

# 전력 분배비를 변화시킬 수 있는 전력 분배기/합성기 구현에 관한 연구

김기태, 안달, 정연규\*  
\*순천향대학교 정보기술공학부

Div. of Electrical Engineering, University of California, Los Angeles\*

## A Study on the Power Divider and Combiner with Variable Power Ratio

Ki Tae Kim, Dal Ahn, Y. Chung\*

\*Div. of Information Technology Eng., Soonchunhyang Univ.  
Div. of Electrical Engineering, University of California, Los Angeles\*

E-mail: [dahn@ramrec.sch.ac](mailto:dahn@ramrec.sch.ac)

### 국문요약

본 논문에서는 전력 분배비를 변화시킬 수 있는 전력 분배기/합성기를 설계하였다. 전력 분배기/합성기의  $\frac{1}{4}$  전송선로 특성 임피던스를 결합선로 또는 하이브리드로 변환하여 설계 하였다. 결합선로나 하이브리드의 결합포트와 격리포트를 동시에 On/Off시킴으로써 변화 하는 임피던스를 이용하여 전력 분배비가 1:1에서 1:0으로 즉 전력이 두개의 포트에 같은 크기로 전달되다가 모든 입력이 하나의 출력포트로 모두 전달되는 전력 분배기를 설계하였다.

### I. 서론

최근 이동통신 시스템 및 무선통신시스템의 수요가 급증함에 따라, 서비스의 안정적인 동작이 매우 중요한 요소가 되고 있다. 또한 서비스의 질을 높이기 위해 시스템의 설치를 계속적으로 늘려가고 있다. 그러나, 유지 보수되는 중에 서비스가 전혀 영향을 받지 않는 것이 매우 중요하다. 이를 위해서, 전력의 흐름을 조절할 필요가 생기게 된다. 이를 위해서는 전력을 결합할 때 발생하는 불필요한 손실을

줄이는 것이 시스템에서 중요한 요소로 부각되고 있다. RF 및 마이크로웨이브 시스템을 구성하는 각종 소자중 전력 분배기/합성기는 시스템을 통해 입사되는 신호의 양을 일정한 비율로 나눠주며, 소자의 가역특성에 의해 전력 양을 합성하는 n-포트 회로망으로서 사용된다. 그 중 3dB 전력 분배기/합성기는 입력포트에 전력을 인가하면 전력의 크기와 위상이 동일하게 두 부분으로 분배되어 두 개의 출력포트에 나타난다.[4] 그러나, 전력분배비가 1:1에서 1:0로 변화할 수 있는 전력 분배기/합성기는 기존의 구조로는 구현 하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 3dB

전력 분배기/합성기를 설계하되, 각 선로의 특성 임피던스를 결합선로 및 하이브리드로 구현하여 경우에 따라서 전력분배비가 1:1에서 1:0로 변화할 수 있는 전력 분배기/합성기를 구현하였다.

## II. 설계 이론

그림 1은 일반적인 m:n 윌킨슨 전력 분배기 구조를 보여주고 있다.

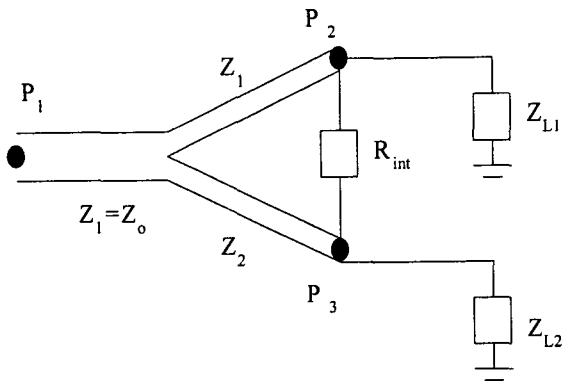


그림1. 일반적인 m:n 윌킨슨 전력 분배기

m:n 윌킨슨 전력 분배기는 입력포트에 전력을 인가하면 전력의 크기는 두 개의 출력포트로 m:n의 비율로 분배되고 위상은 동일하게 두 부분으로 분배되어 두 개의 출력 포트에 나타난다. 임의의 전력 분배비를 갖는 윌킨슨 전력 분배기는 다음 수식으로 구할 수 있다.[2][3]

$$Z_1 = Z_0 \sqrt{\frac{1+K^2}{K^3}} \quad (1)$$

$$Z_2 = Z_0 \sqrt{K(1+K^2)} \quad (2)$$

$$R_{int} = Z_0 \left( K + \frac{1}{K} \right) \quad (3)$$

$$Z_{L1} = Z_0 K \quad (4)$$

$$Z_{L2} = \frac{Z_0}{K} \quad (5)$$

where,  $K^2$ =포트 2와 포트 3사이의 전력비

변화하는 즉 두 개의 포트에 전력이 균일하게 나뉘었다가 한 개의 포트에 전력이 모두 전달되는 전력 분배기를 설계 하였다. 전력 분배비를 변화시키려면 기본적인 윌킨슨 전력 분배기 구조로는 구현을 할 수가 없다. 따라서 본 논문에서는 그림 2와 같이 새로운 등가 회로를 제시 하였다.

