

전기자동차 충전 인프라 국제표준화 및 국내 법규 동향

전기자동차의 충전은 시간적, 공간적으로 필요한 때와 장소에서, 원하는 시간 내에, 불편함이 없이 이루어지는 것이 필요하다. 꼭 필요할 때(Timing), 빨리(Fast), 원하는 방식(Harmonization) 등 3가지 요소가 주요 이슈이다. 이를 만족하기 위하여 전기자동차 충전 인프라 기술 및 표준은 진화 중에 있다. 다른 산업과 달리 전기자동차 산업은 충전 인프라가 우선되어야 하는 산업으로, 충전 인프라 기술 국제표준화는 지난 10여 년간 수많은 논의 끝에 이제 일차적인 마무리를 앞두고 있다. 이러한 전기자동차 충전 인프라의 국제표준화에 대한 이해가 전기자동차 보급과 확산을 위한 선행 조건임은 두말할 나위가 없다. 미래 전기자동차 시장의 서비스를 좌우할 전기자동차 충전 인프라 국제표준화 개발 동향 및 국내 법규 및 표준개정 동향을 소개한다.

1. 서론

전기자동차 충전 인프라 기술은 전기자동차 확대보급을 위한 선결 조건이다. 최근 충전 인프라 구축이 확대되면서 전기자동차 충전과 관련된 다양한 서비스가 나타나고 있다. 그러나 이러한 전기자동차의 충전 서비스는 국제표준화를 바탕으로 시작되었으며, 국내법, 제도의 개정을 통하여 시장을 형성하고 있다.

특히 전기자동차 충전 인프라의 국제표준화는 국내의 전기자동차 완성차업체의 지원에 힘입어 지난 10년 이상 동안 지속되어 왔다. 특히 IEC 및 ISO에서의 전기자동차 국제표준화는 많은 성과를 거두었고 현재도 많은 새로운 프로젝트들이 제안되고 있다.

국내의 전기자동차 충전 인프라에 대한 인식은 수년간의 시행착오를 거쳐 이제 어느 정도 성숙단계에 진입하고 있다. 충전기 커넥터의 콤보 1 단일화 표준 개발, 전기자동차 충전기의 전력량계 기술기준 제정, 전기자동차 충전기 관리 통신 표준의 개정, 전기자동차 충전기 분류에 대한 고시 개정 등을 통하여 다양한 종류의 전기자동차 충전 인프라 제품의 출현과 서비스 산업 생태계가 형성되고 있다.

본 원고에서는 전기자동차 충전 인프라 국제표준화에 대하여 간략히 설명하고, 전기자동차 충전 인프라의 새로운 서비

스를 제시하는 ISO/IEC 15118의 국제표준화 동향에 대하여 소개한다. 또한 최근에 이루어진 국내 전기자동차 충전 인프라 서비스의 새로운 형태를 가늠할 수 있도록 법, 제도 및 표준의 내용을 간략히 소개한다.

2. 전기자동차 충전 인프라 국제표준화 동향

IEC TC69(Electrical power/energy transfer systems for electrically propelled road vehicles and industrial trucks)에서는 전기자동차 충전 인프라에 대한 국제 표준화를 담당하고 있다. TC(Technical Committee) 69는 크게 7개의 WG(Working Group)과 7개의 PT(Project Team) 및 3개의 MT(Maintenance Team)로 구성되어 있다. 또한 5개의 JWG(Joint Working Group)에서 ISO 또는 다른 TC 등과 연계하여 표준을 개발하고 있다. 특히 JWG1은 ISO TC22와 전기자동차와 충전기 사이의 통신 표준인 ISO/IEC 15118을 개발하고 있다.

최근의 전기자동차 충전 인프라의 이슈는 초고속 충전에 대한 요구와 주행 중 무선충전에 대한 요구가 있다. PT61851-

23-3에서 메가와트 충전시스템에 대한 표준화, PT63243, PT63381를 중심으로 주행 중 무선충전에 대하여 표준화가 진행 중이다.

본 논문에서는 IEC TC69에서 개발하는 전기자동차 충전 인프라에 대한 표준을 간략히 소개하고 JWG1에서 개발하는 ISO/IEC 15118의 최신 동향을 소개한다.

2.1 전기자동차 충전 인프라 국제표준

전기자동차 충전은 크게 2가지로 분류된다. 전도성(Conductive) 충전과 무선(Wireless) 충전이다. 전도성 충전은 다시 AC 충전과 DC 충전으로 구분되며, 이외에도 다양한 충전 방식이 존재한다. 그림 1에서는 전도성 충전의 국제표준에 대한 영역별 표준을 나타내고 있다¹⁾.

