

# 저역통과 여파기 감쇠를 이용한 하이브리드 특성에 관한 연구

이 수열, 강 정훈, 박 규호\*, 안 달

순천향대학교 정보기술공학부  
\*전자부품 연구원 무선회로 연구 센터  
E-mail : [dahn@ramrec.sch.ac.kr](mailto:dahn@ramrec.sch.ac.kr)

## A design of hybrid coupler with harmonic rejection characteristic

Su-Yeol Lee, Jung-Hoon Kang, Kyu-Ho Park\*, and Dal Ahn

Division of Information Technology Engineering, Soonchunhyang Univ.  
\*Korea Electronics Technology Institute Wireless Communication Research Center.

### 요 약

본 논문에서는 90° 하이브리드 결합기에 여파기 특성을 결합하여 전력분배와 하모닉 저지특성효과를 보여주고 있다. 일반적인 90° 하이브리드 결합기는 위상차를 갖고 전력을 분배, 합성하는 데에만 쓰이고 있기 때문에 비선형 소자와 결합함으로써 생기는 하모닉 성분을 억제하려면 여파기를 따로 설계해야 하는 단점이 있다. 그래서 본 논문에서는 하이브리드에 저역통과 여파기 특성을 결합함으로써 위상차와 전력분배는 물론 여파기 특성인 감쇠효과를 이용하여 하모닉 성분을 크게 감소시킬 수 있는 구조를 연구 하였다.

### I. 서 론

송·수신 시스템에 사용되고 있는 90° 하이브리드 결합기는 위상차를 이용한 전력 분배 또는 합성 시키는 동작뿐만 아니라 비선형 소자와 결합하여 신호를 인가하거나 출력신호를 더해 주는 역할을 하고 있다.[5] 그러나 비선형 소자와 결합함으로써 비선형 소자에 의해 생기는 하모닉이 문제가 될 수 있다. 비선형 소자의 비선형성으로 인해 생기는 하모닉 성분을 제거하기 위해서는 저역통과 여파기를 종속 연결하는 형태의 설계가 이루어지고 있는데 이것은 부품의 크기가 증가하는 결과로 나타나게 된다. 본 논문에서는 90° 하이브리드 결합기의 전송선로에 저역통과 여파기의 이론을 적용해서 전력분배와 동시에 원하는 주파수에서 하모닉 성분을 제어하기 위한 연구를 하였다. 설계 주파수는 2GHz 로 90° 하이브리드 결합기에 결합한 저역통과 여파기는 5 단과 3 단에 대한 시뮬레이션과 설계를 하였고 일반적인 90° 하이브리드 결합기 파형과 저역통과 여파기를 결합한 90° 하이브리드 결합기 파형을 비교하였고  $2f_0$  와  $3f_0$  에서 저역통과 여파기를

이용한 제시된 90° 하이브리드 결합기가 하모닉 성분을 크게 감쇠시킬 수 있음을 보였다.

### II. 설 계 이 론

그림 1은 일반적인 90° 하이브리드 결합기의 구조를 보여주고 있다. 여기서 90° 하이브리드 결합기 자체의 전력분배 특성 뿐만 아니라 하모닉 제거 특성을 나타내기 위하여 특성 임피던스인  $\lambda/4$  전송선로를 저역통과 여파기로 변환 하여 설계하였다.

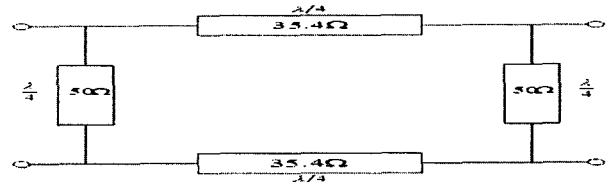


그림 1. 일반적인 구조의 3dB 90° 하이브리드 결합기

그림 2 는 90° 하이브리드 결합기 전송선로를 저역통과 여파기로 변환하는 부분을 나타낸 것이다.

