평행 결합 선로를 갖는 이중 대역의 소형 광대역 대역 통과 필터의 설계

Dual-Band Compact Broad Band-Pass Filter with Parallel Coupled Line

최영구 · Bhanu Shrestha* · 윤기철** · 이정훈** · 홍태의***

Young-Gu Choi · Bhanu Shrestha* · Ki-Cheol Yoon** · Jeong-Hun Lee** · Tae-Ui Hong***

요 약

본 논문은 평행 결합 선로를 이용한 이중 대역 소형 광대역 대역 통과 필터에 대하여 제안한다. 제안한 필터는 크기가 작고 대역폭의 조절과 이중 대역 운용이 가능하다. 뿐만 아니라 T-형태의 대역 저지 필터를 삽입하여 이중 대역의 지원이 가능하도록 하였다. 이중 대역의 대역 통과 필터는 첫 번째 운용 중심 주파수와 대역폭이 각각 5.8 GHz 및 60 %, 그리고 두 번째 운용 주파수 중심 주파수와 대역폭은 각각 16.2 GHz 및 60 %이다. 첫 번째 주파수의 삽입 및 반사 손실은 각각 0.4 dB 및 17.4 dB를 갖고 있고, 두 번째 주파수의 삽입 및 반사 손실은 각각 0.62 dB 및 19.8 dB를 갖는다.

Abstract

In this paper, the dual-band compact broad bandpass filter using parallel coupled line is proposed. The proposed filter has reduced size and can be controlled bandwidth. And it is also possible to operate in the dual-band purpose. Futhermore, the inserted bandstop fiilter with T-type configuration is also possible to operate in the same purpose. The dual-band bandpass filter has the first operating frequencies and its bandwidth which are 5.8 GHz and 60 % respectively and the second operating frequency and the bandwidth are 16.2 GHz and 60 % respectively. The insertion loss and the return loss of the first frequency has 0.4 dB and 17.4 dB and the insertion loss and the return loss of the second frequency has 0.62 dB and 19.8 dB, respectively.

Key words : Dual-Band, Broad Band, Coupling Coefficient, Compact Size, T-Type Bandstop Filter

Ⅰ. 서 론

이동 및 위성 통신 분야에서 동영상 음성 및 각종 데이터들을 광대역으로 처리할 수 있는 정보 전송의 수요가 급증하면서 광대역 정보들을 전송할 수 있는 기술들이 요구되고 있다[1],[3]. 또한, 하나의 부품에서 여러 기능을 해결할 수 있도록 다중형(multi-structure) 부품을 구현하고, 그 부품을 사용함으로써 보다 간단하고 편리하도록 제안하여 부품에 대한 크기 및 비용이 절감되도록 설계하는 것이 절약 방법 중의 하나이다. 그 중에서 이중 대역 필터 혹은 증폭기, 발진기 등을 예를 들 수가 있다[4]. 이중 대역 필

서울도시철도공사 R&D본부 차량기술단(Rolling Stock Technology Division, SMRT)
*광운대학교 전자공학과(Department of Wireless Communication and Engineering, Kwangwoon University)
**한국철도차량엔지니어링 검사본부(Inspection Division, Korea Rolling Stock Technical Corporation)
***한국세라믹기술원 기업협력센터(Business Support Division, Korea Institute of Ceramic Engineering & Technology)
· 논 문 번 호 : 20100823-118
· 교 신 저 자 : 최영구(e-mail : kwchoiyg@nate.com)
· 수정완료일자 : 2010년 11월 29일

터는 두 개의 주파수를 통과시켜 주고, 그 외의 불필요한 주파수 대역은 차단시켜 줌으로써 하나의 필터로 필요한 한 가지 혹은 두 가지의 주파수 대역을 통과시켜주는 데 사용할 수가 있다. 대역 통과 필터는 메시지 및 각종 동영상과 같은 데이터들을 전송시켜 주기 위해 처리할 수 있는 대역폭이 넓을수록 유리하는데, 광대역으로 통과시키는데 있어 제한이 되는 필터들도 있다. 그 중에서 대표적인 필터는 평행 결합 선로 필터(coupled line filter)이다. 평행 결합 선로 필터는 구조상 20 % 이내에서 대역폭을 통과시켜 줄 수 있을 뿐, 그 이상의 대역폭은 통과시켜 주는데 제한이 된다[5]. 만일, 이 필터를 광대역 대역 통과 필터로 설계하게 된다면 마지막 단의 결합 선로 간격이 매우 좁아져서 실제로 제작하는데 어려워진다는 단점을 갖게 된다[5]. 따라서 이러한 단점을 보안하기 위해 본 논문에서는 어드미턴스(J) 인버터(inverter)를 사용하고, ABCD 메트릭스(matrix)를 해석하여 이 메트릭스를 합성한 후, 임피던스 값을 나타내어 광대역 대역 통과 필터로 설계하는데 기여한다. 또한, 필터 내부에 존재하는 각 공진기에서 T-형태의 대역저지 필터를 삽입함으로써 이중 대역이 가능하도록 제안한다. 뿐만 아니라, 필터에서 기존의 설계 방법과는 달리, 선로들을 가로의 형태로 연결하여 전체의 크기를 줄이는데 핵심적인 역할을 수행 하도록 하였다. 광대역 필터를 설계하기에 앞서 가능성에 대해 실험하기 위하여 문헌에 제시된 기존의 필터를 4.8 %의 대역폭을 갖도록 먼저 설계를 한 후[6], 새롭게 제안한 광대역 대역 통과 필터를 설계하여 대역폭을 60 % 대역으로 넓힘과 동시에 필터의 크기를

