무선 전력 전송 기술 국가산업 활성화 방안

윤 재 훈

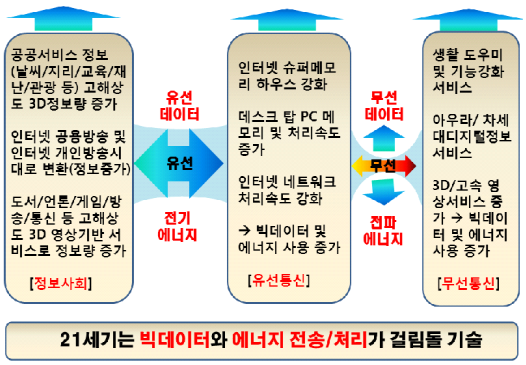
한국전자통신연구원

Ⅰ. 미래정보사회 구현 방향의 문제점

미래는 세계시장 단일화가 추진되는 바, 현재의 선진 시장 중심의 인터넷을 비롯한 전 산업분야에 걸쳐 신흥시장으로 변환을 거친 다음, 전 세계 시장의 단일화가 추구될 것으로 사료되며, 이로 인해 정보 데이터의 유통은 급진적 증가를 보인다. 통신, 방송, 유통, 도서, 전자신문 등의 전 분야에서 고 해상도의 다시점 3D 영상, 홀로그래픽 2D 영상 기술과 3D 음성 기술을 활용한 정보량이 함께 성장하여 기하급수적인 데이터 사용 증가가 예상된다. 또한 빛 속도에 이르는 저가형 영상 촬영 기법이 발달하고, 슈퍼 메모리 센터를 이용한 클라우딩 컴퓨팅 기반의 고 해상도 기반 영상 서비스가 대세를 이룰 것이므로 유선 전파 분야에서 빅 데이터의 처리 기술과 빅에너지 사용이 요구되고 있다. 인터넷 클라우딩 컴퓨팅 슈퍼 메모리 센터의 경우, 기존 방식을 이용하여 구현하는 경우, 수 Giga Watts 소요로 별도의 발전소가 필요하다. 슈퍼 컴퓨터 및 슈퍼 메모리 센터를 가동하기 위해서는 빅 에너지가 유선 인터넷 통신 분야에서 필수적인 사항이며 이를 극복하기 위한 기술적인 진보가 필요하다.

미래는 인터넷・통신・방송 대통합과 인터넷 개인 방송시대 변환과 함께 공영 인터넷 전용 방송 출현이 기대되며, 이로 인해 유료 공영 방송 폐지, 유료 통신 사업자 대통합으로 이어질 수 있는 대혁신이 예상된다. 슈퍼 메모리 센터와 같은 인터넷 사업자의 빅 투자는 보다 경제성 확보를 위한 전략이 수립될 것으로 사료되며, 세계시장의 벽과 문화의 벽이 제거되고 있는 현실과, 광고에 의존하는 방송 기술이 가장 먼저 고려되는 대통합이 이루어질 것으로 사료된다.

유선 전파 분야에서 빅 데이터 처리와 빅 에너지 사용 문제는 슈퍼 컨덕터를 활용한 슈퍼 메모리 센터 개발과 초광대역 유선 통신망 구축을 통한 동시 처리 가능성에 대해 사전 검증과 이에 대한 기초 연구 그리고 체계적인 연구 개발 추진이 반드시 필요하다. 전파공학과 양자역학의 융합 기술인 죠셉슨 정크션 슈퍼 컨덕터 이용 기술을 활용한 클라우딩 컴퓨팅 슈퍼 메모리 센터 개발을 통해, 에너지 사용을 1/1,000배 이하로 줄일 수 있는 기술들이 개발될 것이다. 무선 전파 분야에서 [그림 1]에서 처럼 정보 흐름의 최종단에 위치한 각종 이동・휴대・착용 기기는 주파수 제한에 의해 빅 데이터 전송의 문제가 발생하고, 기존 2차 전지에 의존하고 있어 제한된 에너지 공급이 가장 큰 문제로 작용할 것이다. 전파공학과 에너지공학의 융합기술인 자기 공명 기술을 활용하여 사람이 일



[그림 1] 21세기 미래 정보 사회 구현의 문제점

시적으로 머무는 공간인 자동차, 지하철, 커피숍, 식당, 회의 장소, 버스 정거장, 기차역 등에서 자동 충전 에너지 전송 인프라를 구축한다면, 충전에 대해 별도로 신경을 쓰지 않아도 자연스럽게 에너지를 사용하는 각종 휴대기기의 24시간 사용이 가능할 것이다. 이러한 요구를 만족하기 위한 관점에서 보면, 무선 전력 전송 기술은 인프라 기술이다. 인프라 기술은 단일 제품과는 다른 관점에서 산업 활성화가 검토되어야 한다는 것을 의미한다. 게다가 휴대폰, 태블릿 PC 등 무선 전파 통신 기기뿐만 아니라, 무선 에너지 전송 기반 협력 로봇, 클라우드 개념의 빅 데이터 처리 협력 로봇, 미래형 자동차, 능동형 임플란트 기기, 도우미 능동형 착용 기기, 무선 에너지 공급형 자동차 등 이동・휴대・착용 기기의 증가가 급속도로 진행되어 무선 전력 전송 수요는 보다 급증할 것이다. 산업 활성화는 이러한 미래를 포함하여야 한다. 정보, 방송 및 통신은 유선 분야에서는 슈퍼 서버 기반의 UD 해상도의 데이터 통신 구현이 이루어지며, 무선 분야는 5G를 거쳐 랩톱 PC 수준 스피드와 메모리 용량 그리고 HD 해상도 수준의 디스플레이를 갖춘 폰 개발이 이루어지고, 패스워드 프리 무선 인터넷 보급을 시작으로 전 세계의 문화의 벽을 제거하기 위한 정보 혁명이 기대되며, 이에 따라 이동자(사람, 로봇, 자동차 등)에 대한 무선 전력 전송 수요는 증가될 것이다. 따라서 미래는 빅 데이터와 빅 에너지에 대한 문제이다. 이러한 사회적 요구사항을 만족하기 위해서는 보다 전략적으로 산업 활성화 대책이 수립되어야 할 것이다. 산업 육성화[1]와 활성화는 다르다. 여기서 집중적으로 다루고자 하는 무선 전력 전송 기술은 미래 정보사회의 기반을 제공하게 되므로, 다른 나라보다도 한 발 앞선 빅 데이터와 함께 무선 전력 전송 국가 인프라 구현 전략을 동시에 수립하고, 이를 실현하는 정책 방향 제시를 통해 추구한다면 ICT 초강국의 기틀을 마련할 수 있을 것이다. 인프라는 새로운 서비스를 창출해서 새로운 일거리와 일자리를 만들어 갈 수 있음을 알아야 한다. 산업 활성화는 산업 육성화와 달리 시장에서 상용 제품이 정착함을 목표로 한다. 따라서 산업 활성화 측면에서 국가적으로 준비해야 하는 사항이 무엇이 있는지를 살펴볼 것이다.

Ⅱ. 무선 전력 전송 산업 동향 및 이슈

2-1 산업 및 시장 동향

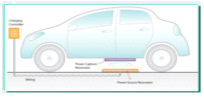
자기 유도 방식은 비복사(non-radiative) 특성을 가진 비자체 공진(non-self resonant) 방식이며, 자기 공명 방식은 비복사(non-radiative) 특성을 가진 자체 공진(self resonant) 방식이며, 안테나 방식은 복사(radiative) 특성을 가진 자체 공진(self resonant) 방식이므로 3개 분야로 구분이 가능하다.

자기 유도 방식의 경우, 필립스의 전동 칫솔, 파워캐드, 와이즈 파워 등의 휴대폰 무선 충전, 노폴크의 크레인 전력 공급 장치, 삼성전자와 LG전자 휴대폰 적용 시판, 그리고 KAIST의 온라인 자동차, Fulton, Convenient Powerm, WiPower, 애플, 동광전기, Seiko-Epson 등이 제품 개발에 박차를 가하고 있고, 무선 전력 전송 시장을 넓혀가고 있는 중이다.

안테나 방식의 경우, RFID 기술, 무인 비행기에 전력 공급 시스템, Jaxa 프로젝트인 우주에 존재하는 태양 에너지를 수집하여 지상으로 보내는 태양 발전 계획, Powercast사는 피츠버그 동물원의 수족관에 있는 온도, 습도 센서의 전원 공급 장치, Philips사와 협력으로 무선 키보드와 마우스, 의료용 무선 전력 전송 장치를 개발하고 있다. 이러한 기술은 오래전부터 관심이 높았지만, 인체 영향과 간섭의 문제로 많은 상용 분야를 갖지 못한 기술이다.

