

UWB용 대역통과 링 필터의 설계

박동국† · 서용근*

(원고접수일 : 2008년 10월 8일, 원고수정일 : 2008년 11월 21일, 심사완료일 : 2008년 12월 10일)

Design of Band Pass Ring Filter for Ultra Wideband

Dong-Kook Park† · Yong-Keun Seo*

Abstract : In this paper, a novel ultra-wide band filter which is operating at frequency bands from 3.1 GHz to 10.6 GHz is suggested. It is modified from the conventional ring filter and consisted of a ring with two parallel open-stub with length of $\lambda/8$. It improves the sharpness of the conventional ring filter and is compact. The measured results show that the fabricated filter has a insertion loss of 2.1 dB and the measured group delay of the filter is less than 463 ps through UWB frequency bands.

Key words : Ultra wide band(초광대역), Band pass filter(대역통과필터), Ring resonator(링 공진기), Stepped impedance stub(스텝 임피던스 스티브)

1. 서 론

2002년 2월 FCC에서 초광대역(Ultra Wideband : UWB) 무선 기술을 사용하는 통신용 주파수로 3.1~10.6 GHz 대역을 허가하였다. 이에 따라 UWB 통신시스템에 적용하기 위한 안테나, 필터 등을 포함한 많은 초고주파 소자들에 대한 연구들이 진행되고 있다. 특히 UWB용 대역통과 필터를 설계하기 위한 다양한 방법들이 제시되고 있다⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾. W. Menzel 등은 다중 모드(multi mode) 공진기를 이용하여 마이크로스트립(microstrip) 혹은 CPW(Coplanar waveguide) 형태의 공진기를 사용하여 UWB 필터를 구현하였다⁽¹⁾⁻⁽³⁾. 그러나 이것은 매우 작은 마이크로스트립 및 슬롯의

치수로 인해 제작이 어려운 단점이 있다.

또한 K. Araki 등은 낮은 특성 임피던스를 갖는 4분의 1 파장 길이의 개방 마이크로스트립 선로를 링(Ring) 공진기에 병렬로 연결하는 구조를 갖는 UWB 필터를 제시하였다⁽⁴⁾. 이것은 광대역 특성을 얻기 위해 병렬 스티브 임피던스로 10Ω 이하의 매우 낮은 임피던스가 요구된다. 이런 경우 마이크로스트립 선로의 폭이 커지므로 필터의 크기가 커진다. 이를 개선하기 위해 제안된 구조가 50Ω 의 임피던스를 갖는 병렬 스티브 끝에 가변 콘덴서를 연결하여 필터의 차단주파수를 튜닝하는 구조이다⁽⁴⁾. 그러나 이것은 가변 콘덴서를 연결해하는 불편함이 있다.

본 논문에서는 K. Araki 등이 제시한 링 필터

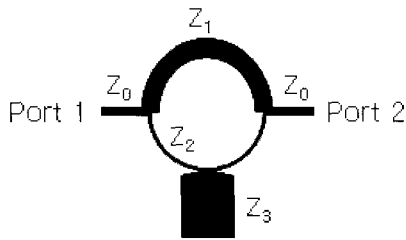
† 교신저자(한국해양대학교 컴퓨터·제어·전자통신공학부, E-mail : dkpark@hhu.ac.kr, Tel : 051)410-4311)

* 한국해양대학교 대학원 전자통신공학과

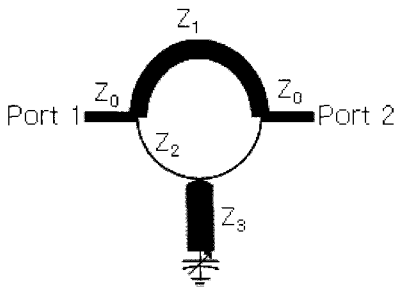
구조를 변형한 것으로, 가변 콘덴서의 연결없이 하나의 링 필터로서 UWB대역을 만족하고, 크기도 작은 UWB 필터를 제안하고자 한다. 구체적인 내용에 대해서는 다음 장에서 설명한다.

