

주파수 선택적 부하를 이용한 반사형 대역저지 필터

° 김 윤 조*, 정 승 환*, 황 회 용*, 정 중 성*, 박 준 석**

* (주) 아모텍, ** 순천향대학교 정보기술공학부

kyunjo@amotech.co.kr

A Reflection Type Band-rejection Filter Using the Frequency Selective Loads

° Yun-Jo Kim*, Seoung-Hwan Jeoung*, Hee-Yong Hwang*, Joong-Sung Chung*, and Jun-Seok Park**

*Amotech Co.

**Division of Information Technology Engineering, Soonchunhyang Univ., R. O. Korea

Abstract

In this paper, we have implemented the reflection type band-rejection filter by employing the 3-dB hybrid and the frequency-selective loads. The frequency-selective loads have been achieved with the 3-pole bandpass filter terminated by a 50-ohm load. The reflection type band-rejection filter is less sensitive to unloaded Q-factor of resonator than the conventional one. Measurements and simulations on the presented band-rejection filter in this paper show the excellent performances in passband and rejection-band.

Key words : Band rejection filter, Band stop filter, Hybrid, reflection type

I. 서 론

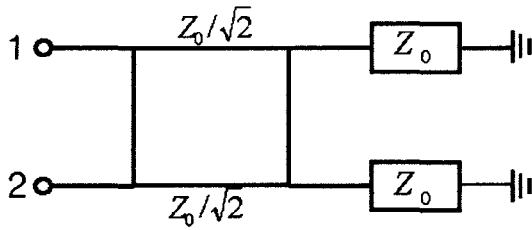
RF 및 마이크로파 주파수대 무선통신 시스템에서는 안테나, 필터, 방향성 결합기 등 다양한 형태의 수동회로 부품이 사용된다. 이러한 수동회로 부품의 특성은 시스템의 주파수 선택도 및 시스템 내외 경로의 경로 손실등과 같은 시스템의 주요 성능을 결정하고, 이러한 시스템의 성능을 좌우하는 수동부품의 특성은 부품을 구성하는 전송선로 혹은 공진기 등과 같은 기본 소자의 손실특성이나 품질 계수에 그 특성이 결정된다. 특히 시스템의 주파수 선택도를 좌우하는 대역통과 필터 및 대역저지 필터의 경우에는 필터를 구성하는 공진기의 무부하 품질계수(Unloaded quality factor)에 따라 필터의 통과대역 내에서의 손실특성 및 대역저지 특성이 직접적으로

결정된다. [1]

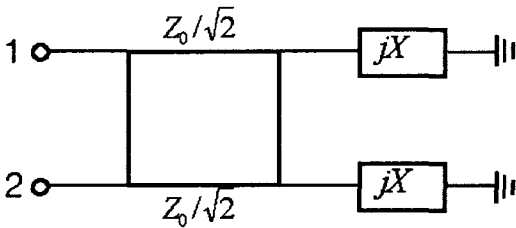
본 논문에서는 대역저지 필터의 구조로서 3-dB 하이브리드와 주파수 선택적 부하를 사용한 반사형 대역저지 필터구조를 제안하고, 셀룰러 대역에서 대역저지 필터를 구현하였다. 반사형 대역저지 필터에 사용된 주파수 선택적 부하는 대역통과 필터를 50ohm 부하로 종단 시킴으로써 구현하였다. 본 논문에서 제안한 반사형 대역저지 필터는 주파수 선택적 부하의 정합특성, 즉부하에 사용된 대역통과 필터의 반사계수를 이용하여 대역저지 특성을 구현하기 때문에 부하를 구성하는 대역통과 필터 공진기의 무부하 품질계수 값에 덜 민감한 특성을 나타내고, 또한 반사형 대역저지 필터를 직렬 연결(cascading) 함으로써 저지대역에서의 감쇄특성을 개선할 수 있는 장점을 갖는다.

