

## 마이크로파 전력전송시스템의 프로토타입 설계 및 구현

박민우<sup>1</sup>, 박진우<sup>1</sup>, 백승진<sup>1</sup>, 구자경<sup>1</sup>, 임종식<sup>1\*</sup>, 안달<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>순천향대학교 전기통신공학과

### A Design and Implementation of a Prototype Microwave Power Transmission System

Minwoo Park<sup>1</sup>, Jinwoo Park<sup>1</sup>, Seungjin Back<sup>1</sup>, Jakyung Koo<sup>1</sup>, Jongsik Lim<sup>1\*</sup>  
and Dal Ahn<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Electrical and Communication Engineering, Soonchunhyang University

**요약** 본 논문에서는 마이크로파를 이용하는 무선 전력전송시스템의 간단한 구성과 측정된 동작 특성을 제시한다. 마이크로파 전력전송시스템은 건물 안, 회의실과 같은 좁은 공간내에서 저전력을 이동 단말 기기에 공급하는 것을 목표로 한다. 실험실 수준에서 프로토타입 시스템의 제작 및 측정이 용이하도록 각 구성 회로 소자들을 직접 설계 및 제작, 측정하였는데, 마이크로파 발진기, 고출력증폭기, 마이크로스트립 패치 안테나, 저역통과여파기, 검파 및 정류회로이다. 마이크로파 무선전력전송 시스템은 중심주파수 2.4GHz에서 고정 전력 29.3dBm을 생성하여 전송하고, 수신측 패치 안테나를 수신한 전력을 정류기를 통해서 DC 전력으로 변환한다. 두 안테나간 이격 거리에 따라 측정되는 DC 전압값의 차이를 제시하고, 각 거리별로 수신측에 전달되는 DC전력량이 서로 다름을 측정값으로 제시한다.

**Abstract** This paper describes the system configuration and measured performances of a wireless power transmission system which utilizes microwave. The technically final target of this system is to provide DC power to various mobile terminals within limited spaces such as buildings, conference rooms, and so on. The prototype system is built using in-house designed and fabricated circuits such as microwave oscillator, high power amplifier, microstrip patch antenna, low pass filter, and detector/rectifier. The fixed RF power of 29.3dBm at 2.4GHz is produced from the high power amplifier and transmitted through the transmitting antenna, while the received RF power at the receiving antenna is transformed into DC power through the detector/rectifier. The measured change of DC voltage according to the distance between transmitting and receiving antenna is described.

**Key Words** : Wireless power transmission, Energy transmission, DC charge

### 1. 서론

1959년에 W. C. Brown에 의해 무선으로 전력을 송수신하는 시스템에 대한 기본 개념이 확립되고, 1968년에 P. Glaser에 의해 미래의 대체에너지를 확보하기 위한 수단으로 우주 태양광 발전시스템이 제안되었다. 이에 따르면 우주공간에 설치된 태양 전지판에 의해 생성되는 DC 전압은 RF(radio frequency) 전력으로 바뀌어 지구로 송신되고, 수신된 RF 전력은 다시 DC 전압으로 변환된다.

따라서 장래에 에너지 부족에 대한 우려가 심화될수록 이 부분에 대한 연구는 매우 절실하게 된다. 그러나 이 기술에 대한 연구는 MIT와 같이 최첨단을 달리는 일부 소수 연구 기관에서 수행하고 있으나, 국내에서는 아직까지 이에 대한 활발한 연구가 거의 이루어지지 않고 있다.

한편 최근에 매우 발달한 각종 무선통신, 방송, 데이터 서비스 시스템 등 IT 관련분야에서 수백 가지 이상의 이동 기기나 단말기가 사용되고 있는데 대부분 수명이 제한되어 있는 배터리를 장착하고 있다. 따라서 배터리의

\*교신저자 : 임종식(jslim@sch.ac.kr)

사용 시간이나 수명에 의하여 이동 기기나 단말기의 사용시간이나 수명이 제한되게 된다. 따라서 최근에 각 기기마다 충전기에 의한 충전이 필수적인 사항이 되었고, 배터리 잔량에 의하여 이동 기기의 사용이 제약받는 경우가 자주 발생하고 있다.

본 논문에서는 이러한 불편을 해소하고자 하는 시도를 써, 마이크로파 전력전송시스템을 이용하여 근거리에서 RF 전력을 송신하고, 이를 수신하여 DC 전압으로 바꾸기 위한 기본적인 연구 결과를 발표하고자 한다. 현실적으로 많은 물리적, 기술적 제약이 있는 장거리 대전력 무선전송 시스템과는 달리, 본 논문에서는 이동무선 기기의 배터리를 충전하기에 적합한 정도인 수 V 수준의 저전압 생성을 목표로 한다. 따라서 시스템 구성이 비교적 간단하기 때문에 최근의 휴대용 가전기기의 수요 확대 경향으로 인하여 기술적 수요와 관심이 많을 것으로 예측하여 이에 관한 기초연구를 수행하고 그 결과를 발표하고자 한다.

