컨덕턴스부의 특성에 의해 결정된다[3].

그리고 제안된 IRM에서의 이미지신호 제거 성능은 PPF가 갖고 있는 비대칭 주파수 응답 특성을 이용하는 것으로 주파수 변환된 Quadrature IF 출력 신호뿐만 아니라 PPF의 특성에 영향을 받는다. 일반적으로 PPF의 단(Stage)를 증가시킬 수록 이미지신호 제거 성능은 좋아지나 PPF의 나쁜 잡음특성으로 인해 수신기 성능이 저하될 수 있기 때문에 시스템버지(System budget) 단계에서 세밀한 검토가 필요하다.

IRM의 PPF는 충분한 이미지신호 제거성능을 얻도록 5단으로 설계하였으며 Quadrature Mixer와 R-C PPF 사이에 Source Follower 증폭기를 삽입하여 PPF에 의한 이득손실을 최소화 하였다. PPF의 수동소자는 공정 변화를 고려하여 큰 width로 설계되었으며 25%의 동작마진(Operating margin)을 두고 설계하였다. 또한 IRM의 이미지신호 제거성능은 PPF의 단수(Number of stage)와 더불어 Quadrature LO 신호의 진폭차이(Amplitude mismatch)와 위상차이(Phase mismatch)에 의해 대부분 결정되기 때문에 충분한 이미지신호 제거를 위해서는 정교한 Quadrature LO 신호가 제공되어야 한다[4]. 그림 9는 Quadrature LO의 위상차이에 대한 PPF의 주파수 응답특성을 보여주는 것으로 이미지신호 제거비(IRR, Image rejection ratio) 특성과 연관이 있다.(그림 8, 9)



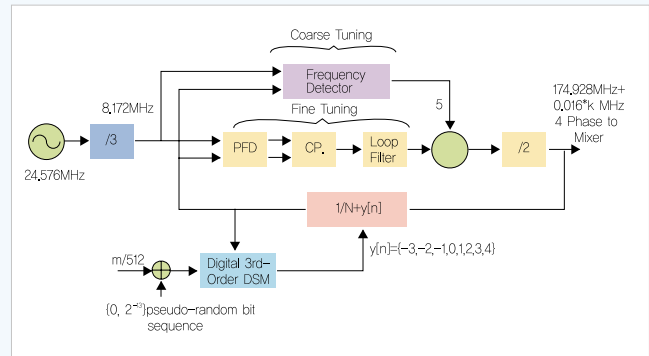
(그림 8) Quadrature Mixer 회로



(그림 9) 5-stage PPF 주파수특성

3. 대역통과필터(BPF, Band Pass Filter)

주파수 변환된 2048MHz IF출력에는 모든 채널신호가 포함되어 있기 때문에 원하는 채널을 선택하기 위해서는 채널필터가 필요한데, 지상파 DMB RF 튜너는 Low-IF 구조를 채용하고 있기 때문에 채널선택을 위해서는 BPF가 필요하다. 지상파 DMB 시스템에서는 Adjacent channel rejection ratio(ACR)을 30dB 이상, Far-off selectivity를 40dB 이상으로 규정하고 있기 때문에 규격을 충분히 만족할 수 있도록 필터 타입 및 차수를 결정해야 한다. 지상파 DMB RF 튜너의 채널 선택용 필터는 Elliptic filter와 Butterworth filter의 중간 정도의 out-band 감쇄특성과 in-band 이득 평탄도 특성을 갖는 5차 chebyshev 구조의 complex BPF로 구현되었으며, 공정 변화에 대응하여 센터주파수 트리밍회로 및 이득 가변회로를 포함하고 있다.



(그림 10) 주파수합성기 구조

4. 주파수합성기(FS, Frequency Synthesizer)

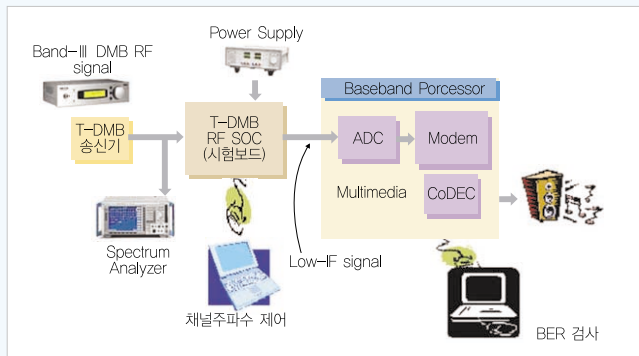
주파수합성기는 그림 10과 같이 구성되어 있으며 IRM에 필요한 Quadrature LO 신호를 제공한다. Low-IF 수신 구조에서 이미지신호 제거성능은 주파수합성기에서 제공하는 Quadrature LO 신호의 진폭과 위상 관계에 매우 민감하기 때문에 정교한 Quadrature LO 신호를 제공할 수 있어야 한다. 지상파 DMB RF 튜너용 주파수합성기는 3rd-order single loop delta-sigma modulator engine으로 구성되어 있으며, 1KHz frequency resolution 특성을 갖고 있다. 이 구조는 mash architecture에 비교하여 매우 우수한 noise shaping 특성을 갖고 있다. 또한 VCO는 우수한 위상잡음 특성을 얻기 위하여 On-chip LC-VCO 타입으로 구현하였으며 On-chip 인덕터의 소요 면적을 줄이기 위하여 동작주파수의 2배 주파수(2LO)를 생성하도록 설계하였다.