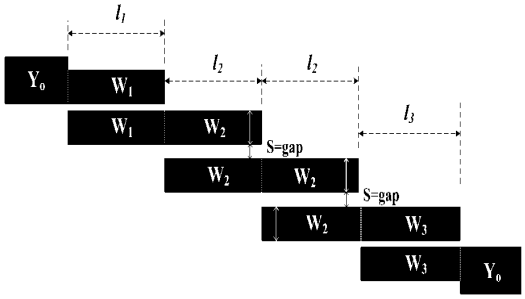


그림 1. 평행 결합 선로 대역 통과 필터의 구조
Fig. 1. Structure of a band pass filter(BPF) with parallel coupled line.

표 1. 평행 결합 필터의 우 모드 및 기 모드 특성 임피던스
Table 1. Characteristic of even and odd mode at parallel coupled line BPF.

Modes	Impedance	Value[Ω]
Even	$Z_{oe}01$	87.5
	$Z_{oe}1,2$	62.0
	$Z_{oe}2,3$	62.0
	$Z_{oe}03$	87.5
Odd	$Z_{oo}01$	37.5
	$Z_{oo}1,2$	42.0
	$Z_{oo}2,3$	42.0
	$Z_{oo}03$	37.5

기존의 필터보다 1/3의 크기로 작게 구현했다는 특징과 가능성에 대하여 제시를 한다. 기존의 평행 결합 선로 대역 통과 필터는 그림 1과 같이 180°의 공진기들과 공진기 사이를 연결하기 위한 평행 결합(coupling) 선로로 구성되어 있다[6].

표 1은 그림 1에서 제시하는 구조의 우(even) 및 기(odd) 모드(mode)의 특성 임피던스 값이고, 이 값을 이용하여 필터를 설계하여 그림 2와 같은 결과를 나타내도록 하였다. 그림에서의 결과는 구조적인 특성상 협대역과 단일 대역으로 동작된다.

표 2는 설계 및 제작된 필터의 중심 주파수와 대역폭 그리고 실험 결과 값들에 대해 제시를 한다.

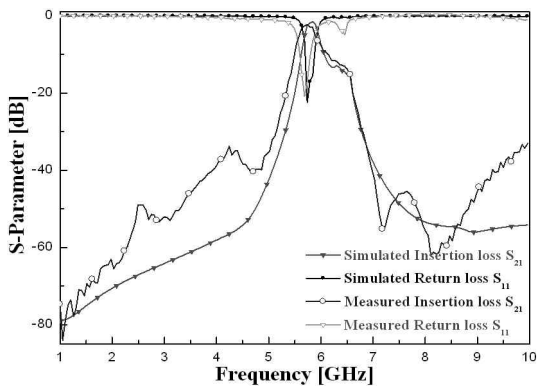


그림 2. 평행 결합 선로를 이용한 대역 통과 필터의 시뮬레이션 및 측정 결과 파라미터(대역폭: 4.6 %)
Fig. 2. Simulation and measurement results of a BPF with parallel-coupled line(FBW=4.6 %).

표 2. 평행 결합 대역 통과 필터의 결과
Table 2. Results of BPF with parallel coupled line.

중 심 주파수 [GHz]	대역폭 [%]	모의실험 결과[dB]		측정 결과 [dB]	
		삽입 손실 (S_{21})	반사 손실 (S_{11})	삽입 손실 (S_{21})	반사 손실 (S_{11})
5.8	4.6	1.8	16	2.1	21.2