마이크로파 무선 전력전송시스템은 송신전력을 마이크로파로 변환시켜 에너지를 전달하는 개념의 전력전송 방식으로, 무선으로 RF 전력을 공간으로 전송하는 전파 전송의 원리를 이용한다. 이동단말기, 라디오, 무선전화기 등과 같이 무선통신 방식에서처럼 어떤 정보를 지닌 신호의 개념이 아닌 단순한 전기에너지를 보내는 것인데, 보통의 통신방식에서는 반송파에 신호를 실어 보내지만 무선전력전송 시스템에서는 반송파만 보내는 차이가 있다[1].

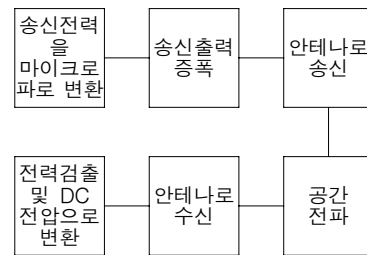
본 연구에서는 아직 국내에서는 연구개발의 초기 단계에 있는 저전력 마이크로파 무선 전력전송시스템의 개요와 구성에 대하여 연구하고, 마이크로파 전송선로와 회로 소자들을 이용하여 간단하나마 실제 하드웨어 시스템을 구성해 보았다. 이 과정에서 각 구성 회로들을 실제로 설계, 제작하여 그 특성을 측정하고, 이 결과들을 이용하여 마이크로파 프로토타입 무선 전력전송시스템으로 통합하여 성능을 측정하였다.

## 2. 무선전력전송 시스템 개요

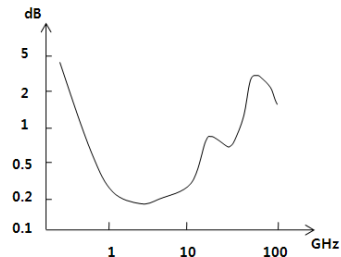
그림 1은 본 논문에서 구성하고자 하는 저전력 마이크로파 무선 전력전송시스템 구성의 개요도를 보여주었다. 본 연구에서는 저전력 전송을 목적으로 하므로 송신하고자 하는 전력을 발진기(oscillator)를 통해 마이크로파 전력으로 변환하는 방식을 취한다. 따라서 무선전송 시스템의 구성을 바로 사용할 수 있는 장점이 있다. 이제 발진기의 출력을 더 큰 RF 전력으로 바꾸기 위하여 전력증

폭기에서의 증폭과정을 거친다. 그러면 이 증폭된 전력이 송신 안테나를 통하여 공간상으로 전파된다. 공간을 통하여 송신된 전력은 수신안테나를 통하여 수신부 검출기/정류기의 입력으로 인가되고, 정류기는 수신전력에 상응하는 DC 전압을 생성한다.

공간상에서 두 지점간의 무선 전송을 위해 마이크로파를 사용하는 이유는, 마이크로파를 사용함으로써 송수신 회로소자의 크기를 줄일 수 있고 직진성이 우수하여 RF 전력 전달 능력이 우수하기 때문이다. 하지만 높은 주파수 특성에 의한 많은 감쇠와 잡음레벨을 감수해야만 한다는 문제가 뒤따르므로 주파수 선정에 있어서 대기잡음 및 공간손실을 고려하여야 한다[2]. 또한 사용주파수가 낮을수록 안테나가 커진다는 점도 고려해야 한다.



[그림 1] 저전력 마이크로파 무선 전력전송시스템 개요도



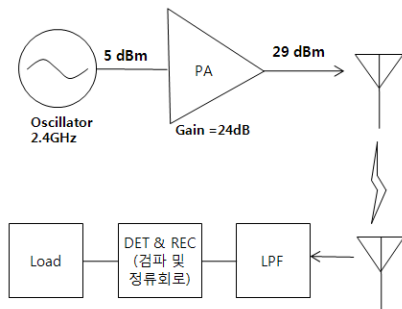
[그림 2] 대기중 마이크로파의 주파수에 따른 감쇠 특성[2]

그림 2를 참고하면 마이크로파 무선전력전송 시스템에 사용할 수 있는 주파수의 범위가 결정된다. 즉, 상대적으로 낮은 주파수에서 감쇠특성이 우수하므로 사용할 수 있는 주파수는 1~10GHz 사에서 결정되는 것이 유리하다[2]. 이 가운데 2.4GHz대의 주파수가 누구나 손쉽게 사용할 수 있는 ISM(Industrial Scientific and Medical) 주파수 대역으로 할당되어 있고, 또 상용 부품으로 프로토타입 시스템을 구성하기에도 용이하므로 본 논문에서는 2.4GHz를 동작주파수를 사용하였다.