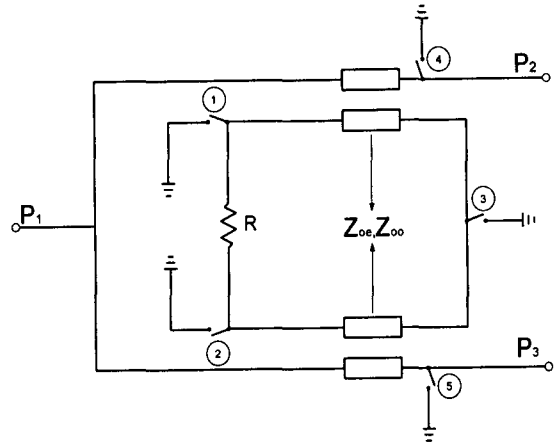


그림2. 전력 분배비를 변화 시킬수 있는 전력 분배비/합성기

그림 2의 회로를 해석하기 위하여 먼저 우모드 해석을 하면 결합 선로의 임피던스는 식(6) 과 같다.

[2][3]

$$\frac{Z_{oe} + Z_{oo}}{2} = Z_{oc} \quad (6)$$

여기서 ①~④ 스위치를 접지에 연결하면 결합선로의 임피던스는 식(7)과 같다.

$$\frac{2Z_{oe} \times Z_{oo}}{Z_{oe} + Z_{oo}} = Z_{sc} \quad (7)$$

식(6)과 식(7)으로부터 결합선로의 우모드와 기모드 특성 임피던스는 다음 수식으로 구할 수 있다.

$$Z_{oo} = \sqrt{\frac{Z_{sc} Z_{oc}}{x}} \quad (8)$$

$$Z_{oe} = x Z_{oo} \quad (9)$$

where,

$$x = \left\{ 2 \left( \frac{Z_{oc}}{Z_{sc}} \right) - 1 \right\} + \sqrt{\left\{ 2 \left( \frac{Z_{oc}}{Z_{sc}} \right) - 1 \right\}^2 - 1}$$

그림 2에 회로의 기모드 해석을 하게 되면 격리 저항을 식(10)과 같이 구할 수 있다.

$$R = \frac{2 \left( \frac{2Z_{oe} \cdot Z_{oo}}{Z_{oe} - Z_{oo}} \right)^2}{Z_o} \quad (10)$$

표 1을 보면 전력 분배기의 각 1/4 선로를 결합선로로 구현시 우모드 임피던스와 기모드 임피던스 차이가 커져 구현의 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 결합선로를 하이브리드로 변환하여 구현하였다. 결합선로에서 하이브리드로 변환되는 수식은 다음과 같다.[1]

$$10^{S_{21}/10} = A(\text{Direct Power}) \quad (11)$$

$$10^{S_{41}/10} = B(\text{Coupled Power}) \quad (12)$$

$$K^2 = \frac{P_{CP}}{P_{DP}} = \frac{B}{A} \quad (13)$$

$$Z_1 = \frac{Z_o}{K} \quad (14)$$

$$Z_2 = \frac{Z_o}{\sqrt{(1+K^2)}} \quad (15)$$

where,  $K^2$  =하이브리드 전력비

### III. 시뮬레이션 및 측정

제시된 방법을 사용하여 전력분배비가 변화되도록 각 선로의 특성임피던스를 변화시켜 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션은 Ansoft-Designer 사용하였다. 시뮬레이션과 측정시 사용한 기판은 31mil의 두께와 2.2의 유전율을 갖는 ROGERS사의 RT/duroid

