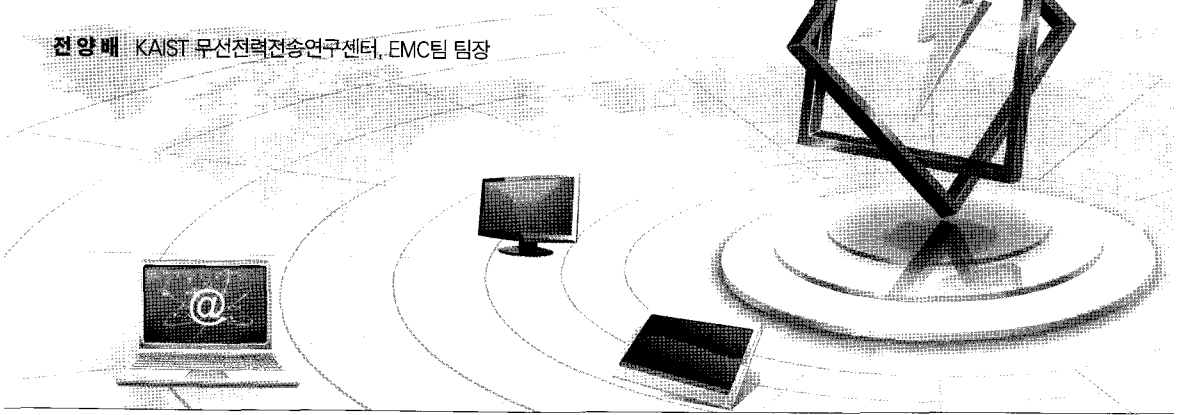


# 무선충전식 전기자동차의 EMI 및 EMF 개발 사례

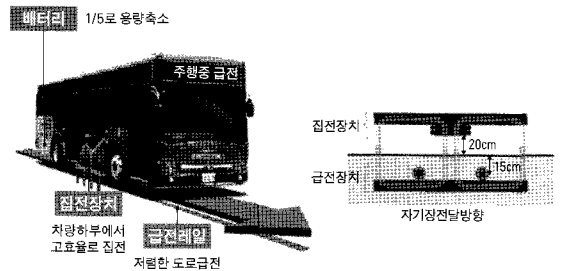
전양배 KAIST 무선전력전송연구센터, EMC팀 팀장



## 1. 머리말

무선충전식 전기자동차란 매설된 급전선로(도로하부 15cm 내외)를 통해 발생하는 자기장을 차량 하부에 장착된 집전장치에서 모아 '전기에너지'로 변환시켜 정차 중뿐만 아니라 주행 중에도 충전시키면서 동시에 운행하는 전기자동차로서 배터리에 의존하는 기존의 전기자동차와는 다른 신개념의 전기자동차이다. 순수 배터리 전기자동차의 주행거리 한계, 무게, 가격, 충전 소요시간 및 인프라 구축 등의 문제를 일시에 해결하고 이를 통한 전기자동차 원천기술을 확보하여 세계 전기자동차 시장 선점을 주도하기 위한 새로운 개념의 전기자동차로 저탄소 녹색성장 정책을 바탕으로 KAIST에서 개발했다. 무선 자기유도 방식으로 정차 및 주행 중에도 전력 공급이 가능하고, 기존 전기자동차의 배터리 충전 부담을 해결하여 차량가격과 인프라 구축비용이 저렴하여 경제성이 매우 뛰어나며, 기존 전기차량의 기술적인 한계 극복으로 가장 친환경적이고 경제적인 운행 시스템이라 할 수 있다.

무선충전식 전기자동차는 단순히 자동차 시장에서



- ▶ 일반도로를 달리면서 「실시간으로 충전」→ 별도의 충전 불필요
- ※ 도로지하에 전선을 매설하여 발생한 자기장을 전기에너지로 변환하여 충전

뿐만 아니라 대출력 무선전력전송 기술 확보를 통해 IT, 도로, 가전산업, 레이산업, 철도산업, 로봇제어분야 등 산업 전반적으로 그 파급 효과가 매우 크며 이를 통해 새로운 IT 융합 산업을 활성화하고 세계 시장 선점과 신규 고용 창출을 통해 국가 경제 발전에 크게 기여할 수 있다.