자기 공명 방식의 경우, <표 1>에서 처럼 인텔에서 수십 W급의 전구, 소니의 LCD TV 적용, 퀄컴의 휴대전화 충전 장치, 와이트릭시티에서 HDTV, 와이트릭시티와 도요타 합작으로 자동차의 무선 충전 시스템

〈표 1〉 무선 전력 전송 방식의 종류

	LG & 삼성	와이트릭시티 & 도요타	와이트릭시티	소니	인텔
기술 수준	실용 모델 (자기 유도 모델, 공명 모델 미출시)	개발 중	비실용화	60 W/50 cm @80 % 전송 효율, 비실용화	스파이럴 공진기 개발, 비실용화
응용 분야	휴대폰	전기 자동차	HDTV	LCD TV	전구
시제품	2013	2012 	CES, 2011	2009	2008

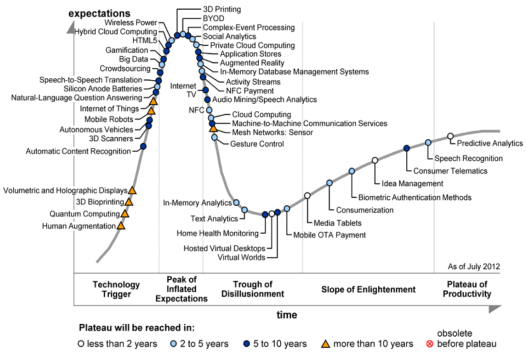
〈표 2〉 자기 공명 방식의 최근 산업 기술 동향

동작 방식	자기유도	자기공명	안테나
동작 원리	송수신 코일 간 전자기 유도 현상 이용	송수신 코일 간 자기 공명 현상 이용	안테나 방사 원리 이용
장점	· 수 mm 내 고 효율 내지 전송 · 송수신 코일 구성 용이	· 수 cm~1 m 고효율 에너지 전송(중거리) · 자세의 자유 로움	· 수십 m 이상 거리에 에너지 전송 · 넓은 지역 전 송 용이
단점	· 근접 거리(수 mm) 제한 · 코일 간 정렬 필수	· 공명체 설계가 어려움 · 전파 환경 극 복 필요	· 복사전파로 환 경문제 · 전송 효율이 낮음
주요 회사	Fulton, Wildcharge, Powermat 등	WiTricity, Intel, 삼성, Qualcomm, LG 등	Powercast

개발, 삼성전자 6.78 MHz 10 W급 무선 충전을 개발 중에 있고, 시판 예정 중에 있다. 따라서 수십 kW 이상 산업은 자기 유도 방식, 1 W 이하 산업은 안테나 방식, 1 W~수 kW 산업은 자기 공명 방식을 이용하여 구현하는 선택적 투자와 체계적 개발이 필요하다. Gartener에서 조사된 바처럼 무선 전력 전송 산업은 [그림 2]에서 처럼 2012년을 기준으로 볼 때, 가장 기대치가 높은 시기에 있다고 볼 수 있으며, 현재 기준으로 3~7년 이후로 시장 활성기를 맞이할 것으로 판단된다.

또한 이는 현재가 전 세계적으로 기술 개발 경쟁 구도가 치열함을 시사하고 있음을 의미한다. 2009년도 예측치와 2012년 예측치의 큰 변동이 없었던 것은 무엇을 의미하고 있는가? 무선 전력 전송의 소비자의 기대를 만족할 만한 기술이 제공되지 않았음을 의미한다.

가장 시장 점유율이 높을 것으로 판단하고 있는 무선 전력 충전기가 시장에서 활성화가 필요함을 의미하기도 한다. 앞서 지적하였듯이 무선 전력 충전기는 사용자가 특정한 구간을 벗어나지 않는 범위에



[그림 2] 무선 전력 전송 시장 동향
(자료 출처: Gartner, 2012)

서 충전을 요구하는 인프라 기술이다. 사용자가 일시적으로 머무는 공간인 가정, 회사, 기차역, 공학, 버스, 승용차, 그리고 공원 등에 설치를 요구하는 기술이다. 즉, 상품 출시에서 곧바로 소비자를 충족하기에는 단적으로 부족하다는 점이다. 인프라를 요구하기 때문에 국제 표준화가 매우 중요하며, 호환성을 갖추는 것이 매우 중요한 기술이다. 무선 전력 전송 기술은 2010년 이후 Gartner, ISM, MIT, nipa 등 다양한 시장 조사 기관에서 시장 조사가 이루어졌으며, 이들의 조사 시기는 수개월 차이가 있음에도 불구하고, 가장 최근에 조사되는 분석 결과와 경제 규모에 있어 매우 큰 차이가 있음을 볼 수 있다. 이는 분야의 다양성과 이동통신 단말기 회사가 개발을 독려함에 따라 산업 육성이 빨라지고 있음을 기대한 것에서 비롯되었다. 무선 충전 분야는 인프라 이외에도 다소 종합적인 기술을 요구하고 있다. 전파 환경, 주파수 배치, 그리고 반도체 기술적 한계 등 종합적인 문제 해결에서 실마리를 풀어가야 하는 기술이다. 적용 분야가 매우 넓고 깊어, 개발에 따른 관련 시장이 폭넓게 확대될 것이며, 산업화가 매우 급진적으로 이루어질 것으로 보이고 있어, 연구 개발에 무엇보다도 꾸준한 투자가 있어야 할 것이다. 참고적으로 2015년을 기준으로 세계 시장 규모를 IMS research는 4조 원(2010년), MIT(Market Intelligence Center)는 16조 원(2011년), 삼성전자 및 아이서플라이(http://blog.naver.com)는 50조 원(2011년)로 세계시장 전망치를 내놓고 있으며, 삼성전자는 갤럭시4에서 공명 방식의 무선 충전기를 탑재하겠다고 발표하였으나, 소자 탑재, 전자파 환경, 그리고 국제 표준 등의 종합적인 문제로 미루어진 것으로 사료된다. 시장 조사 결과에 따르면, 초기에는 자기 유도 시장이 주도하다가 이후에는 자기 공명 시장으로 변화할 것이라고 판단하고 있으며, 2015년이면 자기 유도 시장의 약 50 %가 바뀔 것이라고 판단하고 있다(2011 nipa). 아마 이러한 예측 결과는 상용화가 다소 미루어지고 있어 2년 정도 미루어질 것으로 사료된다.

2-2 산업의 이슈

2007년 MIT 공대 솔지아치치 교수팀에서 제시되었던 자기 공명 방식의 RF 에너지 전송 방식은 100여 년간 해결하지 못한 고효율을 유지 하에 중거리 전력 전송의 가능성을 자기 공명 현상을 이용하여 해결한 것은 기존 에너지 전송 방식의 큰 문제점을 해결한 것으로 평가되고 있다. “비복사 특성과 배열이 자유롭고 효율이 높은 중거리 전송”의 특성은 매우 놀라운 기술로 평가되며, 이러한 물리적인 특성은 다양한 분야에서 산업적인 혁신을 불러올 수 있는 가능성이 높을 것이라 평을 받고 있다. <표 1>에서 처럼 RF 에너지 전송 방식은 자기 유도 방식과 안테나 방식으로 국한되어 적용 분야가 매우 좁았던 반면, 자기 공명 방식의 등장은 인류의 편리성, 안전성 그리고 청결성을 해결하는 새로운 산업적 가능성을 제시한 것으로 사료된다. “통신 방송 분야의 완전 무선화”의 최대 걸림돌이었던 전기 에너지의 무선 전송의 가능성을 열어 에너지 전송의 무선화라고 하는 새로운 패러다임의 등장을 예고하였다고 볼 수 있다. 새로운 산업과 서비스를 창출이 가능한 기술임에 틀림없다. 무선 전력 전송 기술이 새로운 산업과 새로운 서

비스를 열기 위해서는 한 기업이 만들어가는 것이 아니며, 여러 기업과 정부 그리고 여러 기관들이 함께 결정하고 적재적소에 무선 전력 전송 인프라를 구축하되, 비즈니스 모델을 완성시켜 구현해야 하는 기술임을 잊지 말아야 한다.

2-3 국내외 표준의 이슈

국내외 표준화 동향은 매우 활발하게 전개 중이며, WPC가 선두주자로 민간 차원에서 유도 방식의 국제 표준화가 시작되었으나, 유도 방식에 다소 머무는 경향이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해는 A4WP의 공명 방식 위주의 국제 표준화를 보다 능동적으로 진행하는 것도 필요하다. 한국은 모바일 중심의 소전력, EV 중심의 대전력, 그리고 가전 중심의 중전력으로 분류 국제 표준화에 대응 중에 있다. 무선 전력은 주파수가 매우 중요한 이슈로 국가 간의 이권의 문제점이 발생하므로, 국내외 주파수 선정(주파수 후보군 선배치)에 대한 합리적 노력을 통해 국제적 주파수 정책 리더에 대한 경험을 쌓을 필요가 있으며, 합리적인 국제 주파수 정책이 무엇보다도 필요하다.

