



# 무선충전 기술현황 및 전망

신효순 <한국세라믹기술원 책임연구원>

## 1 서론

모든 전자기기는 전원의 공급 없이 작동할 수 없다. 이러한 단순한 진리를 바탕으로 생각할 때 다양한 전자기기의 보급에 따라 공급 전원의 문제는 이미 예견된 문제였다. 특히, 가정용 소형 가전의 증가와 개인용 다양한 휴대전자기기의 증가는 어디에서나 전원의 공급 및 충전을 필요로 하는 시대가 되게 하였다. 그러므로 가정이나 사무실에서 흔히 볼 수 있는 그림 1과 같은 과도하게 콘센트가 한 곳에 연결된 복잡한 전원 공급 현상이다.



그림 1. 전자기기 증가에 따른 복잡한 전원 공급 상황

유선을 이용한 전력의 전송은 전송 효율이 우수하고 주변 환경에 영향을 받지 않는 장점을 가지고 있지

만 멀티탭이라 불리는 하나의 전선연장선에 복잡하게 콘센트가 연결되어 있어서 관리 소홀에 따른 화재의 원인이 되거나 생활환경을 혼잡하게 하는 원인이 되기도 한다. 이러한 유선 전력 전송의 문제를 극복하고 전원 공급의 편의성과 효율성 및 공간의 복잡한 배선을 피할 수 있는 방법으로 최근 무선충전 기술이 부각되고 있다.

무선충전 기술은 전력선과 디바이스가 전선으로 연결되지 않은 모든 전력전송 체계와 관련된 기술을 통합하는 용어이다. 그러나 이를 실현하기 위한 방법론에서는 아주 간단한 원리가 적용될 수밖에 없다. 전선의 연결 없이 전기에너지를 전달하는 방법은 전자기적인 현상을 이용하는 방법과 전자파의 무선 송수신 기술을 이용하는 방법이 있을 뿐이다. 이러한 제한된 원리에서 출발하여 기존의 유선 전력전송과 대비하여 경쟁력을 가질 수 있는 전송효율과 가격을 확보해야 하므로 현재까지 확보된 기술은 뚜렷한 대안으로 시장에 진입하지 못하고 있는 것이 현실이다.

한편 미래 사회는 점점 더 개인주의화되고 디바이스는 복잡하게 발전하기 때문에 이들을 수용하기 위한 무선충전 기술은 필수불가결한 상황에 이르렀다. 그림 2는 미래 사회에서 인간이 구현하고자 하는 무선충전 기술에 대한 모델링이다. 각 가정이나 회사에서 하나의 송신코일을 운영하게 되면 이 송신단의 범위 안에 위치한 이와 연동될 수 있는 가전이나 개인

전자디바이스들이 동시에 충전이 일어날 수 있는 환경을 조성하는 것이 바로 정보 네트워크와 함께 미래 전력 공급의 유비쿼터스 환경이 구축되는 것이다. 이러한 기술을 개발하기 위하여 회로와 소재 및 시스템 관점에서 많은 연구가 이루어지고 있으며 그 결과는 가까운 미래에 우리 곁에 구현될 것이다.

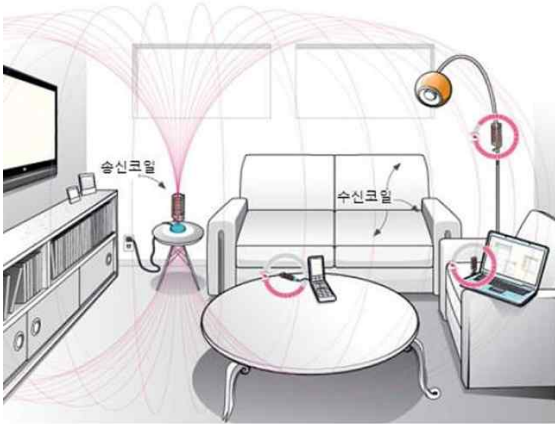


그림 2. 무선충전 기술의 미래

## 2. 무선충전 시장동향

무선충전 기술이 시장에 본격적으로 진입한 사례는 진동 칫솔의 충전기가 대표적인 것으로 알려져 있다. 이것은 비교적 짧은 시간 사용하고 장시간 거치대에 위치해야 하는 환경에 있으며 수분이 많은 욕실 내에 존재하므로 전선에 의한 전력의 공급보다는 무선충전에 의한 전력 공급이 가장 적합한 사례가 된 것이다. 이 경우 충전기와 거치대를 하나의 구조 내에 복합화 함으로써 자연스럽게 무선충전이 이루어지도록 할 수 있게 되었다. 그러나 전체적으로 시장 규모가 그렇게 크지 않기 때문에 시장에서 관심을 모으기에는 한계가 있었다.

