

Omnidirectional Lossy Power 결합기/분배기 해석 및 설계

안가람, 강현일*, 박종애*, 박준석, 임재봉, 조흥구
 국민대학교, 삼성종합기술연구원*

An Analysis and Design of Omnidirectional Lossy Power Combiner/Divider

Ka-Ram An, Hyun-Il Kang*, Jong-Ae Park*, Jun-Seok Park, Jae-Bong Lim, Hong-Goo Cho
 School of Electrical Engineering, Kookmin Univ., S.A.I.T.*

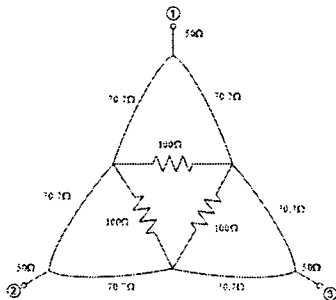
Abstract - In this paper, we have proposed a novel omnidirectional power divider/combiner configuration. By using the even- and odd- mode analysis, we analyse the proposed power divider/combiner circuit. In order to show the validity of the presented power divider/combiner circuit. We have designed and implemented the proposed circuit of the center frequency of 2.3GHz.

1. 서 론

오늘날 이동 통신의 급속한 발달에 따라 통신기기의 수요가 급증하고 있으며, 요구되는 품질 수준 또한 더욱 높아지고 있다. Wilkinson 전력 분배기는 이동 통신 시스템에서 전력의 분배와 결합을 위해 사용되는 대표적인 소자로서 1960년경 E. Wilkinson에 의해 처음으로 제안되었다. 마이크로스트립 형태로 제작된 3-dB 대칭 Wilkinson 전력 결합기/분배기는 특성임피던스 $\sqrt{2}Z_0$ 인 $\lambda/4$ 변환기와 $2Z_0$ 인 칩 저항을 접속한 형태이다.^[1] 이러한 전력 결합기/분배기의 문제점은 입력포트와 출력포트가 정해져있어 다른 방향으로 전력을 결합하거나 분배하지 못하는 특성을 가지고 있다. 본 논문에서는 모든 방향에서 전력을 결합하거나 분배하는 구조를 제시함으로써 방향과 상관없이 전력을 결합하거나 분배할 수 있는 구조를 제시하였다. 이를 위해 결합기/분배기의 odd-mode와 even-mode를 해석하고, 실제로 설계해보았다. 본 논문에서는 모든 포트를 50Ω으로 정합하였으며, 사용한 중심주파수는 2.3GHz이다. 마지막으로 모든 방향에서 정합이 되고, 동시에 6-dB 전력분배를 하는 6-dB Omnidirectional 전력 결합기/분배기를 제작하였다.

2. 본 론

2.1 전방향성 전력 결합기/분배기의 회로도

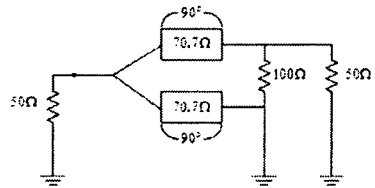


그림[1] 전방향성 전력 결합기/분배기의 회로도

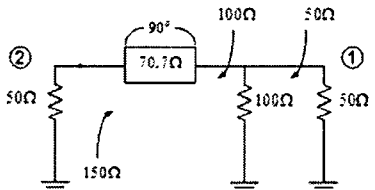
그림[1]은 전방향성 전력 결합기/분배기의 회로도이다.

3개의 3-dB 전력 결합기/분배기 3개를 서로 맞물린 듯한 형태로 이루어져 있다. 이 회로는 대칭적인구조로 이루어져 있기 때문에 odd-mode 와 even-mode 해석 방법을 적용하여 해석하였다.

2.1.1 odd-mode 등가회로와 해석



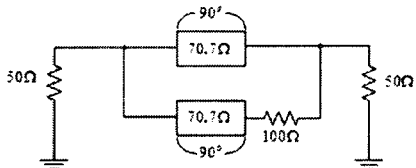
그림[2] 전방향성 전력 결합기의 odd-mode 등가회로1



그림[3] 전방향성 전력 결합기의 odd-mode 등가회로2

그림[2]는 그림[1]의 대칭적인구조를 이용해서 1번 포트와 2번 포트 간의 odd-mode등가회로를 나타낸 것이다. 그림[2]에서 2개의 $\lambda/4$ 변환기 중 ground와 $\lambda/4$ 변환기는 생략할 수 있으므로, 그림[3]과 같이 표현할 수 있다. 2번 포트에서 6dB의 반사손실이 발생하며 1번 포트에서 바라본 임피던스가 정합된다.

