

위성중계기를 위한 낮은 불요 특성을 갖는 새로운 형태의 저역통과 필터 설계

Design of a Novel Low Pass Filter with Low Spurious Response for Satellite Transponder

°이문규, 류근관, 염인복, 이성팔

M.-Q. Lee, K.-K. Ryu, I.-B. Yom, and S.-P. Lee

대전 유성구 가정동 161 한국전자통신연구원 무선방송연구소 통신위성개발센터

T: 042-860-5961, F:042-860-6949, E-mail: mqlee@etri.re.kr

ABSTRAT

A novel microstrip type low-pass filter using thin or thick film resistors is proposed to efficiently eliminate harmonic spurious response in stop-band. The proposed low-pass filter shows the spurious suppression enhancement of 20 dB over a conventional one. The designed low-pass filter could be used as a harmonic rejection filter of a local oscillator for Ku-band satellite payload system.

서론

믹서나 발진기에서 하모닉과 불요파 신호를 제거하는 효과적인 방법의 하나로 저역통과 필터가 이용된다. 이러한 목적의 저역통과 필터는 불요파를 제거하기 위한 목적으로 사용되므로 저지대역의 특성이 매우 중요하다. 마이크로파 대역에서 저역통과 필터의 구현방법으로 마이크로스트립 혹은 CPW 형에서 높은 특성 임피던스와 낮은 특성임피던스를 번갈아 구현하는 Low-High Step Impedance 형 LPF 가 이용된다 [1]. Low-High Step Impedance 형 LPF 의 변형으로 Low Impedance 를 개방형 전송선로로 대체하면 더 작은 면적으로 필터를 구현할 수 있다. 이러한 마이크로스트립형의 저역통과필터의 단점으로는 전송선로 개념을 이용하기 때문에 주파수에 대한 주기적인 특성 때문에 저지대역에서 원하지 않는 불요특성이 발생하는 것을 들 수 있다. 주기적인 특성을 제거하기 위한 시도로는 전송선로에 변화를 주어 주파수에 대한 주기적인 특성을 피하는 형태의 필터 [2]

[3]와 최근에 주로 그라운드 면에 주기적인 defect 를 줌으로써 원하는 대역에서 저지 특성을 얻고자 시도가 있다 [4][5].

본 논문에서는 LPF 의 저지대역에서 불요 특성을 제거하기 위한 새로운 시도로서 후막 또는 박막 저항을 마이크로스트립 전송선로와 함께 사용하여 대역통과 밖에서 주기적으로 나타나는 불요 특성을 제거하였다.

불요 특성 개선에 유리한 새로운 저역통과 필터의 제안

그림 1 은 Low-High Step Impedance 로 구성된 전형적인 LPF 의 구조이고, 그림 2 는 본 논문에서 불요 특성을 제거하기 위해 새롭게 제안하는 구조이다. 그림 1 에서 개방형 마이크로스트립은 capacitive 역할을 하고, 높은 특성임피던스로 구현된 마이크로스트립은 인덕터 역할을 한다. 그림 1 에 비해 새로 제안한 구조인 그림 2 의 구조는 개방형 마이크로스트립으로 저역통과 필터의 캐패시터를 구현할 때 저항을 마이크로스트립의 적

당한 위치에 뚫으로써 저지대역인 고주파에서의 불요파를 제거하기 위한 것을 특징으로 한다. 이 저항은 후막 혹은 박막을 이용한 Sheet 저항으로 구현하거나, lumped model 이 정확한 경우 SMT 형태의 chip resistor 로도 구현할 수 있다.

