

# V/UHF-대역 광대역 4분기 전력 분배기 설계

## Design of a V/UHF-Band Broadband 4-Way Power Divider

박여일 · 고진현\* · 이재권\* · 박영주\*\* · 박동철

Yeo-Il Park · Jin-Hyun Ko\* · Jae-Kwon Ha\* · Young-Joo Park\*\* · Dong-Chul Park

### 요 약

본 논문에서는 V/UHF 대역인 20~500 MHz에서 동작하는 광대역 4분기 전력 분배기를 전송선 변환기와 페라이트 토로이드를 이용하여 설계하였다. 4:1 임피던스 변환기를 구현하였고, 이 4:1 변환기는 4분기 전력 분배기를 구현하기 위해 브리지 구조를 이용한 2분기 전력 분배기와 연결되었다. 구현된 4분기 전력 분배기는 요구 대역 내에서 약 6.8 dB의 삽입 손실, -20 dB 이하의 격리도, -15 dB 이하의 반사 손실 특성을 갖는 것으로 측정되었다.

### Abstract

In this paper, a broadband 4-way power divider which can be used from 20 MHz to 500 MHz in the V/UHF band is designed using transmission-line transformer and ferrite toroid. A 4:1 impedance transformer is realized and this 4:1 transformer is connected with bridge-type 2-way dividers to form a 4-way power divider. Insertion loss of about 6.8 dB, isolation of less than -20 dB, and return loss of less than -15 dB in most band of interest are measured.

Key words : 4-Way Power Divider, V/UHF, Broadband, Transmission-Line Transformer, Ferrite Toroid

### I. 서 론

국내의 전력 분배기에 관한 연구는 Wilkinson 전력 분배기를 중심으로 GHz 대역의 다양한 전력 분배기가 연구되었으나, Wilkinson 구조 외의 다른 구조에 대한 연구는 미미한 실정이다<sup>[1]</sup>.

Wilkinson 구조를 이용하지 않은 분배기 중 V/UHF 대역에서 광대역으로 동작하는 전력 분배기로는 브리지 구조를 이용한 전력 분배기가 있다<sup>[2]</sup>. 이 구조는 Werlau의 연구를 통해 더 간결하게 변화되었고, 그 특성이 개선되어 동축 케이블과 페라이트로 구현되었다<sup>[3]</sup>. 또한, 본 연구진에서는 Werlau의 브리지 구조를 이용한 전력 분배기를 응용하여 V/UHF-

대역 2분기 전력 분배기를 구현하여 발표하였다<sup>[4]</sup>. 하지만 2분기 전력 분배기의 경우 요구되는 2:1 임피던스 변환기의 정확한 구현이 쉽지 않아 전체적인 분배기의 구현이 어렵고 구현하여도 그 특성이 만족스럽지 못한 단점이 있다. 반면 4분기 전력 분배기의 경우 4:1 임피던스 변환기를 사용하는데, 여러 연구를 통해 구현하기 쉽고 좋은 특성을 보이는 4:1 임피던스 변환기가 많이 연구되었다<sup>[5],[6]</sup>.

본 논문에서는 인쇄 회로 기판 위에 구현된 브리지 구조의 2분기 전력 분배기와 4:1 임피던스 변환기를 이용하여 4분기 전력 분배기를 구현하는 방법을 제시하였다. 4:1 임피던스 변환기는 Ruthroff 임피던스 변환기를 사용하였는데, V/UHF 대역에서 좋은

「본 논문은 국방과학연구소 위탁연구(UD050009FD) 과제 연구비 지원에 의하여 수행되었음.」

충남대학교 전파공학과(Department of Radio Science & Engineering, Chungnam National University)

\*블루웨이브텔(주)(BlueWaveTel)

\*\*국방과학연구소(Agency for Defense Development)

· 논문 번호: 20070518-09S

· 수정완료일자: 2007년 8월 16일

## II. 설계 및 시뮬레이션

특성을 보여 많이 이용되고 있다. 또한, 4분기 전력 분배기를 구현할 때 브리지 구조를 인쇄 회로 기판 위에 동축 케이블과 마이크로스트립 선로, 페라이트를 이용하여 인쇄 회로 기판을 이용할 경우, 동축 케이블만을 이용한 구조에 비해 간결하게 구현할 수 있고, 소자를 연결시킬 때도 이전의 구조에 비해 편리하다. 그리고 인쇄 회로 기판을 이용할 때 임피던스 변환기도 Werlau가 사용한 Guanella 임피던스 변환기 대신 좀 더 간단한 구조의 Ruthroff 임피던스 변환기를 사용하여 4분기 전력 분배기를 구현할 수 있다는 장점이 있다. Ruthroff 임피던스 변환기는 마이크로스트립 기판 위에 구현할 경우 하나의 동축 케이블을 이용하여 구현이 가능하지만, Guanella 임피던스 변환기의 경우 두 개의 동축 케이블을 사용해야 하기 때문에 비교적 구현이 어렵다. 그 때문에 Guanella 임피던스 변환기는 Ruthroff 임피던스 변환기에 비해 좋은 특성을 갖도록 구현하기가 어렵다. 따라서 구현이 쉽고 만족할만한 특성을 보인 Ruthroff 임피던스 변환기를 선택하여 사용하였다. 또한, Werlau는 4분기 전력 분배기의 제작 방법을 블록 다이어그램으로만 제안하였으나, 본 논문에서는 이를 구체화시켰다.

