

이중대역 중계기를 위한 주파수합성기의 설계에 관한 연구

김진섭, 변상기, 강용철
전자부품연구원 무선통신부품연구센터

A study on the Frequency Synthesizer for Dual-Band Repeater

Jinsub Kim, Sanggi Byeon, Yongcheol Kang
Wireless Components & Telecommunication Research Center
Korea Electronics Technology Institute

E-mail : *kim812@keti.re.kr, *byeonsg@keti.re.kr, yckang@keti.re.kr

Abstract

In this paper, we propose a frequency synthesizer for dual-band repeater. The dual-band RF technology for applications to the wireless repeater for CDMA and WCDMA mobile communications has been developed in this paper. The dual-band PLL module consisted of dual-band VCO and one PLL IC has been developed. The main technological efforts for the dual-band PLL module is to suppress the intermodulation distortion by applying the miniature ceramic filter using the slow wave characteristics. The dual-band miniature RF module including dual-band PLL module and one MCU controller is very attractive for applications to the miniature dual-band RF mobile repeaters.

I. 서론

최근에 이동통신 사업자별로 주파수대역이 기존의 서비스와는 별도로 WCDMA 의 서비스를 위한 이중대역 모듈, 중계기 및 안테나의 개발이 진행되고 있다. 2G/3G 기지국의 공용과 같은 문제는 중계기에서도 동일하게 요구되어 2G/3G 공용을 위한 이중대역 중계기가 개발되고 있다. 특히 최근 이동통신 휴대 단말기는 DMB, GPS 등의 기능을 포함하는 통합 멀티미디어 지능형 단말기로 진화하면서 단말기에는 이미 다중대역 RF chip 이 보편적으로 사용되고 있으나 기지국/중계기

Infra 구조는 종래의 방식을 사업자별로 고수하고 있어 막대한 공간적 및 비용절감을 위한 RF 고용화 방안이 현실로 대두되고 있다. 본 논문에서는 이러한 실제적 기술수요를 인식하여 CDMA 및 WCDMA 서비스별로 중계기가 별도 설치 운용 되어야 하는 상황에서 중계기가 차지하는 공간적, 비용적 측면을 절감하기 위하여 사용될 이중대역 중계기를 위한 국부발진용 이중대역 주파수 합성기에 대해 연구하였다. 이러한 연구를 위하여 각각의 주파수밴드에 맞는 전압제어발진기(VCO)를 개발하고, 이중대역 PLL IC 를 활용하여 기존의 단일대역 중계기용 국부발진기의 크기와 유사하게 설계 및 제작하였다. 이중대역 주파수합성기의 개발에 있어서 가장 큰 문제는 2 개의 출력 신호가 동시에 발생하여 상호변조왜곡이 발생하는 것인데 본 논문에서는 이를 억제하기 위하여 출력단에 LTCC 기술을 이용한 초소형 세라믹 대역통과 여파기를 이용하여 각각의 출력 전력에 의한 상호간섭을 억제 시키는 방법을 사용하였다. 그 결과 각각의 출력에서 발생하는 간섭신호 외에도 2 차 및 3 차 고조파를 억제 시키는 결과를 얻을 수 있었다.

II. 전압제어발진기 설계

본 논문은 정보통신부 Electro 0580 사업의 지원 하에 이루어졌음.

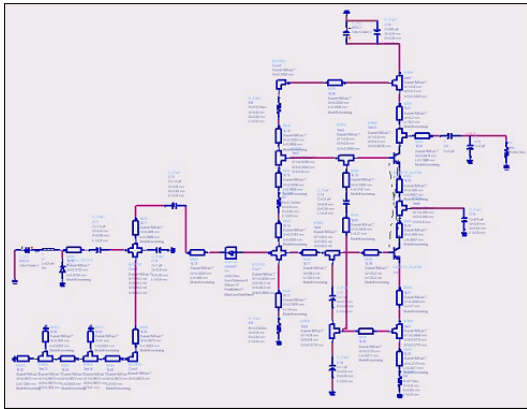


그림 1. 전압제어발진기

이중대역 중계기용 주파수에 사용된 발진기는 콜피츠 발진기 구조를 사용하였다. 발진기 설계를 위하여 Agilent 사의 ADS 를 사용하였고, WCDMA 및 CDMA 중계기용 주파수합성기에 사용될 전압제어발진기를 설계하였다. 그림 1 은 WCDMA 및 CDMA 용 주파수합성기에 사용된 VCO 의 Schematic 을 보여 주고 있다. 동일한 형태의 VCO 를 설계하였고, 공진부를 PCB 패턴을 이용하여 제작 할 수 있도록 설계하였다.

