

IEEE 802.11a/b/g용 이중 대역통과 필터의 성능 개선에 관한 연구

전미화* · 김은미** · 김동일†

*, **, † 한국해양대학교 전파공학과

A Study on Performance Improvement of Dual-Bandpass Filter for IEEE 802.11a/b/g

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

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

요 약 : 선박용 무선 LAN은 설비의 용이성, 원가절감, 다양한 기능성으로 각광받고 있다. 본 논문에서는 스텝 스테브를 부가하여 2.4 GHz대역과 5.2 GHz대역에서 동작하는 이중 대역통과 필터를 설계하는 방법을 제안한다. 스텝 스테브를 부가한 새로운 형태의 이중 대역통과 필터는 개방 스테브를 부가한 이중 대역통과 필터보다 10 dB 이상 성능이 개선되었고, 기존의 대역통과 필터보다 설계치와 측정치의 오차가 감소됨에 따라 실제 사용할 경우의 성능이 향상되는 효과를 확인하였다. 제작된 이중 대역통과 필터의 설계결과와 측정결과가 거의 일치함을 보임으로써, 본 논문에서 제안한 설계 방법이 타당함을 확인하였다.

핵심용어 : 무선 LAN, 이중 대역통과 필터, 스텝 스테브, IEEE 802.11a/b/g

Abstract : In the paper, a dual-bandpass filter for ship's 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 is valid.

Key words : Dual-Bandpass, IEEE 802.11a/b/g, Step stub, Wireless LAN

1. 서 론

최근 들어 무선 LAN의 표준과 기술이 발전하여 육상뿐만 아니라 항해 중인 선박 등에서 화상회의, 인터넷 등의 다양한 기능을 언제 어디서나 발휘할 수 있고, 선체 내부의 케이블을 없애고 무선 LAN을 사용함으로써 통신망구축이 용이하게 되었다. 그리고 해상 전용의 통신시스템의 가격이 고가인 점에 비하면 상대적으로 무선 LAN의 설비비용이 저렴하다. 따라서 소형선박 식별시스템이나, 무선 LAN 및 인말셋 기반의 선박 통합 네트워크, 항만 내 선박과 육지간의 통신 등에 많이 이용되고 있다(강, 2004; 현대미포조선, 2008; RF-TNC, 2008).

무선 LAN은 IEEE 802.11b/g인 2.4 GHz대역과 IEEE 802.11a인 5 GHz대역에서 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(오, 2002). 이에 따라, 휴대용 단말기와 액세스 포인트 간의 기술방식과 관계없이 접속할 수 있는 편리성을 가지고 IEEE 802.11a/b/g 모두에 적용이 가능한 이중 대역통과 필터의 개발은 필수적이다(김, 2003).

개방 스테브를 부가한 이중 대역통과 필터는 기존의 필터에 비해 소형화되었고, 이중대역 특성을 만족하였지만, 기존의 이중 대역통과 필터의 반사손실 20 dB 이상을 만족하지 못했다(진, 2008). 또한 기존의 이중 대역통과 필터는 설계치와 측정치의 오차가 커서 실제 사용할 때의 성능이 좋지 않다(Lee, 2007; Weng, 2007; Zhang, 2007).

따라서, 본 논문에서는 위의 문제를 해결하기 위하여 중앙에 스텝 스테브를 부가하여 2.4 GHz와 5.2 GHz에서 동작하는 새로운 형태의 이중 대역통과 필터를 제안하였다. 제안된 스텝 스테브를 부가한 새로운 형태의 이중 대역통과 필터는 개방 스테브를 부가한 이중 대역통과 필터와 기존의 이중 대역통과 필터보다 성능이 개선되었다.

* 대표저자: 전미화(정회원), sadrain0528@nate.com 051)410-4932

** 정회원, rladmsak@hanmail.net 051)410-4932

† 교신저자 : 김동일(총신회원), dikim@hhu.ac.kr 051)410-4314

나아가서, 스텝 스테르브를 부가한 새로운 형태의 이중 대역통과 필터를 제작한 결과 설계치와 측정치가 거의 일치함을 보여준다.

