무선 에너지 전송 기술

Wireless Energy Transfer Technology

IT-에너지 융합부품소재 특집

강승열 (S.Y. Kang) 차세대 I-MEMS팀 책임연구원
김용해 (Y.H. Kim) 차세대 I-MEMS팀 책임연구원
이명래 (M.L. Lee) 차세대 I-MEMS팀 선임연구원
정태형 (T.H. Zyung) 융합부품 · 소재연구부문 책임연구원

목 차

Ⅰ. 들어가는 글
Ⅱ. 테슬라의 꿈, 무선전력전송
Ⅲ. 무선 에너지 전송 기술
Ⅳ. 비방사형 무선 에너지 전송 기술
Ⅴ. 글을 마치며

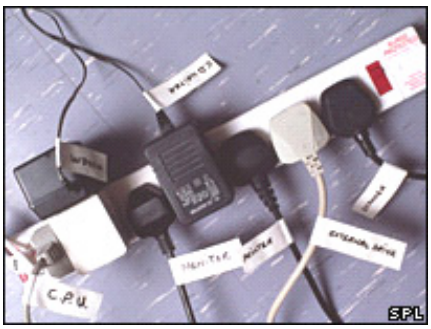
IT 혁명의 근간이 되는 무선통신기술은 개인간의 통신을 가능하게 하여, 단순 정보 전달에서 음성 및 화상 통화가 언제, 어느 곳에서도 가능하게 되었다. 그러나 이런 단말기를 작동하게 하는 전력 또는 에너지는 여전히 유선으로 공급하거나 전지를 충전하여 사용한다. 만일 무선 통신뿐만 아니라 무선 에너지 전송까지 가능하다면 IT 기술은 또 다른 도약을 하게 될 것이다. 무선 에너지 전송은 백 년 전의 테슬라로부터 시작되어 지금까지 지속되어온 인류의 꿈이었다. 본 기고문에서는 20세기 초 무선 에너지 전송을 상상한 테슬라로부터 근래의 다양한 무선 에너지 전송 기술을 소개한다. 전자기파 방사를 이용한 기술과 전자기 유도현상을 이용한 무선 에너지 전송 기술을 개괄하고, 이러한 기존 기술을 넘어 근거리에서 공진 현상을 이용한 비방사 방식으로 에너지를 전송하는 MIT의 무선 에너지 전송 기술을 소개한다.

I. 들어가는 글

• 유선에서 무선으로

전파의 발견 이후 무선으로 신호 및 정보를 전달하는 기술은 라디오 방송을 통한 음성 정보 전달에서 TV 방송을 통한 음성/화상 정보의 전달로 그 범위가 확대되었다. 통신 분야에서는 전화기의 개발로 양방향 통신이 가능해진 이후 무선 통신 기술과의 접목은 최근 CDMA 기술, IMT-2000 등 혁명적인 기술의 발전으로 각 개인간 무선 음성 통신에서 이제는 화상통신까지 가능한 시대가 열렸다. 현재는 무선 통신 기술을 이용하여 세계 각국에서 일어난 일들을 집안에 앉아서 인터넷이나 위성방송 등을 통해 알 수 있으며, 다른 나라의 사람들과 자유롭게 휴대폰으로 전화할 수도 있다. 이러한 무선 통신 기술은 20세기 후반과 21세기 초 IT 혁명의 근간을 이루고 있는 기술이다.

그러나, 주변을 살펴보면 아직도 무선이 아닌 유선을 사용해야만 하는 많은 부분이 있음을 알 수 있다. 사무실을 둘러보자. 지금 저자는 컴퓨터를 켜고 모니터에 문서 작성기를 띄워 놓고는 이 글을 작성하고 있다. 볼 마우스는 케이블로 본체의 뒤에 연결되어 있고 키보드 연결 케이블은 책상 밑을 돌아 역시 본체 뒤에 연결된다. 모니터와 책상으로 가려진 컴퓨터 본체의 뒤를 돌아보면 더 많은 케이블들이 어지럽게 연결되어 있다. 이 중 몇몇은 그런대로 무선으로 작동시킬 수 있는 것들이 있다. 그런데, 전원은? 기술의 발전으로 많은 주변기기들이 무선 통신으로 작동하고 있지만 대부분의 기기들은 여전히 유선으로 전력을 공급한다. — 모니터의 뒤나 책상 밑의 상황은 이렇지 않은지((그림 1) 참조) — 또한, 무선통신기술의 핵심인 휴대정보기기의 경우도 통신은 무선으로 자유롭게 이루어지고 있으나 휴대통신기기의 작동을 위한 전력 공급은 충전된 배터리를 이용하고 있고, 휴대정보기기의 기능이 복합화함에 따라 사용 전력도 증가하여 배터리의 용량이 커지거나 또는 사용시간이 짧아지는 현상이 발생하고 있다.



(그림 1) Cable과 Plug가 없다면?

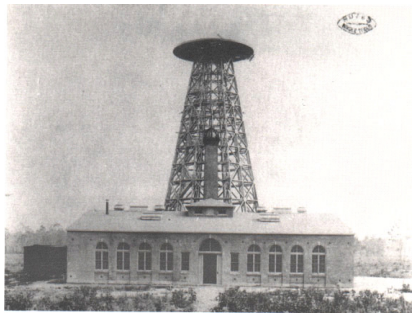
지금까지 다양한 무선전력전송 기술이 개발되었지만 많은 관심을 끌지는 못하였다. 그러나, 2007년 MIT 물리학과의 Marin Soljacic Group에서 개발된 무선 에너지 전송 기술은 이 분야의 새로운 패러다임으로 자리매김할 것으로 예상된다.