Substrate	Alumina
Substrate Thickness	0.635mm
Sheet resistance	25 Ω/□
	(W=1.5mm, L=0.85mm)
width of microstrip	1.7 mm

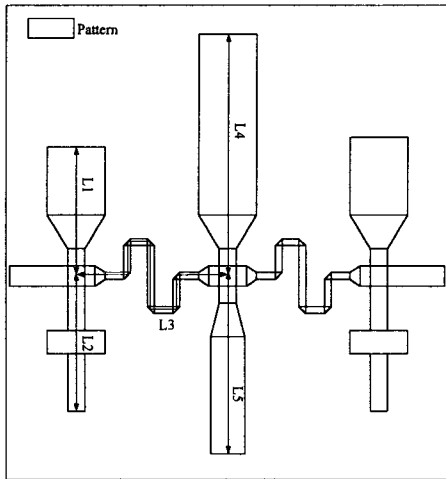


그림 1. 종래의 마이크로스트립형 저역통과 필터 (회로 크기 13 mm X 14 mm)

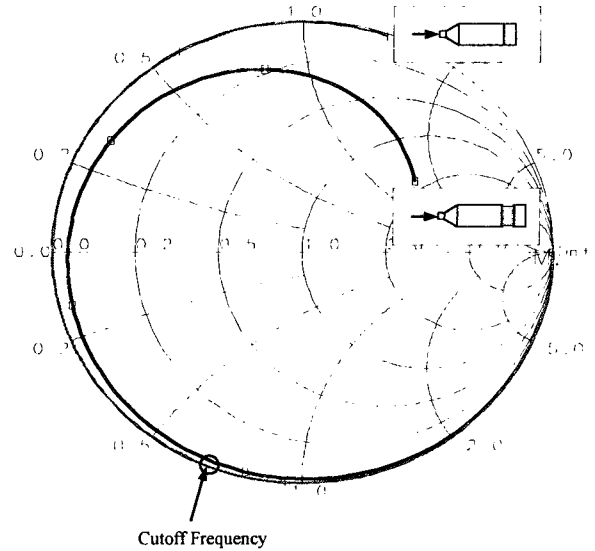


그림 3 일반적인 개방형 마이크로 스트립과 저항을 삽입한 형태의 임피던스 비교

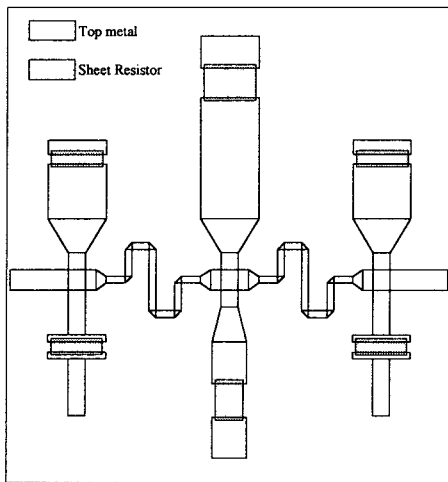


그림 2. 새로 제안한 마이크로스트립 형태의 저역 통과 필터 (회로 크기 13 mm X 14 mm)

저항이 없는 일반적인 마이크로스트립과 비교하였을 때 새로 제안하는 구조는 주파수가 증가함에 따라 입력 측의 저항에 의한 손실 값이 증가하게 된다. 이 손실 값은 Cutoff frequency 이내에서 차이가 작은 것에 비해 주파수가 증가함에 따라 손실이 증가하여 저지대역에서 불요파에 영향을 주게 된다. 이것은 저항과 회로적으로 직렬형태로 연결된 개방형 마이크로스트립이 캐패시터로 동작하기 때문에 주파수가 낮은 경우에는 임피던스가 크기 때문에 저항 값의 영향이 작아지고 주파수가 높아짐에 따라 캐패시터에 의한 임피던스값이 작아져서 저항값의 영향이 커지게 된다. 주파수가 높은 저지대역에서 불요특성은 마이크로스트립이 주파수에 대한 주기성을 가지고 있어 공진현상을 갖게됨에 따라 나타난다. 새로 제안한 저역통과필터의 구조는 이러한 고주파의 공진특성을 삽입한 저항으로 Q 값을 작게 만들어 저지대역에서 불요특성을 개선할 수 있다.

그림 1 과 그림 2 의 차이점을 살펴보기 위해 그림 1 의 L4 에 해당하는 부분을 가지고 임피던스를 비교하면 그림 3 과 같다. 기판과 마이크로스트립의 특성은 아래와 같다.

