

# 무선전력전송기술 효율 향상 기법 연구

박준석 (국민대학교)

## I. 서론

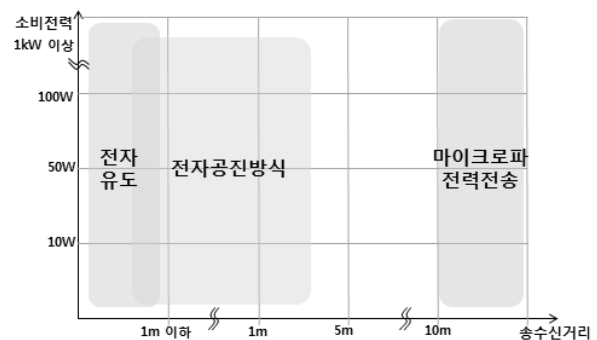
인류의 삶은 전기를 이용하며 매우 편리하고 쾌적하게 되었다. 하지만 전력 공급을 위해 반드시 필요한 각종 케이블로 인해 또 다른 불편에 직면하였다. 전력공급을 위한 케이블의 한계를 극복하기 위해 다양한 측면에서 무선화 기술이 연구되었으며, 최근 기존 무선전력전송 기술의 단점을 획기적으로 보완한 자기 공명 방식의 무선전력 기술이 개발되어 케이블의 무선화 성공을 기대할 수 있게 되었다. 무선전력전송 기술은 단순히 전기전자제품의 이동이 편리해 지는 것과 쾌적한 환경을 제공하는 것에 그치지 않고, 그 동안 주목받지 못한 분야의 시장이 활성화 되거나, 기존에 상상 할 수 없던 새로운 디자인과 기능을 갖는 제품이 등장하게 될 수 있다. 예를 들어 전기자동차에 무선 충전기술을 결합하여 시장의 활성화에 기여하거나 초소형 심장 박동기 개발을 통해 의료의 질적 향상을 가지고 올 수 있다.<sup>[1~3]</sup> 나아가서는 건설, 인테리어 및 다양한 분야와 IT 연계를 통해 연관 산업의 구조적인 변화를 가져올 수도 있다. 하지만 다양한 분야에 무선전력전송 기술을 적용하는 것은 무선전력전송이 상용화 가능한 효율을 유지할 수 있어야 가능하다.

현재 무선전력전송 기술이 상용화 되지 못하는 이유는 무선전력전송 주파수 할당 문제, 인체 유해성 검증 문제 및 상용화 어려운 효율 문제 등이다.<sup>[4,5]</sup> 인체 유해성 검증 및 전력전송 주파수 할당에 대한 문제는 현재 한국전파진흥협회 등에서 표준개발을 위해 노력하고 있다. 본 연구는 현재 무선전력전송의 방법 및 특징을 설명하고 특히, 마이크로파 방식의 무선전력전송의 효율 향상 기법에 대해 소개하고자 한다.

## II. 무선전력전송 기술 및 한계

### 1. 무선전력전송의 종류 및 원리

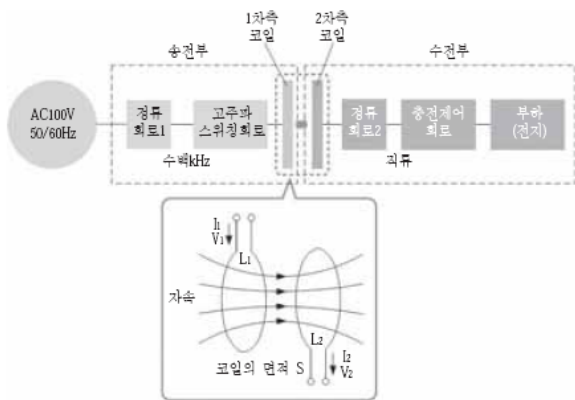
무선전력전송은 전력에너지를 무선 전송이 가능한 형태로 변환시켜 전달하는 전력전송시스템으로 새로운 개념의 전기공급 및 이용 기술이다. 전송되는 거리에 따라 전자파 전파 특성이 다르기 때문에 전송방식을 구분하고 있다. 근거리에서는 낮은 주파수의 전기나 자기장 결합에 의해 유도형 전력전송이 사용되며, 원거리에서는 방사형 전력전송 방식이 사용된다. 전력전송 거리에 따라 분류되는 무선전력전송 방식은 <그림 1>과 같이 나타낸다.



