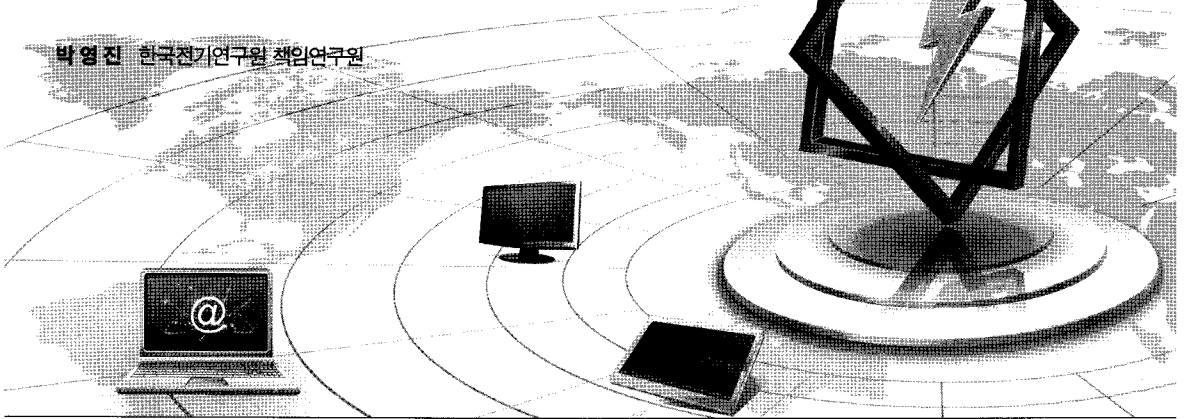


# 무선전력전송, 무선충전 기술 및 표준화 동향

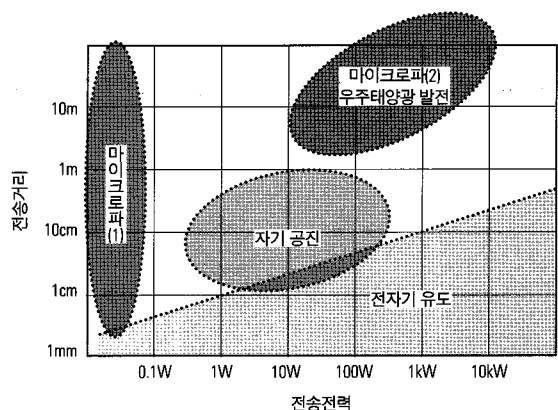
박영진 한국전기연구원 책임연구원



## 1. 머리말

19세기 말과 20세기 초 니콜라 테슬라에 의해 시도된 무선전력전송 기술[1]은 전기 에너지를 무선 전송이 가능한 전자기와 또는 광파로 변환하여 무선으로 전력을 전달하는 것이다. 원격지 전력 공급, 저전력 무선센스 전원 공급, 디지털 정보전자기기 무선 충전을 위한 핵심 기술로써 현재까지 다양한 분야에 적용되고 있으며, 오랫동안 연구가 수행되고 있다. 특히, 최근에는 스마트폰을 포함한 모바일 기기 분야에서 무선 충전 기술에 대한 수요가 급증하고 있어, 국내외에서 무선충전 및 무선전력 전송 기술 개발에 대한 관심이 매우 높아지고 있으며, 무선 충전 시장 또한 빠른 속도로 성장하고 있다 [2]-[6].

현재까지 다양한 방식의 무선전력전송 방식이 소개되었다. 레이저를 사용한 방법도 있으나, 주요 연구 대상은 투과성이 우수하며, 상대적으로 인체에 영향이 적은 라디오주파수(Radio frequency; RF)를 이용하는 방식이다. 라디오 주파수를 사용하는 방식은 [그림 1]과 같이 전송 전력과 전송 거리의 관점에서 크게 전자기 유도 방식, 자기 공진 방식, 마이크로웨이브 방식의 세 가지로 분류할 수 있다[3].



[그림 1] 전송전력과 전송거리에 따른 무선전력전송 기술[3]

본 고에서는 현재 많이 연구되고 있는 전자기유도방식, 자기 공진 방식, 마이크로파 무선전력전송 기술에 대해 간단하게 살펴보고, 각 방식에 대한 국내외 표준화 개발 동향에 대해 소개한다.

