

무선전력 충전기술 개발 현황 및 동향



박 기준
한진 전력연구원
미래기술연구소 책임연구원

1 개황

최근 전 세계적으로 자기유도 방식의 무선전력전송 기술이 스마트폰의 충전에 본격적으로 적용되기 시작하면서 관련 제품의 가격이 하락하고 보급이 확대되고 있다. 무선전력전송 기술은 전기자동차용 무선충전 뿐만 아니라 다양한 웨어러블 기기와 IoT 센서용 전력공급과 같은 응용분야에서 활발한 연구개발이 진행되고 있다. 무선전력전송 기술은 전기에너지를 전자기파 형태로 변환하여 전류가 흐르는 전선 없이 에너지를 전달하는 기술이다. 무선 전송을 위하여 전기에너지를 특정 주파수의 고주파 전기신호나 광파로 변환된 전자기파로 에너지를 전달하는 기술이다. 주로 가까운 거리에서 코일에 발생하는 자기장을 이용하여 에너지를 보내는 기술과 마이크로파와 안테나 또는 레이저를 이용하는 원거리 무선전력전송 기술로 구분할 수 있다(표1 참조). 한국전력에서는 무선전력전송·충전 기술을 '2014년 미래유망기술'로 선정하고 단기적으로는 무선충전 전기자동차의 출



표 1 XLPE 케이블 AC 내전압시험 기준(IEC)

구 분	근거리		원거리	
	자기유도 방식	자기공명 방식	마이크로파 방식	레이저 방식
개 념	가까운 코일에 유도 전류를 일으켜 전송	송신부와 수신부의 공진 주파수를 일치시켜 전송	전력을 마이크로파로 바꿔 전송	전력을 광선(적외선)으로 바꾸어 전송
주파수	<수십 kHz	수십 kHz ~ 수 MHz	수 GHz	가시광선, 적외선
송수신 수단	자기 코일	코일, 공진기	패러볼릭, 위상배열 안테나	레이저, 광(PV)전지
전송전력	수십 W	~수십 kW	고출력	고출력
전송거리/ 전송효율	수mm 내외 (~85%, ~mm)	~수m (~90%, ~0.2m)	~km (낮음)	> km (낮음)
인체 유해성	거의 무해	일부 유해하나, 회피 가능		
기술 성숙도	상용화	개발초기	기초연구	기초연구
응용분야	휴대폰, 면도기, 가전기기	가전 조영기기, EV충전	UAV, 우주 태양광 발전	UAV, 우주 태양광 발전
Player	LG, 삼성전자, Powermat, Qi 등	Witricity, Qualcomm, Toyota, A4WP 등	NASA(JPL), JAXA(일)	NASA(JPL), JAXA(일), Lasermotive

※ 방사 전자기파의 밀도에 관계되므로 유해수준 이하로 조절(회피) 가능

현에 대비하는 한편, 장기적으로는 새로운 전력서비스 개발과 선로공사 없는 전력공급 방안을 위한 기술개발에 착수하였다.

2 기술개발 현황

현재 개발되고 있는 대부분의 무선전력전송 기술은 소형전자기기나 전기자동차의 충전에 응용되는 자기유도 방식과 자기공명 방식을 이용한 근거리 전송기술이다. 이를 다시 전송전력으로 구분하면 스마트폰 무선충전기와 같은 10W 내외의 소전력 분야와 전기자동차용 무선전력 충전기를 포함하는 수kW 이상의 전력공급 분야로 나눌 수 있다. 소전력 무선전력 분야에서는 Alliance for Wireless Power(A4WP), Wireless Power Consortium(WPC) 등의 협력체를 중심으로 수많은 국

내외 기업들이 스마트폰, 노트북, 웨어러블 기기를 위한 솔루션을 개발하고 있으며, 수년 내에 더 많은 소형 기기들이 무선방식으로 전력을 받거나 충전하게 될 전망이다. 지난 4월 유도방식의 근접 무선충전기술이 기본으로 장착된 삼성전자의 갤럭시 S6의 출시로 무선충전이 본격적으로 보급될 것으로 예상된다.