2010년 이후, 국내 산업체 중심의 KWPF를 조직하여 산업체 의견 조율을 통해 주파수 배치, 표준, 기준, 서비스 활성화를 도모하고 있으며, 주파수의 결정은 국내 산업의 이익과 밀접한 관계가 있기 때문에 보다 KWPF의 교류 강화와 의견 교환을 통해 전략적 접근을 모색하고, APEC, CJK 기구를 통해 동아시아, 아시아태평양 국가 간의 조율을 거쳐 ITU-R에서 세계 표준화에 접근하는 전략을 수립하여 진행해야 한다. 국내의 민간 표준은 TTA의 TC709의 통합 운영을 통해 국내 표준을 일원화를 하였고, TC309에서 간섭 및 환경 평가를 지원하여 보다 체계적인 민간 표준 체계화를 구현하여 운영 중에 있다. 다른 나라보다도 약간 앞서 간다는 전략으로 표준, 기준, 그리고 기술 개발을 시도해야 한다. 산발적인 국제 표준화는 신산업 육성을 유도하기 좋은 방법이나, 산업 활성에는 도움이 되지 않을 것으로 사료되므로, 기술이 성숙되면 국제 표준화 단체의 통일에 대한 MOU를 진행시켜 국내외 산업 활성을 도모하는 것이 바람직하다. 전략적인 제휴를 통해 빠른 국제적 표준의 가결은 국내외 산업 발전에 기여를 하게 될 것이다. 국내외 산업 활성화 측면에서도 빠르면 빠를수록 유리하다.

Ⅲ. 무선 전력 전송 산업 활성화를 위한 기술 개발 방향

〈표 3〉 무선 전력 전송 표준화 동향

표준 구분	표준 단체명	역할 및 활동 (스펙트럼 에너지 전송 측면)
국제 표준 국제 기구	ITU	전파 환경을 고려한 스펙트럼 에너지 전송 전 세계 주파수 결정 기구로서의 역할
민간 표준 국제 기구	WIRELESS POWER CONSORTIUM	유도 방식 중심의 스펙트럼 에너지 전송 전송부 및 송신부의 국제 산업 표준화 검토 역할
민간 표준 국제 기구	Alliance for Wireless Power	공명 방식 중심의 스펙트럼 에너지 전송 전송부 및 송신부의 국제 산업 표준화 검토 역할
국제 표준 국제 기구	IEC International Electrotechnical Commission	전파 환경 측면에서의 국제 표준화 검토
국제 기구	APEC Asia-Pacific Economic Cooperation	전파 환경을 고려한 스펙트럼 에너지 전송 아시아태평양국가 주파수 결정 기구로서 역할
국내 표준 국내 기구	TTA	유도 방식 및 공명 방식의 전송부 및 송신부 그리고 전파 환경 측면에서의 국내 표전화 검토
산업협의체 국내 기구	KWPF 한국무선전력전송포럼	한국 스펙트럼 에너지 전송 산업 육성을 위한 민간 산업체 협의 기구로서 주파수, 전파 환경 등 협의

3-1 국가적인 차원의 기반 기술 확보

국가 기반 기술이라 함은 국가가 개발에 개입되어야 하는 기술로서, 국가가 소유하거나 보유하고 있는 유형/무형의 자산관리를 위해 반드시 선행적으로 개발되어야 하는 기술을 의미한다. 유형의 자산이라 함은 국립공원, 도로, 공항, 군부대, 정거장, 기차역 등 유형으로 존재하는 국가 자산을 의미하며, 무형의 자산이라 함은 스펙트럼, 전파법, 무선 설비 규칙 등이며, 기반 기술은 질서 유지와 진흥 도모를 위한 법규를 실현하기 위해 필요로 하는 측정 기술, 기준 기술 등이 이에 속한다. 국가 기반 기술은 상용 단계 이전에 개발이 완료되어야 산업화 지연 요소로 작용하지 않는 속성이 있어, 실용 기술 개발 단계에서 이루어져야 가장 경제적이다 ([그림 6] 참조). 즉, 기반 기술을 요구하는 주파수 할당 기술 및 전자파 환경 기술은 보다 글로벌 리더로서의 역할을 외면하면 산업 활성화에 걸림돌로 작용하여 경제적 손실을 유발하게 됨을 시사하고 있다. 2007년 말 MIT 공대에서 제기된 자기 공명 방식을 활용한 에너지 전송 기술의 개발은 자기 유도의 전송 거리가 극히 수 cm 이내였던 것을 1 m 이상까지도 전송의 가능성을 열어놓았다고 볼 수가 있다. 헬리컬 공진체의 경우는 10 MHz에서 직경이 60 cm, 두께가 25 cm로 매우 크기 때문에 상기 모델을 적용하기 위해서는 주파수 대역을 높여 크기를 줄이는 기술들이 선을 보였다. 다양한 분야에서 산업적인 활용이 가능하기 위해서는 공진체의 소형화는 지속적으로 개발되어야 한다. 주파수가 높으면 인체 보호 기준에 의해 출력이 높은 분야에 활용이 어렵다. 인체 보호 기준 내의 전자파 환경 보호 기술이 개발되어야 하고, 보다 작은 소형화가 지속적으로 필요하다. 즉, 보다 낮은 주파수 대역에서 동작하는 소형 자기 공진체의 개발이 이루어져야 한다. 전파 간섭 측면에서 살펴보면, MIT 모델의 복사 전력 이득은 실험적으로 이득이 −12 dBi로, 이는 100 watts를 전송하면 최소 8 watts는 공간으로 복사되는 양임을 알 수가 있다. 이는 소형화 개발에 따른 공간 복사율도 그만큼 작아지고 있으나, 아직도 멀었다. 왜냐하면 출력이 높은 분야에 대한 수요가 지속적으로 요구되고 있기 때문이다. 따라서 공간 복사량이 매우 적은 극소 복사 기술 개발은 여전히 필요하다. 송수신체는 파장에 비해 매우 작게 만들어지므로 극협대역 특성과 약간의 저항 손실은 큰 에너지 손실로 이어지는 문제점이 발생하므로 보다 정밀 및 통신 기반의 임피던스 정합 기술이 필요하다. 즉, 양방향 통신 기반의 정밀 제어가 더욱더 진보되어야 한다. 아직도 비효율적인 임피던스 정합 관계로 열적인 문제가 존재한다. 이러한 기술들은 산업 활성화 측면에서 더욱 더 필요하며, 온도 제어 기술도 함께 개발되어야 한다. 공진체의 높은 Q 인자 특성으로 주변에 높은 자기장이 존재하므로 이로 인해 인체 보호 기준을 통과하기 위해서는 인체 보호를 위한 지속적인 대책 기술의 개발이 필요하다. 이러한 문제는 지난 100년의 숙제이기도 하다. 이는 산업 활성화에 있어서도 매우 중요한 개발 목표가 될 것이다. 사용자 인접에서 보다 높은 전력 전송이 가능하게 되고, 소비자의 신뢰도를 증진시킬 수 있기 때문이다. 특히 고속 충전 분야에서 이러한 기술적 요구가 산업 활성화 어려움이 예상되는 바, 국가가 선행적으로 개발하여 실용 단계까지 올리는 노력이 필요하다. 무선 전력 충전 분야는 고속 충전의 가능성을 열어야 산업 활성에 도움을 주게 될 것 같다. 국가를 중심으로 선행적으로 연구되어야 할 기술적 과제를 〈표 4〉에 정리하였다. 공진체는 매우 강한 전기장과 자기장을 인체에 조사하고 있는 특징을 지니고 있어, 이러한 강한 전기장과 자기장은 RFID와 동일하게 인공심장 박동기, 인공 눈, 인공 심장과 같은 능동형 임플란트 기기의 오동작을 유발할 수 있어, 이들이 이에 대한 내성력을 갖출 수 있도록 아직 미개발된 근역장에 대한 내성력 시험 기술 개발을 서두르고, 관련 법규 제・개정이 더

욱더 필요하다. 현재의 기술 개발 수준을 고려하였을 때 미흡한 부분은 〈표 4〉에 볼드체로 표기하였다.