각 부문별로 기대효과를 살펴보면, 우선 기술적으로는 원천 핵심기술 개발을 통한 국제 표준화를 주도하고, 급/집전 및 전자파 안전성에 대한 원천 핵심 기술 개발과 그에 따른 표준화를 선도하여 세계 시장의 주도권을 확보할 수 있으며, 전자파 안전성에 대한 규명으로 자동차뿐만 아니라 IT, 도로기술의 융/복합을 통한



미래 융합 기술을 세계적으로 선점할 수 있다.

사회적으로는 전자파 안전 확보로 건설, IT 분야 등 광범위한 신규 고용 창출이 가능하며, 사용 편의성 증대로 전기자동차 보급 가속화에 기여할 수 있고, 친환경 대중교통 시스템의 정착을 가속화 하는 효과를 기대할 수 있다.

산업·경제적으로는, 원유 수입 감소로 석유 수급 부담을 완화하고, CO<sub>2</sub> 및 대기오염 물질 배출량 감소하며, 국내생산 및 해외수출에 의한 GDP 증대, 발전 플랜트 기술의 해외수출 활성화, 급전 인프라 구축기술 해외 수출을 기대할 수 있다.

본 고에서는 2009년부터 KAIST에서 개발하기 시작한 전자기유도방식을 응용한 무선충전식 전기자동차에 대해 그 동안 많은 이슈가 되어 온 내용과 사례를 자세히 소개하며, 또한 무선충전식 전기자동차에서 발생하는 EMI 및 EMF에 대한 측정 결과 및 그 진행 상황을 살펴보도록 하자.

## 2. 방송통신위원회 주관

### ‘무선전력전송 제도개선 연구반’ 추진 배경

#### 2.1 연구반 추진 배경

KAIST에서 개발하고 있는 무선충전식 전기자동차

는 비접촉 자기유도방식으로 20KHz의 교류 유도 전류를 이용하여 에너지를 공급받기에 이에 의한 전자파 노출을 우려하여 각계 전문가로 구성된 연구위원회의 필요성이 제기되었다. 이에 대해 방송통신위원회 주파수 정책과는 2010년 4월 7일(수) 무선충전식 전기자동차에 대한 전자파 관련 문제를 검토하고 해결하기 위한 ‘무선전력전송 제도개선연구반’을 주최했다.

## 2.2 무선충전식 전기자동차 EMF/EMI 법규 적용 검토

### 2.2.1 현행 전파응용설비관련 규정 검토 운영방안 논의

(정의) 전파응용설비란 전기통신분야에의 적용을 제외한 산업·과학·의료·가정용 및 기타 유사한 용도로 전파에너지를 발생·사용하도록 설계된 기기를 의미함.

#### 〈 전파법시행령 〉

제74조 (통신설비 외의 전파응용설비) 법 제58조제1항제1호에서 '대통령령이 정하는 기준에 해당하는 설비'란 주파수가 9킬로헤르츠(KHz) 이상인 고주파 전류를 발생시키는 설비로서 50와트를 초과하는 고주파 출력을 사용하는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 설비를 말한다. 다만, 가사용 전자제품 등 방송통신위원회가 정하여 고시하는 것은 제외한다.

- ① 산업용 전파응용설비(고주파의 에너지를 발생시켜 그 에너지를 목재와 합판의 건조, 금속의 용융 또는 가열, 진공 관의 배기 등 산업생산을 위하여 사용하는 것)
- ② 의료용 전파응용설비(고주파의 에너지를 발생시켜 그 에너지를 의료용으로 사용하는 것)
- ③ 그 밖의 전파응용설비(제1호 및 제2호 외의 설비로서 고 주파의 에너지를 직접 부하(부하)에 가하여 가열 또는 전 리 등의 목적에 이용하는 것)

2.2.2 '전자파 인체보호기준(방통위고시 제2008-37호)'  
에서는 주파수가 20KHz일 때 전자파의 자속밀도가  
일반인과 직업인에 대하여 각각 6.25  $\mu$ T, 30.7  $\mu$ T  
를 넘지 못하도록 규정

- ※ '일반인'이라 함은 전자기장에 노출되고 있는 사실을 모르거나 조치를 취할 수 없는 자를 말하며 의도적으로 노출 받는 자는 제외한다.
- ※ '직업인'이라 함은 직무상 작업수행 과정에서 자 신이 전자기장에 노출되고 있음을 알고 있고 이의 잠재적인 위험성을 알고 주의하도록 훈련받은 자를 말한다.

