산업체 무선 전력 전송 기술 동향

한민석·박래혁 (LS전선)

Ⅰ. 서 론

최근 전 세계적으로 각종 전자기기에 전선이 없어도 편리하게 전원을 공급하거나 충전할 수 있는 방법인 무선 전력 전송(Wireless Power Transfer) 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 무선 전력 전송 기술은 미래 사회 모습을 바꿀 핵심 기반형 기술로서 기존의 유선 전원 공급 및 충전 방식을 대체할 수 있는 기술 이다. 가정이나 사무실, 산업현장 등 주위에서 늘 보아왔던, 복잡하게 엉켜져 있는 전원 케이블 대신 무선 어댑터만으로 언제 어디서나 전력을 공급받을 수 있어, 전원이 필요한 기기에 무한한 자유로움을 제공할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

무선 전력 전송 기술은 19세기 초 마이클 패러데이(Michael Faraday)의 전자기 유도 실험을 시작으로 1888년 독일 물리학자 하인리히 헤르츠(Heinrich Hertz) 교수의 다이폴 안테나를 이용한 맥스웰 방정식의 증명을 토대로 지속적으로 연구되었다. 이후 1893년 니콜라 테슬라에 의해 전파를 이용해 무선 전송 실험이 시도되었다[1]. 20세기 중반 이후부터는 대체에너지 확보를 위해 우주 태양광 발전 프로젝트가 기획되었고, 다양한 기관에서 원거리 무선전력전송 기술에 대한 산업화의 타당성에 대해 조사가 이뤄졌다. 또한 디지털 산업의 발달로 20세기 말부터는 소전력을 사용하면서 상대적으로 구현이 용이한 유도결합(Inductive coupling) 방식의 근거리 비접촉 무선전원 기술에 대한 상용화가 꾸준히 이뤄지고 있다.

이에 따라 무선 전력 전송 기술은 미국 MIT를 비롯하여 많은 기관에서 미래 유망기술로 선정하는 등 전기전자 분야에 있어 새로운 성장 동력 기술로 인식되어, 국내외에서 매우 큰 관심을 가지고 있다. 현재보다 미래사회에서 그 수요가 더욱 높은 기술이고, 미래사회에 새로운 패러다임을 제공할 수 있는 잠재력을 가졌으며 특히, 무선전력전송 시장이 현재의 무선통신 시장을 능가할 것으로 예측하고 있기 때문이다. 대표적인 시장은 휴대폰 및 디지털 기기를 위한 무선충전 제품이다. 배터리 충전에 대한 사용자들의 스트레스를 덜어 주기 위해 최근 몇 년 전부터 국내외 무선 통신 단말기 사업자들은 일찌감치 핸드폰을 포함한 다양한 디지털 기기를 위한 비접촉 무선충전 시장 개척에 많은 노력을 기울이고 있다.

지금까지 다양한 무선전력전송 기술이 개발되었지만 일부 비접촉식 유도결합 방식을 제외하고는 아직까지 상용화되지 못하고 있다. 예를 들어 과거 수십 W 이상의 대 전력을 전송하기 위하여 5.8 GHz 등 마이크로파 (microwave)를 사용하려는 연구가 일부 이루어져 왔으나 인체에 미치는 영향 및 고효율 안테나 사용에 따른 직진성 등으로 인해 활발하게 상용화되지는 못하고 있다[2]. 하지만, 2007년 MIT 물리학과의 마린 솔자익 (Marin Soljacic) 교수팀이 제안한 비방사 (non-radiated) 방식의 대 전력 무선전송 기술은 10 MHz의 반송파를 이용하여 2 m 거리에서 60 W의 대 전력 전송을 시연하였다고 발표함으로써 향후 미래 유망기술로 대두되고 있다[3].

하지만 아직까지도 무선 전력 전송은 인체영향 등 해결해야 할 문제가 산적해 있는 기술로서, 원천기술개발, 제도개선, 상용화 등의 계획을 체계적으로 세워서 추진해야만 성공할 수 있는 분야이다. 따라서 현 시점에서 무선전력전송에 대한 전반적인 개요, 주요 개발 동향 및 인체영향 등의 주요 이슈(Issue)를 살펴봄으로써 관련 기술개발의 활성화 및 상용화를 위한 자료로 활용할 필요가 있을 것으로 보인다.