2. 필터 설계

K. Araki 등이 제시한 링 필터의 모양을 Fig. 1에 제시하였다^[4]. Fig. 1의 링 공진기는 링의 한쪽 선로(Z_2)에 필터의 중심 주파수에서 길이가 $\lambda/4$ 되는 병렬 스텐브(Z_3)를 연결하고 스텐브 임피던스(Z_3)를 조절하여 필터의 차단주파수를 결정하는 구조이다. 이 구조에서는 광대역을 얻고자 하는 경우 병렬 스텐브 임피던스(Z_3)가 10Ω 이하로 매우 낮은 임피던스를 가져야한다. 이런 경우 병렬 스텐브의 마이크로스트립 선로의 폭이 커지므로 필터의 크기가 커진다. 이를 개선하기 위해 제안된 구조가 Fig. 1의 (b)와 같이 50Ω 의 임피던스를 갖는 병렬 스텐브(Z_3) 끝에 가변 콘덴서를 연결하여 필터의 차단주파수를 튜닝하는 구조이다. 그러나 이것은 가변 콘덴서를 연결해하는 불편함이 있다.



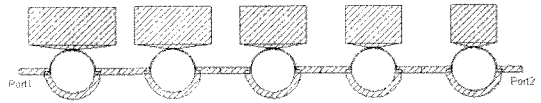
(a) Conventional ring filter



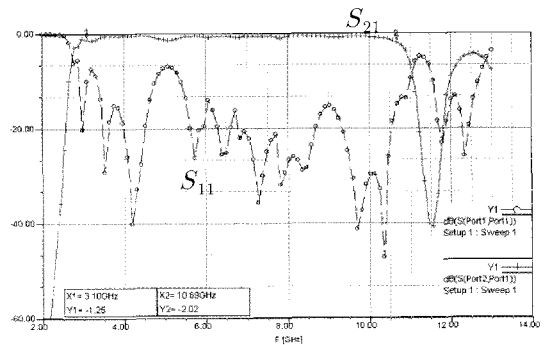
(b) Filter with variable capacitance

Fig. 1 Geometry of the conventional UWB ring filter^[4]

또한 Fig. 1의 링 필터를 사용하여 UWB 전체 대역을 커버하는 차단 특성이 좋은 광대역 필터를 구현하기 위해서는 Fig. 2(a)와 같이 여러 단의 필터를 종속(cascade) 연결하게 된다. Fig. 2(a)에는 5단을 사용한 구조로서 시뮬레이션한 필터 특성을 Fig. 2(b)에 나타내었다. 링 필터 5단을 연결하므로 해서 차단 특성이 좋은 광대역 필터를 실현하였으나 필터의 크기가 커지는 단점이 있다.



(a) Schematic diagram of cascaded ring filter



(b) Simulated S-parameters

Fig. 2 Conventional cascaded ring filter

이러한 단점을 개선하기 위해 본 논문에서 Fig. 3과 같은 기존의 링 필터를 일부 변형한 새로운 필터를 제안하고자 한다. 본 논문에서 제안하는 구조는 필터의 중심 주파수에서 $\lambda/4$ 길이의 병렬 스텐브 대신 $\lambda/8$ 길이의 스텐브(Z_3) 두 개를 병렬로 연결하여 필터의 크기를 줄이면서 가변 콘덴서가 필요 없는 구조로 광대역 특성을 갖도록 구현하였다. UWB 대역을 커버하는 광대역 특성을 갖도록 하기 위해 병렬 스텐브 선로를 적절히 설계하여 필터의 차단주파수를 조절하였다.

입출력 포트는 링에 직접 연결되어 있으며, 링의 원주의 길이는 중심주파수에서 한 파장의 길이이며, 링의 특성 임피던스는 Z_1 과 Z_2 이며, 길이는

반파장이다. 2개의 개방 스테르브의 특성 임피던스는 Z_3 이며, 길이는 $\lambda/8$ 으로 대칭면(symmetry plan)에 놓여 있다.