전파 방송 통신 기술과 무선 전력 전송 기술의 차이점을 살펴보면, 전자는 정보 전달의 목적을 가지고 있어 간섭 및 휴대 등을 고려하여 가능하면 저전력으로 대용량/고속 데이터 통신 기술이 중요한 반면, 후자는 전자파 환경이 허락하는 한, 보다 큰 전력을 전송하는 기술로 개발하므로 근역장 전자파 환경 대책 기술이 중요하다. 근역장에 대한 전자파 측정 기술 확보가 가장 우선적으로 필요하며, 근역장에 대한 평가 기술은 전 세계적으로 아직 정착되지 않은 분야이기 때문이다. 특히 근접에 존재하는 전기장을 정확하게 측정할 수 있는 기술이 확보되어야 전파법

〈표 4〉 기존 자기 공명 기술을 산업화하기 위한 선행 기술(실용 기술)

	개발해야 할 실용기술	연구 범위, 사유
규제 극복 기술	**인체 영향 저감 기술 개발**	MIT 모델은 공진형으로 인해 주변 자기장의 세기가 매우 높음.
	비복사 기술 개발	MIT 모델은 복사 전력이 매우 높아 무선 기기 간섭을 유발할 가능성이 높음.
	전자파 적합성 기술 개발	근역장에 대한 전자파 적합성 시험 부재
성능 극복 기술	송수신 소자 소형화 기술	휴대용 기기에 적용하기에는 너무 큼.
	송수신 소자 임피던스 정합 기술	Q 인자가 높기 때문에 주변 환경에 따른 영향이 높음. 고효율 주파수 변환 기술
필수 구현 기술	**고효율 송수신 회로 기술 개발**	고효율 송신 회로, 고효율 정류 회로, 소형화, 간섭량 최소화
	지능형 송수신 시스템 기술 개발	송수신 회로 단의 무선 통신에 의한 제어 기술 구현

규를 수행할 수 있을 것이다.

근역장에 존재하는 전기장과 자기장에 대한 측정 기술 이외에도 근역장에 대한 전파 간섭 평가 기술 확보도 선행적으로 필요하다. 협대역 비복사를 원칙으로 하고 있기 때문에 원역장에서 사용하는 방식으로는 전파를 관리할 수 없기 때문이다. 일례로 공중선 전력으로 관리하는 방식으로는 간섭에 대한 올바른 평가가 이루어질 수 없으며, 원역장 통신방식에 적합한 EIRP/ERP 개념의 접근 방식과 근접에서의 전기장과 자기장 평가가 결합한 새로운 전파 간섭 평가 기술의 개발이 필요하다. 미래의 1 m 내 고속 대용량 무선 통신 시장에 대응하게 될 것이다. 근역장에 대한 전자파 환경 평가 기술 확보가 집중적으로 필요하다. 전자파 환경 평가 기술은 크게, 사람 보호와 기기 보호를 어떻게 할 것인가에 대한 기술로서, 사람 보호에서는 현재 50, 60 Hz 전기 주파수 대역에 대한 연구만 집중적으로 진행되었으나, RFID가 당면하고 있는 바처럼 3 kHz~수십 MHz 대역까지 연구가 확산되어야 할 것이며, 기본 제한치(basic restriction)에 대한 평가 마련과 기준 레벨(reference level) 평가 방법에 대한 마련에 대한 연구도 동시에 필요하다. 저주파용 팬텀에 대한 연구, 근접장에 대한 측정 연구, 제한치에 대한 올바른 평가 등 사전에 국가가 미리 준비되어야 할 기반 기술이 항시 존재한다. 〈표 4〉의 기술은 민간업체가 주로 준비하는 기술이라고 한다면, 〈표 5〉의 기술은 국가가 준비해야 하는 기술이다. 기기 보호에서는 저주파 대역에 대한 전자파 장해 측정 방법에 대한 연구와 특히 프로브 교정 방법에 대한 연구, 근역장에 대한 내성력 시험에 대한 연구가 병행되어야 할 것이다.

일반 기기들이 놓이는 환경의 경우, 전기장이 수십 V/m인 반면에, 무선 전력 전송 기술에서는 이들보다 높고 인체 영향에서 제한하는 기준 레벨보다 낮은 전자파 환경에서 기기의 오동작이 발생하지 않도록 하기 위한 기준을 세워야 하기 때문이다. 무선

전력 전송기기는 휴대폰, 태블릿 PC, 노트북, 가전기기, 온라인 자동차, 전파 자전거 등처럼 사람 인접에서 사용하는 기기들에 사용이 예상되는 바, 2013년 FCC가 사용을 수락한 인공 눈을 비롯한 심장박동기, 심장제세동기, 인공심장, 인공허파, 인공신장 등 다양한 능동형 임플란트 기기에 오동작 유발 가능성이 높아, 근역장에 대한 내성력 시험 기술 및 관계법령 재・개정을 서둘러야 한다. 특히 이러한 문제는 현재 국제 문제화되어 있어 국제 기관과의 공조를 통해 문제 해결을 주도해 나가야 한다. 전자파 환경 기술은 특히 법규를 실행하기 위해서 국가가 준비하는 기술로서, 이들의 기술 개발이 늦어지면 늦어질수록 국가 산업화에 큰 걸림돌로 작용하므로, 상용 단계 이전에 개발되어야 한다. <표 5>는 특히 국가 주도로 개발되어야 하는 기술이다. 그러나 국가 기반 과제가 아직도 수행이 완료된 것이 거의 없다. 올해부터라도 진행되어야 할 과제를 <표 5>에 볼드체로 작성하였다. 저주파 대역에 대한 간섭 평가 기술은 아직도 높은 주파수 대역에서만 사용하는 전자파 무반사실에서 자기장 측정을 통한 환산에 의존하고 있고, 전자파 내성력 시험은 아직도 원역장에서 현실과 먼 측정에 의존하고 있으며, SAR은 저주파 대역 프로브가 없어 아직도 소프트웨어 평가 방식에 의존하고 있다. 이것이 이루어지지 않으면, 국민이 느끼고 있는 전자파에 대한 불안을 해결하려는 의지조차 없었다고 보아야 할 것 같다. 2015년부터라도 과제화해서 문제를 해결해야 한다. 이것이 늦으면 무선 전력 전송 산업화의 걸림돌은 정부의 늦장 대응에 있었음을 알아야 한다.

3-2 국가인프라 차원의 선도화

전자파 환경에 대한 기준 중에서 인체 영향 기준은 무엇보다도 중요하다. 이는 국민의 생명 및 건강 보호를 위해 반드시 지켜야 할 기준이며, 각 국가가 고유 기준치를 가지고 있다. 국제적으로 각 국가의 고유 기준치는 "ICNIRP 기준"과 "IEEE 기준" 정책을 수용하고 있으며, 미국, 일본, 캐나다, 호주 등은 후자를, 한국, 독일, 프랑스, 네덜란드 등은 전자의 기본 방침을 수용하고 있으나, 이들의 규제치의 차이는 매우 높다. 2010년 말 "ICNIRP 기준"이 바뀌었으며, 이들의 기준치는 "IEEE 기준"이라고 볼 수는 없지만, 저주파 대역에서 매우 완화된 값으로 변경하였고, 20세기의 기준치는 잘못된 규제치임을 인정하였으며, 21세기 기준치를 제시하였다고 볼 수 있으나, 아직은 국내법으로 받아들인 나라는 없지만, 각국은 이를

<표 5> 무선 전력 전송 산업 조기 육성을 위한 국가 기반 과제

	개발해야 할 기반 기술	사 유
전파 측정 기술	저주파 대역 공간 복사 패턴 측정 기술	수 MHz 이하에 대한 복사 전력 측정 기술 부족
	전기장/자기장 교정 기술	근접장 교정 기술 부족으로 인해 측정 정확도가 낮음(20 cm 이내)
전자파 내성 기술	근접 복사장 내성력 시험	인접 복사 전기장/자기장 내성력 시험 방법 부재
	인접 전기장/자기장 내성력 시험	인접 전기장/자기장 발생 기술 미정착
전파 간섭 평가 기술	근접장에 대한 간섭 평가	정확한 근역장에 적합한 간섭 평가 방법 부재
	근역장에 대한 주파수 배치	원역장 위주의 방송 통신 기술이 아닌 근역장 전파 응용 기술 배치 경험 부족
전자파 환경 평가 기술	10 MHz 이하 기본 제한치 평가용 팬텀 및 프브로	저주파 대역 팬텀 및 프로브 기술 부재
	3 kHz~수십 MHz 대역에 대한 제한치 연구 필요	ICNIRP와 IEEE의 격차가 심하여 논란 중

수용하기 위한 노력을 하고 있다. “ICNIRP 기준”에서 100 W급을 수용이 가능하다면, “IEEE 기준”에서는 수 kW급 수용이 가능하며, 적용 제품이 [그림 3]에서 처럼 매우 폭넓게 적용이 가능하므로 무엇보다도 시급히 이러한 기술에 대한 산업 원천 기술 확보가 시급히 이루어져 한다. 안테나 기술은 전송 거리가 중거리와 장거리 전송으로 구분이 가능하며, 거리에 무관한 저전력 전송에 활용이 유리하므로 스마트폰의 시장 출시에 따른 센서 통신과 IOT(사물 통신) 분야에서 융합된 응용이 기대된다.