### 3. 시스템 구성을 위한 부분별 회로의 설계, 제작 및 측정

본 논문에서는 마이크로파를 이용하여 건물 내부, 회의실처럼 비교적 좁은 공간용으로 저전력 무선 전력송신 시스템을 구성해 보고자, 그림 3과 같은 구성부분별 회로들을 직접 설계, 제작하여 그 특성을 측정하고 이를 시스템 구성에 활용한다.

그림 3에서 발진기는 전송하고자 하는 전력을 마이크로파로 변환한 상태를 의미하는 회로이다. 따라서 발진기는 송신안테나로 송출될 신호인 2.4GHz대의 마이크로파 신호를 발생한다. 발진기에서 발생한 전력은 고주파 트랜지스터 자체가 갖는 최대 RF 출력 이내로 제한을 받으므로, 고출력증폭기로 증폭을 시킨 후 송신하여야 한다. 따라서 발진기에서 발생한 신호는 고출력증폭기의 입력신호가 된다.



[그림 3] 무선전력전송 시스템 구성도

고출력증폭기는 발진기의 입력신호를 증폭하여, 송신 안테나가 가능하면 큰 전력을 송신하도록 도와준다. 안테나의 이득은 일단 안테나가 제작되면 고정되므로 결국 고출력증폭기에서 충분한 마이크로파 전력으로 증폭되어야 수신측에서 조금이라도 더 큰 전력을 수신하게 된다.

안테나는 이동 단말 기기가 임의의 위치에 있더라도 전력을 송수신해야 하므로 특정 방향으로의 송신보다는 넓은 방사패턴을 가지는 것이 좋다. 본 논문에서는 저가격, 경량화 및 양산성이 용이한 마이크로스트립 패치(patch) 안테나를 직접 설계, 제작하고 그 특성을 측정하여 전체 시스템 구성에 사용하였다.

수신측 안테나로 수신된 신호는 대기중에 여러 가지 잡음 주파수 성분이 혼재되어 수신될 수도 있고, 또한 미약하나마 송신측 고출력증폭기의 하모닉스 성분이 함께 수신될 수도 있으므로, 원하는 주파수 대역의 마이크로파 신호만 걸러내는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 이를

위해 저역통과여파기(low pass filter, LPF)를 설계하여 이를 수신측 안테나 이후에 연결하였다.

수신된 마이크로파 신호를 DC 전력으로 변환하기 위하여 고주파 신호 검출기/정류기를 LPF 출력단에 연결하였다. 그리고 검출기의 출력에서 발생한 DC 전압을 측정하였는데, 여기에서 측정된 전압은 곧 이동 단말기에 공급되는 DC 전압에 상응한다.

두 안테나 간의 이격 거리는 실제로 수 미터에 도달하여야 하나 본 논문에서는 실험실 환경하에서 시스템의 개념을 실험적으로 검증해 보고자 하는 초기 연구 단계에서의 목표를 달성하기 위하여 서로 마주보는 두 송수신 안테나의 이격거리를 임의로 조절하면서 수신되는 마이크로파 신호를 DC 전압으로 변환하였다.

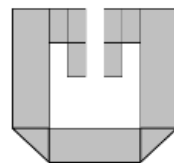
이제 시스템의 각 구성 회로별 제작 및 측정 결과에 대하여 살펴보기로 하겠다.

#### 3.1 발진기

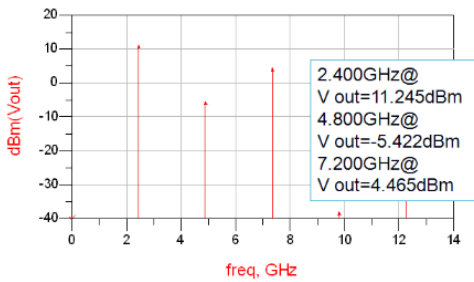
발진기는 DC전력을 마이크로파 전력으로 변환시켜주는 회로이다. 본 논문에서는 그림 4와 같이 커플링 라인을 갖는 소형의 헤어핀 공진기를 이용하여 발진기를 설계하였다. 헤어핀 공진기는 크기가 작고, 커플링 라인을 이용하여 커패시터를 대신하기 때문에 마이크로파 대역에서의 발진기 설계에 유리하다. 또한 평면구조여서 제작이 용이하고, 커플링 라인의 조절로 인한 주파수 튜닝이 용이하여 널리 사용된다[3].

