

# 무선충전 전기자동차의 주파수 동향

전양배 CISPR\_B\_WG7 공동의장, 한국과학기술원 책임연구원

## 1. 머리말

무선전력전송 기술이 최근 10여 년 동안 매우 활발하게 연구 중이다. 소출력(50W 미만) 무선충전 기술은 상용화되어 시장에 많이 보급되고 있으며, 전기자동차에서도 차량 충전의 새로운 방법으로 활발하게 연구되고 있다. 이처럼 전기자동차 무선 충전기술의 연구 개발 측면에는 다양한 진전이 있으나 상용화로 직접 연결되거나 표준화되는 속도는 연구 개발만

큼 빠르지 않다.

다행히 2019년 6월에 국제전기통신연합-무선분야/연구그룹1(ITU-R/SG 1)에서 무선충전 전기자동차에 대한 권고 주파수를 개발하여 발표하였다. 이는 매우 고무적인 일이다.

본고에서는 ITU-R/SG 1의 무선충전 전기자동차의 권고 주파수에 대한 배경과 그 협의 과정, 그리고 주파수 간섭영향 분석에 대해 간략히 살펴보고자 한다.

〈표 1〉 무선충전 전기자동차의 권고 주파수

TABLE 1  
Frequency range for operation of non-beam WPT systems for electric vehicles

Frequency range	Suitable non-beam WPT-EV
19-21kHz	Magnetic induction technology or Magnetic resonant technology
55-57kHz*	Magnetic induction technology or Magnetic resonant technology
63-65kHz*	Magnetic induction technology or Magnetic resonant technology
79-90kHz	Magnetic resonant technology

\* Not to be used for the fundamental frequency of WPT-EV. Assuming a minimum separation distance of 50m between WPT-EV and SFTS receivers, the third harmonic must fall within the 64-65kHz and 55-56kHz frequency range and the WPT emission be limited to 35dBμA/m at 10m. Where a separation distance of greater than 100m between WPT-EV and SFTS receivers can be guaranteed, the third harmonic may fall within the 63-65kHz and 55-57kHz and the WPT emission be limited to 44dBμA/m at 10m.

※ 출처: Table 1 at Recommendation ITU-R SM.2110-1

## 2. 무선충전 전기자동차의 권고 주파수

SG 1 산하의 WP 1A (Working Party 1A)<sup>1)</sup>에서 2019년 6월 회의를 통해 SG 1에 SM.2110 -1 권고서를 보고하고, SG 1 총회에서 이를 승인하며 권고 주파수가 개발되었다. 해당 권고 주파수는 SM. 2110-1의 Table 1과 같으며, 이는 <표 1>과 같다.

### 2.1 무선충전 전기자동차의 권고 주파수 배경

무선충전 전기자동차의 주파수 권고 배경을 살펴보면, 2012년 11월 「무선전력전송(WPT<sup>2)</sup>, Wireless Power Transmission)」 제목의 QUESTION ITU-R 210-3/1의 문서가 승인되면서 연구가 시작되었으며, 2013년 6월 처음으로 우리나라에서 19-21kHz, 59-61kHz를 제안하고, 일본은 2014년 6월에 79-90kHz를, 미국은 2014년 6월에 6.78MHz를 제안하였다.

2014년 6월 회의에서 미국은 6.78MHz는 ISM (Industrial, Scientific, Medical) 대역 주파수이므로 주변 주파수에 대한 간섭영향 분석이나 국제적 협의 없이도 쓸 수 있기에 이 주파수에 대한 권고서를 먼저 만들자고 주장하였다. 이에 대해 한국, 일본, 독일, 영국, 이스라엘, 이란, 스웨덴 등은 첫째, 국제적

으로 공인된 ISM 주파수 대역인데 ITU-R/SG 1에서 굳이 권고서를 또 개발할 필요는 없으며, 둘째, WPT 기술과 연계한 다양한 주파수 스펙트럼들이 발표되고 있는데 이런 핵심기술들의 연구가 매우 중요하다는 이유를 들어 6.78MHz만의 권고서 개발에 반대하였다.

2015년 일본은 자국의 주파수 79-90kHz 대역을 관철하기 위한 목적으로 WRC-15 회의에서 WPT를 긴급 의제로 제안해 WRC-19 Resolution 9.1.6을 만들었고, 이로 인해 자국 주파수의 권고서 개발 경쟁이 치열해졌다. 이어 2016년 독일은 19-21kHz와 36-44kHz를, 한국은 추가로 100-300kHz를, 일본은 추가로 110-300kHz를 제안하면서 매우 다양한 주파수 대역으로 논의가 확대되었고, 이에 대한 합의를 도출하기가 매우 어려워지자 2017년 6월 회의에서 미국의 주장이 받아들여져 SM. 2110-0 권고서에 6.78MHz만 권고되었다.