하나의 예로 무선 센서를 활용한 건물에 대한 3D 안전 예고 시스템, 밀폐 공간에 공기 상태 예보 시스템, 무선 내시경 시스템처럼 저전력 활용 기술 분야에 24시간 무인 정찰기 시스템, 등대 무선 전력 전송 시스템, 스페이스 대 스페이스 우주 에너지 전송시스템 등 주로 안전성을 확보하기 위한 고전력 원거리 전송 분야도 예의 주시해야 할 분야이다. 산업 활성화를 위해서는 IOT(Internet Of Things) 분야에 대한 융합 응용하는 기술에 대해 집중적인 개발이 필요하다. 자기 유도 방식은 초인접에서 전력 전송을 목적으로 하기 때문에 인체 영향 방호 기술을 적용하기 용이하기 때문에 여전히 응용력이 높다고 볼 수 있다. 2D 휴대폰 초고속 충전 장치, 자동차 충전 시스템, 생활 가전용 무선 전력 전송 시스템 등에 대한

[그림 3] 에너지 사용 전력량에 따른 적용 기술 분류

〈표 6〉 중점 육성되어야 할 단일 산업

	개발해야 할 실용기술	개발 범위
안테나 기술	RF 에너지 전송 IOT 시스템 융합 기술	3D 안전 예고 무선 센서, 밀폐 공간에 공기 상태 분석 무선 시스템, 무선 U-healthy 센서 휴대 네트워크, 보안 센서 보급형 RF 에너지 전송 기술 등
	24시간 무선 감시, 협력 로봇 시스템	24시간 해상용 무인 정찰기, 육상용 무인 정찰 시스템, 차량 기생 소형 로봇 무인 정찰 시스템, 휴대용 정보 탐지 로봇, 재난 구조 협력 로봇 등
자기 유도 기술	자기 유도형 휴대용 고속 무선 충전 장치	휴대용 고속 무선 충전 장치, 2D 다중 무선 충전 장치, 차량용 무선 휴대폰 고속 충전 장치, 식당/커피숍 가열 기구 무선 에너지 전송 기술 등
	RF 에너지 전송 전기 자동차 기술	슈퍼 캐패시터 기술, 인체 영향 최소화 기술, 복사 전자기장 간섭 최소화 기술 등
자기 공명 기술	소형 모터 RF 에너지 전송 시스템	청소기기 로봇, 소형 전기 자동차, 경전철, 간병 소형 로봇, 협력 기반 무선 에너지 충전 로봇, 전파 자전거, 클라우드 빅데이터 처리 로봇, 재난 구조 협력 로봇, 무인 운송 로봇 등
	단거리 초고속 수동형 정보 전송 시스템	동영상 신문, 박물관 3D 영상 안내, 실시간 교통 정보 제공 티켓, 무선 수동형 전자 책, 초고속 통신 기반의 정보 전달 소형 메모리 등
	공진형 이동・휴대・착용 기기	휴대용 고속 무선 충전 장치, 재생 에너지 활용 무선 충전기, 능동형 임플란트 기기 무선 충전기, 무선 충전 관절 도우미, 스마트폰 및 태블릿 PC 무선 충전 기기, 커피・음식 가열 무선 전송 기술 등

개발이 더욱더 필요하며, 보다 높은 전력 전송이 필요한 산업 및 국방 및 시품 가공 분야에서 활용이 기대된다. 자기 공명 방식은 자기 공진 주파수를 지니는 낮은 높이로 구현한 헬리컬 공진기 등을 활용하는 기술로 1 m 이내 전송 응용 분야가 매우 활성화가 이루어질 것이다. 휴대폰의 무선 충전 장치, 가전제품, 조명, 컴퓨터 및 주변 기기, 모바일 장치, 로봇, 전기 자동차 분야 등에 가장 폭넓게 적용될 수 있을 것으로 보인다. 단, 이러한 가능성은 전자파 환경과 전파 간섭에 대한 문제 해결이 선행되어야 한다. 이외에도 소형 전기 자동차, 경전철, 전파 자전거 등 처럼 소형 모터 RF 에너지 전송 시스템 분야와 박물관의 3D 영상, 실시간 교통 정보용 티켓, 3D 위치 안내 시스템, 영상 서비스가 가능한 신문, 잡지, 책 등 저가형 트랜스 미디어 및 아우라 기술을 유도할 수 있는 초단거리 초고속 수동형 정보 전송 시스템, 24시간 사람을 보호하고, 유사 시 인체와 떨어져 안전 조치를 취해줄 수 있는 휴대용 소형 로봇 전력 전송 시스템, 협력 통신 기반의 협력 로봇 에너지 전송 시스템, 원거리 빅 데이터 전송 중계기 로봇 시스템, 클라우드 협력 로봇 개발이 가능할 것이다. 2차 전지 시장의 경우, 휴대폰 및 전기 자동차를 비롯하여 대다수의 시장을 점유하고 있는 분야는 리튬 전지로 “무게 당 용량”이 매우 높은 특성(니켈 수소 전지에 비해 약 2배, 납 축전지에 비해 약 4배)을 갖고 있는 반면, 이러한 기술은 향후 10년간은 최적 출력 밀도의 개선율이 매년 10% 이하를 유지하고 있을 것으로 전망하고 있다. 무선 전력 전송 기술인 자기공명 방식은 인체의 영향을 주지 않는 범위에서 사용이 권장되어, 거리가 1 m 내에서 사용될 것으로 전망되는 바, 소비자가 요구하는 수준을 만족시키기 위해서는 자동차, 전철, 커피숍, 기차역, 회의 장소, 공원 등 일시적으로 대중이 머무는 공공장소의 다중 전송 방식의 인프라 조성을 반드시 필요로 하는 기술이다. 방송통신 분야에서 꿈꾸고 있는 “방송기기의 부피 및 무게 최소화”의 기대와 “24시간 필요한 양만큼의 전력 공급 서비스” 욕구가 끝없이 제기될 것으로 보인다. 이러한 문제점을 무선 전력 전송 인프라 확산을 통해 해결할 수 있을 것으로 사료된다. 무선 전력 전송은 근역장의 문제이므로 이들의 충전을 자유롭고 쉽게 서비스를 제공받을 수 있는 무선 전력 SUS(Special Ubiquitous Space)를 공공장소에 설치를 통해 누구나 쉽게 전력 전송이 가능하도록 인프라 조성이 되어야 할 것이다. 여기에서 SUS는 indoor와 outdoor로 구분이 가능하고, indoor에는 커피숍, 식당, 공항, 기차역 등이 이에 해당될 수 있고, outdoor는 버스정거장, 택시정거장, 주차장, 공원 등이 이에 해당되며, 사용자들이 특정 공간에 잠시 머물 수밖에 없는 공공장소에서 누구나 쉽게 전력을 공급받을 수 있는 공간을 의미한다. Outdoor SUS는 전력이 작아, 태양 에너지를 통해 방송 통신 기기, 전파 자전거의 무선 전력 전송 서비스 등을 무료로 제공하기 위한 서비스 구현은 연구 투자를 통해 빠르게 시장을 형성할 수 있을 것으로 사료된다. 단, Outdoor SUS는 무선 전력 전송 기술이 성숙 단계에 이르고, 국제 표준화가 단일화가 이루어질 경우에 시범 서비스를 구현한다면 산업 활성에 도움을 줄 것으로 보인다. 인프라는 한 번 설치하면, 바꾸기가 어려우므로 충분한 전파 환경의 문제와 사용의 편리성 및 유용성을 줄 수 있는 기술 개발을 고려하여 실시하는 것이 바람직하다. 24시간 휴대폰, 태블릿 PC, 넷북 사용이 가능할 뿐만 아니라, 가벼운 모바일 기기들이 공급되고, 누구나 쉽게 그리고 저렴하게 이용할 수 있으며, 이 외에도 소상인을 위한 안전한 광고 서비스, 거리 뉴스 제공 서비스, 동리 문화 알림 서비스, 교통 서비스의 혁신 등 다양한 서비스가 이루어질 것으로 사료되며, <표 7>에 인프라 관련 연구 과제를 정리하여 표기하였다. 스마트폰은 한 번 충전으로 2시간 반, 태블릿 PC, 노트북은 2시간 사용이 가능하나, 생활 속에서 무선 충전하는 “휴대 전력 배가 인프라”를 구현한다면 동일 제품으로

도 24시간 사용 가능한 사회 환경을 만들 수 있다.

