

무선전력전송 최근 기술 동향

무선 전력 전송 기술의 연구 동향

조인귀 · 문정익 · 김성민 ·

윤재훈 · 변우진 · 최재익

한국전자통신연구원

I. 개 요

무선 전력 전송(Wireless Power Transmission: WPT) 기술이란 전선없이 전력을 보낼 수 있는 기술을 의미 한다. 즉, 기존의 전력선을 이용한 전력 공급 및 충전 방식과는 달리 전선을 사용하지 않고 전력을 전달할 수 있는 기술로, 전기 에너지를 전파 전송의 원리를 이용하여 전달하는 개념의 전력 전송 방식이다.

일반적인 직류 전력을 전파 전력으로 변환시키고, 이 전파 전력을 일정한 거리만큼 떨어진 곳에 전송 시켜 정류를 통해 필요한 전력으로 사용되는 과정으로 동작하게 된다. 무선 전력 기술은 전송 방식 및 거리에 따라 자기 유도 방식, 자기 공명 방식, 안테나 방

식(방사 방식)으로 분류될 수 있다.

II. 무선 전력 전송 응용 분야 및 파급 효과

근역장을 활용하는 기술 방식으로는 자기 유도 방식과 자기 공명 방식이 있다. 자기 유도 방식은 초 단거리인 수 cm 이하의 전송거리로 코일을 이용한 분야로서, 상용화가 가장 많이 이루어진 분야이다. 전기칫솔, 휴대폰 무선 충전 장치, 무선 전기 자동차 등의 분야에서 활용도가 매우 높은 분야이기도 하다. 이러한 분야는 초인접에서 전력 전송을 목적으로 하기 때문에 인체 영향 방호 기술을 적용하기 용이하여 보다 응용력이 높다고 볼 수 있다.

〈표 1〉 무선 전력 전송 방식 및 특징

동작 방식	자기 유도	안테나	자기공명
동작 원리	송수신 코일 간 전자기 유도 현상	안테나의 원역장 방사원리	공진 주파수가 동일한 송수신 코일 간의 자기 공명 현상
장점	수 mm~수 cm내 고효율 에너지 전송	원거리 에너지 전송이 가능	수 cm~1m 범위(근거리)에서 고효율 전송이 가능하고 공진체의 자유도가 높음
단점	전송 거리가 매우 짧고 코일 간 정렬이 중요	전송 효율이 낮으므로 높은 전력을 전송하는 경우 환경문제 심각	공진체 설계가 어렵고 전파 환경 극복이 필요
사례			

〈표 2〉 무선 전력 전송 응용 분야

	자기 유도방식	자기공명방식
전송 거리	수 mm~수 cm 내외	1 m 내외
사용 주파수		수십 kHz~수십 MHz
송수신기	비공진 코일	헬리컬, 스파이럴 공진기 등
특성	상용화가 가장 많이 이루어짐	개발 초기단계 (2007년 MIT 제안)
응용 분야	휴대폰 등의 배터리를 포함하는 모바일 장치, 전기자동차 등	가전제품, 조명, 컴퓨터 및 주변기기, 모바일 장치, 로봇, 전기자동차 등

자기 공명 방식은 자기 공진 주파수를 가지는 낮은 높이로 구현한 헬리컬 공진기 등을 활용하는 기술이다. 이러한 기술은 수 m 이내로 보고 있으나, 1 m 혹은 2 m 이내에서 이루어질 것으로 보인다.

