

## 무선전력전송에 대한 기술 개발 동향

엄태윤 · 오창섭 · 박석준<sup>†</sup>

한국과학기술정보연구원

(2014년 12월 18일 접수, 2015년 3월 11일 수정, 2015년 3월 14일 채택)

## Wireless Power Transfer Technologies Trends

T.Y. Eom, C.S. Oh, S.J. Park<sup>†</sup>

KISTI, ResEAT Program

(Received 18 December 2014, Revised 11 March 2015, Accepted 14 March 2015)

### 요 약

무선전력전송기술은 복잡한 전선을 이용하지 않고 전기에너지를 필요한 기기나 장소에 전송할 수 있는 기술이다. 특히 휴대폰 등 모바일 기기의 무선충전뿐 아니라 전기자동차와 같은 전기장치에 무선으로 전력을 공급할 수 있는 기술로 최근 이 분야에 대한 연구개발이 대단히 활발하다. 여기서는 무선전력전송기술의 개요와 전망에 대해 서술하고 인체영향, 주파수할당 및 표준화 등의 문제점을 분석한다.

**주요어** : 무선전력전송, 무선충전, 전기자동차, 인체영향, 표준화

**Abstract** - We have surveyed on technical method of wireless power transfer and have also surveyed on applications of the wireless charging for mobiles and of the wireless charging for electrical vehicle and electrical equipments. In this study, we have described about wireless power transfer and have analyzed and checked wireless power transfer prospects of applications and practical development.

**Key words** : wireless power transfer, wireless charging, electrical vehicle, health effects, standardization

### 1. 서 론

무선전력전송(WPT, Wireless Power Transfer or Transmission)기술은 전기에너지를 전선을 사용하지 않고 무선전송이 가능한 전자기파로 변환시켜서 전달하는 전력전송시스템으로 새로운 개념의 전기 공급 및 이용기술이다. 최근 개발되고 있는 모바일 장치 및 전기자동차 등의 배터리는 장기수명과 기기의 소형화, 경량화를 위해 무선전력전송기술을 이용한 무선충전 기술이 많은 관심을 받고 있다. 이것은 이들 기기를 충전하는 편리성, 안전성 및 효율성과 이동성면에서

비용절감 및 안전성을 향상할 수 있기 때문이다. 최근의 WPT에 대한 연구는 휴대폰과 같은 소형전자장치, 의료기기 및 전기자동차(EV, Electrical Vehicle)와 같은 비교적 고 전력장치를 포함한다. 현재 무선충전 방식은 대부분 전자유도방법에 의한 무선충전방식으로 매우 효과적인 비 방사(non radiative) 무선전력전송 기술이지만, 전송거리가 수 cm에 불과한 것이 문제인데, 최근에는 주파수를 20~40kHz로 증가하여 거의 10cm 까지 개선되었다. 그러나 전송코일과 수신코일의 불일치(misalignment)는 급격한 효율저하를 가져오는 단점이 있다. 비록 현재는 전자유도방식으로 대부분의 전기장치를 충전하는데 사용되고 있지만 작동 중 충전 시스템(charge on the go system)을 만족할 만한 편리성을 주지 못한다. 2007년 MIT의 Marin Soljacic 교

<sup>†</sup>To whom corresponding should be addressed.

KISTI, ReSEAT Program, Daejeon 305-806, KOREA  
Tel : 042-869-0767 E-mail : jhonpark@reseat.re.kr

수팀이 비 방사 자기공명방식(Magnetic Resonance Coupling, MRC)의 중거리 무선전력전송 방법으로 2m 거리의 60W 전구를 켜서 시연에 성공한 후로 기존 자기유도방식의 단점을 보완할 수 있는 기술로 관심을 받고 있는데, 효율은 1m 이내에서 90%, 2m에서 45% 정도이다. 현재 주류를 이루고 있는 자기유도방식의 무선전력전송기술은 2015년에는 50%정도 자기공명 방식으로 전환될 것으로 전망되고 있다.