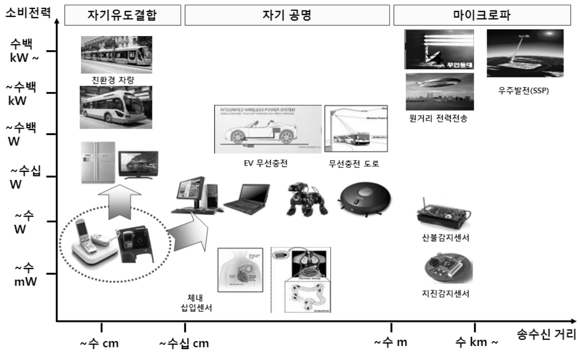
본 논문에서는 먼저 무선 전력 전송 기술의 개요부터 시작하여 최근 산업체 무선 전력 전송 기술 개발 동향을 살펴보고, 관련된 주요 이슈를 정리하여 향후 국내의 무선 전력 전

송에 대한 기술 도입 활성화를 위한 기초 자료 및 연구방향을 제시하고자 한다.

Ⅱ. 무선 전력 전송 기술 개요

무선 전력전송 기술은 <표 1> 과 같이 전송거리에 따라 크게 원거리 전송, radiative 방식의 근거리 전송, non-radiative 자기공명 방식의 근거리 전송, 접촉식 방식(유도결합 이용) 등 4가지 분야로 분류할 수 있다[5]. 이 중에서 원거리 전송은 5.8 GHz 등 고출력의 마이크로파를 이용하는 방식으로 과거부터 연구되어 왔으나, 인체 영향 및 직진성 등의 문제로 상용화되지는 못하였다. 방사(radiative) 방식의 근거리 전송은 UHF(Ultra High Frequency)대역의 RFID/USN 주파수 대역 또는 2.4GHz ISM 대역을 이용한 RFID 서비스를 의미하며, 유통/물류 분야에서 2000년대 초반부터 상용화되었으나 방사 손실에 의해 최대 수십 mW의 전력전송만이 가능한 상태이다.

유도결합을 이용하는 방식은 수 mm의 거리에서 접촉식으로 수W의 전력을 전송하는 방식으로 125 kHz 혹은 13.56 MHz의 주파수를 사용하며, 교통카드, 무선면도기, 전동칫솔 등에서 상용화되었으나 전송거리가 최대 수 cm 이내라는 한계가 있다. 2007년 MIT의 마린 솔자익(Marin Soljacic) 교수팀이 제안한 비방사 (non-radiated) 방식인 자기공명의 경우, 두 매체가 같은 주파수로 공진할 때 전자파가 근거리 자기장을 통해한 매체에서 다른 매체로 이동하는 공진결합 방식에 기반을 두고 있으며, 2m 거리에서 60W의 대전력 전송을 시연에 성공함으로써 향후 미래 유망기술로 대두되고 있다[3]. 하지만, 자기공명의 경우 공진기의 Q (Quality Factor) 값이 매우 커야 하는데, 실제 상용화시에는 부하 조건에 따른 임피던스 변화, 주변 도체의 영향 등으로 Q값이 높게 유지할 수 없어 아직까지 상용화되고 있지는 못하고 있다.



<그림 1> 무선 전력 전송 응용 분야

<Fig. 1> Applications of wireless power transfer

무선전력전송 기술이 상용화될 경우 기술 별로 가능한 적용분야를 살펴보면 <그림 1>과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 최대 수 cm 이내의 거리에서는 유도결합 방식이 사용되며 수W의 휴대용 가전기기 충전에서부터 수 kW의 전기자동차 등의 전력공급 등 다양한 응용분야에서 이용될 수 있을 것으로 보인다. 한편, 비방사 방식의 자기공명의 경우 유도기전력 방식에 비해 Mobility가 높은 장점을 갖고 있으며 수십cm 에서 수 m 까지의 거리에서 가전기기 또는 조명용 전력전송에 사용될 것으로 보인다. 반면 방사방식의 경우 소 출력의 경우 전자태그에 사용되며, 근역장(near-field) 안테나를 사용한다면 1m 이하의 PC 주변기기 등의 무선전력전송에도 사용될 수 있다. 원거리 고출력 마이크로파 방사 방식의 경우 우주발전 등에서 연구가 진행되고 있으나, 앞으로도 인체 영향 등으로 인해 상용화는 어려울 것으로 판단된다.