2. 새로운 이중 대역통과 필터

2.1 스텝 스테르브 이론

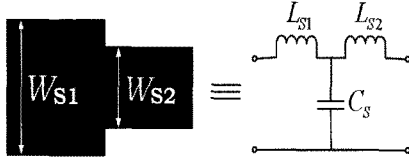


Fig. 1 Open stub and equivalent circuit

Fig. 1은 스텝 스테르브와 등가회로를 보여준다(Hong and Lancaster, 2001).

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

$(\epsilon_{re} \leq 10; 1.5 \leq W_{S1}/W_{S2} \leq 3.5)$

이므로, Fig. 1의 C_s 는 식 (2)와 같다.

$$C_s = 0.00137h \frac{\sqrt{\epsilon_{re1}}}{Z_{cl}} \left(1 - \frac{W_{S2}}{W_{S1}}\right) \left(\frac{\epsilon_{re1} + 0.3}{\epsilon_{re1} - 0.258}\right) \left(\frac{W_{S1}/h + 0.264}{W_{S1}/h + 0.8}\right) (pF) \quad (2)$$

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.

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

$c = 3 \times 10^8$ m/s이다.

L 은 식 (7)과 식 (8)에 의해 표현된다.

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

$$L = 0.000987h \left(1 - \frac{Z_{c1}}{Z_{c2}} \sqrt{\frac{\epsilon_{re1}}{\epsilon_{re2}}}\right)^2 (nH) \quad (8)$$

h 는 선로의 기관 두께, Z_c 는 선로의 특성 임피던스이며, ϵ_{re} 는 선로의 유효 유전상수이다.

2.2 설계

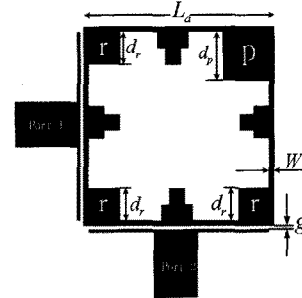


Fig. 2 Geometry of dual-bandpass filter with step stub

Fig. 2는 스텝 스테르브를 부가한 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 임피던스 비에 따라 통과대역과 저지대역의 특성을 조절할 수 있어 이중 대역통과 필터 성능을 개선시킬 뿐만 아니라 설계하기가 용이하다(박 등, 1991).

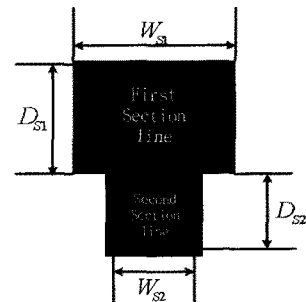


Fig. 3 Geometry of step stub

Fig. 3은 스텝 스테르브의 구조이다. Fig. 3은 다른 임피던스를 갖는 first section line과 second section line로 이루어져있다. 스텝 스테르브의 임피던스 비 K 는 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 스퍼리어스 주파수 즉, 두 번째 동작하는 주파수가 4.8 GHz($2 \times$ 첫 번째 동작하는 주파수)보다 큰 값을 갖기 때문에(박 등, 1989), 본 논문에서는 두 번째 동작하는 주파수가 5.2 GHz를 만족하는 $K < 1$ 인 경우를 적용하였다.

K 의 비에 따라 이중 대역통과 필터의 성능을 개선할 수 있으므로, 설계를 통하여 적절한 폭을 선택하였다.

First section line의 폭의 변화에 따른 S_{11} 에서의 주파수 특성은 Fig. 4와 Fig. 5와 같다. Fig. 4와 Fig. 5에서 보는 바와 같이, first section line의 폭에 따라 반사손실의 특성이 달라진다는 것을 알 수 있다. 이에 따라 first section line의 폭이 2.1 (mm)일 때, 주파수 2.4 GHz와 5.2 GHz에서의 반사손실이 30 dB 이상의 특성을 보인다.