III. 초소형 세라믹 대역통과 여파기

본 절에서는 두개의 발진출력에 따른 서로간의 간섭신호를 억제 하기 위한 대역통과 여파기의 설계 및 제작에 관하여 설명하고 있다. 여파기의 설계에 있어서 기존의 중계기용 주파수 합성기의 크기와 유사하게 제작하기 위한 방안으로 LTCC 기술을 이용하여 각각의 통과대역에 맞는 초소형 세라믹 대역통과 여파기를 설계 및 제작하였다.

3.1 대역통과 필터설계

본 논문에서는 필터의 크기를 줄이고, 넓은 저지대역 특성을 갖도록 하기 위하여, 부하 캐패시턴스를 갖는 $\lambda/4$ 스트립 선로 공진기를 사용하였으며, 기본구조는 그림 1 과 같다.

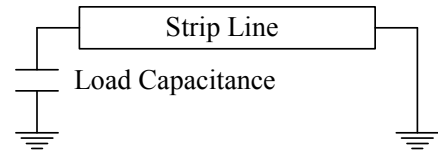


그림 2. $\lambda/4$ 스트립 선로 공진기

일반적인 $\lambda/4$ 공진기는 기본공진 주파수의 3 배인 주파수에서 첫 번째 고조파 성분이 나타나지만 제안된 공진기의 경우 1 차 고조파 성분의 주파수가 부하 캐패시터의 용량에 따라 높아지는 경향을 보이고 있는데, 이는 공진기 선로가 위상지연 효과(Slow-wave effect) 를 보이는 것으로 이를 이용하면 필터의 상향 저지대역 감쇄특성을 향상시킬 수 있다. 그림 3 은 제안한 공진기를 사용하여 설계된 최종 2 단 대역통과 필터의 등가회로를 보여주고 있다. 등가회로에서 C1 과 C2 는 부하 캐패시턴스를 나타내고, C3 는 두 공진기 사이의 커플링에 의한 캐패시턴스를 나타내고 있다.

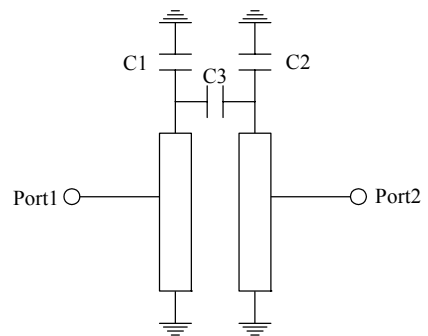


그림 3. 2 단 대역통과필터 등가회로

본 논문에서는 2 단 체비셰프 저역통과 프로토타입 (Prototype)을 이용하였으며, 통과 대역 리플(Ripple) 은 0.1 dB로 하였다.

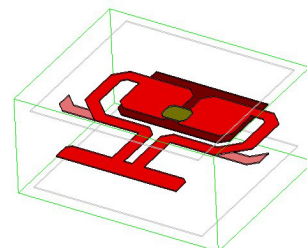


그림 4. 대역통과 여파기 3 차원모델

3.2 초소형 세라믹 대역통과 여파기 제작

초소형 세라믹 대역통과 여파기의 제작에 사용한 저온 동시소성용 유전체 재료는 RN2 社의 RNE40 으로 875℃에서 소성시 유전률은 33, Q*f 는 1000 이다. RNE40 을 그린 쉬트 두께 50 μm으로 캐스팅하여 적층공정에 적용하였다. 필터는 결합 스트립라인 공진기로 만들어졌으며, 캐패시터가 비아를 통해 공진기에 부하로 연결되어 있다. 전극의 두께는 회로 패턴은 약 14 μm이었으며 그라운드는 9 μm 정도였다. 그림 5 는 제작된 적층 대역통과 필터의 실물 사진으로 전체 크기는 2.0×2.5×1.2 (W×L×T) mm 이다.

