

광대역 특성을 갖는 N-way 저항성 전력 분배기 설계

강민기¹, 백승호¹, 이소현¹, 장대훈¹, 임종식¹, 최흥택², 안달^{1*}
¹순천향대학교 전기통신공학과, ²BcNE Global Co.

A Design of Broadband N-way Resistance Power Divider

Min-Ki Kang¹, Seung-Ho Baek¹, So-hyun Lee¹, Dae-Hoon Jang¹,
Jongsik Lim¹, Heung-Taek Choi² and Dal Ahn^{1*}

¹Dep. of Electrical Communication Engineering, Soonchunhyang University
²BcNE Global Co.

요약 본 논문에서는 광대역 특성을 갖는 N-way 저항성 전력 분배기 설계에 대하여 기술하였다. 이를 위하여, 종래의 3-way 저항성 전력 분배기를 기본으로 N-way 저항성 전력 분배기의 설계식을 유도하였다. 유도된 설계식의 타당성을 입증하기 위해 7개의 출력으로 동일한 전력을 분배하는 8-way 저항성 전력 분배기를 설계하고, 제작된 저항성 전력 분배기의 측정결과를 관찰하였다. 제작된 저항성 전력 분배기는 DC부터 약 3GHz까지의 광대역에서 균등한 전력 분배 비율을 보였고, 반사손실 또한 약 -25dB로 우수한 특성을 나타내었다.

Abstract In this paper, N-way resistance power divider is described for wideband frequency characteristic. For this, we derived in design equation of a N-way resistance power divider using 3-way resistance power divider. We designed 8-way resistance power divider that can divide same power by 7 output and measurement result of fabricated resistance power divider is observed to prove the validity of derived design equation. Fabricated resistance power divider shown equal power division ratio and reflection loss displayed excellent characteristic by about -25dB in broadband from DC to 3GHz.

Key Words : resistance power divider, broadband

1. 서론

최근 무선 통신 기술의 급격한 발전에 따라 무선통신 시스템에 사용되는 RF 부품의 소형화, 고성능화, 비용 절감에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 RF 부품 중 전력 분배기는 능동, 수동 분야를 비롯해 다양한 분야에 응용되고 있다. 전력 분배기는 입력 전력을 둘 혹은 그 이상의 출력 단자로 각각 정해진 전력 분배비에 따라 나누는 역할을 한다. 전력 분배기에 관한 연구는 윌킨슨 전력 분배기를 중심으로 다양한 전력 분배기가 연구되고 있다.[1,2] 그러나 이러한 전력 분배기들은 한정된 주파수 범위를 갖고 있어 대역폭의 제한을 받는 문제가 생긴다.[3]

한편 집중소자 저항을 이용한 저항성 전력 분배기는 매우 넓은 대역에서 전력을 분배해주는 특성을 갖는다.[4]

본 논문에서는 집중소자 저항을 이용한 N-way 저항성 전력 분배기를 제안한다. 일반적인 3-way 저항성 전력 분배기에서 나아가 N-way 저항성 전력 분배기의 설계식을 유도하였다.

또한 유도된 설계식의 타당성을 입증하기 위해 중심주파수 2GHz에서 7개의 출력을 가지는 8-way 저항성 전력 분배기를 설계하고, 제작된 전력 분배기의 측정 결과에 대해 기술하고자 한다.

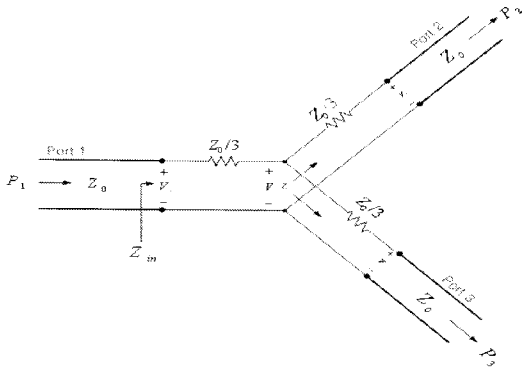
2. 설계 이론

2.1 3-way 저항성 전력 분배기

3포트 분배기에 손실성분이 포함되어 있으면 모든 포

*교신저자 : 안달(dahnkr@sch.ac.kr)

트를 정합시킬 수 있다. 하지만 이 경우 2개의 출력포트는 격리 되지는 않는다. 그림 1은 집중소자의 저항을 이용한 종류의 분배기를 보여주고 있으며 반전력 분배기를 나타내고 있으나 균등분배가 아닌 경우의 전력분배기 또한 가능하다. 그림 1의 저항성 분배기를 회로이론을 이용하면 쉽게 분석할 수 있다.