본 논문에서는 V/UHF 대역에서 25:1의 넓은 대역폭(20~500 MHz)을 갖는 4분기 전력 분배기를 그림 1과 같이 구현하였다. 기본적으로 Werlau가 제안한 브리지 구조의 분배기에 두 개의 Ruthroff 4:1 임피던스 변환기를 연결시키고, 그 뒤에 두 개의 브리지 구조 분배기 부분을 연결시켜 모든 포트가 50 Ω으로 매칭된 4분기 전력 분배기를 구현하였으며 그 특성을 측정하였고 시뮬레이션 결과와 비교하였다.

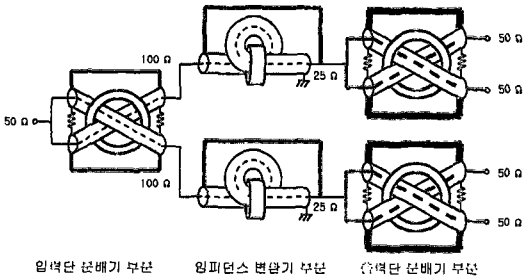


그림 1. 제안하는 4분기 전력 분배기의 구조  
Fig. 1. Proposed 4-way power divider configuration.

그림 1은 동축 케이블과 마이크로스트립 선로, 페라이트를 이용한 4분기 전력 분배기의 구조를 나타내고 있다. 이 분배기는 입력 신호를 동일한 진폭과 위상으로 나누는 입력단 쪽의 분배기 부분과, 분배 후의 100 Ω 임피던스를 25 Ω으로 변환시켜 주는 4:1 임피던스 변환기 부분, 그리고 각각 분배되어 임피던스 변환기를 통과한 두 신호를 동일한 진폭과 위상으로 나누는 출력단 쪽의 분배기 부분으로 나누어 설계되었다.

설계된 4분기 전력 분배기를 Agilent社의 ADS 2004A를 이용하여 입력단 쪽의 분배기 부분과 임피던스 변환기 부분, 출력단 쪽의 분배기 부분, 그리고 4분기 전력 분배기 전체를 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션에 사용한 마이크로스트립 기판은 유전율 4.4, 두께 1.5 mm, 손실 탄젠트는 0.02의 FR-4이며, 50 Ω 선로 폭은 2.855 mm, 25 Ω 선로 폭은 7.842 mm이다. 50 Ω 동축 케이블은 내부 도체의 직경 0.9 mm, 외부 도체의 직경 3.55 mm, 유전체는 유전율 2.1의 Teflon을 이용한 동축 케이블을 사용하였고, 25 Ω 동축 케이블은 내부 도체의 직경 1.62 mm, 외부 도체의 직경 3.05 mm, 유전체는 유전율 2.26의 Teflon을 이용한 동축 케이블을 사용하였다.

### 2-1 입력단 쪽의 분배기 부분

Werlau가 제안한 페라이트 토로이드와 두 동축 케이블이 교차하는 브리지 구조를 이용한 분배기 부분을 그림 2에 보였다. 두 50 Ω 동축 케이블의 내부 도체로 신호가 통과하고, 각각의 외부 도체의 끝은 반대편 외부 도체의 끝과 50 Ω 마이크로스트립 선

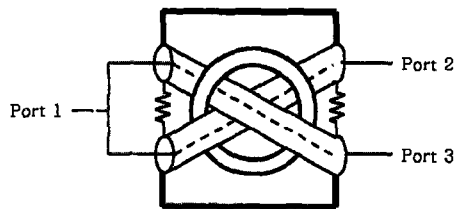


그림 2. 페라이트 토로이드와 브리지 구조를 이용한 분배기 부분  
Fig. 2. Divider part using ferrite toroid and bridge configuration.

로로 연결되어 있으며, 외부 도체들은 100 Ω 저항으로 격리되어 있다. 그리고 두 동축 케이블은 페라이트 코어 내부에서 서로 교차하고 있다.

동축 케이블을 페라이트에 감을 경우, 선로의 인덕턴스는 식 (1)과 같이 표현된다. 따라서 감긴 횟수  $N$ 이 증가하거나 상대 투자율이 커지게 되면 인덕턴스 값이 커지게 되고 따라서 선로의 임피던스도 커지게 되어 결국 동축 케이블 외부 도체에 흐르는 전류는 작아지게 된다.

$$L = \frac{\mu_0 \mu_R N^2 S}{2\pi \rho_0} \quad (1)$$

여기서  $\rho_0$ 는 토로이드의 평균 반지름,  $\mu_R$ 은 상대 투자율,  $N$ 은 감긴 횟수,  $S$ 는 토로이드의 단면적이다. 그림 3은 본 논문에서 사용한 페라이트의 주파수에 따른 투자율 곡선을 보여주고 있다. 페라이트의 투자율은 하한 주파수인 20 MHz에서 큰 값을 갖고 주파수가 올라갈수록 감소되어 40 MHz 이상에서는 그 값이 거의 1이 되는데, 이 특성을 이용하여 낮은 주파수 대역의 인덕턴스를 증가시켜 낮은 주파수 대역으로 동작 대역을 확장시킨다. 또한, 분배기 부분의 동축 케이블 길이는 구현 가능한 범위 내에서 최소화하여 삽입 손실 특성이 저하되지 않도록 하였다.

