

CRLH 전송 선로를 이용한 이중 대역 가지 선로 결합기

박민우, 구자경, 이 준, 임종식, 안 달
 순천향대학교 전기통신공학과
 e-mail :tigerjk999@nate.com

Dual Band Branch Line Coupler Using CRLH Transmission Lines

Minwoo Park, Jakyung Koo, Jun Lee, Jongsik Lim and Dal Ahn
 Department of Electrical and Communication Engineering, Soonchunhyang University

요 약

본 논문에서는 CRLH 전송 선로를 이용한 스테브 구조의 이중 대역 가지선로 결합기를 제안한다. 기존의 스테브 구조의 이중 대역 가지 선로 결합기는 동작하는 두 주파수가 근접할수록 스테브 선로의 임피던스가 증가해 구현이 불가능 하다. 제안된 이중 대역 가지선로 결합기는 비교적 근접한 1800MHz와 2300MHz 두 주파수에서 동작한다. 고 임피던스 스테브 선로는 이중 대역 소자 설계에 유용한 CRLH 전송 선로를 사용하여 구현 된다. 두 주파수에서 측정된 삽입 손실은 이상적인 결합기에 비해 최대 1.88dB의 오차가 낮으며 두 출력 포트 사이의 위상차는 1°미만 이다. 동작하는 두 주파수의 비는 1.28:1로 비교적 작은 차이를 보인다.

1. 머리말

최근 이동통신 단말기는 음성 및 데이터 단말기로서의 기능뿐 아니라 DMB나 내비게이션 기능 등이 탑재되어 컴퓨터나 PDP등 멀티미디어 기기들과의 벽을 점차 허물면서 모든 멀티미디어 기능이 하나의 기기로 단일화 되고 있다. 이처럼 단일화된 정보통신기기는 각 기능별로 사용 주파수가 다르고 그에 따른 각각의 회로소자들을 필요로 한다. 그러나 각각의 주파수에 맞는 소자를 개발하는 것은 비용과 이동성 면에서 기업과 사용자의 목적에 부합하지 않기 때문에 최근에는 다중대역에 응용이 가능한 여파기, 증폭기, 분배기/결합기 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.[1]-[3]

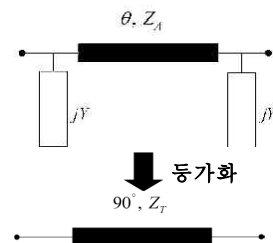
기존의 스테브 구조 이중대역 가지 선로 결합기는 임의의 두 주파수 사이의 간격이 가까울수록 개방 스테브 선로의 특성 임피던스 Z_3 가 높아져 회로구현의 한계가 있다.[4] 그에 반하여 본 논문에서는 비교적 가까운 1800MHz와 2300MHz에서 동작 하도록 고임피던스를 가지는 개방 스테브 선로를 CRLH(Composite Right/Left- Handed)구조를 이용해 구현 하는 것을 제안하고자 한다.

각 장의 구성으로는 2장에서 기존의 이중 대역 가

지 선로 결합기의 설계 방법에 대해 설명하고 그 한계를 지적한 뒤 3장에서는 CRLH구조를 이용한 이중 대역 가지 선로 결합기를 설계한다. 그리고 4장에서 제작 및 측정 과정을 다루고 마지막으로 5장에서 결론을 맺었다.

2. 이중대역 가지선로 결합기 설계

스테브 구조를 갖는 이중 대역 가지 선로 결합기의 설계는 그림 2와 같이 기본적인 가지 선로 결합기에서 $4/\lambda$ 전송선로를 π 형으로 등가화 함으로서 가능하다.



[그림 1] $4/\lambda$ 전송선로의 π 형 등가화

그림 1의 두 회로의 ABCD 파라미터를 등가화 시키면 결합기 세로 선로와 가로 선로, 스테브 선로 각

각의 임피던스는 식 (1)-(3)으로 정의된다.

$$Z_1 = \frac{Z_0}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\cos\left(\frac{\delta\pi}{2}\right)} \quad (1)$$

$$Z_2 = Z_0 \cdot \frac{1}{\cos\left(\frac{\delta\pi}{2}\right)} \quad (2)$$

$$Z_3 = \frac{Z_0}{1+\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sin\left(\frac{\delta\pi}{2}\right)\tan\left(\frac{\delta\pi}{2}\right)} \quad (3)$$