Ⅲ. 산업체 무선 전력 전송 기술 동향

본 장에서는 전 세계적으로 이루어지고 있는 산업체 무선 전력 전송 최신 기술 동향을 전송 방식에 따라 살펴보고자 한다.

<표 1> 전송거리에 따른 무선 전력 전송 기술 분류

<Table 1> Wireless power transfer technologies for distance variation

분류	전송거리	특징	장점	단점
접촉식 전송 (유도결합방식)	수 cm 내외	- Inductive Coupling - 실용화가 많이 이루어짐 - Powercast, Philips 등 - 125 kHz, 135 kHz 등 - 저가의 고출력 소자가 가능	- 구현이 쉬움 - 전력 효율이 높음	- 1 cm 내 전송 -주변 금속체에 와류 발생
근거리 전송 (non-radiative 자기공명 방식)	수 m 내외	- 2007년 MIT 제안 - 비방사 공진 이용 - 수십 W 전송가능 - 개발초기단계 (MIT, Intel 등) - 10 MHz 근방	- 동일 공진주파수간 전달 - 1m 이상 전력송신 가능 - 멀티충전 가능 - 중계 전송 가능 - 이동/편의성 증가	- 핵심부품 부재 - 상용화 검증단계
근거리 전송 (radiative 방식)	수 m ~ 10 m 내외	- 수십 MHz ~ 수 GHz - 저 출력 전송 - UHF RFID 에서 사용	- 방사 손실	- 저 출력 (수십 mW) 전송
원거리 전송	수 km ~ 수 백 km	- RF 방사 - 수 GHz 주파수 사용 - 고 출력 전송 가능 - 인체영향 등 문제 제기	- 원거리 전송 - 소형 Size	- 저 효율(수%) - 인체 유해성

1. 자기유도결합 방식 무선 전력 전송 기술 동향

자기유도결합 방식은 종래의 전동칫솔, 무선충전 패드 등에서와 같이 패러데이의 전자기법칙을 이용한 것으로 송신코일에서 발생된 시변 자기장을 무접점, 무선으로 수 센티미터 정도 이내의 아주 가까운 거리의 수신코일에서 수신하여 발생된 유도기전력을 기기에 공급하는 방식이다. 매우 짧은 송수신거리로 고효율과 구현이 용이한 장점이 있지만, 단점으로 송수신거리가 매우 짧고 송수신 코일의 위치 일치가 중요하여 약간의 어긋남에도 효율의 급격한 저하가 있고 금속주변 자기장의 와전류로 인한 열 발생 문제점이 있다.

먼저 유도결합에 의한 대표적인 기술개발 동향을 살펴보면 <표 2>와 같다. 현재까지 Fulton사가 가장 앞선 기술(eCouplTM Technology) 을 보유하고 있다. 특히 Fulton사는 전력흐름을 연속적으로 모니터링할 수 있는 제어 시스템을 추가함으로써 수백 mW에서 수십 W의 전력을 90% 이상의 효율로 전송하는 기술을 시연하였으며, TI, Energizer 등의 회사와 상용화를 위해 협력하고 있다. 다음으로 Convenient Power사도 유사한 특성을 갖는 배터리 충전 시스템을 개발하였으며, 애플의 iPhone, 닌텐도 DS, Blackberry Curve용 무선충전기를 개발하고 있다. LS전선은 2011년 7월 자체 기술로 개발한 아이폰4용 무선 충전기 차버(Chaver)를 선보이면서 또 다른 성장 동력을 찾아 나섰다. 이 제품은 이미 2007년 세계 최초로 무선 충전기술을 선보인 LS전선이 국내 자체기술로 개발한 첫 제품으로, 수직 자기장 방식을 선택하고 있다. 이 방식은 전자기 유도를 통해 전류를 흐르게 해, 충전용 패드 1차 코일에서 발생된 자기장이 충전지 2차 코일에 유도돼 전류를 공급하는 기술이다. 또한, 국내 휴대폰 제조업체들도 무선충전 휴대폰 개발을 위한 성능 테스트와 기구 디자인을 진행하고 있다. 모바일 무선충전기술은 충전회로를 배터리팩에 넣거나 또는 휴대폰 본체에 장착하는 두 가지 방식으로 개발되고 있다. 현재까지 발표된 유도결합 기술의 주요 특징을 살펴보면, 수백 kHz 의 주파수를 사용하며, 전송거리는 수 mm의 접촉식을 사용한다는 것이다. 또한, KAIST에서는 무선 전력 전송을 이용한 온라인 전기자동차(OLEV : On-Line Electric Vehicle)를 개발하여 서울시 버스노선 등에서 상용화할 것이라는 계획을 발표하였다[6].