전도성 충전은 DC 충전(IEC 61851-23), AC 충전(IEC 61851-1) 표준과 전기자동차와 충전기 사이의 통신 인터페이스 표준(ISO/IEC 15118)이 있다. 이외에도 충전 커넥터(IEC 62196) 및 충전 케이블(IEC 62893), 휴대용 충전기(IEC 62752) 등이 표준화되고 있다.

AC 및 DC 충전에 대한 IEC 61851 시리즈의 주요 내용은 전기적 안전성과 기본적인 충전 신호에 대한 내용이며, 충전 통신 표준인 ISO/IEC 15118은 전기자동차와 충전기 사이의 데

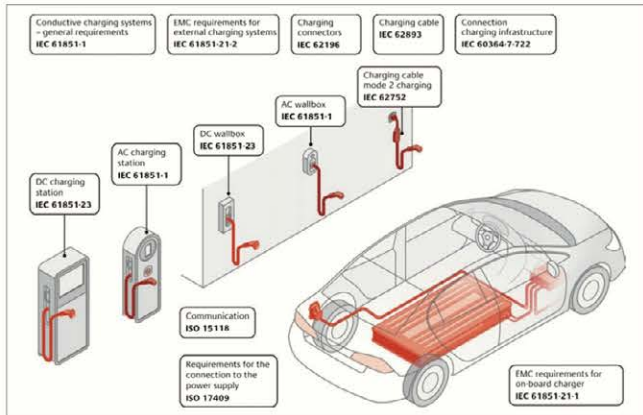


그림 1 전기자동차 전도성 충전 국제표준

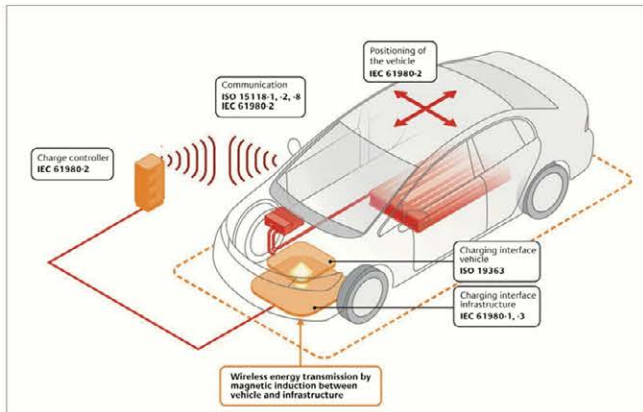


그림 2 전기자동차 무선 충전 국제표준

이터 통신에 대한 내용을 다루고 있다. 그림 2에는 전기자동차 무선충전을 위한 국제표준을 영역별로 표시하고 있다.

전기자동차 무선충전은 IEC 61980 시리즈에서 다루고 있으며, 전기자동차와 무선충전기 사이에는 통신 표준으로 ISO/IEC 15118 표준이 있다. 전기자동차 무선충전은 다시 정차 중 무선충전(IEC 61980)과 주행 중 무선충전(IEC PT63242)으로 구분되어 표준화가 진행 중이며, 이를 위한 통신 표준으로 ISO/IEC 15118이 있다.

이상의 설명에서 알 수 있듯이 전기자동차 충전을 위한 디지털 통신은 ISO/IEC 15118에서 표준화하고 있다. ISO/IEC 15118 표준은 전기자동차의 충전을 위한 필수 표준으로 아래에 최신 동향을 간략히 소개한다.

2.2 EV 충전 통신 표준: ISO/IEC 15118

전기자동차의 충전을 위한 기본 신호로서 IEC 61851-1 PWM(Pulse Width Modulation) 신호를 이용하고 있다. 그러나 이 방식으로는 전기자동차와 충전기 사이의 데이터 통신을 지원할 수 없다. ISO/IEC 15118 V2G CI(Vehicle to Grid Communication Interface)는 전기자동차와 충전기 사이의 데이터 통신을 지원하기 위한 표준이다. 대부분의 전기차 이용자는 이러한 통신 표준을 이용해서 무엇이 지원되는지 의문을 가진다. 그러나 단방향 충전 제어 통신(IEC 61851-1)으로는 전기차 충전에 대한 과금을 지원할 수 없는 근본적인 단점이 있으며, 다양한 충전 서비스를 제공할 수 없는 한계가 있다는 것을 쉽게 이해할 수 있을 것이다. 그림 3은 전기자동차 충전 인프라 통신의 가장 주요한 표준에 대하여 나타내고 있다. ISO/IEC 15118-1에서는 활용 사례, ISO/IEC 15118-2에서는 통신 프로토콜 구현 표준, ISO/IEC 15118-3에서는 물리