II. 이론

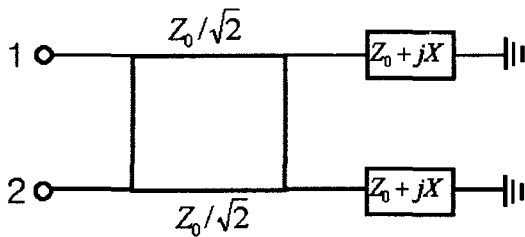
Fig.1은 다양한 종단 조건을 갖는 3-dB 하이브리드를 나타내었다. [2][3]



(a) Real Loads



(b) Imaginary Load



(c) Complex Loads

Fig.1 Hybrids terminated with various loads

Fig.1에 나타낸 하이브리드의 종단 포트에서의 반사계수는 각각 다음과 같이 주어지고,

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{Z_0 - Z_0}{Z_0 + Z_0} = 0 \quad (1)$$

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{jX - Z_0}{jX + Z_0} \quad (2)$$

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{Z_0 + jX - Z_0}{Z_0 + jX + Z_0} = \frac{jX}{2Z_0 + jX} \quad (3)$$

1번 포트와 2번 포트에서의 반사특성을 결정하는 각 종단에서의 반사계수의 크기는 각각 다음과 같이 결정된다.

$$|\Gamma| \quad (4)$$

$$|\Gamma| \quad (5)$$

$$|\Gamma| = \frac{1}{\sqrt{1 + 4\left(\frac{Z_0}{X}\right)^2}} \quad (6)$$

식(4)의 의미는 정합된 부하로 종단에 포트에서의 반사계수가 0이므로 하이브리드의 입출력단은 서로 격리된 상태, 즉 대역저지 특성의 구현을 나타내고, 식(5)는 전반사 조건을 나타냄으로써 입출력단에서 through 특성의 구현을 나타내게 된다. [2][3]

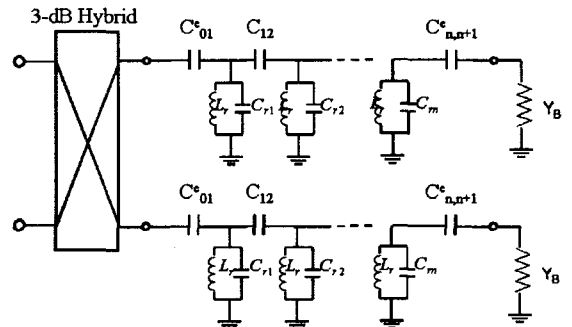


Fig.2 3-dB Hybrid terminated by frequency selective loads

반면, 식(6)은 주파수 선택적 부하로서 종단된 하이브리드 회로의 종단포트에서의 반사계수 크기를 나타내는 식으로, 부하의 리액턴스 값이 Z_0 와 비교하여 매우 작은 경우는 식(4)의 경우에 대응되고, 반대로 매우 큰 경우에는 식(5)의 조건에 해당하게 된다.

Fig. 2은 Fig.1(c)에 나타낸 복소 부하(Complex load), 즉 주파수 선택적 부하를 50ohm으로 종단된 대역통과 필터로 구현한 반사형 대역저지 필터의 기본 구조를 나타낸다. Fig.2에 나타낸 하이브리드 회로의 부하는 종단된 대역통과 필터의 통과대역에서는 Fig.1(a)의 경우처럼 50ohm 부하 혹은 순 실수 부하로 동작하게 되어 대역저지 필터의 저지대역 특성을 제공하게 되고, 대역통과 필터의 저지대역에서는 Fig.1(b)의 경우처럼 리액턴스 부하로 동작하게

되어 대역저지 필터의 통과대역 특성을 제공하게 된다.