그림 4(a)는 그림 2의 ADS schematic이며, 그림 4(b)는 이 부분의  $S$  파라미터 특성을 나타내고 있다. 그림 4(a)에서 그림 2의 두 동축 케이블 TL1, TL2의

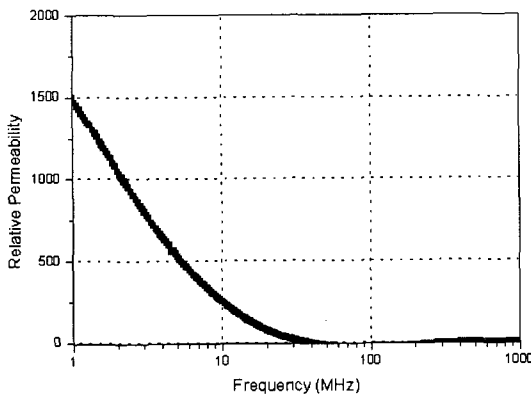
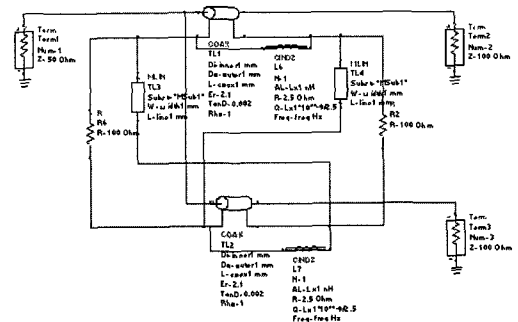


그림 3. 주파수에 따른 NiZn 페라이트의 상대 투자율 특성

Fig. 3. Relative permeability of the utilized NiZn ferrite.

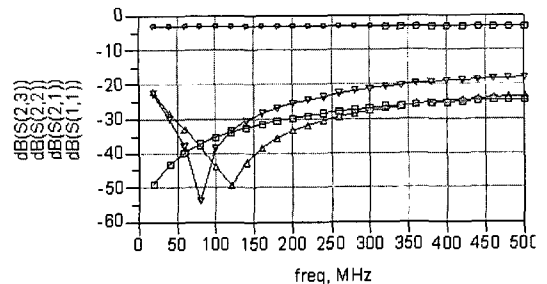
길이는 각각 90 mm이고, 두 동축 케이블의 외부 도체를 연결한 마이크로스트립 선로 TL3, TL4의 길이는 각각 70 mm로, 제작에 이용하고자 하는 동축 케이블과 마이크로스트립 선로의 특성을 적용하여 파라미터를 조절하면서 특성이 가장 좋은 값으로 결정하였다. 두 동축 케이블 사이의 저항은 R2, R6으로 표기되어 있으며 그 값은 각각 100 Ω이다. 토로이드 인덕터 L6, L7을 동축 케이블의 외부 도체에 병렬로 연결시켜 동축 케이블이 페라이트 토로이드에 감겨 발생된 인덕턴스의 특성을  $S$  파라미터 시뮬레이션에 포함시켰다.

그림 4(b)에 보인 입력단 분배기의  $S$  파라미터 특성을 살펴보면,  $|S_{21}|$ 이  $-3.02 \sim -3.10$  dB로 입사된 전력이 큰 손실 없이 반반으로 나누어짐을 확인할 수 있었고, 20~500 MHz의 대역 내에서  $|S_{11}|$ ,  $|S_{22}|$ ,  $|S_{23}|$  특성이 전반적으로  $-20$  dB 이하의 값을 갖는



(a) 입력단 쪽의 분배기 부분의 schematic

(a) Schematic of divider part of the input port



(b) 입력단 쪽의 분배기 부분  $S$  파라미터

(b)  $S$ -parameters of divider part of the input port

그림 4. 입력단 쪽의 분배기 부분 구조와 시뮬레이션 결과

Fig. 4. Structure and simulation results of the divider part of the input port.

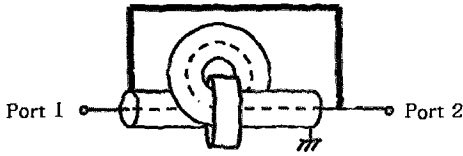


그림 5. 페라이트 토로이드를 이용한 Ruthroff 임피던스 변환기

Fig. 5. Ruthroff impedance transformer using ferrite toroid.