가전제품, 조명, 컴퓨터 및 주변기기, 모바일 장치, 로봇, 전기자동차 분야 등에 가장 폭넓게 적용될 수 있을 것으로 보인다. 단, 이러한 가능성은 전파환경과 전파 간섭에 대한 문제를 해결했을 경우이다. 이 외에도 소형 전기자동차, 경전철, 전파차전기 등 소형 모터 RF 에너지 전송 시스템 분야와 박물관의 3D 영상, 실시간 교통 정보용 티켓, 3D 위치 안내 시스템, 영상을 가진 신문, 잡지, 책 등 저가형 트랜스 미디어 기술을 유도할 수 있는 단거리 초고속 수동형 정보 전송 시스템, 24시간 사람을 보호하고 유사시 인체와 떨어져 안전 조치를 취해줄 수 있는 휴대용 소형 로봇 전력 전송 시스템 개발이 가능할 것으로 보인다. 로봇 분야는 무선 에너지 전송 기술로 로봇의 개념을 바꾸어 버릴 수 있는 기술이다. 선이 필요 없는 로봇 그리고 전지가 필요 없는 로봇 그리고 에너지 효율이 좋은 로봇 제작이 가능하기 때문이다. 이러한 기술 개발을 통해 유비쿼터스 로봇 개발이 가능할 것으로 보인다.

자기 공명 방식의 중거리 전송 기술에 활용될 수 있는 기술에 대해 집중적으로 살펴보면, 근역장을 활용하는 기술이라는 중요한 특성을 내포하고 있으며, 중거리 통신과 함께 결합한다면 다양한 응용 분

야가 창출될 것으로 보인다. RF 에너지 전송 기술은 전지를 사용하는 기기, 전기를 사용하는 기기, 에너지를 사용하는 기기, 유효 휴대 전력을 높이는 분야에 응용하는 기술, 휴대 전력을 활용하여 전력 전송을 요구하는 분야 등 다양한 각도에서 응용이 확산될 것으로 보인다. 방송 통신 분야에서 주시해야 할 분야는 안경으로 전망된다. 특히 Active 안경의 등장이 전망되는데, 안경과 3D TV와의 만남 그리고 안경과 스마트 폰의 만남이 이루어진다면 다양한 서비스가 기대되기 때문이다. 안경의 에너지 전송은 무선으로 전송한다면 보다 가볍게 제작이 가능하고, 이로부터 안경으로 다양한 서비스(보안 서비스, 소형 가상 디스플레이, 가상 미디어 서비스 등)가 창출될 수 있게 될 것이다.

무선 전력 전송은 기술적 파급 효과가 매우 높은 기술로 방송통신기기, 가전기기, 자동차 및 산업 로봇 등 응용 분야가 넓은 모태 기술이며, 전송 및 수신 소자의 크기는 작을수록 보다 많은 응용 기술이 가능할 것으로 판단된다. 무선 전송 기술은 자전거, 주방용 기기, LED, 수중 로봇 등 비접촉식 전력 공급에 활용이 가능하다.^[1]

III. 국내외 기술 개발 동향

미국의 매사추세츠 공과대학(MIT) 마린 솔자식(Marine Soljacic) 교수 연구팀이 무선 전력 전송 연구 결

과를 2007년에 발표하였다^[2]. 이것은 구리선으로 감은 직경 60 cm의 송전 코일에 10 MHz의 주파수를 발생시켜 송신 코일로부터 2 m 떨어진 직경 60 cm의 수신 코일에 무선으로 에너지를 공급해 60 와트의 전구를 켜는 데 성공했다는 것이다. 이후 많은 연구기관, 학계, 산업체에서 이를 실제 시스템에 적용하기 위한 연구가 2008년 이후 집중적으로 연구되고 있다. 특히 스마트 기기에 적용이 가장 먼저 진행되고 있으며, WPC를 중심으로는 자기 유도 기술을 기반으로 5 mm 이하에 5 W급으로 휴대 단말기 1개를 충전하는 기술을 표준화하고, 이를 시장에 출시하고 있는 실정이며, 상기 기술은 근본적으로 전송 거리가 짧고, 정렬에 대한 자유도가 없어 이를 극복하기 위한 코일 기술들이 연구되고 있다. 일례로 송신 코일을 매트릭스 구조로 하여 수신기의 자유도를 주기도 하고, 송신 코일이 수신 코일의 위치로 이동하여 에너지를 전송하는 방법까지 제안되고 있다.