## 2. 무선전력전송 기술

### 2.1 전자기 유도(magnetic induction)와 자기 공진(magnetic resonance) 방식

전자기 유도 방식과 자기 공진 방식은 근역장에서 코

일 주위에 존재하는 비 방사형 감쇄교류 신호를 사용한다. 주로 루프형 코일을 사용하기 때문에 근역장에서 대부분의 에너지가 자기 에너지로 존재하며, 에너지 전달 또한 자기 신호 또는 자기장을 매개로 이루어진다. 따라서, 두 방식 모두 자성체가 아닌 물체에 대한 투과력이 매우 우수하여, 지중 또는 수중에서도 활용할 수 있다.

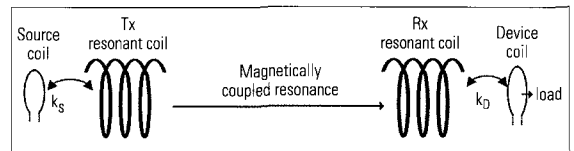
전자기 유도 방식은 [그림 1]과 같이 전송 전력에서 수 밀리와트에서부터 수십 킬로와트 이상을 전송할 수 있으며, 전송 거리는 전송 용량에 따라 다르지만 수백 와트 이하에서는 수 센티미터 이하이다. 사용 주파수 대역은 수백 kHz 이하이다.

전자기 유도 방식에서도 전송 효율을 높이기 위하여 송수신부가 공진이 되도록 설계하지만, 일반적으로 송수신 코일의 품질 계수(quality factor)는 수십 이하로 낮다.

전자기 유도 방식은 다양한 응용 분야에 적용되고 있다. 그러나 전자기 유도 방식은 낮은 품질 계수를 갖는 공진 코일을 사용하고 있기에, 전송 효율을 높이기 위해 또는 송수신 코일의 결합 계수를 높이기 위하여 전송 거리를 작게 하고, 송수신 코일의 중심이 일치하도록 배치하는 것이 매우 중요하다. 이와 같이 전자기 유도 방식은 송수신 코일 간의 위치에 대한 자유도가 매우 작다. 최근 무선전력컨소시엄(WPC, Wireless power consortium)에서는 전자기 유도 기술을 기반으로 한, 소출력 무선기기 무선 충전 제품 상용화를 위한 상호 호환성을 위하여 WPC 단체 표준을 제정하여 발표하였고, 이를 계기로 무선 충전 제품에 대한 시장이 매우 빠르게 형성되고 있으며, 시장 규모도 급속도로 성장하고 있다.

자기 공진형 방식은 전자기 유도와 달리 송수신 공진 코일의 품질 계수가 수백 이상으로 매우 높아, 송수신 공진 코일 사이의 거리가 멀어지거나 송수신 코일이 어긋나 상호 인덕턴스가 작아져도 공진 코일의 공진 현상으로 매우 높은 전송효율을 갖는다[7][8]. [그림 1]과 같이 자기 공진형 기술은 수 와트에서부터 1킬로와트

미만의 전송 전력을 수십 센티미터에서 1미터까지 전송할 수 있다. 이는 기존 전자기 유도 방식과 비교하면, 전송거리를 매우 개선할 수 있을 뿐만 아니라 송수신 코일 배치에 대한 자유도가 매우 우수하고, 다중 기기 충전이 가능한 기술로 현재 활발하게 연구되고 있다[9]. 또한, 동일한 공진 주파수를 갖는 기기 사이에만 전력 전송이 일어나기 때문에 전송 거리가 증가하여도 마이크로파 방식과 달리 송수신 공진 기 사이에 존재하는 이종의 전자기기나 인체에 영향을 주지 않는다. 최근에는 자기 공진형 기술을 전기자동차 무선 충전에 적용하기 위하여 수 킬로와트 이상의 전력 전송 시스템에 대한 연구도 진행되고 있다.