## 2. 무선전력전송방식

### 2-1. 자기유도방식

자기유도 결합 무선전력전송(IPT, Inductive Power Transfer)은 지금까지 가장 많이 사용된 방법으로 <그림 1>은 개념도로 우측은 등가회로를 나타낸다. 이 방법은 보다 큰 전력을 전송할 수 있지만 코일 간 누설 결합으로 인하여 자계에너지와 결합계수가 거리증가와 더불어 급속히 감소하여 수 cm 및 mm의 단거리전력전송으로 제한된다. <그림 2>는 의료용 매식 장치(Implanted Device)의 무선전력전송 블록선도의 예를 보여준다. 송신기(transmitter)는 외부전원의 입력으로 1차 코일과 연결되고(신체 밖에서 연결), 수신계통은 2차 코일에 연결된다(매식 장치에 연결). 자기유도 결합방식 휴대폰의 무선충전과 관련하여 2008년에 WPC(Wireless Power Consortium)가 설립되었고, 2010년

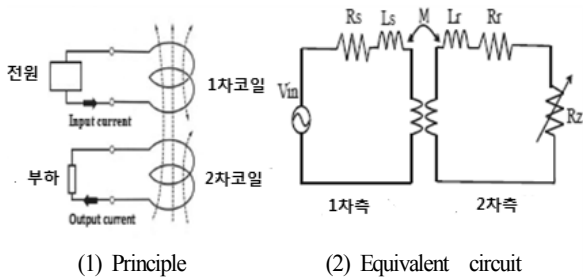


Fig. 1. Inductive wireless power transfer

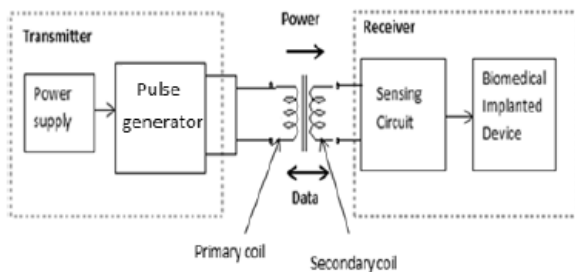


Fig. 2. WPT Implant device for medical use

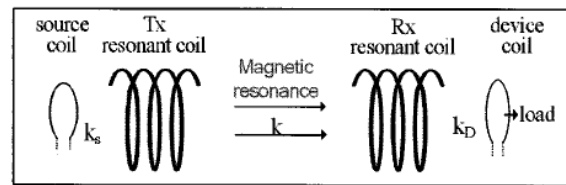
6월에 무선단말기 충전과 관련된 표준안(Qi)을 발표하였다.

### 2-2. 자기공명방식

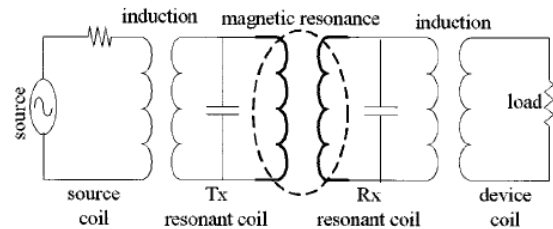
자기공명에 의한 무선전력전송 기술은 2007년 MIT 물리학과 Marin Soljačić 교수 연구팀에서 제안된 방식으로 기존 WPT 방식과는 새로운 개념의 전자기 결합에 기반 한 중거리 무선전송기술방법이다.<sup>(3)</sup> 이때 실험에서 2m 거리의 60W 전구를 켜서 시연하였다. 이 방법은 유도방식과 전자파 방식의 장점을 결합한 전력전송기술로 자기유도방식의 단점을 극복하였다. 즉, 유도결합에 비하여 전송거리가 중거리까지 커졌고(공진코일 직경의 몇 배), 전자파와 비교하여 전송효율이 더 좋다.<sup>(5)</sup> <그림 3>은 자기공명 WPT의 기본구성과 수치해석을 위한 등가회로도이다. 송신기와 수신기에서 같은 공명 주파수를 갖는 송수신 공명 코일과 급전코일 및 부하코일로 구성된다. 자기공명 WPT는 사용 주파수는 ISM 밴드 대역인 13.56MHz와 6.75MHz 그리고 수 십 kHz~수 백 kHz 대역의 주파수에서 개발되고 있다.<sup>(3)</sup>

