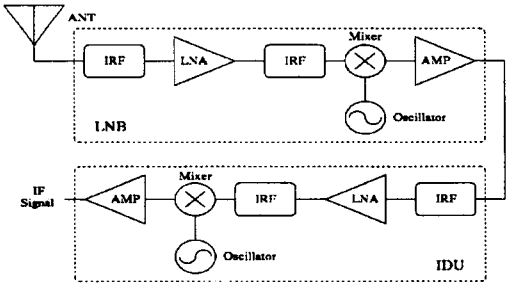
특집

DBS 수신 시스템을 위한 MMIC 설계기술

김 범 만, 강 상 훈
포항공과대학교 전자전기공학과

I. 서 론

TV나 라디오를 가정의 수신기까지 직접 송신하는 DBS (Direct Broadcast Satellite) 서비스는 위성통신의 여러 가지 응용분야들 중에서 상업적으로 가장 성공적인 분야의 하나가 되었다. DBS 서비스는 잠재적인 성장력이 케이블 TV의 강력한 경쟁자로 등장하기에 충분한 것으로 생각되며, 유럽과 일본, 미국등지에서 성공적으로 시장을 넓혀가고 있다.[4] 국내에서도 최근 시범적으로 위성방송이 시작되었고 빠른 시일내에 상업방송이 시작될 예정이어서 본격적인 위성방송 시대를 맞이하고 있다. 이에 따라 여러 회사들이 DBS 시스템을 출시하고 있으며 앞으로 더욱 많은 제품들이 시장에 등장할 것이다. 이에 부응하여 국내에서도 DBS 수신용 MMIC 칩 개발이 이루어지고 있다. 본 논문에서는 DBS RF 회로 개발 상황을 살펴보고, DBS용 칩에 대한 연구 결과를 소개하고자 한다.



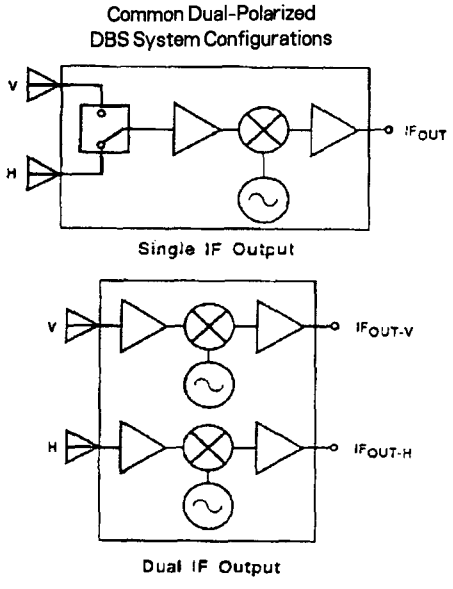
〈그림 1〉 일반적인 DBS RF 시스템

II. DBS RF 회로

DBS 시스템을 위한 하향변환기는 그림1과 같은 다양한 RF 회로들로 이루어진다. 전형적인 DBS 시스템의 RF 회로는 LNB (Low Noise Block)와 IDU (In-Door Unit) 변환기로 이루어지는데 LNB

는 Ku-band의 RF 신호를 1~2GHz 대역의 1차 IF 신호로 변환하고 IDU 변환기는 1차 IF 신호를 2차 IF 신호로 변환한다.

