
두 개의 출력단자에 동일한 출력 전력 기울기를 갖는 90° hybrid Coupler

박응희
강원대학교

The 90° hybrid Coupler having the same output power slope at two output
ports

Ung-hee Park

Kangwon University

E-mail : uhpark@kangwon.ac.kr

요 약

90도 하이브리드 커플러에서 두 개의 출력 단자는 일반적으로 90도 위상차의 동일 전력으로 분배된다. 90도 하이브리드 커플러의 두 개의 출력 단자는 입력 단자로부터 전기적 길이가 다르기 때문에 주파수에 따라 서로 다른 출력 기울기를 갖는다. 즉, 동일 전력으로 분배하는 90도 하이브리드 커플러는 중심 주파수에서만 동일한 전력으로 분배되고, 중심 주파수에서 멀어질수록 두 출력 단자에서의 출력 전력은 차이가 크게 발생한다. 본 논문에서는 입력단자와 가까운 거리에 있는 출력단자 사이에 존재하는 특성임피던스 35-Ω의 $\lambda/4$ 길이의 선로를 변형시켜 광대역에서 두 개의 출력 단자의 출력 특성이 동일하도록 개선시켰다. 제안된 회로는 ADS(advanced Design System)을 이용하여 살펴보면 두 개의 출력 전력의 차이가 중심주파수 대비 약 20% 대역 이상에서 0.2dB 이내의 값을 가짐을 확인하였다.

ABSTRACT

Two output ports of 90° hybrid-coupler are generally the same output power with 90° phase difference. But, Two output ports of 90° hybrid-coupler must be the different output slope characteristic about frequency because of the different electrical length. In 90° hybrid-coupler being the same power distribution, 3-dB power distribution at two output ports only exists near the center frequency. And, the output power difference between two output ports increases in accordance with the further away from the center frequency. This paper proposes 90° hybrid-coupler being the similar output slope characteristic of two output ports in wideband to modify the $\lambda/4$ transmission line of 35-Ω characteristic impedance between input port and output port near input port. The power difference between two output ports of the proposed circuit is below 0.2dB over 20% bandwidth of the center frequency in ADS(advanced Design System).

키워드

90° hybrid-coupler, Branchline coupler

1. 서 론

90도 하이브리드 커플러는 일반적으로 브랜치라인 커플러(Branchline coupler)로 불리며, 그림 1과 같이 하나의 입력 단자, 두 개의 90도 위

상차를 가지는 출력 단자, 입력 전력이 전달되지 않는 한 개의 격리 단자로 구성된다.[1][2]

90도 하이브리드 커플러는 동일한 전력으로 두 개의 출력단자에 신호가 분배될 경우 출력 단자에 연결된 회로가 동일하면 출력부에서 반사되는

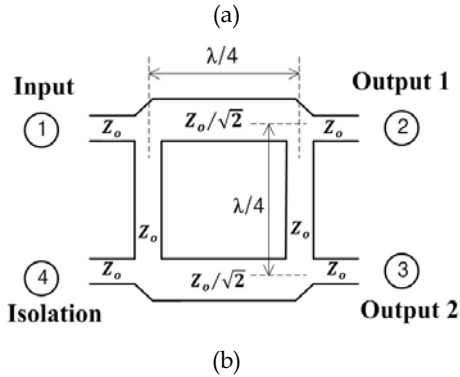
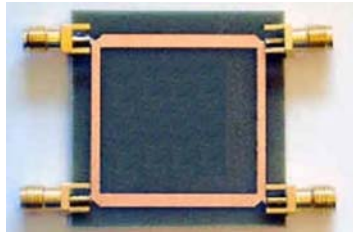


그림 1. 90도 하이브리드 커플러; (a) 사진, (b) 블록 다이어그램

신호는 입력 단자로 되돌아오지 않는다. 또한, 두 개의 브랜치라인 커플러는 두 개의 출력 단자가 90도 위상차를 가지므로 balanced 구조의 회로에 안정적으로 신호를 공급할 수 장점이 있다. 이와 같은 이유로 브랜치라인 커플러는 초고주파 회로에서 자주 사용되는 일반적인 회로이다.