인프라 조성은 자동차, 버스, 기차, 전철 등을 포함하여 대부분 국가 소유의 부동산인 버스정거장, 공공장소, 공공 공원, 공공 주차장, 기차역 등 사람이 많이 지나가고 잠시 머물 수 있는 곳에서 이루어져야 하므로, 무엇보다도 국가 주도의 개발이 이루어져야 한다. 자동차 회사와 휴대폰 회사의 제휴가 필요함을 알 수가 있다. 따라서 국가 주도의 개발 방향은 <표 7>에서 지적하듯이 휴대폰, 태블릿 PC, 노트북, 차세대 e 북, 인체 도우미 기기, 재난 도우미 로봇 등과 같은 각종 전기를 사용하는 이동・휴대・착복 기기들

<표 7> 중점 육성 재생에너지 인프라 산업

	개발해야 할 요소 기술	연구 범위
무선 통신 기기 휴대 전력 배가 인프라	Indoor 다중 무선 전력 전송 기술	커피숍, 철도역, 전철, 사무실, 버스, 자동차 등 공공장소 설치용 무선 충전 인프라 기술, 관리 시스템 개발
	Outdoor 다중 무선 전력 전송 기술	버스정거장, 주차장, 공원 등 공공장소 설치용 무선 충전 인프라 기술, 중앙 관리 시스템 개발
	자가 판단 스마트 무선 전력 전송 인프라 기술	안전성 확보 및 고장 유무 전송 등을 위한 자가 통신, 자가 평가, 자가 운용 전력 전송 인프라 기술 개발
전기 자동차 무선 충전 인프라	가정용 무선 충전 인프라 기술	가정 전원을 활용한 전기 자동차 무선 충전 기술 개발
	공동주택/ 주차장용 무선 충전 인프라 기술	지역별 공동주택 및 주차장용 무선 충전 인프라 서비스 기술 개발, 요금 부가 소프트웨어 개발, 중앙 관리 시스템 개발
	주전소용 무선 고속 충전 인프라 기술	심야 전기 충전을 통한 저가형 무선 고속 충전 서비스 및 충전 시스템 개발, 요금 부가 소프트웨어 개발

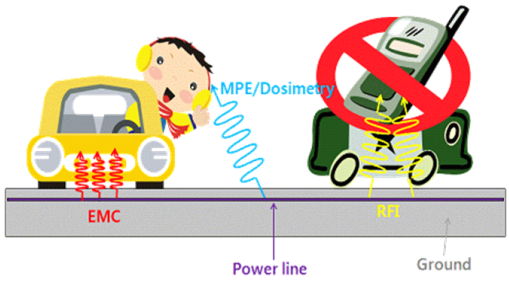
에 대해서는 배터리 사용 시간을 2배 혹은 3배 등 적정의 목표를 설정하여, 최후에는 24시간 자동 충전이 되도록 인프라를 조성하여야 한다. 이는 미래에 도래되는 아우라 서비스, 도우미 서비스 등을 먼저 제공할 수 있는 국가로 변환하여 시장적 우위에 설 수 있도록 유도해야 한다. 인프라 기술은 항상 인프라 자체의 시장 확보도 중요하지만 부수적으로 발생되는 새로운 서비스 시장 확보를 통해, 보다 큰 규모의 시장 점유와 신 시장 기술 개발로 이어지므로, 누구보다도 먼저 조성해야 한다. 재생 에너지 인프라 기술은 만드는 즉시 사용자에게 공급하는 인프라로 미래 지향형의 기술이므로 전자파 환경을 고려한 인프라 기술 구현과 고속 충전을 고려한 융합형 인프라 기술을 구현한다면, 타선진국과의 차별성이 확보할 수 있어, 보다 경쟁력과 경제적 가치를 상승시킬 수 있을 것으로 사료된다. 한국전력공사의 피드백 거래제의 경우, 각 가정에서 생산되는 재생에너지 피드백 거래제를 정부 차원의 강제적 참여를 통해 이루어지고 있으나, 한국전력공사 측면에서 보면 일괄성 없는 피드백 전력으로 공급되는 경우, 잡음으로 인식되어 전체적인 에너지 효율성이 떨어지는 문제점 발생하는 것을 피할 수가 없다. 즉, 돈 주고 돈 들어가는 구조이므로 피드백보다는 재생 에너지는 곧바로 소비자가 소비하는 형태로 운영되어야 한다. 소비자가 생산된 재생 에너지를 소비자로 바로 연결되는 경우, 국가에서 인프라 설치 비용 지원과 같은 인센티브를 주는 것도 산업 활성화에 도움을 줄 수 있을 것이다. 프리 재생 에너지 환경 구축이 필요하다. 누구나 쉽게 사용하도록 하는 방안이 필요하다. 무선 전력 전송 기술은 미래 서비스 플랫폼 기반의 휴대폰, 태블릿 PC, 노트북 등 무선 통신 기기뿐만 아니라, 협력 통신 기반 도우미 로봇, 미래형 자동차, 인공 눈, 심장박동기, 제세동기, 인공심장 등 능동형 임플란트 기기, 인공근육, 인공다리, 인공관절 등 인체 기능 상승 및 도우미 능동형 착용 기기 등 이동・휴대・착용

기기의 증가가 급속도로 진행되어 무선 전력 전송 수요는 보다 급증할 것이며, 이와 같은 산업 육성을 위한 새로운 시도를 통해 미래를 앞서 가는 국가 주도형 전파 융합형 과제를 만들어 미래 시장을 선도하는 정책이 요구되는 기술 분야이다. 프리 재생 에너지 환경 구축은 소외된 계층에 대한 인접 사용 기기에 대해 전력을 공급하는 국가 사업을 전개한다면, 산업 활성화에도 도움을 주고 소외된 계층에게도 도움을 줄 수 있어 행복한 국가를 이루어가는 밑거름도 될 것이다. 공원에 휠체어나 운동 기구, 장애자나 어린이 그리고 노약자에게 직접적인 도움을 줄 수 있는 시설 분야에 무선 전력 전송 기반의 프리 재생 에너지 전송 인프라를 구현할 필요가 있다.

Ⅳ. 무선 전력 전송 산업 활성화를 위한 국가 전파 정책 방향

4-1 주파수 배치 정책 국제 선도화(글로벌 정책)

무선 전력 전송 산업은 가장 먼저 전자파 환경을 고려한 주파수 정책 수용하고, 국제적인 합의를 통해 사용 주파수를 일치시키는 것이 산업 활성화에 가장 큰 역할을 할 것으로 보인다. 무선 전력 전송 산업은 앞에서도 살펴보았듯이 적용 분야가 무선 통신 분야를 포함하고 있을 뿐만 아니라, 전기 가전, 미래 로봇, 재난 분야, 에너지 사용 분야 등 다양한 분야로 확산될 것으로 사료되며, 이러한 주파수에 대한 국제를 선도하는 합리적 주파수 배치 선도화 정책이 무엇보다도 시급히 필요하다. 주파수 배치에 있어서 글로벌 리더로서의 역할을 수행할 필요가 있음을 의미한다. 무선 전력 전송 산업은 정보를 전송하는 방송 통신 기기와는 달리 최대 전력을 전송해야 하기 때문에 주파수 선정이 매우 중요하다. 주파수 선정에 있어서 인체 영향, 전파 간섭 등의 문제점을 대다수 해결 여부가 결정되기 때문에 시장에 진출하기 이전 혹은 기업이 개발하기 이전에 환경을 고려한 주파수 배치 선도화를 통해, 보다 기업의 개발 비용을 저감하고 조기 산업화를 유도할 수 있을 것이다. 인체 영향이 상대적으로 낮은 아날로그 통신이 차지하고 있던 주파수 대역인 수 MHz 이하의 대역에서 집중적으로 사용이 검토되어야 할 것으로 사료되며, 다양한 산업 분야로 확산할 수 있도록 주파수 배치 선도화를 위한 국제 선도 역할 기능 강화가 필요하고, 합리적인 주파수 배치에 대한 연구를 활성화시켜 국제 표준을 선도하는 적극적 정책이 필요하다. 주파수 정책 선진화를 위해 2011년 11월부터 무선 전력 전송 포럼(KWPF)을 개최하여 주파수 분과, 법제도 개선과, 표준 분과, 서비스 분과로 구분 운영하고 있으며, 2013년 4월 WPC와 협력 체계를 구축하였고, 추후에는 A4WP와의 연계하여 국제 표준 협상 포럼으로서의 역할을 수행할 수 있도록 해야 하며, 특히 추후에는 자동차 업계와 이동 통신 업계의 포럼 참여 유도가 필요하다. 왜냐하면 무선 전력 전송은 인프라 기술이기 때문에 특히 자동차 무선 전력 전송 인프라 구축이 무엇보다도 필요하기 때문이다. 멀리 보면, 국제적으로 걷어내고 있는 아날로그 저주파 주파수 대역에 대한 ISM 대역이 확산되고, ISM 대역의 세분화를 통해 국제 주파수 정책을 선도하며, 관련 민간 및 국제 표준화 단체와의 교류 연계를 통해 추진한다면, 경제성이 매우 높은 무선 전력 전송 기술에 대한 튼튼한 산업 활성화에 기반을 마련이 가능할 것으로 판단된다. 포럼과 연계된 무선 전력 전력 전송



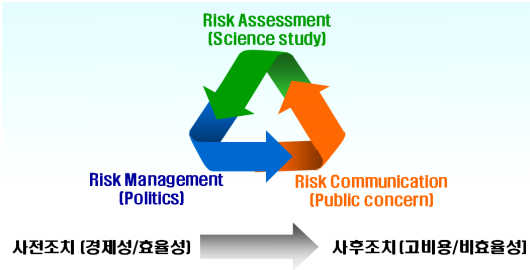
[그림 4] 환경을 고려한 주파수 배치 정책 선도화[2]

주파수를 총괄적으로 관장하고 그리고 위험성 관리와 연계된 전자파 환경 정책과 인프라 구축을 합리적으로 수용하고, 국내외 표준 전략 방향을 결정하기 위한 범부처 NWPC(National Wireless Power Committee)를 설치하여 무선 전력 전송 주파수 정책 기본 방향과 합리적 선주파수 능동적 배치 제도의 수용이라는 전략적 이용계획을 수립하여 미래 주파수 수요에 대한 국제 선도화 정책의 교두보를 마련해야 한다. 산업 활성화는 국제 선도화의 완성을 의미한다. 합리적인 대화와 합리적인 주파수 사용에 대한 국제사회의 일치를 통해 호환성을 유지하여 시장을 열어가기 위한 노력이 필요하다.