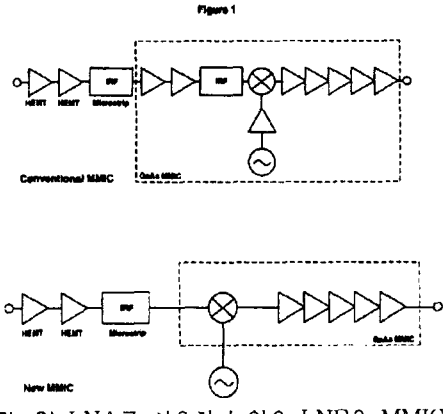
DBS 서비스가 점점 발달함에 따라 할당된 주파수 대역 모두를 이용하게 되고, 또한 할당된 주파수 대역 내에서 채널 수용 능력을 최대로 확보하기 위하여 이중편파된 신호를 이용하게 되었다. 따라서 이러한 이중편파된 신호를 모두 수신할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 스위치를 이용하여 변환될 신호를 선택하는 방법이 사용되었다. 그런데 다중화상 TV와 VCR을 이용한 녹화 등이 일상화되면서, 둘 이상의 채널을 동시에 수신할 필요가 생겼다. 이러한 사용자들의 요구를 만족시키기 위해서 DBS 시스템은 수평편파된 채널과 수직편파된 채널을 병렬로 변환할 수 있도록 설계되어야 한다. 또한 IDU도 여러 채널을 동시에 처리할 수 있게 설계되어야 할 것이다. 이미 이러한 기능을 제공하고 있는 케이블 TV등과 경쟁하기 위해서는 이러한 다중채널 기능은 반드시 제공되어져야 한다.[2] 이에 따라 그림 2와 같이 동일한 두 개의 변환기를 사용하여 수평편파된 신호와 수직편파된 신호를 동시에 변환할 수 있는 방법이 제안되었다.[3]



〈그림 2〉 Dual-Polarized DBS LNB(figure from[3])

LNB는 일반적으로 HEMT를 이용한 LNA와 IRF (Image Rejection Filter) 그리고, MESFET을 이용한 주파수 변환기로 구성된다. HEMT를 이용한 LNA는 대체로 개별소자를 이용하여 hybrid형으로 제작되며, 국내에서도 여러회사에서 제조하고 있다. Hybrid 형태에서는 일반적 바이어스인 네가티브 전압을 사용한 형태로 만들어진다. 그러나 최근에는 MMIC 형태로 통합되고 있으며 셀프 바이어스를 사용한 형태로 설계되고 있다. 셀프 바이어스 형태는 네가티브 전압을 요구하지 않으므로 바이어스를 위한 회로가 줄어들고 따라서 보드의 레이아웃이 간단해져서 생산원가를 줄일 수 있다. 셀프 바이어스로 설계함으로써 생기는 저주파에서의 안정도의 감소와 같은 문제점들은 충분히 극복할 수 있다. 예를 들어 적절한 RC 회로를 이용함으로써 밴드 밖에서의 이득을 감소시킴으로써 저주파에서의 안정도를 증가시킬 수 있다.[4]

LNB의 주파수 변환기는 MESFET을 이용하여 MMIC 형태로 제작되며, 일반적으로 RF 증폭기와 IRF, 혼합기, 발진기, 그리고 IF 증폭기를 포함한다. 이러한 형태의 LNB는 변환이득을 50dB 이상으로 증가시키고, 잡음지수를 1dB 이하로 감소시키기 위하여 앞에서 설명한 HEMT 소자로 만든 2~3단의 저잡음 증폭기를 사용한다. 그리고 주파수 변환기의 잡음지수를 적절한 수준으로 감소시키기 위하여 두단의 RF 증폭기와 IRF가 MMIC 주파수 변환기내에 사용된다. 그러나 그림 3과 같이



〈그림 3〉 LNA를 사용하지 않은 LNB용 MMIC(figure from[5])

저잡음 혼합기를 사용함으로써 주파수 변환기의 RF 증폭기와 IRF를 사용하지 않을 수 있다. 이렇게 하면 칩의 크기를 줄일 수 있고 전력소모도 줄일 수 있다.[5]

주파수 변환기를 MMIC로 설계하는 데 있어서 또 하나의 문제는 LO를 혼합기와 같은 칩에 포함할 것인지, 아니면 별개의 칩으로 설계할 것인가 하는 점이다. 이 두 방식은 각각 장단점을 가지므로 적절한 방식을 선택하여야 한다. LO를 별개의 칩으로 제작하면 회로의 집적도를 떨어뜨리지 않으면서도 시스템의 구성에 있어서 다양한 방법을 사용할 수 있고, 레이아웃도 용이해지며, 디지털 시스템에 필요한 저 위상잡음을 위한 공정을 이용할 수 있는 장점이 있다.[5] 반면 LO를 혼합기와 같은 칩에 제작하면 시스템의 구조를 간단히 할 수 있고, 변환기를 하나의 칩에 집적함으로써 패키징등의 수요를 줄임으로써 가격 경쟁에 있어서 이점을 가지게 된다.