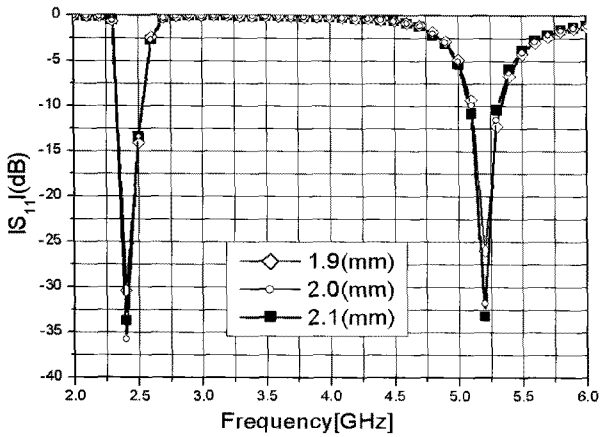


Fig. 4 Simulated results for different width of first section line (1.9 mm ~ 2.1 mm)

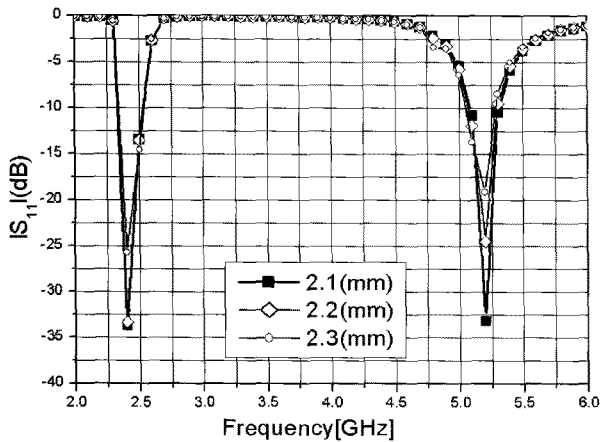


Fig. 5 Simulated results for different width of first section line (2.1 mm ~ 2.3 mm)

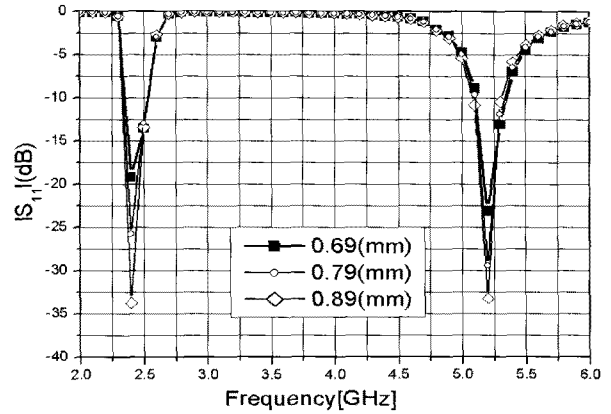


Fig. 6 Simulated results for different width of second section line (0.69 mm ~ 0.89 mm)

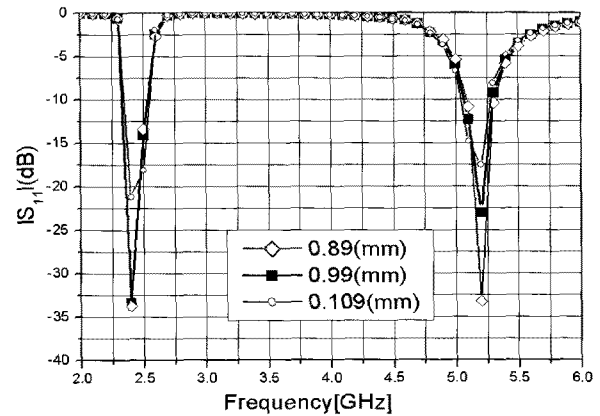


Fig. 7 Simulated results for different width of second section line (0.89 mm ~ 0.109 mm)

Second section line의 폭의 변화에 따른 S_{11} 에서의 주파수 특성은 Fig. 6과 Fig. 7과 같다. Fig. 6과 Fig. 7을 보면 second section line의 폭의 변화에 따라 반사손실의 특성이 달라진다는 것을 알 수 있다. 이에 따라 second section line의 폭이 0.89 (mm)일 때, 주파수 2.4 GHz와 5.2 GHz에서의 반사손실이 30 dB 이상의 특성을 보인다.

