

5.8GHz 마이크로파 스마트폰 충전을 위한 수신기의 효율측정

이성훈 · 손명식[†]

[†]순천대학교 전자공학과

Efficiency Measurement of a Receiver for 5.8GHz Microwave Smartphone Charging

Seong Hun Lee and Myung Sik Son[†]

[†]Department of Electronic Engineering, Suncheon National University

ABSTRACT

In this paper, we measured the efficiency of the receiver for 5.8GHz Microwave Smartphone Charging. We have designed and fabricated 1W and 2W power amplifier, respectively. A 1W power amplifier used a TC3531 power device of TRANSCOM Inc. In addition, a 2W power amplifier using the two TC3531 devices was constructed with divider and combiner. We used the Wilkinson divider theory for divider and combiner. The voltage was measured using the 1W and 2W power amplifier and integrated receivers to the distance of 50cm.

Key Words : Microwave, Wireless Power Transmission, Rectenna, Divider, Combiner, Amplifier

1. 서 론

스마트폰 충전을 위한 무선전력전송에 관한 연구가 진행되고 있으며, 송신기와 수신기에 대한 다양한 접근방법과 기술들을 연구 중에 있다. 송신기에는 신호발생기, 전력증폭기, 송신 안테나 등 활용하고 있고, 수신기에는 수신 안테나, RF-DC Converter, BPF, DC-DC Converter 등 구성되어 활용 할 수 있도록 연구되고 있다[1,2].

전력이 높거나 낮을 시, 전력을 분배하거나 결합하여 합쳐서 활용을 해야 한다. 분배기와 결합기는 윌킨슨(Wilkinson) 전력분배기로 기본 주파수와 홀수 주파수에서 포트 정합과 출력 포트간의 격리도 기능을 가지고 있는 장점으로 초고주파 회로 및 시스템에서 다양하게 이용된다[3,4].

본 논문에서는 5.8GHz 마이크로파 스마트폰 충전을 위한 수신기의 효율 측정하였다. 1W 전력증폭기와 2W 전력증폭기를 설계 및 제작하였다. 1W 전력증폭기는 TRANSCOM

사의 TC3531소자를 사용하였고, 2W 전력증폭기는 1W 전력증폭기와 같은 소자를 이용하여 분배기와 결합기로 구성 하였다. 송신기는 제작된 1W/2W 전력증폭기와 수신기는 제작된 일체형 수신기로 거리마다 전압을 측정하였다.

2. 분배기와 결합기를 이용한 전력증폭기 설계 및 구현

2.1 분배기와 결합기 설계

분배기와 결합기는 Wilkinson divider 이론을 이용하여 설계를 하였다[5]. 2-way 분배기와 결합기로 Microstrip 기판을 이용하였다. Fig. 1은 분배기와 결합기 회로도, Fig. 2는 기본 특성, Fig. 3은 반사손실, Fig. 4는 전달 특성, Fig. 5는 격리도를 제시하였다. 기본 특성을 보면 5.8GHz의 반사손실이 -10dB이하로 임피던스 매칭이 되었다는 것을 확인할 수 있다. 전달특성으로 -3.113dB로 나타났고, 격리도는 -39dB로 Port2와 Port3의 격리가 잘 되었다는 것을 알 수 있다.

[†]E-mail: sonms@sunchon.ac.kr

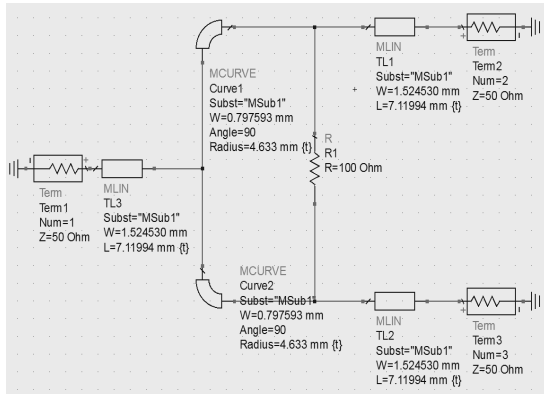


Fig. 1. The circuit of divider/combiner.

m1
freq=5.800GHz
dB(S(2,1))=-3.113

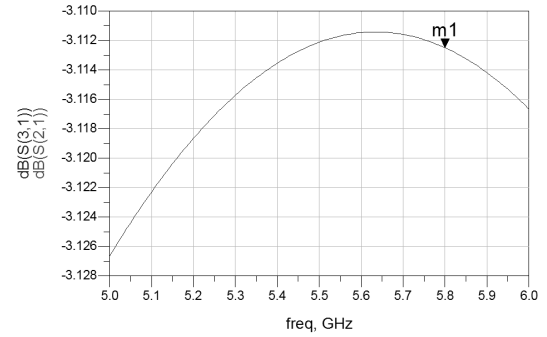


Fig. 4. The transfer characteristics of divider/combiner.