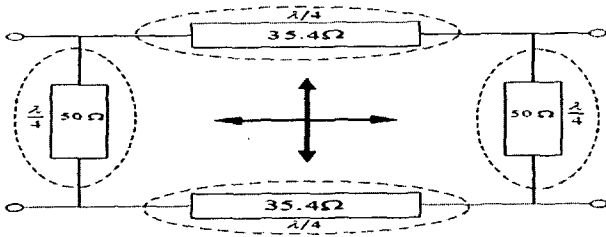


그림 2. 저역통과 여파기로 변환하는 부분

90° 하이브리드 결합기 특성임피던스 부분의  $\lambda/4$  전송선로를 저역통과 여파기로 구현하는 과정은 다음과 같다. 먼저 여파기를 결합하기 전에 그림 3과 같이 특성임피던스를 바라보는 입력 임피던스에 대해 값을 구하고 그 구한 입력임피던스를 부하임피던스로 보고 반사계수에 대한 값과 반사계수로부터 구한 값으로  $\lambda/4$ 의 길이에 맞는 삽입손실과  $S_{11}$ 을 구할 수 있다. [2][4]

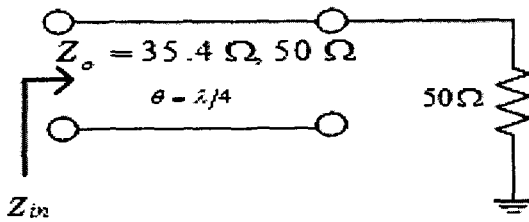


그림 3. 삽입손실과 반사손실을 구하기 위한 등가 회로

$$Z_{in} = Z_o \frac{Z_L + jZ_o \tan \theta}{Z_o + jZ_L \tan \theta} = \frac{Z_o^2}{Z_L} \quad (1)$$

식(1)에서 구한 입력임피던스를 특성임피던스로 놓고  $\Gamma_{in}$ 을 구하여 삽입손실과 반사손실을 얻게 된다. 그림 4는 입력임피던스를 특성임피던스로 보고  $\Gamma_{in}$ 을 구하기 위한 그림이다.[2]

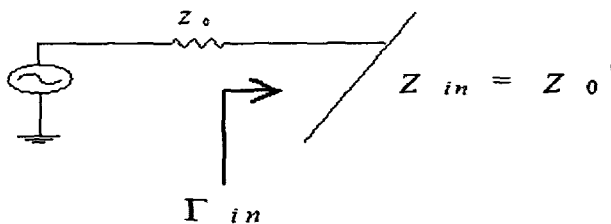


그림 4.  $\Gamma_{in}$ 을 구하기 위한 등가 회로

$$|\Gamma_{in}| = \left| \frac{Z_{in} - Z_o}{Z_{in} + Z_o} \right| \quad (2)$$

$$P_{LR} = \frac{\text{Power available from source}}{\text{Power delivered to load}} = \frac{P_{inc}}{P_{Load}} = \frac{1}{1 - |\Gamma(\omega)|^2} \quad (3)$$

$$\text{Insertion Loss} = 10 \log P_{LR} \quad (4)$$

$$S_{11}(dB) = 10 \log |S_{11}|^2 \quad (5)$$

식 (4)와 식(5)에서 계산한 삽입손실과 반사손실의 조건을 이용해 원하는 여파기를 설계할 수 있다. 시뮬레이션을 이용하여 계산한 삽입손실과 반사손실의 조건으로 설계 주파수인 2GHz 에서 사용할 수 있는 저역통과 여파기를 그림 5와 그림 6은 같은 구조로 구현할 수 있다. [1][2]