본 기고문은 다양한 무선전력전송 기술에 대해 언급하고 새로이 제안된 Marin Soljacic Group의 Non-radiative Wireless Power Transfer 기술을 소개하려고 한다. 먼저, 테슬라의 이야기로부터 출발해보자.

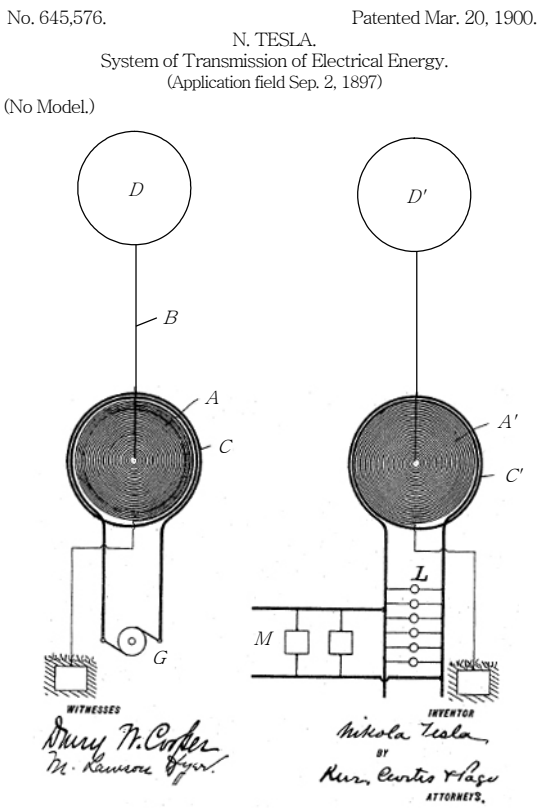
Ⅱ. 테슬라의 꿈, 무선전력전송

직류 대 교류 전쟁에서 에디슨에게 승리한 테슬라는 그의 웅장한 그렇지만 언뜻 허황되어 보이는 계획을 실행에 옮긴다. 1901년 건축가 스탠포드 화이트(Stanford White)에게 의뢰한 설계를 바탕으로 국제 방송 시스템의 건설을 시작하였다. J.P. 모건(J.P. Morgan)은 이 계획에 150,000달러의 자금을 투입하였다. Wardenclyffe Tower 또는 Tesla Tower((그림 2) 참조)로 명명된 이 187 feet(57 meters)의 탑으로 테슬라는 무선 전화 네트워크, 시간을 맞추는 동기 신호, 주식시장 속보, 휴대용 수신기, 개인 간의 통신, 라디오 뉴스 서비스 등을 제공하려고 하였다[1]. 그러나, 이 불행한 천재의 꿈은 주식시장의 붕괴와 치솟는 물가로 인한 건축 자재 가격의 급상승으로 더 이상의 재정적인 후원을 받지 못하면서 무너지게 된다. 급박한 상황에서 모건에게

추가적인 자금 지원을 요청하는 편지를 보내면서 테슬라는 Wardenclyffe Tower로 이루려고 하였던 숨겨진 꿈이 무선통신이 아니라 무선 에너지 전송이



(그림 2) 1903년에 촬영된 187 feet의 Wardenclyffe Tower(Tesla Tower)의 모습. 이 탑은 세계 최초의 방송 시스템이었다. 테슬라는 이 탑을 이용하여 전리층을 통해 전세계로 전기를 공급하는 계획을 가지고 있었다. 전력은 나이아가라 폭포의 발전소로부터 공급받기로 되어 있었다.



(그림 3) 미국 특허 645,576에서 테슬라가 제안한 무선 전력전송 시스템

라고 털어놓게 된다[2]. 공사는 중단되고 뼈대만 남은 채 유지되던 탑은 1917년 7월 4일 마침내 다이너마이트로 폭파된다. 스마일리 철강회사와 탑 소유자 사이의 폐물 계약으로 파괴된 것이다. 그러나, 100년이 지난 지금도 무선 에너지 전송에 대한 꿈은 무너지지 않고 여러 방식으로 다시 등장하고 있다.

테슬라는 무선전력전송에 관한 많은 특허를 출원하였는데, 1897년에 출원하여 1900년에 등록이 된 US patent 645,576에는 전송 방식을 구체화시키고 있다. (그림 3)은 특허에 예시된 무선 전송 장치의 개략도이다. 당시로는 허황되어 보이기까지 하였던 무선전력전송 기술은 비록 테슬라의 초기 아이디어와는 다르지만 여러 형태로 개발되어 왔다. 다음 절에서는 지금까지의 여러 무선전력전송 기술을 살펴보기로 한다.

Ⅲ. 무선 에너지 전송 기술

1. 무선 에너지 전송 기술(Wireless Power Transmission Technology)의 필요성

일상 생활에서 사용하는 거의 모든 가전 제품, 휴대기기와 사무용 기기 그리고 산업용 기기들은 발전소에서 유선으로 공급되는 전기에너지를 사용하고 있다. 지금까지는 유선으로 전력을 공급하는 것에 큰 불편함을 느끼지 못하였으나 최근 다양한 휴대기기의 발달과 광범위한 사용은 유선 전력 공급이 휴대기기에 적합한 전력공급원이 아님을 보여주고 있다. 예를 들어, 앞서 언급한 바와 같이 배터리를 이용하여 전력 공급을 받는 경우, 일정한 충전용량의 배터리의 경우 휴대기기의 기능 향상은 재충전 주기를 빠르게 하고, 이를 보완하기 위해 충전용량을 키우는 경우 휴대기기의 무게가 늘어나 휴대성이 떨어지게 된다. 더구나, 이제 일상 생활의 필수품이 된 휴대폰의 경우 배터리를 모두 소모한 경우 쉽게 아무 곳에서나 충전하기가 어려운 문제도 발생한다. 또한, laptop computer의 사용이 늘어나면서 이러한 전력공급의 문제는 더욱 부각되고 있는데, 휴대

폰에서보다 배터리의 용량과 무게의 문제는 더욱 심각한 상황이다.