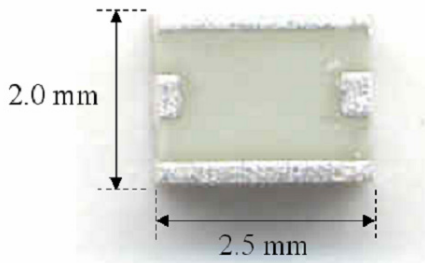


그림 5. 초소형 세라믹 대역통과 여파기

표 1. CDMA & WCDMA 대역통과 여파기 특성

Freq. range	799 ~ 824MHz	1990 ~ 2050 MHz
Insertion Loss	2.2 dB max.	1.6 dB max.
Return Loss	15 dB min	10 dB min
Characteristic Imp.	50 Ω	50 Ω

IV. 이중대역 주파수합성기 제작

그림 6 은 실제 제작된 CDMA & WCDMA 용 이중대역 주파수합성기를 나타내고 있다. 주파수 합성기만의 크기는 21×21mm 로 모듈 내에 Spurious 를 억제하기 위한 초소형 세라믹 대역통과 여파기가 각각의 출력에 실장 되어 있는 형태이다. MCU 와 통합된 모듈 형태의 Case 에 실장하기 위하여 별도의 PCB 기판을 제작하여 National semiconductor 사의 LMX2370 P11 IC 를 이용한 이중대역 주파수합성기 모듈을 실장하고, 뒷면에 기준주파수 발생을 위한 TCXO 및 PLL IC 제어를 위한 MCU 를 실장 하는 형태로 최종 통합모듈을 제작하였다. 다층기판으로 내층에 MCU 로부터 인가되는 신호선들로

배치하는 형태로 제작하였다. 기준주파수 발생을 위하여 13MHz 의 TCXO 를 사용하였고, MCU 는 Dual-Band 증계기에 실장하기 위하여 8bit MCU 인 PIC12CE519 를 사용하였다. MCU 프로그램은 실제 증계기에서 요구하는 국부발진 주파수로 수정 가능하도록 설계하였고, 본 논문에서는 상용화되고 있는 주파수에 맞도록 CDMA 의 경우 811.5MHz, WCDMA 의 경우 2020MHz 로 설정하였다.

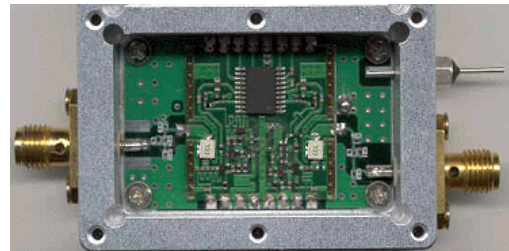


그림 6. 이중대역 주파수합성기

V. 측정결과

그림 7,8 은 실제 제작된 초소형 세라믹 대역통과 필터의 측정결과 및 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. CDMA 용 대역통과 여파기 측정결과의 경우 넓은 저지대역 특성을 갖고 있음을 알 수 있다. 이러한 특성에 의해 우리가 원하는 상호변조 왜곡에 의한 간섭신호 뿐만 아니라 각각의 VCO 출력에서의 2 차 및 3 차 고조파 억제특성도 향상 시킬 수가 있었다.