**ISO/IEC 15118 Vehicle to grid
Communication interface**

Part 1: General information and use-case definition

Part 2: Technical protocol description and Open Systems Interconnections (OSI) layer requirements

Part 3: Physical layer and Data Link layer requirements

그림 3 ISO/IEC 15118 V2G CI 주요 표준

계층에 대한 통신 표준이다. 이외에도 ISO/IEC 15118-4, 5, 8 이 개발되었고, 15118-9, 20, 21의 개발이 진행 중이다.

2.2.1 ISO/IEC 15118-1 표준화 동향

ISO/IEC 15118-1은 활용 사례(Use Case)에 대한 내용을 표준화하고 있다. ISO/IEC 15118-1 ED.1(그림 4)에서는 이러한 데이터 통신으로 가능한 서비스를 제시하였다. 먼저 자동 과금 및 인증서 보안을 이용하는 충전 자동화 방식에 대한 활용 사례, 최적화된 충전 관리 활용 사례, 10Mbps 통신 속도의 물리계층을 이용한 부가서비스 활용 사례 등이 제시되었다.

그러나 ISO/IEC 15118의 표준명인 V2G CI(Vehicle to Grid Communication Interface)에서 보듯이 단순 충전이 아니라 전기자동차의 배터리에서 전력을 다시 전력망으로 역전송하는 부분에 대한 내용이 제외되어 있었다. 이러한 활용 사례 이외에도 무선충전(Wireless Power Transfer), 자동충전(Automated Connecting Device), 전력 역전송(Reverse Power Flow)에 대한 내용이 추가되어 그림 5와 같이 ISO/IEC 15118-1 ED.2가 제정되었다. 현재 전기자동차 무선충전에는 정차 중 무선충전 기술이 어느 정도 완성단계에 있으며, 주행 중 무선충전 기술은 현재 표준개발의 초기 단계에 있다. 자동충전 기술은 현재 전기버스 등에 주로 적용되며 향후 다양한 자동충전 기술이 발전할 것으로 예상된다. 또한 전기자동차의 ESS 역할이 가능한 전력 역전송 기술은 표준개발이 활발히 진행 중이다.

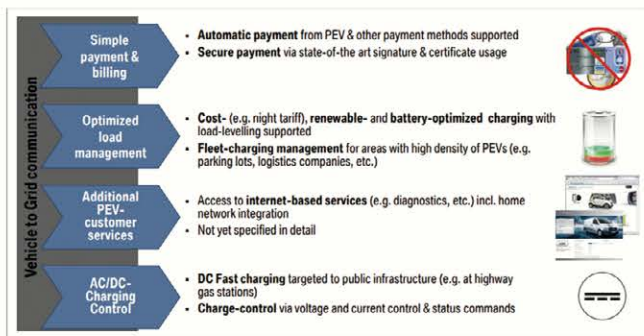


그림 4 ISO/IEC 15118-1 ED.1 활용 사례

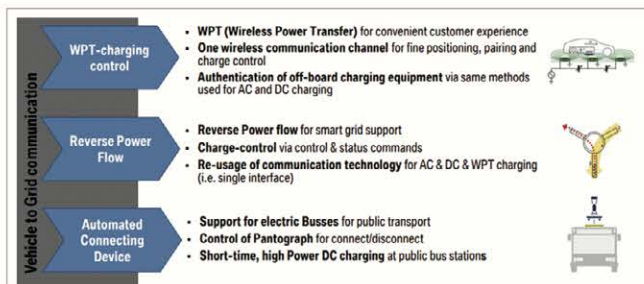


그림 5 ISO/IEC 15118-1 ED.2 활용 사례

2.2.2 ISO/IEC 15118-2 표준화 동향

이러한 ISO/IEC 15118-1에서 제시하는 활용 사례를 구현하기 위한 표준으로 ISO/IEC 15118-2가 제정되었다. 그림 6은 ISO/IEC 15118-2에서 제시하는 OSI 7계층에 대한 구성도이다. 물리계층과 데이터링크 계층은 ISO/IEC 15118-3에서 제시하는 전력선통신(HPGP)을 기반으로 ISO/IEC 15118-2에서는 계층 3에서 계층 7까지의 내용을 표준화하고 있다. 네트워크 계층과 전송 계층은 TCP/UDP, TLS, IPv6 등이 채택되었으며, 표현 계층은 EXI를 적용하고 있으며 응용 계층에서 V2GTP와 V2G 응용 메시지를 정의하고 있다, 특히 보안에 대한 자세한 내용을 표준화하고 있다.