일반 가정에서도 매우 많은 전자기기들의 전선(cable)들이 플러그에 문어발처럼 꼽혀 있다. 만약 이러한 전선들이 모두 제거되고 가전기기들이 전선의 길이에 따라 위치가 정해지지 않고 전기에너지가 전달되는 영역 내에서 자유롭게 이동하여 사용할 수 있다면 일상 생활에서 지금까지와는 다른 변화가 있을 것이다. 조금 더 확대하여 사무실에서나 산업체에서 에너지 전달이 무선으로 이루어질 수 있다면 경제적, 산업적 측면에서 새로운 혁명적 변화가 있으리라 예상할 수 있을 것이다.

2. 무선 에너지 전송 기술의 예

무선으로 전기 에너지를 전력원에서 원하는 기기로 전달하는 무선전력전송 기술(wireless power transmission 또는 wireless energy transfer)은 이미 1800년대에 전자기유도 원리를 이용한 전기모터나 변압기가 사용되기 시작했고, 그 후로는 라디오파나 레이저와 같은 전자파를 방사해서 전기에너지를 전송하는 방법도 시도되었다. 우리가 흔히 사용하는 전동칫솔이나 일부 무선면도기도 실상은 전자기유도 원리로 충전된다. 이러한 여러 종류의 에너지 전송 방법을 몇 가지로 분류하여 살펴보기로 한다.

자의적인 분류이기는 하나 전송거리를 기준으로 <표 1>과 같이 분류하는 것도 하나의 방법일 수 있다.

(1) 원거리 전송: 전송 거리가 수 km에서 수백 km까지의 영역을 원거리 전송으로 분류하였다. 위성에서 태양에너지로 전력을 생성하고 이를 지상에 무선으로 에너지를 전달하는 기술이나 rectenna를 이용하여 지상에서 무인비행기에 에너지를 공급하는 기술 등이 여기에 속한다.

(2) 근거리 전송: 전송 거리가 수 m에서 10m 내외의 비교적 짧은 거리의 영역을 근거리 전송으로 분류하였다. 수십 MHz의 주파수나 휴대폰에서 사용하는 수백 MHz 정도의 주파수를 사용할 수 있으며, 출력은 1W 미만의 작은 에너지를 전송하게 된다. 대부분의 기술이 전자파 방사를 이용하므로 고출력으로 전력을 전송하는 경우 인체에 해로운 영향을 미치게 되어 고출력 전송에는 문제점을 노출하고 있다. 일반적인 전자파 방사는 전방향성(omnidirectional)이어서 효율이 저하되므로 지향성 안테나를 사용하기도 한다.

앞서 언급한 MIT의 non-radiative wireless power transfer 기술은 이 영역에 속하기는 하나 전송방식의 차이로 인체에 대한 영향은 매우 적다. 이 기술은 따로 분류하여 설명하기로 한다.

(3) 비접촉식 전송: 전송거리가 수 mm 내외로 단지 전선으로 연결되지 않았다는 것뿐, 전력공급원과 기기가 거의 밀착되는 형태이다. 대부분 자기유도(inductive coupling) 현상을 이용하며 에너지 전송 효율이 뛰어나다. 가장 실용화가 많이 이루어져 있는 방식으로 아직도 다양한 기기에 응용이 되고 있다.

〈표 1〉 무선 에너지 전송 분류

분류	전송 거리	특성
원거리 전송	수 km~수백 km	수 GHz 주파수 사용 고출력 전송
근거리 전송	수 m~10m 내외	수십 MHz~수백 MHz 저출력 전송
비접촉 전송	수 mm 내외	고효율 전송 Inductive coupling을 이용한 전송

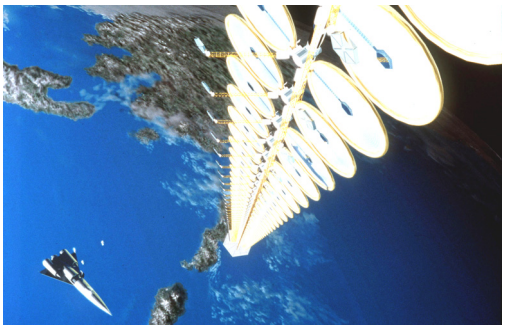
가. 원거리 전송 기술

미국 NASA에서는 1960년대 말부터 태양전지를 장착한 위성을 쏘아 올려 우주에서 생산한 전력을 지상으로 공급하는 프로젝트를 계획하였다. “Sun Power Satellite(SPS)”라고 알려진 이 프로젝트는 지구를 도는 위성((그림 4) 참조)에서 태양전지를 통해 전력을 생산하고 이를 지상에 전파의 형태로 전송하는 것으로 실현이 가능하다면 에너지를 공해 없

이 무한정 얻을 수 있는 장점이 있다. 위성에 장착된 태양전지에서 변환된 에너지는 2.45 또는 5.8 GHz의 주파수로 변환되어 사막에 설치된 지상안테나 어레이(array)에 공급된다((그림 5) 참조).