그러나 SM.2110-0 권고서는 ITU-R/SG 1의 실적을 위해 만들어졌다는 한계가 있었다. 이에 2017년 11월 회의부터 본격적으로 권고 주파수에 대한 국가 간 기술적 협의가 치열하게 진행되었고, 이때부터 연 1회 개최되던 WPT 회의는 권고 주파수 대역들에 대

<표 2> 6.78MHz만 권고된 무선충전 권고 주파수(SM.2110-0 기준)

TABLE 1  
Frequency range for operation of non-beam WPT systems

Frequency range	Suitable non-beam WPT-EV
6,765-6,795kHz Note: See RR No. 5.138	Magnetic resonant technology for mobile/portable devices

NOTE - This Table lists only one frequency range since no global harmonization for other frequency ranges could be reached at the moment of publication. This does not mean that the mentioned frequency range is the most suitable or the only available range for WPT. Other ranges may be added in due time.

※ 출처: Table 1 at Recommendation ITU-R SM.2110-0

1) SG 1 산하에는 WP 1A(주파수 스펙트럼 관련 새로운 기술을 다룸), WP 1B(주파수 스펙트럼의 관리 분야를 다룸), WP 1C(주파수 스펙트럼의 감시 분야를 다룸)의 세 WP가 있다.

2) 무선전력전송 기술은 대개 줄여서 WPT라고 읽는다. 하지만, ITU에서는 WPT를 Wireless Power Transmission이라 쓰고, IEC 등 대다수 표준기관은 Wireless Power Transfer라고 정의한다. 이와 관련된 용어 정의(Definition of Terminology)는 추가로 논의할 필요가 있다.

한 기술적 협의점이 도출될 때까지 연 2회(6월 본회의와 11월 임시회의)로 확대되었다. 아울러 WRC-19 대응을 위한 CPM<sup>3)</sup> Report도 함께 준비해야 하므로 시기적으로 매우 촉박하게 움직여야 했다.

## 2.2 무선충전 전기자동차의 권고 주파수 협의 과정

2017년 11월 회의에서 다양한 국제조직과 국가에서 문제 제기가 있었다. 첫째, EBU<sup>4)</sup>에서 운용하는 긴급 재난 음성방송 주파수 대역(245-284kHz)과 일본의 85kHz 대역의 제3고조파(255kHz)가 겹치는 문제가 있었고, 둘째, 영국 런던에서 일반적으로 공급하는 시계의 전파시보가 60kHz 대역(59.75-60.25kHz)이라 우리나라가 제안한 59-61kHz와 겹치는 문제였다. 이에 대해 우리나라는 2018년 6월 회의에서 주파수 대역을 조금 수정하여 19-25kHz와 55-65kHz로 제안하였다. 60kHz 전파시보를 사용하는 영국 런던, 일본의 남부 지역, 미국의 일부 주 등에서 20kHz 대신 21kHz를 기본 주파수로 사용하여 60kHz 전파시보와의 간섭영향을 없애 해당 서비스를 보호하겠다는 목적이었다.

우리나라는 2018년 11월 회의에서, ① 20kHz(19-21kHz)를 기본 주파수로 사용하며, ② 60kHz는 20kHz의 제3고조파로서 대출력(100kW급 이상) 무선충전 에너지 전송효율을 높이기 위해 함께 사용되기에 필터로 제3고조파 성분을 제거하면 안 되어 공동 주파수로 사용함을 적극적으로 설명하였다. 이에 대해 영국을 비롯한 많은 국가와 조직들이 이해하게 되었고, 영국은 대신 60kHz 전파시보를 보호하기 위한 보호 대역(Guard band)을 2019년 6월 회의에서 제시하기로 합의하였다.

아울러, EBU는 일본의 85kHz 대역뿐 아니라 우리나라의 20kHz 대역에도 동일한 간섭 문제를 제기했다. 그러나 EBU에서 제출한 기술 제안서에 따라 제9고조파 성분까지만 간섭 문제를 논하기로 했는데, 우리나라의 20kHz 대역의 제9고조파는 180kHz 영역이므로, EBU가 제기한 긴급 재난 음성방송 주파수 대역(245-284kHz)과 해당 사항이 없음을 상호 확인했다. 결국 EBU는 20kHz와 60kHz 주파수 대역에는 문제가 없음을 합의하였다.

2019년 6월 회의에서 영국은 60kHz 전파시보를 보호하기 위한 보호 대역으로 55-56/64-65kHz를 제안했는데, 이 제안은 기술적 의미에서 20kHz와 60kHz WPT를 전혀 사용하지 못하게 하는 것이었다. 55-56kHz 대역은 우리나라가 사용하는 19-21kHz 중 19kHz의 제3고조파가 57kHz이기에 쓸 수 없으며, 64-65kHz 대역도 21kHz의 제3고조파가 63kHz이므로 이 또한 사용 불가능하기 때문이다. 이는 영국이 보호 대역을 제안한 것이 아니라, 사실상 의도적으로 20kHz 대역과 60kHz 대역의 무선충전 기술을 쓰지 못하게 하는 것과 마찬가지였다.