발진기 설계를 위해 고주파 트랜지스터인 FHX35LG를 사용하였으며, 비유전율이 2.2이고 두께가 31mil인 마이크로스트립 유전체 기판을 회로 제작을 위해 사용하였다.

그림 5는 Agilent社의 회로 시뮬레이션 S/W인 advanced design system (ADS)을 이용하여 설계한 발진기의 특성을 보여주고 있다. 2.4GHz에서 최대의 출력전력이 11.25dBm이지만, 고출력증폭기의 출력 포화상태를 고려하여 입력전력의 크기를 조절해야 하므로, 측정과정에서 드레인 바이어스를 조절하여 발진기 생성 전력을 고출력증폭기의 입력의 크기로 맞추었다.

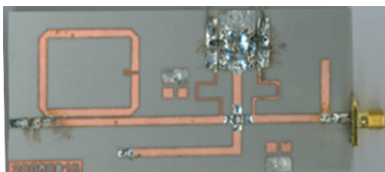


[그림 4] Hairpin 공진기의 구조

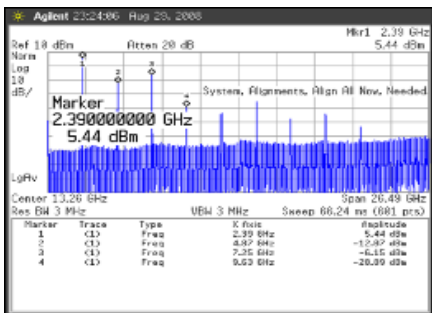


[그림 5] 2.4GHz대 발진기의 시뮬레이션 결과

그림 6(a)는 상기의 설계를 바탕으로 제작된 발진기의 사진이고, 그림 6(b)는  $V_{ds}=2V$ ,  $I_{ds}=5mA$ 의 바이어스 조건 하에서 측정한 출력 스펙트럼이다. 전술하였듯이 고출력 증폭기의 출력측 포화를 피하기 위하여 발진기에서 5dBm의 출력이 나타나도록 하였다. 참고로 표 1에는 바이어스 전압 가변에 의한 발진기의 출력전력의 변화를 보여주고 있다. 발진기 출력이 바이어스에 따라서 12dBm까지도 가능함을 보여주고 있다. 따라서 표 1은 바이어스 가변에 의하여 고출력증폭기의 입력전력을 선형 동작 영역에서 포화영역 이상까지 가변시킬 수 있음을 의미하는데, 본 논문에서는 앞에서 설명했듯이 5dBm으로 고정하였다.



(a)



(b)

[그림 6] 제작된 발진기의 (a)사진과 (b) 측정된 출력 스펙트럼 ( $V_{ds}=2V$ ,  $I_{ds}=5mA$ )

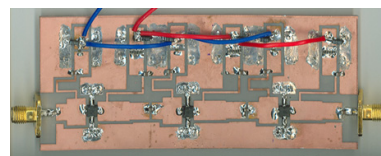
[표 1] 바이어스 가변에 따른 발진 출력의 변화

$V_{ds}$ [V]	$I_{ds}$ [mA]	Oscillation Power [dBm]
1.2	2	0
1.6	4	2.97
2.0	5	5.44
2.4	5	6.62
2.8	5	8.34
3.2	6	9.56
3.6	6	10.34
4.0	6	11.2
4.4	7	12.1

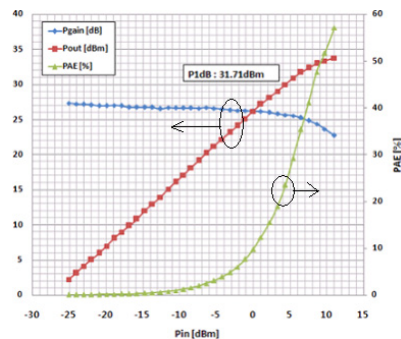
### 3.2 고출력증폭기

발진기에서 생성된 마이크로파 신호는 충분한 크기로 증폭되어 송신안테나를 통해서 전송되어야 한다. 안테나는 일단 한 번 제작되면 방사패턴이나 안테나 이득이 고정되기 때문에, 검출되는 수신 전력은 고출력증폭기의 출력에 비례하기 때문이다. 본 논문에서는 증폭된 마이크로파 신호의 출력을 최하 +29dBm으로 하기 위해 3단 고출력증폭기를 설계하였다. 고출력증폭기를 설계하기 위하여 1Watt급 출력을 갖는 NE6510179A 마이크로파 고출력 트랜지스터를 사용하였다. 그림 7은 여러 참고문헌에 언급된 설계 이론과 ADS를 사용하여 설계한 고출력증폭기의 설계 결과를 보여주고 있다. 대[4,5].