최근 시장에서의 관심사는 휴대폰 산업과 연결된 모든 부품이나 소재들에 집중되고 있다. 무선충전 기술 역시 휴대폰에 적용되면서부터 시장에서 주목 받고 있다. 그러므로 2012년부터 휴대폰 적용을 위한 제품이 개발되면서 점차적으로 시장이 형성되

(백만개) ■ 무선충전기 시장규모(대수)



자료 : MS Research, 유진투자증권

그림 3. 무선충전기 시장 증가 예측



그림 4. 휴대폰 출하량 예측 및 무선충전 채택률

기 시작하였고, 아래 그림 3에서 보는 바와 같이 2014년부터 급격한 시장의 증가가 나타날 것으로 예측되고 있다. 또한 기술의 발달과 함께 급격한 시장 확대가 이루어지면서 향후 10년간 74.1% 이상의 성장이 예상되고 있다. 이와 같은 급격한 시장의 확대는 새로운 기술의 도입이 필연적이지만 시장적 측면에서 휴대폰에 적용이라는 적용분야에서의 특징이 시장의 급격한 확대와 연결되는 대표적인 사례가 된다. 이것은 휴대폰에서 최근 data 사용량의 급증과 함께 휴대폰 사용 시간의 증가에 따라 충전 기술에 대한 소비자의 요구 증가와 직결되기 때문이기도 하다.

아래 그림 4는 휴대폰 출하량의 증가 추이와 이들에 대한 무선충전 기술의 채택률을 나타낸 것이다. 휴대폰 출하량이 2021년 25억대 이상으로 증가하면서 무선충전 기능은 2014년부터 본격적으로 채택이 예상되고 채택률 또한 증가하여 2021년에 약 35%까지 이를 것으로 예측되고 있다. 이와 같이 휴대폰 시장의 증가와 채택률의 증가가 동시에 이루어진다면 전체적으로 시장 규모가 급증할

수밖에 없다.

휴대폰에서 무선충전 기술은 NFC(Near Field Communications) 기술과 연관성이 깊다. 이들은 둘 다 전자기장을 이용하기 때문이다. NFC의 경우 13.56MHz 대역의 전자기파를 이용하여 20cm 이내의 근거리 통신을 할 수 있는 방법으로 대부분의 스마트폰에 장착되고 있으며 특히, 삼성전자와 LG 전자를 중심으로 국내 기업들이 주도하고 있다. NFC 기능을 실현하기 위해서는 신호를 송출하는 Tx Module과 이들 신호를 수신하는 Rx 단의 안테나로 구성되는데 휴대폰 내부로 전자기장이 전파되는 것을 막기 위하여 ferrite 소재를 이용한 sheet 형상의 부품을 추가하여야 한다. 무선충전 기술 또한, 수백 KHz에서 수십 MHz 대역의 전자기파를 이용하여 에너지를 전달하여야 하므로 이들 구조는 NFC와 비슷한 형태가 되어야 한다. 그리고 이들이 휴대폰 내에 장착되기 위해서는 NFC 기능이 장착된 휴대폰의 뒷면에 추가되는 형태가 되면서 복잡화 되어야 할 것으로 예상되고 있으며 현재 개발된 몇몇 제품들 또한 이와 같이 복잡화한 형태이다.