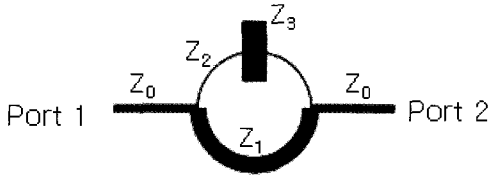


Fig. 3 Geometry of the proposed UWB ring filter

병렬 스테르브 Z_3 의 임피던스를 25Ω 으로 고정하고, 병렬 스테르브의 길이를 $\lambda/4$, $\lambda/8$, $\lambda/16$ 으로 변화를 주었을 때 필터의 전달 특성(S_{21})을 시뮬레이션하여 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에서 병렬 스테르브의 길이에 따른 필터의 차단주파수 변화를 볼 수 있으며, 길이가 $\lambda/8$ 인 병렬 스테르브 1단을 사용하여도 UWB 대역을 커버하는 원하는 특성을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

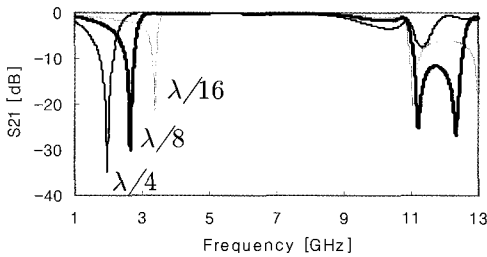


Fig. 4 The simulated transmission responses of the proposed filter according to the stub length

K. Araki 등이 제시한 기존의 링 필터 1단을 사용하여 UWB 전체 대역을 커버하는 필터를 설계한 경우와 본 논문에서 제시하는 $\lambda/8$ 길이의 병렬 스테르브를 사용하는 필터 1단의 경우를 비교해 보았다. 두 필터의 특성을 시뮬레이션하여 결과를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5에서 기존의 링 필터는 병렬 스테르브의 임피던스가 7.36Ω 으로 선로의 폭이 16mm 이며 길이가 $\lambda/4$ 이고, 본 논문에서

제안하는 필터의 경우 병렬 스테르브의 임피던스는 25Ω 으로 선로의 폭이 3mm이며, 길이는 $\lambda/8$ 이다. Fig. 5에서 알 수 있듯이, 제안하는 필터는 기존의 링 필터에 비해 차단 특성이 우수한 것을 알 수 있다. 따라서 기존 필터의 경우 여러 단을 연결하여 필터의 차단 특성을 개선하였으나, 본 논문에서 제안하는 필터는 1단을 사용하여도 차단 특성이 개선이 되므로 필터의 소형화가 가능하다.

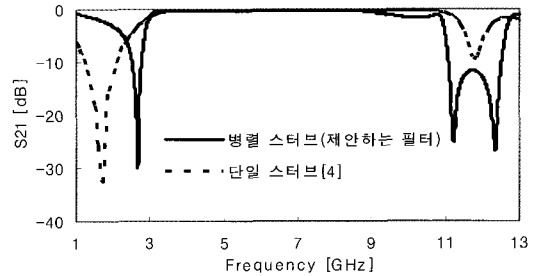


Fig. 5 The simulated transmission responses of the proposed filter and the conventional filter

그러나 제안된 필터의 경우 일반적인 공진형 필터에서 나타나는 주기적인 특성을 갖게 되므로 이러한 특성을 개선하기 위해 $\lambda/4$ 개방 스테르브로 구성된 대역저지 필터를 링 필터의 입출력단에 연결하였다. 전송선로 이론에 근거하면 $\lambda/4$ 길이 이하의 선로는 $\lambda/8$ 길이 이하의 낮은 임피던스 선로와 높은 임피던스의 조합으로 대체될 수 있다^[5]. 이러한 구조를 스텝 임피던스(Stepped impedance) 구조라고 하며, 이러한 구조는 주기적인 필터 특성을 갖지 않게 되며, 본 논문에서도 Fig. 6(a)와 같은 스텝 임피던스 구조의 대역저지 필터를 구성하여 약 13 GHz에서 대역 저지 특성을 갖도록 설계하였다.

Fig. 6의 대역 저지 필터를 링 필터의 입출력단에 연결한 최종적인 링 필터의 모양을 Fig. 7에 나타내었다. 시뮬레이션 한 필터의 특성을 Fig. 8에 제시하였다. Fig. 8에서 UWB 전체 대역을 커버하면서 12 GHz 이상의 고주파 대역에서 차단 특성이 개선되며, 주기적인 특성이 나타나지 않는 것을 볼 수 있다.

3. 실험

K. Araki 등이 제시한 기존의 링 필터와 본 논문에서 제안하는 필터의 시뮬레이션 데이터의 타당성을 살펴보기 위해 두께 0.38mm, 유전상수 2.2인 기판을 사용하여 Fig. 1과 Fig. 3의 필터를 제작하여 특성을 비교하였다. 측정된 결과를 그림 9에 나타내었다. Fig. 5의 시뮬레이션 결과와 비교할 때 유사한 결과를 얻었으며, 따라서 시뮬레이션 데이터의 타당성을 확인할 수 있다.