<그림 1> 거리에 따른 무선전력전송 기술 분류

#### 가. 전자유도방식

1개의 코일에 교류 전류가 흐르면 자력선이 발생하게 되는데 이 자력선이 근접한 다른 코일에 전압이 유기되는 원리를 이용한 것이 전자유도방식이다. 현재 전력기기에서 전압을 높이거나 낮출 때 쓰는 변압기와 같은 원리이다. 전력용 변압

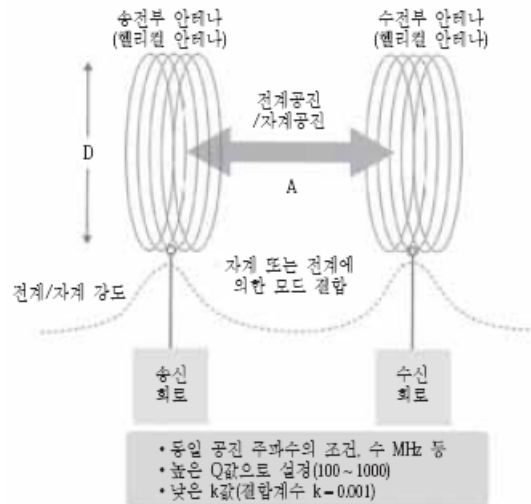


〈그림 2〉 전자유도 방식의 회로 구성

기는 60Hz 주파수를 쓰기 때문에 코일사이에 철심을 넣어 자력선이 잘 결합되도록 하지만, 비접촉 무선전력전송방식에서는 에너지 전송효율을 높이기 위해 2개의 송수전 코일을 수 cm 정도로 근접시켜 사용한다. 보통 사용 가능한 전송거리는 약 10cm 정도로서 전자유도결합을 위한 유도코일 안테나 간의 정렬범위 내에서 사용되어야 하기 때문에 응용범위가 한정된다. 전자유도방식은 전송거리는 짧지만 다양한 출력형태의 단말에 대응할 수 있다. 기술적으로도 비교적 용이하면서 비접촉 전원의 편리성을 가지고 있어 소용량 전기기기에 사용 실적이 많으며, 다른 방식에 비해서 기술의 완성도와 표준화도 가장 먼저 진행되었다. 전력전송의 원리는 〈그림 2〉와 같이 정류회로 1에 의해 만들어진 직류를 스위칭 회로에 의한 고주파 신호로 만들어 1차 코일에 전달한다. 여기서 발생된 교류자속은 2차 코일에 유기되어 기전력을 발생하게 된다. 여기서 1차 코일에 발생된 교류자속을 2차 측 코일에 인가하면 기전력  $V_2$ 가 발생되어 전력이 전송된다. 수백 kHz 정도의 교류자계에 의해서 코일 간의 공간을 전송시킬 수 있지만, 고효율 전송을 위해서는 코일 간격을 가능한 근접시킬 필요가 있다. 회로의 구성요소가 일반적인 스위칭 전원에 사용되는 고주파 전원 트랜스와 같기 때문에 회로 구현 방법이 기술적으로 어렵지 않으며, 동작 원리는 페러데이(Faraday) 전자유도법칙이기 때문에 안전성이 있는 설계가 가능하다. 주요 핵심부품인 코일의 콤팩트화는 중요한 기술적 요소이다. 공간적 전자유도코일과 자성체인 코어를 평면 인덕터 회로로 하여 공심 트랜스를 박형으로 개발하면 정류회로와 DC-DC 컨버터를 더욱 소형화시킬 수 있어 다양한 휴대 단말기용으로 장착하는데 매우 효율적이다.<sup>[6]</sup>

### 나. 전자공진방식

전자공진방식은 서로 떨어져 있는 공진기 간에 비방사형 전자파 에너지를 전달하는 것으로 MIT에 의해 2007년에 발표되었다. 전자유도방식과 비슷하나 1 ~ 2 m 정도의 무선전

