

## 2.4 GHz와 5.2 GHz에서 동작하는 이중 대역통과 필터의 설계에 관한 연구

전미화\* · 김동일\* · 김은미\*

\*한국해양대학교 전자공학과

### A Study on the Design of Dual-Bandpass Filters for 2.4 GHz and 5.2 GHz

Mi-Hwa Jeon\* · Dong-Il Kim\* · Eun-Mi Kim\*

\*Department of Radio Communication Engineering, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**요 약 :** 본 논문에서는 스텝 스템브를 추가하여 2.4 GHz대역과 5.2 GHz대역에서 동작하는 이중 대역통과 필터를 설계하는 방법을 제안한다. 통과대역과 저지대역을 조절함으로써 성능이 개선되는 스텝 스템브를 추가한 새로운 형태의 이중 대역통과 필터는 기존의 이중 대역통과 필터보다 성능이 개선되었다. 제작된 이중 대역통과 필터의 설계결과와 측정결과가 거의 일치함을 보임으로써, 본 논문에서 제안한 설계 방법이 타당함을 확인하였다.

**핵심 용어 :** 무선 LAN, 이중 대역통과 필터, 스텝 스템브, 사각 루프

**ABSTRACT :** In the paper, a dual-bandpass filter for wireless LAN has proposed, which was designed by using step stub in compliance with 2.4 GHz and 5.2 GHz band. The dual-bandpass filter can be designed by adjusting the sizes of the step stub in compliance with the frequency bands of 2.4 GHz and 5.2 GHz, which has the improved performance compared with the existing dual-bandpass filter. Furthermore, dual-bandpass filter using step stub has better efficiency. The measured results for the fabricated dual-bandpass filters agreed well with the simulated ones, and hence it was confirmed that the proposed design method was valid.

**KEY WORDS :** Wireless LAN, Dual-Bandpass Filter, Step Stub, Square Loop

## 1. 서 론

무선 LAN은 수 미터 ~ 수십 미터 거리에서 네트워크 구축시 유선환경에서 벗어나, 전파나 적외선을 이용하여 무선 환경에서 이용자가 기존의 인터넷 서비스를 제공받기 위한 것이다. 이러한 무선 LAN 기술은 현재 급속도로 진화중인 초고속 무선인터넷, 차세대 유무선 통신망, 유비쿼터스망을 위한 필수적인 무선 액세스 기술로 인식되고 있다. 무선 LAN은 IEEE 802.11b/g의 2.4 GHz대역에서 각각 11 Mbps와 54 Mbps의 통신 속도로 사용되고 있다. 그러나 보다 빠른 데이터 송수신을

원하는 소비자들의 욕구가 증대됨에 따라 기존 2.4 GHz대역보다 더 넓은 대역을 포함하고 혼신의 우려가 적은 IEEE 802.11a의 5 GHz대역에서의 무선 LAN이 요구되고 있다[1]. IEEE 802.11a인 5 GHz대역의 무선 LAN은 5.8 GHz대역과 5.2 GHz대역에서 사용되고 있다. ISM 대역인 5.8 GHz대역에서의 혼신 문제를 덜기 위해 5.2 GHz대역 주파수의 필요성이 요구되고 있기 때문에 5.2 GHz대역 주파수를 만족하는 새로운 형태의 이중 대역통과 필터가 필요하다고 본다. 이에 따라, 주파수 2.4 GHz

\* sadrain0528@nate.com 051)410-4932

\* dikim@hhu.ac.kr 051)410-4314

\* rladmsak@hanmail.net 051)410-4932

와 5.2 GHz 모두에서 적용이 가능한 이중 대역통과 필터의 개발이 필수적이라 할 수 있다[2]. 따라서 본 논문에서는 중앙에 스텝 스테르브를 부가하여 2.4 GHz와 5.2 GHz에서 동작하는 새로운 형태의 이중 대역통과 필터를 제안하였다. 스텝 스테르브는 스텝 스테르브의 임피던스 비에 따라 통과대역과 저지대역의 특성을 조절할 수 있어 이중 대역통과 필터 성능을 개선시킬 뿐만 아니라 설계하기가 용이하다. 이 설계 방법을 이용하여 스텝 스테르브를 부가한 이중 대역통과 필터를 기존의 이중 대역통과 필터보다 소형화시키고, 성능이 개선되도록 하였다. 스텝 스테르브를 부가한 새로운 형태의 이중 대역통과 필터를 제작한 결과, 설계치와 측정치가 거의 일치함을 확인하였다.