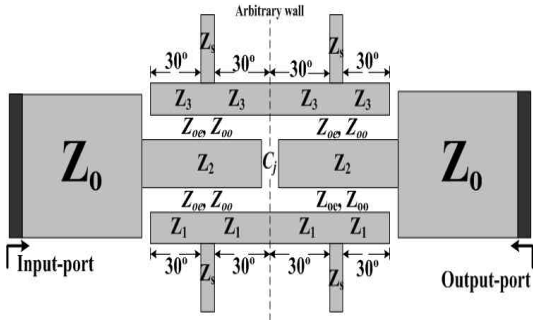
Ⅱ. 평행 결합 선로 구조의 소형 광대역 이중 대역의 대역 통과 필터

평행 결합 선로를 갖는 대역 통과 필터를 크기가 작고 이중 대역이 가능한 광대역 대역 통과 필터에 대하여 제안하였고, 필터 내부에 존재하는 갭(gap)의 넓이를 조절함으로써 협대역에서 광대역까지 자유롭게 변화시킬 수가 있다. 기존의 평행 결합 선로의 대역 통과 필터는 입/출력 종단 간에 결합 구조로 형성된다. 그러나 본 제안한 필터는 입/출력의 종단 간, 결합 구조 없이 전기전인 길이와 커플링(coupling)으로 이용하여 3단의 형태로 구성하였고, 기존의 필터는 선로들이 세로 측으로 뻗는 형식으로 나열되어 연결되는 데에 반해, 본 필터는 기존의 세로측으로 나열되는 선로들의 절반을 가로측으로 뻗는 형태로 연결하여 크기가 축소되는 방식으로 기존의 필터와 다르게 설계하였다. 또한, 필터 내부에 T-형태의 대역 저지 필터를 삽입함으로 이중 대역으로 동작하는 데 핵심적인 역할을 수행하도록 하였다.

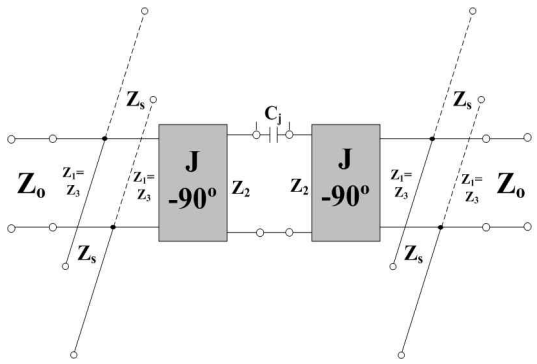
2-1 이론 및 설계

크기가 작아진 다단 결합 선로를 갖는 이중 대역의 광대역 대역 통과 필터는 그림 3(a)와 같이 입/출력의 급전 선로와 90°의 선로(Z_2)들이 곧 바로 이어져 있다. 뿐만 아니라 필터의 상단과 하단 부에는 180°의 길이를 갖는 선로(Z_2, Z_3)들과 선로 사이에 각각 T-형태의 대역 저지 필터(Z_s)들이 연결되어 있다. 또한, 180°의 선로(Z_1, Z_3)들과 중간 선로(Z_2) 사이에는 *J*-인버터로 동작하는 커플링으로 구성된다.

그림 3(b)는 제안한 필터의 등가회로로써 급전 선로(Z_o)와 *n*단의 선로(Z_1=Z_3, Z_2) 및 개방형 스터브(Z_s) 그리고 대역폭 조절용 용량성 구조(C_j) 및 J-인버터



(a) 필터의 구조
(a) Structure of the filter



(b) J-인버터 및 필터의 등가회로
(b) J-inverter and the equivalent circuit of the filter

그림 3. 제안한 평행 결합 선로의 구조를 갖는 이중 대역의 소형 광대역 대역 통과 필터
Fig. 3. The proposed compact dual-band broad BPF with parallel-coupled line.

로 구성된다. 이중 대역의 대역 통과 필터는 식 (1)과 같이 ABCD 메트릭스로 해석된다[6].

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{Z_{oe}+Z_{oo}}{Z_{oe}-Z_{oo}}\cos\theta & -\frac{j}{2}\left\{-(Z_{oe}-Z_{oo})\sin\theta+\frac{4Z_{oe}Z_{oo}}{Z_{oe}-Z_{oo}}\frac{\cos^2\theta}{\sin\theta}\right\} \\ j\frac{2}{Z_{oe}-Z_{oo}}\sin\theta & \frac{Z_{oe}+Z_{oo}}{Z_{oe}-Z_{oo}}\cos\theta \end{bmatrix} \quad (1)$$

필터의 J-인터버에 관한 식은 식 (2)와 같이 표현된다[6].

$$\frac{J_{01}}{Y_o} = \sqrt{\frac{\pi}{2}\frac{\Delta}{g_{o,g_1}}}$$

$$\frac{J_{i,i+1}}{Y_o}=\frac{\pi\Delta}{2}\frac{1}{\sqrt{g_i g_{j+1}}}$$
$$\frac{J_{n,n+1}}{Y_o}=\sqrt{\frac{\pi\Delta}{2g_n g_{n+1}}} \quad (2)$$

식 (2)에서 Δ는 대역폭(FBW), g_i는 저역 통과(low-pass) 기본형(prototype)에서 제시하는 소자 값을 의미한다[6]. J-인버터는 위상차가 −90°의 성질을 갖고 있으며, 필터의 구조(길이, 넓이, 선로와의 간격 등)에서는 J-인버터에 해당하는 우(even) 및 기(odd) 모드(mode)에 관한 특성 임피던스와 관련된다. 그러므로 우 및 기 모드에 대한 특성 임피던스는 식 (3)과 같이 해석된다[6].

$$(Z_{oe})_{j,j+1}=\frac{1}{Y_o}\left[1+\frac{J_{j,j+1}}{Y_o}+\left(\frac{J_{j,j+1}}{Y_o}\right)^2\right]$$
j=0 to n
$$(Z_{oo})_{j,j+1}=\frac{1}{Y_o}\left[1-\frac{J_{j,j+1}}{Y_o}+\left(\frac{J_{j,j+1}}{Y_o}\right)^2\right]$$
j=0 to n (3)