자기 공명 기술을 기반으로 한 휴대기기는 아직까지 상용품은 출시되지 못한 실정으로, 여기에는 다양한 이유가 있을 수 있지만 가장 큰 요인이 공진 코일의 사이즈 문제와 공진 주파수 문제가 있으며, 효율 문제가 자기 유도에 비해 낫다는 것이 큰 문제이다. 따라서 자기 공명 기술 관련 연구에서는 현재 공

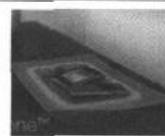
진기의 소형화 연구가 많은 연구 기관에서 진행 중이며, 특히 소형 공진 코일에서 높은 Q 값을 갖는 공진기의 개발이 핵심 연구 분야로 연구가 활발히 진행 중에 있다.

주목할 만한 업체로는 애플사로 이 기술은 가정에 있는 PC, TV 전원에 USB를 연결하면 1 m 내에 있는 복수의 정보/전자 기기(아이폰, 아이패드, 아이팟, 아이맥 등)를 한꺼번에 선 없이 충전할 수 있는 기술이다. 애플사의 이 기술은 기술적으로 구현도 되지 않은 기술까지 특허권을 확보하기 위해 제안한 것으로 세계적인 업체들이 관련 기술에 개념 특허에 집중하고 있는 실정이다.

상기의 휴대 단말기 외에도 2012 CES에서는 무선 급전 기능을 탑재한 태블릿 단말을 출시하였고, 토요타, 미쓰비시, 닛산 자동차, 다임러 등 많은 자동차 업체들이 무선 전력 전송 기술을 채택한 무전 충전 시제품을 전시하였다.

국내 기술은 2001년 전기연구원, 전력연구원 등은 마이크로파를 이용한 고전력(수십 kW 이상) 전송 기술에 대한 기초연구를 수행한 바 있으며, 연관 기술에 대한 연구는 초보 단계이다. KAIST는 온라인 자동차 관련 고전력 자기 유도 방식의 전력 전송 연구를 진행 중이며, 목포대학교, 국민대학교 등 대학

<표 3> 무선 전력 전송 해외 발 사례

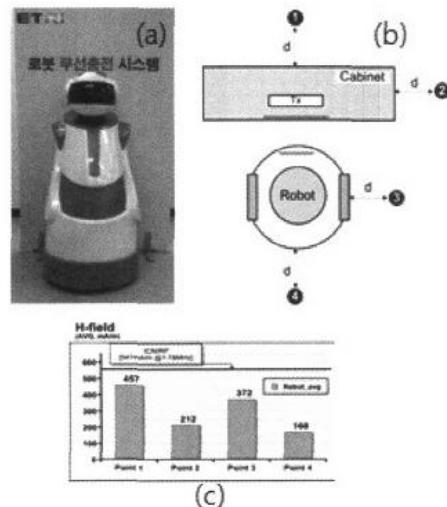
	도시바 (CES 2012)	와이트리시티 & 도요타 (도쿄모터쇼)	퀄컴	소니	인텔
기술 수준	개발 중	개발 중	개발 중	60W/50Cm@80 % 전송 효율	스파이럴 공진기 개발
응용 분야	태블렛 PC	전기자동차	휴대전화	LCD TV	전구
	2012.1	2011.12	eZone, 2010	2009	2008
시제품					

을 중심으로 Rectenna 관련 기술에 대한 요소 기술을 연구한 바 있다. 삼성전기/전자, LG 전자 등 국내 산업체에서는 CES 2009의 영향으로 무선 전력 전송 기술에 관심을 보이고 있으며, 휴대 단말기에 적용하기 위해 자기 공명 방식에 대한 연구도 개발 중에 있다. 자기 유도의 경우, 이미 휴대 단말기에는 적용하여 WPC 규격에 준해 제품이 나오고 있으나, 시장이 크게 확장되지 못한 실정이다.