4-2 전자파 환경 정책의 선진화(국민 공감 정책)

무선 전력 전송 기술은 전자파 환경과 매우 밀접한 관련이 있는 기술이며, 이러한 기술을 산업화하기 위해서는 반드시 전자파 역기능에 대한 위험성 관리가 필요하다. 위험성 관리는 시장 진입 이전에 수행하는 것이 경제적으로 매우 유리하며, 매우 효과적인 것으로 사료된다. 즉, [그림 5]의 사전 위험성 관리 제도 수용이 필요하다. 프랑스, 미국 등 처럼 지역주민협의회와 협의를 통해 혹은 이동 기지국 회사 설립을 통해 기지국 안테나를 쉽게 찾아보기 힘들게 설치를 한 나라이다.

이러한 나라들은 전자파에 대한 불안감이 매우 낮은 것으로 평가되고 있다. 사전 위험성 관리 제도의 효과를 이미 검증되었기 때문에, 국내에서도 이를 수용하는 것이 바람직하다. 국민이 원하는 형태의 국내 이동 통신 기지국 철탑을 재설치하기 위해서는 6조원의 사회적 간접비용이 들 수밖에 없는 것이 현실이며, 무선 전력 전송 산업은 이러한 전철을 밟지 않도록 추진할 필요하다. 무선 전력 전송 기술은 무선 통신 방송 산업과는 다르게 최대 전력 전송으로 진화하기 때문에 산업계에서 보급하고자 하는 무선 전력 전송기기는 전자파 환경에 대한 위험성 관리와



[그림 5] 산업 조기 활성화를 위한 전자파 환경 정책 선진화[2]

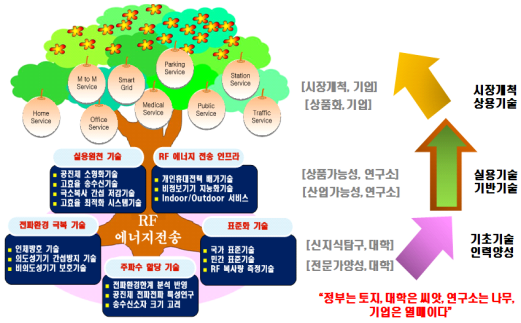
연계하여 시장에 보급하도록 해야 한다. 무선 전력 전송 산업화에서 발생되는 필연적인 전자파 환경의 문제점 중에서 RFID, 휴대폰, 무선 전력 전송기기 등처럼 사람 가까이에서 사용하는 기기가 인체에 탑재되는 심장 박동기, 심장 제세동기, 인공 눈 등 능동형 임플란트 기기의 오동작 방지를 위한 임플란트 기기의 전자파 내성 시험 기술 개발과 관련 법규에 대한 재정립이 시급히 필요하다. 국가는 무선 전력 전송기기와 RFID 기기, 스마트폰 기기와 같이 인체 가까이서 사용되는 인접 EM 기기(close EM devices)의 오동작에 대한 문제는 이들 양 산업에 대한 걸림돌이므로 특히, 정부와의 협조를 통해 이에 대한 전자파 환경 및 측정 기술 개발을 적극적으로 수행할 필요가 있으며, 국제 선진 연구 기관과의 공동 연구를 통해 실시하여 국제 전자파 정책 협조 체제를 더욱 견고하게 하여 해결할 필요가 있다. 국가가 산업 활성화를 위해 시급히 해결해야 하는 사항을 파악해야 하고, 해결해야 한다. 이러한 준비가 늦으면 산업화에 도움을 줄 수 없기 때문이다. 산업 육성 차원에서 전자파 환경 정책의 중요성보다도 산업 활성 차원에서 전자파 환경 정책의 중요성이 높다. 특히 무선 전력 전송 분야는 더욱더 중요하다. 100여 년 전에 산업화를 전자파 환경 정책의 미완성으로 활성화가 이루어지지 않았기 때문에 더욱더 그러하다. 인접 사용 기기인 웨어러블, 휴대, 임플란트 기기에 대한 근접장에 대한

내성력 시험을 비롯한 저주파 대역에 대한 간섭 평가는 국제적 선도화를 요구하는 분야로 선결되어야 할 과제이다. 특히 임플란트 기기 소유자에 대한 심장박동기, 제세동기, 인공심장 등 생명에 직접 관계되는 임플란트 기기에 대해서는 포괄적 신체 일부로 인정하는 제도 도입이 무엇보다도 선결되어야 한다.

4-3 산업 활성 정책의 체계화(시장 활성화)

앞 [1]에서도 지적하였듯이 정부는 주파수 자원이라고 하는 토양을 관리하는 선진 시스템을 도입하여 스펙트럼 산업이라고 하는 나무들이 잘 자랄 수 있도록 해야 하며, 학교는 토양에 싹을 피울 수 있는 새로운 기술의 탄생과 인력을 양성할 수 있도록 해야 하고, 정부 출연 연구소는 탄생된 씨앗이 잘 자라서 열매를 형성하도록 하는 실용 기술 및 기반 기술을 개발하여야 하며, 업체는 상품성을 높이기 위한 상용 기술과 시장 개척의 역할을 분담하여 매진할 수 있도록 해야 한다.

기술의 태동으로부터 시장 활성화에 이르기 위해서는 기술 개발 단계를 [그림 6]에서 처럼 3단계로 구분할 수 있으며, 기초 기술, 실용 기술, 상용 기술로 구분이 가능하다. 산업체의 개발 부담을 줄이거나, 국가가 관리하는 스펙트럼 자산의 활용도를 높이기 위해서는 기초 기술과 실용 기술에 대한 개발 투자를 높일 필요가 있다. 국가 표준에서는 태평양 연안 제3영역국인 한국, 중국, 일본, 호주와의 협조를 통해 이 지역에서 동시에 거두어 들이고 있는 ROLAN과 같은 저 주파수 대역을 무선 전력 전송 주파수로 활용에 대해 협의하고, 이들 주파수에 맞는 전력 전송 기술 개발을 서둘러야 하며, 제3국의 의견 통일을 통해 ITU-R, WRC에 보고하는 전략으로 추진한다면 국제 선도화가 더욱더 빠르게 진행될 것이다. 이러한 주파수는 큰 전력 전송에 도움을 줄 것으로 보인다. 또한 ISM 대역의 확산 혹은 간섭을 고려한 1/3배 ISM 주파수에 대한 배치를 통해 국제 선도화를 이루어야 할



[그림 6] 무선 전력 전송 산업화 조기 유치를 위한 역할 분담 체계화[2]

것이다. 3배수 주파수는 하모닉 주파수이기 때문에 간섭에 취약한 주파수로 이러한 주파수 선정은 현실적용 가능성을 높이므로 산업 활성화에 직접적인 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 민간표준에서는 무선 전력 전송 포럼(KWPT)은 자동차 업계와 이동통신 서비스 업계로 확산이 필요하며, 140여 개 업체로 구성된 국제 무선 전력 컨소시엄(WPC)과 60여 개 업체로 구성된 국제 민간 표준 얼라이언스인 A4WP의 관계를 명확히 보고, 국가 이익에 대한 측면에서 국내 업체 간 전략적 접근 방법에 대한 방안을 마련하여 추진한다면, 민간 표준에서도 기술의 선도화가 진행되어 시장에서 우위를 점할 수 있을 것으로 사료된다. 무선 전력 전송 산업을 다른 나라보다도 제대로 활성화하기 위해서는 우선 첫 번째, 산발적으로 이루어진 국제 표준화를 단일 기능화를 추진하고, 국내외 사용 주파수 통일이 필요하며, 두 번째, 소외된 계층(예, 인공심장, 심장 박동기, 심장 제세동기, 인공눈 등 능동형 임플란트 기기 보유자)에 대한 보호 기술과 국제 단일 표준화와 연계된 체계적인 인프라 기술 구현을 정부 차원에서 추진해야 하며, 세 번째는 산업의 다양성으로 인해 이들의 정보 교류가 자유롭게 이루어질 수 있도록 하여 융합 산업과 인프라를 활용한 새로운 서비스를 열어갈 수 있는 장(예, 무선 전력 전송 페스티발)을 마련해야 한다. 네 번째는 인

프라를 활용한 새로운 서비스 개발에 대한 유도 정책이 필요하다. 인프라는 특히, 재생 에너지를 활용한 무선 전력 전송 서비스를 소외된 계층에게 제공하기 위한 인프라 기술부터 진행하는 것이 바람직하다. 또한 자동차 업계와 손을 잡고 인프라를 구성하는 전략이 필요하다. 미래는 빅 데이터와 빅 에너지 문제이므로 이들을 분리하기 보다는 함께 인프라를 통해 함께 해결하는 현명한 전략을 수립하여 진행하는 것이 바람직하다.