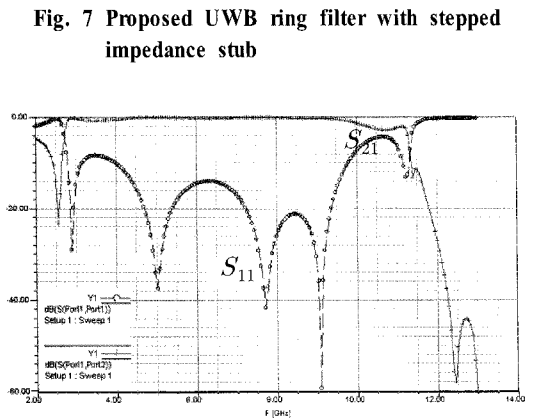
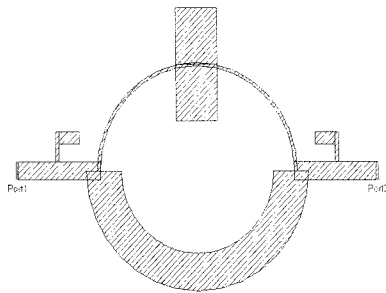
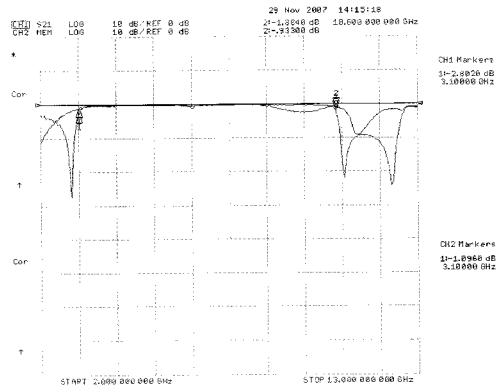
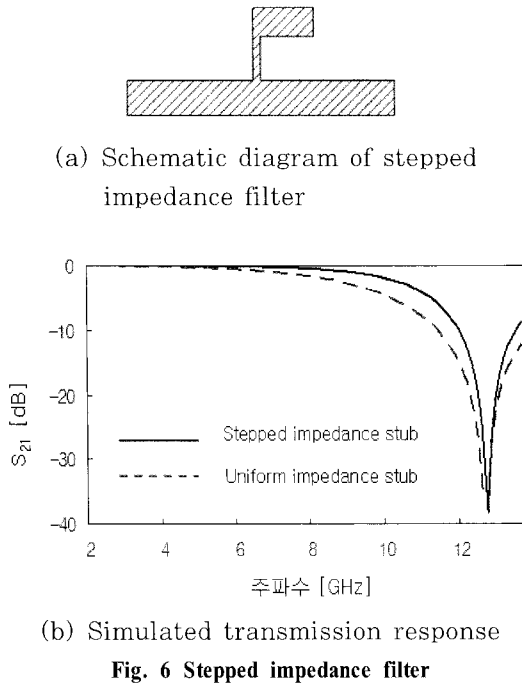


Fig. 9 Comparison of measured results of proposed ring filter with conventional ring filter

고조파 대역 억제 기능을 부가한 제작된 필터의 모양을 Fig. 10에 나타내었다. 제작된 필터의 실험한 S-파라미터 특성을 Fig. 11에 나타내었다. S_{21} 이 -3dB 되는 통과 주파수 대역은 측정 결과 2.86 GHz ~ 10.65 GHz 으로 UWB 대역을 포함하고 있으며, UWB 대역에서의 최대 삽입손실

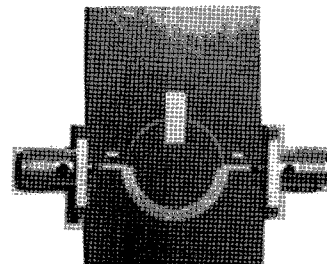


Fig. 8 Simulated results of the proposed UWB filter

Fig. 10 The picture of the manufactured filter

은 10.6 GHz에서 -2.12 dB 로 측정되었다. 한편, 측정된 군 지연(group delay) 특성을 Fig. 12에 나타내었다. UWB 주파수 범위에서 군지연은 463 ps 이하로 관측되었다.

