

## 5.8GHz 마이크로파 무선전력전송을 위한 RF-DC 전압 체배기 설계 및 구현

이성훈\*·손명식\*\*†

\*\*† 순천대학교 전자공학과

### RF-DC Voltage Multiplier Design and Fabrication for 5.8GHz Microwave Wireless Power Transmission

Seong Hun Lee\* and Myung Sik Son\*\*†

\*† Department of Electronic Engineering, Suncheon National University, Korea

#### ABSTRACT

In this paper, we have designed and fabricated a RF-DC voltage multiplier for 5.8GHz microwave wireless power transmission. In order to obtain higher voltage, the RF-DC voltage multiplier with 10 diodes (D-10) and the receiver module with an antenna and BPF (Band Pass Filter) was manufactured. The measured and compared results show that the voltages of the proposed one are lower than those of the previous tripler module up to 40cm. However, the voltage of the proposed one with the voltage multiplier is higher than that of the tripler module at the distances of 45cm and 50cm due to the voltage multiplier with 10 diodes.

**Key Words** : Voltage Multiplier, Wireless Power Transmission, RF-DC Converter, Rectifier, Receiver Module

#### 1. 서 론

무선전력전송시스템에서 RF-DC변환기의 수신 효율을 개선하기 위한 연구들이 활발히 진행되고 있으나 수신 전력량이 소전력에서는 매우 낮은 상황에서 수신 효율을 개선하기 위해서는 임피던스 매칭을 통한 선로 개선, 안테나 이득 개선, 고조파에 잡음 제거 등 다양한 방법들을 고려해야만 한다. 특히, 수신 효율에 관해서 RF-DC 변환기에 대한 효율 개선에 대해 제시하는 문헌들이 있다 [1,2].

이들 문헌들의 특징은 레테나(Rectenna)로 안테나와 RF-DC변환기를 이용하여 일체형 수신기로 설계 및 제작하고 있으며, 무선 주파수 ISM밴드 대역의 2.45GHz 및 5.8GHz의 주파수를 이용하여 소형화 및 손실을 줄이는데

용이하면서 RF-DC변환 효율을 개선하여 수신 전력을 높일 수 있다는 장점이 있는 주파수 대역을 사용하고 있다. 이 주파수 대역으로 소형화 일체형의 수신기를 제작할 수 있다는 장점을 지니고 있어 무선전력전송에 주로 쓰이는 주파수이며 현재 저자들은 이에 관한 연구를 계속 진행중이다 [3,4].

본 논문에서는 5.8GHz 마이크로파 무선전력전송을 위한 10개의 다이오드를 사용한 전압 체배기를 이용하여 일체형 RF-DC전압 체배기를 설계 하고 제작하였다. 보다 더 높은 전압을 얻기 위하여 RF-DC변환기는 다이오드 10개(D-10)로 회로를 구성하여 설계 및 제작하였으며, 수신기 모듈은 기존 연구에서 설계된 안테나와 BPF(Band Pass Filter)를 이용하여 제작하였다. 기존의 일체형 트리플러(tripler) 모듈과 본 논문에서 새로이 제작한 10개의 다이오드를 사용한 전압 체배기를 갖는 일체형 모듈을 비교 고찰하였다.

†E-mail: sonms@sunchon.ac.kr

## 2. 전압 체배기(D-10) 설계 및 구현

### 2.1 전압 체배기(D-10) 설계

전압 체배기(D-10) 회로도에는 Fig. 1과 같다. 다이오드는 Microwave Schottky Detector Diode HSMS-2862를 이용하고 앞단에 임피던스 매칭을 하여 Fig 2와 같이 설계 하였다. Fig 3은 5.8GHz 중심 주파수의 반사 손실에 대한 결과를 나타내었다. Fig. 4는 스미스 차트로 50Ω 임피던스 매칭한 결과를 나타내었다.