그림 7(a)와 그림 7(b)는 제작된 고출력증폭기의 제작 사진과 실제로 측정된 성능을 보여 주고 있다. 측정결과 전력 이득은 약 26dB이고 이 때 1dB 압축점 출력이득은 31.71dBm이었다. 따라서 고출력증폭기의 목표출력인 29dBm을 안정적으로 보장할 수 있다.



(a)

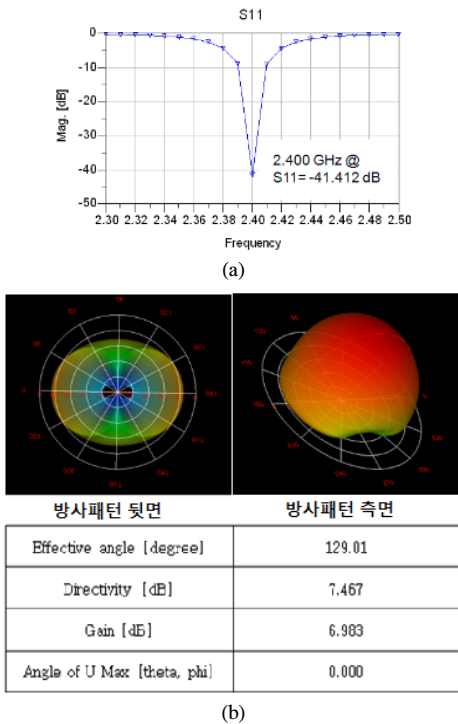


(b)

[그림 7] 2.4GHz대 고출력증폭기의 (a)제작 사진과 (b) 측정결과

### 3.3 송수신 안테나

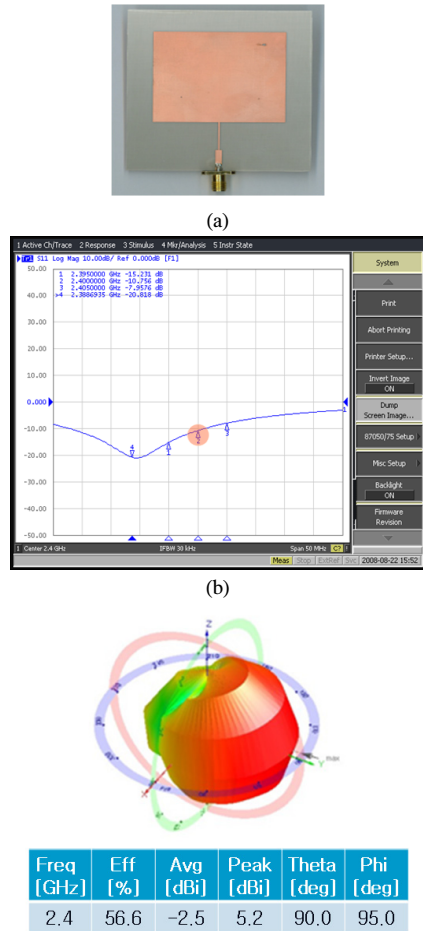
안테나는 경량화, 저가격화, 구현의 용이성 등을 고려하여 프로토타입 제작과 측정이 용이한 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 안테나는 송,수신이 가역적이므로 본 논문에서는 실험의 편의상 동일한 안테나를 2개 제작하여 사용하였다. 패치 안테나는 주파수 대역폭이 좁다는 단점 때문에 광대역 통신 안테나로는 부적합하지만, 본 논문에서는 정해진 협대역의 주파수를 사용하는 전력 송신 용도이므로 패치 안테나로도 무선 전력전송시스템의 프로토타입에 충분히 적용할 수 있다. 패치안테나를 다수 개 연결한 배열안테나를 이용하면 이득과 대역폭이 증가할 수 있으나, 본 논문에서와 같은 저전력 장치에서는 단일 패치 안테나로 설계해도 충분하다[6]-[8]. 그림 8(a)와 그림 8(b)는 설계한 패치 안테나의 입력정합과 방사패턴의 설계 특성을 보여주고 있다.