[그림 1] 3-way 저항성 전력 분배기.

모든 포트가 특성 임피던스 Z_0 인 부하로 종단되어있다고 가정하면 $Z_0/3$ 인 저항과 출력을 본 임피던스는 식(1)과 같이 표현되고 분배기의 임피던스는 식(2)와 같이 표현된다. 즉, 급전선과 임피던스 정합을 이루고 있음을 알 수 있다

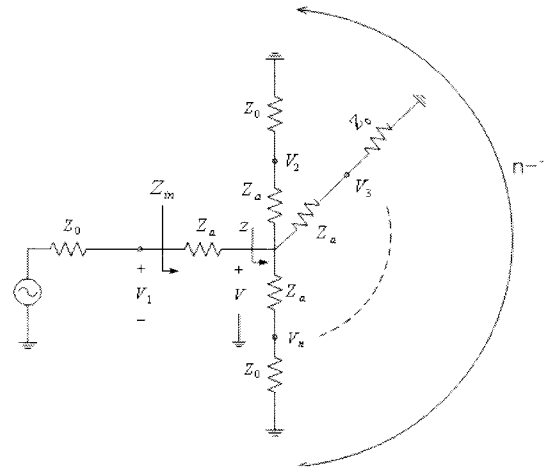
$$Z = \frac{Z_0}{3} + Z_0 = \frac{4Z_0}{3} \quad (1)$$

$$Z_{in} = \frac{Z_0}{3} + \frac{2Z_0}{3} = Z_0 \quad (2)$$

3개의 포트에서 이 회로는 대칭성을 갖고 있으므로 출력 포트도 정합되고 있다. 따라서 $S_{11} = S_{22} = S_{33} = 0$ 이 된다.

포트1에서의 전압이 V_1 이면 전압 분배법칙에 따라 접합부 중앙지점에서의 전압은 식(3)과 같고, 출력 전압은 전압분배 법칙에 의해 식(4)와 같이 표현된다.

그러므로 $S_{21} = S_{31} = S_{23} = 1/2$ 이 되며 이는 입력 레벨보다 -6dB 낮은 값이다. 회로는 가역적이므로 산란행렬은 대칭성을 갖게 되며 식(5)와 같이 표현된다.



[그림 2] N-way 저항성 전력 분배기

$$V = V_1 \frac{2Z_0/3}{Z_0/3 + 2Z_0/3} = \frac{2}{3} V_1 \quad (3)$$

$$V_2 = V_3 = V \frac{Z_0}{Z_0 + Z_0/3} = \frac{3}{4} V = \frac{1}{2} V_1 \quad (4)$$

$$[S] = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

여기서 분배기의 입력에 전달되는 전력은 식(6)과 같고, 공급된 전력의 반이 저항에서 소모된다는 것을 식(7)을 통해 알 수 있다.

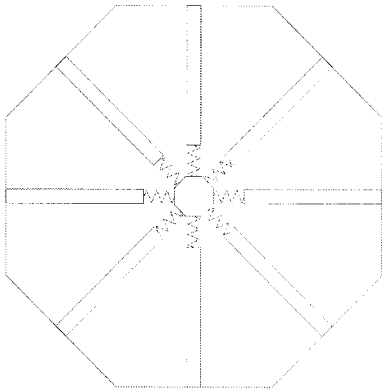
$$P_{in} = \frac{1}{2} \frac{V_1^2}{Z_0} \quad (6)$$

$$P_2 = P_3 = \dots = P_n = \frac{1}{2} \frac{(1/2 V_1)^2}{Z_0} = \frac{1}{4} P_{in} \quad (7)$$

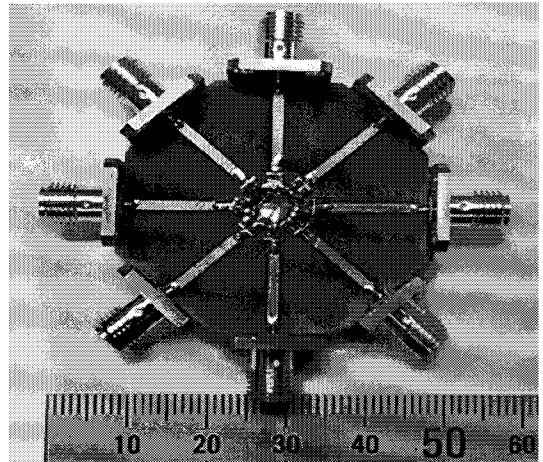
2.2 N-way 저항성 전력 분배기

그림 2는 본 논문에서 제안한 (N-1)개의 출력포트를 갖는 N-way 저항성 전력 분배기의 회로도이다.