5. 측정결과

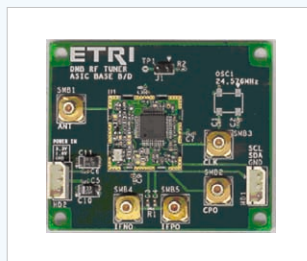
제작된 지상파 DMB 튜너 칩은 44핀 ePAD TQFP로 어셈블되었으며 그림 11과 같이 측정환경을 구성하여 성능을 검증하였다. 수신감도는 Convolution decoding된 데이터에 대해 BER 10⁻⁴를 만족할 때의 입력 신호 레벨로 측정할 것을 ETSI에서 권고하고 있으나 본 지상파 DMB RF 튜너 칩의 수신감도는 수신기 전체 잡음특성(Noise figure)을 측정할 다음 수식을 이용하는 간접방법으로 측정하였다. 인접채널선택도는 ETSI에서 권고하는 방법에 따라 RF 입력신호 세기를 -70dBm으로 고정하고 인접채널의 신호레벨을 증감시키면서 베이스밴드신호 처리부의 리드-솔로몬 디코더

(Reed-Solomon decoder) 출력을 모니터링하는 방법으로 측정하였다.

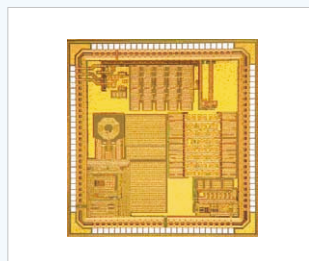
그림 12는 지상파 DMB RF 튜너 칩을 측정하기 위한 측정용 보드 사진이고, 그림 13은 제작된 Low-IF 구조의 지상파 DMB RF 튜너 칩 사진이며 3.0mm X 3.0mm 크기로 제작되었다. 그림 14는 채널선택도 측정을 위한 스펙트럼이며, 그림 15에서는 제작된 칩의 이미지신호제거 성능을 보여 주고 있다. 제작된 지상파 DMB RF 튜너 칩의 성능은 표 2에 요약되어 있다.



(그림 11) 지상파 DMB RF 튜너 측정 구성도



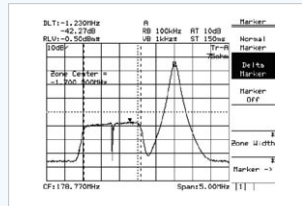
(그림 12) 측정 보드



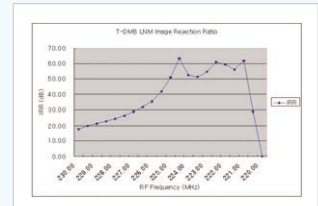
(그림 13) Die 사진

(표 2) 지상파 DMB 튜너 칩 성능 요약표

| 측정항목 | 규격 | 측정결과 | 비고 |
|-------------|--------------|------------|------------------|
| 동작주파수 | 174 ~ 235MHz | | Band-III |
| 동작전압 | 1.8V+/-10% | 1.8V+/-10% | |
| 소모전력 | < 100mW | < 80mW | |
| 수신성능 | -81dBm | -93dBm | Gaussian channel |
| 인접채널선택도 | 30dB | >42dB | |
| Far-off 선택도 | 40dB | >45dB | |
| 이미지신호제거비 | - | >50dB | fr=222MHz |



(그림 14) 인접채널선택도 측정 스펙트럼



(그림 15) 이미지신호 제거비

6. 결론

Low-IF 수신 구조의 지상파 DMB RF 튜너를 RF CMOS 0.18um 기술을 이용하여 제작하여 44핀 ePAD TQFP로 어셈블되었으며, 실험실에 구축된 지상파 DMB 송수신 테스트 베드와 연동하여 기능과 동작을 검증하였다. Quadrature downconversion mixer의 LO 신호는 위상잡음 특성이 우수한 On-chip LC-VCO를 통하여 생성되며, On-chip 인덕터의 소요 면적을 줄이기 위하여 2배 주파수를 생성하도록 설계되어 있다. 제작된 지상파 DMB RF 튜너 칩은 아날로그 자동이득제어회로를 포함하고 있어 큰 입력신호 레벨 변화에 대해서도 안정적인 성능을 제공한다.

그리고 인접채널선택도 및 Far-off 선택도 특성 모두 설계규격을 만족하며 이미지신호 제거비(IRR)는 50dB 이상으로 우수한 성능을 보이고 있다. 또한 동작제어를 위한 I2C 인터페이스는 Philips사의 범용 bi-directional, two-wire serial bus와 호환성을 가지며 시스템 구성에 유연성을 제공하고 있다. 제작된 튜너 칩은 3.0mm X 3.0mm 크기로 제작되었으며, 1.8V 단일 전압에서 동작하며 약 80mW 이하의 전력을 소비한다. Ⓜ

▶ 참고 문헌

- [1] Behzad Razavi, "RF microelectronics", 1997
- [2] Wei GUO, D, HUANG, "Noise and Linearity Optimization Methods for A 1.9-GHz Low Noise Amplifier", IEEE Proc. 3rd of Microwave and Millimeter Wave Tech., pp.923-927, 2002.
- [3] Q. Li, J.S. Yuan, "Linearity analysis and design optimization for 0.18um CMOS RF mixer", IEE Proc.-Circuits Devices Syst., Vol.149, No.2, April 2002.
- [4] J.Crols, Steyaert, "A single-Chip 900MHz Receiver Front-End with a High Performance Low-IF Topology", IEEE J.of Solid-State Circuits, pp.1483-1492, Dec. 1995
- [5] ESTI TR 101 496-3 v1.1.2 (2001-05): "Guidelines and rules for implementation and operation: Part-3 Broadcast Network"
- [6] EN 50248 (IEC 62104): "Characteristics of DAB Receivers"
- [7] ESTI TR 101 758: "DAB signal strengths and receiver parameters-target for typical operation"
- [8] Wolfgang Hoeg and Thomas Lauterbach, "Digital Audio Broadcasting", 2001