[그림 8] 패치 안테나 시뮬레이션 결과 (a)입력정합 (b) 방사 패턴

그림 9(a)는 48.34mm x 40.31mm의 크기로 제작된 안테나의 사진을 보여주고 있고, 그림 9(b)와 그림 9(c)는 각각 측정한 입력정합 특성과 방사패턴을 보여주고 있다. 제작한 안테나는 동작주파수인 2.4GHz를 포함한 주변 대역에서 -10dB 이하의 입력정합도(반사손실)를 갖는 것

으로 측정되었다. 또한  $\theta$ 방향으로는  $90^\circ$ ,  $\phi$ 방향으로는  $95^\circ$ 에서 최대 안테나 이득이 5.24dBi인 것으로 측정되었으며 방사패턴도 시뮬레이션과 유사한 특성을 가졌다.



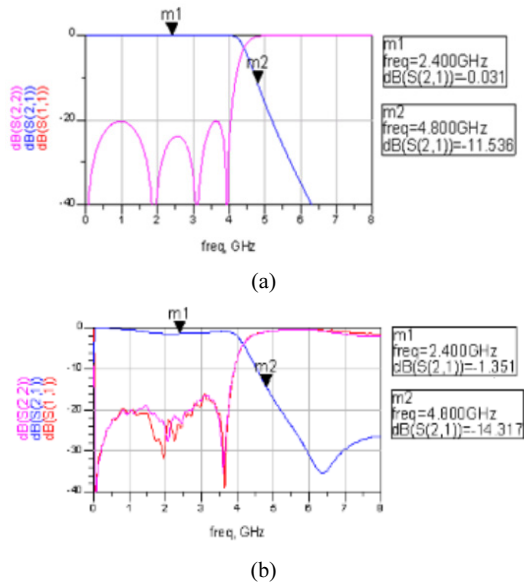
[그림 9] 패치 안테나의 제작사진과 측정성능 (a)제작사진 (b)정합특성 (c)3차원 방사특성

### 3.4 저역통과여파기

저역통과여파기(LPF)는 고출력증폭기에서 발생하여 수신안테나로 미약하게나마 들어오는 하모닉스 성분과 다른 고주파 주파수 성분들을 제거하는 역할을 한다. 동작주파수가 2.4GHz이므로 저역통과여파기의 차단주파수를 편의상 4GHz로 설계하여, 측정시 약간의 주파수 이동이 있더라도 2.4GHz 신호는 충분히 통과하도록 설계하였다[3].

그림 10(a)와 그림 10(b)는 각각 LPF의 설계와 측정결과를 보여주고 있다. 실제로 제작된 여파기의 성능을 보

면 동작대역에서 정합특성이 -20dB 이하이고 1.3dB의 손실을 갖는다. 이상적인 경우는 손실이 0이지만 실제로는 전송선로나 커넥터에서의 손실이 반영되므로 피할 수 없는 손실값이다. 그러나 이 손실값이 전체적인 시스템 운영에 큰 영향을 미치지 않는 것이다.

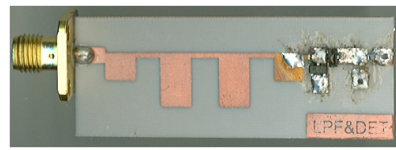


[그림 10] 저역통과여파기 특성 (a)시뮬레이션 (b) 측정

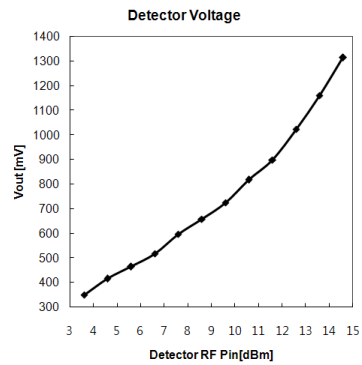
### 3.5 정류회로

정류기는 고주파 전력 신호를 DC전압으로 변환해 주는 역할을 한다. 일반적으로 회로의 충전조건은 전압조건을 만족하면 되고 전류는 충전시간과 관련이 있다. 충전에 필요한 높은 전압을 얻고자 할 때는 전압 체배기 회로를 사용하면 되므로 일단은 DC 전압으로 변환하는 것이 중요하다. RF-DC 변환효율이 높은 다이오드를 쓸수록 정류기의 특성이 좋아지는데, 본 논문에서는 Agilent사의 쇼트키 정류 다이오드인 HSMS 2850다이오드를 사용하였다[8-10].

그림 11(a)는 저역통과여파기와 함께 하나의 회로 기판으로 제작된 정류회로를 보여준다. 제작된 정류회로를 이용하여 220Ω의 출력 부하 저항을 통하여 검출되는 전압을 그림 11(b)에 보였다. 입력전력에 비례하는 검출기의 출력 전압이 형성되며 동작하고 있음을 측정결과로부터 알 수 있다.