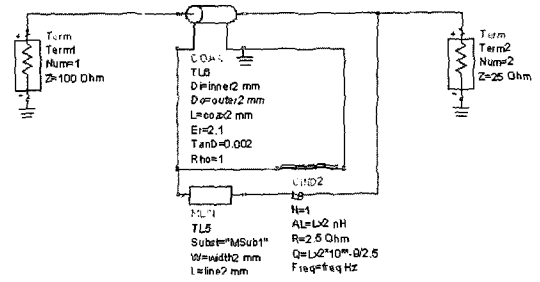
것을 확인할 수 있었다. 이는 각 포트의 정합 특성이 우수하고, 포트 간의 격리도도 우수함을 의미한다.

### 2-2 임피던스 변환기 부분

그림 2의 페라이트 토로이드와 브리지 구조를 이용한 분배기 부분은 입력 포트의 임피던스가 50 Ω 인 반면, 출력의 두 포트는 각각 100 Ω의 임피던스를 갖는다. 최종 구현된 분배기의 출력단 임피던스를 입력단 임피던스와 같게 변화시키기 위해 임피던스 변환기를 사용해야 한다. 그림 5에 Ruthroff 임피던스 변환기의 구조를 보였으며, 이 변환기는 4:1의 임피던스 비를 갖는다.

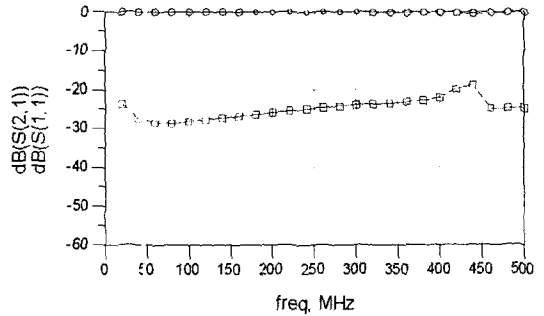
임피던스 변환기 부분을 그림 6(a)에 ADS schematic으로 나타내었고, 그 시뮬레이션 결과를 그림 6(b)에 나타내었다. 그림 6(a)에서 동축 케이블 TL6의 길이는 120 mm이고, 마이크로스트립 선로 TL5의 길이는 95 mm로 분배기 부분의 시뮬레이션과 마찬가지로 제작에 이용하고자 하는 동축 케이블과 마이크로스트립 선로의 특성을 삽입하여 파라미터를 조절하면서 특성이 가장 좋은 값으로 결정하였다. 토로이달 인덕터 L8을 동축 케이블의 외부 도체에 병렬로 연결시켜 동축 케이블이 페라이트 토로이드에 감겨 발생된 인덕턴스의 특성을 S 파라미터 시뮬레이션에 포함시켰다. 그림 6(b)의 S 파라미터 특성을 살펴보면  $|S_{21}|$ 은 거의 0 dB에 가까운 값을 갖고,  $|S_{11}|$ 도 거의 모든 대역에서 -20 dB 이하의 값을 보이고 있다.

그림 6(b)의 400~450 MHz 대역에서  $|S_{11}|$  값이 약간 커지는 것을 볼 수 있는데, 이는 Ruthroff 임피던스 변환기의 특성으로 동축 케이블과 마이크로스트립 선로의 길이가 짧을수록 높은 주파수 대역에서 이러한 특성이 보인다. 그림 7은 그림 6(a) 구조의



(a) 임피던스 변환기 부분의 schematic

(a) Schematic of impedance transformer part



(b) 임피던스 변환기 부분의 S 파라미터

(b) S-parameters of impedance transformer part

그림 6. 4:1 임피던스 변환기 부분 구조와 시뮬레이션 결과

Fig. 6. Structure and simulation results of the impedance transformer part.

Ruthroff 임피던스 변환기 특성을 동축 케이블과 마이크로스트립 선로 길이의 변화에 따라 살펴본 그래프로, 마커로 표시된 부분은 동축 케이블의 길이가 120 mm일 때의 그림 6(b)에서 보인 특성이다. 동축 케이블의 길이를 100 mm부터 150 mm까지 10 mm 간격으로 변화시키고 동축 케이블 각각의 길이에서 최적 값을 갖는 마이크로스트립 선로의 값을 적용시켜 시뮬레이션 하였다. 그 결과 동축 케이블과 마이크로스트립 선로의 길이가 길어질수록  $|S_{11}|$ 이 커지는 지점이 낮은 주파수 쪽으로 이동하는 것을 확인하였다.

이상에서 S 파라미터를 통해 확인한 임피던스 변환기 부분의 특성은 손실이 거의 없이 전력을 잘 전달함을 알 수 있다.

