

결합계수법을 이용한 interdigital filter 소형화 기술에 관한 연구

정주영, 김지원, 강태훈, 구서, 한상민, 안달

순천향대학교

rigel525@sch.ac.kr

A Study on the Interdigital filter Using Coupling Coefficient Method For Miniaturization Technology

Soonchunhyang University.

Juyoung Jung, Jiwon Kim, Taehoon Kang, Seo Koo, Sangmin Han, Dal Ahn

요 약

본 논문은 기존의 $\lambda/4$ 전송선로를 이용한 Interdigital 구조에서 Pattern을 구현한 새로운 Band-Pass Filter를 설계하였다. 필터의 중심주파수는 3GHz이고, 대역폭은 400MHz이다. 공진선로에 Pattern을 추가하여 설계한 필터는 기존의 필터에 비해 7.4%만큼 공진기의 길이가 감소함을 확인하였다.

I. 서 론

최근 무선통신 시스템은 고성능 소형화가 요구되고 있으며, 그중 많은 비중을 차지하고 있는 필터의 소형화에 대한 연구는 지속되어 왔다. Interdigital Band-Pass Filter는 cavity, microstrip 구조로 통신 시스템에 사용되고 있다. cavity 구조는 낮은 손실과 고출력에 대한 장점을 가지고 있지만 상대적으로 부피가 크고 제작의 어려움이 존재한다. 반면에 Microstrip filter는 크기가 작고 쉽게 제작이 가능한 장점을 가진다.

본 논문은 기존 Interdigital filter 공진기의 구조 변형을 통해 소형화된 microstrip interdigital filter를 제안한다. 공진기는 기존의 단일 공진선로 형태의 내부에 pattern화되며 단락된 구조이다. 제안한 공진기를 통한 필터는 결합계수법을 이용하여 Band-Pass Filter (BPF)를 설계하였다. 제안한 필터의 결과는 EM simulation인 HFSS를 통해 확인하였으며, 제안한 Filter의 공진기는 동일 조건하에 기존 Interdigital filter 공진기 대비 7.4% 감소한 결과를 확인하였다.

II. 본론

표 1은 구현하는 BPF의 스펙을 나타낸다. Center Frequency는 3GHz이며, 대역폭은 400MHz이다. Return Loss는 -20dB이고, 3단의 공진 구조이다. Q 및 k 값은 Chebyshev 프로토타입 여파기의 기본계수를 통해 추출한다.

양끝에 위치한 공진기를 입출력과 연결되는 공진기로 식(1)을 통해 Q 값과 Group Delay()를 구한다.

$$\begin{aligned} &= \frac{g_1}{W} \\ t_d &= \frac{4Q}{2\pi f_0} \end{aligned} \quad (1)$$

공진기간의 결합계수는 다음과 같다.

$$k_{n,n+1} = \frac{W}{g_n g_{n+1}} \quad (2)$$

표 1의 BPF에 해당하는 Q와 Group Delay, 결합계수는 식 (1)과 식 (2)를 통해 구할 수 있으며, 각각 $Q=6.3868$, $t_d = 1.3583ns$, 그리고 $k_{1,2} = k_{2,3} = 0.13767$ 이다.

표 1. 제안한 BPF의 SPECIFICATION

f_0	3GHz
Bandwidth	400MHz
W	0.1336
N	3
RL	-20dB

A. 제안한 Interdigital filter 설계

그림 1.(a)은 제안된 공진기 구조이다. 공진기는 공진주파수 f_0 에서 $\lambda/4$ 의 길이이고, 시뮬레이션을 통해 Group Delay를 추출하였다. 그림 1.(b)은 HFSS를 통해 Group Delay를 추출한 시뮬레이션 결과이다. 추출한 Group Delay는 1.34ns로, 식(1)에서 구해진 Group Delay와 유사한 값으로 확인된다.

그림 2은 HFSS를 통해 공진기간의 결합계수를 추출을 위한 구조이다. 공진기 간격을 조절하여 결합계수를 추출한다. 결합계수 k는 식 (3)을 통해 구한다.

$$= \frac{f_2^2 - f_1^2}{f_2^2 + f_1^2} \quad (3)$$

이때 f_1 은 하한 주파수이고, f_2 는 상한 주파수이다.

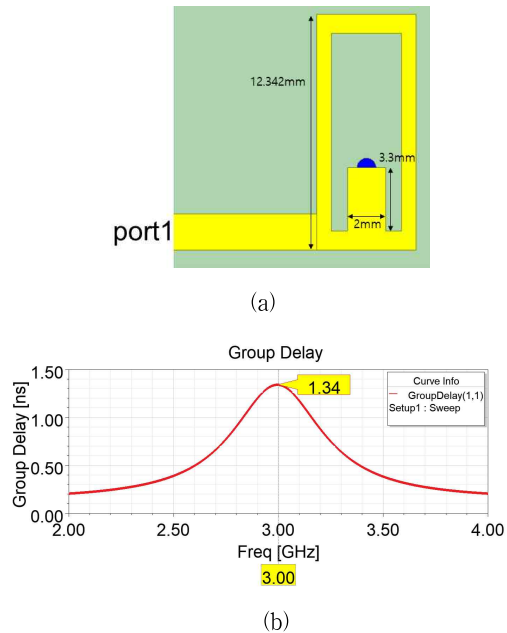


그림 1. HFSS를 통해 Group Delay를 추출한 모습 (a) 입출력부에 연결되는 단일공진기 (b) (a)의 Group Delay 시뮬레이션 결과