[그림 2] 자기공진형 무선전력전송 시스템의 간략화된 구성 예[7]

자기 공진형 방식은 미국 MIT 대학 연구진에 의해 2007년 사이언스지에 소개되었다[7]. [그림 2]는 MIT에서 제안된 시스템의 간략화된 구조이다. 그림과 같이 송수신 공진 코일이 있으며, 소스와 연결된 소스 코일이 있고, 부하 또는 정류회로와 연결되는 디바이스 코일이 있다. 송신 공진 코일과 소스 코일 사이 또는 수신 공진 코일과 디바이스 코일 사이는 전자기 유도에 의해 신호 결합이 이루어지며, 송수신 공진 코일 사이에서 중거리까지 효율적인 전력 전송이 이루어진다. 송수신 공진 코일 사이에는 강한 자기 결합(Magnetic coupling)이 형성되며, 송수신 각각의 공진 코일에는 공진 현상으로 송수신 공진 코일 사이의 결합 계수가 낮더라도 전송 효율이 매우 높아진다. 또한, MIT의 사이언스 논문에서는 높은 품질 계수를 갖는 송수신 공진 코일을 이용한 자기 공진형 시스템의 최대 전력 전달을 위한 최적 매칭 방법을 제시하였다[7][10]. 즉, 일반적으로 송수신 공진기 사이의 상호 인덕턴스와 비교하

여 소스 코일과 디바이스 코일과 각각의 송수신 공진 코일 사이의 상호 인덕턴스 값이 훨씬 크기 때문에, 소스 코일과 디바이스 코일의 감은 수를 변경하거나, 송수신 공진 코일과 소스 코일 또는 디바이스 코일의 거리를 변경하여 부하에 최대 전력을 전달할 수 있다.

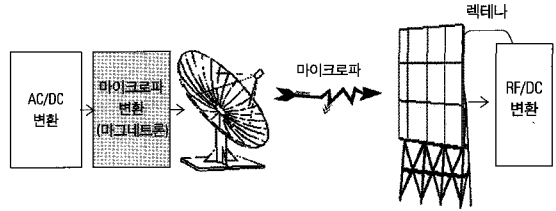
MIT 연구진이 제안한 자기 공진형 시스템에서는 부하로서 전구를 사용하였다. 일반적으로 전구는 배터리와 비교하여 매우 큰 저항을 갖는다. 이는 자기 공진 방식은 기존 전자기 유도 방식과의 차별화 되는 부분으로, 부하의 임피던스가 높은 경우에도 적용될 수 있음을 보인 것이다. 또한, MIT는 기존 무선전력전송에서 고려하지 않았던 주파수 대역인, 약 10MHz의 높은 주파수를 사용하여, 높은 품질 계수를 얻었다.

## 2.2 마이크로파 (Microwave) 방식

마이크로파 방식은 수백 MHz이상의 마이크로파를 이용하며, 안테나를 통해 마이크로파 신호를 공기 중에 방사하여 전력을 전달하는 기술로서, 주로 원거리 전력 전송에 활용된다[11]. [그림 1]처럼 마이크로파 방식은 작은 전력(1와트 미만) 수미터 이상에 보내기 위해서 활용될 수 있으며, 다른 응용으로는 수십 킬로와트 이상을 수킬로미터 이상 보내기 위해서도 활용될 수 있다. 후자의 주요한 미래 응용 분야에는 우주 태양광 발전 위성 (SPS, Space Solar Power Satellite)도 포함된다. 그러나, 최근 마이크로파를 이용한 전기자동차 충전 기술에 대한 연구도 수행되고 있어, 매우 짧은 거리에서도 마이크로파 무선전력전송이 응용 될 수 있다[12].

마이크로파 방식의 기본적인 구조는 [그림 3]과 같이 마이크로파의 송수신을 위한 안테나가 필요하다. 송신부는 고효율 마이크로파를 발생할 수 있는 마이크로파 소자가 필요하며, 대표적인 것으로 마그네트론이 있다. 수신부는 수신 안테나를 통하여 수신된 교류 신호를 직류로 변환하는 소자가 필요하다[11]. 현재 까지 연구용으로 가장 많이 활용되고 있는 주파수는 2.45GHz 또는 5.8GHz이다.