출처: 삼성전자

그림 1 삼성전자 갤럭시 S6의 무선 충전

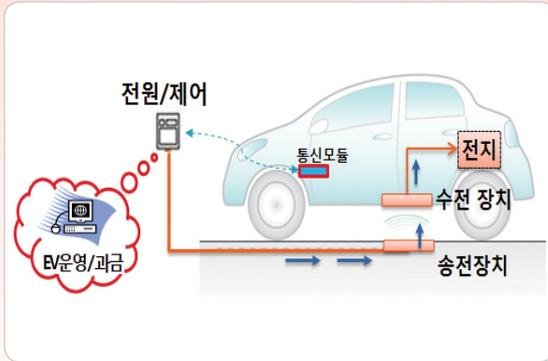


그림 2 전기차용 무선전력 충전 개념



그림 3 Nissan의 무선충전 EV 개념도

수kW 이상의 전력을 송신하는 분야도 소전력 무선전력전송 분야와 같이 자기유도나 자기공명 방식이 적용되고 있다. MIT Spinoff인 WiTricity, 뉴질랜드 Auckland 대학의 Inductive Power Transfer(IPT) 기술에 기반한 Qualcomm Halo와 같은 무선전력전송 전문 기업과 Toyota, Nissan, Volkswagen 등의 완성차 제조사를 중심으로 전기자동차용 무선전력 충전 기술에 대한 연구가 진행되고 있다. WiTricity는 2014년 2월 Toyota와 함께 3.3kW급 자기공명 방식 전기자동차 무선충전기 실증을 시작하였다. 특히, Toyota는 무선 송수신 코일의 정렬 문제를 극복하고자 차량에 자동 주차시스템을 적용하여 주차장 바닥 무선송신부와 전기자동차가 자동으로 정렬될 수 있도록 하였다. Qualcomm Halo는 CES 등의 전시회에서 포물러 E용 전기자동차와 Nissan LEAF에 자기유도 방식 무선충전 기술을 적용, 시연하였고 전기자동차의 성능을 겨루는 ‘포물러E 챔피언십’ 대회를 후원하고, 경기에 참가하는 자동차에 자사의 무선충전 기술을 제공하고 있다. 국내에서는 제주도 스마트그리드 Smart Transportation 사업의 일환으로 2013년 (주)그린파워에서 3.3kW급 무선충전 시스템을 개발하였고, 2014년에는 이를 서울 전기자동차에도 적용하였다. 향후

전기자동차의 보급 활성화와 편리함에 대한 시장의 요구에 따라 무선전력충전 기술의 확대가 예상된다.

완성차 회사인 Toyota, Volkswagen, Nissan 등에서는 2017~2018년경 무선 충전방식의 전기자동차 모델을 출시한다고 발표하였다. 미래의 전기자동차는 플러그를 연결하지 않아도 주차만하면 저절로 충전되는 편리한 무선 방식으로 충전 전력을 공급받는 것이 대세가 될 것으로 전망된다. 특히, 어르신이나 노약자, 장애인 등 충전 플러그를 다루는 것이 불편하고 어렵기 때문에 무선충전 전기자동차가 필요하다. 한전 전력연구원 무선충전 방식의 전기자동차 출현 시 적기에 무선충전 인프라를 구축하여 고객의 편리한 전기자동차 사용과 서비스를 제공하기 위해 산·학·연과 협력하여 전기자동차용 무선전력 충전인프라 개발에 착수하였다. 2018년까지 전송 효율 90% 이상의 무선전력 충전시스템을 개발하여 전기자동차와 충전인프라에 적용하고 실증할 계획이다.

소형 EV용의 정지형 무선전력 충전기술과는 별도로 주행 중인 자동차에 자기유도로 전력을 전송하는 기술은 1970년대 후반 미국 LBNL에서 연구되어 1990년대에는 미국 캘리포니아 대학에서 캘리포니아 PATH 프로그램의 일부로 ‘Roadway Powered Electric Vehicle



그림 4 철도기술연구원의 무선 급전 트램



그림 5 Bombardier의 무선충전 버스 투시도

Project Track Construction and testing Program'에서 연구되었다.