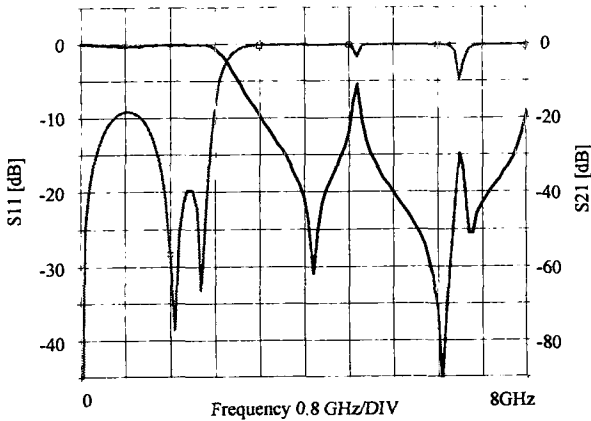


그림 4. 종래의 마이크로스트립 형태의 저역통과 필터의 모의 특성

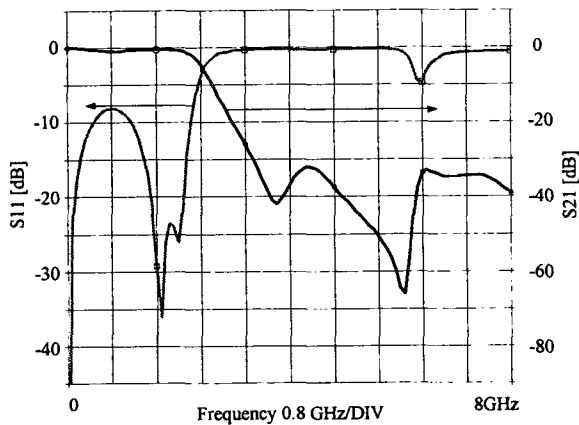


그림 5. 새로 제안한 저항을 삽입한 마이크로스트립 형태의 저역통과 필터의 모의 특성

모의 시험 결과 및 측정 결과

설계한 마이크로스트립형 저역통과 필터의 스펙은 다음과 같다.

- cutoff frequency 는 2.5 GHz,
- 전송손실 < 1dB @ 1.9GHz,
- Harmonic Rejection > 30dBc

저역통과 필터는 5 단으로 구성하였고, 초기 설계 값은 통과대역내 ripple 을 0.1dB 의 Chebyshev Polynomial 로 설계하였다. 저지대역에는 불요특성을 효과적으로 개선하기 위해 감쇄극 삽입하였다. 감쇄극은 capacitor 의 값이 가장 큰 값인 그림 1 의 L4 에 2 차 하모닉에 대한 전송단락점 (감쇄극)을 구현하였다.

고차의 하모닉 주파수에 대한 감쇄극은 L1 에 구현하였다. 회로에 사용한 기판은 0.635mm 두께의 저순도(96%) 알루미늄 기판을 사용하였고, 패턴은 인쇄형태로 제작하였다. 그림 4는 그림 1의 구조의 필터특성에 대한 모의시험 결과를 보여주고 있다. 모의시험에서 저지대역에서 불요 특성이 다음과 같이 발생하였다.

- 삽입손실= -0.2 dB @1.9GHz
- -10.8dB @ 4.96GHz
- -29.7dBc @ 6.8GHz

그림 4의 불요 특성을 개선하기 위해 그림 2는 개방형 마이크로스트립에 후막저항을 삽입한 형태이다. 후막저항의 Sheet resistance 는 25 Ω/□을 이용하였다. 사용한 후막저항의 값은 다음과 같다.

$$L1 : 5\Omega, L2 : 5\Omega, L4 : 14\Omega, L5 : 31\Omega$$

마이크로스트립 상에서 저항의 위치와 저항 값은 회로 최적화 프로그램을 이용하여 수행하였다. 최적화 수행 후의 결과는 다음과 같다.

- 삽입손실= -0.6 dB @1.9GHz
- -32dB @ 4.3GHz
- -32.5dBc @ 6.48GHz

그림 5의 설계결과는 불요특성은 20dB 정도의 개선이 되었고 통과대역내 전송손실은 0.4dB 정도 악화된 결과를 보여준다. 그림 5의 불요특성이 그림 4보다 낮은 주파수에서 발생하는 이유는 그림 2의 Sheet 저항이 Lossy Line 으로 동작하여 개방형 마이크로스트립의 길이가 더 길어지는 효과 때문이다.