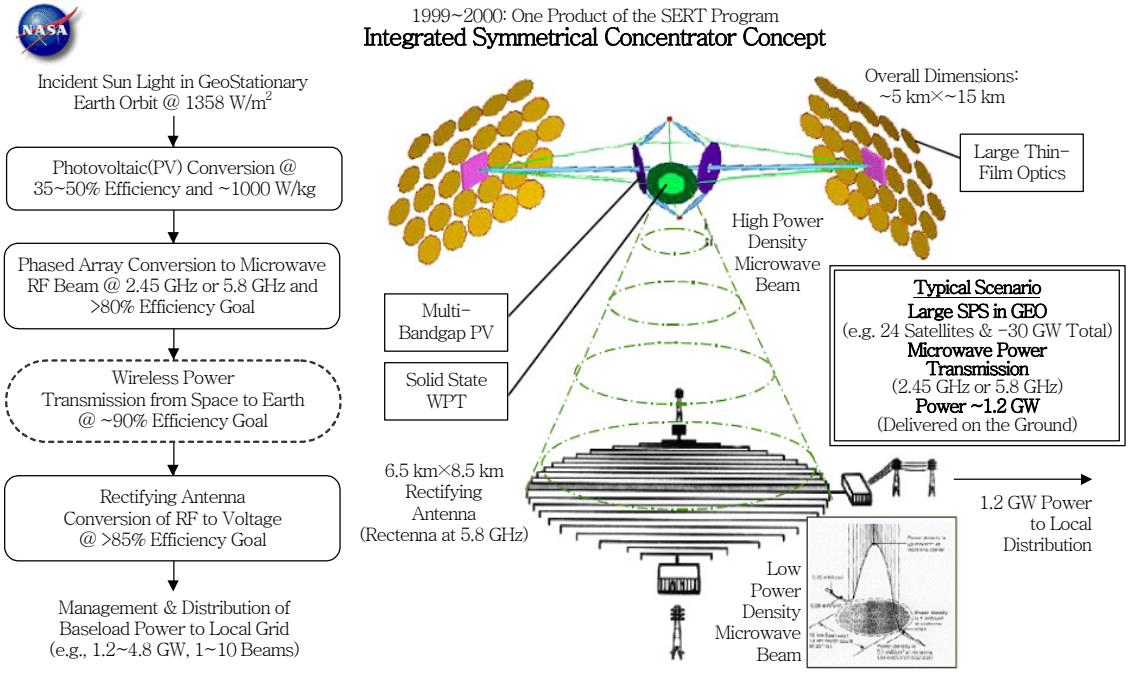
이 계획은 논란의 여지가 많았는데, 우선 효율성에서 과연 저렴하게 전력을 공급할 수 있는가 하는 문제와 사용 주파수가 생명체에는 치명적인 것이어서 수신 범위 내에는 생명체가 접근하지 못한다는 것이었다.

이와는 반대로 지상에서 상공으로 무선으로 전력을 공급하여 무인 비행기를 가동시키는 실험이 성공하였다. Canada's Communications Research Centre에서 수행한 이 계획은 SHARP라는((그림 6) 참조) 이름으로 1987년 지상에서 5.8 GHz의 주파수로 전송한 전력을 사용하여 지상 21 km 상공에서 1시간 동안 2 km의 반경을 비행하는 데 성공하였다. 지상의 마이크로파 안테나 어레이(microwave antenna array)로부터 고주파의 형태로 방사된 에너지는 비행기의 후방에 장착된 rectenna(rectifying antenna)에서 수신하여 DC 전원으로 변환하여 사용하게 된다. 앞선 SPS 계획과 마찬가지로 사용 주파수가 인체에 치명적인 대역이다.



(그림 4) Sun Tower의 상상도

원거리 전송은 거리를 고려할 때, 대부분 2.45 또는 5.8 GHz 대역의 microwave를 사용하는 전자기파방사형(electromagnetic radiation) 방식이다. 고주파를 사용하므로 인체에는 매우 위험한 방식이어서 에너지의 송수신이 특정 지역에 제한된 형태로 이루어지며 대개는 지향성 안테나 어레이를 사용하는 대규모 시스템이다.

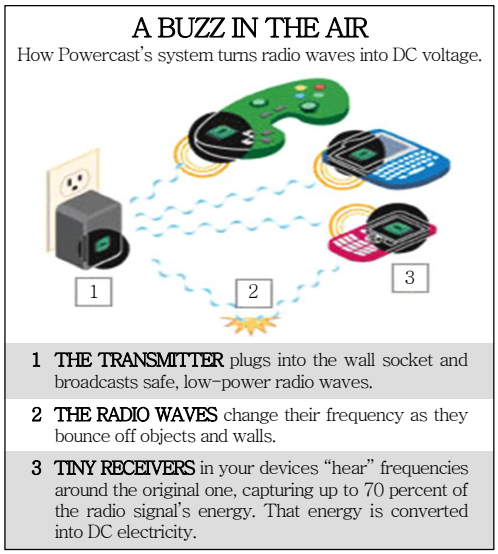


(그림 5) SPS를 통한 무선 에너지 전송 개념도

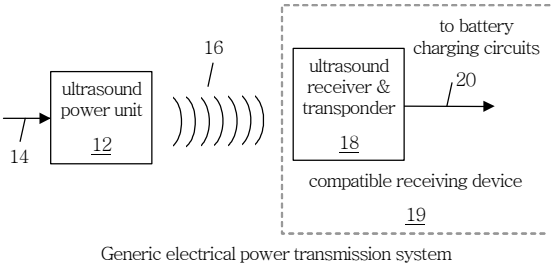
(그림 6) SHARP라는 이름으로 알려진 무선전력전송을 이용한 무인 비행기. 비행기 후방의 디스크 모양은 Rectenna로서 지상의 Microwave Antenna Array에서 공급된 에너지를 DC로 변환하는 장치이다.