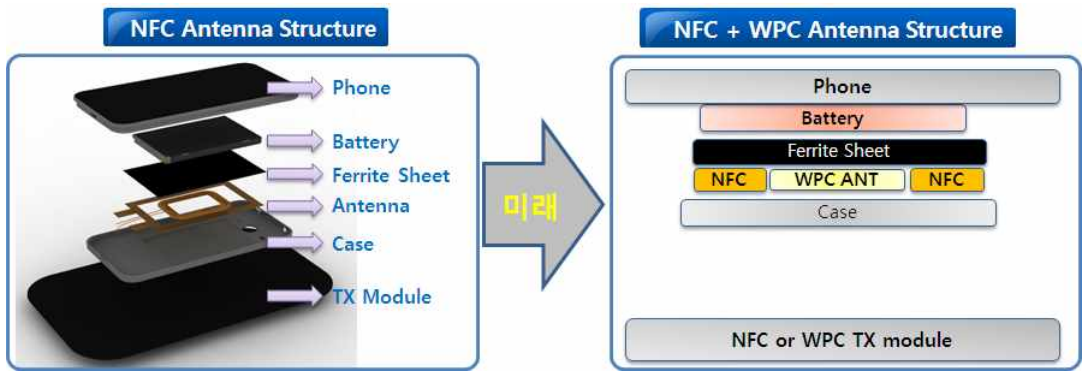


그림 5. 휴대폰에서 NFC와 무선충전 기능의 적용 구조

NFC 기술은 단순히 정보의 전달을 요하는 기능이지만 무선충전의 경우 에너지를 전달해야 한다. 그러므로 이들이 각각 요구하는 모듈의 형상이 서로 좀 다를 수밖에 없지만 시장에서 요구하는 제한 요소는 휴대폰의 두께이다. 아래 그림 6에서 보는 바와 같이 최근 휴대폰 디바이스의 주요 개발 방향이 두께의 감소이다. 그림에서 갤럭시s4의 경우 7.9mm이고 최근 발표된 갤럭시s5는 8.1mm로 조금 증가되었지만 두께는 제품개발의 결정적인 제약 요소중 하나이다.



그림 6. 휴대폰의 지속적인 슬림화 동향

### 3. 무선충전 기술 개발 방향

무선충전 기술은 전자기유도(Induction), 자기공명(Resonance) 및 전자기파(Radiation) 방식으로 분류된다. 아래 그림에서 보는 바와 같이 자기유도 방식은 수cm 거리에서 저전력을 전송하는 것으로 전동 칫솔에 적용된 기술이다. 그러나 충전 거리가 조금만 증가하면 자기공명 방식이 주된 전력전송 기술이 되며, 더 먼 거리의 전력 전송은 전자기파의 방식에 의한 방식이 주로 검토된다. 이 그림에서 보는 것처럼 다양한 거리에서 무선충전을 가능하게 하기 위해서는 수m까지 적용 가능한 자기공명 방식의 무선충전 기술이 상용화되어야 한다는 것을 직관적으로 확인할 수 있다.

전자기 유도 방식은 변압기의 1차 코일과 2차 코일 간의 자기유도 현상을 이용하는 것으로 코일이 근접 거리에 위치해야 가능한 방식이다. 그러므로 이 기술은 이미 LG전자와 그 외 여러 중소기업에서 상용화 하였고 기술적인 난이도가 높지 않아서 이미 중국에서도 제품화 되고 있다. 그러나 이 방법은 자기장이 근접거리에서 코일에 공동으로 영향을 줄 수 있어야 하므로 이격 거리에 민감하고 충전부의 Rx 코일의 위치 정합성에도 매우 민감하다. 그러므로 기업들은 이러한 충전부의 위치에 대한 자유도를 어떻게 좀 더 확

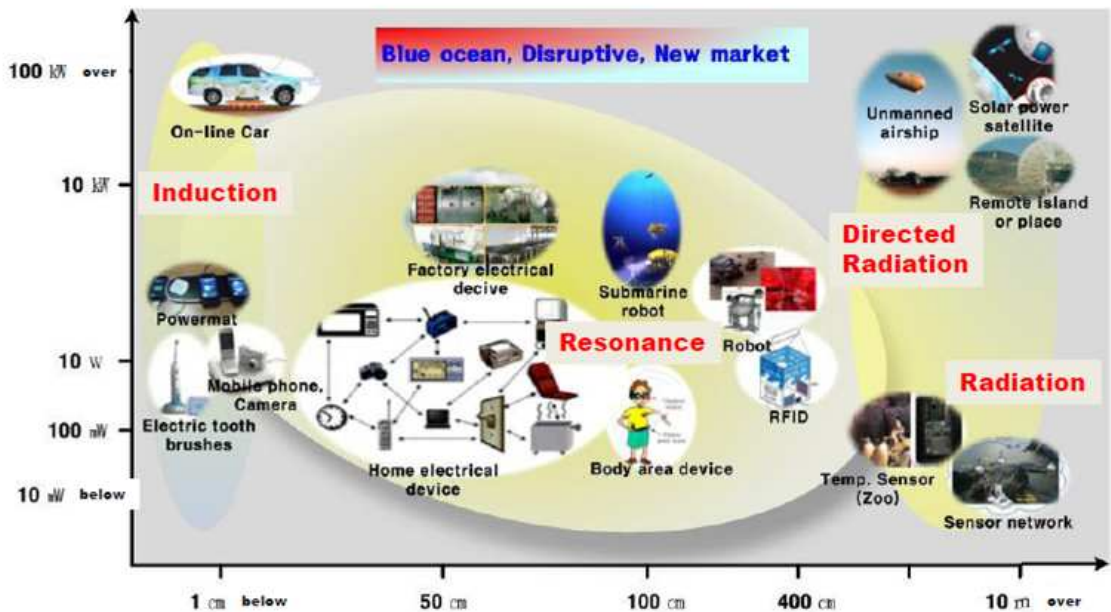


그림 7. 전송거리와 전력에 따른 무선전력전송 기술의 활용

보할 것인가와 위치의 변화에 따른 충전효율의 편차를 줄이는 기술 개발에 역점을 두고 있다.