3. 무선충전식 전기자동차의 EMF 측정 결과

3.1 1차 측정

KAIST에서 개발하고 있는 무선충전식 전기자동차는 비 접촉 자기유도방식으로 20KHz의 교류 유도 전류를 이용하여 에너지를 공급받기에 이에 의한 전자파 노출을 우려하여 각계 전문가로 구성된 위원회의 필요성이 제기되었다.

3.2 측정 배경

전자파 인체 유해성 확인을 위해 한국표준과학연구원에 측정 의뢰했으며, 2010년 6월 29 서울대공원 코끼리열차 동물원 정차장에서 실시되었다. 측정기준 및 방법은 국제(ICNIRP<sup>1)</sup>) 및 국내 기준에 따라 62.5mG 이내에서 IEC<sup>2)</sup> 62233 '가전기기 및 유사기기에 대한 자속밀도 측정을 위한 시험조건 규정'에 따라 30cm 거리에서 높이를 3단계로 변화시켜 측정했다. 22곳을 측정한 결과, 측정기준(62.5mG)을 만족시켜 전자파인체유해성에 대한 안전성을 확보했다.

3.2 2차 측정

교육과학기술위원회 소속 박영아 의원실에서 교육과학기술부(과학기술인력과)를 통해 서울대공원 전자파 인체유해성 측정을 요청했다. 한국표준과학연구원에서 측정한 공인시험성적서로 갈음할 것을 요청하였으나,

의원실에서 의정활동의 일환으로 재측정을 지속적으로 요청해 왔으며 이에, 의원실과 측정방법 및 측정기준을 합의 후 측정을 재실시했다. 이 재측정은 2010년 9월 13일 서울대공원 만남의 광장역 11개소, 동물원역 4개소에서 실시했다. 측정기관은 EMF SAFETY (박영아의원실 지정기관)에서 측정을 실시했으며 의원실, KAIST 무선충전식 전기자동차사업단, 단국대, MBC 보도국이 참석한 가운데 측정을 했고 측정기준 및 방법은 국제(ICNIRP) 및 국내 기준에 따라 62.5mG 이내에서 IEC 62110 '전력설비에 대한 자기장 측정방법'에 따라 동력차 측면 및 중앙에서 20cm 거리에서 높이를 3단계로 변화시켜 측정했다. 15곳을 측정한 결과, 최대방사점에서 측정치가 24.1mG로 측정되어 측정기준(62.5mG)을 만족하여 자기장인체유해성에 대한 안전성을 확보했다.

상기 1차, 2차에 걸쳐 시행된 무선충전식 전기자동차 전자파인체유해성에 대한 종합 측정결과가 62.5mG 이내로 측정되어 모든 측정기준을 만족했다.

4. 무선충전식 전기자동차 EMI 측정 결과

2010년 9월 8일, 한국산업기술시험원 전자파기술센터가 무선충전식 전기자동차 급전 시 복사되는 자기장의 세기 측정 분석을 목적으로 실시했다.

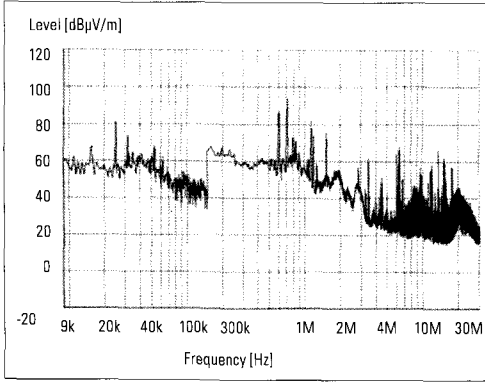
4.1 측정장비

- 측정수신기 : ESPI (R&S),  
RBW 200Hz (@ 9KHz~150KHz),  
RBW 9KHz (@ 150KHz~30MHz)
- 측정안테나 : EMCO 6502, 60cm Loop