국내에서는 최초로 한국전기연구원에서 1998년에 약 50미터 거리에서 10킬로와트의 전력을 2.45GHz 마이크로파를 사용하여 전송하였다.



[그림 3] 고효율 마이크로파 무선전력전송 방식의 구성 예

## 3. 무선전력전송 기술 표준화 동향

### 3.1 전자기 유도 방식 및 자기 공진 방식 표준화 동향

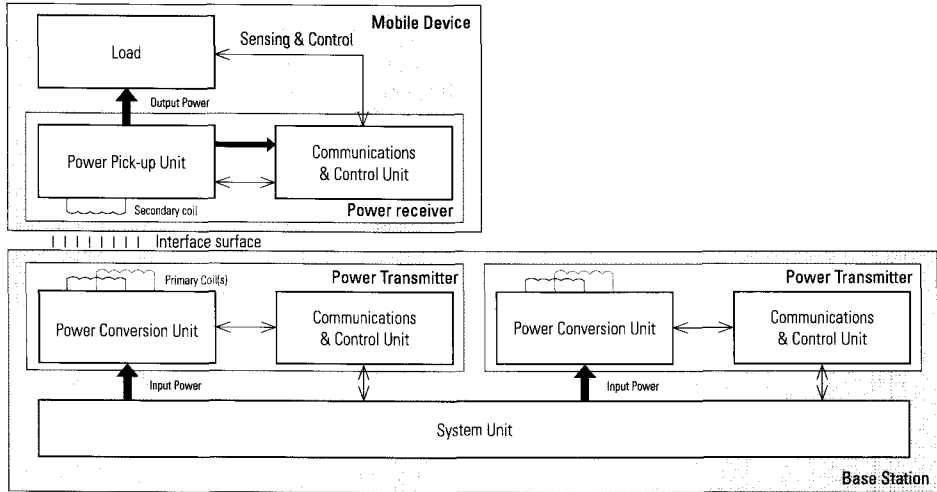
#### 3.1.1 WPC의 전자기 유도 방식 표준

무선전력전송소사업(WPC, Wireless power consortium)은 2008년 홍콩에서 처음 회의를 가졌으며, 이후 활발한 활동을 통하여 2010년 4월에 전자기 유도 방식 기반의 소출력(5와트 미만) 무선전력전송 방식에 대한 WPC 단체 표준을 발표하였다. 현재 WPC의 정규 회원은 18개 기관이며, 전체 회원사 수는 100여 개이다.

WPC 표준에는 인터페이스 정의(Interface definition), 성능 요구사항(Performance requirements), 규정 준수 시험(Compliance testing)으로 구성되어 있다. 이 표준 제정을 통하여 전자기 유도 방식의 외부 금속 물질에 의한 발열에 대한 위험성이 해결되었으며, 타 기간의 상호 호환성 문제를 해결할 수 있었다.

[그림 4]는 WPC의 무선전력전송 표준 문서에서 일반적으로 사용되는 기본적인 무선전력전송 구성이다. 전력을 전송하는 송신부인 베이스 스테이션(Base station)은 전력 변환부, 통신 및 제어부, 시스템 부로 구성되어 있으며, 수신하는 모바일 디바이스는 전력 픽업부, 부하, 통신 및 제어부로 구성된다. 표준에서 정의된 주요한 특징은 다음과 같다.

- 전력전송은 베이스 스테이션에서부터 모바일 디바이스



※ 출처: WPC

[그림 4] WPC 표준의 기본적인 무선전력전송 시스템 구성

- 전력전송 제어는 모바일 기기에서 베이스 스테이션 제어(단방향 통신)
- 통신을 위해 수신부에서는 부하를 변동하여 변조
- 하나의 송신부는 하나의 수신부에 전력을 전송
- 송신부는 싱글 프라이머리 코일을 사용하는 A타입, 배열형 프라이머리 코일을 사용하는 B타입이 있으며, 각각에 대한 기계적인 정보 와 전기적 정보가 정의됨(제한)
- 시스템의 네 가지 상태 정의: Selection, Ping, Identification/configuration, Power transfer
- 사용 주파수는 110~205kHz

현재 WPC 표준은 보완되고 있으며 특히, 수신부의 충전 위치에 대한 자유도를 개선하기 위해 송신부 구조에 대하여 여러 종류가 제안되고 있다. 또한, 현재의 WPC 표준은 자기 공진형 기술에 대한 표준으로 적합하지 않아, 자기 공진형 기술에 대한 WPC 표준 제정을 준비하고 있는 것으로 알려지고 있다.

