

협대역 저지 특성을 가지는 UWB용 마이크로스트립 필터 설계

노양운, 홍석진*, 정경호, 정지학, 최재훈**
한양대학교 전자통신컴퓨터공학과

E-mail : sjhong@ihanyang.ac.kr, choijh@hanyang.ac.kr** (corresponding author)

The Design of Microstrip Band-Selective Filter with Narrow Stopband for UWB Application

Yangwoon Roh, SeokJin Hong*, Kyungho Jung, Jihak Jung, and Jaehoon Choi**
Department of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University

Abstract

A compact microstrip band-selective filter for ultra-wideband (UWB) radio system is proposed. The filter combines the traditional short-circuited stub highpass filter and coupled resonator bandstop filter on both sides of the mitered 50-ohm microstrip line. To realize the pseudo-highpass filtering characteristic over UWB frequency band (3.1 GHz to 10.6 GHz), a distributed highpass filter scheme is adopted. Three coupled resonators are utilized to obtain the band stop function at the desired frequency band. By meandering the coupled resonators, there is 29% reduction in footprint compared to the traditional bandstop filter using L-shaped resonators. The measured results show that the filter has a wide passband of 146.7 % (2.1 GHz to 10.15 GHz) with low insertion loss and the stop band of 7.42 % (5.32 GHz to 5.73 GHz) for 3-dB bandwidth. The measured group delay is less than 0.7 ns within the passband except the rejection band.

Key words : Band-selective filter, Meandered resonators, Microstrip, Narrow stop band, UWB

I. 서 론

최근 들어 UWB 통신은 센서 (sensors), 레이더 (radar), 의료 분야 (medical applications) 에 이르기까지 근거리 초고속 무선 통신 서비스의 화두로 떠오르고 있다. 이러한 UWB 통신이 신뢰성 있는 서비스를 제공하기 위해서는 안테나 (antenna), 필터 (filter), 저잡음 증폭기 (Low Noise Amplifier) 와 같은 RF 소자들에 대한 연구가 선행되어야 한다.

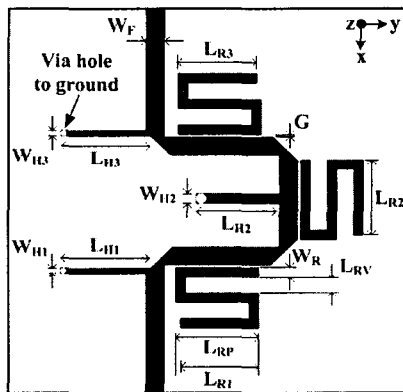
이미 3.1 GHz ~ 10.6 GHz 의 주파수 대역에서 사용 가능한 다양한 UWB 안테나들이 제안되었다^{[1]-[3]}. 하지만 UWB 통신의 광대역 주파수 범위에서 사용 가능한 필터의 설계에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다. 또한 최근 문제가 되고 있는 Wireless LAN 과 Hiper LAN의 주파수 대역 (5.15 GHz ~ 5.825 GHz) 에서의 간섭 문제로 인해 해당 대역에서 대역 저지 특성을 보이는 필터의 설계가 요구되고 있다.

기본적인 필터의 설계에 대한 연구는 Matthaei 와 Young에 의해서 이루어졌다^[4]. Hong은 마이

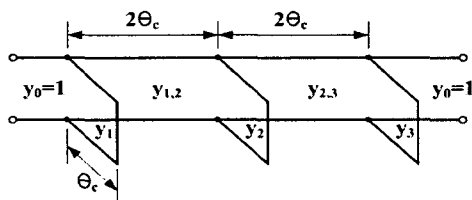
크로 스트립 구조를 이용하여 다양한 필터 설계 기법을 제시하였다^[5]. UWB용 필터는 Wang에 의해 처음으로 소개되었다^[6]. 하지만 일반적인 $\lambda/4$ 스테르브의 사용으로 인해 저지 대역폭이 불필요하게 넓은 문제점이 있다. 따라서 5 GHz 부근에서는 협대역 저지 특성을 가지는 새로운 형태의 필터의 설계가 필요하다.

본 논문에서는 마이크로 스트립 구조에 세 개의 단락 스테르브 (short-circuited) 와 세 개의 미앤더 (meandered) 형태의 공진기를 이용해 UWB 통신용 필터를 설계하였다. 제안된 필터는 50 Ω 마이크로스트립 선로 좌측에 단락 스테르브 (short-circuited) 를 이용한 고역 필터와 우측에 결합 공진기를 이용한 대역 저지 필터를 합성하였다. 각각의 필터는 Hong^[5]에 의한 설계 방법을 따랐으며, 이후 3D full-wave EM simulator 를 이용하여 설계한 후 파라미터들을 변화시켜 최적의 특성을 나타내도록 하였다.