III. 반사형 대역저지 필터 구현

하이브리드 회로를 주파수 선택적 부하로 종단한 반사형 대역저지 필터의 저지대역에서의 대역저지 특성은 주파수 선택적 부하로 사용한 대역통과 필터의 반사계수 특성으로 결정된다. 대역통과 필터 설계 및 제작 시 양산성과 여타의 조건을 고려하여 구현 가능한 반사손실의 범위는 보통 20dB 근방이다. 따라서 Fig.2에 나타낸 반사형 대역저지 필터의 저지대역에서의 대역저지의 특성은 이러한 주파수 선택적 부하에 사용되는 대역통과 필터의 반사손실에 상응하는 20dB정도가 된다.

대역통과 필터는 4R3, 유전율 38으로 제작하였고, 주파수 특성은 중심 주파수가 855MHz, 대역폭이 10MHz로 설계하였다. Fig.3은 이 대역통과 필터의 simulation과 measurement 결과이다.

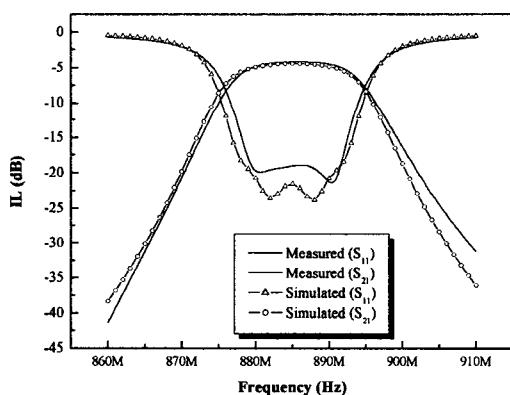


Fig. 3 Simulation & measurement of 4R3 Band-pass filter

본 논문에서 제안한 반사형 대역저지 필터는 Fig.4에 나타낸 바와 같이 주파수 선택적 부하로 종단된 3-dB 하이브리드 회로를 직결 연결(cascaded connection) 함으로써 저지대역에서의 감쇄특성을 개선시킬 수 있는 장점을 갖는다.

Fig.5는 대역저지 필터의 저지대역에서의 대역저지 특성을 개선시키기 위하여 Fig.2에 나타낸 반사형 대역저지 필터를 직결 연결 시켜 설계한 필터의 특성을 나타내었다. 반사형 대역저지 필터의 종단을 위한 주파수 선택적 부하로 사용된 대역통과 필터는 4단, 0.01dB의 리플 특성을 갖도록 설계하였다.

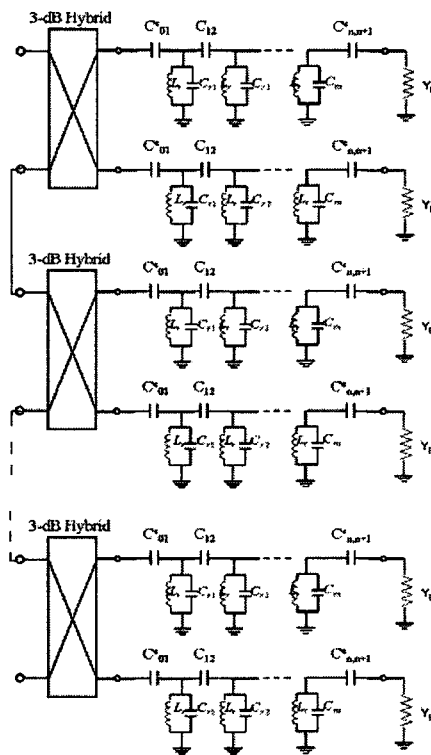
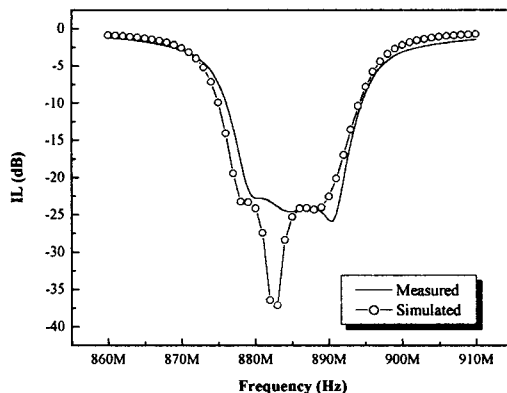
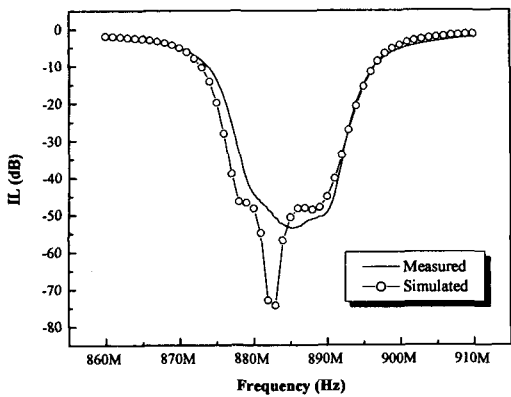


