

계단형 임피던스 공진기를 이용한 새로운 구조의 소형화된 마이크로스트립 듀플렉서 설계

⁰김상봉 이윤경 임현준 윤현보
동국대학교 전자공학과
E-mail : ksbong3@lycos.co.kr

Design of a new compact microstrip line duplexer using stepped impedance resonator

Kim Sang Bong
Dept. of Electronic Engineering, Dongguk University

Abstract

In this letter, a novel compact duplexer which consists of Tx and Rx Filter using microstrip line $\lambda/4$ resonators with a pair of tap-connected open-ended stepped impedance stubs is designed. The tapped open stubs not only work as K-inverters but also introduce attenuation poles, attenuation poles are located at upper and lower side of the passband by adjusting the open stub length and width. The result of measurement duplexer has been yielded better isolation and sharper skirt behavior than that with a conventional bandpass filter and similar to those of simulation results.

Key words: Bandpass Filter, Duplexer, Attenuation Poles, Stepped Impedance.

I. 서론

고도 정보화 서비스에 대한 요구가 지속적으로 증가하여 단순한 음성 신호만을 가능하게 했던 이동통신 서비스에서 음성, 동영상, 무선 인터넷을 포함하는 멀티미디어 통신으로 발전해가고 있다. 이러한 멀티미디어 통신을 실현하기 위해서는 통신시스템들의 소형화와 경량화가 요구되고, 통신시스템의 소형화와 경량화를 위해 RF Front-End 단 용 부품이 소형화로 가는 추세에 있다. 특히 RF Front-End 단에서 사용되는 핵심 부품인 듀플렉서의 소형화, 경량화 및 저지대역에서 신호의 감쇠 특성을 향상시키는 지속적인 연구가 필요로 하게 되었다. 필터의 크기를 줄이고 특성을 개선하는 방법으로 세라믹과 같은 높은 비유전율의 유전체를 이용하는 방법, 구

조를 변화하는 방법⁽¹⁾, DGS⁽²⁾, 포토닉 밴드갭⁽³⁾을 이용하는 방법 등이 있다. 소형화를 위해 사용되는 방법 중 포토닉 밴드갭 및 세라믹 기술을 적용한 방법은 낮은 품질계수를 가지는 단점이 있고 다층기판을 사용하는 경우는 특성은 우수하지만 비용이 증가하는 단점이 있다. 저지대역에서 감쇠특성을 개선하는 방법으로 Quasi- $\lambda/4$ 공진기는 제작이 용이하지만 삽입손실이 증가하는 단점이 있고⁽⁴⁾, 개방종단된 스테르브를 이용한 방법⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾ 은 통과대역 양쪽에 감쇠극을 만들어 감쇠특성과 감쇠극의 위치의 조절이 용이한 장점을 가지고 있으나 한 쌍의 비대칭형 개방종단된 스테르브가 반파장 공진기와 연결된 구조로 인해서 크기가 커지는 단점을 가진다.

본 논문에서는 개방종단된 스테르브의 효과 및 영향을 해석하고 실험적으로 보다 효과적인 구

조를 제안하여 IMT-2000 대역에서 최적화 하였다. 새로이 제안한 구조는 헤어핀 구조를⁽⁶⁾ 이용하여 반파장 공진기를 굽히고, 개방중단된 스테르브를 계단형 임피던스 공진기로 변형하여 스테르브의 길이와 폭을 조절하고 굽힌 구조로서 같은 동작주파수를 갖는 개방 중단된 스테르브가 연결된 반 파장 공진기 대역통과 필터⁽⁵⁾와 비교해서 크기가 75% 줄일 수 있었다. 또한 계단형 스테르브의 길이와 폭을 조절하여 통과대역 양쪽에 감쇠극을 유도하며 감쇠극의 위치를 조절하는 송.수신 필터를 설계한 후 이를 이용하여 새로운 구조의 듀플렉서를 제작하였다.

II. 계단형 임피던스 공진기 구조의 새로운 대역통과 필터 설계

2-1 반파장 공진기를 이용한 대역 통과 필터 설계

한 쌍의 개방중단된 스테르브가 연결된 반파장 전송선로 라인 공진기⁽⁵⁾를 이용한 새로운 구조의 대역통과 필터는 그림 1 과 같다.