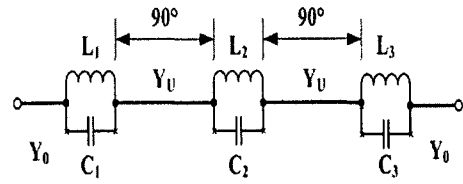
II. 구조 및 설계



(a) 제안된 필터 구조



(b) 고역 필터의 등가 전송 선로 모델



(c) 대역 저지 필터의 등가 회로 모델

그림 1. 제안된 마이크로 스트립 필터

그림 1은 제안된 필터의 기본 구조 및 고역 필터와 대역 저지 필터의 등가 모델을 나타낸다. 제안된 필터는 5 GHz 부근에서 협대역 저지 특성을 유도하기 위해 고역 필터의 구조에 결합 공진기를 적용하였다.

설계된 대역 선택 필터는 두께가 30 mil, 비유전율 (ϵ_r) 이 3.48인 Rogers RO4350 기판을 사용하였으며, Ansoft사의 HFSS (High Frequency Structure Simulator) 툴을 이용하여 모델링하였다^[8].

먼저 3.2 GHz에서 10.6 GHz 까지의 초광대역 특성을 갖는 고역 필터를 설계하기 위해서 the mixed lumped/distributed (L/D) 방법들을 이용하였다^[7]. 제안된 고역 필터는 차단 주파수 f_c 에서 전기적 길이 θ_c 를 가지는 3개의 병렬 단락 스테르브 (short-circuited) 들로 구성된다. 고역 필터의 전달 함수, 필터 특성은 다음 식으로 계산된다.

$$|S_{21}(\theta)|^2 = \frac{1}{1 + \epsilon^2 F_N^2(\theta)} \quad (1)$$

$$F_N(\theta) = \frac{(1 + \sqrt{1 - x_c^2})T_{2n-1}\left(\frac{x}{x_c}\right) - (1 - \sqrt{1 - x_c^2})T_{2n-3}\left(\frac{x}{x_c}\right)}{2\cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)} \quad (2)$$

위의 식에서 ϵ 는 대역 통과 상수, θ 는 전기적 길이, $T_n(x)$ 는 n차 Chebyshev 함수이다. 주어진 종단 임피던스 Z_0 에 대한 각 선로 임피던스는 다음과 같다.

$$Z_i = Z_0/y_i. \quad (3)$$

$$Z_{i+1} = Z_0/y_{i+1} \quad (4)$$

결과적으로 계산된 스테르브들의 특성 임피던스는 각각 $Z_1 = Z_3 = 82.7 \Omega$, $Z_2 = 58.5 \Omega$, $Z_{1,2} = Z_{2,3} = 49.1 \Omega$ 이고 θ_c 는 40.68° 의 길이를 가지며 스테르브의 간격은 $2\theta_c$ 이다. 그림 2는 최종적

으로 설계된 고역 필터에 대한 시뮬레이션 S-parameter 특성을 나타낸다.

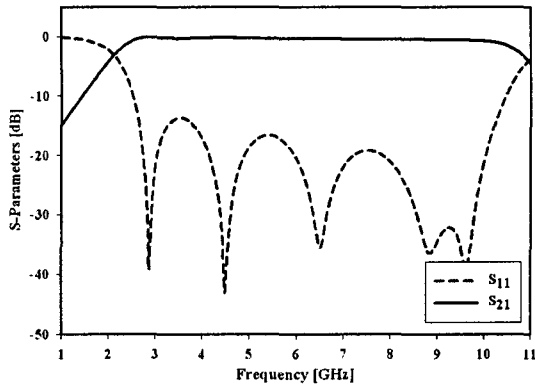


그림 2. 고역 필터의 시뮬레이션 S-parameter 특성

다음으로 협대역 저지 필터를 설계하기 위하여 통과 대역 삽입 손실 값이 0.1 dB인 3차 Chebyshev 저역 통과 필터가 사용되었다^[5]. 공진기 간의 간격은 중심 주파수 5.49 GHz를 기준으로 약 $\lambda_g/4$ 이고 공진기들의 길이는 약 $\lambda_g/2$ 이다.