그러나 ISO/IEC 15118-2는 ISO/IEC 15118-1 ED.1에서 제시한 활용 사례에 대한 통신 프로토콜 구현 표준이며, ISO/IEC 15118-1 ED.2에서 제시한 무선충전, 자동충전, 전력 역전송을 지원하지 못한다. 현재 이를 지원하기 위한 ISO/IEC 15118-20이 개발 중이며 2022년 상반기에 국제표준이 발간될 예정이다. 그림 7에서 보는 바와 같이 ISO/IEC 15118-20의 적합성 시험은 각 충전 기술별로 ISO/IEC 15118-21, 22, 23, 24, 25 등으로 구분되어 표준화될 예정이다.

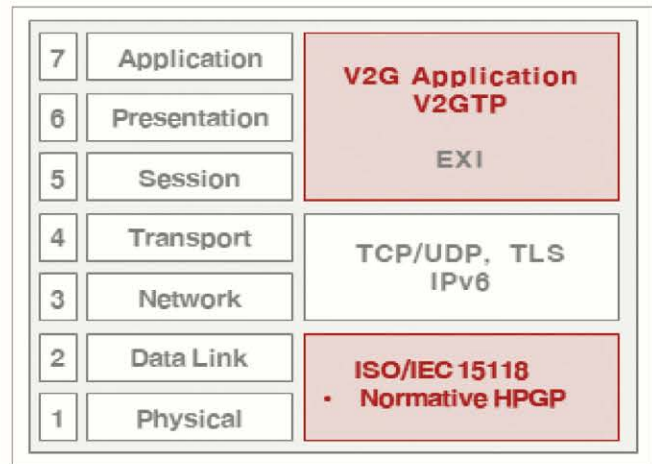


그림 6 ISO/IEC 15118-2 통신 프로토콜 표준 구조

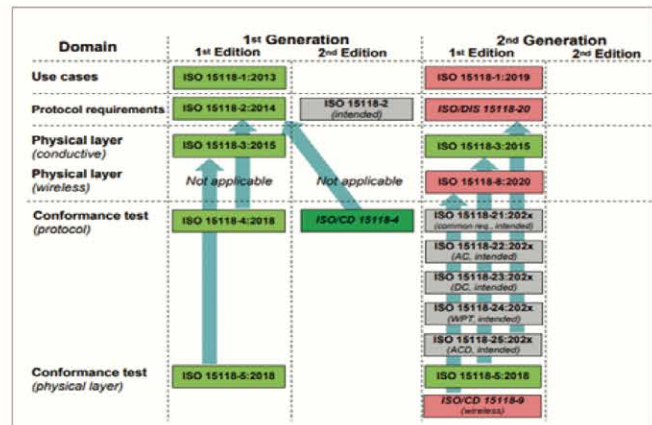


그림 7 ISO/IEC 15118 표준 개발 동향

3. 국내 전기자동차 충전 인프라 규정 동향

3.1 충전기 관리 프로토콜 표준화

전기자동차 충전 시스템에 대한 관리는 CPO(Charge Point Operator) 또는 CSO(Charging Station Operator)에 의해서 이루어진다. 다양한 충전기를 관리하기 위한 표준들이 있지만 사실상의 표준은 OCA(Open Charge Alliance)의 OCPP(Open Charge Point Protocol) 1.6이다. 현재 국내에는 OCPP 1.6, OCPP 2.0.1 및 KEPCO 3.0 등의 충전기 관리용 프로토콜이 사용 중이며, 국제 표준화는 IEC 63110이 개발 중이다.

그러나 현실에서는 전기자동차 충전기의 고장 발생 시 이에 대한 관리가 부족하여 원활한 충전 서비스를 원하는 사용자의 불편을 초래하고 있다. 정부의 제4차 친환경 자동차 기본계획^[2]에 의하면 2025년까지 50만 기 이상의 충전기를 보급할 예정이다. 특히 이동거점 경로에는 1.7만 기의 급속 충전기를 보급할 예정이며, 특히 고속도로 휴게소에는 초급속 충전기(350kW)를 설치할 계획이다. 또한 사용자 접근성을 확실히 보장하기 위하여 과금형 콘센트 형태의 충전 인프라도 구축할 계획이다.