식 (3)에서 Z_{oe}와 Z_{oo}의 의미는 우 및 기 모드에 대한 특성 임피던스이고, Z_o는 급전 선로(feeding-line)의 특성 임피던스이며, Y_o 및 J는 특성 어드미턴스 및 J-인버터의 값을 의미한다. 필터를 설계하기 위해서는 식 (3)을 이용하여 우 및 기 모드에 관한 특성 임피던스 값을 얻어 물리적인 구조의 길이와 넓이 및 선로의 간격 등의 값을 얻어야 하는데, 본 논문에서는 참고문헌 [6]에서 나오는 식을 이용하였지만, 더욱 정확한 값을 얻기 위해 ADS에서 제공하는 line calculation을 함께 사용하였다. 본 필터의 구조는 대칭형(symmetric) 구조이므로 중간의 선로를 기준으로 하여 상·하 측단의 물리적인 넓이 및 길이의 값들이 일치한다.

기존의 평행 결합 선로의 대역 통과 필터는 입·출력의 급전 선로와 n단의 선로 사이에 종단 커플링이 존재하였다. 그러나 제안된 대역 통과 필터는 기존의 필터와는 달리, 급전 커플링이 없다. 그 이유는 필터의 크기를 줄이기 위해 n단의 선로를 가로로 나열하면서 선로의 사이에 커플링을 추가하였으며, 3단의 선로로 구성하여 기존의 필터와 다르게 설계하여 크기를 감소시키는데 제안하였다. 뿐만 아니라, 기존 필터의 급전 선로와 커플링은 대역폭이 증가할 때마다 커플링량이 많아져서 실제의 구현이 힘들다. 따라서 본 제안한 필터의 구조는 이러한 커플링 구조를 사용하지 않는 방법을 선택하여 급전 선로와 Z_2의 선로를 직접적으로 연결을 하는 방식을 유도하였다.

그림 3에서 Z_2의 전체 길이는 180°이다. 또한, Z_2의 각 길이는 90°이지만 이 길이 사이에 존재하는 C_j는 용량성으로 결합되어져 있어 Z_2 길이의 전체 합은 180°가 된다. 180°의 길이를 갖는 세 개의 선로들은 선로들의 사이에 J-인버터로 동작하는 커플링으로 연결되어 있어 3단의 필터로 동작할 수가 있다. 물론 C_j가 없이 Z_2를 바로 연결할 수도 있다. C_j 역할은 선로 사이의 커플링량을 추가시켜 대역폭을 넓힐 수 있도록 지원해 주는 역할을 수행한다.

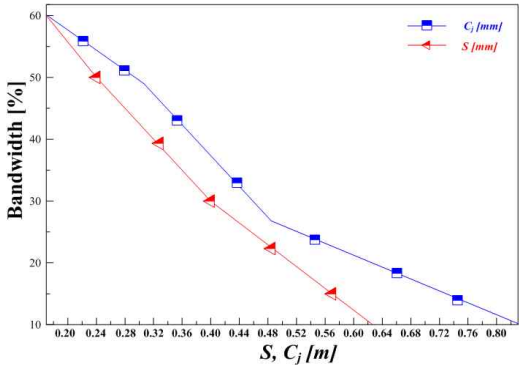
$$C_j=\frac{Z_{oe}/2-Z_{oo}/2}{Z_{oe}/2+Z_{oo}/2} \qquad @\ S=C_j \quad (4)$$

식 (4)는 공진기 사이의 정전용량(C_j)으로서, 대역폭에 반비례한다[6]. 따라서 갭의 넓이(거리)에 따라 대역폭이 변화하는 모습은 표 3과 그림 4와 같이 제시되면서 EM(IE3D) 시뮬레이션의 실험을 통해 보여주고 있다. 실험을 하기 위해 EM 시뮬레이션에 측정 결과와 유사하도록 실제의 환경(기판) 값을 입력하였다. 표 3과 그림 4에서는 갭의 거리 및 대역폭이 반비례 관계로 형성되면서 거리가 가까워질수록 대역폭이 넓어진다는 결과를 확인할 수가 있었다.

실험을 통해 설계된 대역 통과 필터는 협대역에서 광대역까지 변화하는 과정을 관찰했을 때, 4.8 %를 기준을 하여 60 %까지 대역폭이 변화된다는 것을 확인할 수가 있다. 실험을 위한 대역폭은 3-dB 대역폭으로 결정하였다.

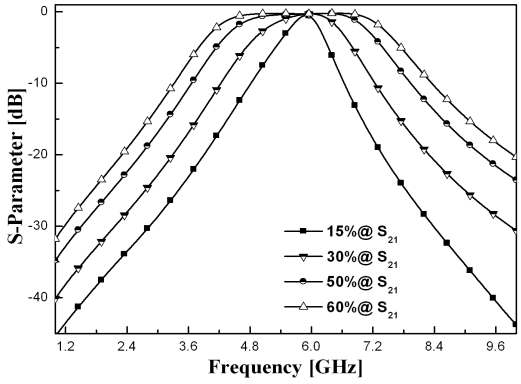
표 3. 갭의 거리 값에 따라 변화되는 대역폭
Table 3. Bandwidth variation with value of gap-distance.