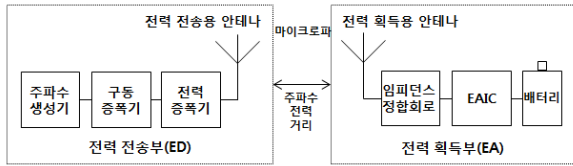


〈그림 3〉 공진형의 시스템 구성

력전송을 할 수 있고, 비교적 근거리 비방사형 전자유도방식과 방사형 장거리 전파방식의 장점을 가지고 있어 전송거리나 전송효율 측면에서 비교적 실용적이며 최근 관심이 집중되고 있다. 전자공진방식은 에너지 증폭 및 전달을 위해서 공진 회로가 사용되는데, 이러한 공진기는 자계뿐만이 아니라 전계를 사용해서 에너지를 결합시키는 방법도 연구되고 있다. 전자유도방식과 같이 회로구성 요소로 코일 방식을 이용한다. 동작원리는 〈그림 3〉과 같이 전계와 자계의 공진을 사용한다. 전자유도와 같이 코일 배열 조건에 의해서 전송효율이 크게 좌우되지만, 비교적 전자유도에 비해 코일의 정렬이 유연하고, 중계방식을 이용하여 이용 범위를 확장할 수 있다는 큰 장점이 있다. 송수전부 전송효율 차이는 각 코일 안테나의 LC 간의 공진강도 Q와 코일 간의 결합계수 k의 관계로 판단할 수 있는데, Q값과 k값의 적인  $Q \times k$ 값이 커서 효율을 좌우하기 때문이다. 자계 · 전계 공진형의 전송효율은 전송거리(A)와 코일 직경(D)에 의존한다. 전자유도방식과 비교해 보면 Q값이 낮아도 코일 간의 거리가 가깝기 때문에 k값이 높게 된다. 반면 자계 · 전계 공진형은 Q 값이 1,000 전후로 아주 높은 특성이 있다. 이 때문에 어느 정도 거리 내에서 k값이 낮아도 고효율을 실현시킬 수 있다.<sup>[7]</sup>

### 다. 마이크로파방식

마이크로파와 같이 초고주파의 전자파는 무선통신에서와 같이 안테나로 전자파를 방사(Radiation)시켜 전력을 보낼 수 있다. 이 방식은 파장이 짧기 때문에 안테나와 회로의 소형화가 용이하고, 직진성이며, 대기 감쇠가 적다는 등의 이유로 비교적 장거리 무선전력전송에 활용되고 있다. 〈그림 4〉와 같이 송전 측에서는 마그네트론이나 클라이스트론 등 고출력 마이크로파 발진기를 사용하여 직류를 마이크로파로 변환시



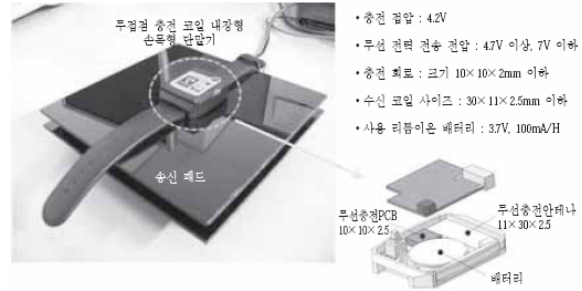
〈그림 4〉 마이크로파 무선전력전송 원리

키는데, 이러한 마이크로파를 전파 에너지 빔(Power Beam)을 모아주는 위성용 접시안테나와 같은 빔 안테나(Beam Antenna)를 통해 공간으로 전송하게 된다. 수전 측에서는 수신 안테나로 마이크로파를 받아 다시 직류 전원으로 변환시켜주는 정류용 반도체 다이오드(Rectifier)를 연결시켜 필요한 전력을 얻게 된다. 수전 측의 안테나는 정류용 다이오드와 결합되었다는 의미에서 렉테나(Rectenna)라 부르고 있다. 1959년 미국에서 처음으로 마이크로파를 이용해 일정한 지점 간의 자유공간에서 전력을 전송하는 실험이 실시되었는데, 그 후 마이크로파에 의해 무선으로 구동전력을 공급받는 무인 헬리콥터 비행기에의 응용 실험과 지상 1.5km 지점에 10개의 가정에서 쓸 수 있는 전력용량인 약 30kW 정도의 전력을 수송할 수 있는 실험 등이 성공적으로 이루어졌다. 이 방식은 “우주태양광발전”이라 부르는 장대한 구상의 연구가 우주 선진국 중심으로 진행되고 있는데, 24시간 태양광 발전이 가능한 우주에서 마이크로파로 지상에 보내 화석연료 고갈에 따른 새로운 에너지 확보 대안으로 연구가 추진되고 있다. 이러한 송수전원리를 이용하면 역으로 공간에 있는 전파를 수집하여 에너지로 사용하는 방식의 실용화 연구도 진행되고 있다. 이러한 것을 “유비쿼터스 전원”, “에너지 포집(Energy Harvesting)”이라 부르고 있다. 이것은 배터리 없는 시스템을 실현할 수 있는 기술이지만, 포집 전력의 작아 현재는 휴대용 정보단말이나 유비쿼터스 센서용 전원 등의 소용량 무선전원장치에 대한 응용연구가 추진되고 있다. 마이크로파와 같은 전자파를 공간에 방사시켜서 다양한 분야에서 이용할 경우 가장 먼저 고려해야 할 사항은 전자파에 대한 안전문제이다. 현재 제도적으로 규정되어 있는 지침은 인체 영향 등을 고려해 공간에 방사되는 에너지를 1 mW/cm<sup>2</sup> 이하로 제한하고 있다. 거리의 2승으로 감소하는 방사 전자파를 이용해야 하므로 이것을 준수하게 되면, 수전 사이트에서는 수 μW 밖에 수전되지 않기 때문에 충분한 에너지를 얻을 수 없는 것이 단점이다.<sup>[8]</sup>