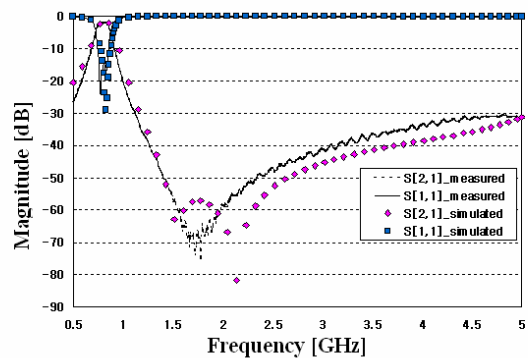


그림 7. CDMA 용 대역통과 여파기 특성

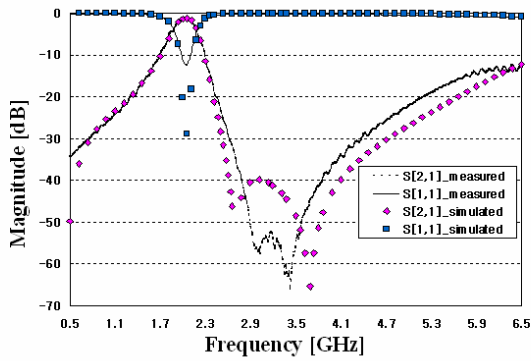


그림 8. WCDMA 용 대역통과 여파기 특성

그림 9 는 초소형 세라믹 대역통과 여파기를 사용하
기 전 CDMA 출력에서 본 스펙트럼 측정결과를 보여준다.
이러한 출력특성을 개선하기 위해 사용된 대역통과 여
파기의 사용 후 출력특성은 그림 10 에 나타나 있다.
결과에서 볼 수 있듯이 원치 않는 간섭신호 뿐만 아니
라 고조파 성분까지 억제되어 출력되고 있음을 알 수가
있다.

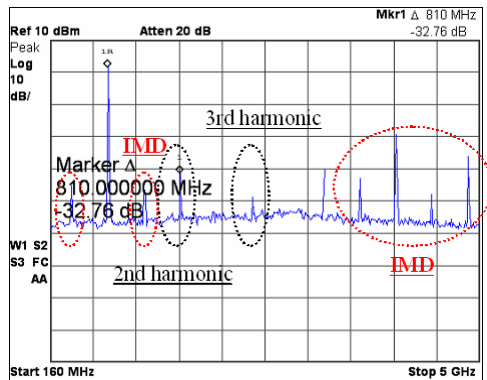


그림 9. 대역통과 여파기 사용 전 출력특성

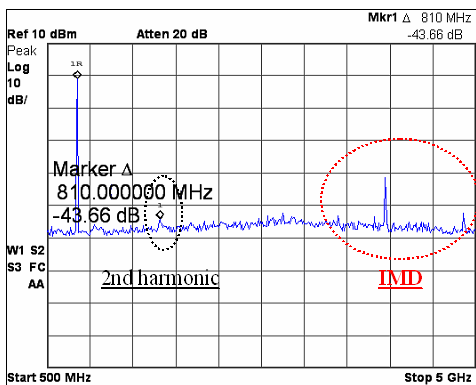


그림 10. 대역통과 여파기 사용 후 출력특성

VI. 결론

본 논문에서는 LTCC 기술을 이용한 초소형 세라
믹 대역통과 여파기를 사용하여 이중대역 중계기용 주
파수합성기를 설계 및 제작하였다. 중계기용 이중대역
주파수 합성기의 개발에 있어서 가장 큰 문제인 두개의
출력 신호에 의한 상호간섭 문제를 대역통과 여파기를
이용하여 해결하였으며, 고조파 성분까지 억제되는 결
과를 얻을 수 있었다. 본 논문을 통하여 이중대역 시스
템과 관련된 모듈에 적용할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] H. S. Song and Y. S. Lee, "A Miniaturized 2.4GHz Band Multi-layer Bandpass Filter Using Capacitively Loaded $\lambda/4$ Slow-wave Resonator", IEEE MTT-S, Digest, 2003.
- [2] M. Makimoto and S. Yamashita, "Bandpass filters using parallel coupled stripline stepped impedance resonators", IEEE Trans., MTT-28, 1980, 1413-1417.
- [3] J. S. Hong and M. J. Lancaster, "Microstrip slow-wave resonator filters", IEEE MTT-S, Digest, 1997, 713-716.
- [4] David M. Pozar, Microwave and Wireless Systems, John Wiley & Sons, 2000.
- [5] G Gonzales, Microwave amplifiers, Prentice Hall, 1997.