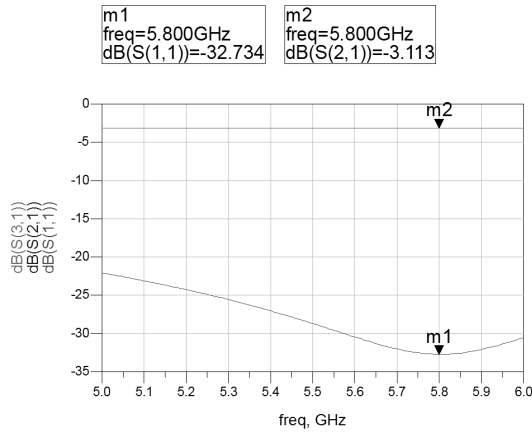


Fig. 2. The performance of divider/combiner.

m1
freq=5.800GHz
dB(S(2,3))=-39.300

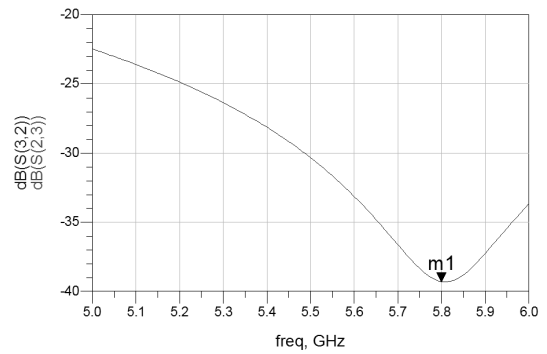


Fig. 5. The transfer characteristics of divider/combiner.

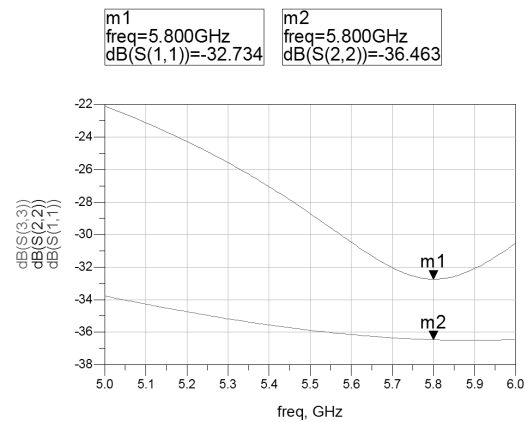


Fig. 3. The return loss of divider/combiner.

2.2 1W/2W 전력증폭기 설계

1W 전력증폭기는 TRANSCOM사의 TC3531소자를 이용하여 제공되는 자료를 참고하여 설계를 하였다[6]. 소자 앞 단과 뒷 단에 전송선로를 50Ω 임피던스 매칭을 통해서 설계를 했으며, Fig 6에 임피던스 매칭 선로에 대해 제시하였다. 2W 전력증폭기는 1W 전력증폭기와 같은 회사의 소자인 TC3531을 사용하였고, 분배기와 결합기를 이용하여 설계하였다. Fig 7에 분배기와 결합기를 이용하여 소자를 결합한 회로도 와 Fig 8은 레이아웃을 제시하였다.

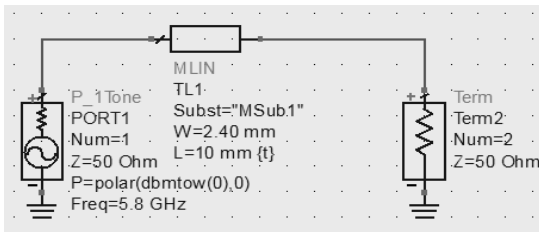


Fig. 6. The circuit of 1W amplifier line.

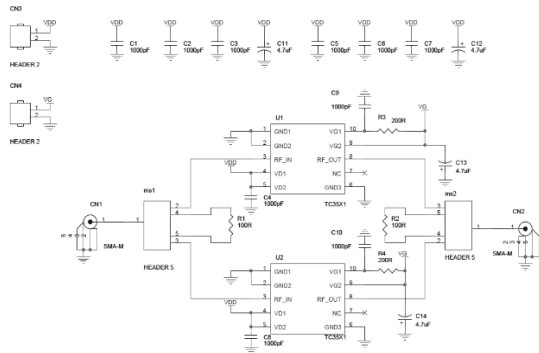


Fig. 7. The circuit of 2W amplifier.