## 2. 국내외 연구 개발 사례 및 현황

### 가. 국내기술 개발 사례

기술의 용이성으로 보아 무선전력전송의 개념은 비접촉



〈그림 5〉 독거노인용 손목단말의 무선 충전

전원이나 무선충전용으로의 활용 등이 요구되는 특수한 응용 분야를 중심으로 사용되어 왔다. 전선없는 무선 크레인이나 반도체공장의 이송장치, 그리고 온라인 전기자동차 등의 kW급의 대용량에서부터 수 W급의 휴대기기용까지 다양하게 개발되고 있다. 〈그림 5〉는 한국전기연구원의 독거노인용 생체 신호감지용 손목 단말의 무선충전기이며, 휴대 전화 배터리 팩 제조업체 한림 포스텍에서는 무접점 방식 휴대전화 충전기를 개발하였다. 자계공진방식은 근거리용으로 매우 매력적인 전송방식으로 주로 미국의 MIT에서 제안된 이후 국내에서도 연구기관과 대학 기업 등에서 많은 연구개발이 추진되고 있다. 대부분 거리관점에서 보면 정보 가전기기용으로 활용이 적합하여 국내에서도 200W급 벽걸이 TV용 무선전원 기술이 개발된 바 있으며, 효율적인 장점이 전자유도방식보다 우월해 최근에는 모바일 정보기기용 충전장치로의 개발이 활발해지고 있다. 마이크로파 방식은 한국전기연구원에서 1998년 2.45GHz의 10kW급 무선전력전송장치 개발이 시연된 이후 배터리를 이용한 자기 마이크로파 전력충전 시스템(Self microwave power charger) 및 듀얼 주파수 밴드를 이용한 고효율 무선전력전원 공급장치 개발한 사례가 있다.

### 나. 국외기술 개발 사례

국외의 경우도 기술이 용이한 전자유도형 무선전원이나 충전기술들이 개발되고 있다. 대표적인 것이 아이팟과 같은 휴대기기용 무선충전기이며, Powermat사의 노트북 충전매트와 〈그림 6〉과 같은 델컴퓨터사의 무선 충전 노트북 레티튜드 지(Latitude Z)가 비교적 상용화 수준의 제품으로 인식되고 있다. 대출력 무선전력전송기술은 일본 닛싼자동차의 10 kW급의 무선충전 기술개발과 와세다 대학, 히노 자동차의 노선버스 온라인 무선전력기술은 전자유도 방식의 기술을 응용하고 있다. 자계공진방식은 미국 MIT의 솔지아치(Soljatic) 교수팀이 자기 공진을 이용하여 2 m의 거리에서 45 %의 효율로 60 W의 전구 조명을 무선 전력전송기술 실험 사례를 2007년 7월 사이언스(Science)지에 게재함으로써 근거리에서의 무선전력 전송방식으로 가장 많이 개발되고 있다. 인텔



〈그림 6〉 델컴퓨터의 무선충전 노트북

과 퀄컴사는 휴대전화 충전기를 대상으로 개발이 진행된 바 있으며, 소니사는 무선으로 22인치 TV를 50 cm의 거리에서 무선으로 전력을 전송하여 TV 작동시키는 기술을 선보였다. 마이크로파 방식은 미국과 일본이 장거리 무선전력의 관점에서 기술개발이 추진되어 왔으나, 에너지의 집속과 변환기술의 발전으로 일부 근거리에서의 유비쿼터스 무선전원으로서의 활용성을 실증해 보이고 있다. 미국의 Powercast사는 4 W, 915 MHz의 온습도 센서용 무선전력 송수신장치 개발한 바 있으며, 일본의 미스비시 자동차는 전기자동차 무선충전 시스템으로의 기술개발을 시도하여 마이크로파의 송수전 효율의 개선, 송전기 가격의 저감, 차량에의 영향 차단, 안전성 확보 등의 추가 기술 개발을 통해 마이크로파 무선전력전송 기술의 실용화를 추구하고 있다.

### 3. 무선전력전송의 한계

현재 상용화가 가장 많이 된 무선전력전송 방식은 전자유도방식의 무선전력전송이다. 전자유도 방식은 3 W 이하의 소형 전자기기에 적용이 가능하며 공급전력 대비 충전전력의 효율이 최고 90 % 이상이다. 충전 위치의 변화에 따라 충전 효율이 크게 달라지며 발열이 많다는 단점이 있다. 특히 전력 전송가능 거리가 수 mm로 매우 짧아 적용 가능한 분야가 적다는 것이 가장 큰 단점으로 지적된다.