KAIST에서는 2009년부터 자기유도 방식의 온라인 전기자동차(OLEV) 무선충전 기술을 개발하여 지난 2013년 동원올레브와 협력하여 구미시에 온라인 전기 버스를 시범운행하였다. KAIST에서 개발된 온라인 전기자동차 무선전력전송 기술은 도로에 매설된 급전코일과 버스에 내장된 집전코일을 통해 20cm의 거리에서 100kW 전력을 최대 83% 효율로 전송하고, 도로에 세그먼트(segment) 방식으로 매설된 코일을 통해 주행 중에도 충전하는 기술이다. 한편, 한국철도기술연구원은 KAIST등과 함께 2013년에 60kHz를 사용하는

180kW급 무선전력전송 기술을 이용하여 무가선 트램에 적용하였으며, 2014년 5월에는 1MW급 무선전력전송을 적용하여 고속열차를 움직이는데 성공하였다.

글로벌 기업인 Bombardier는 전기자동차, 전기버스, 도시형 트램에 적용할 수 있는 PRIMOVE라는 자기유도 방식 무선전력전송 기술을 개발하고, 2013년 9월 독일 브라운슈바이크(Braunschweig)에서 최대 200kW의 전력을 무선으로 공급하여 전기버스를 충전하는 시범서비스를 시작하였다. PRIMOVE는 버스나 트램의 정류장과 주차장에 무선충전기를 설치하여 정차 중에 충전이 되도록 하는 기술이다.

수Km 이상 거리에 수kW 이상의 전력을 전송 할 수



그림 6 마이크로파 방식 원거리 무선전력전송의 원리



그림 7 마이크로파 원거리 무선전력전송 실증 (2015년, 미쓰비시 중공업)

있는 원거리 무선전력 전송기술은 미국의 NASA와 일본의 JAXA 중심으로 우주에서 태양광에 의해 발전된 전력을 지상에 전송하는 방법으로써 마이크로파나 레이저를 이용한 방법이 연구되고 있다. 또한, 군사용과 같은 특수목적의 무인항공기에 에너지를 전송하기 위한 방법으로 캐나다, 미국 등에서 연구되었다. 미국의 NASA JPL에서는 1975년도에 26미터 직경의 패러볼라 안테나를 이용하여 약 1.5km 거리에서 마이크로파로 전력을 전송할 수 있음을 선보였다. 최근에는 지난 3월 일본의 미쓰비시중공업에서 10kW의 전력을 마이크로파로 변환하여 500미터 떨어진 액테나 수신부로 전송하였다. 원거리 무선전력전송 기술이 개발되면 전력 도서지역이나 오지에도 송배전선로의 건설 없이 전력을 공급 할 수 있는 대안이 될 수 있을 전망이다.

3 시장전망과 기술개발 방향

지금까지의 무선전력전송 시장은 초기형성 단계라 할 수 있다. 그러나 지난 4월 WPC(Qi)와 PMA 규격의 무선충전이 적용된 삼성전자 갤럭시 S6의 출시와 자체 규격의 무선충전이 적용된 애플 와치의 출시로 인해 올해는 무선충전 시장의 폭발적인 확대가 예상된다. 시장조사 전문기관인 IHS에 따르면 2014년도에 팔린 무선전력 수신기는 5,500만대였고, 올해는 1억6,600만대가 팔리고 2024년에는 20억대에 이를 전망이다. 무선전력전송 시장 규모는 지난해의 1,500만 달러에서 올해는 17억 달러 규모로 급성장하여 2024년에는 150억 달러에 이를 것으로 예측하고 있다. 한편, 전기자동차 시장의 확대에 따라 글로벌 EV용 무선충전기 시장은 2012년부터 연평균 126.6% 성장하여 2020년에는 연 35만대 규모로 확대될 것이며, 가정용 충전기가 전체의 70%를 차지할 것으로 전망된다(Frost & Sullivan, 2014).