한편 자기공명 방식은 수 MHz에서 수십 MHz 대역의 주파수를 사용하여 자기적 공명을 이루어 전력을 전송하는 기술이다. 이 기술도 약 100년 전 미국의 니콜라 테슬라(N. Tesla)에 의해 개념적인 원리가 시연되었으며, 최근들어 MIT 물리학과와 Marin Soljacic 교수팀이 2007년 Science지를 통해 제안한 “비방사형 중거리 무선 에너지전송 (Non-radiative mid-range energy transfer)” 기술에 따라 관심이 증폭되었다. 이것은 기존의 전자기 유도보다 먼 거리에서 전자기방사 보다는 더 높은 효율로 에너지를 전달할 수 있으며 10MHz의 반송파를 이용하여 2m 거리에서 60W의 대전력 전송을 시연함으로써 미래 유망기술로 크게 부각되기 시작하였다. 또한, MIT에서 2008년 10대 기술로 선정되어 지속적인 연구가 진행되고 있으며, Intel사는 2008년 IDF에서 동일한 기술을 “Wireless Resonant

Energy Link(WREL)”라는 이름으로 연구 결과를 발표하기도 하였다. 이러한 역사적인 사실을 바탕으로 최근 휴대전화 응용을 목적으로 다양한 시도가 진행되고 있는데 삼성전자가 중심이 되어 Intel, Qualcomm 등과 함께 A4WP라는 무선충전을 위한 협의회를 만들어 표준을 주도하려 하고 있으며 곧 자기공명 방식을 적용한 무선충전 장치의 출시가 이루어질 것으로 기대하고 있다.

전자기파 방식은 전자기파를 이용한 정보의 전송과 동일한 mechanism 이지만 필요한 수준의 전력을 전송하기 위해서는 출력이 증가하여야 하며 이 경우 전자기파에 의한 인체의 유해성 문제를 피할 수 없게 된다. 그러나 원거리의 에너지 전송도 충분히 가능하므로 개인용 용도가 아닌 산업용 용도에서 많은 연구가 이루어져 왔다.

지금까지 언급한 3가지의 무선충전 방식은 상호 배타적인 관계에 있는 것은 아니다. 따라서 전자기 유도 방식과 동시에 자기공명 방식도 적용될 수 있는 충전

동작 방식	전자기 유도	자기 공명	전자기파
동작원리			
	변압기 1차, 2차 코일간의 전자기 유도 현상 이용 (수백KHz대역)	송수신 안테나간의 자기공명 (Magnetic Resonance) 이용 (수MHz~수십MHz대역)	RF대역 송수신 안테나간의 Radiation성질을 이용 소출력 : RFID등 대출력 : 5.8GHz등 이용
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 근접 전송효율이 높음</li> <li>▪ 대전력 전송가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1~2m이내(근거리)</li> <li>▪ A4WP 등 국제적 관심 급증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 전송거리 : ~수m(근거리)</li> <li>▪ 전송거리 : &gt;수m(원거리)</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 근접거리 동작 (접촉식)</li> <li>▪ 1차, 2차 코일 정렬 필수 (상용화된 기술)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 안테나 Size가 큼</li> <li>▪ 대전력전송 어려움</li> <li>▪ 미완성기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 전송효율 낮음</li> <li>▪ 인체 및 장애물 영향 큼</li> <li>▪ 무선 통신 규제 받음</li> </ul>
주요회사	Fulton, Wildcharge, 아모센스, LG이노텍	삼성전자, Intel, Qualcomm	Powercast, NASA Project
현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 효율 70% 수준</li> <li>▪ 여러 기업이 상용화 완료</li> <li>▪ 효율 향상에 주력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 삼성전자가 A4WP를 주도</li> <li>▪ 상용화 준비중</li> <li>▪ 기술개발 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 인체 유해성 극복 문제</li> <li>▪ 민수 적용 불가</li> </ul>

그림 8. 무선충전기술의 원리, 현황 및 장단점 비교



그림 9. 자기공명 기술을 이용한 무선충전 기술 발전 방향

모듈의 개발 또한 가능하다. 그러나 현재 상황은 전자기 유도 방식이 유일하게 상용화되고 있으며 이들은 아직 충전기 Tx단 코일에 접촉된 상태에서 충전이 이루어지므로 무선 상태이기는 하지만 충전을 하면서 다른 행동을 하는 수준의 충분한 자유도를 확보하지

못하고 있는 수준이다.