### 2-3. 마이크로파(전자파)방식

태양발전위성으로부터 무선으로 전력전송을 할 목적으로 비교적 오래전부터 연구 개발되고 있는 기술로, 정지궤도로부터 지상으로 수만 km를 전력을 전송하는 연구도 진행되고 있다. 이 기술은 가전기기에 응



(1) Principle



(2) Equivalent circuit

Fig. 3. Magnetic Resonance wireless power transfer

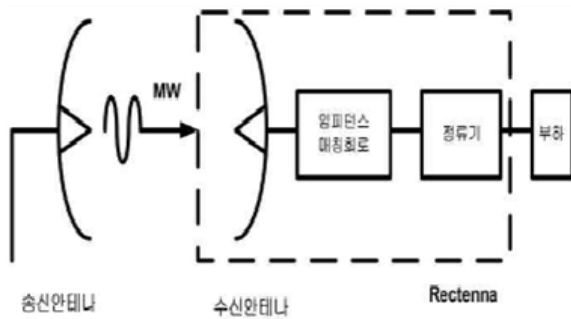


Fig. 4. Conceptual drawing of icro wave wireless power transfer

용할 수도 있다. <그림 4>에서와 같이 안테나로 수신한 전파를 정류하여 전력을 얻을 수 있는 특징이 있다. 전송거리는 크게 할 수 있지만 안테나의 크기 등 제한되는 일반적인 이용형태에서는 전송효율은 매우 낮다. 한 편 송신 빔의 지향성의 제어 등으로 효율을 향상하는 것도 검토되고 있다. 주파수는 900MHz, 2.4GHz 및 5.8GHz 마이크로파 대가 이용된다.

### 3. 기술의 전망

무선전력전송기술이 전송거리가 계속 개선되어 일상생활에 필요한 여러 가전제품 뿐 아니라 산업분야에도 널리 사용될 것이다. PC와 같은 전자장치는 무선충전장치의 가장 큰 응용분야가 될 것이며, 20W 이상을 공급할 수 있고 무선충전장치로부터 40cm이상 거리에서 충전이 가능하게 된다. 2020년까지는 자기공명무선전력전송방식이 전체 무선전력전송시장의 80% 이상을 점할 것으로 예상하고 있다. 대부분의 모바일 장치 또는 스마트폰도 이런 방식의 충전기술을 이용할 것이다. iPad 또는 카메라와 같은 장치도 같은 방법으로 공공장소에서도 언제 어디서나 충전할 수 있게 된다. WPT는 LVAD(좌심실보조장치)심장보조펌프, 심박조율기 및 주입펌프 등과 같은 임플란트 의료장치에 널리 사용되고 있다. 이 기술로 전력을 인체 내에 이식된 의료장비에 무선으로 효과적으로 공급할 수 있다. 더구나 인체에 구동 전선을 삽입할 필요가 없고 1차 전지를 교체하기 위한 수술도 필요 없게 된다.