2. 자기공명방식 무선 전력 전송 기술 동향

최근 국내외적으로 각광을 받고 있고 연구개발이 가장 활발하게 이뤄지고 있는 방식이 자기공명 방식이다. 자기장을 3~5m까지 무선으로 보낼 수 있는 공진을 이용한 기술이다. 외부에서 발생한 주파수가 어떤 물체가 갖고 있는 고유의 주파수와 같아지면 에너지가 갑자기 커지는 것이 공진이다. 소프라노의 고음에 와인잔이 어느 순간 강한 진동과 함께 갑자기 깨져버리는 것이나 같은 주파수에서 진동하는 소리굽쇠 원리도 공진현상이다. 충전기에서 나오는 자기장은 거리가 멀어질수록 약해지지만 이 공진 원리를 이용하면 멀리 있는 휴대전화에도 강한 자기장을 일으켜 충전에 필요한 전류를 만들 수 있으며 같은 공진 주파수의 기기내부의 수신코일에서만 영향을 주어 마이크로파 방식과 비교하면 인체 유해성이 현저히 감소되는 장점이 있다. 기존의 전자기 유도방식과 달리 방향성이 있는 방식이 아닌 집안에 핸드폰 등 모바일기기를 자유롭게 두어도 충전이 가능한 무지향성, 수 미터 이내의 근거리 무선전력전송이 가능하다. 또한 수 W 에서 수 백 W의 전력공급이 가능하며 수신 단말기의 멀티 무선충전, 이동성 및 편의성이 매우 용이하다.

지난 2007년 MIT 마린 솔자익 교수 연구진은 2m 정도 떨어진 곳에 있는 전구에 자기공진방식으로 무선으로 전력을 전송하여 불을 밝혔다. 또한 노트북, MP3 등 전자기기의 배터리를 수 미터 떨어진 곳에서도 무선으로 충전할 수 있다고 이론적으로도 증명하였다. 이후 2009년 Qualcomm사에서 자기공명방식을 이용하여 핸드폰 충전기인 eZone을 시제품으로 선보였다. 20cm거리 내 최대 2개까지 교대 충전이 가능

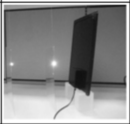
<표 2> 자기유도방식을 사용한 무선 전력 전송 기술

<Table 2> Wireless power transfer technologies using a magnetic coupling method

방식	자기유도방식						
구분	Fulton Innovation	Texas Instruments	Convenient Power	Powermat	LS전선		LG전자
시제품 사진							
제품 구성	1 차 코일 (송전), 2차 코일 (수전), Control IC						
제품화 시기	2010년	2011년 5월	2009년	2010년	2007년 / 2011년		2011년 8월
송전 거리 [mm]	수 mm						

〈표 3〉 자기공명방식을 사용한 무선 전력 전송 기술

〈Table 3〉 Wireless power transfer technologies using a magnetic resonance method

방식	자기공명방식					
구분	WiTricity(MIT)	Intel Labs	Qualcomm Inc.	ETRI	LS전선	KETI
구성도 및 시제품 사진						
주요 특징	최초 자기공명 방식 제안	자동 튜닝 알고리즘 사용	eZone	공진 크기 1/10로 소형화	LED 스탠드/ 노트북	박막형 소형화 장치
시연 시기	2007년 6월	2008년 8월	2009년	2011년 6월	2010년 10월	2010년 11월
송전 거리 [cm]	60 ~ 200 cm	60 cm	20 ~ 30 cm	-	30~50 cm	50 cm
송전시 효율[%]	40 % 이하 (60 W)	75 % 이하 (60 W)	-	- (40 W)	70 % 이하 (8~20 W)	- (0.6 W)