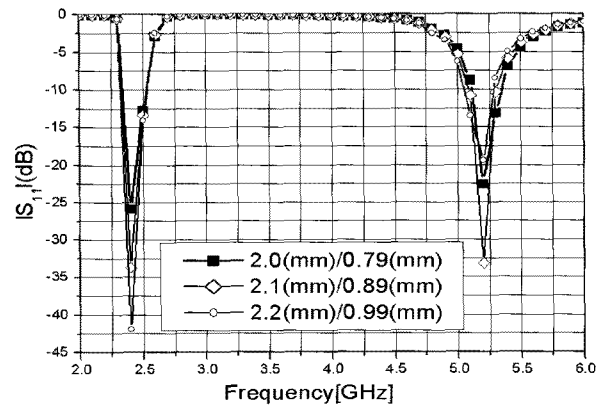


Fig. 8 Simulated results for different of K . (First section line/Second section line)

Fig. 8은 K 값의 변화에 따른 반사손실 특성을 보여준다. Fig. 8을 보면, K 값이 두 번째 주파수에 영향을 주기 때문에, K 값이 일정한 값 이상인가, 이하인가에 따라 두 번째 주파수의 반사손실은 크게 달라진다. 그러므로 First section line/Second section line의 값은 2.1 (mm)/ 0.89 (mm) 일 때 최적 값이 얻어진다..

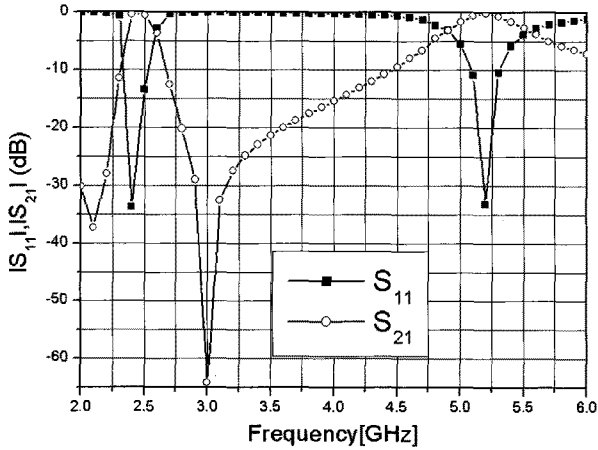


Fig. 9 Simulated results of dual-bandpass filter with step stub

Fig. 9는 스텝 스텐브를 부가한 새로운 형태의 이중 대역통과 필터의 설계결과이다. 2.4 GHz에서의 대역폭은 100 MHz, 5.2 GHz에서의 대역폭은 300 MHz이다. 통과대역 내에서 반사손실은 각각 33 dB 및 34 dB이고, 삽입손실은 각각 0.2 dB 및 0.1 dB이다.

2.3 제작 및 측정결과

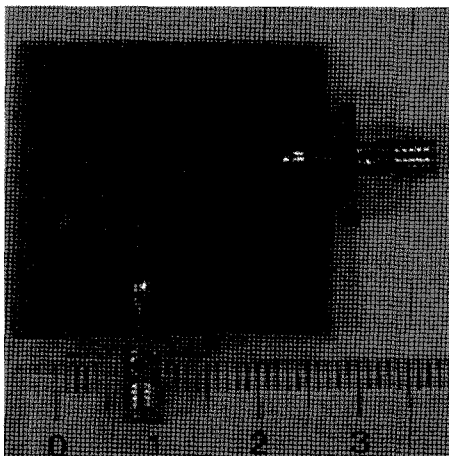


Fig. 10 Manufactured dual-bandpass filter with step stub

Fig. 10은 Fig. 2의 구조를 비유전율이 4.4이고, 기판두께가 1.6 mm인 FR4 기판에 제작한 스텝 스텐브를 부가한 이중 대역통과 필터이다. Fig. 10의 치수는 Table 1에 나타낸다.