재충전 가능한 하이브리드 및 배터리 전기자동차는 무선충전시스템으로 직접 전력을 공급받을 수 있다. 이 시스템은 20cm거리에서 고효율로 무선으로 3.3kW를 공급한다. LED 조명에서 WPT를 이용하여 직접 조명

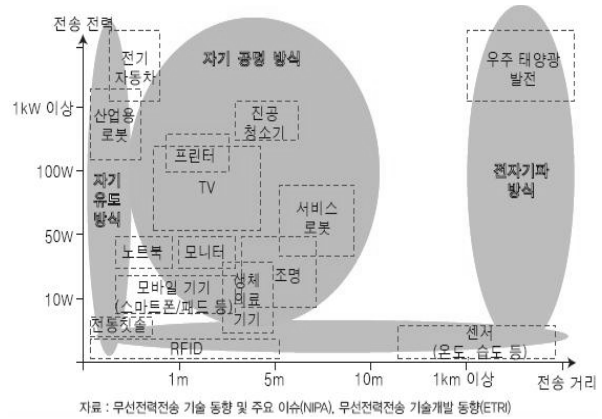


Fig. 5. Wireless power transfer application

장치를 충전할 수 있어서 캐비닛의 배터리가 필요 없게 된다. 건물의 조명을 전선 없이 무선으로 전원을 공급할 수 있어 공간 이용률이 좋아지고 조명설계를 자유롭고 간편하게 할 수 있을 것이다. 국방시스템에서 무선충전에 의한 전자장치의 신뢰성, 인체공학 및 안전을 개선하기 위해 설계자는 미래 국방기술을 위한 새로운 설계를 창조하고 있다. 예를 들면 Talon 원격 조정 로봇은 무선충전이 장착되어서 트럭으로 이동할 때 재충전된다. 야간투시경이 포함된 헬멧 및 병사가 가슴에 차고 다니는 배터리팩으로 무선으로 전력이 공급되는 라디오 장치는 1차 전지 및 전력선이 필요 없게 된다.

대형 태양전지 판을 가진 위성을 지구정지궤도상에 올려놓아 지상 수신기에 전력을 전송한다. 이 위성은 지상에 마이크로파로서 전력을 생성 전송하는 역할을 한다. 또 다른 WPT의 응용은 유비쿼터스 전력공급원 또는 무선전력공급원, 무선센서 및 RF PARC(Power Adaptive Rectifying Circuit)가 있다. 무선전력전송의 응용분야는 다양한데 <그림 5>와 같이 여러 분야에서 적용가능하다. 지난 수년간 표준개발기구 및 산업 컨소시엄이 무선전력의 응용 및 상용화와 관련된 스펙과 표준개발을 위해 활동해 왔다. 이런 기구로는 SAE(Society of Automotive Engineers), IEC(International Electro technical Commission), DKE(독일), JARI(일본)이 있고, CEA(Consumer Electronics Association)은 소비자 적용을 위한 표준을 개발하고 있다. 산업체로는 WPC(Wireless Power Consortium)의 Qi표준, PMA(Power Matters Alliance) 및 A4WP(Alliance for Wireless Power)의 세 가지 표준이 있다. 이들 표준을 비교하면 <표 1>과 같다.

**Table 1.** Comparison between Qi standard, PMA, and A4WP standard

번호	최근 기술		
	Qi 표준	PMA	A4WP 표준
1	자기유도충전	유도충전	자기공명충전
2	큰 자기장부족	충분한 자기장	큰 자기장
3	충전거리 : 수 cm	<10cm	더 큰 충전거리
4	한 번에 하나이상 충전 곤란	한 번에 하나 충전	단일 송전기에서 하나이상 충전
5	발열	발열	발열 없음
6	소형 정밀한 인덕터 코일 사용	소형코일	더 큰 코일
7	코일 내에서 정확하게 정렬 필요	코일과 정렬	송수신코일 정렬 불요
8	137 회원 w/100 개 제품	>100회원 기구	개발회사 소수

#### 4. 무선전력전송 과제

WPT 시스템의 효율향상이 필요한데, 자기공명방식(40~80%)은 자기유도방식(70~80%)에 비하여 효율을 개선해야한다. 또한 마이크로파 방식은 효율이 매우 낮아 효율향상을 위한 연구개발이 필요하다. 사용 환경에 대한 유연성이 요구된다. 즉, 자기공명방식은 송신기 거리, 위치, 코일방향 등에 융통성이 있지만 주위 금속, 인체 등에 영향을 받는다. 따라서 어떤 경우에도 성능을 유지할 수 있는 기술개발이 중요하다. 경량, 소형화가 필요하며 발열방지가 중요하다. 제어계통은 프로토콜과 함께 고 효율, 안전한 전력전송을 위해 전력전송의 식별, 시동/정지 및 이상상태 검출 기능을 가져야 한다. 옵션으로 하나의 WPT 시스템은 동시에 여러 수신 장치에 동시에 전력을 전송할 수 있어야 한다.