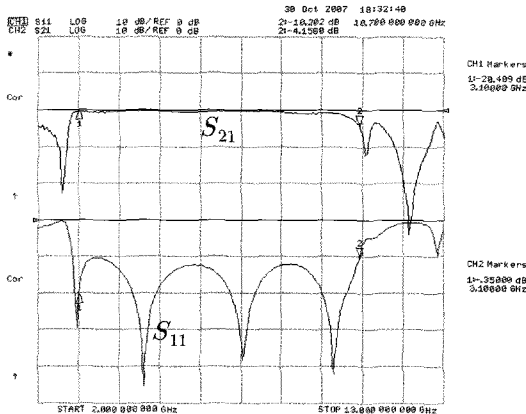


Fig. 11 Measured S-parameters of the proposed filter

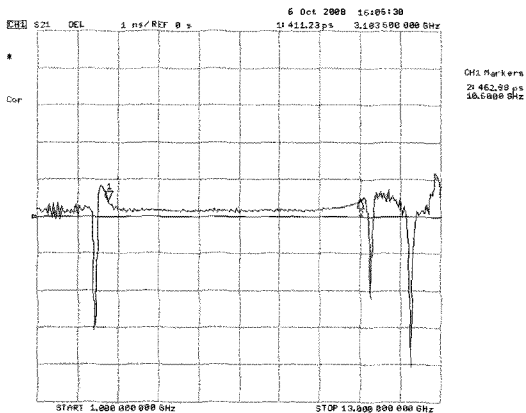


Fig. 12 Group delay of the proposed filter

4. 결 론

본 논문에서는 새로운 UWB 필터를 제안하였다. 제안된 필터는 기존의 링 공진기를 변형한 것으로, 기존의 링 필터의 경우 여러 단을 종속(cascade) 연결하여 UWB 대역을 커버 하던 것을 제안된 필터는 1 단 만으로 UWB 대역을 커버할 수 있도록 설계함으로써 필터의 크기를 소형화 할 수 있었다. 시뮬레이션과 측정을 한 결과 제작된 UWB 필터는 26×40 mm 의 작은 크기로 UWB 통과 주파수

대역 3.1 ~ 10.6 GHz에서 동작하며, 군 지연 (group delay) 변화량은 통과 대역에서 463 ps 이하의 특성을 나타내었다. 따라서 제안된 필터는 UWB 통신시스템에 적용 가능할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] L. Zhu, S. Sun, and W. Menzel, "Ultra-wideband (UWB) bandpass filters using multiple-mode resonator", in IEEE Microwave Wireless Components Letters, Vol. 15, No. 11, pp. 796-798, 2005.
- [2] H. Wang, L. Zhu, and W. Menzel, "Ultra-wideband bandpass filters with hybrid microstrip/CPW structure", in IEEE Microwave Wireless Components Letters, Vol. 15, No. 12, pp. 844-846, Dec. 2005.
- [3] J. Gao, L. Zhu, and W. Menzel, "Short-circuited CPW multi-mode resonator for ultra-wideband (UWB) bandpass filter", in IEEE Microwave Wireless Components Letters, Vol. 16, No. 3, pp. 104-106, 2006.
- [4] H. Ishida and K. Araki, "Design and analysis of UWB bandpass filter with ring filter", in IEEE MTT-S International Digest, pp. 1307-1310, 2004.
- [5] Cheng-Ying Hsu, Chu-Yu Chen and Chuang-Hao Huang, "A UWB Filter Using A Dual-Mode Ring Resonator With Spurious Passband Suppression", in Microwave Journal Vol. 48, No. 11 pp. 130-136, 2005.

저 자 소 개



박동국(朴東國)

1964년생, 1987년 부산대학교 전자공학과 졸업(학사), 1987년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사), 1994년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(박사), 1994년~1996년 LG전자 선임연구원, 1996년~현재 한국해양대학교 컴퓨터·제어·전자통신공학부



서용근(徐龍根)

1979년생, 2006년도 한국해양대학교 전자통신공학과 졸업(학사), 2008년 한국해양대학교 전자통신공학과 졸업(석사), 현재 S&T대우(주) 기술연구소/해외사업 전재HCT연구실 연구원