Table 1 Physical dimensions of Fig. 10

(단위: mm)

L_a	Length of filter	17.5
W	Width of filter	0.5
g	Coupling gap	0.3
d_r	Length of reference element	1.6
d_p	Length of perturbation element	3.1
W_{S1}	Width of first section line	2.1
D_{S1}	Length of first section line	0.8
W_{S2}	Width of second section line	0.88
D_{S2}	Length of second section line	0.8

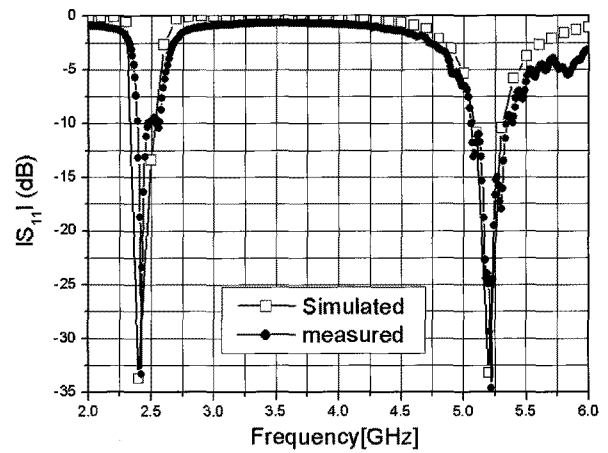


Fig. 11 Simulated and measured results of S_{11}

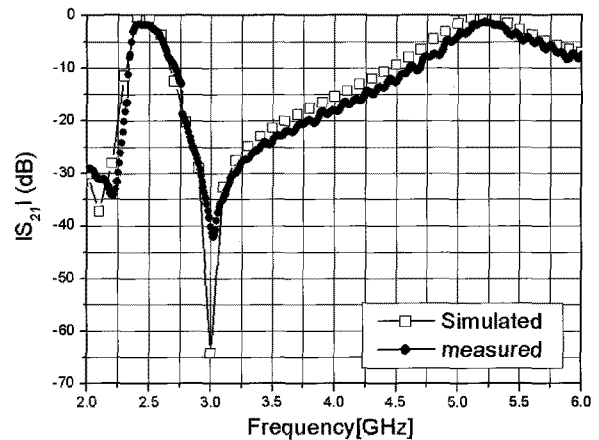


Fig. 12 Simulated and measured results of S_{21}

Fig. 11과 Fig. 12는 스텝 스텐브를 부가한 이중 대역통과 필터의 설계결과와 Network Analyzer(Anritsu 37369D)를 이용한 측정결과를 비교한 그래프이다. Fig. 11과 Fig. 12의 결과를 요약하면 Table 2와 같다.

Table 2 Simulated and measured results of dual-bandpass filter with step stub.

Frequency	Simulated results (Return loss / Insertion loss)	Frequency	Measured results (Return loss / Insertion loss)
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 2는 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. 그리고 설계치와 측정치의 오차가 감소됨에 따라 실제 사용할 경우의 성능이 향상될 것으로 기대된다 (Lee, 2007; Weng, 2007; Zhang, 2007).

3. 개방 스템브를 부가한 이중 대역통과 필터와 스텝 스템브를 부가한 이중 대역통과 성능비교

개방 스템브를 부가한 이중 대역통과 필터는 기존의 필터에 비해 소형화되었고, 이중대역 특성을 만족하였지만, 기존 이중 대역통과 필터의 반사손실 20 dB 이상의 특성을 만족하지 못했다. 본 논문에서는 이중 대역통과 필터의 성능을 개선하기 위해, 이중 대역통과 필터에 개방 스템브 대신 스텝 스템브를 부가하였다(박 등, 1991; 박 등, 1989).