하지만, 충전의 효율성이 떨어지며, 방향성의 문제를 개선해야 할 필요가 있다. 또한 Sony에서는 송신부와 50cm 거리의 22인치 TV를 자기공진방식으로 무선전력을 공급하여 TV를 작동시켰다. 40cm 지름 크기의 1차 와이어코일에 전류를 흘린 후 2차 코일을 근거리에 배치에 전력을 생산하는 자기공명 방식을 사용한 것이다. 무선 전력 전송에 따른 에너지 전송 효율은 80%이다. 국내에서도 현재 한국전기연구원, 한국전자통신연구원 등 연구소, 학회 및 기업에서 자기공진방식의 무선전력전송을 이론적 연구, 컴퓨터 시뮬레이션 및 시제품 시연으로 검증하였으며, 모바일기기 등에의 다양한 제품 적용을 위해 연구가 활발히 진행되고 있다.

전자부품연구원은 플러그나 전선을 사용하지 않고 무선으로 전력을 공급하는 무선 에너지전송 시스템을 개발하였다. 본 시스템은 박막형의 소형화된 장치로 50cm 떨어진 전자기기에 0.6W의 전력을 전송할 수 있다. 본 시스템은 공진 자기유도 기술에 기반을 두고 있는데, 이는 송신 측의 안테나와 수신측의 안테나가 서로 공진을 이루게 되면 에너지 손실이 거의 없이 고효율의 에너지 전송을 가능하게 하는 기술이다.

2010년 10월 LS전선은 LED 스탠드와 노트북에 무선으로 전력을 공급하는 자기공명방식 무선 에너지 전송 시스템을 개발하였다. 또한, 2011년 6월 한국전자통신연구원(ETRI)은 데스크탑 컴퓨터와 LED 전광판을 전기선 없이 쓸 수 있는 고전력 전송 시스템의 핵심기술을 개발했다고 밝혔다. 이번에 산업체와 공동으로 개발한 기술은 자기공진 크기를 기존의 1/10로 소형화하고 40 Watt급 고 전력의 전송 시스템으로 자기공명 방식의 기술을 이용해 전력을 전송, 데스크톱 컴퓨터와 디스플레이간의 전력과 데이터를 무선화할 수 있으며 LED전광판도 옥내와의 전선을 모두 없앨 수 있다.

3. 마이크로파 방식 무선 전력 전송 기술 동향

마이크로파 방식은 GHz의 마이크로파를 사용하여 무선으로 전력을 공급하는 방식이다. 1975년 미 항공우주국(NASA)이 모하비 사막에서 대형 장비를 이용해 1.4㎞ 거리에 30㎾의 전력을 전송한 것도 같은 원리이다. 원거리 무선전력전송의 장점이 있으나 이 방식은 고가의 설치비에 인체에 해로운 고주파 및 고출력 전파를 이용하기 때문에 실생활에 사용하지 못하고 있다. 또한, 문제점으로 정류안테나의 변환효율을 높이기 위하여 현재의 소자 및 회로기술로 큰 변환효율을 얻기가 힘들고, 불필요한 고조파가 수신안테나를 통하여 재방사가 되는 단점이 있다. 재방사의 고조파는 상용 사용 중인 다른 주파수에 통신장애를 일으키게 된다. 과거 우리나라의 전기연구원에서도 개발하였으나 현재는 중단된 무선전력방식 기술이다. 그러나 미래 우주공간의 태양광 발전소에서 전기를 지상으로 보낼 때 이 기술이 사용될 것으로 보이며 미국·일본 등 국가적 차원에서 수 킬로미터 반경의 수신안테나 설계와 함께 계획이 진행 중인 프로젝트이다.

Solaren사는 태양전지를 인공위성에 싣고 지구 정지궤도에 띄운 뒤 전력을 생산하는 SSP(Space Solar Power) 시스템을 개발 중에 있으며, 생산된 전기를 마이크로웨이브를 통해 지상 수신기지국으로 전송한다. 우주에서 태양광 발전을 하면 태양빛이 강해 지상보다 효율이 8~10배나 높아진다. 또 우주에는 낮과 밤이 없고, 구름도 없기 때문에 1년 365일 발전이 가능한 장점을 가지고 있다.

Ⅳ. 무선 전력 전송 주요 이슈사항

앞에서 무선전력전송의 개념 및 주요 업체의 기술 동향을 살펴보았다. 본 장에서는 무선전력전송의 활성화를 위해 필요한 다양한 기술적, 제도적 이슈에 대해 살펴본다. 기술적인 이슈는 전송거리 및 효율 이슈, 안테나 크기 이슈, 하드웨어 구현 등이 주요 문제이며, 제도적인 이슈는 인체에 미치는 영향과 EMI/EMC등이 주요 논의 대상이다.