### 2-3 출력단 쪽의 분배기 부분

그림 2에서 보인 브리지 구조를 이용한 분배기 부분과 같은 구조로 출력단 쪽의 분배기 부분을 구현

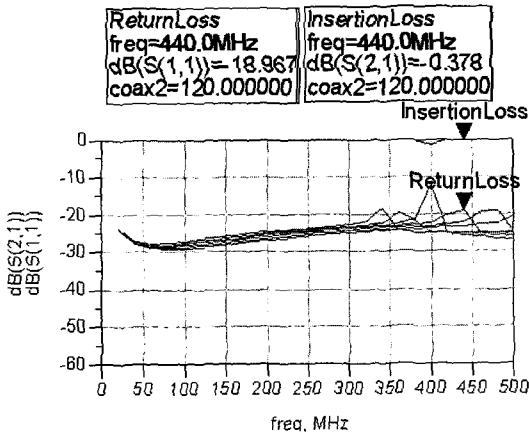
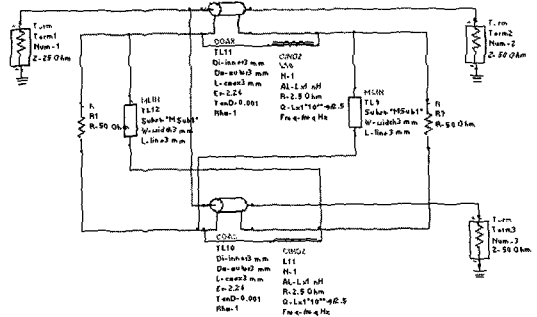


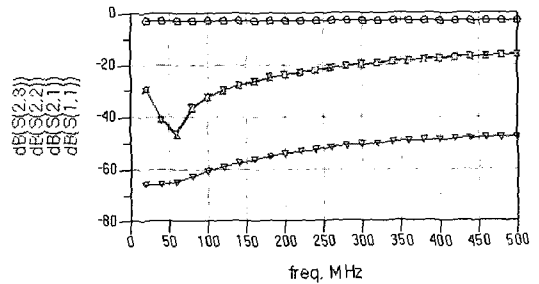
그림 7. 동축 케이블과 마이크로스트립 선로 길이의 변화에 따른 Ruthroff 임피던스 변환기 특성  
 Fig. 7. Characteristics of the Ruthroff impedance transformer according to the length variation of the coaxial cable and microstrip line.

하였다. 그러나 출력단 쪽 분배기 부분의 입력 임피던스는 25 Ω, 이의 출력 임피던스는 50 Ω이므로 특성 임피던스가 25 Ω인 동축 케이블과 마이크로스트립 선로를 이용하여 그림 8(a)에 ADS schematic으로 나타내었고, 그림 8(b)에 출력단 쪽 분배기 부분의 S 파라미터 특성을 보이고 있다. 그림 8(a)에서 두 동축 케이블 TL10, TL11의 길이는 각각 90 mm, 두 동축 케이블의 외부 도체를 연결한 마이크로스트립 선로 TL9, TL12의 길이는 각각 70 mm로 제작에 이용하고자 하는 동축 케이블과 마이크로스트립 선로의 특성을 삽입하여 파라미터를 조절하면서 특성이 좋은 값으로 결정하였다. 두 동축 케이블 사이의 저항 R1, R7의 값은 각각 50 Ω이다. 그리고 토로이달 인덕터 L10, L11을 동축 케이블의 외부 도체에 병렬로 연결시켜 동축 케이블이 페라이트 토로이드에 감겨 발생된 인덕턴스의 특성을 S 파라미터 시뮬레이션에 포함시켰다.

그림 8(b)를 통해 분배기 부분의 특성을 살펴보면,  $|S_{21}|$ 이 -3.02 ~ -3.10 dB로 입사된 전력이 큰 손실 없이 둘로 나누어짐을 확인할 수 있었고, 20 ~ 500 MHz의 대역 내에서  $|S_{11}|$ ,  $|S_{22}|$ ,  $|S_{23}|$  특성이 전반적으로 -20 dB 이하의 값을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 이는 각 포트의 정합 특성이 우수하고, 포트 간의 격리도도 우수함을 의미한다.



(a) 출력단 쪽의 분배기 부분의 schematic  
 (a) Schematic of divider part of the output port



(b) 출력단 쪽의 분배기 부분 S 파라미터  
 (b) S-parameters of divider part of the output port

그림 8. 출력단 쪽의 분배기 부분 구조와 시뮬레이션 결과  
 Fig. 8. Structure and simulation results of the divider part of the output port.

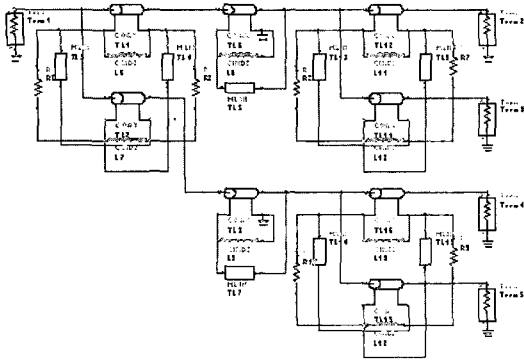
### 2.4 4분기 전력 분배기 전체 시뮬레이션

앞에서 설계한 분배기 부분의 두 출력단에 임피던스 변환기 부분을 연결하여 모든 포트가 50 Ω으로 정합된 그림 1과 같은 4분기 전력 분배기를 구성시켜 시뮬레이션 하였다. 그림 1의 ADS schematic을 그림 9(a)에 표현하였고, 시뮬레이션 결과를 그림 9(b)에 나타내었다.

