공통 결함접지구조를 이용한 브랜치 라인 하이브리드 설계

이재훈*, 이준*, 김보균*, 임종식*, 안달*
*순천향대학교 전기통신공학과

Design of a Branch Line Hybrid Coupler Using a Common DGS Structure

Jaehoon Lee*, Jun Lee*, Bokyun Kim*, Jongsik Lim*, and Dal Ahn*
*Dept. of Electrical and Comm. Eng. Soonchunhyang University

요 약

본 논문에서는 공통 결함접지구조를 이용하여 브랜치 라인 하이브리드 커플러 회로를 소형화하여 설계한 결과를 제시한다. 브랜치 라인 하이브리드 커플러 회로는 가장 널리 쓰이는 전자파회로중 하나이다. 본 논문에서 제안하는 공통 결함접지구조를 이용하여 소형화한 커플러 회로는 크기가 소형화되었음에도 불구하고, 기존 커플러 구조와 유사한 정합, 격리 및 전력분배 특성을 보여준다.

1. 서론

브랜치 라인 하이브리드 커플러(branch line hybrid coupler, BLHC)는 입력 신호를 두 출력 경로로 나누면서 두 출력 신호간에 90도의 위상차를 갖게 해주는 회로로서, 여파기나 윌킨슨 전력분배기와 더불어 가장 널리 쓰이는 전자파 회로 가운데 하나이다. 특히 두 출력간의 고유한 위상차로 인하여 그 응용 가치가 매우 높아 전력분배기 자체로써 뿐만 아니라 회로나 시스템에 필수 구성요소로써 응용 가치가 매우 높아 많은 분야에 폭넓게 응용되고 있는 회로이다[1].

최근에 마이크로스트립 전송선로에 PBG(photonic band gap)나 DGS(defected ground structure)와 같은 주기구조를 결합시켜 다양하고 원하는 특성을 얻어내는 연구가 활발히 진행되어 왔다. 특히 DGS 구조는 PBG 구조에 비하여 패턴이 매우 간단하고 구현 방법이 쉬울 뿐만 아니라, 등가회로 모델링이나 응용 확장성이 뛰어나다. 따라서 PBG 구조보다 우수한 특성이 많다고 평가받아 최근에는 특히 응용 연구가 활발히 이루어지고 있다[2,3].

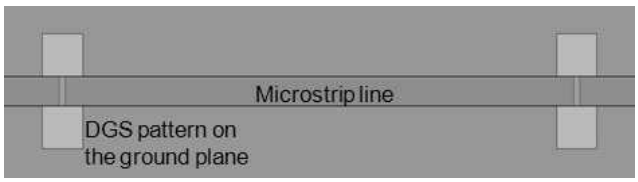
본 논문에서는 더 나아가 DGS 주기구조가 삽입된 전송선로를 1:1 비율로 반으로 접어 가운데에 공통으로 작용하는 DGS를 삽입하고, 이 영향으로 한 번 더 회로의 소형화를 시도할 수 있는 방법을 제시한다. 즉, DGS만으로도 회로의 소형화를 꾀할 수 있으나 이를 더욱 소형화할 수 있는 공통 결함접지구조(common DGS)를 제안한다. 제안한 구조의 타당성을 입증하기 위하여 마이크로스트립 선로를 사용하여 BLHC를 설계하고, 다시 공통 DGS를 이용하여 소형화 설계를 완성한다. 설계된 회로는 소형화 이전과 유사한 특성을 보여서 그 타당성을 증명해 준다.

2. 본론

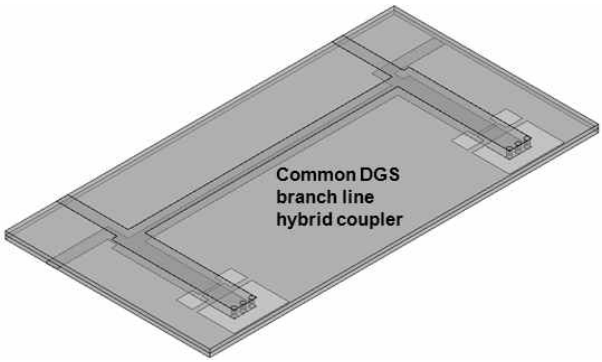
이론적인 전송선로는 대역폭이 무한대인 전대역 통과특성을 갖는다. 그러나 전송선로 주변 접지면에 어떤 패턴을 부가하면, 이로 인하여 등가회로 성분들이 형성되어 전기적 특성이 크게 변한다. 대표적인 특성으로는 전기적 길이와 전송선로의 특성 임피던스가 증가하는 것을 들 수 있다. 동일한 물리적 길이에 비하여 전기적 길이가 길어지는 지연파 효과(slow-wave effect)가 나타나는데, 이 효과로 인하

여 회로의 크기를 줄이는데 유용하게 이용된다. 전파지연 효과가 클수록 전기적 길이가 더욱 증가하는 효과를 가지므로 회로의 소형화에 유리하다.