대역폭[%](f_1, f_2)	S[m](간격)	C_j[mm]
15	0.57	0.83
30	0.4	0.5
50	0.24	0.33
60	0.17	0.2



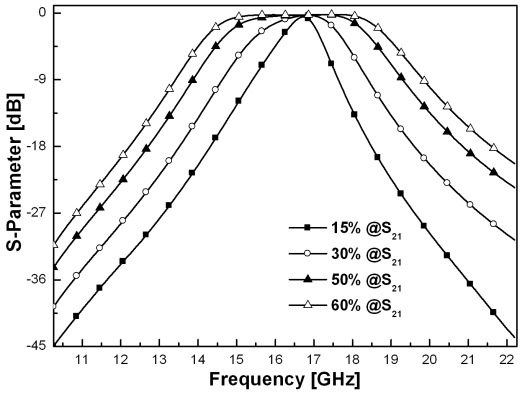
(a) 갭의 거리에 따른 대역폭 변화(f_1, f_2)

(a) The bandwidth variation as a function of the gap-distance(f_1, f_2)



(b) 주파수에 따른 S-파라미터(f_1)

(b) The S-parameter as a function of frequency(f_1)



(c) 주파수에 따른 S-파라미터(f_2)

(c) The S-parameter as a function of frequency(f_2)

그림 4. 갭의 거리와 대역폭의 관계

Fig. 4. The bandwidth variation as a function of gap-distance.

대역 통과 필터의 선로(Z_3) 사이에 T-형태의 개방형 스터브(stub)가 삽입되어져 있는데, T-형태를 갖는 개방형 스터브는 대역 저지 필터로 동작하게 된다. 그 이유는 스터브의 길이가 45°이므로 2차 고조파 혹은 주파수 대역을 억제할 수가 있어[7], 이중 대역 필터가 독립적으로 동작하기 위해 스터브의 전기적 길이를 선택하여야 한다.

T-형태에서 30°(Z_3)로 결정한 이유는 선로에서 전체 길이의 위상이 90°와 같지만, 만일 선로의 길이를 30°<45°로 결정하게 된다면 Z_3의 임피던스 값은 무한대로 변하게 되어 스터브(Z_s)의 넓이 값이 상당히 커지므로 실제의 구현이 어렵게 된다[7].

또한, T-형태의 선로를 대역 통과 필터의 각 선로(Z_1, Z_3) 사이에 삽입한 이유는 첫 번째 운용 주파수 f_1 대역과 두 번째 운용 주파수 f_2 대역, 그리고 운용 주파수 사이의 저지 대역을 확보해 주기 위해 n개의 스터브(Z_s)를 삽입하였다. 이때, n개의 스터브(Z_s)를 삽입하게 되면 그림 3(a)를 기준할 경우 왼쪽 T-형태의 스터브는 첫 번째 운용 주파수 대역인 f_1의 상측 저지 대역(out-band)을 우측 T-형태의 스터브는 두 번째의 운용 주파수 대역인 f_2의 저주파 저지 대역(in-band)을 억압시키면서 통과 대역들을 확보해 준다.

그림 5는 대역 저지 필터에 대한 실험 결과로써 시뮬레이션 및 측정 결과에 대해 제시를 하고 있다. 실험(측정) 결과에서 대역폭은 차단 주파수에서 3-dB의 위치로 결정하였으며, f_1의 삽입 손실 및 반사 손실은 5.8 GHz(차단 주파수: 8.97 GHz @ −3 dB)에

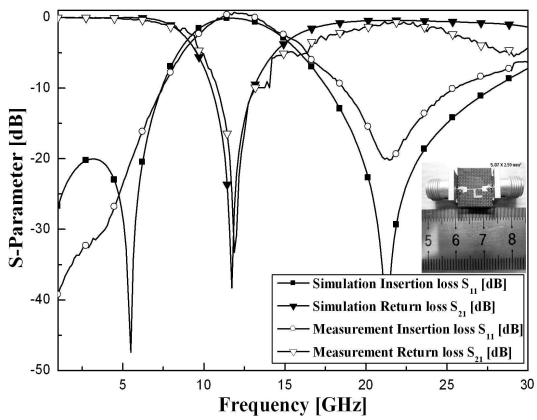


그림 5. 등가 T-형태의 대역 저지 필터 실험 결과

Fig. 5. Experimental results of the equivalent T-type bandstop filter.

서 각각 0.34 dB와 31.3 dB이고, f_2의 삽입 손실 및 반사 손실은 16.2 GHz(차단 주파수: 17.1 @ −3 dB)에서 각각 5.1 dB와 19.9 dB이며, f_1과 f_2 사이의 감쇠 손실은 감쇠 주파수 11.8 GHz에서 33.3 dB이다. 필터를 설계하기 위해 제안된 대역 통과 필터의 구조와 T-형태의 개방형 스터브를 갖는 대역 저지 필터에 대하여 해석하도록 한다.