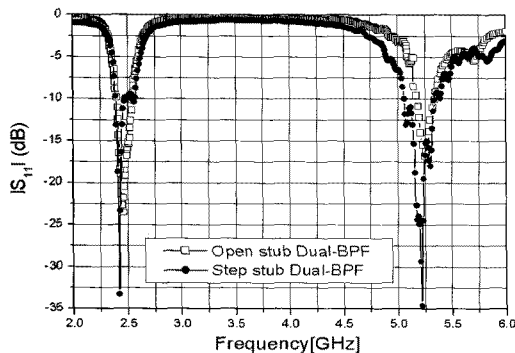


Fig. 13 S_{11} of Open stub Dual-BPF and Step stub Dual-BPF

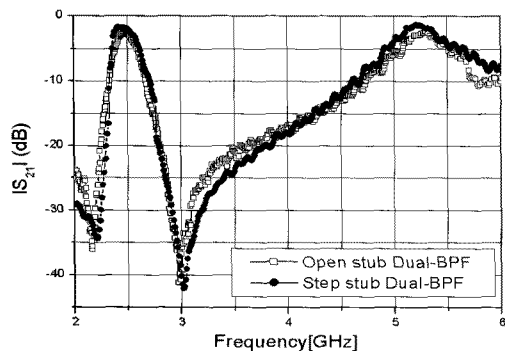


Fig. 14 S_{21} of Open stub Dual-BPF and Step stub Dual-BPF

Fig. 13과 Fig. 14는 개방 스템브를 부가한 이중 대역통과 필터와 스텝 스템브를 부가한 이중 대역통과 필터의 측정결과를 비교한 그래프이다. 개방 스템브를 부가한 이중 대역통과 필터와 스텝 스템브를 부가한 이중 대역통과 필터의 설계결과와 측정결과 요약하면 Table. 3과 같다. Table. 3을 보면 스텝 스템브 부가한 이중 대역통과 필터는 개방 스템브를 부가한 이중 대역통과 필터보다 반사손실이 10 dB 이상, 측정결과와 삽입손실이 0.1 dB 정도 개선되었다.

Table 3 Simulated and measured results of Open stub Dual-BPF and Step stub Dual-BPF

(단위: dB)

Results	Dual-BPF		
	open stub	step stub	
Simulated results (Return loss / Insertion loss)	2.4 GHz	19 / 0.2	33 / 0.2
	5.2 GHz	26 / 0.07	34 / 0.1
Measured results (Return loss / Insertion loss)	2.4 GHz	23 / 2.6	32 / 1.7
	5.2 GHz	16 / 2.1	35 / 1.3

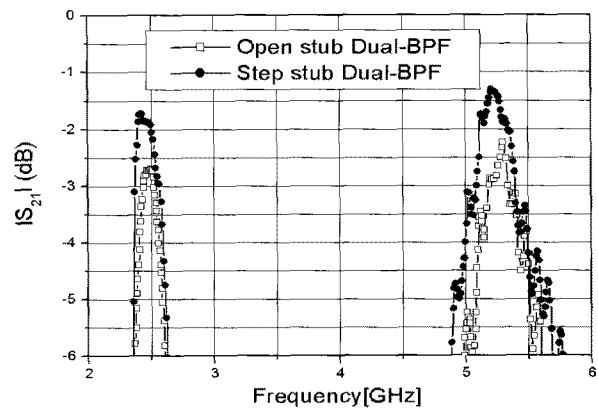


Fig. 15 Detailed S_{21} of Open stub Dual-BPF and Step stub Dual-BPF

Fig. 15는 Fig. 14에서의 삽입손실의 성능 개선부분을 크게 확대한 그래프이다. Fig. 15를 보면, 개방 스템브를 부가한 이중 대역통과 필터의 삽입손실은 각각 2.4 GHz에서 2.6 dB, 5.2GHz에서 2.1 dB이고, 스텝 스템브를 부가한 이중 대역통과 필터는 2.4 GHz에서 1.7 dB, 5.2 GHz에서 1.3 dB이다(전 등, 2008). Fig. 13~ Fig. 15와 Table. 3에서 보이는 바와 같이 스텝 스템브를 부가한 새로운 형태의 이중 대역통과 필터는 개방 스템브를 부가한 이중 대역통과 필터보다 성능이 개선되었다.