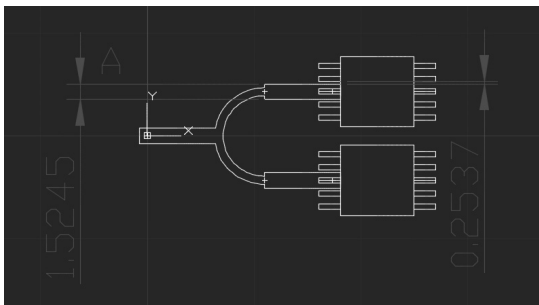


Fig. 8. The layout of 2W amplifier using divider/combiner.

2.3 1W/2W 전력증폭기 제작

기판 특성은 Table 1에 제시하였다. 1W 전력증폭기는 Fig. 9에 레이아웃을 설계하였고 Fig. 10에 제작된 기판을 나타내었다. 2W 전력증폭기는 Fig. 11에 레이아웃을 설계하였으며, Fig. 12에 제작된 기판을 제시하였다.

Table 1. The characteristics of PCB(FR4) board.

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

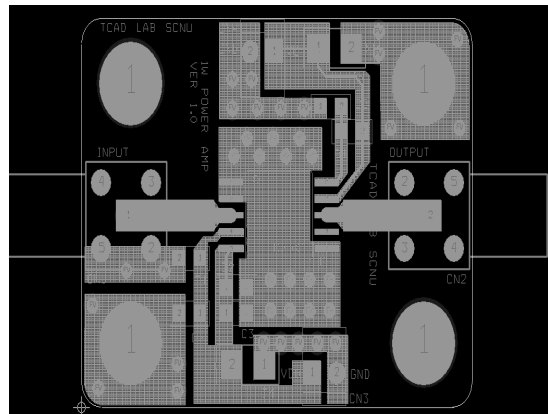


Fig. 9. The 1W amplifier Layout.

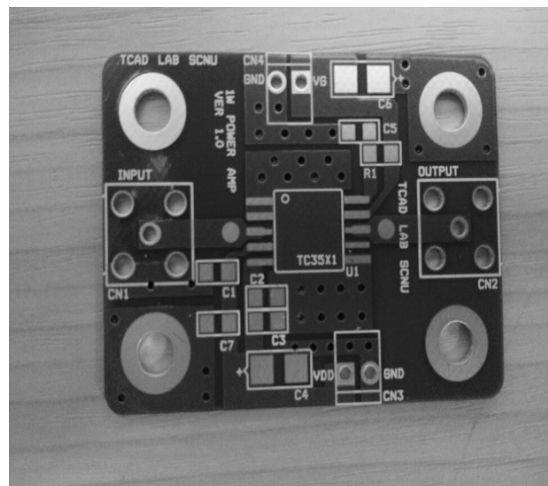


Fig. 10. The fabricated 1W amplifier board.

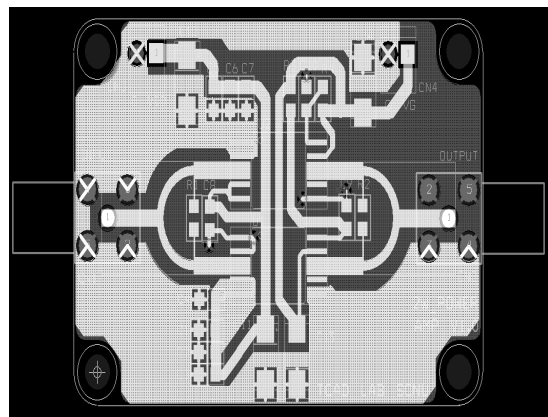


Fig. 11. The 2W amplifier Layout.

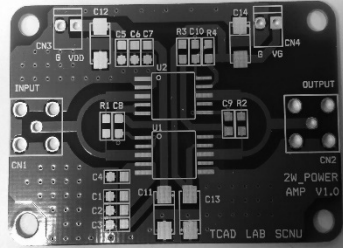


Fig. 12. The fabricated 2W amplifier board.

3. 5.8GHz 마이크로파 스마트폰 충전을 위한 수신기 효율 측정

송신기는 신호발생기인 Agilent E8257D 모델을 사용하였고, 제작된 1W 전력증폭기와 2W 전력증폭기를 이용하고, 원형패치 안테나인 ImmersionRC사의 우현편파 8dBi 안테나로 구성하였다. 수신기는 제작된 일체형 수신기로 1~5개를 직렬로 연결하여 구성하였다. 5cm 간격으로 50cm까지 각 거리마다 전압을 측정하여 1W 전력증폭기와 2W 전력증폭기를 비교하였다. Table 2는 거리별 1W 전력증폭기에 대한 1~5개 일체형 수신기의 전압을 제시하였고, Table 3은 2W 전력증폭기에 대한 1~5개 일체형 수신기의 전압을 나타내었다.