대역 통과 필터의 기본은 180°의 길이를 갖는 공진기들이 n개로 구성된다. 그러므로 제안한 광대역 이중 대역의 대역 통과 필터를 설계하기 위한 순서는 상·하단부의 180°의 길이를 갖는 선로들과 중간 부분에 있는 각 90°의 길이를 갖는 선로들이 커플링을 갖고 3단의 대역 통과 필터로 구현된다. 90°의 길이를 갖는 선로 사이의 용량성 결합 구조와 J-인버터로 동작하는 커플링은 광대역을 위해 대역폭을 확보시켜준다.

따라서 상·하단부의 선로 사이에 T-형태의 대역 저지 필터를 삽입하므로 대역 통과와 대역 저지의 대역폭이 함께 확보되어 최종 이중 대역의 결과가 나타나게 된다. 대역 저지 필터의 삽입 과정은 참고문헌 [8]에서 확인할 수 있다.

2-2 제작 및 실험

그림 3에서 제시한 설계된 광대역 대역 통과 필터의 시뮬레이션 및 측정 결과는 그림 6과 같이 보여주고 있다. 시뮬레이션 결과를 얻기 위해 ADS 2005 A와 IE3D(Ver. 10.0)를 통하여 결과를 얻을 수가 있었고, 측정 결과를 얻기 위하여 HP-8510 C의 회로망 분석기를 이용하여 결과를 얻을 수가 있었다.

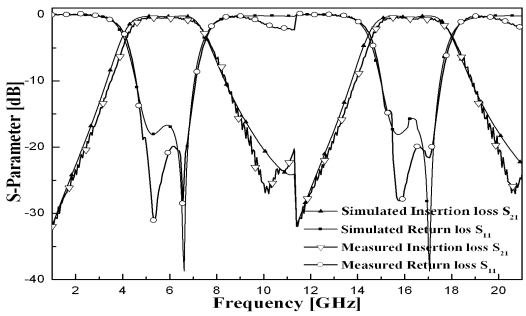


그림 6. 제안한 이중 대역의 광대역 대역 통과 필터의 시뮬레이션 및 측정 결과(대역폭: 60 % @ f_1, f_2)

Fig. 6. Simulation and measurement results of the proposed dual-band broad BPF(FBW: 60 %, @ f_1, f_2).

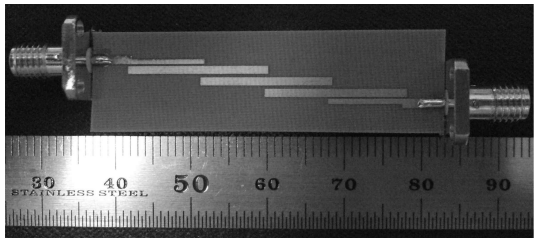
표 4. 제안한 평행 결합 구조의 이중 대역의 광대역 대역 통과 필터의 결과

Table 4. Results of the proposed a dual-band broad BPF with parallel coupled line.

중심 주파수 [GHz]	대역폭 [%]	모의실험 결과[dB]		측정 결과 [dB]	
		삽입 손실 (S_{21})	반사 손실 (S_{11})	삽입 손실 (S_{21})	반사 손실 (S_{11})
5.8	60	0.26	16.7	0.4	17.4
16.2	60	0.46	15.7	0.62	19.8

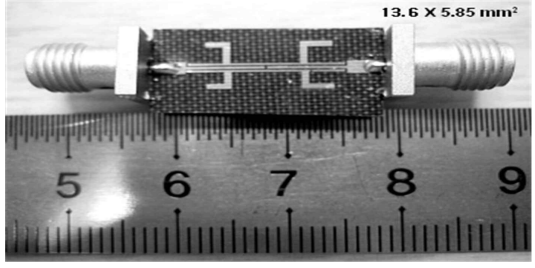
필터의 대역폭을 결정하기 위해 3-dB 대역폭을 결정하였다. 표 4는 제안한 필터의 시뮬레이션 및 측정 결과에 대한 파라미터로서, 각각의 결과 값에 대한 내용들이 제시되고 있다. 표 4에서 60 %에 해당하는 대역폭 주파수는 약 3.6 GHz이다. 또한, 이중 대역 사이의 차단 주파수 및 감쇠 손실에 대한 시뮬레이션 및 측정 결과는 11.3 GHz에서 각각 24.1 dB 및 20.2 dB를 나타낸다.

그림 7은 제작된 필터의 실제 사진을 보여주고 있



(a) 평행 결합 구조의 대역 통과 필터

(a) Parallel coupled line structure of a BPF



(b) 이중 대역의 광대역 대역 통과 필터

(b) Parallel coupled line structure of a BPF

그림 7. 제작된 평행 결합 구조의 대역 통과 필터

Fig. 7. Fabricated BPF with parallel coupled line.

다. 제작을 위해 사용되는 테프론 기판은 유전율 2.54, 높이 0.54 mm를 갖는다.