송, 수신부 코일간의 전력 전송 거리를 향상시킬 수 있는 전자공진방식은 수 m까지 전력전송이 가능하다. 하지만 공급전력 대비 충전 효율이 60 %로 전자유도방식보다 낮은 것이 단점이다. 하지만 전자공진 방식에서 가장 큰 문제로 대두되는 것은 반지름 50 cm로 매우 큰 송, 수신부 코일의 크기를 공진을 유지하면서 획기적으로 줄일 수 없다는 것이다. 또한 고효율 전력전송을 위해 공진조건과 함께 송, 수신 코일간의 커플링을 크게 만드는 것에 한계가 있다.

전력전송 거리를 획기적으로 증가시킬 수 있는 마이크로파방식은 1대의 전력 전송장치로 다수의 전력 수신장치에 전력을 공급할 수 있는 수단으로 관심을 받고 있다. 하지만 거리에 따라 획득할 수 있는 전력량의 차이가 크고 전송전력

대비 충전전력의 효율이 50 % 미만이라는 것이 상용화에 가장 큰 걸림돌이 되고 있다. 전송 전력의 증가를 통해 조금 더 많은 전력을 획득할 수 있지만, 이는 인체 유해성의 문제를 갖게 되므로 해결책이 되지 못한다.

본 연구에서는 특히, 1대 다수의 전력전송이 가능하며 수십 m의 전력전송이 가능한 마이크로파방식의 무선전력전송의 효율을 향상시킬 수 있는 기법을 소개한다.

## Ⅲ. 무선전력전송 효율 향상 기법

마이크로파 방사 방식의 전력수신 장치는 AC/DC 컨버터와 DC/DC 컨버터로 구성된다. 제안하는 마이크로파 전력수신 장치는 마이크로파 입사 전력을 슈퍼 커패시터에 1차 충전하고, 1차 충전된 전력을 기반으로 DC/DC 컨버터를 동작시켜 사용 가능한 DC 전력을 생성하는 방식이다.

마이크로파 방식의 무선전력전송의 효율 향상은 전력수신부의 전력획득효율(RF to DC 효율)을 향상시키는 방법, 획득전력변환효율(DC to DC 효율)을 향상시키는 방법으로 구분할 수 있다. 전력획득효율 및 획득전력변환효율의 향상은 결국 전체 무선전력수신부의 충전효율을 향상시킴으로 전송전력 대비 충전전력의 효율 향상을 갖고 올 수 있다.

### 1. 마이크로파 무선전력획득효율 향상 기법

〈표 1〉은 3 W급 915 MHz 마이크로파를 전송하는 장치로부터 거리에 따른 수신장치의 수신전력을 나타낸 표이다. 10 m 떨어졌을 때 수신전력은 -10 dBm으로 매우 낮다. 〈표 1〉과 같이 전력전송 장치로부터 거리가 멀어질수록 수신전력이 급속히 감소하기 때문에 넓은 동적범위를 갖는 것이 가장 중요하다. 넓은 동적범위를 갖기 위한 방법은 다음과 같다.

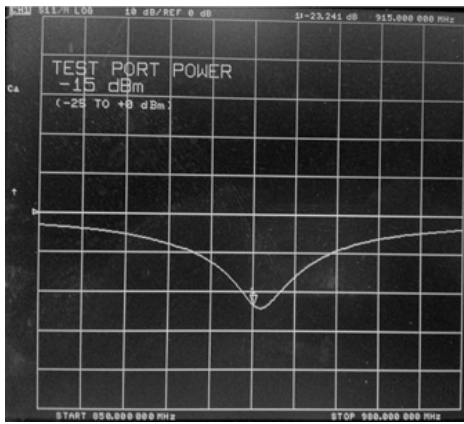
- 낮은 전력 입사 시, 낮은 VSWR 구현
- 낮은 전력 입사 시, 높은 정류전압 출력 구현

본 마이크로파 전력획득효율 향상을 위한 연구를 위해 설계된 전력수신 장치는 1차 충전전압이 1.2 V가 되면 DC/DC 컨버터를 동작시키고, 1.0 V 이하가 되면 DC/DC 컨버터 동작을 막는다. 따라서 정류전압은 낮은 전력이 입사되어도 1.2 V를 생성할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 -16 dBm의 입사전력에 1.2 V를 생성할 수 있는 임피던스 정합기술 및 정류회로 구현기술을 적용하였다.