나. 근거리 전송 기술

수 m 내에서 에너지를 전달하는 근거리 전송 기술은 전자파 방사에 기반하고 비교적 작은 출력을 전달하는 방식이다. 필립스전기(Philips Electronics, N.V.)의 자회사인 파워캐스트(Powercast LLC)[3]는 라디오파(RF radio frequency)를 이용하여 무선 센서, RFID, 이식용 의료 기기 등 낮은 전력을 요구하는 전자 기기에 무선으로 파워를 전달할 수 있는 기술을 발표하였다. 2003년부터 개발되어 현재 피츠버그 동물원에서 자체 무선 센서 네트워크에 실험적으로 파워를 공급하고 있는 이 시스템은 파워캐스트 비컨(Powercaster^{TM})으로부터 900 MHz 대의 라디오파를 송신하고 여기저기 흩어져 있는 센서의 전지에 부착된 파워하베스터(Powerharvester^{TM}) 모듈을 통해 센서를 충전하고 있다((그림 7) 참조). 이 시스템에는 효율이 높은 지향성 안테나를 사용하지만, 가정용 제품에는 방출되는 전자파를 줄이기 위해 전방향식 비컨(beacon)이 사용되며 이 방법으로 반경 1 미터 이내의 기기에 밀리와트 단위의 전력을 전달하게 된다. 이 기술은 이미 FCC의 승인을 받고, 2007년 말부터 필립스 제품에 적용될 예정이다. 이러한 기술들은 전자기 방사의 특징인 전방향성 특성으로 인해 전송 효율이 매우 떨어져서 상대적으로 고전력을 요구하는 기기의 경우, 충전 시간이 매우 길어지는 단점이 있다. 이를 만회하기 위해 송신부의 출력을 높이게 되면 인체에 해를 끼



(그림 7) Powercast의 에너지 전송 개념도. 일반 플러그에 접속된 Transmitter로부터 라디오파를 이용하여 Receiver로 에너지를 전송한다. 현재 전송 전력은 100 mW 정도로 비교적 낮은 출력이다.



(그림 8) 초음파를 이용한 에너지 전송 특허. US Patents 6798716 by Charych Arthur

치게 되는 환경적 요인이 발생하게 된다. 그러므로 광범위한 사용을 위한 무선전력전송 방법으로는 적합하지 않다.

이 밖에도 전자기 방사가 아닌 초음파를 이용하여 근거리에서 에너지를 전송하는 기술이 제안되기도 하였다((그림 8) 참조).

다. 비접촉식 에너지 전송 기술

무선으로 전기에너지를 원하는 기기로 전달하는 무선전력전송 기술 중에서 자기유도(magnetic in-

duction) 현상을 이용한 것은 이미 1800년대에 전기 모터나 변압기가 사용되기 시작했다. 우리가 흔히 사용하는 전동칫솔((그림 9) 참조)이나 일부 무선 면도기도 실상은 전자기유도 원리로 충전된다. 하나의 코일에서 다른 쪽으로 자기장을 통해 전류를 유도하는 자기유도는 양 코일의 상대적 위치와 거리, 부하 전력이 정확해야만 하는 이유로 이러한 일부 제품에만 적용되어 왔다. 그러나, 최근 몇몇 업체에서는 전자기유도를 이용하여 핸드폰이나 PDA, MP3 플레이어, 노트북컴퓨터까지 충전할 수 있는 새로운 무선충전제품들을 선보이기 시작했다.

그 중 하나가, 영국의 스플래시파워(Splash-Power Ltd.)[4]가 개발한 스플래시 파워패드이다. 이 제품은 다양한 크기와 모양의 코일이 내부에 촘촘이 배열되어 있는 평판형의 패드로서 각 휴대용 기기에 부착하게 되어 있는 스플래시파워 모듈 내의 작은 코일을 통해 전력을 전달한다((그림 10) 참조).

(그림 9) 비접촉식 무선 에너지 전송 기술 중 가장 실용화된 제품인 전동 칫솔

(그림 10) SplashPower사의 충전 패드. 여러 개의 휴대기기를 패드에 올려놓는 것만으로 충전이 가능하게 하였다.

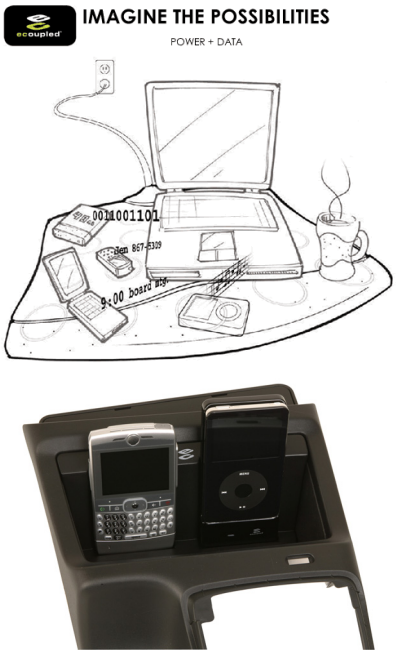
충전패드에만 전원을 연결시켜 주면 패드의 표면 어디에서나 어떤 위치에 놓인 휴대용 기기들도 무선으로 동시에 충전이 가능하다.

미국의 와일드차지(WildCharge, Inc.)[5]도 요구 전력이 다른 다양한 제품을 동시에 충전할 수 있는 와일드차저 패드를 개발하고 시판을 계획하고 있다. 가볍고 유연한 금속성 재질을 이용한 2.5 센티미터 두께의 이 제품도 휴대용 기기를 올려 놓기만 하면 바로 충전을 시작하며 각 기기에 부착하는 작은 어댑터와 함께 동작한다((그림 11) 참조). 기본적인 작동 방식은 자기유도 현상이 아닌 금속 패드와 어댑터 사이의 접촉을 통한 충전이어서 무선 에너지 전송으로 보기는 어려우나 비슷한 패드 충전 방식과 비교하기 위하여 소개하였다. 현재 Motorola의 레이저(RAZR V3)용 충전 패드와 어댑터를 우선 판매하고 있다.