예를 들어, 그림 1(a)에서는 DGS를 이용하여 설계한 35Ω 마이크로스트립 선로를 보여주고 있고, 그림 1(b)에서는 이를 적용하여 설계한 BLHC를 보여주고 있다. 단층 유전체 기판에 설계된 평면형 BLHC를 1:1 비율로 접고, 전송선로 간에 signal via로 연결시킨 양면 마이크로스트립 구조를 보여준다. Signal via간의 선로 연결은 선행 연구 결과를 이용하였다[4,5].



(a)



(b)

[그림 1] (a) 결함접지구조를 지닌 전송선로 (b) 공통 DGS 구조의 브랜치 라인 하이브리드 회로

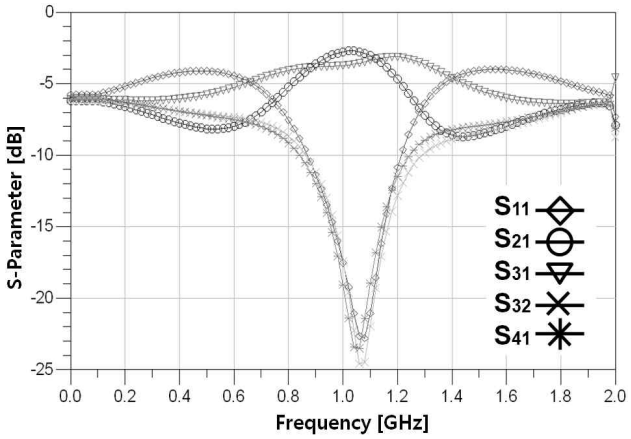
본래의 35Ω 선로와 결함접지구조의 마이크로스트립 선로의 임피던스는 식 (1)-(3)을 통하여 확인하였는데, 이렇게 설계된 BLHC는 일반적인 경우보다 크기가 대폭 감소된다. 여기서 Γ는 DGS 전송선로의 반사계수, S_{11}는 Γ에 상응하는 입력 반사계수, Z_i는 DGS 전송선로의 입력 임피던스, Z_o는 단자 임피던스, Z_{DGS}는 구하고자 하는 DGS 전송선로의 특성 임피던스이다.

$$S_{11}[dB] = 20\log|\Gamma| \tag{1}$$

$$Z_i = Z_0 \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \tag{2}$$

$$Z_{DGS} = \sqrt{Z_0 Z_i} = Z_0 \sqrt{\frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|}} \tag{3}$$

그림 2는 공통 DGS를 이용한 BLHC의 EM 시뮬레이션 결과를 보여준다. 이상적인 특성곡선으로부터 미약한 왜곡이 보이지만, 커플러로서의 특성이 그대로 보인다.



[그림 2] 공통 DGS를 지니는 BLHC의 EM 시뮬레이션 결과

그림 2의 특성을 살펴보면 정합특성(S11), 격리특성(S41, S32), 분배특성(S21, S31)에 있어서 BLHC로서의 전기적 특성을 보여주고 있다. 중심주파수에서 정합과 격리 특성이 -20dB 이상이며, 전력 분배도 약간의 오차를 보이지만 -3dB 근처의 값을 보여주고 있다. EM 시뮬레이션으로 확인한 미세한 주파수 이동 현상과 전력 분배에 있어서의 오차는 좀 더 정교한 설계로 해결될 수 있는 문제이다.

오히려 그림 2의 특성으로부터 소형화 이후에도 BLHC로서의 특징적인 전송특성이 그대로 얻을 수 있음을 알 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 양면 마이크로스트립 선로 구조와 공통 DGS를 이용한 브랜치 라인 하이브리드 커플러 회로를 소형화하여 설계하고, 그 전기적 특성을 제시하였다. Signal via를 이용한 신호 전송 구조 및 다층구조를 이용한 회로의 소형화에도 불구하고 그 이전과 비교하여 유사한 성능이 유지된 결과를 보여주었다.

표준형에 비하여 성능상에 약간의 오차가 있었으나 이는 보다 정교한 회로 설계과정을 통하여 극복 가능할 것으로 판단되며, 오히려 소형화된 구조의

장점을 살려 다양한 회로구조에 응용할 수 있을 것으로 기대된다. 더 축소시킴으로써 다양한 초고주파 회로의 소형화에 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(KRF-2009-220-D00074).

참고문헌

[1] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 2nd edition, John Wiely and Sons, Inc., New York, 1998.

[2] J. Lim, J. Park, Y. Lee, D. Ahn, and S. Nam, "Application of Defected Ground Structure in Reducing the Size of Amplifiers," *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 12, no. 7, pp. 261-263, Jul. 2002.

[3] J. Lim, H. Kim, J. Park, D. Ahn and S. Nam, "A Power Amplifier with Efficiency Improved Using Defected Ground Structure", *IEEE Microw. and Wire. Compon. Lett.,* vol. 11, no. 4, pp. 170-172, Apr. 2001.

[4] Q. Gu, Y. Yang, and M. Tassoudji, "Modeling and Analysis of Vias in Multilayered Integrated Circuits", *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 41, no. 2, pp. 206-214, Feb. 1993.

[5] F. Casares-Miranda, C. Viereck, C. Camacho-Penalosa, and C. Caloz, "Vertical Microstrip Transition for Multilayer Microwave Circuits With Decoupled Passive and Active Layers," *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 16, no. 7, pp. 401-403, Jul. 2006.