이와 같은 시장의 요구를 충족하고 무선전력전송 기술의 보급과 확산을 위해서 몇 가지 풀어야할 과제가 있다. 첫 번째로 해결해야 하는 과제는 무선전력전송의 효율 개선이다. 현재 무선전력전송 시스템의 전력 전송 효율은 자기유도/공진 방식의 경우, 업체에 따라 최대 85~90%로 발표되고 있지만 실제 시판되는 기기의 총 시스템의 효율은 이보다 낮은 70~80% 수준으로 알려져 있다. 특히, 전송거리의 증가와 송신부-수신부의 부정합에 따라 전송 효율이 크게 변하므로 이를 극복하고 보완하기 위한 기술 개발이 필요하다. 두 번째는 기기 또는 제조사마다 다른 무선전력 전송방식의 표준화이다. 제조사의 구별 없이 가전기와 노트북, 휴대폰, 전기차가 무선으로 충전되는 인프라를 위해서는 기술개발과 함께 표준화도 진행되어야 한다. WPC의 Qi, Power Matters Alliance(PMA)와 합치기로 한 A4WP의 Rezence와 같은 표준화 협력체와 IEC 등 국제 표준화기구에서도 무선전력전송 방식의 표준화에 대한 논의가 진행되고 있어 기술혁신 및 보급 확대와 함께 표준화도 수행될 전망이다. 한편, 복수의 표준을 충족하는 Multi-mode 무선전력 제품도 등장 할

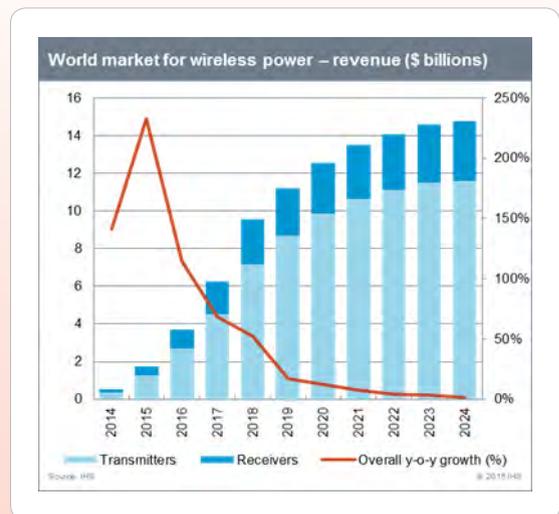


그림 8 전기차용 무선전력 충전 개념

것이다. 세 번째는 전자파에 대한 안전성 논란이다. 지금도 산학연의 많은 연구인력들은 전자파 문제를 해결하기 위해 새로운 전자기와 차폐 재료의 개발, 비복사 공진코일의 구조 최적화와 같은 다양한 연구를 진행 중이다. 무선전력전송 기술이 적용되는 기기와 환경에 적합한 다양하고 안전이 담보된 개선 기술이 개발될 것으로 전망된다.

4 향후 계획

현재 무선전력전송 기술은 관심도가 매우 높고 국내 외의 산업체와 기관에서 연구개발이 활발하여 시장이 급속히 확대되고 있으므로 산업체 간 경쟁이 치열할 것으로 예상된다. 따라서 국내외 산업계에서는 향후 무선전력전송 기술의 확산과 주도권 확보를 위해 기술

혁신과 응용분야 확대에 많은 노력이 발휘될 전망이다. 무선전력전송 기술의 국내시장 활성화와 국제시장 선도를 위해서는 원천기술 뿐만 아니라 기반이 되는 분야의 도전적인 연구개발과 과감한 투자 또한 필요하다. 단기적으로는 무선전력 방식의 IT 기기와 무선충전 전기자동차에 대한 소비자 요구를 충족하고, 중기적으로는 재난대응, 벽오지, 해상 등의 특수목적 무선전력 틈새시장을 공략하며, 장기적으로는 우주에너지 개발 시대를 대비해야 할 것이다. 한국전력도 관련 시장의 활성화와 글로벌 시장 진출을 위해 산학연과 협력하여 무선전력전송 분야의 연구개발에 적극적으로 투자 할 계획이다. 또한, 국내외 기관과의 협력을 통해 높은 효율로 보다 먼 거리까지 전선 없이 다양한 기기에 전력을 공급할 수 있고 높은 안전성이 확보된 기술 개발을 위해 지속적인 노력을 펼쳐나갈 계획이다. 