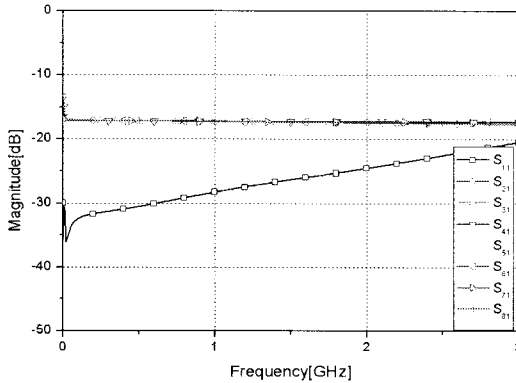
제안된 구조 또한 회로이론으로 해석이 가능하다. 접합부 중앙지점에서 출력을 바라 본 임피던스는 식(8)과 같고 분배기의 임피던스는 식(9)와 같다.



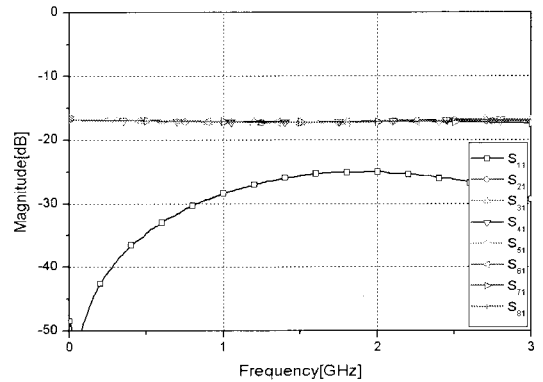
[그림 3] 8-way 저항성 전력 분배기 회로



[그림 5] 제작된 8-way 저항성 전력 분배기



[그림 4] 8-way 저항성 전력 분배기의 EM 시뮬레이션 결과



[그림 6] 제작된 8-way 저항성 전력 분배기의 측정 결과

$$Z = \frac{Z_a + Z_0}{N-1} \quad (8)$$

$$Z_{in} = Z_a + \frac{Z_a + Z_0}{N-1} = Z_0 \quad (9)$$

식(9)로부터 변형된 식(10)을 이용하면 저항성 분배기의 저항값을 구할 수 있다.

3-way와 같이 중앙에서의 전압과 출력 전압을 전압 분배법칙을 이용해 구하면 식 (11), (12)와 같다.

$$Z_a = \frac{N-2}{N} Z_0 \quad (10)$$

$$V = \frac{Z}{Z_a + Z} \quad (11)$$

$$V_2 = \dots V_n = \frac{Z_0}{Z_a + Z_0} V = \frac{1}{(N-1)} V_1 \quad (12)$$

3. 시뮬레이션 및 제작 측정

제안된 설계 이론의 타당성을 입증하기 위해 중심 주파수 2GHz에서 각 출력 간 1:1의 분배비를 갖는 8-way 저항성 전력 분배기를 설계하였다. 식(10)에 의해 계산된 8-way 저항성 전력 분배기의 저항값은 37.5옴이다.

제작에 앞서 Ansoft사의 HFSS V11을 사용하여 EM 시뮬레이션 해 보았다. 그림 3은 시뮬레이션을 위한 회로도이다. 집중소자 저항의 연결을 위해 접합부에 8각형의 패드를 삽입하였으며 선로는 50옴 선로로 구성하였다.

그림 4는 8-way 저항성 전력 분배기를 EM 시뮬레이션 한 결과이다. EM 시뮬레이션 결과 중심 주파수에서 각 출력 간 1:1의 분배비를 확인하였고 반사손실 또한 -24.64dB로 우수한 특성을 보였으며 대역폭은 약 2GHz로 매우 광대역 특성을 보였다.

[표 1] 시뮬레이션과 측정 결과의 비교 @2GHz

	EM simulation[dB]	Measurement[dB]
S11	-24.64	-25.02
S21	-17.03	-17.19
S31	-17.06	-17.09
S41	-17.01	-17.05
S51	-17.12	-17.20
S61	-17.10	-17.16
S71	-17.07	-17.19
S81	-17.03	-17.17

그림 5는 제안된 구조의 실제 제작된 8-way 저항성 전력 분배기이다. 유전율 4.8, 31mil의 FR4 기판을 사용하였다.

그림 6은 제작된 저항성 전력 분배기의 측정 결과이다. 측정은 Agilent사의 Vector Network Analyzer E5071B를 사용하여 4개의 포트를 터미네이션 시킨 후 두 번 측정하였다. 측정 결과를 보면 중심 주파수 2GHz에서 모든 출력 간에 1:1의 분배비를 가지고 균등 분배가 이뤄지고 있으며 반사손실도 -25.02dB로 매우 우수한 특성을 보였다.