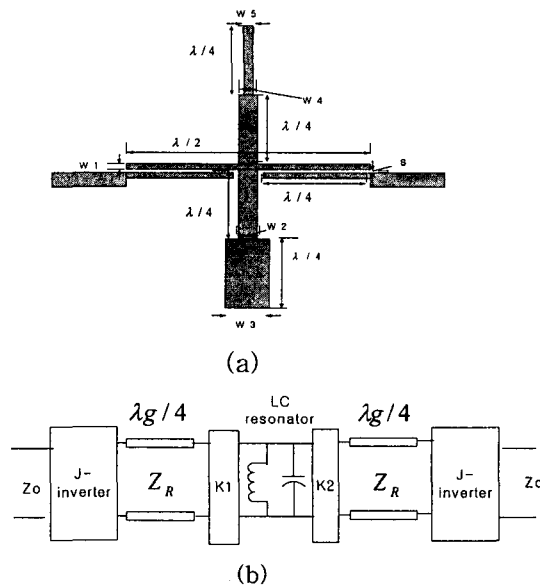


그림 1. 한 쌍의 개방중단된 스테르브가 연결된 반파장 전송선로 라인 공진기를 이용한 대역통과 필터의 구조(a)와 등가회로(b)

계단형 임피던스 공진기⁽⁷⁾는 그림 2와 같은 구조를 갖는다. 계단형 스테르브의 임피던스 비, 그리고 길이와 폭에 따라서 감쇠극의 위치를 조절할 수 있는 장점을 가지고, 감쇠극은 독립적으로 작용을 한다. 또한 대역통과 특성을 갖는데 이는 Z_{s1} 과 Z_{s2} 의 임피던스 크기가 같고 위상이 반대일 때 서로 상쇄 되어서 대역통과 필터의 특성을 갖게 되는 이중작용 공진기 역할을 한다.

반파장 공진기의 길이와 두께는 평행결합 대역통과 필터⁽⁸⁾의 설계 식을 사용하였다. 그리고 한 쌍의 계단형 임피던스 스테르브는 이중작용 공진기의 식을 이용하였다⁽⁷⁾. 이중작용 공진기는 그림 2와 같이 표현되며 각 선로의 길이를 l 로 가정 하였을 때, 계단형 임피던스는 식(1)과(2)와 같이 구해진다.

$$\frac{Z_{s1}}{Z_0} = J \left(\frac{Z_2}{Z_0} \left(\frac{Z_2 \tan^2(\theta) - Z_1}{(Z_1 + Z_2) \tan(\theta)} \right) \right) \quad (1)$$

$$\frac{Z_{s2}}{Z_0} = J \left(\frac{Z_4}{Z_0} \left(\frac{Z_4 \tan^2(\theta) - Z_3}{(Z_3 + Z_4) \tan(\theta)} \right) \right) \quad (2)$$

여기서 $\theta = \frac{2\pi \times F}{C_0} l$ 이고 F, C_0, θ 는 각각 주

파수, 빛 속도, 이중 작용 공진기 각 부분의 길이 이다.

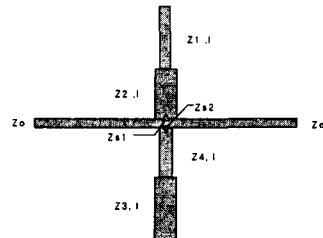


그림 2. 이중 작용 공진기의 구조

감쇠 극은 Z_{s1} 과 Z_{s2} 이 각각 "0" 일 때 발생하므로 "0"으로 가정하면 다음과 같은 식(3)과 (4)을 얻을 수 있다.

$$\tan^2(\theta_1) = \frac{Z_1}{Z_2} \quad (3)$$

$$\tan^2(\theta_2) = \frac{Z_3}{Z_4} \quad (4)$$

여기서 $\theta_1 = \frac{2\pi k_1 F_0}{C_0} l$, $\theta_2 = \frac{2\pi k_2 F_0}{C_0} l$ 이고 F_0 는 중심 주파수, $k_1 F_0$ 는 전송 영점 주파수, $k_2 F_0$ 는 전송 영점 주파수이다.

2-2 계단형 임피던스 공진기를 이용한 필터의 최적화

본 논문에서 제안한 계단형 임피던스 공진기를 이용한 대역 통과 필터의 구조는 그림 3과 같다.

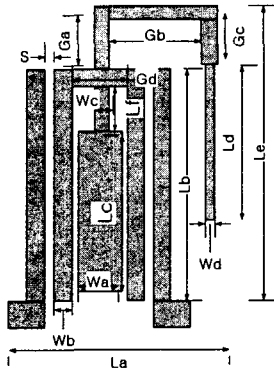


그림 3. 본 논문에서 제안한 소형화된 대역통과 필터의 구조

반파장 공진기를 소형화 하기 위해 헤어핀구조를 이용하여 굽히고 계단형 임피던스 공진기의 스텝브를 굽혀 길이와 폭의 최적화를 통하여 IMT-2000대역의 송, 수신 대역통과 필터를 설계하였다. 표1은 최적화된 설계치 이다.