풀톤 이노베이션(Fulton Innovation, LLC.)[6]은 다양한 제품에 통합할 수 있는 "eCoupled"라는 무선충전기술을 발표하였다. 스플래시파워처럼 자기유도에 기반한 eCoupled 기술은 최고 1400와트까지 전력을 공급할 수 있으며, 98퍼센트의 효율로

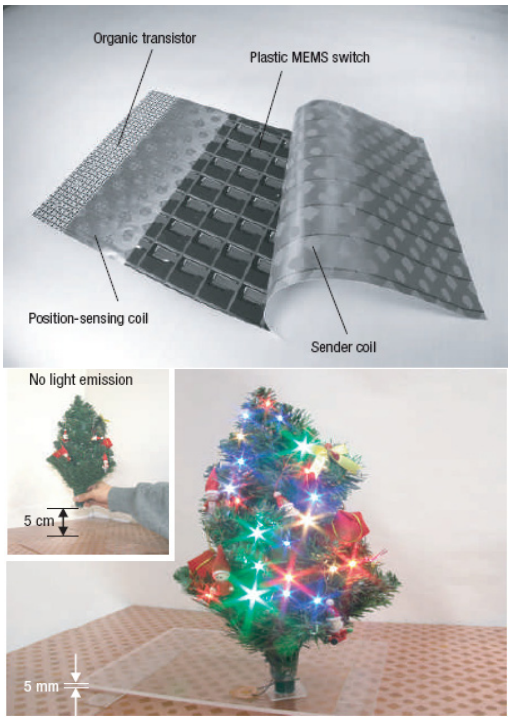
(그림 11) WildCharge사의 WildCharger™ Adapter와 Pad

전기 에너지를 전달할 수 있어 일반 충전 케이블의 전환효율과 맞먹는다는 장점을 갖고 있다. 이는 충전하는 쪽이 휴대기기에 장착되는 무선 어댑터들과 전력뿐만 아니라 데이터도 교환하는 능력을 가지고 있어서 실시간으로 각 요구 전력을 탐지하고 주파수를 조정하여 전력 이송을 최적화할 수 있기 때문이다. eCoupled 기술은 지난 6년간 풀톤의 자매회사인 암웨이에서 판매하는 정수기에 적용되었다. 풀톤의 eCoupled 기술을 적용한 첫 제품은 고급 자동차 부품 제조 업체, 비스테온(Visteon Corporation)[7]이 선보일 자동차용 컵홀더이다. 이 컵홀더는 자동차의 12 V 전원에 연결되며 핸드폰이나 MP3를 그 안에 넣어 두기만 하면 자동으로 충전이 되도록 하는 제품이다((그림 12) 참조). Fulton Innovation은 eCoupled 기술을 다양한 방법으로 우리 생활에 적용하여, 자동차의 중앙 콘솔이나 글러브 박스에 핸드폰을 넣어 두기만 하면 충전된다든지, 주방의 싱크대 위에서 일종의 쟁반이나 평판의 형태로 그 위에서는 전기를 꽂지 않고도 주방 가전 제품을 바로 동작시킬 수 있는 제품 등도 구상하고 있다.



(그림 12) Foulton의 “eCoupled”. 위의 그림은 한 장의 패드에 다양한 기기를 올려 놓고 충전할 수 있다는 제품의 개념도이고, 아래는 자동차의 콘솔 박스에 장착하여 여러 휴대기기를 충전하도록 하는 제품 사진이다.

아직 실용화는 되어 있지 않지만 획기적인 아이디어로 각광을 받고 있는 기술로는 일본의 동경대 그룹의 대면적 전력전달시트(large area power transmission sheet)이다. 이 기술은 자기유도에 의한 에너지 전달을 보다 용이하고, 저가격으로 만들기 위해 plastic sheet 위에 유기반도체 트랜지스터 기술과 MEMS 기술을 융합한 것이다[8]. 개발된 sheet는 마치 벽지나 방안의 장판지처럼 벽과 바닥에 부착하여 가전기기가 전원 케이블이 없이도 동작이 가능하도록 설계하였다. 실제로 21개의 LED가 달린 크리스마스트리를 작동시키는 데 성공하였다고 보고하고 있다((그림 13) 참조). Sheet에 coil array를 제작하고 각각의 코일에 MEMS 스위치와



(그림 13) 일본 동경대 그룹의 대면적 무선전력전송 Sheet와 이를 바닥에 장판처럼 설치하고 LED가 장식된 크리스마스트리를 동작시켰다. 크리스마스트리가 위치한 곳에서만 전력이 공급되도록 설계되었다.

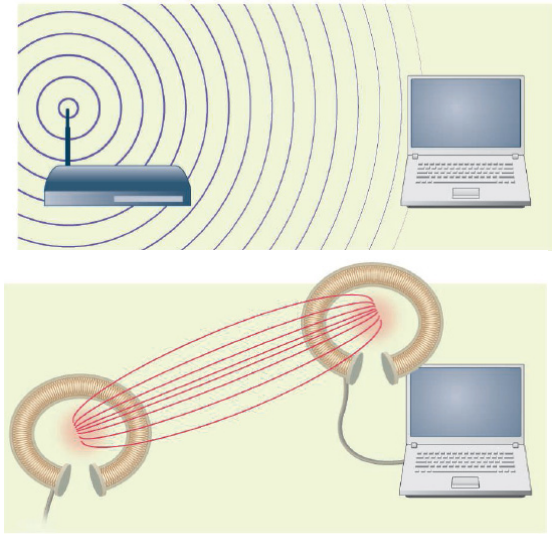
센서가 연결되도록 설계하였다. Sheet 위의 어느 위치에 전자기기가 놓이는가를 센서를 통해 인식하고 그 위치의 코일만이 MEMS 스위치를 이용하여 작동하도록 하였다. 그러므로, 이러한 sheet를 벽지나 장판 형태로 설치하여 어느 곳에 전자기기를 놓더라도 자동으로 위치한 전자기기에만 전력이 공급되도록 하였다.