이에 대해 우리나라는 영국 제안에 반박하며 ① 60kHz 전파시보를 쓰는 국가나 지역은 제한적이며, ② 60kHz 전파시보의 주파수 대역은 59.75-60.25kHz로 매우 좁아 1-2kHz 정도 보호 대역과 이격거리(Separation distance) 100m만 확보해도 충분하고, ③ 더 나아가서 60kHz 전파시보를 쓰는 국가 및 도시에서는 그 전파시보를 우선하여 보호하기 위해 21kHz를 사용토록 명문화하여 55-57kHz와 63-65kHz로 변경할 것을 다시 제안했다.

영국은 우리나라의 제안을 수용하는 대신 21kHz

3) CPM(Conference Preparatory Meeting): WRC(World Radiocommunication Conference, 세계전파총회로 4년에 한 번 개최되며 ITU가 주관)를 개최하기 전에 논의될 해당 문제들에 대해 국가별로 사전 회의를 거쳐 보고서를 만들어서 국가 간 합의의 효율성을 높이기 위해 개최

4) EBU(European Broadcasting Union): 유럽방송연맹으로 유럽의 56개국 85개 방송단체와 그 밖의 22개국 37개 연합 방송국들의 연맹

사용을 명문화하기 위해 권고 주파수 아래에 각주(footnote)를 명기하자고 제안하였고, 우리나라도 이를 받아들여 권고 주파수가 완성될 수 있었다(표 1) 참조)

결론적으로 우리나라가 제안한 ① 19-21kHz와 ② 55-65kHz(60kHz 전파시보 사용 국가나 지역에서는 55-57/63-65kHz)와 일본이 제안한 ③ 79-90kHz가 권고 주파수로 채택되었다. 엄밀하게 이야기하면 ①과 ②번은 대출력(100kW급 이상) 무선충전 전기 자동차용(Heavy-duty electric vehicle)이며, ③번은 승용 무선충전 전기 자동차용(Light-duty electric vehicle)이다.

85kHz가 무선충전 전기자동차 시장을 장악하리라 평가하지만, 실상은 그렇지만은 않다. 대출력 무선충전 대역은 단순히 전기버스나 전기트럭 시장뿐 아니라 경전철과 노면전차 등에 확대되어 사용된다. 실제 유럽은 여러 국가가 운용하고 있는 도시 내 노면전차가 노후화되었고 상부가선(Pantagraph) 방식이라 도시 미관에도 좋지 않으며, 전기 안전에도 민감해서 대안으로 노면전차의 레일 사이에 전선을 매설하여 무선충전으로 운영하는 방안을 적극 검토하고 있다. 이런 이유에서 유럽 국가들의 지지를 얻을 수 있었고 특히, 독일은 매우 적극적으로 20kHz를 지지하고 있다.

### 3. 무선충전 전기자동차의 주파수 간섭영향 분석

ITU-R/SG 1 산하 WP 1B(주파수 스펙트럼 관리 분야)에서는 2015년부터 현재까지 WPT 기술에 관한 간섭영향 연구(Impact Study)를 지속해 오고 있는데, 우리나라도 이 연구에 적극적으로 참여하고 있어 함께 살펴본다.

### 3.1 무선충전 전기자동차의 주파수 간섭영향 배경

2013년 6월부터 간섭영향 분석은 계속 요구되었고, 2017년 6월 SM.2303-2 기술보고서가 만들어졌다. 하지만 이 보고서는 엄밀한 의미의 간섭영향 분석이 아니라 WPT의 기술 현황 보고서였다. 또 WPT 주파수 권고 요구에 대한 인접 주파수 대역의 서비스를 제공하는 기구·조직 등에서는 적극적으로 간섭영향의 이의 제기가 있어 주로 8개 기술 분야로 정리되었다.

- ① 전파시보  
(SFTS: Standard Frequency and Time Signal service)
  - 일본: 40kHz/60kHz
  - 영국: 60kHz
  - 중국: 68.5kHz/100kHz
  - 독일: 77.5kHz
  - 프랑스: 162kHz
- ② 리플 컨트롤<sup>5)</sup>(Ripple Control)
  - 유럽: 129.1kHz / 139kHz
- ③ 철도차량 자동 멈춤 시스템  
(ATS: Automatic Train Stop system)
  - 일본: 150kHz
- ④ 해상 장거리 항법유도 시스템  
(LORAN-C: LOng RANge Navigation C version)
  - 285kHz-325kHz(ITU-R M.823)
  - 1.6MHz-3.8MHz(ITU-R M.1173 & ITU-R M.1171)
  - 4MHz-27.5MHz(ITU-R M.1173 & ITU-R M.1171)
- ⑤ 긴급 재난 음성방송 서비스  
(AM sound broadcasting service)
  - 245-284kHz(EBU)
- ⑥ 아마추어 무선(Amateur radio)
  - 135.7-137.8kHz 대역
  - 472-479kHz 대역
- ⑦ 항공 유도 서비스(Aeronautical service)
  - 190-535kHz 대역
  - 2,800-22,000kHz 대역
- ⑧ 낙뢰 감지 시스템(Lightning detection system)
  - 5-200kHz 대역