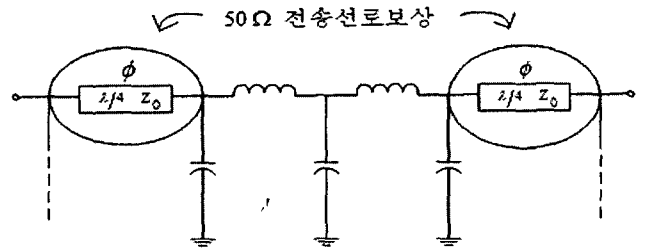


그림 5. 35.4Ω 전송선로를 대체할 저역통과 여파기 구조와 전송선로 보상

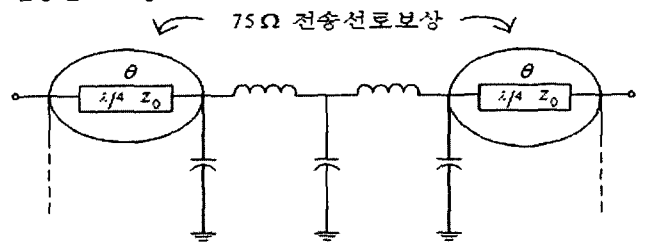


그림 6. 50Ω 전송선로를 대체할 저역통과 여파기 구조와 전송선로 보상

위와 같은 구조로 5 단 저역통과 여파기를 설계하였는데 차단주파수는 4GHz 이고  $\Pi$ 형 구조로 설계하였다. 그림 5는  $\lambda/4$  전송선로인 90° 하이브리드 결합기에 구현한 저역통과 여파기를 결합하면서 특성 임피던스를 유지하고  $\lambda/4$ 가 되도록 50Ω 전송선로로 보상( $\phi$ )해 준 것을 나타낸다.

그림 6은 90° 하이브리드 결합기 특성임피던스 50Ω 전송선로를 저역통과 여파기로 결합하면서 75Ω 임피던스를 갖는 전송선로로 보상(θ)을 해 준 것을 나타낸다. 여기서 75Ω 으로 특성임피던스를 사용한 것은 특성임피던스 50Ω 으로는 삽입손실과 반사손실을 구할 수 없기 때문에 특성임피던스를 75Ω으로 정하고 그 특성임피던스를 50Ω으로 계산해 준 것이다. 따라서 설계주파수인 2GHz 에서는 기본적인 전력 분배특성을 나타낼 수 있고, 동시에 2f<sub>0</sub> 와 3f<sub>0</sub> 주파수에서는 제시된 저역통과 여파기 구조의 감쇠특성에 의하여 하모닉 성분을 감소시킬 수 있다.

### III. 시뮬레이션 및 제작

그림 7은 일반적인 구조의 3dB 전력분배를 갖는 90° 하이브리드 결합기의 시뮬레이션 특성이다. 이에 반해 그림 8과 그림 9는 그림 5와 그림 6에서 제시한 구조의 시뮬레이션 특성이다. 시뮬레이션 툴은 Ansoft Korea 의 Ansoft Designer 를 이용하였다.

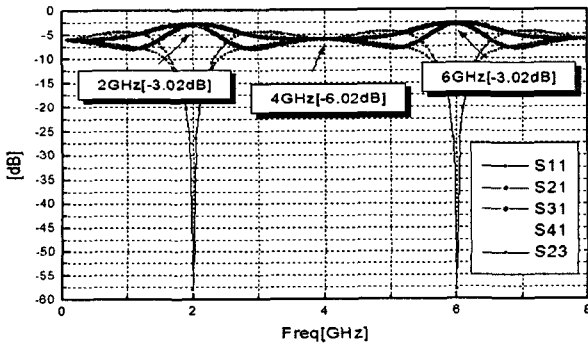


그림 7. 일반적인 90° 하이브리드 결합기 특성

그림 8과 그림 9에 나타났듯이 본 논문에서 제시한 90° 하이브리드 결합기에 저역통과 여파기를 결합한 구조는 기존의 90° 하이브리드 결합기 특성인 3dB 전력분배의 특성을 유지하고, 2f<sub>0</sub> 와 3f<sub>0</sub> 인 4GHz, 6GHz 주파수에서 각각 30dB, 50dB 이상의 감쇠특성을 나타내었다.