비접촉 전력전송 방법은 일부를 제외하고는 대부분 자기유도 방식을 사용하고 있다. 두 개의 코일 사이의 자기유도는 코일 사이의 거리 및 상대적 위치에 매우 민감하여 두 코일 사이의 거리가 약간 떨어지거나 틀어져도 전송 효율이 급속히 떨어지는 약점이 있다. 그러므로, 근접거리에서만 가능한 방법으로 전력 공급원과 수신기 사이의 거리가 거의 1 cm 이내 또는 수 mm에서만 사용이 가능하다. 실질적인 무선 에너지 전송으로는 거리가 너무 제한되어 있다. 그러나, 전송효율이 높고 가장 실용화가 많이 진행된 기술이다.

Ⅳ. 비방사형 무선 에너지 전송 기술

• Non-radiative Wireless Energy Transfer Technology

MIT 물리학과의 마린 솔랴치치(Marin Soljacic) 교수팀은 2007년 Science지[9]를 통해 기존의 무선 에너지 전송과는 다른 새로운 개념의 전송기술을 발표하였다. 이 기술은 기존의 원거리 전자파 방사와는 달리 사용되는 주파수/파장에 비해 짧은 거리에서의 전달로 근접장 효과를 이용하고 기존의 자기유도에서 나아가 송/수신부의 공진 주파수를 일치시켜 매우 높은 효율로 "비방사형 중거리 무선 에너지 전송(Non-radiative mid-range energy transfer)"[10],[11] 기술을 개발하였다. 발표한 새로운 방식의 무선전송기술은 기존의 전자기유도 보다 먼 거리에서, 전자기방사 보다는 더 높은 효율로 에너지를 전달할 수 있다. 이 기술은 두 매체가 같은 주파수로 공진할 경우에 전자파가 근거리 전자장을 통해 한 매체에서 다른 매체로 이동하는 감쇄파 결합(evanescent wave coupling)에 기반을 두고 있다. 전원에 연결된 충전 스테이션이 이러한 전자장을 형성하게 하고, 이 전자장 내에 MHz 대역의 같은 공진 주파수로 설계된 수신기를 부착한 휴대용 기기를 접근시키면 양쪽 간에 일종의 에너지 터널을 만들어 수 미터 거리에 있는 휴대용 기기를 충전시킬 수 있다. 특히, 이 에너지는 "비방사형(non-radiative)"이며 자기장을 기반으로 하고 있으므로, 공진 주파수를 가진 기기가 존재할 때에만 기기로 직접 전달되고, 사용되지 않은 부분은 공기 중으로 퍼지는 대신 전자장으로 재흡수되기 때문에 다른 전자파와는 달리 주변의 다른 기계나 신체에는 영향을 미치지 않을 것으로 보고 있다((그림 14) 참조). 전환 효율은 약 50퍼센트 정도로, 이러한 파워 스테이션을 집안의 방마다 하나씩 설치한다면 방 안의 핸드폰, 노트북 컴퓨터를 포함한 휴대용 기기들을 언제나 자동으로 계속 충전하는 효과를 가져올 수 있다. 앞서 언급한 무선충전 제품처럼 일부러 충전 패드에 올려놓을 필요도 없게 된다.



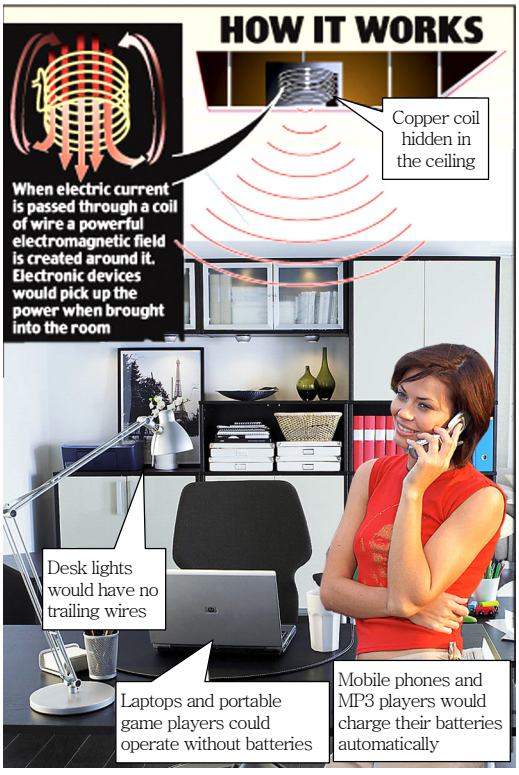
(그림 14) 위의 그림은 일반적인 전자기파에 의한 무선전력전송 개념도, 아래 그림은 공진을 이용한 무선전력전송에 대한 개념도이다. 전송효율이 아래가 위에 비해 매우 높으며 에너지 손실, 인체 무해성에서도 월등히 우수하다.