Ⅲ. 고 찰

평행 결합 선로를 갖는 대역 통과 필터는 비아홀(via-hole)을 사용하지 않고 설계를 했기 때문에 제작하는데 번거로움을 해결할 수가 있고 편리성을 갖는다. 또한, 비아 부품을 사용하지 않아 부품에 대한 단가를 줄일 수가 있고, 전형적인 이중 대역 통과 필터를 설계하기 위해서는 대역 통과 필터와 대역 저지 필터를 함께 직·병렬로 연결을 하여, 이중 대역이 가능하도록 설계를 하게 되는데, 이는 기본적으로 필터가 두 가지 이상의 부품이 들어가므로 단가와 크기가 커진다는 단점이 발생한다.

그러나 본 필터는 필터 하나로 대역 저지 필터를 집적화 하면서 크기를 줄일 수 있다는 것이 특징이다. 또한, 대역폭의 증가에 따라 양 끝단의 결합 선로 간격이 매우 좁아지면서 제작하는데 어려움이 따르던 기존의 평행 결합 선로 필터를 새로운 방법으로 제시하여 대역폭이 그 이상으로 넓어질 수 있게 제안한 것이 특징이다.

또한, 본 논문에서 제안한 필터 내부에 삽입된 T-형태의 대역 저지 필터는 저지 대역이 협대역이다. 따라서 f_1과 f_2 사이의 넓은 저지 대역을 확보하기 위해서는 순시(瞬時) 대역(11.4～12.7 GHz)을 저지시키기 위해 n개의 대역 저지 필터를 사용하게 된다. 물론, 광대역 대역 저지 필터[8]을 적용시키는 방법도 있다. 그러나 만일 참고문헌 [8]과 같은 광대역 대역 저지 필터를 사용하게 된다면 필터의 전체 크기가 커질 우려가 있으므로 제안한 필터는 T-형태의 대역 저지 필터를 사용하게 된 것이다.

뿐만 아니라 T-형태의 대역 저지 필터는 구현하기가 간단하고 단가가 저렴하여 경제적이고 크기가 작으며 집적화하기 매우 용이하다. 제안한 필터는 크기를 작게 하기 위해 기존 필터의 세로 측의 절반의 크기를 가로 측에 연결하여 소형 경량이 용이하도록 제작을 하였다.

본 필터의 크기는 표 5와 같이 제시된다. 표 6은 기존의 논문에서 제시한 필터의 크기를 비교를 하여 본 필터의 우수성을 제시한 것이다. 표에서 언급하는 참고문헌 [9]는 결합 구조를 이용한 대역 통과 필터로서 크기를 줄이는 기술을 제안하였다. 그러나 이 필터는 단일 주파수 f_1 대역으로만 사용할 수가 있고, 가로 측의 길이가 본 제안한 필터보다 크다.

표 5. 평행 결합 선로 대역 통과 필터의 크기
Table 5. The size of bandpass filter with parallel coupled line.

종류	크기[mm]	
	가로	세로
Conventional	34.07	7.03
New type	13.6	5.85

표 6. 필터의 크기 비교
Table 6. Comparison for size of the filter.

참고문헌	중심 주파수 [GHz]		크기 [mm]	
	f_1	f_2	세로	가로
This work	5.8	16.2	0.4	17.4
[9]	5.8	×	18.52	1.0
[10]	2.46	5.6	17.3	18.0

또한, 참고문헌 [10]은 자기 궤환(self-feedback)과 SIR(Stepped Impedance Resonator) 구조를 이용한 이중 대역 대역 통과 필터를 제안한 것으로서, SIR을 이용하였는데도 불구하고 크기가 본 제안한 필터보다 크다는 것을 알 수가 있다.

Ⅳ. 결 론

본 논문은 크기가 작아진 평행 결합 구조를 갖는 이중 대역의 광대역 대역 통과 필터를 제안하여 구현하였다. 기존의 평행 결합 선로를 갖는 대역 통과 필터는 구조의 특성상, 고주파 대역에서 협대역을 갖는데, 만일 그 이상의 주파수 대역과 대역폭을 요구하게 된다면 평행의 결합 선로 간격의 문제로 인하여 제작의 한계성을 갖게 된다.

따라서 제안한 필터는 이를 극복하기 위해 ABCD 메트릭스 및 J-인버터를 해석하고, 결합에 대한 식을 이용하여 높은 커플링 계수와 낮은 임피던스 값을 토대로 하여 광대역 대역 통과 필터를 설계하였다.

또한, 필터 내부에 등가 T-형태 회로의 대역 저지 필터를 삽입함으로써 이중 대역의 응용이 가능하도

록 제안을 하였다. 새롭게 구현한 필터의 특징은 커플링 계수의 양에 따라 이중 대역의 대역폭을 유연하게 대칭성으로 조절이 가능하고, 4.8 %의 대역폭을 기준할 경우, 조절 값에 따라 60 %까지 조절이 가능하여 넓은 대역폭을 얻어낼 수가 있으며, 공진기들이 가로 측으로 나열되어 있어 기존의 필터보다 크기가 줄어들었다는 것을 확인할 수가 있었다.