## 2. 스텝 스테르브의 이론

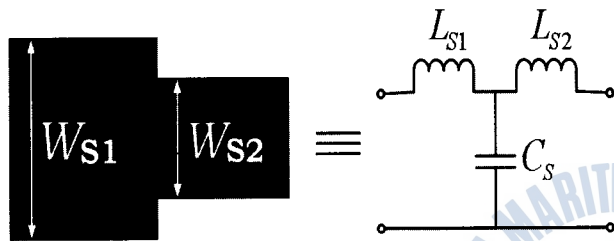


Fig. 1 Open stub and equivalent circuit

$$\frac{C_s}{\sqrt{W_{S1}W_{S2}}} (\text{pF}/m) = (10.1 \log \epsilon_{re} + 2.33) \frac{W_{S1}}{W_{S2}} - 12.6 \log \epsilon_r - 3.17 \quad (\epsilon_{re} \leq 10; 1.5 \leq W_{S1}/W_{S2} \leq 3.5) \quad (1)$$

$$C_s = 0.00137h \frac{\sqrt{\epsilon_{rel}}}{Z_{cl}} \left(1 - \frac{W_{S2}}{W_{S1}}\right) \left(\frac{\epsilon_{rel} + 0.3}{\epsilon_{rel} - 0.258}\right) \left(\frac{W_{S1}/h + 0.264}{W_{S1}/h + 0.8}\right) (\text{pF}) \quad (2)$$

Fig. 1은 스텝 스테르브와 등가회로를 나타낸 것으로[3] 여기서  $C_s$ 는 식 (1)과 식 (2)에 의해 구할 수 있으며 식 (2)에서의  $C_s$ 는 넓은 선로  $W_{S1}$ 와 좁은 선로  $W_{S2}$ 의 길이의 증가와 감소에 영향을 준다. 전체 인덕턴스  $L$ 은 식 (3)과 같이 주어진다.

$$L = L_{S1} + L_{S2} \quad (3)$$

여기서,  $L_{S1}$ 과  $L_{S2}$ 는 스텝 스테르브 등가회로의 인덕턴스이며, 각각 식 (4) 및 식 (5)로 주어진다.

$$L_{S1} = \frac{L_{WS1}}{L_{WS1} + L_{WS2}} L \quad (4)$$

$$L_{S2} = \frac{L_{WS2}}{L_{WS1} + L_{WS2}} L \quad (5)$$

여기서,  $L_{WS1}$ 은  $W_{S1}$ 의 인덕턴스,  $L_{WS2}$ 는  $W_{S2}$ 의 인덕턴스로 식 (6)에 의하여 구해진다.

$$L_{WSi} = \frac{Z_{cl} \sqrt{\epsilon_{rel}}}{c} \quad (i=1,2) \quad (6)$$

$c = 3 \times 10^8$  m/s이다.

$L$ 은 식 (7)과 식 (8)에 의해 표현된다.

$$\frac{L}{h} (nH/m) = 40.5 \left( \frac{W_{S1}}{W_{S2}} - 1.0 \right) - 75 \log \frac{W_{S1}}{W_{S2}} + 0.2 \left( \frac{W_{S1}}{W_{S2}} - 1 \right)^2 \quad (7)$$

$$L = 0.000987h \left( 1 - \frac{Z_{cl}}{Z_{c2}} \sqrt{\frac{\epsilon_{rel}}{\epsilon_{rel}}} \right)^2 (nH) \quad (8)$$

여기서,  $h$ 는 선로의 기판 두께,  $Z_c$ 는 선로의 특성 임피던스이며,  $\epsilon_{re}$ 는 선로의 유효 유전상수이다.

## 3. 설계

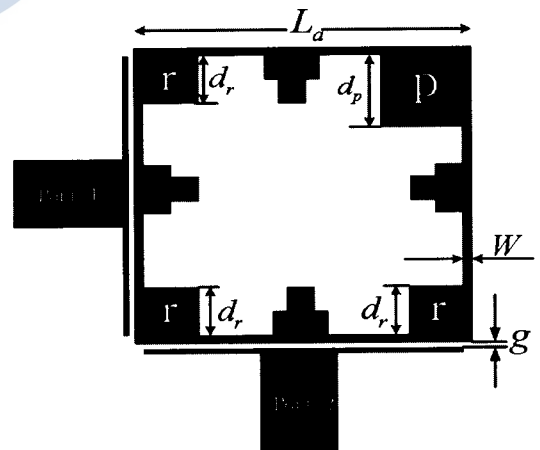


Fig. 2 Geometry of new dual-bandpass filter

Fig. 2는 스텝 스테르브를 부가한 새로운 형태의 이중 대역통과 필터의 구조이며, 스테르브의 길이에 변화없이 감쇠 폴을 조정하기 위해서 임피던스가 다른 두 개의 스테르브를 직렬 연결하는 방법이 적용되었다. 또한, 이 방법은 스텝 스테르브의 임피던스비에 따라 통과대역과 저지대역의 특성을 조절할 수 있어 이

중 대역통과 필터 성능을 개선시킬 뿐만 아니라 설계도 용이하다[4].