동적범위를 향상시키기 위해 입력전력 -10 dBm을 기준으로 임피던스 정합을 하였다. 이때, 입사전력을 -16 ~ 0 dBm

〈표 1〉 거리에 따른 평균 수신전력

거리 [m]	평균 수신전력 [dBm]
3	2.47
4	-1.45
5	-3.00
6	-4.86
7	-6.60
8	-7.31
9	-8.27
10	-10.9



〈그림 7〉 -15dBm 입력시 반사계수(S11=-23dB)

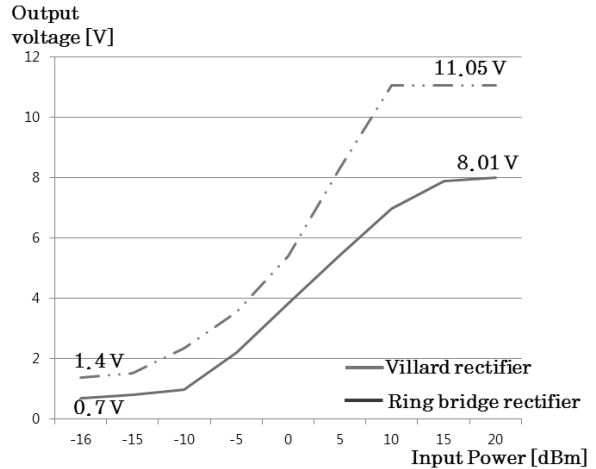
로 변화시키며 반사계수가 -11 dB 이하가 되도록 임피던스 정합을 진행하였다. 〈표 2〉는 입사전력에 따른 반사계수를 측정 한 표이고, 〈그림 7〉은 -15 dBm 입력시 반사계수 측정 결과이다.

높은 정류전압을 획득하기 위해서 전압 채배기 형태의 정류회로를 구현하였다.<sup>[9]</sup> 또한 전압 채배기와 임피던스 정합 회로의 결합 노드의 전압을 발전시킴으로서 기존 전압 채배기보다 높은 전압을 획득 할 수 있었다. 〈그림 8〉은 입력전력에 따른 링 구조의 정류기 출력전압과 전압 채배기 정류회로의 출력전압을 비교한 그래프이다.

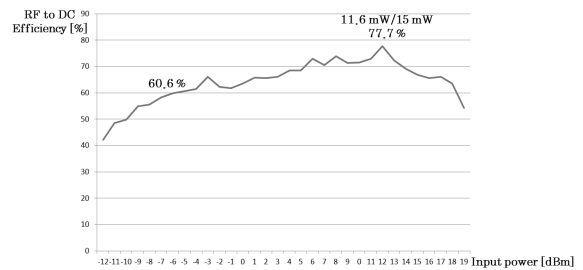
설계한 전력수신장치의 동작 범위는 -16 ~ 20 dBm이다. 이와 같이 발전특성의 낮은 VSWR을 갖는 정류회로 구현을

〈표 2〉 입사전력에 따른 반사계수

입사전력 [dBm]	반사계수 [dB]
20	-22.74
15	-19.13
10	-11.22
5	-12.18
0	-13.13
-5	-14.65
-10	-18.87
-15	-23.53



〈그림 8〉 링 구조 및 채배기 정류회로 출력전압 그래프



〈그림 9〉 RF to DC 효율 그래프

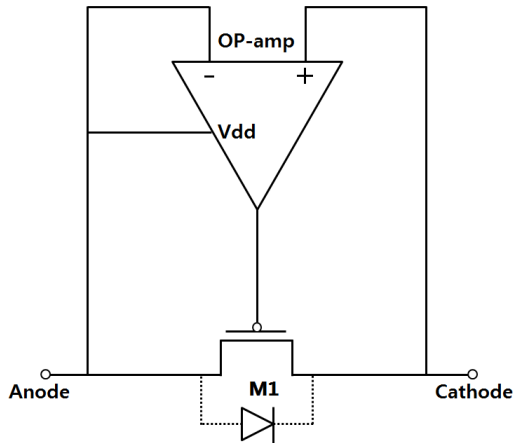
통해 무선전력획득효율을 측정 한 결과 〈그림 9〉와 같이 77.7%의 무선전력획득효율을 얻을 수 있었다. 현재 미국의 Powercast社가 개발한 무선전력 송수신 장치의 동작범위는 -10 ~ 20 dBm 이며 무선전력획득효율은 최고 70 %이다. 따라서 넓은 동작범위를 갖는 기법을 적용 했을 때 무선전력 획득효율을 향상시킬 수 있다.