새롭게 구현된 이중 대역의 대역 통과 필터는 최대 대역폭 60 %에서 중심 주파수 5.8 GHz로 측정된 삽입 손실과 반사 손실이 각각 0.4 dB 및 17.4 dB를 나타내었고, 16.2 GHz에서는 삽입 손실과 반사 손실이 각각 0.62 dB와 19.8 dB의 결과를 얻었다.

이러한 이중 대역 대역 통과 필터는 ISM 밴드와 무선 랜(LAN) 그리고 지능형 교통 시스템뿐만 아니라 이리듐 위성 통신과 이동 위성 방송 송출 서비스(SNG: Satellite News Gathering)에 적용이 가능할 것으로 기대되면서 데이터량에 따라 필터의 대역폭을 조절하여 그 시스템에 적용이 가능하리라 기대된다. 또한, MMIC로 공정하면 사이즈가 작아져 소형 시스템에도 적용 가능하다.

참 고 문 헌

[1] 박인규, "DSRC 전략과 향후의 ITS", 한국전자공학회지, 43, TC(4), pp. 105-1109, 2006년 9월.

[2] H. Oh, C. Yae, D. Ahn, and H. Cho, "5.8 GHz DSRC packet communication system for ITS services", *IEEE Vehicular Technology Conference*, pp. 223-227, Sep. 1999.

[3] 정영욱, 정재승, 박성진, 임춘식, 오현서, 이병섭, "5.8 GHz 단거리전용 통신(DSRC) 시스템 성능 평가 및 분석", 한국통신학회논문지, 25(8A), pp. 1186-1197, 2000년 2월.

[4] M. Mokhtaari, K. Rambabu, J. Bornemann, and S. Amari, "Advanced stepped-impedance dual-band filters with wide second stopbands", in *Proc. Asia-Pacific Microwave Conf.*, pp. 2285-2288, Dec. 2005.

[5] K. C. Yoon, S. Y. Oh, H. Lee, K. M. Oh, and J. C. Lee, "Design of a compact broad band-pass filter using parallel coupled structure", in *Proc. Asia-Pacific Microwave Conf.*, pp. 1-4, Dec. 2008.

[6] J. S. Hong, M. J. Lancaster, *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*, John Wiley & Sons, 2001.

[7] K. C. Yoon, J. C. Lee, "Design of a 5.8 GHz narrow band-pass filter with second harmonic suppression using the open stubs", *Microwave and Optical Tech. Lett.*, vol. 50, no. 7, pp. 1763-1766, Apr. 2008.

[8] 최영구, 김복기, "2차 고조파가 억제된 5.8 GHz 광대역 개방형 스터브 대역 통과 필터 설계", 한국전자파학회논문지, 18(10), pp. 1107-1116, 2007년 10월.

[9] 조성수, 양성현, 강준길, "평행 결합을 이용한 광대역 소형 필터 설계", 한국ITS학회논문지, 7(6), pp. 31-37, 2008년 12월.

[10] X. Chen, G. Hand, R. Ma, J. Gao, and W. Zhang, "Design of balanced dual-band bandpass filter with self-feedback structure", *ETRI Journal*, vol. 31, no. 4, pp. 475-477, Aug. 2009.

최 영 구

2001년 2월: 서울과학기술대학교 제어계측공학과 (공학사)
2003년 8월: 경희대학교 전자교육학과 (공학석사)
2008년 8월: 광운대학교 전자공학과 (공학박사)
2000년 9월～현재: 서울도시철도 공사 R&D 본부
[주 관심분야] 초고주파 수동소자 및 RF 시스템 설계

Bhanu Shrestha

1998년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학사)
2004년 8월: 광운대학교 전자공학과 (공학석사)
2008년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학박사)
2008년 3월～현재: 광운대학교 전자공학과 대우교수
[주 관심분야] RFIC/MMIC/HMIC/IPD 설계 및 공정

윤 기 철

2005년 2월: 우송대학교 컴퓨터전자정보공학부 (공학사)
2007년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학석사)
2008년 8월: 광운대학교 전파공학과 박사수료
[주 관심분야] Metamaterial 능동회로, 레이더 및 송수신 시스템, 무선 신재생 에너지 기술, 전자파 생체의학, 마이크로파 및 밀리미터파 수동소자 개발

이 정 훈

2005년 2월: 우송대학교 컴퓨터전자정보공학부 (공학사)
2007년 2월: 한밭대학교 전자공학과 (공학석사)
2003년 6월~현재: 한국철도차량엔지니어링 검사본부
[주 관심분야] 마이크로파 수동소자, 철도신호전송기술, 무선전력전송기술

홍 태 의

1985년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
1987년 8월: 인천대학교 전자공학과 (공학석사)
2010년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학박사)
1992년 2월~2004년 2월: 전자부품연구원 0580사업단 책임연구원
2004년 3월~2005년 6월: 경운대학교 멀티미디어공학과 객원교수
2005년 7월~현재: 한국세라믹기술원 기업협력센터 책임연구원
[주 관심분야] 렉테나 및 무선전력 전송기술, 부품소재 기술기획, 정보통신기술