4. 결론

최근 들어 무선 LAN 시스템의 표준과 기술이 발전하여 육상 뿐만 아니라 항해 중인 선박에서 언제 어디서나 화상회의,

인터넷 등 다양한 분야에서 사용되어진다. 이에 따라, 휴대용 단말기와 액세스 포인트 간의 기술방식과 관계없이 접속할 수 있는 편리성을 가지고 IEEE 802.11a/b/g 모두에서 적용이 가능한 이중 대역통과 필터의 개발이 필수적이라 할 수 있다.

본 논문에서는 주파수 2.4 GHz와 5.2 GHz에서 동작하고, 스텝 스티브를 추가하여 성능을 개선시킨 새로운 형태의 이중 대역통과 필터를 제안하였다. 제안한 스텝 스티브를 추가한 새로운 형태의 이중 대역통과 필터를 실제 제작한 후 측정된 결과, 개방 스티브를 추가한 이중 대역통과 필터와 기존의 이중 대역통과 필터보다 성능이 10 dB이상 개선되었다. 그리고 기존의 대역통과 필터보다 설계치와 측정치의 오차가 감소됨에 따라 실제 사용할 경우의 성능이 향상될 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 중소기업청과 부산광역시가 지원하는 2008년도 산학협력실시지원사업의 지원으로 이루어졌음.

참 고 문 헌

[1] 강민수, 박연식(2005), "무선랜을 이용한 소형선박 식별시스템," 한국해양정보통신학회논문지, 제6권 제2호, pp. 23~26.

[2] 강민수, 성길영, 이상욱, 김현덕, 박연식(2004), "무선랜을 이용한 항만관리통신망," 한국해양정보통신학회논문지, 제8권 제4호, pp. 782~786.

[3] 김용균(2003), "무선 LAN 기술 및 시장 동향," 정보통신연구진흥원, 주간기술동향 1104호.

[4] 박동철, 박정일, 이병남(1989), "스텝 임피던스 공진기와 입출력 탭핑을 이용한 마이크로스트립 대역통과 필터의 설계", 대한전자공학회논문지, 제26권 제11호, pp. 1728~1735.

[5] 박봉근, 박동철(1991), "스텝 임피던스 공진기를 이용한 마이크로스트립 대역통과 필터와 광대역 마이크로스트립 대역통과 필터에 관한 연구," 한국전자과학회 전자과학기술, 제2권 제4호, pp. 10~16.

[6] 오승곤(2002), "국내의 5 GHz대역 주파수 이용 동향," 한국통신학회지, 제19권 제5호, pp. 646~654.

[7] 전미화, 김은미, 김동일, 전중성, 김민정(2008), "무선 LAN용 이중 대역통과 필터의 설계에 관한 연구," 한국항해항만학회지, 제32권 제6호, pp. 481~488.

[8] 현대미포조선(2008), "선박용 통합네트워크로 세계 시장 선도", <http://www.hmd.co.kr>.

[9] Hong, J. S. and Lancaster, M. J.(2001), "Microstrip Filters for RF/Microwave Applications," John Wiley & Son, Inc.

[10] 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.

[11] RF-TNC(2008), "RFLINK-52AG", <http://www.rftnc.com>.

[12] Weng, M. H.(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.

[13] Zhang, X. Y.(2007), "Dual-Band Bandpass Filter Using-Loaded Resonators," IEEE Microw. Wireless Compon. Lett., vol 17, no 8, pp. 583~585.

원고접수일 : 2008년 11월 7일
 심사완료일 : 2008년 12월 28일
 원고채택일 : 2008년 12월 29일