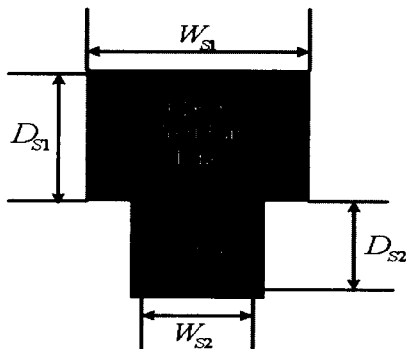


Fig. 3 Geometry of step stub

Fig. 3은 스텝 스템브의 구조이다. Fig. 3은 다른 임피던스를 갖는 first section line과 second section line로 이루어져 있다. 스텝 스템브의 임피던스비 K는 식 (9)와 같다.

$$K = \frac{Z_{\text{First section line}} (W_{s1})}{Z_{\text{Second section line}} (W_{s2})} \quad (9)$$

K 값은 필터의 성능을 개선시킬 뿐만 아니라 특히 두 번째 동작하는 주파수에 영향을 준다. 여기서,  $K < 1$ 인 경우 첫 스텝리어스 주파수 즉, 두 번째 동작하는 주파수가 4.8 GHz(2×첫 번째 동작하는 주파수)보다 큰 값을 갖기 때문에, 본 논문에서는 두 번째 동작하는 주파수가 5.2 GHz를 만족하는  $K < 1$ 인 경우를 적용하였다[5]. K의 비에 따라 이중 대역통과 필터의 성능을 개선할 수 있으므로, 설계를 통하여 적절한 폭을 선택하였다.

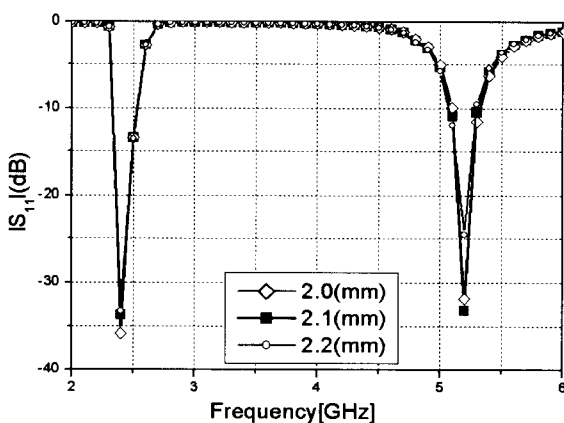


Fig. 4 Simulated results for different width of  $W_{s1}$

First section line의 폭인  $W_{s1}$ 을 2.0 mm ~ 2.2 mm사이에서 0.1 mm씩 조절함에 따른 주파수 특성의 변화는 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 보는 바와 같이,  $W_{s1}$ 에 따라 반사손실의 특성이 달

라진다는 것을 알 수 있다. 이에 따라  $W_{s1}$ 이 2.1 (mm)일 때, 주파수 2.4 GHz와 5.2 GHz에서의 반사손실이 30 dB 이상의 특성을 보인다.

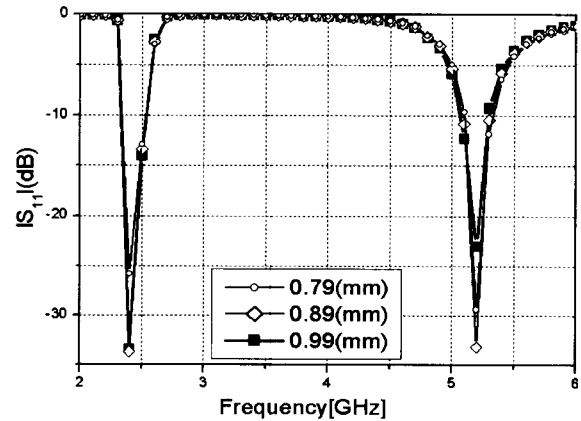


Fig. 5 Simulated results for different width of  $W_{s2}$

Second section line의 폭인  $W_{s2}$ 을 0.79 mm ~ 0.99 mm 사이에서 0.1 mm씩 조절함에 따른 주파수 특성의 변화는 Fig. 5와 같다. Fig. 5를 보면  $W_{s2}$ 의 변화에 따라 반사손실의 특성이 달라진다는 것을 알 수 있다. 이에 따라  $W_{s2}$ 이 0.89 (mm)일 때, 주파수 2.4 GHz와 5.2 GHz에서의 반사손실이 30 dB 이상의 특성을 보인다.