90도 하이브리드 커플러의 90도 위상차를 가지는 두 출력 단자는 입력 단자와의 전기적 길이차에 의해 서로 다른 출력 전력 기울기를 갖게 된다. 두 개의 출력 전력이 동일한 전력으로 분배되는 3-dB 브랜치라인 커플러의 경우 중심 주파수에서만 동일한 전력으로 분배되고, 중심 주파수에서 멀어질수록 두 개의 출력 단자의 출력 전력차는 커지게 된다.

본 논문에서는 다양한 출력 임피던스와 출력 비에 대한 브랜치라인 커플러의 구조에 대해 이론적으로 살펴보고, 두 개의 출력 단자에서 동일한 기울기를 가지는 90도 하이브리드 커플러를 제안하려 한다. 또한, 제안한 브랜치라인 커플러의 특성은 Agilent사의 ADS(advanced Design System)을 이용하여 시뮬레이션을 통해 동작 특성을 살펴봐왔다.

II. 본 론

가. 90도 하이브리드 커플러의 이론적인 해석

90도 하이브리드 커플러는 각 단자간의 전기적 길이가 $\lambda/4$ 인 상태의 대칭 회로 구조로 그림 2와 같이 Even-mode와 Odd-mode로 분리해서 해석 가능하다. 브랜치라인 커플러의 입력 임피던스가 Z_0 (어드미턴스 Y_0)일 때 선로의 특성 임피던스를

어드미턴스 형태로 변환하여 정규화한 값이 A, B, C라 하면 두 출력 단자의 종단 어드미턴스 Y와 두 개의 출력 단자 사이의 출력 전력 비율 $a(=P_2/P_3)$ 에 의해 선로 어드미턴스 A, B, C 값을 Even-Odd 해석으로 구하게 된다. 결론적으로, 입력 임피던스 Z_0 로 정규화된 출력 어드미턴스를 Y라 하라 하면 출력 전력 비율 a에 의해 브랜치라인 커플러의 선로 임피던스 A, B, C는 다음과 같이 정의된다.[3][4]

$$A = \frac{1}{\sqrt{\alpha}}, \quad B = \sqrt{Y + \frac{Y}{\alpha}}, \quad C = \frac{Y}{\sqrt{K}}$$

예로, 출력 전력 비율 a가 1이고, 종단 임피던스가 50옴($Y=1$)인 일반적인 3-dB 브랜치라인 커플러에서는 $A=1, B=1.414, C=1$ 의 값을 갖는다. 이를 임피던스로 변환시키면 $A=50\text{옴}, B=35.35\text{옴}, C=50\text{옴}$ 이 된다. 만약, 출력 1이 출력 2보다 2배의 출력이 되는 출력 전력 비율 a가 2이고, 종단 임피던스가 50옴($Y=1$)인 비대칭 브랜치라인 커플러에서는 $A=0.707, B=1.225, C=0.707$ 의 값을 가지게 된다. 이 값에 대하여 50옴 임피던스 정규화 값을 풀면 A는 70.7옴의 특성 임피던스 선로, B는 40.8옴의 특성 임피던스 선로, C는 70.7옴의 특성 임피던스 선로로 구성하면 된다.