중심주파수 2GHz에서의 EM 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 표 1에 비교하여 나타내었다.

4. 결론

본 논문에서는 N-way 저항성 전력 분배기의 설계방법을 제안하였다. 제작된 저항성 전력 분배기는 DC부터 약 3GHz까지의 광대역에서 균등한 전력분배비율을 보였고, 반사손실 또한 전 대역에서 -25dB이상의 우수한 특성을 나타내었다. 제안된 전력 분배기는 집중소자 저항으로 설계하기 때문에 설계과정이 간단하고, 매우 넓은 대역을 가지는 특성을 보였다. 따라서 광대역에서의 전력분배가 필요한 송수신 시스템이나 여러 RF시스템에 다양하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] 나인호, 배주석, 권철현, 임종식, 안달, "Branch-Line hybrid를 이용한 새로운 구조의 3-way 전력분배기", 추계 마이크로파 및 전파 학술회의, pp.531-534, 2007.

[2] J. -S. Lim, S. -W. Lee, C. -S. Kim, J. -S. Park, D. Ahn, and S. -W. Nam, "A 4:1 Unequal Wilkinson Divider", IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 11, no. 3, pp.124-126, Mar. 2001.

[3] 박준석, 김형석, 안달, 강광용, "마이크로파대 평면형 광대역 전력분배기 설계," 한국전자파학회논문지 제 12권 4호, pp.651-657, 6월, 2001.

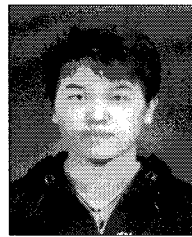
[4] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, Wesley Publishing Company, pp.436-438, 1993.

[3] Guillermo Gonzalez, *Microwave Transistor Amplifiers*, Second edition, pp.22-44, 1997.

[5] J. David Irwin, R. Mark Nelms, *Basic Engineering Circuit Analysis*, 8th Edition, Wiley Company, pp.18-29, 2005.

강민기(Min-Ki Kang)

[정회원]



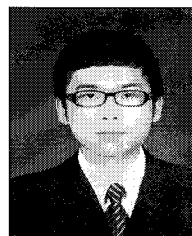
• 2009년 2월 : 순천향대학교 정보기술공학부 (공학사)

<관심분야>

RF, 초고주파 수동/능동 소자 설계

백승호(Seung-Ho Baek)

[정회원]



• 2009년 2월 : 순천향대학교 정보기술공학부 (공학사)

<관심분야>

RF, 초고주파 수동/능동 소자 설계

이 소 현(So-Hyum Lee)

[정회원]



- 2009년 2월 : 순천향대학교 정보기술공학부 (공학사)

<관심분야>

RF, 초고주파 수동/능동 소자 설계

장 대 훈(Dae-Hoon Jang)

[정회원]



- 2008년 2월 : 순천향대학교 정보기술공학부 (공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 전기통신공학과 (공학석사과정)

<관심분야>

RF, 초고주파 수동/능동 소자 설계

임 종 식(Jongsik Lim)

[정회원]



- 1991년 2월 : 서강대 전자공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 서강대 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : 서울대 대학원 전기컴퓨터공학부 (공학박사)
- 1993년 2월 ~ 2005년 2월 한국 전자통신연구원 선임연구원
- 2005년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 전기통신공학과 재직중

<관심분야>

초고주파 무선 회로/부품 설계, 능동/수동 소자 모델링 및 회로 응용, 주기 구조의 모델링 및 회로 응용 등임.

최 흥 택(Heung-Taek Choi)

[정회원]



- 1984년 2월 : 고려대학교 전자공학과(공학사)
- 1986년 2월 : 고려대학교 전자공학과(공학석사)
- 1994년 3월 : 고려대학교 전자공학과(공학박사수료)
- 1987년 9월 ~ 1994년 12월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2000년 5월 ~ 2003년 12월 : (주)아이티모바일 대표이사
- 2004년 1월 ~ 2005년 12월 : (주)아이티모바일시스템즈 대표이사
- 2006년 11월 ~ 현재 : BcNE Global Co. 전무

<관심분야>

RF통신회로설계, 이동통신 시스템설계 등

안 달(Dal Ahn)

[정회원]



- 1984년 2월 : 서강대학교 전자공학과(공학사)
- 1986년 2월 : 서강대학교 전자공학과(공학석사)
- 1990년 8월 : 서강대학교 전자공학과(공학박사)
- 1990년 8월 ~ 1992년 2월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 1992년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 전기통신공학과 재직중

<관심분야>

RF, 마이크로파 수동소자 해석 및 설계 등임.