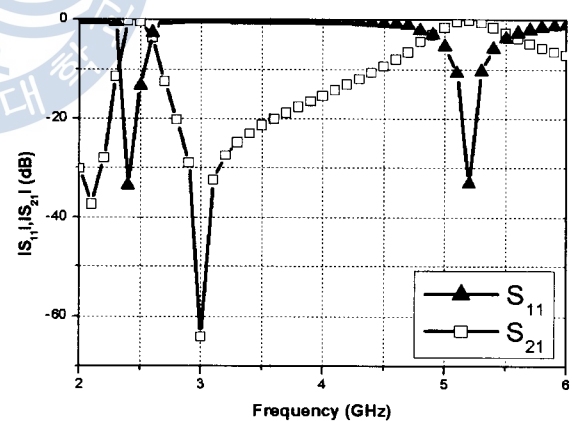


Fig. 6 Simulated results of new dual-bandpass filter

Fig. 6은 스텝 스템브를 추가한 새로운 형태의 이중 대역통과 필터의 설계결과이다. 2.4 GHz와 5.2 GHz에서의 반사손실은 각각 33 dB 및 34 dB이고, 삽입손실은 각각 0.2 dB 및 0.1 dB이다.

#### 4. 제작 및 측정결과

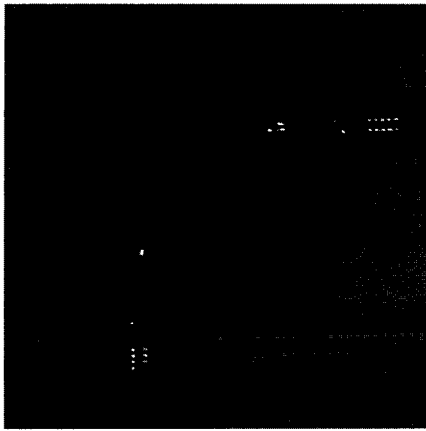


Fig. 7 Manufactured new dual-bandpass filter

Fig. 7은 Fig. 2의 구조를 FR4 기판에 제작한 스텝 스템브를 부가한 이중 대역통과 필터이다. 스텝 스템브를 부가한 이중 대역통과 필터의 크기는  $17.5 \text{ mm}^2$ 이며, reference element의 길이  $d_r$ 은 1.6 mm, perturbation element의 길이  $d_p$ 는 3.1 mm이다. 그리고 스텝 스템브의 first section line의 폭  $W_{s1}$ 는 2.1 mm이고, 스텝 스템브의 second section line의 폭  $W_{s2}$ 는 0.89 mm이다. 크기가  $17.5 \text{ mm}^2$ 인 스텝 스템브를 부가한 이중 대역통과 필터는 기존의 이중 대역통과 필터보다 소형화된 크기이다.

Fig. 8과 Fig. 9는 스텝 스템브를 부가한 이중 대역통과 필터의 설계결과와 Network Analyzer(Anritsu 37369D)를 이용한 측정결과를 비교한 그래프이다.