삼성전자는 한 대의 충전기로 스마트폰, 스마트패드 등 여러 대 단말기를 동시에 무선 충전할 수 있는 기술 개발을 완료했다고 발표하였다. LG전자는 2011년 3월 미국 CTIA 2011 전시회에서 자기 유도 기반 무선 충전 패드를 공개하였다. LG전자의 무선 충전기는 가로 90 mm, 세로 160 mm, 두께 9 mm 크기의 패드 타입으로 배터리 커버를 끼운 휴대전화 1대를 충전 접점 중심 지름 14 mm 내에서 충전이 가능하게 하였다. 충전에 걸리는 시간은 유선 충전과 유사한 것 같다. LS전선은 자체 기술로 개발한 아이폰4 용 무선 충전기 차버(Chaver)를 선보였다. 이 제품은 충전용 패드와 휴대폰 커버로 구성되어 있어, 휴대폰에 커버를 씌우고 패드 위에 올려놓기만 하면 자동으로 충전이 되며, 충전 성능은 유선 충전기와 동등하여 2시간 정도에 완전 충전이 가능하다.

ETRI는 2011년 8월에, 40 W급 무선 전력 전송 시스템의 핵심 기술 개발로 데스크톱 컴퓨터와 LED 전광판 구동에 무선 전력 전송이 가능함을 시현하였고, 2012년 11월에는 무선 충전 로봇을 시현하여 향후 24시간 전시용 로봇이 서비스를 할 수 있는 길을 열었다. [그림 1] (c) 그래프는 로봇 무선 충전 시 주변의 자기장 세기를 측정한 것이다.

상기와 같이 국내에서도 무선 전력 전송 관련 기술을 산업체, 연구기관, 학계까지 나서서 연구를 집중적으로 진행하고 있으며, 특히 국내 휴대폰 양산업체에서는 매우 높은 관심과 관련 연구를 집중하고 있다. 현재 무선 전력 전송 기술은 자기 유도 기반으



[그림 1] 24시간 전시용 무선 충전 로봇

로 시장에 나오고 있는 실정이며, 현재 자기 공명을 병행하는 연구가 진행 중에 있다. 앞으로 시장은 휴대폰을 지나 생활 가전에까지 확대될 것을 예상하며, 국내에서도 보다 높은 전력(10 W 이상)의 연구도 연구기관을 중심으로 진행 중에 있다.

IV. 결 론

자기 공명 방식은 RF 에너지 전송 산업 분야에서 매우 중요한 역할을 수행할 것으로 보인다. 그 응용 범위는 매우 넓으나, 해결해야 할 기술적 난제 또한 많이 남아 있는 실정이다. 특히 인체영향 및 전자기기의 간섭 등 넘어야 할 기술이 아직 많이 남아 있고, 검증해야 할 기술도 여전히 존재한다. 더 많은 응용과 활용을 위해서는 전자파 관점에서의 연구가 철실히 요구된다고 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 윤재훈 외, "RF에너지 전송 기술 산업화를 위한 분석", 한국전자통신연구원 동향분석지, 2011. 8.

- [2] André Kurs, et al., "Magnetic resonances wireless power transfer via strongly coupled", *Science* 317, 83, 2007.

≡ 필자소개 ≡

조 인 귀



1997년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1999년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
2006년 8월: KAIST(구 ICU) 전자공학과 (공학박사)
1999년 5월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원

[주 관심분야] 무선 전력 전송 기술, 안테나 기술, 전파 측정 기술

문 정 익

2004년 8월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
2004년 8월~현재: 한국전자통신연구원 선임연구원
[주 관심분야] 안테나 설계 및 측정 기술, 무선 전력 전송 기술

김 성 민

2009년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
2002년 3월~현재: 한국전자통신연구원 선임연구원
[주 관심분야] RF 회로 기술, 무선 전력 전송 기술

윤 재 훈



1998년 8월: 중앙대학교 전자공학과(박사)
1990년 2월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원
[주 관심분야] 전파환경기술, 표준전파 발생기술, 안테나, 무선 전력 전송, 전파측정 기술

변 우 진



2000년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
1999년 11월~2004년 8월: 삼성전기(주) 책임연구원
2004년 9월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원
[주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 시스템 설계, 밀리미터파 CMOS 및 MMIC 설계, 안테나 설계

최 재 익



1995년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학박사)
1983년 3월~현재: 한국전자통신연구원 전파기술연구부장
[주 관심분야] 메타물질 연구, 안테나 및 RF 기술, 스펙트럼 이용 및 주파수 공유, 전파응용 기술