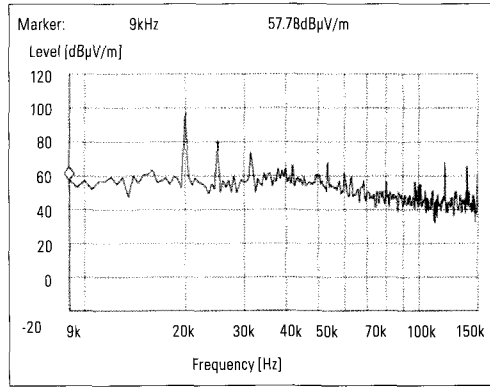
4.2 사전 점검

- 실험실에서의 주변잡음 측정
- 측정장소 : 한국산업기술시험원 차폐실 (Door Open)

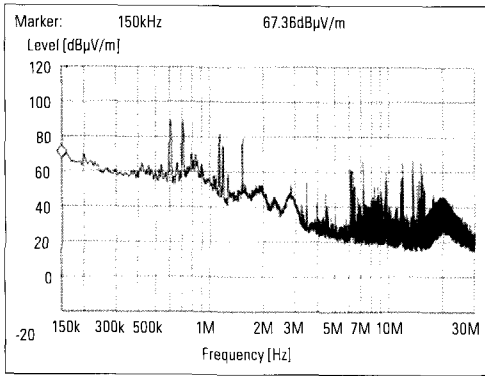
1) ICNIRP(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) : 국제비전리방사보호위원회  
2) IEC(International Electro-technical Commission) : 국제전기표준회의



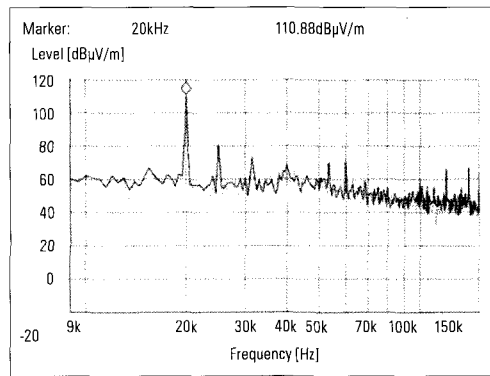
[그림 1]



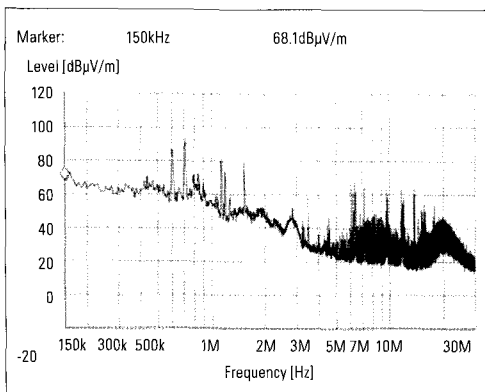
[그림 2]



[그림 3]



[그림 4]



[그림 5]

노이즈 [그림 1 참조]

• 측정위치 : 이격거리 100 m

② 무선충전식 전기자동차 급전시스템 ON(모의 충전 모드, 9KHz~150KHz) [그림 2 참조]

• 동작 상태 : 자석을 이용하여 선로에 전원공급, 무부하

• 데이터 파일명: 무선충전식 전기자동차-100m-2 MaxPk(9KHz~150KHz)

③ 무선충전식 전기자동차 급전시스템 ON(모의 충전 모드, 150KHz~30MHz) [그림 3 참조]

• 동작 상태 : 자석을 이용하여 선로에 전원공급, 무부하

#### 4.3. 측정위치 이격거리 100 m에서의 측정결과

① 무선충전식 전기자동차 급전시스템 OFF (주변 환경

- ④ 무선충전식 전기자동차 급전시스템 ON(차량 충전 모드, 9KHz~150KHz) [그림 4 참조]
  - 동작 상태 : 차량 충전모드, 39kW, SOC 레벨 57% 상태
- ⑤ 무선충전식 전기자동차 급전시스템 ON(차량 충전 모드, 150KHz~30MHz) [그림 5 참조]
  - 동작 상태 : 차량 충전모드, 39 kW, SOC 레벨 57% 상태

#### 4.4 측정결과에 대한 고찰

전반적으로 측정은 잘 수행되었으나, 20KHz 개별 주파수에 대한 Quasi-Peak 측정 시, 분해능 대역폭 (Resolution BW)을 200Hz로 설정하여야 하나, 9KHz로 설정되어 측정이 진행되었다. 인버터의 기본 주파수 20KHz가 협대역(Narrow band) 신호이므로 대역폭에 의한 측정결과와의 차이는 미미할 것으로 사료 된다.