현재 이 기술은 개발의 초기단계로 아직까지는 무선전력 송/수신용 코일의 크기가 반지름 50 cm로 매우 커서 실제 사용을 위해서는 많은 문제점이 있다. 그러므로 공진을 유지하면서 송/수신용 코일의 크기를 획기적으로 줄이는 기술이 필요하다. 특히 고효율의 전력전송을 위해서는 공진 조건과 함께 송/수신 코일의 coupling을 크게 만드는 것이 핵심적인데, 가정/사무실에 (그림 15)와 같이 설치할 경우 위치에 따른 coupling이 매우 약한 지점이 발생하므로 이를 개선하는 기술 또한 필수적이다. 또한, 사용하는 기기의 종류와 그 크기가 다양한 경우 하나의 전력공급장치로는 전체의 공진 조건을 만족시키기는 매우 어렵다. 그러므로, 이를 극복하기 위한 기술도 개발이 필요하다.

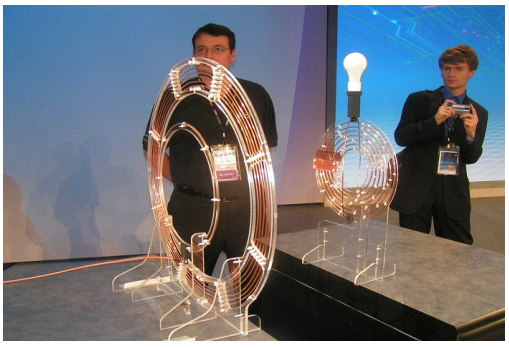
현재 이 기술은 MIT에서 2008년 10대 기술로 선정되어 지속적인 연구가 진행되고 있으며, Intel사는 2008년 IDF에서는 동일한 기술을 "Wireless Resonant Energy Link(WREL)"라는 이름으로 개발하고 있다고 발표하였다((그림 16) 참조)[12].

이 기술은 기술개발의 초기이기는 하나 그 파급력이 매우 광범위할 것으로 기대되고 있다. 아직은 송/수신부 기기 크기가 크고, 출력단에서 전력을 자유롭게 추출하기가 어렵다. 또한 실제 적용 측면에서는 전력 공급부 코일을 어디에 어떻게 위치시킬 것인가, 전력을 공급받아야 하는 기기들이 많을 경우 어떻게 전력을 배분하고, 기기의 전력사용량 또는 충전량에 따라 전력 공급부에서의 조절 기능을 어떻게 설정하여야 하는가 등 산적한 문제가 매우 많다.

한국전자통신연구원에서는 이 기술의 장래성, 기술적 파급력 등을 고려하여 현재 기술개발에 착수하였으며, MIT에서 발표한 기술 수준의 결과를 확보하였다. 다양한 코일 구조에서 실험을 수행하여 기초적인 결과들을 확보한 상태이며, 추후 수신부 코일의 소형화에 중점을 둔 개발 계획을 가지고 있다.



(그림 15) 공진을 이용한 무선전력전송에 의해 변화되는 사무실(개념도)



(그림 16) IDF 2008에서 발표된 Intel의 Wireless Resonant Energy Link(WREL) 기술

V. 글을 마치며

무선 기술의 시작에서부터 무선 에너지 전송은 계획되었다. 테슬라의 시도는 여러 가지 이유로 실패로 끝났지만 통신과 에너지를 모두 무선으로 전송하려고 하였던 그의 꿈은 이제 서서히 실현의 단계에 다가가고 있다. 기존의 많은 무선에너지, 무선전력전송 기술은 실용화 측면에서 많은 제약이 있었지만 새로이 개발되고 있는 기술은 향후 이러한 문제점들을 극복하고 새로운 무선 기술로 발전하리라 기대한다.

아직은 멀어 보이는 기술이지만 국내의 많은 연구자들이 함께 참여한다면, IT 산업에서 새로운 신산업을 창출할 수 있는 기술로 발전시킬 수 있으리라 생각된다. 본 기고문이 이러한 기술 개발의 작은 파문으로 기억되기를 바란다.

● 용 어 해 설 ●

Non-radiative Wireless Energy Transfer: 비방사형 무선에너지 전송. 지금까지의 무선 에너지 전송은 마이크로파나 라디오파 등의 전자파를 방사하고 이를 수신하는 형태이나, 공진현상을 이용하는 경우 전자파의 방사를 최소화 하면서도 에너지 전송이 가능하다.

Rectenna: Rectifying Antenna. 마이크로파로 전송된 에너지를 DC로 변환시키는 장치.

WREL: Wireless Resonant Energy Link. Intel사에서 자사에서 개발중인 비방사형 에너지 전송 기술에 적용한 이름이다.

약 어 정 리

IDF Intel Developer Forum
SHARP Stationary High Altitude Relay Platform

참 고 문 헌

[1] 마가렛 체니(이경복 옮김), “니콜라 테슬라 – 과학 문명을 1백년 앞당긴 천재 과학자,” 양문출판사, 2002, p.259.

[2] 마가렛 체니(이경복 옮김), “니콜라 테슬라 – 과학 문명을 1백년 앞당긴 천재 과학자,” 양문출판사, 2002, p.278.

[3] www.powercastco.com

[4] www.splashpower.com

[5] www.wildcharge.com

[6] www.ecoupled.com

[7] www.visteon.com

[8] T. Sekitani et al., “A Large-area Wireless Power Transmission Sheet Using Printed Organic Transistors and Plastic MEMS Switches,” *Nature Materials*, Vol.6, 2007, pp.413-417.

[9] A. Kurs et al., “Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances,” *Science*, Vol.317, 2007, pp.83-86.

[10] A. Karalis et al., “Efficient Wireless Non-radiative Mid-range Energy Transfer,” *Annals of Physics*, Vol.323, 2008, pp.34-48.

[11] W. Stewart, “The Power to Set You Free,” *Science*, Vol.317, 2007, pp.55-56.

[12] Intel Developer Forum(IDF) 2008, www.intel.com/idf/