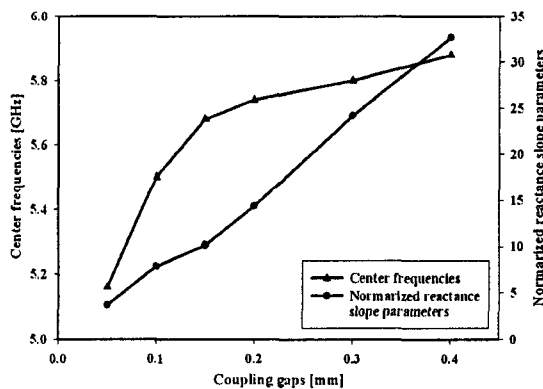


그림 3. Coupling gap 간격에 따른 중심 주파수와 정규화된 reactance slope 값

협대역 저지 필터를 설계하기 위해 먼저 coupling gap의 변화에 따른 50 Ω 마이크로 스트립 선로에 coupling된 미앤더 (meandered) 형태의 공진기의 중심주파수와 정규화된 reactance 값을 알아보았다.

그림 3에서 알 수 있듯이 coupling gap의 간격이 좁아질수록 감쇄 폴 (attenuation pole) 은 높은 감쇄율과 함께 저주파 대역으로 이동하는 특

성을 보인다.

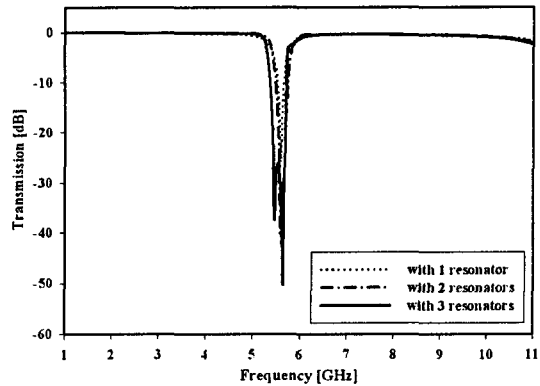


그림 4. 제안된 대역 저지 필터의 시뮬레이션 삽입 손실

설계 절차를 간단히 하기 위해 coupling gap을 1 mm로 고정한 후 공진기 수에 따른 대역 저지 특성을 그림 4에 나타내었다.

최종적으로 설계된 세 개의 공진기를 가진 대역 저지 필터는 5.65 GHz에서 최대 49.2 dB의 감쇄율을 보이며 3-dB 저지 대역폭은 5.29 GHz ~ 5.85 GHz이다.

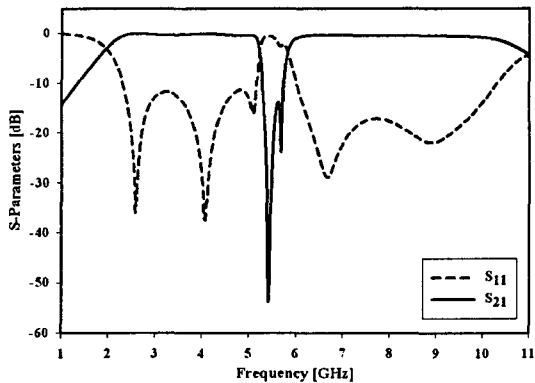


그림 5. 제안된 대역 선택 필터 (band selective filter) 의 시뮬레이션 S-parameter 특성

마지막으로 설계된 두 필터를 결합하여 시뮬레이션한 결과를 그림 5에 나타내었다. 설계 과정을 통해 최적화된 대역 선택 필터의 파라미터는 표 1에 요약하였다.

표 1. 여파기의 최적화된 설계 파라미터 값

[단위 : mm]

W_{H1}	W_{H2}	W_{H3}	L_{H1}	L_{H2}	L_{H3}	W_R
0.2	0.4	0.2	7.5	7	7.5	0.5
L_{R1}	L_{R2}	L_{R3}	L_{RV}	L_{RP}	G	W_F
5.26	5.46	5.36	1	5.76	0.1	1.7

III. 제작 및 측정

시뮬레이션 결과를 통해, 제안된 대역 선택 필터를 Rogers RO4350 기판을 이용해서 제작하였다. 제작된 대역 선택 필터의 전체 크기는 30 mm × 30 mm 이다. 제작된 대역 선택 필터는 Agilent 사의 8719ES Vector Network Analyzer 로 측정하였다.