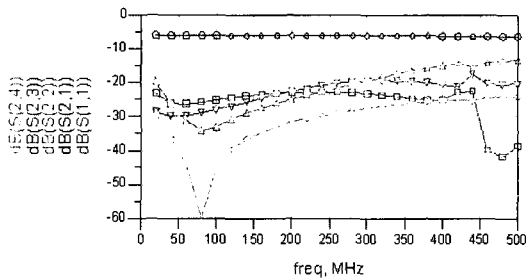
구현된 4분기 전력 분배기는 V/UHF 대역(20 ~ 500 MHz) 내에서 삽입 손실이 6.08 ~ 6.28 dB, 포트 간의 격리도는 -20 dB 이하, 반사 손실도 -15 dB 이하의 값을 갖는 우수한 특성을 보여주고 있다.

### III. 제작 및 측정

그림 3의 투자율을 갖는 SCC Korea社의 NiZn 페라이트, 유전율 4.4, 두께 1.5 mm, 손실 탄젠트 0.02



(a) 4분기 전력 분배기 schematic  
(a) Schematic of 4-way power divider



(b) 4분기 전력 분배기의 S 파라미터  
(b) S-parameters of 4-way power divider

그림 9. 4분기 전력 분배기 구조와 시뮬레이션 결과  
Fig. 9. Structure and simulation results of the 4-way power divider.

의 FR-4 기판, 50 Ω, 25 Ω 동축 케이블, 100 Ω, 50 Ω lead 저항을 이용하여 그림 1, 그림 9(a)와 같은 구조의 전력 분배기를 제작하였고, 제작된 분배기의 사진을 그림 10에 나타내었다.

그림 10은 크게 입력단 분배기, 두 개의 임피던스 변환기, 그리고 두 개의 출력단 분배기로 구성되어 있다. 먼저 입력단에 페라이트 토로이드와 두 동축 케이블이 교차하는 브리지 구조를 이용한 분배기를 구현하였다. 두 50 Ω 동축 케이블의 내부 도체로 신호가 통과하고, 각각의 외부 도체의 끝은 반대편 외부 도체의 끝과 50 Ω 마이크로스트립 선로로 연결되어 있으며, 외부 도체들은 100 Ω 저항으로 격리되어 있다. 그리고 두 동축 케이블은 페라이트 코어 내부에서 서로 교차하고 있다.

다음, 입력단 쪽 분배기의 두 출력단에 각각 Ruthroff 4:1 임피던스 변환기를 연결시켰다. 이 임피던

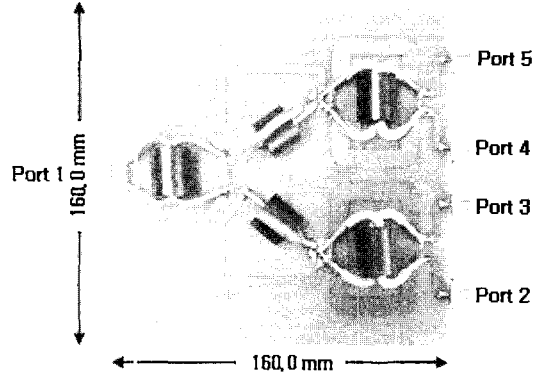


그림 10. 제작된 4분기 전력 분배기 사진  
Fig. 10. Photograph of the fabricated 4-way power divider.

스 변환기는 페라이트에 감긴 50 Ω 동축 케이블로 구현되었고, 임피던스 변환기 입력단의 동축 케이블 외부 도체와 출력단의 내부 도체가 서로 50 Ω 마이크로스트립 선로로 연결되었다. 그리고 임피던스 변환기 출력단의 외부 도체는 접지와 연결되었다.

마지막으로, 두 임피던스 변환기의 출력단에 브리지 구조를 이용한 두 개의 분배기가 연결되었다. 출력단 쪽 분배기 부분은 입력단 쪽 분배기 부분과 같은 구조지만 소자의 임피던스는 다르다. 출력단 분배기 부분에서는 25 Ω의 동축 케이블과 마이크로스트립 선로, 50 Ω의 저항을 이용하여 구현하였다. 구현시 동축 케이블과 마이크로스트립 선로의 길이는

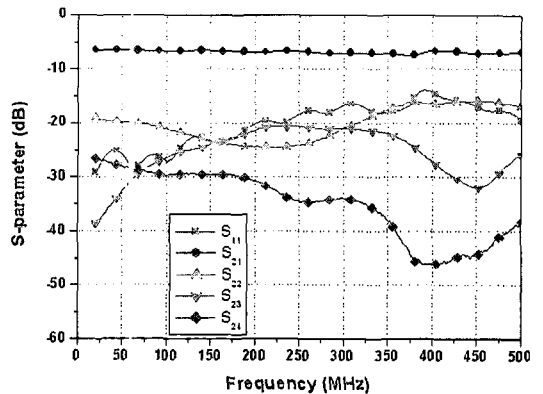


그림 11. 제작된 4분기 전력 분배기의 측정된 S 파라미터  
Fig. 11. Measured S-parameters of the fabricated 4-way power divider.