## 2. 획득전력변환효율 향상 기법

무선전력 수신 장치는 획득전력변환효율 향상을 위해 저전력에서 동작해야 한다. 또한, 전압강하를 최소화 하며 누설전류를 최소화 해야 한다. 저전력 동작 및 전압강하를 감소시키는 방법은 아래와 같다.

- 저전력 동작 구현
- 전압강하가 작은 다이오드 구현
- 누설전류 억제를 위한 노력

무선전력 수신장치는 수신 전력을 DC 전력으로 변환시키며 이때 변환된 DC 레벨을 높이기 위해 전압 승압회로가 사용된다. 하지만 스위칭을 통한 전압 승압회로는 높은 전력을 소모하게 된다. 따라서 전압 스위칭 승압회로의 저전력 설계



〈그림 10〉 액티브 다이오드 회로

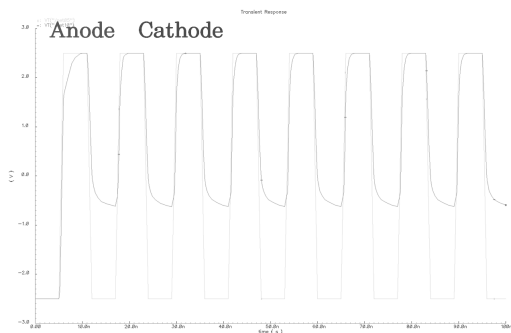
가 가장 큰 이슈이다. 저전력 전압 스위치 구현을 위해서는 무선전력 수신장치의 내부 블록을 제어하는 발진기의 발진 주파수와 스위칭 주파수의 동기화가 필요하다. 또한 비교기로 사용되는 Op-amp의 전류소모를 줄임으로서 무선전력 수신장치의 전류소모를 크게 감소시킬 수 있다.

전압강하를 감소하기 위한 노력의 일환으로 다이오드를 대체할 수 있는 액티브 다이오드의 적용할 수 있다.<sup>[10]</sup> 액티브 다이오드는 Op-amp 비교기 및 PMOS 스위치를 통해 간단히 구현 할 수 있으며 전압강하가 거의 없다. 〈그림 10〉은 액티브 다이오드의 회로도이며, 〈그림 11〉은 액티브 다이오드 시뮬레이션 결과이다.

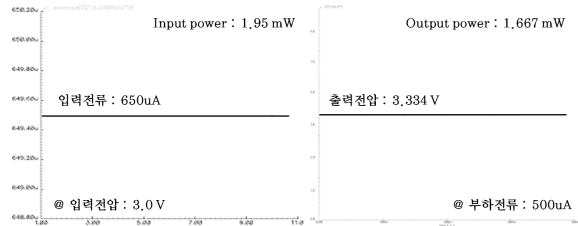
누설전류 억제를 위해 기판전압 발생 회로를 통해 누설전류를 억제 할 수 있다. 네거티브 전압을 생성하는 VSS 발생 회로와 VSS 발생회로의 네거티브 전압을 공급으로 다른 네거티브 전압을 생성하는 더블 크로스 커플 하이브리드 펌핑 회로를 구현하여 기판전압을 발생한다. 이는 누설전류 성분을 최고 수십 nA까지 효과적으로 감소시킬 수 있다.

최종적으로 Op-amp의 전류소모감소 및 누설전류 감소 기법을 적용하여 구현한 마이크로파 무선전력수신 장치의 부하전류가 500 uA 일 때, 획득전력은 〈그림 12〉와 같다.

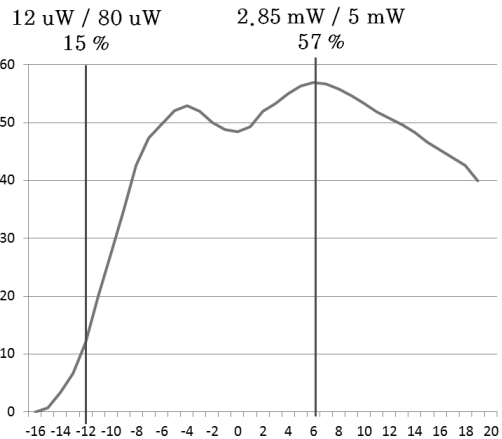
또한, 무선전력전송의 효율향상 기법을 적용하여 구현한



〈그림 11〉 액티브 다이오드의 시뮬레이션 결과



〈그림 12〉 부하 전류 500 uA 일 때, 입력전력 출력전력



〈그림 13〉 무선전력수신C 전체 효율 그래프

무선전력수신C의 전송전력 대비 충전전력 효율은 〈그림 13〉과 같다. 미국의 Powercast社가 개발한 무선전력 송수신 장치의 전체 효율은 최고 55 %정도로 설계한 무선전력 수신장치와 비슷하다. 하지만 -12 dBm 이하의 전력이 입사되었을 경우, 설계한 전력 수신장치는 15 %의 효율을 갖으며 Powercast社의 전력수신장치는 5 % 미만의 효율을 갖는 것을 확인하였다. 따라서 획득전력변환효율 기법을 적용 할 때, 전체적인 효율이 향상됨을 확인하였다.