(a)



(b)

[그림 11] (a) LPF를 포함하는 정류기 회로사진 (b) 측정된 DC 전압

## 4. 시스템 통합 구성 및 측정

위와 같이 각 부분별 회로들을 설계 및 제작하여 그 성능을 측정으로 확인한 후, 전체 시스템으로 통합 구성하였다. 연결 케이블로 인한 손실을 줄이기 위해 발진기와 고출력증폭기는 하나의 기판으로 통합하여 송신부를 제작하였고, 수신단 역시 앞에서 본 바와 같이 정류회로와 저역통과여파기를 하나의 회로기판으로 통합하였다. 제작된 고출력증폭기의 이득이 26~27dB이므로 표 1을 참고하여 증폭기의 출력 전력이 29dBm 이상이 되도록 발진기의 바이어스 조건을 조절하였다.

그림 12(a)는 제작된 송신단 회로와, 출력 전력의 크기를 측정하기 위한 장비의 사진이다. 송신단 회로에는 발진기와 고출력증폭기가 연결된 것을 볼 수 있다. 출력전력 측정시 1Watt (30dBm) 가까운 고출력에 의한 전력측정계측기의 손상을 막기 위해 S21이 -31.2dB인 감쇄기를 사용하였다.

그림 12(b)는 마이크로파 전력측정 계측기를 이용해 측정된 값의 예를 보여주는데, 이 그림에서 -1.9dBm의 측정값은 31.2dBm의 감쇄기를 거친 이후의 값이므로, 실제로 고출력증폭기의 출력은 29.3dBm임을 알 수 있다. 이 출력전력이 송신안테나를 통하여 전송되는 것이다.



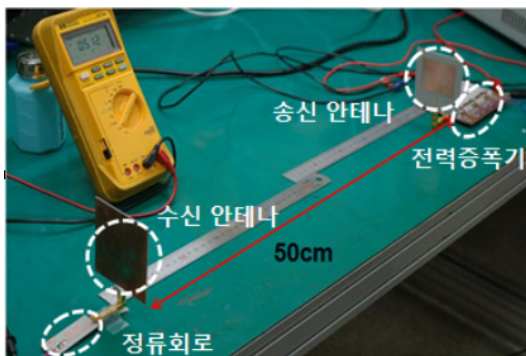
(a)



(b)

[그림 12] 송신단 회로 (a) 측정을 위한 구성 사진 (b) 측정된 전력 사진

이제 그림 3의 구성도와 같은 전체 시스템을 구성하고 동작 성능을 측정해 보았다. 그림 13은 송신부와 수신부를 같이 동작시키면서 시스템의 성능을 측정하는 모습을 실제 사진으로 보여주고 있다. 본 논문에서는 전력송신부와 수신부와의 거리에 따른 검출전압을 측정함으로써 수신부에서 사용할 수 있는 DC 전압을 측정하였다.



[그림 13] 전체 시스템의 성능 측정 사진

두 안테나와 사이의 거리를 조정하면서 검출한 DC 전압을 표 2에 정리하였다. 측정 결과, 두 안테나 사이의 거리가 가까울수록 높은 전압에 검출되었다. 표 2에 정리된 DC 검출 전압은 이에 상응하는 DC 전력으로 변환된다. 표 2를 보면 고출력증폭기에서 나오는 29dBm의 출력을 송신안테나를 통해서 내보낼 때 두 안테나 간의 거리에 따라 수신측에서 2~65mW의 DC 전력이 검출되었음을

알 수 있다. 본 논문의 연구가 당연구 분야의 초기 연구 단계의 결과여서 비록 완벽한 결과를 보여주지는 못하고 있으나, 수신측에 일정량 이상의 DC 전력이 전달된다는 것은 매우 의미있는 결과라 할 수 있다. 현재의 결과보다 성능을 더 개선하기 위해서는 1) 본 논문에서는 실험실 수준에서 제작과 측정이 용이한 패치 안테나를 사용하였으나 실제로는 방향성과 이득, 효율이 우수한 안테나의 사용, 2) 보다 정밀하고 RF-DC 변환효율이 우수한 정류기의 사용, 3) 검출된 전압이 이동단말 기기의 DC 배터리 충전에 필요한 전압이 되도록 전압체배기나 정밀전압 제어 회로와 같은 부가회로를 추가하거나 또는 배터리 충전에 필요한 정확한 전압으로 정밀 조정을 하는 분야에서의 기술적 향상이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

[표 2] 안테나 이격 거리에 따른 측정된 검출 전압과 전달 전력

이격거리 [cm]	검출전압 [mV]	부하에 전달된 DC 전력 [mW]	Pin 대비 효율 [%]
5	3870	64.95	8.18
10	2490	28.18	3.55
15	1950	17.28	2.18
20	1640	12.23	1.54
25	1210	6.66	0.84
30	1020	4.73	0.6
35	880	3.52	0.44
40	860	3.36	0.42
45	770	2.7	0.35
50	680	2.1	0.26

## 5. 결론

본 논문에서는 마이크로파 무선 전력전송시스템을 위한 기초적인 연구 결과를 얻기 위하여 실험실 수준에서 설계 및 제작이 가능한 수준의 프로토타입을 제작하고 성능을 측정하였다. 시스템 구성이 필요한 모든 마이크로파 회로와 안테나를 직접 설계, 제작하고 각각의 성능을 측정하여 전체 시스템 구성에 앞서서 개별 회로를 검증하였다.