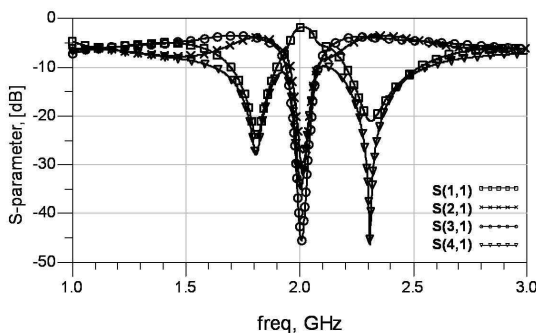
식 (1)-(3)를 통해 각 선로의 길이와 폭을 구해보면 표 1과 같다.

표 1에서 나타낸 각 선로의 값을 사용하여 ADS tool로 시뮬레이션 한 특성을 그림 2에서 보여주고 있다.

[표 1] 각 선로의 특성

| @2050MHz ($\theta = 90^\circ$) | | | | |
|----------------------------------|-------------|---------|--------------------|--|
| 구분 | 특성 임피던스 [Ω] | 길이 [mm] | 폭 [mm] | 비고 |
| Z ₁ | 35.35 | 19.39 | 2.49 | ε _r =4.6 H=31mil T=0.03556mm Tanδ=0.02 |
| Z ₂ | 50.93 | 20.41 | 1.42 | |
| Z ₃ | 560.9 | 21.59 | 1×10 ⁻⁶ | |

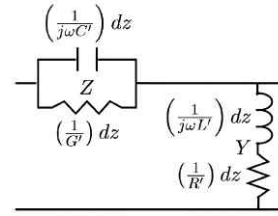
그러나 그림 2의 결과는 시뮬레이션으로만 가능한 결과이다. 표 1의 스텐브 선로의 특성 임피던스를 나타내는 Z₃가 560.9Ω으로 선로의 폭을 0.000001mm로 입력한 결과이기 때문이다. 따라서 스텐브 선로 선평에 대한 제한으로 실제 제작이 불가능 하다.



[그림 3] 이론값을 적용한 시뮬레이션 결과

3. CRLH 구조를 이용한 스텐브 선로 구현

그림 4는 각각 CRLH 전송 선로의 단위 셀에 대한 등가 회로이다.[4] LH 전송 선로는 RH 전송 선로와 결합하여 임의의 두 주파수에서 동작하는 회로를 설계 하는데 유용하게 쓰인다.[5][6]

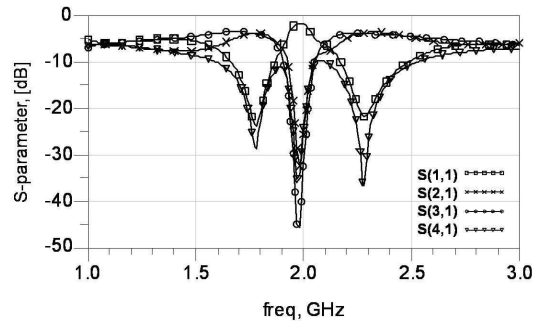


[그림 4] CRLH구조 단위 셀 등가 회로

고 임피던스 선로를 대신한 CRLH구조 전송 선로는 각 단자로 나가거나 들어오는 신호들의 전달특성을 두 대역의 중심 주파수에서만 차단해 줌으로써 두 개의 주파수에서 동작 하도록 만들어 준다.

고 임피던스 선로를 CRLH구조로 설계한 가지 선로 결합기의 시뮬레이션 결과를 그림 5에 보였다.

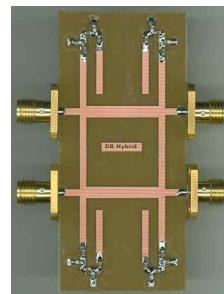
CRLH구조를 이용한 가지 선로 결합기의 1포트 입력에 대한 2,3포트의 삽입 손실은 1800MHz 대역에서 각각 -3.87dB, -4.31dB, 2300MHz 대역에서 -3.68dB, -3.96dB를 보였고 반사와 격리 특성은 모두 -20dB 이하의 값을 얻었다.