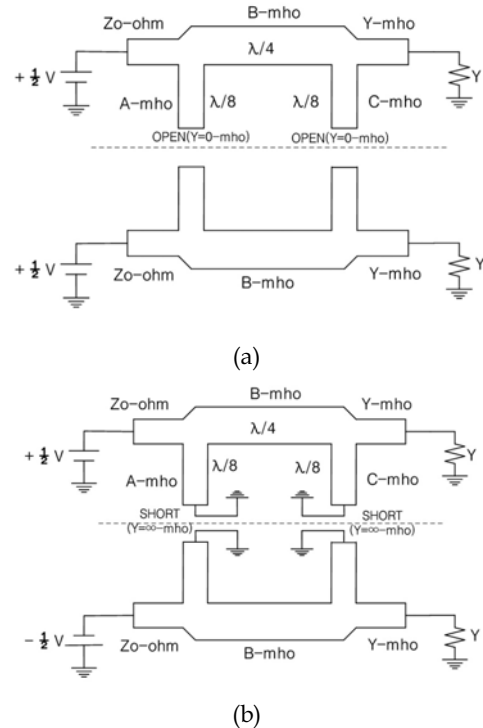


그림 2. 90도 하이브리드 커플러의 분석회로; (a) Even mode, (b) Odd mode

나. 제안된 출력 전력 기울기가 동일한 브랜치라 인 커플러

일반적인 동일 전력 분배 90도 하이브리드 커플러에서 입력한 신호는 전기적 길이 $\lambda/4$ 떨어진 출력 단자 1과 전기적 길이 $\lambda/2$ 떨어진 출력 단자 2로 신호가 분배되어 출력한다. 이상적인 90도 하이브리드 커플러를 ADS 프로그램을 이용하여 시뮬레이션 하면 그림 3의 결과를 얻을 수 있다. 결과를 살펴보면 출력 단자 1과 출력 단자 2의 출력 전력은 중심 주파수 1.5GHz에서는 동일한 -3dB의 값을 갖지만 주파수 변화에 대해 서로 다른 모습의 기울기를 가짐을 알 수 있다. 이는 입력 단자와 출력 단자 2 사이의 전기적 길이가 입력 단자와 출력 단자 1 사이의 전기적 길이 보다 2배 크기 때문에 발생하는 것이다.

두 출력 단자의 주파수에 따른 변화 기울기를 유사하게 하기 위해서는 입력 단자에서 출력 단자 1과 출력 단자 2로 전달되는 선로의 길이를 유사하게 해 주어야 한다. 본 논문에서는 입력 단자에서 출력 단자 1로 가는 $\lambda/4$ 길이의 전송 선로에 병렬로 $5\lambda/4$ 선로를 추가적으로 삽입하는 방법을 제안하였다. 입력 단자와 출력 단자 1로 가는 선로를 전기적 길이 $\lambda/4$ 와 전기적 길이 $5\lambda/4$ 선로로 하고, 각각의 선로 임피던스를 2배로 하면 전체적인 임피던스는 기존의 $\lambda/4$ 길이보다 늘어나게 된다. 기존의 $\lambda/4$ 전송 선로를 이용하여 전달되는 신호는 주파수에 따른 변화량이 작고, 새로 연결된 $5\lambda/4$ 선로를 이용하여 전달되는 신호는 주파수에 따른 변화량이 출력 선로 2보다 커서 두 신호가 결합하면 새로운 형태의 주파수 변화에 대한 기울기를 갖게 된다. 그림 4는 제안된 회로의 ADS 프로그램 시뮬레이션 블록도와 결과이다. 그림 4의 시뮬레이션 결과를 살펴보면 출력 단자 1과 출력 단자 2의 주파수에 따른 출력 신호 기울기가 매우 유사함을 볼 수 있다.

이상적인 90도 하이브리드 커플러와 제안된 90도 하이브리드 커플러의 결과를 살펴보면, 두 개의 출력 단자 사이에 0.2dB 이상의 차이를 발생하는 주파수 영역은 이상적인 90도 하이브리드 커플러는 1.41~1.59GHz로 180MHz 대역이고, 제안된 90도 하이브리드 커플러는 1.27~1.73GHz로 360MHz 대역으로 두 배 증가되었음을 볼 수 있다. 또한, 1.41GHz와 1.59GHz 주파수에서 기존의 90도 하이브리드 커플러는 S_{11} 은 -17dB이하, S_{21} 은 -3.25 dB, S_{31} 은 -3.0dB로 0.25dB 차이가 발생하였지만, 제안된 하이브리드 커플러는 S_{11} 은 -15dB이하, S_{21} 은 -3.3dB, S_{31} 은 -3.2dB로 0.1dB 차이가 발생하여 같은 주파수 영역에서도 두 개의 출력 단자에 동일한 전력으로 분배됨을 볼 수 있다.