시뮬레이션을 수행할 때 이용한 길이와 동일한 길이로 구현되었다.

Agilent Technologies社의 N5230A 4포트 벡터 회로망 분석기를 이용해 20~500 MHz 대역에서  $S$  파라미터를 측정하고 그 결과를 그림 11에 보였다. 이 4분기 전력 분배기는 가역적이기 때문에  $S$  파라미터 중 일부만을 측정하여 나타내었다. 그림 11에서 보인  $|S_{21}|$ 은 -6.8 dB에서 동작하는 것을 확인할 수 있는데, 이는 시뮬레이션 특성과 비교해 볼 때 그 값이 최대 0.4 dB 차이가 났으나, 전반적인 특성은 매우 유사함을 확인할 수 있었다.  $|S_{23}|$ 도 전반적으로 -20 dB 이하에서 동작하고,  $|S_{24}|$ 의 경우 대부분 -30 dB 이하에서 동작함을 확인할 수 있었다. 반사 계수의 경우,  $|S_{11}|$ 과  $|S_{22}|$  모두 전체 대역 내에서 -15 dB 이하의 값을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 비교해 볼 때 전반적으로 유사한 특성을 보임을 알 수 있었다.

또한, 각 포트 간의 삽입 손실을 그림 12에 나타내었다. 그림 12를 보면 네 출력 포트의 삽입 손실은 큰 차이 없이 거의 동일한 값을 갖는다. 350~400 MHz 사이에서 삽입 손실의 변화는 임피던스 변환기의 영향 때문에 생긴 특성이다. 그림 6(b)에서  $|S_{11}|$  특성이 400~450 MHz 사이에서 그 값이 약간 커지는 것을 볼 수 있는데, 이 현상이 구현된 4분기 전력 분배기에 영향을 미쳐 그림 12와 같은 삽입 손실 특성이 나타난다. 그리고 그림 12를 보면 각 포트의 삽

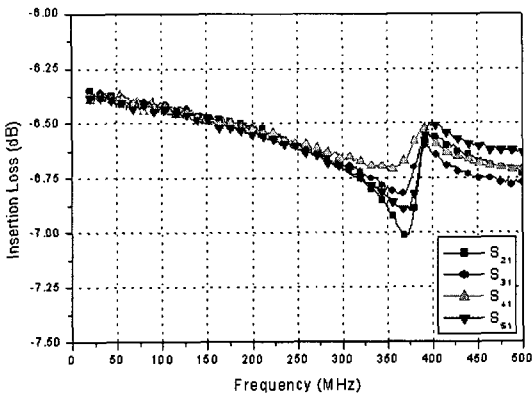


그림 12. 제작된 4분기 전력 분배기의 측정된 삽입 손실 특성

Fig. 12. Measured insertion losses of the fabricated 4-way power divider.

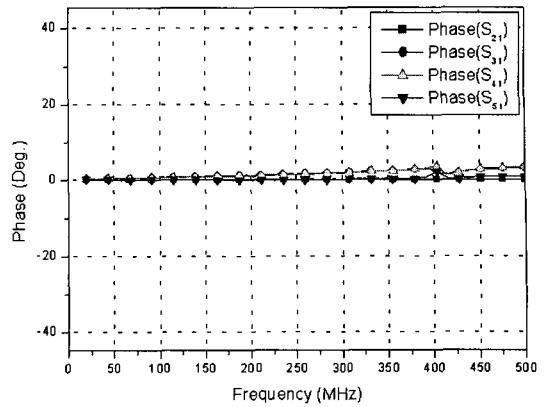


그림 13. 제작된 4분기 전력 분배기의 측정된 위상 특성

Fig. 13. Measured phase of the fabricated 4-way power divider.

입 손실의 차가 0.4 dB 미만이어서 각 포트의 삽입 손실이 거의 같음을 확인하였다.

각 포트간의 위상차를 그림 13을 통해 나타내었다. 각 포트의 위상차는  $S_{31}$ ,  $S_{41}$ , 그리고  $S_{51}$ 의 위상을  $S_{21}$ 의 위상으로 각각 나누어 각 포트에서의 위상의 차이를 보는 방법으로 나타내었다. 그림 13에서  $S_{41}$ 이 400 MHz 근처에서 약 4°로 가장 큰 값을 갖고, 그 외의 다른 지점에서는 이보다 작은 위상차를 보인다. 따라서 네 포트로의 출력은 위상차가 거의 없이 거의 동일한 위상값을 갖는 것을 확인할 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 V/UHF 대역에서 25:1의 넓은 대역 폭(20~500 MHz)을 갖는 4분기 전력 분배기를 구현하였다. 설계 이론을 살펴보고, 각 부분의 특성을 시뮬레이션을 통해 파악한 뒤, 전체적인 특성을 확인하였으며, 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 비교해 보았다. 구현된 분배기는 전 대역에서 -6.8 dB 미만의 삽입 손실, -20 dB 이하의 격리도, -15 dB 이하의 반사 손실을 갖는다. 또한, 각 포트의 삽입 손실의 차가 0.4 dB 미만으로 각 포트간 삽입 손실이 거의 같은 특성을 보임을 확인하였다. 그리고 각 포트의 위상차도 4도 미만으로 각 포트의 위상 값이 거의 같은 것을 알 수 있다. 이를 통해 본 논문에서 제안한 4분기 전력 분배기가 우수한 성능을 보여주고

있다는 것을 확인할 수 있다.