### 5. 무선전력전송제도개선연구반 최종회의 결과

2010년 11월 10일, 방송통신위원회 11층 중회의실에서 관련 연구위원이 참석한 가운데 본 연구반의 최종회의를 개최하여 최종 연구결과를 도출하였다.

#### 5.1 회의 내용 및 결론

- 무선충전식 전기자동차 EMF
  - 측정 기준: 기존 전파법 47조의 '전자파인체보호 기준' 적용  
3KHz 이상~150KHz 미만, 6.25  $\mu$ T
  - 측정 방법: IEC 62110 기준 준용 및 일부 보완 적용
- 무선충전식 전기자동차 EMI
  - 측정 기준: 기존 전파법 상 '전파응용설비'로 적용 불가능  
[결론: 방송통신위원회에서 신규 주파수 분배 결정]

### 5.2 방송통신위원회 주파수 분배 고시

● 방송통신위원회고시 제2011-32호]

전파법 제9조에 따라 대한민국 주파수 분배표(방송통신위원회고시 제2011-24호) 일부를 다음과 같이 개정하여 고시합니다.

2011년 5월 12일  
방송통신위원회위원장

대한민국 주파수 분배표 일부개정

대한민국 주파수 분배표 일부를 다음과 같이 개정한다.  
제2호 주파수분배표의 9-112kHz의 중 14-19.95kHz, 19.95-20.25kHz 및 20.25-70kHz를 다음과 같이 한다.


9-112kHz

국제			한국	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
제1지역	제2지역	제3지역	주파수대별 분배	유효량
14-19.95	고정 해상 이동 5.57 5.55 5.56		14-19.95 고정 해상 이동 5.57	해안국용(무선전신) 전파응용설비 K205
19.95-20.25	표준주파수 및 시보	신호 (20kHz)	19.95-20.25 표준주파수 및 시보신호	20kHz (표준주파수시보용) 전파응용설비 K205
20.25-70	고정 해상 이동 5.57 5.56 5.58		20.25-70 고정 해상 이동 5.57	해안국용(무선전신) 전파응용설비 K205

제4호 국내 주파수 분배표 주석 중 K91을 다음과 같이 변경하고, K205를 신설한다.

### 6. 맺음말

무선충전식 전기자동차에서 발생하는 불요 자기장에 대한 문제를 해결하기 위해 EMF 및 EMI에 대한 영향을 분석해 보았으며 그 결과로서 전자파인체보호기준(EMF)는 공인기관을 통해 여러 차례 측정 시험을 진행한 20 KHz에 대해 규정된 기준을 만족하고 있음을 확인하였고, 전자파방사기준(EMI)에 대한 부분은 그 정의로서 전파법 상 '전파응용설비'로 분류하고 그 기준으로 공인기관과 측정한 결과 기준을 만족할 수 없음을 확인했다.

이에 따라, 방송통신위원회에서는 자문위원(무선전력전송제도개선연구반)의 의견을 받아 들여 최종적으로 전파법 상 전파이용설비(=무선충전식 전기자동차)에 대한 신규 주파수를 2011년 5월 12일 분배 고시하여 무선충전식 전기자동차의 EMF 및 EMI에 대한 문제를 해결했다. 

#### 정보통신 용어해설

### 매체 접근 제어 주소

Media Access Control Address, MAC 주소 [전파]



대부분의 네트워크 인터페이스 어댑터(NIC)에 부여된 고유한 식별자.

인터넷 통신을 할 때 필요한 요소로 48비트로 구성되지만 편의상 12자리 16진수로 표시한다. 앞에 있는 6개의 16진수는 생산자를 나타내는 코드이고, 나머지 6개의 16진수는 시리얼 번호이다. 인터넷을 하려면 IP 주소를 매체 접근 제어 주소로 바꿔주는 절차가 필요하며, 이 과정을 주소 결정 프로토콜(ARP)이라고 한다. 그러므로 두 개의 서로 다른 컴퓨터에 있는 랜카드는 서로 다른 이름의 MAC 주소를 가지고 있다.