Fig.4 Cascading the 3-dB Hybrids terminated by frequency selective loads to improve the rejection performance

Fig.5 (a)의 특성은 Fig.2에 나타낸 대역통과 필터의 반사를 이용한 1-section의 대역저지 필터 모듈의 simulation과 measurement 결과이고, Fig.5(b)는 2-section의 대역저지 필터를 직결연결 시켜 구성한 대역저지 필터의 simulation과 measurement 결과를 나타낸다.



(a)



(b)

Fig.5 Simulations & measurements on the reflection type band-rejection filters. Cascading (a) 1-sections of band-rejection filter and, (b) 2-sections of band-rejection filters.

Fig.5에 나타난 바와 같이 본 논문의 대역저지 필터의 저지대역에서의 대역저지 특성은 각 반사형 대역저지 필터의 주파수 선택적 부하로 사용된 대역통과 필터의 반사손실 특성의 합으로 나타남을 알 수 있다.

본 논문에서 제안한 주파수 선택적 부하로 종단한 하이브리드 회로 2-section을 직결 연결하여 셀룰러 대역에서 10MHz의 저지대역에서 -40dB 이상의 감쇄 특성을 갖는 반사형 대역저지 필터를 구현하였다. 대역저지 필터는 3mm×3mm의 유전체 공진기를 사용한 4단 대역통과 여파기를 이용하여 주파수 선택적 부하를 구현하였다.

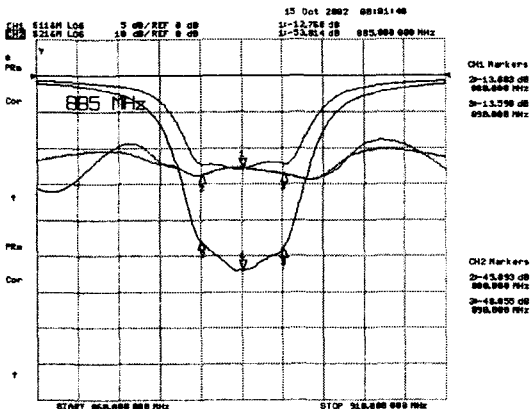


Fig.6 Comparative measurements between 1-section & 2-section on the fabricated reflection type band-rejection filters.

Fig.6은 제작된 1-section과 2-section의 반사형 대역저지 필터의 비교 특성을 나타낸다. 제작된 반사형 대역저지 필터는 양호한 저지대역에서의 감쇄특성과 통과대역에서의 손실 특성 및 정합특성을 나타내었다.

IV. 반사형 대역저지 필터 응용

본 논문에서 제안된 반사형 대역저지 필터의 응용으로 원하는 주파수 대역을 선택적으로 감쇄 시켜 저지대역을 구현하는 Fig.7과 같은 필터 모듈을 구현하였다. Fig.7에 나타난 필터 모듈은 SPDT 스위치를 사용하여 일정 주파수 대역이 반사형 대역통과 필터를 사용하여 제거하고 또한 25MHz대역의 모든 주파수 대역이 통과하는 두 전기적 경로를 구분하여 필터 모듈 특성을 구현하였다.