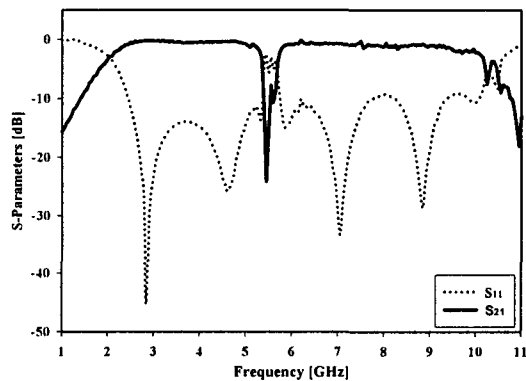


그림 6. 측정된 대역 선택 필터의 S-parameter 특성

그림 6은 제작된 대역 선택 필터의 측정된 S-parameter 특성을 나타낸다. 측정 값과 시뮬레이션 값이 거의 일치함을 알 수 있다. 그러나 측정된 값의 감쇄율이 시뮬레이션 결과 보다 다소 좋지 않음을 알 수 있다. 이것은 시뮬레이션시 고려하지 않았던 금속의 두께, 에칭 오차, 솔더링 (soldering) 등의 영향 때문이라고 판단된다.

측정된 대역 통과 주파수 대역은 2.8 GHz ~ 10.1 GHz 이며 3-dB를 기준으로 저지 대역폭은

5.2 GHz ~ 5.68 GHz이다.

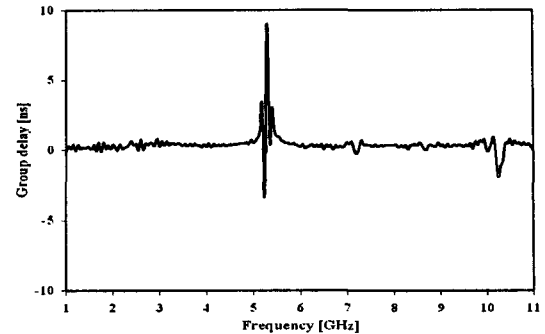
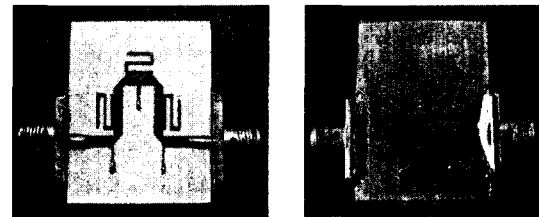


그림 7. 측정된 group delay

그림 7은 측정된 군지연 (group delay) 이다. 측정 결과 저지 대역을 제외한 UWB 주파수 범위 내에서 0.7ns 이하이다.

마지막으로 제작된 필터를 그림 8에 나타내었다.



(a) 앞면

(b) 뒷면

그림 8. 제작된 대역 선택 필터

IV. 결 론

본 논문에서는 소형 마이크로스트립 필터를 제안하였다. 5 GHz 부근에서 선택적 저지 특성을 구현하기 위해서 고역 필터와 대역 저지 필터를 하나의 마이크로스트립 기판 위에 구현하였으며 coupling gap, reactance slope parameter, 중심 주파수와 3-dB 대역폭사이의 관계를 알아보았다. 미앤더 (meandered) 형태의 결합 공진기를 사용함으로써 'L'모양의 대역 저지 필터에 비해 공진기의 크기를 29% 감소시켰으며, 측정된 결과는 HFSS 틀을 사용한 이론적 결과와 거의 유사함을 확인하였다.

제작된 필터는 UWB 주파수 대역에서 협대역 저지 특성을 갖기 위해 UWB 안테나와 연결하여 사용 가능하다.

Acknowledgements

본 연구는 정보 통신 연구진흥원의 ITRC 과제를 수행하는 인하대학교 UWB 연구센터의 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] M. J. Ammann and Z. N. Chen, "A wide-band shorted planar monopole with bevel," *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 51, no. 4, pp. 901-903, April 2003.
- [2] K. Chung, T. Yun, and J. Choi, "Wideband CPW - fed monopole antenna with parasitic elements and slots," *Electronic Letters*, vol. 40, no.17, August 2004.
- [3] S. Y. Suh, W. L. Stutzman, and W. A. Davis, "A new ultrawideband printed monopole antenna: the Planar Inverted Cone Antenna (PICA)," *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 52, no. 5, May 2004.
- [4] G. L. Matthaei, L. Young, and E. M. T. Jones, *Microwave Filters, Impedance-Matching and Coupling Structure*. Norwood, MA: Artech House, 1980.
- [5] J. S. Hong and M. J. Lancaster, *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*. New York: Wiley, 2001.
- [6] C. J. Wang, C. H. Lin, and J. W. Wu, "A microstrip filter utilized in ultra-wideband antennas," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 41, no. 4, pp. 248-251, May 2004.
- [7] R. Levy, "A new class of distributed prototype filters with applications to mixed lumped/distributed component design," *IEEE Trans.*, MTT-18, pp. 1064-1071, December 1970.
- [8] Ansoft High Frequency Structure Simulator (HFSS), Ver. 9.2, Ansoft Corporation.

M E M O