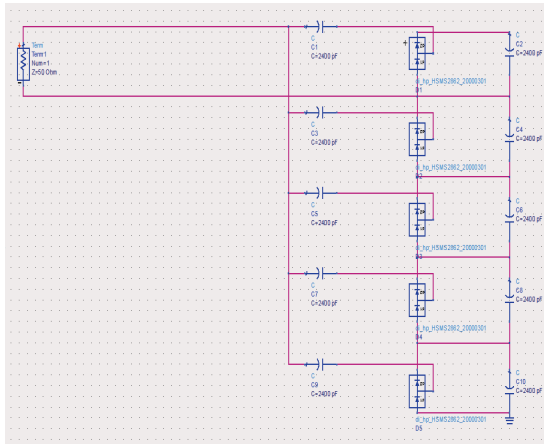


Fig. 1. The basic voltage multiplier(D-10) circuit.

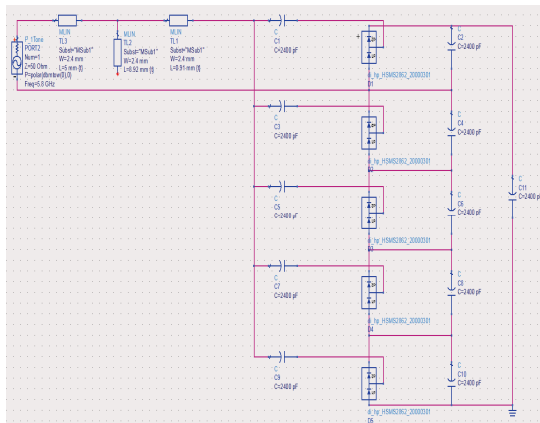


Fig. 2. The impedance matching circuit for voltage multiplier (D-10).

m2  
freq=5.800GHz  
dB(S(1,1))=-25.615

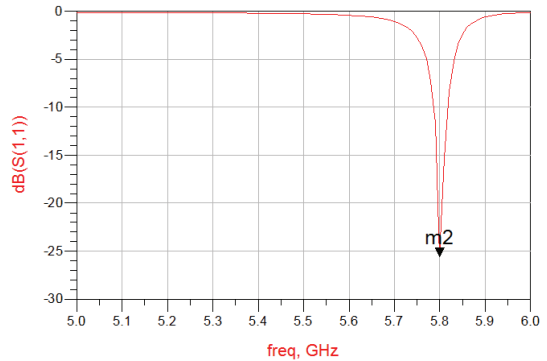


Fig. 3. The return loss of voltage multiplier (D-10).

m1  
freq=5.800GHz  
S(1,1)=0.052 / -8.041  
impedance = Z0 \* (1.109 - j0.016)

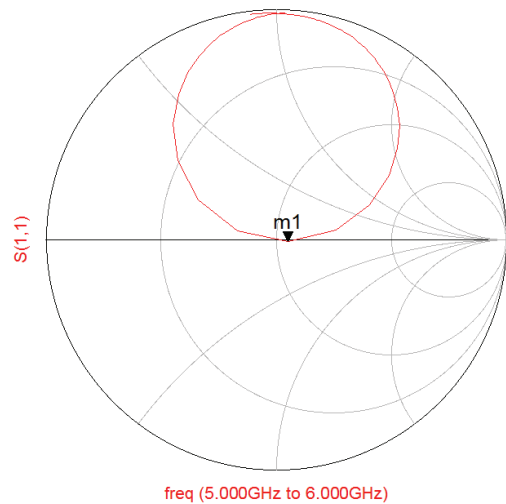


Fig. 4. The PCB layout of voltage multiplier (D-10).

### 2.2 기존 수신기 모듈을 이용한 전압 체배기 (D-10) 설계 및 제작

기존의 안테나와 BPF(Band Pass Filter)의 설계를 이용하여 일체형 수신기 모듈을 설계하고 제작하였다 [5]. Fig. 5는 전압 체배기(D-10)에 적용한 회로도이다. 기존 안테나와 BPF(Band Pass Filter)와 전압 체배기(D-10)의 전체 임피던스 매칭을 하였고, 전체 임피던스의 결과는 Fig 6에 나타내었다. Fig 7은 전체 반사손실에 대한 결과를 나타내었고, Fig

8은 설계된 수신기 모듈의 레이아웃을 나타내었다. Fig 9는 제작된 수신기 모듈의 기판을 나타내었다. 기판에 특성은 Table 1에 제시하였다.