2.1.2 even-mode 등가회로와 해석



그림[4] 전방향성 전력 결합기의 even-mode 등가회로1

그림[4]은 그림[1]의 대칭적인구조를 이용해서 1번 포트와 2번 포트 간의 even-mode 등가회로를 나타낸 것이다. 그림[4]에서 $\lambda/4$ 변환기와 100Ω 직렬연결 돼있는 부분을 ABCD 파라미터로 표현을 하면 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}_L = \begin{pmatrix} 0 & j70.7 \\ \frac{j}{70.7} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 100 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{식[1]}$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & j70.7 \\ \frac{j}{70.7} & \frac{j100}{70.7} \end{pmatrix}$$

다음은 식[1]의 ABCD파라미터를 Y 파라미터로 변환시키면 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix}_L = \begin{pmatrix} \frac{100}{70.7^2} & \frac{-1}{j70.7} \\ \frac{-1}{j70.7} & 0 \end{pmatrix} \quad \text{식[2]}$$

다음은 그림[4]에서 $\lambda/4$ 변환기의 ABCD 파라미터와 Y 파라미터에 대한 식은 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}_u = \begin{pmatrix} 0 & j70.7 \\ \frac{j}{70.7} & 0 \end{pmatrix} \quad \text{식[3]}$$

$$\begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix}_u = \begin{pmatrix} 0 & \frac{-1}{j70.7} \\ \frac{-1}{j70.7} & 0 \end{pmatrix} \quad \text{식[4]}$$

그림[4]에서 윗부분의 $\lambda/4$ 변환기와 아랫부분의 $\lambda/4$ 변환기와 100Ω 은 서로 병렬로 연결 돼있다. 두 회로의 합수적인 관계는 Y파라미터의 합으로 표현된다. 식[2]와 식[4]를 합친 수식이 식[5]이며 식[6]은 식[5]의 Y 파라미터 값을 다시 ABCD 파라미터 값으로 변환된 식을 표현한 것이다.

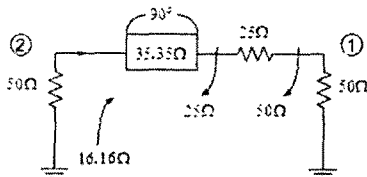
$$\begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix}_T = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix}_u + \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix}_L \quad \text{식[5]}$$

$$= \begin{pmatrix} \frac{100}{70.7^2} & \frac{-2}{j70.7} \\ \frac{-2}{j70.7} & 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}_T = \begin{pmatrix} 0 & \frac{j70.7}{2} \\ \frac{j2}{70.7} & \frac{j50}{70.7} \end{pmatrix} \quad \text{식[6]}$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & j35.35 \\ \frac{j}{35.35} & j35.35 \end{pmatrix}$$

위의 식을 이용하여 다시 등가회로를 그리면 그림[6]과 같이 표현될 수 있다.



그림[6] 전방향성 전력 결합기의 even-mode 등가회로2

그림 [6]에서 보는바와 같이 포트2에서 반사손실(Γ)은

다음과 같이 표현된다.

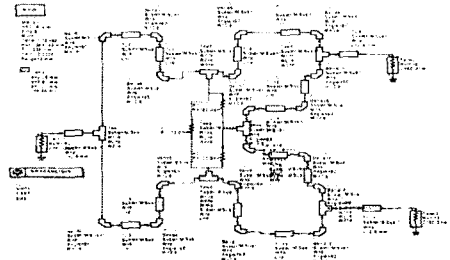
$$\Gamma = \frac{33.338}{66.66} = 0.5 \rightarrow 6dB \quad \text{식[7]}$$

포트2에서 반사손실은 식[7]과 같이 6dB 반사손실이 발생하며, 동시에 포트1에서는 임피던스 정합이 된다. 위에서 전방향성 전력 결합기/분배기의 회로도들을 해석했다. 다음은 지금까지의 해석을 토대로 전방향성 전력 결합기/분배기를 설계 및 제작해 보겠다.

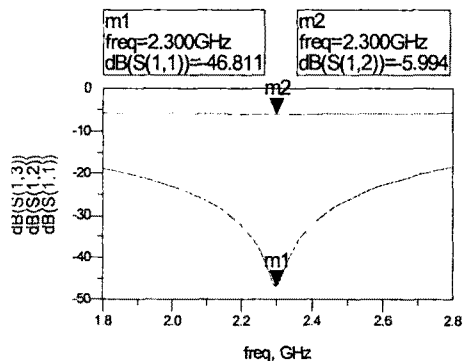
2.2 전방향성 전력 결합기/분배기의 설계 및 제작

2.2.1 전방향성 전력 결합기/분배기의 설계

먼저 전방향성 전력 결합기/분배기를 2.3GHz에서 설계하였으며 모든 포트는 50Ω 으로 하였다. 전방향성 결합기/분배기의 회로설계 및 시뮬레이션은 IIP사의 초고주파 회로설계 프로그램인 ADS를 이용하였으며, 사용된 기판은 유전율 2.5, 기판두께 0.7874mm이고 T온스가 1온스인 0.036mm인 TLX-9-0310을 사용하였다. 그림[7]은 ADS 시뮬레이션 상에서 전방향성 결합기/분배기의 schematic 회로를 나타낸 것이고 그림[8]은 ADS에서 구한 schematic 회로를 simulate해서 얻은 값이다.