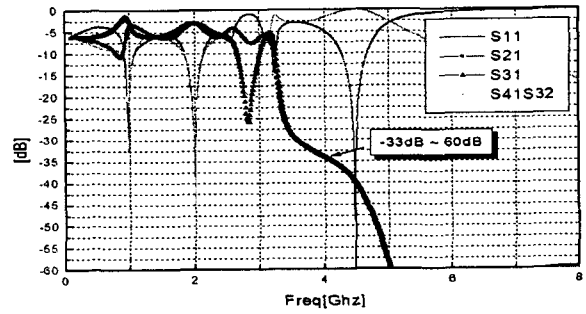


그림 8. 90° 하이브리드 결합기 와 여파기 5 단 + 3 단 결합 시뮬레이션

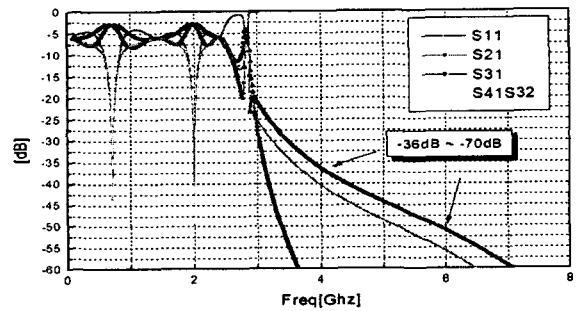


그림 9. 90° 하이브리드 결합기 와 여파기 5 단 + 5 단 결합 시뮬레이션

위의 시뮬레이션을 이용하여 삽입손실과 반사손실 조건으로 설계한 여파기를 90° 하이브리드 결합기에 결합하여 저역통과 여파기를 5 단 + 3 단과 5 단 + 5 단으로 구현한 90° 하이브리드 결합기를 설계 및 제작하였다. 저역통과 여파기는 분포소자로 구현되었다. 그림 10 과 그림 11 은 제시된 구조의 주파수 응답 특성을 측정 한 결과이다.

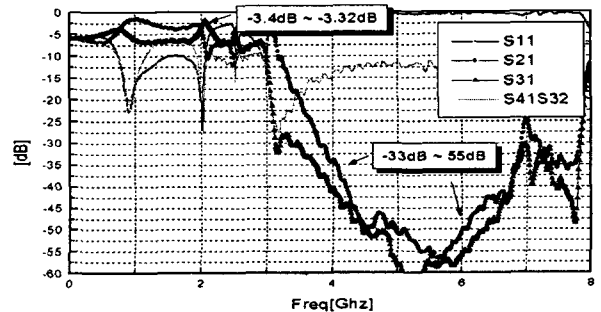


그림 10. 90° 하이브리드 결합기 와 여파기 5 단 + 3 단 결합한 S<sub>21</sub>, S<sub>31</sub>, S<sub>41</sub>, S<sub>32</sub> 측정 결과

#### IV. 결론

본 논문에서는 일반적인 구조의 90° 하이브리드 결합기 특성을 유지하며 하모닉 성분을 제거할 수 있는 구조를 제시하였다. 하모닉 제거를 위해 특성임피던스 35.4Ω 과 50Ω 의 λ/4 전송선로를 저역통과 여파기로 구현하였다. 또한 제시된 구조의 설계식을 일반적인 90° 하이브리드 결합기의 설계식에 여파기 이론을 적용하여 새로운 설계식을 유도하였다. 설계된 하모닉 제거용 90° 하이브리드 결합기는 시뮬레이션과 측정 결과가 비교적 잘 일치하였고 제시된 구조의 결합기는 통과대역에서는 3dB 전력분배와 90° 위상차를 잘 유지했으며 동시에 하모닉 성분을 33dB 이상을 억제하는 효과를 얻을 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 정보통신부에서 시행한 electro0580 사업의 위탁과제 일환으로 이루어졌음.