수신대역 필터는 14.25mm×30.1mm, 송신대역 필터는 14.25mm×27.4mm 의 크기로 한 쌍의 개방 종단된 대역통과 필터⁽⁵⁾와 비교해서 크기가 약 75% 감소하였다.

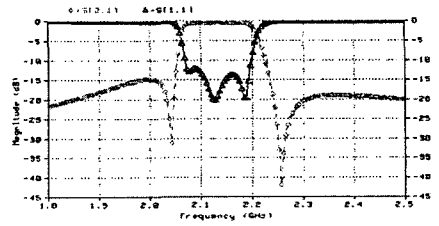
그림4는 계단형 임피던스 공진기를 이용한 구조의 최적화된 대역통과 필터의 반사손실, 삽입손실과 저지대역에 대한 산란 파라미터 dB 값의 시뮬레이션 결과이다.

표1. 제안된 필터의 최적화된 설계값

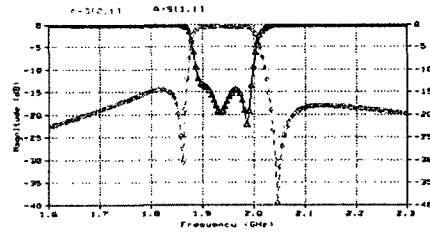
구분 (mm)	Lb	Lc	Ld	Wa	Wb	S
Tx	21.1	13.4	9.4	5.55	1.35	0.2
Rx	23.8	15.8	10.4	5.55	1.35	0.2

송신대역 필터는 중심주파수는 2140MHz 이고

±100MHz에서 감쇠극 30dB 이상을 갖는다. 수신대역 필터는 중심주파수 1950MHz이고 ±100MHz에서 감쇠극 30dB 이상을 갖는다. 시뮬레이션은 모멘트법(Moment Method: MOM)을 적용한 Ensemble 시뮬레이션 툴을 이용하여 설계하였다.



(a)

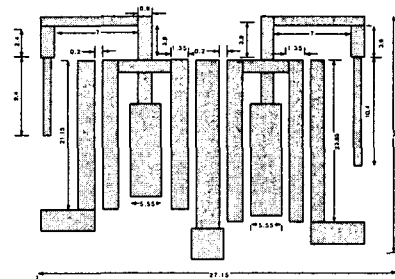


(b)

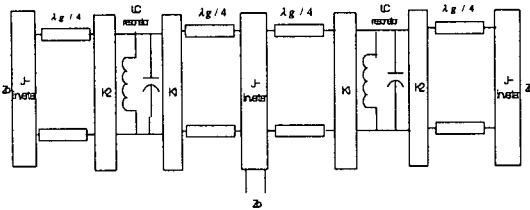
그림 4. 최적화된 송, 수신대역 필터의 시뮬레이션 응답

III. 계단형 임피던스 공진기를 이용한 새로운 구조의 듀플렉서 설계

최적화된 송, 수신 대역통과 필터를 이용하여 IMT-2000 대역의 듀플렉서를 그림5와 같은 구조로 설계 하였다.



(a)



(b)

그림 5. 제안된 듀플렉서 구조(a)와 등기회로(b)

측정결과는 아래의 그림 6에 나타내었다.

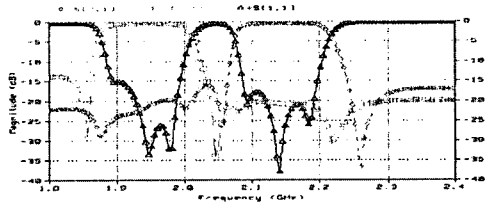


그림 6. 제안된 듀플렉서 구조의 시뮬레이션 결과

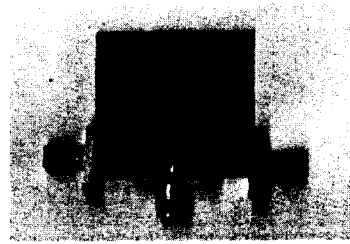


그림 7. 제작된 듀플렉서의 사진

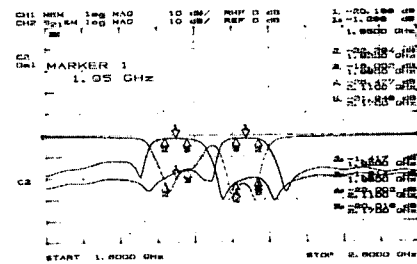


그림 8. 본 논문에서 제안된 듀플렉서의 측정 결과

IV. 제작 및 측정

4-1 제작

듀플렉서의 제작은 음화필름에 의한 사진부식 방법으로 제작 하였다. 제작된 듀플렉서는 그림 7과 같다. 기판은 비유전율 3.2, 두께 0.789mm, 도체두께 1oz인 TLC-32 Teflon fiber glass 기판을 이용하여 설계하였고 제작된 듀플렉서의 크기는 27.15mm×30.1mm이다