5880을 사용하였다. 시뮬레이션 및 측정은 전력 분배비가 1:1에서 1:0로 변화 하는 전력분배기를 설계하였다. 1/4 특성 임피던스를 결합선로 또는 하이브리드로 대체하여 ①~⑤번 스위치를 off 시키면 즉 기본적인 상태에서는 3dB 윌킨슨 전력 분배기로 동작을 하다가 ①~④번 스위치를 접지에 연결하면 하나의 포트 즉  $P_3$ 에 전력이 모두 전달되는 전력 분배기를 설계 하였다. 식(6)~식(10)으로부터 구한 전력분배기의 각 선로의 임피던스와 1/4 특성 임피던스를 결합선로로 변환한 임피던스는 표 1과 같이 나타낼 수 있다. 그리고 식(11)~식(15)로부터 결합선로를 하이브리드로 변환한 임피던스는 표 2와 같이 나타내어 진다. 그림 3은 윌킨슨 전력 분배기의 1/4 전송선로의 특성 임피던스를 결합선로로 변환한 구조 즉 그림 2에서 ①~⑤번 스위치를 모두 개방했을 때 의 결과를 나타내고 그림 4는 전력 분배율이 1:1에서 1:0로 변한 구조 즉 ①~④번 스위치를 단락 시켰을 때 의 결과를 나타낸다. 전력 분배기의 1/4 전송선로의 특성 임피던스를 하이브리드로 변환한 구조도 그림 5와 같이 그림 3,4와 같은 특성을 볼 수 있음을 알 수 있다. 그림 6과 7은 제작된 1/4 전송선로의 특성 임피던스를 하이브리드로 변환한 구조의 전력 분배기를 측정한 결과이다. 표 3은 중심주파수 2GHz에서의 각 포트에 전달되는 값을 나타낸다.

표 1. 전력비에 따른 전력 분배기의 특성임피던스와 결합선로의 특성임피던스

	전력 분배기		결합선로	
	1:1	1:0	$Z_{oe}$	$Z_{oo}$
Z1	70.7	50	109	32.45
Z2	70.7	0	109	32.45

표 2. 결합선로에 대한 하이브리드 특성임피던스

결합선로		하이브리드	
$Z_{oe}$	$Z_{oo}$	$Z_1$	$Z_2$
109	32.45	92.362	50.02

표3. 전력분배비의 변화에 따른 분배량 ( $f_0=2\text{GHz}$ )

비율	$S_{21}$	$S_{31}$	$S_{23}$
1:1	-3.125dB	-3.17dB	-27.84dB
1:0	-0.21dB	none	none

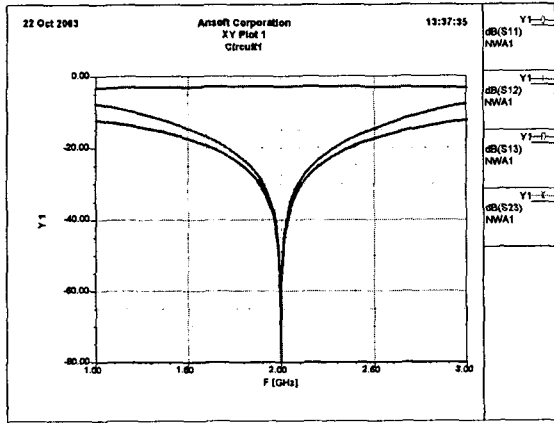


그림3. 1:1의 전력분배기 특성(결합선로 구조)

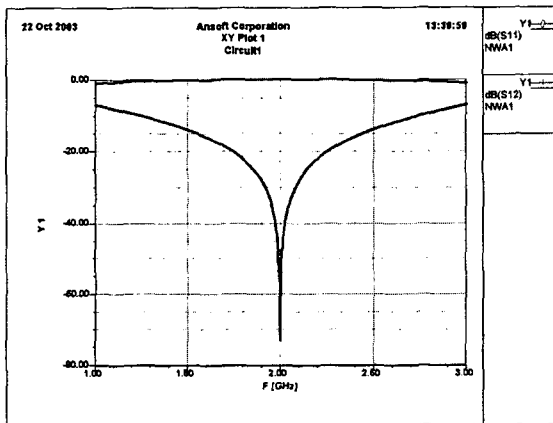
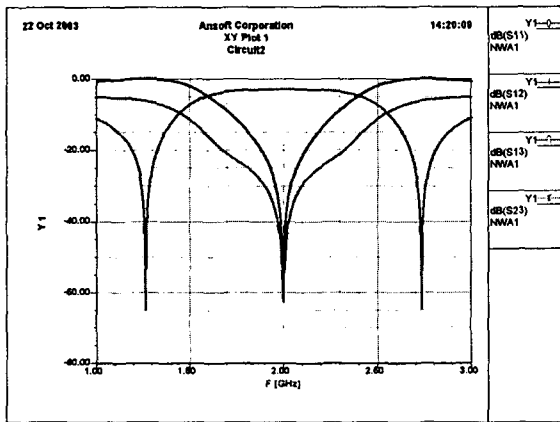
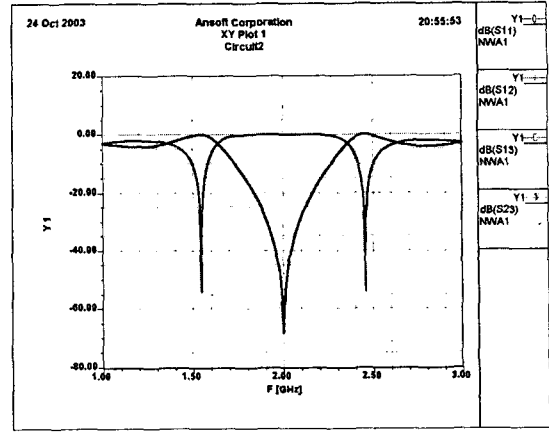