1. 주파수 할당 이슈

현재 무선전력 전송 분야에 특별히 할당된 대역은 없으며 ISM(Industrial-Science-Mechanic) 대역을 사용하고 있다. 따라서 아직까지 특정 주파수 대역을 별도로 설정한 나라도 없다. 현재까지 무선전력 무선전력전송의 후보 주파수로 고려되고 있는 대역은 수십 kHz에서 수백 kHz 사이 또는 수 MHz에서 수십 MHz 사이이며, 이 중에서 현재 가능한 주파수 대역은 125 kHz 또는 134 kHz 및 13.56 MHz 정도이다. 이 주파수는 전 세계적으로 ISM 대역으로 지정되어 있으며, RFID 등에서 소출력 에너지 전송으로 현재 사용이 되고 있으므로 기술기준 개정만으로 무선 전력 전송용으로 사용이 가능한 주파수 대역이다. 만약, 이 외 주파수 대역에서 신규 주파수가 필요한 경우에는 기술개발 추이를 살펴보아 상용화 가능 정도를 조사하고 산업체에 미치는 영향까지 고려하면서도, 전 세계 동향을 예의 주시하여 국내 주파수 할당 문제를 논의해야 한다. 향후 무선 전력 전송이 활성화된다면 전용 주파수가 필요할 것이다.

2. 인체영향 이슈

전자파에 대한 인체영향은 이동통신이 보급된 이후 핵심적인 이슈였다. 하지만, 현재까지 연구 결과는 수 W 이하의 이동통신 단말기 또는 기지국 영향 및 전력선에 의한 60 Hz ELF (Extremely Low Frequency) 영향에 대한 연구로 한정되어 있는 상황이다. 이동통신의 주파수 대역인 800MHz에서 5GHz 사이의 인체영향은 다양한 분야에서 연구되고 있고, 세포실험, 동물실험, 역학조사 등 연구방법 역시 체계화되고 있다. 다행히 유도결합방식 및 UHF 대역 RFID 등에 의한 인체영향 연구가 최근 RFID 기술이 도입됨에 따라 활발하게 시작되고 있으므로 이러한 연구결과를 확장하면, 고출력 무선전력전송에 의한 인체영향 연구로 확대할 수 있을 것이다. 인체영향에 대한 전 세계 가이드라인은 IEEE 또는 ICINRP (International Commission on Non-Ionising Radiation Protection)에서 발표한 가이드라인을 기초로 하며, 각 국에서는 이를 근거로 다양한 국가 레벨을 제정하고 있다. 따라서 무선전력전송의 경우 서비스 영역에서 각 국의 기준을 초과해서는 안 된다. 아직까지 무선전력전송의 상용화가 이루어지지 않았으므로 논의가 되고 있지는 없지만, 상용화될 경우 인체영향이 국가에서 정한 가이드라인을 벗어나지 않도록 유념해서 매우 엄격하게 인체영향 가이드라인을 제시하여야 한다.

3. 기술적인 이슈

무선전력전송의 경우 주요 기술적 이슈를 살펴보면 다음과 같다. 먼저, 자기공명 방식의 경우 매우 높은 Q값을 유지하여야 수m 까지 전력전달이 가능하다는 문제점을 갖고 있다. 하지만 실제 전력이 사용되는 기기 내 동작환경에서는 동작 상태(대기모드, 정상 동작 모드, 최대 출력 모드 등)에 따라 부하 임피던스가 가변되며, 주변 도체 등의 영향 등으로 Q값을 높게 유지할 수 없어 실제 환경에서는 전력전달 효율이 낮아지는 문제점을 갖고 있다. 또한 MIT에서 수행한 시험에서 매우 큰 헬리컬(helical) 안테나를 사용하였으나, 실제 가전기기 나 자동차에 설치할 경우 크기의 한계로 사용할 수 없으므로 효율이 낮아진다는 단점이 있다. 따라서, 물리적인 구조 및 재질 변경을 통한 소형화 기술이 필요하다.