상기의 시스템들은 ITU-R/SG1/WP 1B에서 2015년부터 2017년 6월까지 관련 SG들에 연락문서(Liaison letter)를 회람하여 얻은 객관적인 간섭영향

5) 리플 컨트롤(Ripple Control) : 전력 수요의 피크 타임(Peak time)에 전력회사가 수요 가정의 전기 시스템을 자동으로 끄는 시스템으로, 우리나라에는 없지만 유럽의 일부 국가들은 운용 중인 기술

대상 시스템으로, 2017년 11월 회의부터 채택하고, WPT 기술과의 간섭영향 결과를 연구·분석하여 간섭영향 보고서를 작성하기 위한 PDNR SM.[WPT\_EV\_IMPACT]<sup>6)</sup> 문서번호가 부여되었다.

### 3.2 무선충전 전기자동차의 주파수 간섭영향 분석결과

우리나라는 ITU-R의 간섭영향 요구 이전 2015년부터 자체적으로 공존연구(Co-existence Research)라는 이름으로 수행해 오고 있었으나, 8개 분야의 간섭영향 분석 대상이 정해진 이후로 더 적극적으로 보고서에 기고할 수 있었다. 2016년부터 매년 실측 환경(구미에서 운용 중인 무선충전 전기버스 운영 환경)에서 측정한 간섭영향 결과를 도출하였고, 앞서 기술한 8개 항목에 관한 간섭영향 연구 결과를 2018년 11월에 최종적으로 제출하여 그 결과는 SM.[WPT\_EV\_IMPACT]에 다음과 같이 반영되었다.

- ① 전파시보
  - 60kHz 전파시보(영국, 일본 사용): 영국과 합의 완료
  - 중국(68.5kHz/100kHz), 독일(77.5kHz), 프랑스(162kHz): 간섭영향 없음
- ② 리플 컨트롤
  - 유럽(129.1kHz / 139kHz): 간섭영향 없음
- ③ 철도차량 자동 멈춤 시스템
  - 일본(150kHz): 간섭영향 없음
- ④ 해상 장거리 항법유도 시스템
  - 간섭영향 없음(중국도 간섭영향 없다는 보고서 제출)

- ⑤ 긴급 재난 음성방송 서비스
  - 상관관계 없음(EBU도 동의)
- ⑥ 아마추어 무선
  - 간섭영향 없으나 지속적 감시 대상
- ⑦ 항공 유도 서비스
  - 190-535kHz는 실제 사용되지 않고, 2,800-22,000kHz 대역은 간섭영향 없음
- ⑧ 낙뢰 감지 시스템
  - 간섭영향 없음

60kHz 전파시보를 제외한 다른 대상에서는 간섭영향이 없거나 상관관계가 없었으며, 아마추어 무선에서는 간섭영향이 없더라도 IARU<sup>7)</sup>에서 지속적으로 감시(monitoring)하겠다는 의사를 우리나라가 수용하였다. 또한 60kHz 전파시보 관련해서는 무선충전 권고 주파수 내용에서 상세히 밝혔으므로 영국과 잘 합의됨으로 줄여 정리한다.

## 4. 맺음말

우리나라가 제안한 무선충전 전기자동차의 주파수가 국제사회에서 기술적 합의를 이루고, ITU에서 주파수 분배를 권고받기까지 얼마나 어려운지 알 수 있었다. 이러한 기술과 주파수 대역이 국제 시장에서 활발히 보급 확산하도록 더 노력하여야 할 것이다.



6) PDNR(Preliminary Draft New Report): 예비 초안 신규 보고서의 약자로 초기 2017년에는 SM.[WPT-SPEC-MINGM]에서 2018년 11월 SM.[WPT-EV-IMPACT]로 변경되었음

7) IARU(International Amateur Radio Union): 국제아마추어무선연맹의 약자로, 전 세계 각국에 연맹을 둔 국제기구이며 ITU에 아마추어 무선에 대해 의사표시를 할 권한을 지님

### 참고문헌

- [1] ITU-R Recommendation R-REC-SM.2110-1 & R-REP-SM.2110-0
- [2] ITU-R Report R-REP-SM.2303-2