### 3.1.2 국내 전자기 유도 방식 및 자기 공진 방식 표준화 동향

국내에서는 TTA 산하에 세 개의 프로젝트 그룹에서 근거리 무선전력전송 기술에 대한 표준화 활동을 수행

하고 있다. 전파자원 프로젝트 그룹인 PG309는 인체 보호, EMC 평가방법에 대한 표준화를 진행 중이다. 이동단말 충전기 표준화 그룹인 PG709는 휴대폰, 노트북 등의 이동단말 충전 표준을 개발 중이다. 마지막으로 PG417 SOC프로젝트 그룹은 온라인 전기 자동차 등 이동 단말 충전 외의 무선전력전송 기술에 대한 표준화를 진행 중이다.

또한, 국내에서는 무선전력전송 기술과 관련한 포럼을 구성하였다. 2011년 12월에는 국내 산학연 무선전력전송 기술 개발 기관들이 주축이 되어, 무선전력전송 기술에 대한 주파수 문제, 전자파 인체 유해성 문제, 자기 공진 및 전자기 유도 기술에 대한 표준 제정을 목적으로 한국무선전력전송 포럼이 창립되었다. 이와는 별도로 전자부품연구원을 중심으로 한 자기장통신융합 포럼(2008)에서도 2009년부터 무선에너지 전송 기술 위원회가 만들어져, 무선충전관련 서비스 시나리오, 사용자 요구사항 규격을 제정 중이다.

### 3.1.3 기타 국내외 무선전력전송 표준화 동향(전자기유도 및 자기 공진 방식)

미국의 CEA(Consumer electronics association)에서는 2011년 2월에 새로운 무선전력 기술 표준을 위해

무선전력 부위원회가 만들어졌다[13]. 모두 다섯 개의 활동 그룹이 만들어져 있으며, 각 활동 그룹의 역할은 다음과 같다.

- R06.03 WG01 Wireless power nomenclature
- R06.03 WG02 Wireless power safety & emissions
- R06.03 WG03 Wireless power transfer efficiency & standby power
- R06.03 WG04 Highly resonant wireless power transfer
- R06.03 WG05 Tightly coupled wireless power transfer

중국의 CCSA(China communications standards association) TC9에서 자기 유도 방식에 대한 인터페이스, 안정성, 충전 효율, 충전 방식, 충전을 위한 통신 및 주파수 규제에 대한 연구를 수행 중이다.

### 3.2 마이크로파 무선전력전송 방식의 국내외 표준화 동향

마이크로파 무선전력전송 기술은 미국항공우주국(NASA)와 일본 우주항공 연구개발기구(JAXA)에서 1997년부터 우주 태양광 발전 위성을 이용한 무한 신재생 에너지의 세계적인 필요성이 증대되어 국제전기통신연합 전파통신섹터(ITU-R, International Telecommunication Union Radiocommunication Sector)에서 논의되기 시작하였다. 2006년과 2007년에 라디오 주파수 빔을 이용한 전력전송(Power transmission via radio frequency beam)에 대한 질의 ITU-R 210-2/1가 있었다. 여기에는 라디오 주파수 빔을 이용한 무선전력전송의 전파 우주 서비스를 포함한 통신 시스템에 대한 영향 문제, 이 기술의 일부 응용 분야(SPS 등)를 소개했다. 2009년 서울에서 개최된 ITU-R SG1 WP1A에서 ITU-R 210-2/1 질의에 대한 보고서 작성을 결정하였다.

현재 이슈로는 라디오 주파수 빔을 이용한 무선전력전송 방식의 최적 응용 분야, 무선전력전송에 사용된 신

호의 기술적 특징에 대한 정보가 필요하다. 또한, 무선전력전송에 의한 다양한 라디오 서비스 영향 문제 및 전파전파 영향 문제, 또한, 표준 주파수 할당 문제 등이다.