Table 2. The 1W amplifier measurement for 5.8GHz microwave

거리 (cm)	수신기 1개 전압 (V)	수신기 2개 전압 (V)	수신기 3개 전압 (V)	수신기 4개 전압 (V)	수신기 5개 전압 (V)
5	1.5	2.7	4.1	4.7	5.4
10	1.4	2.4	4.2	4.7	5.4
15	1.3	1.7	3.3	3.9	4.8
20	0.9	1.5	1.7	2.7	4.3
25	0.7	1.2	1.7	2.5	2.6
30	0.6	1.0	1.4	2.0	2.0
35	0.5	0.8	1.3	1.5	1.6
40	0.3	0.6	1.2	1.2	1.2
45	0.3	0.5	1.0	1.1	1.0
50	0.2	0.3	0.9	1.0	0.8

Table 3. The 2W amplifier measurement for 5.8GHz microwave

거리 (cm)	수신기 1개 전압 (V)	수신기 2개 전압 (V)	수신기 3개 전압 (V)	수신기 4개 전압 (V)	수신기 5개 전압 (V)
5	1.84	3.20	5.10	6.74	8.22
10	1.68	3.08	4.72	5.54	7.42
15	1.44	2.48	4.37	5.62	5.58
20	1.42	2.02	3.04	3.37	3.84
25	1.12	1.65	1.91	2.14	2.94
30	0.88	1.37	1.47	2.15	3.61
35	0.83	1.45	2.65	2.36	3.38
40	0.70	1.07	2.03	1.64	2.72
45	0.87	1.03	2.15	2.17	2.95
50	0.71	0.97	2.12	2.13	2.63

4. 결 론

본 논문에서는 5.8GHz 마이크로파 스마트폰 충전을 위한 수신기의 효율 측정을 하였다. 1W 전력증폭기는 TRANSCOM사의 TC3531 소자를 이용하고 50Ω 임피던스 매칭선을 결합하여 설계를 하였다. Wilkinson divider 이론을 이용하여 분배기와 결합기를 설계하고, 2W 전력증폭기를 설계 및 제작하였다. 송신기는 신호발생기, 제작된 1W/2W 전력증폭기, 원형편파 안테나로 구성하고, 수신기는 제작된 일체형 수신기로 거리마다 전압을 측정하였다. 일체형 수신기는 1~5개로 직렬로 연결하였고, 거리는 5cm 간격 마다 50cm까지 전압을 측정 하였다. 수신기를 1~5개까지 직렬로 연결 시 전압이 증가하는 것을 확인 할 수 있었고 1W 전력증폭기 보다 2W 전력증폭기가 전압이 더 높게 나오는 것을 알 수 있었다. 1W 전력증폭기로 측정된 결과로는 수신기 5개를 직렬로 연결했을 때 10cm, 2W 전력증폭기의 측정 결과는 수신기 4개와 5개로 15cm까지 스마트폰 충전 전압을 얻을 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2016년 순천대학교 학술연구비로 연구되었음.

참고문헌

1. Seong Hun Lee and Myung Sik Son, "5.8GHz Microwave Wireless Power Transmission System Development and Transmission-Efficiency Measurement," Journal of KSDT Vol. 13, No 4, pp. 59-63, 2014
2. Won-Jae, Jung, Hyo-Bin Jung, Sang-Kyu Kim, Hyeong-Seok Kim, Jn-Seok Park, "Design of Wide Dynamic Range Energy Acceptor Based of RF Wireless Power Transmission," The Korean Institute of Electrical Engineers, pp.1674-1675, 2011.
3. Young Yun, "An ultra-compact Wilkinson Power divider MMIC with an improved isolation characteristic employing RCR design method," Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 37, No 1, pp.105-113, 2013.
4. Jong-Sung Kim, "Design of Wilkinson Power Divider for nth Harmonic Suppression," Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 51, No. 1, pp.42-46, 2014.
5. Daniel D. Harty, "Novel design of a wideband ribcage-dipole array and its feeding network", Degree of Master Thesis, WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE, 2010.
6. TRANSCOM, "www.transcominc.com.tw, TC3531 Date Sheet"

접수일: 2016년 10월 31일, 심사일: 2016년 12월 16일,
 게재확정일: 2016년 12월 16일