무선충전 기술에서 전자기 유도 방식의 한계는 분명하다. 그러나 자기공명 방식 또한 해결해야 할 많은 문제를 가지고 있다. 아래 그림 9는 무선충전 기술이 어떤 방향으로 개발되어야 하는지를 정리한 것이다.

그림에서 보는 바와 같이 2007년 MIT에서 시연한 자기공명을 이용한 무선충전의 경우 상당히 큰 코일을 입체적으로 형성하여 상호 에너지 전달을 시연한 것이다. 그러나 이러한 큰 코일은 실용성의 측면에서는 극복해야 할 큰 한계를 가지고 있다. 그리고 2013년 삼성전자에서 개발하고 있는 무선충전 장치 역시 자기공명 방식을 이용한다고 하지만 충전장치 위에서 위치의 자유도는 향상되지만 공간을 두고 충분한 충전이 이루어질 수 있는 수준은 아닌 것으로 알려졌다. 이것은 기존 전자기 유도 방식의 무선충전기와 비교 경쟁은 가능하지만 궁극적인 차별화는 이루어지지 않았다. 그러나 소형화 과정을 통하여 휴대폰 내에 이를 장착할 수 있는 수준에 이른 것은 고무적인 일이다. 하지만 미래에는 그림과 같이 50cm이상의 이격 상황에서 어느 정도의 충전 효율을 낼 수 있는 모듈의 개발이 필요한 시점이다.

아래 그림 10은 우리가 가까운 미래에 이루고자 하는 무선충전 환경을 모식적으로 나타낸 것이다. 그림

에서 보는 바와 같이 충전 스테이션이 곳곳에 존재하여 근거리 이격 상태에서 에너지의 충전이 실시간으로 이루어짐으로써 휴대폰의 전원이 언제나 충전될 수 있는 상태를 구현하는 것이다. 그리고 이러한 충전기는 새로운 소재의 적용, 모듈화 기술의 개발 및 운영 칩의 최적화를 통하여 소형화함으로써 휴대폰 내에 큰 부피의 증가 없이 추가될 수 있어야 한다. 그리고 사회가 요구하는 수준의 저가격화를 이루어야 하는 것 또한 중요하다.

#### 4. 맺음말

본 기고를 통하여 현재 많은 관심이 모아지고 있는 무선충전 기술에 대한 전반적인 현황을 초보자 수준에서 소개하고자 하였다. 이 분야는 근본적으로 소재 기술, 모듈화 기술, 전기회로 기술, 시스템 기술 등이 복잡하게 융합되어야 하는 분야이므로 무선충전 기술을 깊이 있게 다루기는 매우 어렵다. 그러나 전체적인



그림 10. 실시간 충전형 무선충전 기술 개발 방향

동향을 이해하고 각 분야에서 할 수 있는 기술적인 진보를 이루어 나가야 할 것이다.

전자기 유도 기술을 이용한 제품은 이미 출시되어 있지만 충분한 무선충전의 편의성을 주기에는 많이 부족하고 기술적으로 난이도가 상대적으로 매우 높지 않지만, 자기공명 방식은 기술적으로 해결해야 할 문제가 아직 많을 뿐 아니라 충분한 이격 상태에서 충분한 효율을 확보하는 것이 선행되어야 한다. 이러한 기술적 진보가 이루어질 때 저가격에 언제나 어디서나 충전될 수 있는 휴대폰을 살 수 있을 것이며 그 날도 그리 멀지 않은 것으로 예상된다. 더욱이 이러한 기술 개발의 선두에 한국 기업들이 있다는 것도 고무적인 일이다.

◇ 저 자 소 개 ◇



신효순

1997년 2월 경북대학교 무기재료공학과 졸업(박사). 1997~1998년 New York State College of Ceramic(Alfred) Post-Doc. 1998~1999년 한국과학기술연구원 Post-Doc. 1999~2000년 경원웨어라이트공업 책임연구원. 2000~2005년 삼성전기(주) 책임연구원. 2005년~현재 한국세라믹기술원 책임연구원. 2008년~현재 동양공업전문대학 겸임교수.