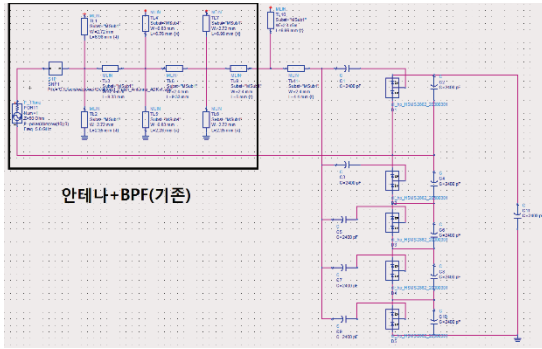


Fig. 5. The circuit of the receiver.

m1  
freq=5.800GHz  
dB(S(1,1))=-16.782

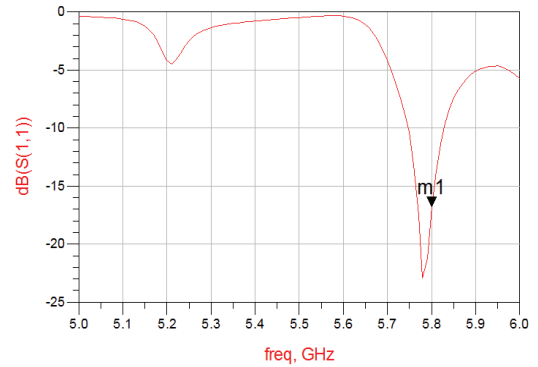


Fig. 7. The return loss of the receiver.

m1  
freq=5.800GHz  
S(1,1)=0.145 / 1.915  
impedance = Z0 \* (1.338 + j0.013)

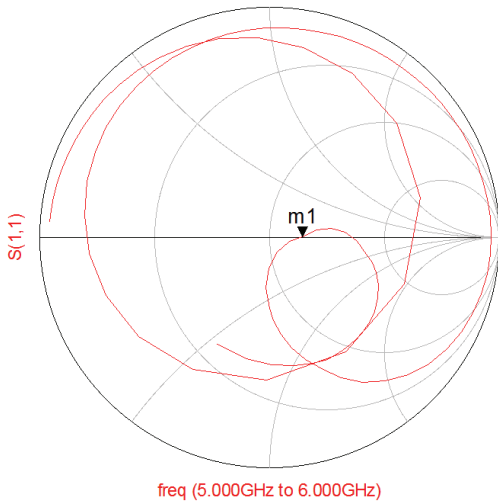


Fig. 6. The impedance matching result of the receiver.

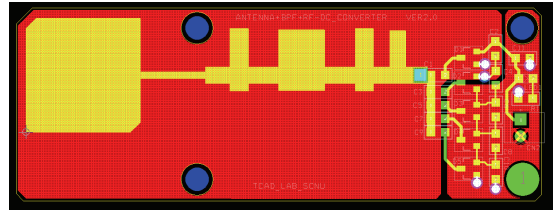


Fig. 8. The PCB layout of the receiver.

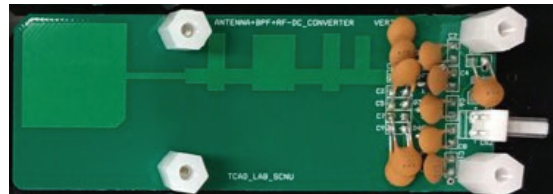


Fig. 9. The fabricated PCB board of the receiver.