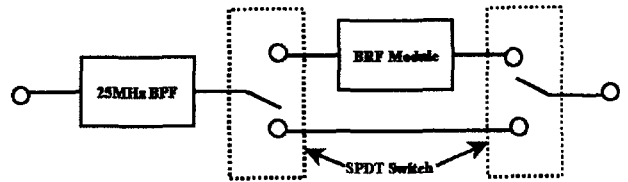


Fig.7 Configuration of the switched filter module system .

Fig.5의 경우와 마찬가지로 본 논문에서 제안한 주파수 선택적 부하로 종단한 하이브리드 회로 2-section을 직결 연결하여 셀룰러 대역에서 4MHz의 저지대역을 갖는 대역저지 필터를 구현하였다.

Fig.3에 나타난 특성을 갖는 대역통과 필터를 사용하여 대역저지 필터를 구현하고 Fig.4와 같은 2-section으로 필터모듈을 구현한 뒤 일정 주파수 대역의 전파를 저지 시키도록 switch 경로를 구성하고 그 특성을 측정하였고, Fig.8에 측정 결과를 나타내었다. 25MHz의 대역폭을 갖는 대역통과 필터는 저지대역에서의 감쇄특성을 고려하여 상대적으로 무부하 품질계수 값이 큰 10mm10mm 유전체 공진기를 사용하여 13단으로 설계, 제작하였다. 대역저지 필터의 주파수 선택적 부하의 구현을 위하여 사용된 대역통과 필터의 낮은 무부하 품질계수 값으로 인하여 대역통과 필터의 저지대역에서 반사손실 특성이 악화되어 전체 필터 모듈의 통과대역에서의 손실 특성이 비교적 큰 특성을 나타내었으나, 전반적인 대역저지 필터의 감쇄 특성이 설계 사양에 잘 만족되는 결과를 얻었다.[4]

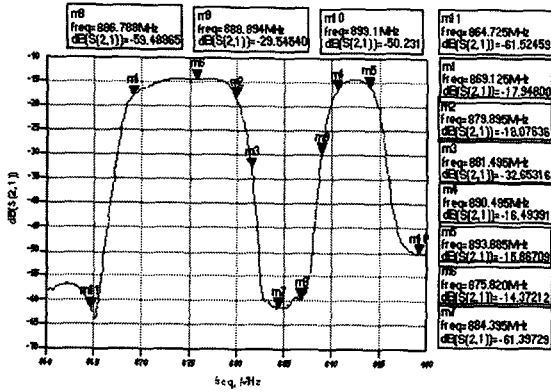


Fig.8 Measurement on the implemented filter module..

V. 결론

본 논문에서는 대역저지 필터의 구조로서 3-dB 하이브리드와 주파수 선택적 부하를 사용한 반사형 대역저지 필터구조를 제안하고, 셀룰러 대역에서 대역저지 필터를 구현하였다. 본 논문에서 제안한 필터 구조는 RF 주파수 대역 및 마이크로파 주파수 대역 이상에서도 비교적 손쉽게 구현이 가능한 대역저지 필터 구조로 판단된다.

Acknowledgement

This work was supported by grant No. R02-2000-00253 from the Korea Science & Engineering Foundation.

참고문헌

- [1] G. Matthaei, L. Young, and E.M.T. Jones, *Microwave filters, Impedance-matching networks, and Coupling structures*, Artech House , 1980, pp.675-680.
- [2] 김영태, 이수재, 김형석, 박준석, 임재봉, “반사위상 최적화를 이용한 강유전체 위상 변위기 설계, ” 2002년도 마이크로파 및 전파 전파 학술대회 논문집 Vol.25, No.1, pp.453-456, 2002.5.25.
- [3] Richard V. Snyder, “Lossy, Hybrid Coupled Amplitude Equalizers for Narrow Band Filters”, *IEEE MTT-S DIGEST*, pp205-211, 1984
- [4] Hee-Yong Hwang, Sang-Won Yun, Joong-sung Chung, “A New Type of Amplitude