전체 시스템을 구성하고 이의 동작을 확인하기 위하여 두 안테나 간의 이격거리를 조절해 가면서 수신기에서의 검출 전압을 측정하였다. 이 때 고출력증폭기의 출력을 일정하게 해야 하는데 이는 실제 시스템에서 일정한 전력을 계속 전송해 주는 것에 해당한다. 안테나간 이격거

리에 따른 수신전압의 측정은 이동 단말기기의 임의의 이동상황을 의미한다.

측정결과 두 안테나간의 이격거리가 가까울수록 검출되는 DC전압은 증가하였다. 측정의 예로써 이격거리가 50cm일 때와 5cm일 때 출력전압이 각각 680mV와 3870mV로 검출되었다.

본 논문에서 제시한 연구결과는 향후 매우 다양한 이동 무선 단말기나 디지털 기기의 DC 배터리 충전을 무선 전력 전송기술로 해결하려는 목적 아래 수행된 것이다. 보다 실제적으로 응용가능한 시스템을 개발하기 위해서는 향후 송·수신 이득이 큰 안테나와 RF-DC 변환 효율이 우수한 정류회로에 대한 연구가 더욱 보강되어야 할 것으로 사료된다.

### 참고문헌

- [1] 조덕창, "무선전력 전송기술", 한국전파진흥원 전파지 2002권 104호, pp. 38-41, 2002.
- [2] "Microwave power transmission system studies", *Raytheon Contract Report ER75-4368, NASA CR-134886*, 1975.
- [3] D. M. Pozar, "Microwave Engineering", 2nd edition, *John Wiley & Sons, Inc., New York*, 1998.
- [4] G. Gonzalez, "Microwave Transistor Amplifiers analysis and design", *Prentice Hall*, pp. 348-432, 1996.
- [5] S. C. Cripps, "RF Power Amplifiers for Wireless Communications," *Norwood, MA, Artech House*, 2006.
- [6] C. A. Balanis, "Antenna Theory Analysis and Design", *Wiley*, pp. 771-785, 1997.
- [7] McSpadden, J. O. and K. Chang, "A Dual Polarized Circular Patch Rectifying Antenna at 2.45GHz for Microwave Power Conversion and Detection", *IEEE MTT-S Digest*, pp.1749-1752, 1994.
- [8] J. H. Park, "Design and Fabrication of Rectenna for Microwave Wireless Power Transmission", *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*. Vol. 20, No. 6, pp. 43-48, 2006.
- [9] T. L. Floyd, "Electronic Devices Conventional Current Version", *Pearson*, pp. 85-120, 1999.
- [10] www.semiconductor.agilent.com, HSMS-2850 datasheet

### 박민우(Minwook Park)

[준회원]



- 2009년 2월 : 순천향대학교 정보기술공학부 (공학사)

<관심분야>

초고주파 무선 능동/수동 회로/부품 설계 분야 등

### 박진우(Jinwook Park)

[준회원]



- 2009년 2월 : 순천향대학교 정보기술공학부 (공학사)

<관심분야>

초고주파 무선 능동/수동 회로/부품 설계 분야 등

### 백승진(Seungjin Back)

[준회원]



- 2009년 5월 ~ 현재 : 순천향대학교 정보기술공학부 재학중

<관심분야>

초고주파 무선 능동/수동 회로/부품 설계 분야 등



구 자 경(Jakyung Koo)

[준회원]



- 2008년 2월 : 순천향대학교 정보기술공학부 (공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 대학원 전기통신시스템공학과 석사과정 재학중

<관심분야>

초고주파 무선 능동/수동 회로/부품 설계 분야 등

임 종 식(Jongsik Lim)

[종신회원]



- 1991년 2월 : 서강대 전자공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 서강대 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : 서울대 대학원 전기컴퓨터공학부 (공학박사)
- 1993년 2월 ~ 2005년 2월 : 한국전자통신연구원 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.

안 달(Dal Ahn)

[종신회원]



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

<관심분야>

RF, 마이크로파 수동소자 해석 및 설계 등임.