Table 1. The PCB board characteristic of the receiver

모델명	특성	
TLY-5A	유전율(Er)	2.17
	유전체 두께(H)	0.8mm

### 3. 수신기 모듈 전압 측정 및 비교

#### 3.1 수신기 모듈의 전압 측정

제작된 수신기 모듈은 기존의 수신기 모듈과 비교하기 위하여 50cm까지 5cm 거리별로 전압을 측정하였다. 송신기는 기존의 조건과 마찬가지로 5.8GHz 마이크로파 신호 발생기(Signal Generator), 전력증폭기(Power Amplifier), 원형편파 패치 안테나로 구성하였다. 신호발생기는 Agilent E8257D 모델을 이용하였고, 전력증폭기는 HD사의 HD24678 모델로 최대 1W까지 증폭하며, 안테나는 원형편파 패치 안테나로 ImmersionRC사 5.8GHz 우현편파(RHCP) 8dBi를 활용

하고 구성하였다. Table 2에 그 측정 결과를 나타내었다.

측정된 전압의 결과를 보면 기존의 수신기 모듈과 제시한 수신기 모듈이 거리에 따라 기존의 트리플러 회로를 갖는 모듈에 비해 전압이 낮아지는 것을 알 수 있었고, 제시한 수신기 모듈이 10개의 다이오드로 구성된 전압 체배기로 인해서 거리가 먼 50cm에도 전압이 기존 수신기 모듈보다 높다는 것을 확인할 수 있었다.

비해 낮은 전압을 보이는 것을 알 수 있었고, 거리가 먼 45cm와 50cm에서는 전압이 기존 수신기 모듈보다 높다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 10개로 구성된 전압 체배기가 50cm 이상에서는 트리플러 모듈에 비해서 높은 전압을 보이는데 이러한 현상이 일어나는 것에 대한 정확한 분석은 RF 측정 장비의 미비로 정확히 이루어지지지는 못했다.

**Table 2.** The output voltages according to distance.

거리(cm)	기존 트리플러 수신기 전압(V)	D-10전압 체배기 수신기 전압(V)
0-2	2.64	3.20
5	1.76	1.63
10	1.77	1.47
15	1.70	1.35
20	1.63	1.30
25	1.56	1.27
30	1.46	1.20
35	1.35	1.07
40	1.14	1.10
45	0.82	1.05
50	0.63	1.03

#### 4. 결 론

본 논문에서는 5.8GHz 마이크로파 무선전력전송을 위한 10개의 다이오드로 구성된 전압 체배기를 이용하여 RF-DC 변환기를 설계 및 제작하였다. 높은 전압을 얻기 위하여 RF-DC 변환기는 다이오드 10개로 회로를 구성하여 설계하고 제작하였으며, 수신기 모듈은 기존에 설계된 안테나와 BPF(Band Pass Filter)를 이용하여 제작하였다. 제시한 10개의 다이오드로 구성된 전압 체배기를 갖는 수신기 모듈이 40cm까지는 기존 트리플러 수신기 전압에

#### 참고문헌

1. Choi Ki-Ju, Hwang Hee-Yong, "Performance comparison of the RF-DC converter circuit for wireless power transmission," Journal of Industrial Technology, Kangwon Natl. Univ, No. 29 B, pp. 145-149, 2009.
2. Aakib J. Sayyad, N.P. Sarvade, "Wireless Power Transmission for Charging Mobiles," International Journal of Engineering Trends and Technology, volume 12, Number 7, pp. 331-336, 2014.
3. D.H. Lee, Kisuk Kim, Minhan, Seungmin Jung, Chongsuk Song, Gilsoo Jang, "2.4GHz/5.8GHz microwave wireless power transfer System," The Korean Institute of Electrical Engineers Summer Conference, pp. 2-4, 2013.
4. Min Jae Kim, Wonseob Lim, Jongseok Bae, Ju Hyun Park, Young Jun Park, Jong Min Lee, Son Trinh-Van, Dong In Kim, Kang Yoon Lee, Keum Cheol Hwang, Youngoo Yang, "Development of Far Field RF Power Harvesting Testbed," The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol 40, No.10, pp. 1922-1930, 2015.
5. Seong Hun Lee and Myung Sik Son "Design and Fabrication of a Receiver Module for 5.8GHz Microwave Wireless Power Transmission," Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 15, No.4, pp. 16-21, 2016.

접수일: 2017년 6월 19일, 심사일: 2017년 6월 21일,  
게재확정일: 2017년 6월 21일