그림 4. 1:0의 전력분배기 특성(결합선로 구조)



(a)



(b)

그림5. 제시된 하이브리드 구조 시뮬레이션 특성

(a)결합기특성(1:1) (b)결합기 특성 (1:0)

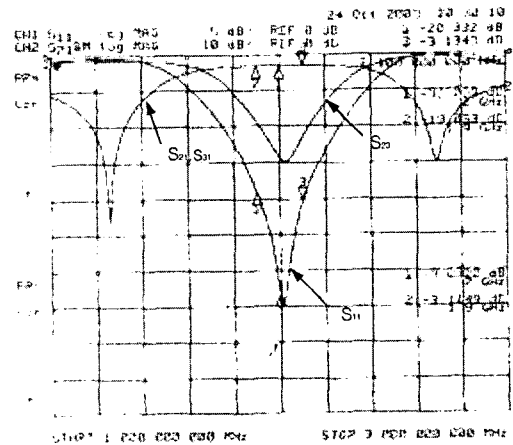


그림6. 전력분배비가 1:1인 전력분배기(하이브리드 구조)

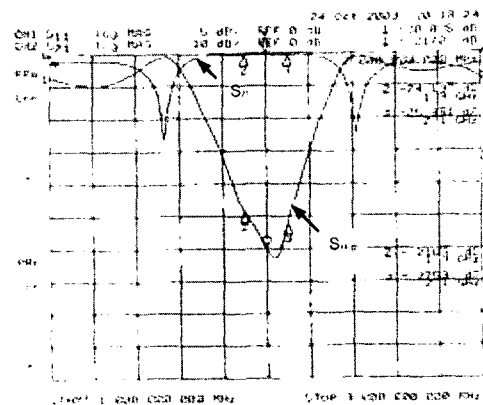


그림6. 전력분배비가 1:0인 전력분배기(하이브리드 구조)

## IV. 결 론

본 논문에서는 전력 분배비를 변화시키는 윌킨슨 전력분배기의 각 선로의 특성임피던스를 결합선로 또는 하이브리드의 특성 임피던스를 이용하여 구현 하였다. 기존의 기본적인 구조와 변형한 구조의 시뮬레이션 결과 잘 일치함을 볼 수 있었다. 일반적인 윌킨슨 전력분배기 보다 각 선로의 특성 임피던스를 결합선로 또는 하이브리드를 사용함으로써 대역폭이 약간 감소하는 특성을 보였지만, 기존의 구조로는 구현 할 수 없는 구조를 윌킨슨 전력분배기 각 선로의 특성 임피던스를 결합선로나 하이브리드를 이용하여 전력 분배비가 1:1에서 1:0로 또는 1:1에서 0:1로 변화 되는 구조를 제시 하였고 그 결과 시뮬레이션특성과 실험특성이 서로 잘 일치함을 볼 수 있었다.

## 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 순천향대학교 차세대BIT무선부품연구센터(R12-2002-052-02004-0)의 지원에 의한 것입니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 명성호, 이성원, 김철수, 조성민, 박준석, 안달, 임재봉, "Tuneable 전력분배기의 구현에 관한 연구", 마이크로파 및 전파 학술대회, 22권 1호, pp. 156-159, 1999년
- [2] David M. Pozer, "Microwve Engineering", Addison Wesley Publishing Company, pp474-478, 1993.
- [3] 진 연강, "마이크로파 공학", 청문각, pp 415-417, 1995.
- [4] Jong-Sik Lim, Sung-Won Lee, Chul-Soo Kim, Jun-Seok Park, Dal Ahn, and Sang-Wook Nam, "A 4:1 Unequal Wilkinson power divider" IEEE Microwave and Wireless Components Letters,