#### 참고문헌

- [1] G. L. Matthaei, L. Young, and E. M. T. Jones, *Microwave Filters, Impedance-matching Networks, and Coupling Structures*, Artech House, pp.83-134, 1980.
- [2] David M. Pozar, *Microwave Engineering*, John Wiley & Sons, pp.379-383, 1998.
- [3] Robert E. Collin, *Foundations for Microwave Engineering*, McGraw-Hill, pp.305-318, 1992.
- [4] J.A.G. Malherbe, *Microwave Transmission Line Couplers*, Artech House, pp.17-51, 1988.
- [5] Jong-Sik Lim, Ho-Sup Kim, Jun-Seok Park, Dal Ahn, and Sangwook Nam, "A Power Amplifier with Efficiency Improved Using Defected Ground Structure," *IEEE Microwave and Wireless Components Lett*, Vol.11, No.4, pp170-172, Apr. 2001.

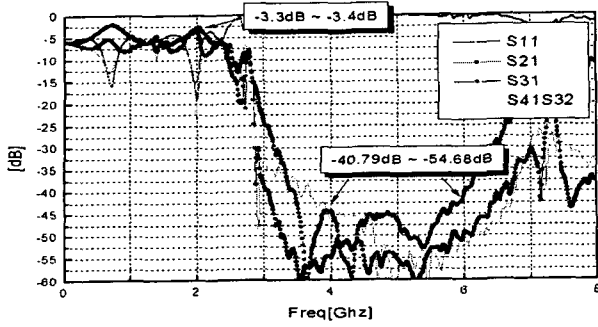
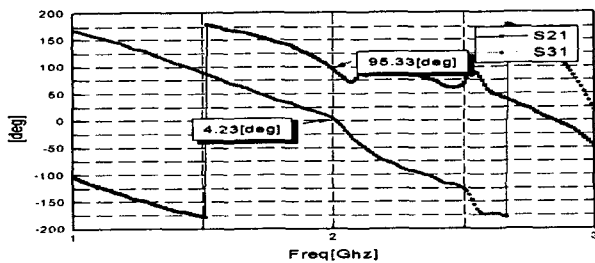
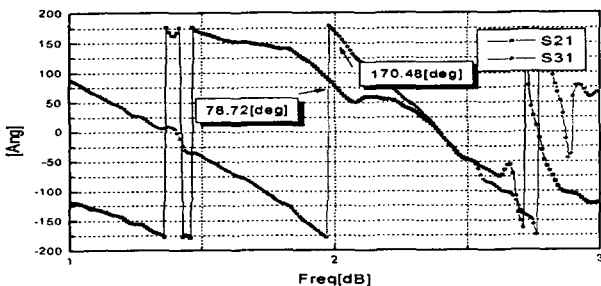


그림 11. 90° 하이브리드 결합기와 여파기 5단 + 5단 결합한  $S_{21}$ ,  $S_{31}$ ,  $S_{41}$ ,  $S_{32}$  측정 결과

각 포트의 삽입손실은 -3.3dB(그림 10)와 -3.4dB(그림 11)를 나타내었다. 또한 하모닉 주파수에서는 시뮬레이션에서 예측한 것과 유사하게  $2f_0$ 와  $3f_0$ 에서 각각 33dB 이상의 하모닉 억제 특성을 얻었다. 그림 12는 5단+3단, 5단 + 5단의 여파기를 적용한 90° 하이브리드 결합기의 출력포트 위상 차를 측정하는 결과이다. 중심주파수에서 출력 포트간의 위상차는  $\pm 2^\circ$ 이며 통과대역에서는 위상차와 전력분배가 잘 이루어지며 하모닉 성분을 효과적으로 제거할 수 있는 구조임을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 12. 출력 포트의 위상 특성

(a) 5단 + 3단 여파기 (b) 5단 + 5단 여파기 적용