주파수대가 아직 지정되지 않았다. 따라서 WPT에 대한 주파수대에 대한 명확한 지침이 필요하다. WPT 장치는 통신시스템을 통제하는 무선통신 전파관리법과는 다르기 때문에 따로 규정이 필요하다. 인체보호에 대하여는 ICNIRP(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)에서 발행한 지침을 기준으로 각국 실정에 맞게 규정을 제정하고 있다. 국내 전자파 인체보호기준은 ICNIRP 1998년에 제정한 전자파의 인체보호기준을 준용하고 있다. 무선전력전송에서 사용하는 주파수 대역인 100kHz~10MHz 대역에서의 전자파 인체보호기준은 전신노출 기준인 전자파 강도와 국부노출 기준인 SAR(전자파비흡수율)를 동시에 만족해야 한다. 표준화는 WPT 보급을 위해 매우 중

요하다. WPT 실무그룹은 2011~2012년까지 표준화 프레임에 대한 연구를 완료하였다. WPT 실무그룹은 계속해서 관련기관 즉, TTA PG709, CEA R6.3 alc IEC TC100과 협력하고 있다.

#### 5. 결론

무선전력전송기술은 무선으로 전기에너지를 전기장이나 전자기동차 등에 공급할 수 있는 기술로 회로설계 등 물리적으로 기기의 경량화나 소형화를 이룰 수 있다. 2007년 MIT의 Soljačić 교수팀에 의해 자기공명방식이 시연된 이후에는 기존 자기유도방식보다 새로운 자기공명방식의 무선전력전송기술에 대한 관심이 고조되고 있다. 자기공명방식은 기존의 유도방식의 단점을 해결할 수 있는 새로운 패러다임의 무선전력전송기술로 향후 그 응용범위가 더욱 확대될 전망이다. 아직은 유도방식의 무선전력전송기술이 대세를 이루고 있고 자기공명방식은 아직 초기단계에 있지만 2015년 이후에는 자기공명방식으로 점점 전환될 것으로 전망되어 우리나라도 이 분야의 선도적 위치를 차지하기 위한 적극적인 연구개발이 요구된다. 또한 전자기파 방식은 아직 실용화에는 많은 시간이 필요하지만 재생에너지(태양에너지)를 이용한 에너지확보 차원에서 이 분야에 대한 연구개발도 지속되어야 할 것이다.

#### 사 사

본 자료는 과학기술진흥기금 및 복권기금에 의해 지원된 KISTI ReSEAT 프로그램으로 수행되었습니다.

## References

1. Teck Chuan Beh, Masaki Kato, Takehiro Imura, Sehoon Oh, Yoichi Hori, “Automated Impedance Matching System for Robust Wireless Power Transfer via Magnetic Resonance Coupling”, IEEE Transactions on industrial electronics, 60(9), 2013
2. Akira Masuda, et al., “Improvement of Transmission Efficiency on Inductive Wireless Power Transfer at a Middle Distance“, ICRERA, 2013
3. 주영준, “무선전력전송 기술과 전자파 인체영향”, 한국멀티미디어학회지, 16(3), 2012
4. Hiroki Shoki, “Issues and Initiatives for Practical Deployment of Wireless Power Transfer Technologies in Japan”, Proceedings of the IEEE, 101(6), 2013
5. Mohammad Shidujaman, et al., “Wireless Power Transmission Trends”, 3rd International conference on informatics, electronics & vision 2014, IEEE, 2014