다음으로 무선전력전송을 위한 전력소자의 개발이 필요하다. 무선전력전송의 거리를 늘리기 위해서는 수십 MHz의 주파수에서 동작하는 스위칭 소자 등이 필요한데, 현재 대부분의 대 전력 스위칭 소자 등의 특성은 수십 MHz에서는 성능이 급격히 나빠지는 특성이 있다. 반면 가격이 비싼 마이크로파 소자를 주파수를 낮춰 사용할 경우 가격 문제로 무선전력전송의 상용화에 장애가 될 수 있다. 유도결합의 경우는 자기공명 방식과 달리 주파수가 낮으므로 상대적으로 상용화에 유리하다. 하지만, 현재 전송거리가 수 mm에 불과하며, 이를 수십 cm 이상 올리기 위해서는 자기공명 방식과 같은 공진 특성을 이용하여야 하는데, 이 경우 공진기의 크기가 커지는 단점이 있다. 또한, 유도결합은 전 세계적인 특허가 많이 나와 있으므로 이를 회피하기 위한 노력이 필요하다.

마지막으로 무선으로 전력을 공급할 때 꼭 필요한 기기에 필요한 양만큼의 전력을 무선으로 공급할 수 있는 지능형 전력 공급 시스템에 대한 연구가 필요하다. 예를 들어 전력을 공급받는 각종 부하의 정보를 수신하고 이를 토대로 최대 전력변환효율을 얻을 수 있도록 DC/DC단 및 DC/RF단을 구동하는 지능형 전력제어(Smart Power Control) 방식이 필요하며, 이를 위해서 관련 기술개발과 함께 전력 정보의 표준화가 필요하다.

V. 결 론

앞에서 살펴본 바와 같이 무선 전력 전송 기술은 사회를 바꾸고 새로운 사업 분야를 창출할 중요한 미래기술 중 하나이다. 하지만, 아직까지 주파수 할당, 인체영향 및 기술적인 한계의 극복 등 해결되지 않은 많은 문제가 남아 있으므로 체계적 접근이 필요하다. 특히, 기존의 소 전력 기술을 대 전력까지 허용할 때의 전파법 등 기술표준의 개정, 상용화되었을 때의 인체영향 및 EMI/EMC 문제, 기술적인 어려움 등을 단시일 내에 해결하는 것은 매우 어렵다. 따라서 이를 극복할

수 있도록 앞으로도 지속적인 연구개발을 통해 보다 효율적인 에너지 전송방식, 전송 시스템의 고 효율화와 소형화, 인체/기기안전성 확보, 사용 주파수 확보 및 관련 기술의 표준화 등에 만반의 준비가 필요하다. 그리고 세계 시장에서의 우위를 확보하기 위한 기술 개발 및 조기 산업화, 정부 및 관련 기관의 집중적인 투자가 필요 하다.

참고문헌

[1] N. Tesla, "System of Transmission of Electrical Energy," U.S. Patent 0645 576, Mar., 20, 1900.

[2] 강승열, 김용해, 이명래, 정태형, "무선 에너지 전송 기술", *ETRI 전자통신동향분석,* 제23권 6호, pp.59-69, 2008년 8월.

[3] A. Kurs, A. Karalis, R. Moffatt, J. D. Joannopoulos,, P. Fisher, and M. Soljacic, "Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonance", *Science*, Vol.317, No.5834, pp.83-86, Jul., 2007.

[4] 김희승, 원도현, 임재봉, 장병준, "루프 안테나를 이용한 무선전력전송 시스템의 새로운 설계법," *한국전자파학회 논문지*, Vol.21, No.1, pp.36-45, Jan., 2010.

[5] 장병준, "무선전력전송 기술동향 및 주요 이슈", *주간기술동향 1445호, 정보통신산업진흥원,* 2010년 5월.

[6] 원윤재, "자기장통신 융합기술", *ICT Forum Korea 2010, 전자부품연구원*, 2010년 5월.

한 민 석

2002년 아주대학교 전자공학부 학사.
2005년 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 석사.
2005년~2007년 LG전자 주임연구원.
2011년 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사.
2011년~현재 LS전선 중앙연구소 통신솔루션연구그룹 선임연구원.
〈관심분야〉 통신, 무선전력전송, 안테나

박 래 혁

1989년 한양대학교 물리학과 학사.
1992년~현재 LS전선 중앙연구소 통신솔루션연구그룹 수석연구원.
〈관심분야〉 통신, 무선전력전송, 안테나