Ⅴ. 무선 전력 전송 산업 국가 비전

"무선 방송 통신 분야의 완전 무선화"의 최대 걸림돌이었던 전기 에너지의 무선 전송의 가능성을 열어, 전기 에너지 전송의 무선화라고 하는 새로운 패러다임의 등장하였다[2]. 무선 전력 전송 분야는 매우 넓고 깊어 시장이 폭발적으로 확대될 것이며, 산업화가 매우 급진전적으로 이루어질 것으로 보이고 있다. 무선 전력 전송 기술은 신기술로 새로운 시장을 열어갈 것이며, 추후에는 융합을 고려한 시장 규모가 기하급수적으로 증가할 것으로 전망된다. 무선 전력 전송 분야는 기초 연구 단계에서 벗어나 실용 연구 단계로 진입하고 있어, 조만간 상용 제품 단계로 전환될 예정이며, 경제성이 가장 높게 평가되고 있는 자기 공명 방식은 각 주파수 별 송수신 소자 소형 기술, 복사 최소화 기술, 인체 영향 저감 기술은 지속적으로 개발되어야 하는 기술이다. 최근 국내 휴대폰 업체가 자기 공명식의 무선 전력 전송 휴대폰 기술 개발에 대한 의지를 표명하였지만, 자기 공명 방식이 가지고 있는 일정 공간에서 배열의 자유로움을 얻기 위해서는 탑재 기술, 국제 표준 단일화, 열적인 문제 해결, 소외된 계층의 전자파 환경 문제 등의 종합적인 문제 해결이 무엇보다도 시급히 이루어져야 하므로, 이에 대한 연구가 체계적으로 추진되어야 한다. 국제사회에서 시급히 해결되어야 하는 인체 내에 탑재해야

[그림 7] 무선 전력 전송 관련 국가 비전

되는 심장 박동기, 인공 눈과 같은 능동형 임플란트 기기의 근역장에 대한 내성력 시험과 저주파 대역 간섭 평가의 새로운 측정 파라미터에 대한 연구는 선진 연구소와의 공동 연구를 통해 해결할 필요가 있다. 올해부터 아니 내년부터라도 정부를 중심으로 시작해서 문제를 해결해야 한다. 무선 전력 전송 기술은 필연적 파격 기술(disruptive technology)이므로 스마트폰, Tablet PC, 전기 자동차, 로봇, 가전 등 전지를 사용하는 기기 등 단품에 적용되는 기술 개발은 산업체 중심으로 개발을 조속히 이루어지도록 독려되어야 하며, 주차장, 버스정거장, 커피숍, 식당 등 사람이 어쩔 수 없이 머무는 공공장소에서 누구나 쉽게 이용할 수 있는 무선 전력 전송 SUS(Special Ubiquitous Space) 인프라가 조기에 확보될 수 있도록 정부 차원의 개발 검토가 이루어져야 할 것이다. 무선 전력 에너지 전송산업 활성 정책을 수행하기 위해서는 전자파 환경에 대한 사후 위험성 관리 제도에서 벗어날 수 있는 사전 위험성 관리 제도의 수용해야 한다. 또한 능동적 주파수 배치 제도 수용이 이루어질 수 있도록 산학연관이 함께 협동하는 능동적 한국 무선 전송 포럼(KWPF) 운영을 통해 국제 선도화 기능 강화 추진이 필요하다. 포럼과 국내외 표준화 단체와 연계하여 국가적 전략을 수립하며, 무선 전력 전송 주파수를 총괄적으로 관장하고, 그리고 위험성 관리와 연계된 전자파 환경 정책을 수용해서 인프라 구축 추진

을 위한 범부처 NWPC(National Wireless Power Committee)를 설치가 필요하다. 또한 후보 주파수 대역에 대한 잠정적 결정을 유도하는 선주파수 제도를 기본으로 하는 무선 전력 전송 주파수 정책 이용 계획을 수립하고 추진한다면 무선 전력 전송 세계 선도화라는 국가 주파수 정책의 진일보하는 거점을 마련할 것으로 사료된다. 산업화에 마지막 걸림돌인 저주파 대역 주파수 관리에서 발생하는 전자파 측정기술, 무선 기기 간섭 평가 기술, 전자파 환경 측정기술 개발은 정부 차원의 추진이 시급히 진행할 필요가 있으며, 특히 이 분야는 국가 표준 및 국가 기준과 관계되므로 국제 연구 기관과의 공동 연구를 통해 국제 스펙트럼 정책 협조 체제를 더욱 견고하게 할 필요가 있으며, 또한 국가 주파수 관리에서 발생하는 문제를 가장 먼저 발견하고, 그 대책에 대한 원천 기술을 확보하여 국제적인 기술적 우위를 확보해야 할 것이다. 빅 데이터와 빅 에너지 전송은 미래 정보사회 건설에 필요한 국가적 차원의 인프라 기술로, 이에 대한 체계적 개발 및 구축이 필요하다. 특히 빅 에너지에 대한 문제는 무선 전력 전송 기술 분야가 해결할 수 있을 것으로 사료된다. 무선 전력 전송 산업화를 위한 선결 과제인 〈표 4〉~〈표 7〉 중에서 볼드체는 특히 국내 개발 기술이 미흡하므로 산업 활성화를 조기에 유치하기 위해서는 빠르게 해결해야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 윤재훈 외 3명, "RF에너지 전송기술 산업화를 위한 분석", 전자통신동향 분석, 26(4), 2011년 8월.

[2] 윤재훈, "RF에너지 전송 기술의 전자파 환경", 한국전자파학회지 전자파기술, 22(5), pp. 36-43 2011년 9월.

[3] 윤재훈 외 3명, "RF에너지 전송기반기술 분석", 한국전자통신원구원 10MR4910-MI-S-S40-001A, 2010년 9월.

[4] ICNIRP Guidline, "시변 전자기장(1 Hz~100 KHz) 노출 제한을 위한 지침", *2010 Health Physics Society*.

[5] "극저주파대 환경보건기준", *WHO EHC 238*, 2007.

[6] "Magnetic field levels generated by a.c. power systems - Measurement procedures with regard to public exposure", *IEC 62110 Ed.1*, May 2009.

[7] "Recommended practice for measurements and computations of electric, magnetic and electromagnetic fields with respect to human exposure to such fields, 0 - 100 kHz", *IEEE PC95.3.1TM/D3.18*, Nov. 2009.

[8] M. Jufer, "Electric drive system for automatic guided vehicles using contact-free energy transmission", *2008 13th International Power Electronics and Motion Control Conference (EPE-PEMC 2008)*.

[9] R. Steiner, P. K. Steimer, F. Krismer and J. W. Kolar, "Contactless energy transmission for an isolated 100 W gate sriver supply of a medium voltage converter", *2009 IEEE International Symposium*.

[10] Y. Tak, J. Park, and S. Nam, "Mode-based analysis of resonant characteristics for near-field coupled small antennas", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 8, 2009.

[11] J. Lee, S. Nam, "Fundamental aspects of near-field coupling small antennas for wireless power transfer", *IEEE Tr on Antenna and Propa.*, 2010.

[12] "System description wireless power transfer", *Wireless Power Consortium*, volume I: Low Power Part 1: Interface Definition, Version 1.0, Jul. 2010.

[13] A. Kurs, et al, "Magnetic resonances wireless power transfer via strongly coupled", *Science vol. 317*, no. 83, 2007.

[14] P. Harrop, C. Thiele, "Wireless power transmission for consumer electronics and electric vehicles 2012-2022", *IDTechEX*, 2011.

≡ 필자소개 ≡

윤 재 훈

1984년 2월: 중앙대학교 전자공학과 (공학사)
1998년 8월: 중앙대학교 전자공학과 (공학박사)
1990년 2월～현재: 한국전자통신연구원 사업책임
2002년 2월～2006년 12월: ETRI Journal 전파방송편집위원
2005년 2월～현재: UST 이동통신/디지털방송학과 교수
2009년 2월～현재: KIEES 미래전파기술연구회 위원장
2012년 7월～2013년 7월: NIST Guest Researcher
[주 관심분야] 전파 환경 기술, 표준 전파 발생 기술, 무선 전력 전송 기술, 안테나 기술, 전파 측정 기술