## 4. 맺음말

휴대용 디지털 기기 사용의 증가와 이러한 기기의 활용 증대에 따라 무선전력전송 기술에 대한 수요는 기하급수적으로 증가될 것이다. 현재 상용화된 무선충전 제품에 대한 애로 기술들이 새로운 제품에 반영되고 있고, 이러한 제품의 상호 호환성 및 상호 공존성을 위하여 새로운 표준화 작업이 여러 국내외 표준화 기구에서 진행되고 있다. 특히, 무선충전 시장의 지속적인 성장을 위하여 기존 전자기 유도 기술의 많은 부분을 대체할 자기 공진형 기술에 대한 통신 표준, 주파수 표준이 시급하다. 마이크로파 무선전력전송 방식은 최적의 응용 분야 발굴과 무선전력전송에 의한 타 라디오 서비스 및 인체 유해성에 대한 검토가 선행되어야 할 것이다.

향후 무선전력전송, 무선충전 기술은 급속히 변화되고 있는 현대 사회에 적합한 신개념의 전기 인프라 기술로서, 인류 복지를 위해 필수적인 기술로 꾸준히 진보해 나갈 것이다.

### [참고문헌]

- [1] D. H. Childress, The Tesla papers, Adventures unlimited press, 2000.
- [2] [online] <http://www.wirelesspowerconsortium.com>
- [3] Hidetoshi Matsuki, Frontier of wireless electric power transmission, 세이모시 출판, 2009.
- [4] 'Wireless Power: Wireless charging and transmission for mobile devices, consumer electronics, electric vehicles, industrial markets, and military applications,' Pike Research, 4Q 2010.
- [5] Proceedings of IEEE MTT-S international microwave workshop series (IMWPS) on innovative wireless power transmission: Technologies, systems, and applications

(IMWS-IWPT), Kyoto, Japan, May, 2011.

[6] 대한전기학회 기획시리즈, '무선전력전송 기술의 동향 및 현황,' 대한전기학회, 제 59권 제 1호, 2010년 1월.

[7] A. Kurs, A. Karalis, R. Moffatt, J. D. Joannopoulos, P. Fisher, and M. Soljačić, 'Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances,' Science, Vol. 317, June 7, 2007, pp. 83-86.


[8] 박영진, '자계 공명 무선전력전송기술 연구,' 전력전자학회지, 제 15권 제 6호, pp. 47-53, 2010.12.

[9] J. Kim, et al, 'Analysis of wireless energy transfer to multiple devices using CMT,' 2010 Asia pacific microwave conference (APMC), Yokohama, Dec. 2010.

[10] C. Chen, T. Chu, C. Lin, and Z. Jou, 'A study of loosely coupled coils for wireless power transfer,' IEEE Transactions on circuits and systems-II:Express briefs, Vol. 57, No. 7, pp. 536-540, July 2010.

[11] W. C. Brown, 'The history of power transmission by radio waves,' IEEE Transactions on Microwave and Techniques, Vol. MTT-32, No. 9, September 1984.

[12] N. Shinohara, 'Beam efficiency of wireless power transmission via radio waves from short range to long range,' Journal of the Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, Vol. 10, No. 4, Dec. 2010.

[13] [online] [http://standards.ce.org/apps/group\\_public/](http://standards.ce.org/apps/group_public/) 

정보통신 용어해설

## 위치 기반 소셜 네트워크 서비스

Location Based Social Network Service, LBSNS [통신서비스]



위치 기반 서비스(LBS)에 소셜 네트워크 서비스(SNS)를 결합한 서비스.

위치 기반 서비스는 이동 중인 사용자에게 무선이나 유선 통신으로 쉽고 빠르게 사용자 위치와 관련된 여러 정보를 제공하는 서비스인데, 이를 소셜 네트워크 서비스와 결합한 서비스이다. 예를 들면, 아이핀의 경우, 자기 위치와 장소를 발도장으로 찍으면 간단한 글과 사진을 덧붙여 기록으로 남길 수 있으며, 트위터나 미투데이 따위에 자신의 위치 정보를 보내거나, 아이폰 주소록을 활용해 아는 사람을 초대하고 이웃을 맺을 수도 있다.