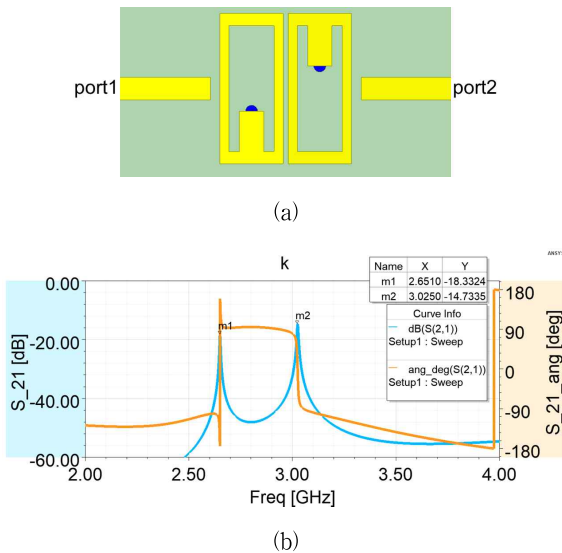


그림 2. HFSS를 통해 결합도 k를 추출한 모습 (a) 결합도 측정을 위한 모습 (b) 그림2. (a)의 및 위상 시뮬레이션 결과

표 2는 그림 2에서 추출한 결합계수 및 공진기간의 간격을 나타낸다.

표 2. HFSS를 통해 추출한 결합계수 k

	f1 (GHz)	f2 (GHz)	k_{12}	k_{23}	간격 (mm)
Pattern	2.650	3.025	0.13158	0.13158	0.41
기존 Interdigital	2.665	3.067	0.13958	0.13958	0.48

B. 시뮬레이션 결과

이를 통해 그림 3.(a)는 제안한 구조의 3단 BPF이다. 그림 3.(b)는 동일 스펙의 기존 Interdigital Filter이다. 그림 4는 그림 3. (a)와 (b)의 시뮬레이션 결과이다. 제안한 구조의 공진기 길이 및 폭은 기존의 공진기보다 각각 0.984mm, 1.588mm, 0.3mm 감소되었다. 제안한 구조는 기존의 Interdigital Filter보다 동일 조건하에 작은 면적을 구현함을 확인하였다.

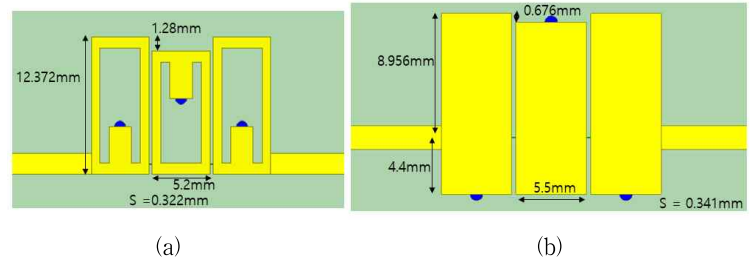


그림 3. 3D 구조의 Interdigital Filter (a) 제안한 Interdigital Filter (b) 기존의 Interdigital Filter

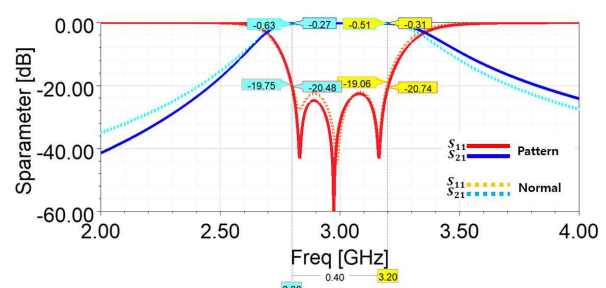


그림 4. HFSS를 통한 시뮬레이션 결과 (그림3.(a)의 결과는 실선, (b)의 결과는 점선)

III. 결론

본 논문에서는 HFSS를 통해 새로운 구조의 공진기를 이용하여 Band-Pass Filter를 설계 및 구현하였고, 기존의 Interdigital filter 구조와 크기를 비교하였다. 동일한 스펙에서 설계하였을 때 제안한 구조의 공진기의 길이 및 폭이 감소된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원(No. IITP-2021-2020-0-01832, 초연결 융합산업을 위한 RNA 혁신인재 양성사업단, 50)과 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2020-0-00950, 5G단말기용 BAW 기반의 RF Filter 기술개발, 50).

참 고 문 헌

- [1] David M. Pozar, "Microwave Engineering" Microwave Filter pp. 456-465.
- [2] K. V. Puglia, "A general design procedure for bandpass filters derived from low pass prototype elements: Part 1," Microwave Journal, vol.
- [3] Jia-Sheng Hong, M.J.Lancaster "Microstrip Filters for RF/Microwave Applications"
- [4] Xu Jia, Yu Na, Shi Bingxia, Zhao Quanming "The miniaturization design of microstrip interdigital bandpass filter"