[그림 5] 시뮬레이션 결과 : 삽입, 반사, 격리 특성

4. 제작 및 측정

그림 6은 CRLH구조로 고 임피던스 선로를 구현한 이중 대역 가지 선로 결합기의 사진이다.

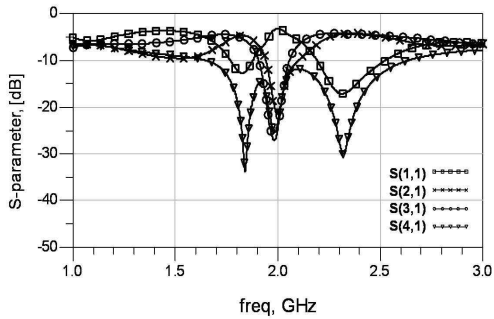


[그림 6] 제작된 이중 대역 가지 선로 결합기 사진

제작에 사용된 기판은 표 1에 제시한 FR-4 이며

크기는 가로 29.8mm 세로 64mm이다.

참고문헌



[그림 7] 측정 결과 : 삽입, 반사, 격리 특성

그림 7은 제작된 회로의 측정 결과이다. 1800MHz에서 삽입 손실은 -4.88dB, -4.87dB로 시뮬레이션과는 최대 1dB의 차이를 보였고 반사와 격리 특성은 각각 -12.01dB, -18.46dB를 나타내었다. 두 번째 동작 주파수인 2300MHz에서는 삽입 손실 -4.28dB, -4.42dB, 반사 및 격리 특성은 -17.05dB와 -27.32dB로 첫 번째 동작 주파수보다 다소 우수한 특성을 보였다.

5. 맺음말

하나의 결합기를 사용하여 비교적 가까운 두 주파수에서 동작할 수 있게 하기 위해 본 논문에서는 기존의 고 임피던스의 스텐브 선로를 CRLH구조의 스텐브 선로로 구현 하였다. 제시한 방법의 타당성을 입증하기 위해서 이론적으로만 가능한 고임피던스 선로의 시뮬레이션 특성과 CRLH구조의 시뮬레이션 결과를 비교 하였다.

제작된 이중 대역 가지 선로 결합기의 삽입 손실 측정 결과는 이상적인 결합기 특성과 최대 ±1.88dB의 차이를 보였다. 두 주파수에서 두 출력 단자 간 위상차는 1°오차 이내였다.

기존의 소개된 대부분의 이중 대역 결합기들의 주파수 비율은 정수배 또는 그와 비슷한 값을 가진다. 그러나 본 논문에 소개된 CRLH구조를 이용한 이중 대역 가지 선로 결합기의 주파수 비는 약 1.28:1로 두 동작 주파수의 주파수 편차가 비교적 가깝다.

앞으로 삽입 손실을 줄이는 연구를 통해 특성을 개선 한다면 여러 회로에 유용하게 사용 가능 할 것으로 사료된다.

[1] H. Joshi and W. J. Chappell, "Dual-band lumped-element bandpass filter", *IEEE Trans. Microwave Theory & Tech*, vol. 54, No. 12, pp. 4169-4177, Dec. 2006.

[2] 전익태, 서철현, "PBG 구조를 이용한 Dual Band 전력증폭기 연구", *한국전자과학회논문지*, 15(8), pp. 788-793, 2004년 8월.

[3] 김귀수, 권철현, B. Dorjsuren, 임종식, 안 달, "임의의 분배비를 갖는 새로운 이중 대역 가지 선로 결합기", *한국전자과학회논문지*, pp. 444-449, 2009년 5월.

[4] K. K. M. Cheng and F. L. Wong "A novel approach to the design and implementation of dual-band compact planar 90 ° branch-line coupler", *IEEE Trans. Microwave Theory & Tech.*, vol. 52, no. 11, pp. 2458-2463, Nov. 2004.

[5] C. Caloz and T. Itoh, "Transmission line approach of left-handed materials and microstrip implementation of an artificial LH transmission line", *IEEE Trans. Anten. & prop.*, vol. 52, no. 5, pp. 1159-1163, May. 2004.

[6] I-H. Lin, M. DeVincentis, C. Caloz and T. Itoh, "Arbitrary dual-band components using composite right/left-handed transmission lines". *IEEE Trans. Microwave Theory & Tech.*, vol. 52, no. 4, pp. 1142-1149, Apr.. 2004.