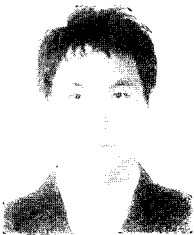
### 참 고 문 헌

[1] E. J. Wilkinson, "An N-way hybrid power divider", *IRE Trans. Microwave Theory and Tech.*, vol. MTT-8, pp. 116-118, Jan. 1960.  
 [2] R. C. Edwards, "Wideband transmission line signal combiner/divider", *United States Patent* 4,774,481, Sep. 1988.  
 [3] B. J. Werlau, "High power broadband combiner hav-

ing ferrite cores", *United States Patent* 6,246,299, Jun. 2001.

[4] 박여일, 고진현, 박영주, 박동철, "V/UHF-대역 2분기 전력 분배기", *한국전자과학회논문지*, 18(4), pp. 4:6-422, 2007년 4월.  
 [5] J. Sevick *Transmission Line Transformers*, 4th Edition, Noble Publishing Corporation, 2001.  
 [6] C. L. Ruthroff, "Some broad-band transformers", *IRE Proc.*, vol. 47, pp. 1337-1342, Aug. 1959.

### 박 여 일



2006년 2월: 충남대학교 전기정보통신공학부 (공학사)  
 2006년 3월~현재: 충남대학교 전자공학과 석사과정  
 [주 관심분야] Microwave passive components, Antennas

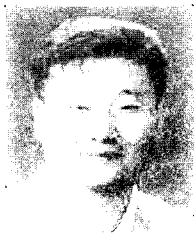
### 하 재 권



1980년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)  
 1982년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2003년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)  
 1984년~1998년: 한국전자통신연구원 선임연구원

1989년~1990년: Rockwell International(Texas, USA) Visiting Engineer  
 1998년~2003년: 목원대학교 정보통신공학과 객원/겸임교수  
 2006년~현재: 한남대학교 정보통신공학과 겸임교수  
 1999년 10월: 제1회 정보통신 벤처창업 경진대회 입상(정보통신부)  
 2000년 6월~현재: 블루웨이브텔(주) 대표이사  
 2006년 4월~현재: 안테나 기업 연구 클러스터 주관 기관(산기협)  
 2007년 5월~현재: IT Mentor 충청권 위원장(정보통신부)  
 2001년 8월~2003년 2월: IT 국제 표준화 Antenna and RF 전문가(ITU-R, 정보통신부)  
 [주 관심분야] Antenna and RF Circuits for ITS System, Multi-Band Antenna, Satellite Link and Earth Station, DBS Antenna, Ultra-Wideband Antenna, Tilted Beam Antenna

### 고 진 현

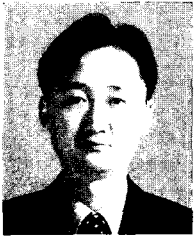


1998년 2월: 목원대학교 정보통신공학과 (공학사)  
 2000년 2월: 목원대학교 전자 및 컴퓨터공학과 (공학석사)  
 2000년 6월~현재: 블루웨이브텔(주) 선임연구원  
 [주 관심분야] Antenna and RF Circuits for ITS System, Multi-Band Antenna, Satellite DBS Antenna, Beam Tilting Antenna

Antenna, Beam Tilting Antenna



박 영 주



1993년 2월: 성균관대학교 전기공학과 (공학사)

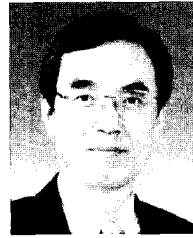
1997년 2월: 성균관대학교 전기공학과 (공학석사)

1997년 2월~현재: 국방과학연구소 전자전체계부 선임연구원

[주 관심분야] Microwave Transmitters, TWTA, High Power Amplifier, HPM

mitters, TWTA, High Power Amplifier, HPM

박 동 철



1974년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)

1976년 2월: 한국과학기술원 전기전자공학과 (공학석사)

1984년 12월: Univ. of California, Santa Barbara (공학박사)

1977년~1978년: Ruhr University, Bochum, Germany 방문교수

1994년~1998년: IEEE MTT Korea Chapter Chairperson

1998년~2001년: IEEE EMC Korea Chapter Chairperson

2000년~2001년: 한국전자파학회 회장

1976년~현재: 충남대학교 전파공학과 교수

2005년 4월~현재: 대덕 Wireless 포럼 회장

[주 관심분야] Microwave and Millimeterwave Passive Components, Antennas, EMI/EMC