4-2 측정결과

측정 장비로 HP8772A network analyzer를 사용하였다 그림 8은 듀플렉서의 측정결과 이다. 수신대역의 특성은 중심주파수 1.95GHz에서 대역폭 120MHz이며, 통과대역에서의 삽입손실은 1.278dB이고, 감쇠극은 주파수 1.8513GHz, 2.0723GHz에서 각각 18.95dB, 28.923dB 이다. 송신대역은 중심주파수 2.136GHz, 대역폭 106MHz이며, 통과대역에서의 삽입손실은 1.35dB이고 감쇠극은 주파수 2.0468GHz 과 2.2459GHz에서 각각 20.682dB, 26.066dB로 측정 되었다.

표2 측정결과와 시뮬레이션 값의 비교

구분	중심주파수(MHz)	통과대역폭(MHz)	삽입손실(dB)	반사손실(dB)
수신	계산	1885~2015	0.4	17
	측정	1890~2010	1.278	16
송신	계산	2075~2205	0.4	18
	측정	2079~2185	1.35	20

V. 결론

본 논문에서는 계단형 임피던스 공진기 구조와 평행결합 필터의 구조를 이용하여, IMT-2000에서 사용할 수 있는 대역통과 필터 및 듀플렉서를 설계하였다. 듀플렉서에 사용된 필터는 개방중단된 계단형 스텐브에 의해서 감쇠극을 통과대역 양쪽에 형성되게 함으로써, 듀플렉서 송수신 대역에서 저지대역 감쇠 특성을 얻을 수 있다. 또한, 한 쌍의 개방중단된 스텐브를 갖는 반파장 공진기를 이용한 필터의 전기적 길이와 비교해서 75% 줄인 효과를 갖는다.

앞으로 계단형 임피던스 공진기 구조의 다단

연결이 가능하고, 설계상에서 개방종단된 스티브와 평행결합 필터의 간격에 대한 정형화된 식을 갖는다면, 실제 상용화하기에 충분한 특성으로 소형화, 경량화 추세에 적합한 상용 듀플렉서로서 적용될 수 있을 것이다.

참고 문헌

[1] Jun-Sik Yun; Jun-Seok Park; Dal Ahn; Kwan Sun Choi; Juno Kim; "A novel accurate design method for the hairpin type coupled line bandpass filter " Microwave Symposium Digest, 2001 IEEE MTT-S International, Volume: 3 , 20-25 May 2001 Page(s): 2171 -2174 vol.3

[2] Jun-Seok Park; Jun-Sik Yun; Dal Ahn; "A design of the novel coupled-line bandpass filter using defected ground structure with wide stopband performance" Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on , Volume: 50 Issue: 9 , Sept. 2002 Page(s): 2037 -2043

[3] Rui Qiang; Yunyi Wang; Duxin Chen; "A novel microstrip bandpass filter with two cascaded PBG structures" Antennas and Propagation Society International Symposium, 2001. IEEE , Volume: 2 , 8-13 July 2001 Page(s): 510 -513 vol.2

[4] Cheng-Chung Chen; Yi-Ru Chen; Chi-Yang Chang; "Miniaturized microstrip cross-coupled filters using quarter-wave or quasi-quarter-wave resonators" Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on , Volume: 51 Issue: 1 , Jan. 2003 Page(s): 120 -131

[5] Lei Zhu; Menzel, W.; "Compact microstrip bandpass filter with two transmission zeros using a stub-tapped half-wavelength line resonator" Microwave and Wireless Components Letters, IEEE [see also

IEEE Microwave and Guided Wave Letters] , Volume: 13 Issue: 1 , Jan 2003 Page(s): 16 -18

[6] J-R.Lee, J.-H. Cho, and S.-W.S.-Won Yun, "New compact bandpass filter using microstrip $\lambda/4$ resonators with open stub inverter," IEEE Microwave Guided Wave Lett., vol. 10, pp 526-527, Dec.2000.

[7] Quando, C.; Eric Rius; Person, C.; "Narrow bandpass filters using dual-behavior resonators" Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on , Volume: 51 Issue: 3 , March 2003 Page(s): 734 -743

[8] S. B. Cohn, "Parallel coupled transmission-line-resonator filter", IEE Trans. Microwave Theory Tech., vol MTT-6, pp223-231, Apr. 1958