#### IV. 향후 연구 및 결론

마이크로파 방사 방식의 무선전력 전송을 수십 m 까지 전력전송이 가능한 차세대 무선전력 전송 기법이다. 하지만 낮은 효율이 상용화 및 적용의 한계로 지적되어 왔다. 이러한 한계를 극복하는 방법에 대한 연구의 일환으로 무선전력획득 효율의 향상기법 및 획득전력변환효율의 향상기법에 대한 연구를 진행하였다.

마이크로파 무선전력전송효율을 향상시키기 위해 임피던스 정합 및 정류회로의 구조를 제안하였으며 이를 통해 넓은 동적범위를 구현할 수 있다. 넓은 동적 범위의 구현은 무선전력획득효율을 향상시킨다.

또한, Op-amp 비교기의 저전력 설계 및 전압강하 최소화

를 위한 액티브 다이오드를 제안하였으며, 누설전류 최소화를 위해 더블 크로스 커플 하이브리드 펌핑회로를 제안하였다. 이를 통해 획득전력 변환효율을 향상시킬 수 있다.

무선전력획득효율의 향상 및 획득전력변환효율의 향상은 전체 무선전력수신 장치의 충전효율을 향상시킴으로 전송전력대비 충전전력의 효율을 향상시킬 수 있다. 특히, 낮은 전력에서의 충전효율을 향상시킴으로 보다 먼 거리에서의 무선전력 전송이 가능함을 보였다.

하지만, 60 % 미만의 전송전력 대비 충전효율은 상용화의 한계점으로 지적될 수 있다. 이러한 낮은 효율의 한계를 일시적으로 극복하기 위해 무선전력전송 중계기 개발을 통해 체인형태의 무선전력전송망을 구현할 수 있지만 실제 효율의 향상을 갖고 있지 않기 때문에 완벽한 해결책이라고 할 수 없다. 따라서 인체 유해성 검증을 통해 표준화된 전송 가능한 전력 레벨을 규정하는 노력이 필요할 것이며, 또한 전압 스위칭을 통한 전압승압을 대체할 수 있는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

이러한 연구의 노력의 결과로 90 % 이상의 효율을 갖는 마이크로파 무선전력전송 기술이 개발되면 다양한 분야의 IT 융합을 통해 신성장 산업의 확장 및 다양한 수입 창출의 기반이 될 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- [1] 이승규 외, 전기자동차를 위한 무선전력전송 시스템의 효율증가, 한국자동차공학회 2011년 추계학술대회, 2011. 10.
- [2] 안승영 외, 온라인 전기자동차의 무선전력전송 시스템 최적화, 대한전기학회 학술대회 논문집, 2011. 07.
- [3] 윤희찬 외, 전기 자동차의 타이어를 통한 무선 전력 충전 연구, 한국자동차공학회 학술대회, 2011. 11.
- [4] 김남 외, 무선전력전송에 따른 EMI/EMC 및 인체 영향 연구 동향, 전자공학회지 329, 2011. 09.
- [5] 임춘택, 무선전력전송의 애로기술, 전력전자학회지 15(6), 2010. 12.
- [6] Da Huang, Magnetic superlens-enhanced inductive coupling for wireless power transfer, Materials Science, 2012.
- [7] R. Hernandez, Concentric dual-loop RF coil for magnetic resonance imaging, REVISTA MEXICANA DE FISICA 49, 2003.
- [8] Yuan Rao 외, An Input-Powered Active AC/DC Converter with Zero Standby Power for Energy Harvesting Application, ECCE, 2010.
- [9] 정원재 외, RF 무선전력전송기반 높은 동적특성의 에너지 획득 시스템 설계, 대한전기학회 학술대회 논문집, 2011. 7.

- [10] Xuefei Xie 외, The Active Diode-Current Driven Synchronous Rectifier, 제33회 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집 제17권 제1호, 2010. 4.



박준석

1987년 국민대학교 전자공학과 학사.  
 1993년 국민대학교 전자공학과 석사.  
 1996년 국민대학교 전자공학과 박사.  
 1997년~1998년 Dept. of EE, UC-LA(PostDoctoralFellow).  
 현재 국민대학교 전자정보 통신공학부 정교수.  
 <관심분야> Mobile RFIC, RFID Active Tag, Wireless LAN,  
 Electric Vehicle, Power Management IC