그림 6과 그림 7은 제작한 저역통과 필터의 측정 결과를 보여주고 있다. 측정결과는 모의 시험 결과와 잘 일치함을 보여주고 있다.

결론

본 논문에서는 마이크로스트립형 저역통과 필터에서 주파수의 주기 특성으로 인해 발생하는 불요특성을 개선하는 방법으로 저항을 마이크로스트립에 삽입하는 새로운 구조를 제안하였다. 제안한 회로를 이용하여 저지대역내 불요특성은 20dB정도를 개선할 수 있었다. 설계한 필터는 Ku 대역 위성 중계기용의 국부발진기에서 발생하는 하모닉을 제거하는 용도로 사용이 가능하리라 생각된다.

참고 문헌

- [1] T. Garvens, "Microwave LPF design for RF Applications," RF Expo pp. 147-159, Jan. 1995.
- [2] J.-W. Shen, "A compact semi-lumped low-pass filter for harmonics and spurious suppression," *IEEE Microwave and Guided Wave Letters*, Vol. 10, No. 3, pp.92-93, Mar. 2000.
- [3] Y.-W. Lee, S.-M. Cho, G.-Y. Kim, J.-S. Park, D. Ahn, J.-B. Lim, "A design of the harmonic rejection coupled line low-pass filter with attenuation pole," *1999 IEEE International Microwave Symposium*, pp.682-685, Jun. 1999.
- [4] Y. Qian and T. Itoh, "Microwave applications of photonic band-gap (PBG) structures," *1999 IEEE International Microwave Symposium*, pp.35-38, Jun. 1999.
- [5] T. Kim and C. Seo, "A novel photonic bandgap structure for low-pass filter of wide stopband," *IEEE Microwave and Guided Wave Letters*, Vol. 10, No. 1, pp.13-15, Jan. 2000.

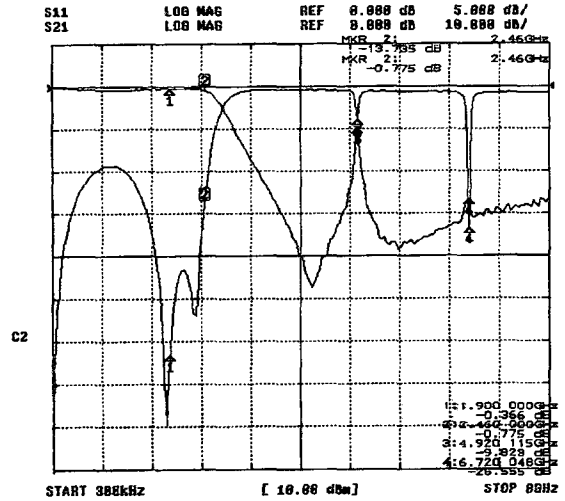


그림 6. 종래의 마이크로스트립형 저역통과 필터의 측정 결과.

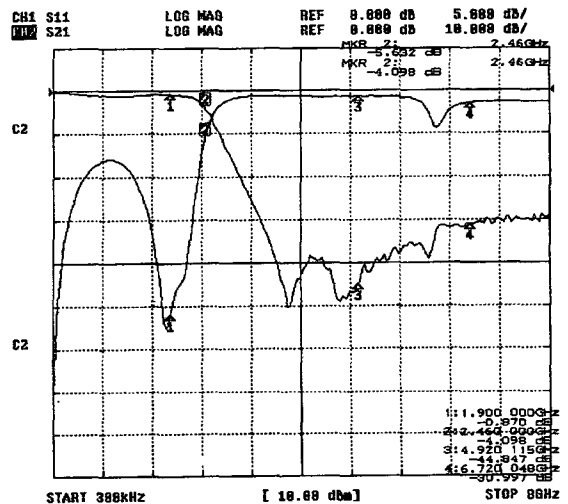


그림 7. 새로 제안한 저항을 삽입한 마이크로스트립형 저역통과 필터의 측정 결과.