혼합기는 MESFET을 이용하여 능동 혼합기로 제작되는 것이 일반적이다. MESFET을 이용한 혼합기는 혼합 특성을 얻기 위하여 이용하는 비선형 성분에 따라 게이트 혼합기와, 드레인 혼합기, 저항성 혼합기와 듀얼게이트 혼합기 등으로 나뉜다. 게이트 혼합기는 핀치오프 영역에서 트랜스컨덕턴스 gm의 변화를 이용하고, 드레인 혼합기는 선형영역과 포화영역 사이의 트랜스컨덕턴스와 드레인-소스간의 컨덕턴스 gds의 변화를 이용하고, 저항성 혼합기는 선형영역에서 드레인-소스간의 컨덕턴스 gds의 변화를 이용하여 주파수를 혼합한다.[6]

일반적으로 게이트 혼합기는 5~6dB의 잡음지수와 6dB 이상의 변환이득을 보인다. 반면 드레인 혼합기와 듀얼게이트 혼합기는 10dB 정도의 잡음지수와 4dB 정도의 변환이득을 보인다. 그러나 듀얼게이트 혼합기는 LO 신호와 RF 신호가 각각 다른 게이트 단자로 인가되므로 LO와 RF 신호간의 격리도가 좋고, 각각의 주파수에 대한 정합이 쉽다. 저항성 혼합기는 수동상태로 동작하므로 약 -6dB정도의 변환 손실과 6dB 정도의 잡음지수를 보인다. 그러나 저항성 혼합기는 우수한 선형성을 가지므로 넓은 동작대역(dynamic range)을 얻을 수 있는 장점이 있다.

혼합기는 single-ended 혼합기 형태나 double-ended 형태로 제작된다. 일반적으로 성능에 있어서는 double-ended 형태가 나은 특성을 보인다. 그러나 double-ended 혼합기는 벌룬이나 하이브리드등의 회로를 요구하므로, 크기가 커지고 MMIC화가 곤란한 단점이 있다. 따라서 이를 MMIC로 구현하기 위해서는 능동 벌룬들을 이용하는 방법등이 사용되어야 한다.[7] DBS 시스템은 넓은 주파수 대역 특성으로 인해 정합회로를 구성하는데 있어서 많은 어려움이 있다. 따라서 일반적으로 제공되는 제품들은 정합회로를 구성하지 않는 경우가 많다. 그러나 이러 제품은 시스템의 구성에 있어서 아이솔레이터등 복잡한 시스템을 요구함으로써 경쟁력을 떨어뜨리거나, 시스템 성능의 저하를 가져오므로 궁극적으로는 광대역 특성을 얻을 수 있는 능동소자를 이용한 방법등으로 정합회로를 구성할 것이 요구된다.

발진기는 여러 가지 형태로 제작되어지는데, 일반적으로 LNB에는 DRO (Dielectric Resonator Oscillator)를 이용한 발진기가 주로 이용된다. DRO를 이용한 발진기는 높은 Q값을 가지므로 안정적인 주파수 특성을 보이고, 위상잡음도 적은 장점을 가진다. DBS 서비스가 할당된 주파수 대역을 모두 이용하는 방향으로 발전함에 따라, 2.05 GHz 대역폭의 RF 신호를 기존의 IDU에서 일반적으로 사용하던 입력 주파수 대역폭인 0.95~1.95GHz의 1GHz 대역폭으로 변환해야 하는 문제가 생겼다. 이에 대한 해결책으로 두 개의 발진기를 이용하는 방법등이 제안되고 있다.[5]

반면 IDU에는 넓은 주파수 특성을 얻기 위하여 바랙터를 이용한 VCO가 주로 이용된다. 그러나 바랙터가 MMIC 외부에 개별 소자의 형태로 사용되므로 집적도에서 단점을 보인다. 따라서 active L이나 active C를 이용한 LC 발진기나[8] MESFET의 정션 커패시턴스를 이용한 발진기등 한 칩에 집적이 가능한 방법으로의 전환이 요구되고 있다. 그러나 이러한 방법들은 넓은 주파수 대역 특성을 얻기가 어려운 단점이 있어서 아직 DBS IDU