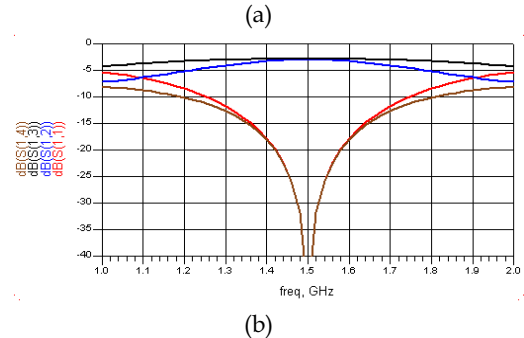
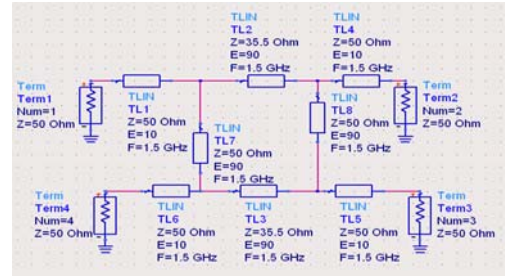


그림 3. 이상적인 90도 하이브리드 커플러 시뮬레이션; (a) 시뮬레이션 회로도, (b) 시뮬레이션 결과

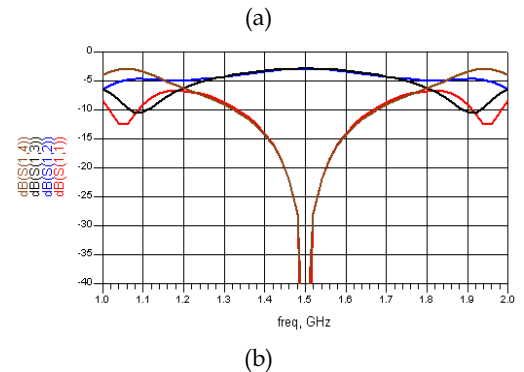
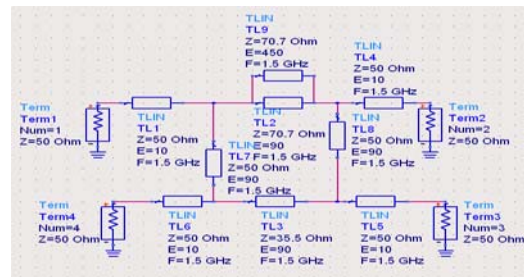


그림 4. 제안된 90도 하이브리드 커플러 시뮬레이션; (a) 시뮬레이션 회로도, (b) 시뮬레이션 결과

III. 결 론

본 논문에서는 90도 하이브리드 커플러에서 두 개의 출력 단자의 주파수에 대한 기울기를 동일하게 하는 방법에 대해 제안하고 시뮬레이션을

통해 결과를 살펴보았다. 90도 하이브리드 커플러에서 입력 단자와 가까운 거리에 존재하는 출력 단자 사이에 존재하는 $\lambda/4$ 선로에 병렬로 $5\lambda/4$ 선로를 연결하고, 각각의 임피던스를 기존의 값에 두 배로 하면 두 개의 출력 단자는 매우 유사한 주파수에 따른 출력 전력 기울기를 갖는다. 이는 기존 90도 하이브리드 커플러의 동작 특성의 큰 변화없이 주파수 동작 영역을 개선시킬 수 있음을 ADS 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있었다.

또한, 제안된 90도 하이브리드 커플러에서 사용한 한 파장 긴 선로를 병렬로 연결하여 전송 선로를 구현하는 방법은 다른 회로의 전달 선로에서 주파수에 따른 출력 전력의 특성을 변화시키려 하는 경우에 안정적으로 이용할 수 있으리라 생각한다.

참고문헌

- [1] R. E. Collin, "FOUNDATION FOR MICRO-WAVE ENGINEERING", McGraw-Hill, 1992
- [2] D.M.Pozar, "MICROWAVE ENGINEERING", Addition Wesley, 1990
- [3] Y. L. Wu 외 4명, "An Asymmetric Arbitrary Branch-Line Coupler Terminated By One Group Of Complex Impedances", Journal of Electromagnetic Waves and Applications, Vol. 26, 1125 - 1137, 2012
- [4] K.-T. Kim 외 3명, "Reconfigurable Power Divider and Combiner with Variable Power Ratio" IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig, TU3A-1, pp57-60, Jun. 2004.