그림[7] 전방향성 전력 결합기/분배기의 ADS schematic 회로



그림[8] ADS에서 추출한 전방향성 전력 결합기/분배기의 S11, S21의 특성

시뮬레이션을 통해 2.3GHz 전방향성 결합기/분배기의 S11, S22, S33 성분이 -46.811dB 그리고 S21, S31, S32 성분이 -5.994dB의 값을 얻었다. ADS tool에서 Bend를 이용하여 설계할 때, 주파수특성이 설계주파수보다 낮아진다. 실제제작을 위해 2.3GHz보다 높은 주파수의 layout값을 추출하여 제작하였다. 전방향성 전력 결합기/분배기를 최적한 값들은 다음과 같다.

* Port Impedance Parameters

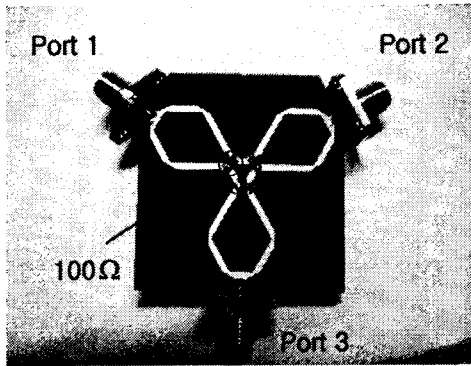
- 50Ω
- $W1 = 2.2\text{mm}$
- $L1 = 2.5\text{mm}$

* Transformer Parameters

- 70.7Ω 90°
- $W2 = 1.22\text{mm}$
- $L2 = 13.8\text{mm}$

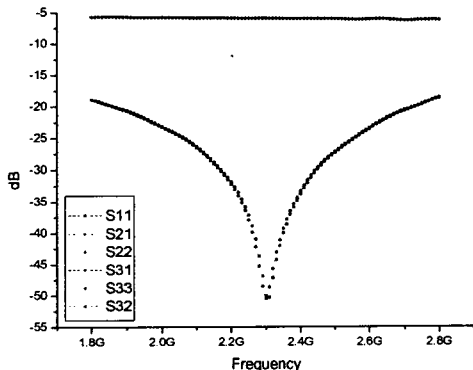
2.2.2 전방향성 전력 결합기/분배기의 제작

ADS tool을 이용해 구한 값들을 이용하여 2.3GHz 전방향성 전력 결합기/분배기를 제작하였다. 기판은 설계시 이용한 유전율 2.5인 TLX-9-0310을 사용하였다.



그림[9] 제작된 전방향성 전력 결합기/분배기의 사진

그림[9]은 2.3GHz 전방향성 전력 결합기/분배기를 제작한 사진이다. 가로 5.5cm 세로 5cm로 제작하였다. 어느 한 포트에서 입력을 가했을 때 다른 두 포트에서 6dB의 손실을 가지고 전력이 나뉘는 것을 확인 할 수 있었다. 다음 그림[11]은 제작한 전방향성 전력 결합기/분배기를 측정 한 측정값이다.



그림[11] 전방향성 전력 결합기/분배기의 측정값

그림[11]은 그림[10]과 같이 제작한 전방향성 전력 결합기/분배기를 Agilent사의 Network Analyzer HP 8753ES로 측정 한 결과 값이다. 2.3GHz에서 S21, S31, S32값이 -6dB정도 나왔다. S11, S22, S33 값은 -51dB 정도 값이 나왔다. ADS의 시뮬레이션 값과 실제 측정값과의 차이는 전달포트에서는 차이가 없었으며, 반사손실은 -4dB정도 향상된 특성을 얻을 수 있었다.

3. 결 론

Wilkinson 전력 결합기/ 분배기를 이용해 전방향성 전력 결합기/ 분배기를 해석, 설계한 후 제작하였다. 이전의 Wilkinson 전력 결합기/분배기가 단일방향으로만 전력이 결합되고 분배가 되었다면, 본 논문에서는 모든 방향에서 전력을 결합하고 분배할 수 있는 전력 결합기/분배기를 제공한다. 본 논문에서 사용한 중심주파수는 2.3GHz로써 휴대 인터넷 주파수대역을 사용하였다. 입력 신호와 출력신호의 특성 관계는 S21, S31, S32에서 모두 -6dB의 전력 분배를 하고, 반사손실 특성인 S11, S22, S33에서 모두 -51dB의 특성이 나왔다.

[참 고 문 헌]

- [1] David M. Pozar, "Microwave Engineering," New York: Wiley, second edition, 363 368, 1998
- [2] E.J. Wilkinson, "An N-Way Hybrid Power Divider", Microwave Theory and Techniques, IEEE Transaction on, Volume: 8, Issue: 1, Jan 1960 pages: 116-118
- [3] Gysel, U.H, "A New N-Way Power Divider/Combiner Suitable for High-power Applications", Microwave Symposium Digest, MTT-s International, Volume: 75, Issue:1, May 1975 pages: 116-118
- [4] Galani, Z., Temple, S.3, "A Broadband Planar N-Way Combiner/Divider", Microwave Symposium Digest, MTT-S International, Volume: 77, ISSUE:1, Jun 1977 Pages:499-502