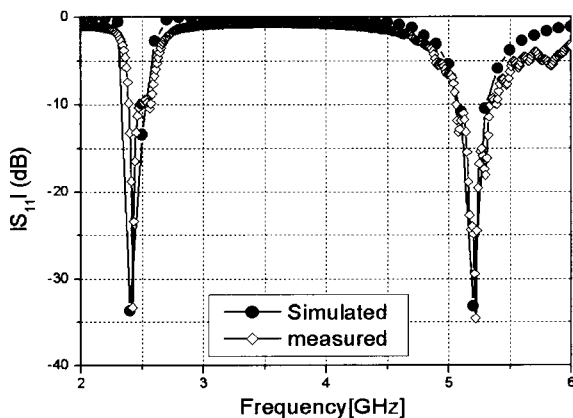


Fig. 8 Simulated and measured results of  $S_{11}$

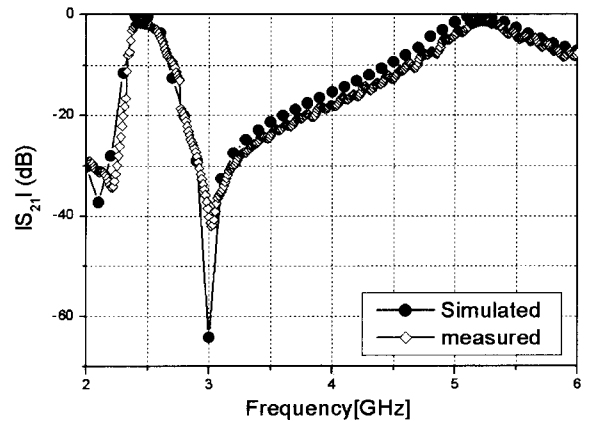


Fig. 9 Simulated and measured results of  $S_{21}$

Fig. 8과 Fig. 9의 그래프를 분석하면 Table 1과 같다.

Table 1. Simulated and measured results of new dual-bandpass filter.

Frequency	Simulated ( $S_{11}/S_{21}$ )	Frequency	Measured ( $S_{11}/S_{21}$ )
2.4 GHz	33 dB/0.2 dB	2.4 GHz	32 dB/1.7 dB
5.2 GHz	34 dB/0.1 dB	5.2 GHz	35 dB/1.3 dB

Table 1을 보면 제작된 새로운 형태의 이중 대역통과 필터는 스텝 스템브의 선로와 사각루프 선로의 손실로 인해 삽입손실에 약간의 오차가 발생하였지만, 설계결과와 측정결과가 거의 일치함을 보여준다.

본 논문에서 제안한 스텝 스템브를 부가한 이중 대역통과 필터는 기존의 이중 대역통과 필터보다 반사손실이 10 dB 이상 개선되었다[6][7][8].

#### 5. 결론

본 논문에서는 주파수 2.4 GHz와 5.2 GHz에서 동작하고, 스텝 스템브를 부가하여 새로운 형태의 이중 대역통과 필터를 제안하였다. 스텝 스템브를 부가한 이중 대역통과의 크기는  $17.5 \text{ mm}^2$ 으로, 기존의 이중 대역통과 필터보다 38 %, 17 % 정도 소형화하였다. 그리고 Network Analyzer를 이용하여 스텝 스템브를 부가한 이중 대역통과 필터를 측정한 결과 반사손실은 30 dB이상, 삽입손실은 2.0 dB이하로 기존의 이중 대역통과 필터보다 반사손실이 10 dB 이상 개선됨에 따라 성능이 향상됨을 확인하였다.

## 후기

본 연구는 중소기업청과 부산광역시가 지원하는 2008년도 산학협력실지원사업의 지원으로 이루어졌음.

## 참 고 문 헌

- [1] 오승곤(2002), “국내의 5GHz대역 주파수 이용동향,” 한국통신학회지, 제19권, 제5호, pp.646~654
- [2] 김용균(2003), “무선 LAN 기술 및 시장 동향,” 정보통신연구진흥원, 주간기술동향 1104호
- [3] Hong, J. S. and Lancaster, M. J.(2001), “Microstrip Filters for RF/Microwave Applications,” John Wiley & Son, Inc
- [4] 박봉근, 박동철(1991), “스텝 임피던스 공진기를 이용한 마이크로스트립 대역통과 필터와 광대역 마이크로스트립 대역통과 필터에 관한 연구,” 한국전자과학회 전자파기술, 제2권, 제4호, pp.10 ~ 16
- [5] 박동철, 박정일, 이병남(1989), “스텝 임피던스 공진기와 입출력 탭핑을 이용한 마이크로스트립 대역통과 필터의 설계”, 대한전자공학회논문지, 제26권, 제11호, pp. 1728~1735
- [6] LEE, H. M and Tsai, C. M(2007), “Dual-Band Filter Design With Flexible Passband Frequency and Bandwidth Selections,” IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 55, no. 5, pp. 1002~1009.
- [7] Weng, M. H. et al.(2007), “Compact and Low Loss Dual-Band Bandpass Filter Using Pseudo-Interdigital Stepped Impedance Resonators for WLANs”, IEEE Microw. Wireless Compon. Lett., vol 17, no 3, pp. 187~189, March 2007.
- [8] Zhang, X. Y. et al(2007), “Dual-Band Bandpass Filter Using-Loaded Resonators,” IEEE Microw. Wireless Compon. Lett., vol 17, no 8, pp.583 ~ 585, Aug 2007

---

원고접수일 : 2008년 12월 10일

원고채택일 : 2009년 01월 05일