이러한 대규모 충전 시설의 관리를 위한 사실상의 표준이 시장에서 확립되지 않아 국가기술표준원은 KS R 1201-1(전기자동차 충전 스테이션 관리시스템—제1부: 일반 요구사항)의 개정을 통하여 향후 충전 서비스의 관리가 원활하도록 하였다. 시험인증이 가능한 개방형 프로토콜을 권고함으로써 국내 충전기 관리 프로토콜의 혼용에 의한 혼란을 방지하고자 하는 취지로 개정되었다.

상기표준의 5.1 일반사항에서 주 액터간 프로토콜은 상호 운용성 확보를 위하여 제3자 적합성 인증이 가능한 개방형 프로토콜 사용을 권장하고 있다. 즉 OCPP 1.6을 현실적으로 사용하여야 하며, 향후 제3자 인증이 가능하다면 충전 서비스의 종류에 따라 OCPP 2.0.1 및 IEC 63110의 적용도 가능하도록 하였다.

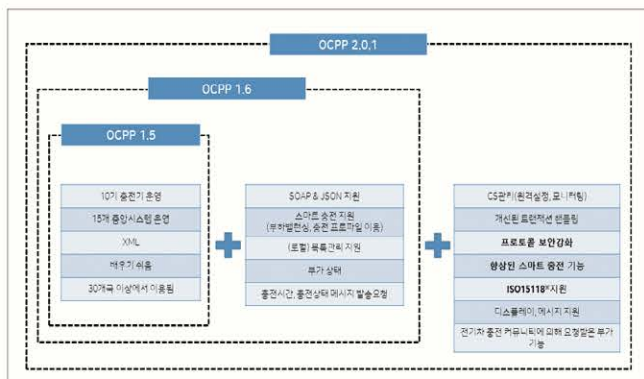


그림 8 OCPP 버전별 주요 기능

3.2 충전 시설 기준 개정

정부는 “환경 친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률 시행령”^[5] 개정을 통하여 국내 전기자동차 충전 인프라의 설치 의무 대상과 비율을 규정하였다. 특히 제18조의 7(충전 시설의 종류 및 수량 등)에서는 환경 친화적 자동차 충전 시설의 구조와 성능은 산업통상부장관이 정하여 고시하도록 하고 있다. 이에 따라 산업통상자원부는 “환경 친화적 자동차의 요건 등에 관한 규정” 고시^[6] 7조(충전 시설의 기준)에서 전기자동차 시설의 종류를 명확히 하고 있다. 충전 시설의 기준에 대한 내용은 다음과 같다.

① 영 제18조의 7제1항 “산업통상자원부장관이 정하여 고시하는 기준에 적합한 시설”이란 다음 각 호의 시설을 말한다.

1. 급속 충전 시설: 충전기의 최대 출력값이 40kW 이상인 시설로서 충전기와 전기자동차 사이의 연결부 규격이 한국산업표준(KS R IEC 62196-3)에서 정한 콤보 1 또는 콤보 2를 따르는 시설
2. 완속 충전 시설: 충전기의 최대 출력값이 40kW 미만인 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 시설
 - 가. 충전기와 전기자동차 사이의 연결부 규격이 한국산업표준(KS R IEC 62196-2)에서 정한 유형 1을 따르는 시설
 - 나. 전기자동차에 이동형 충전기 또는 휴대용 충전기 등을 연결하여 구동충전지를 충전하고 이에 따른 과금을 할 수 있도록 설치된 콘센트(둘 이상의 콘센트가 설치된 때에는 동시에 각 콘센트를 이용할 수 있는 것에 한한다)

② 제1항 각 호의 충전 시설 중 다채널 충전 시설(둘 이상의 전기자동차를 동시에 충전할 수 있는 채널을 갖춘 충전 시설을 말한다. 이하 같다)은 동시 충전이 가능한 채널의 수에 해당하는 충전 시설을 설치한 것으로 본다. 다만, 충전 시설을 설치한 것으로 보는 수량은 다음 각 호의 구분에 따른 값을 초과할 수 없다.

1. 제1항 제1호의 급속 충전 시설인 다채널 충전 시설 : 최대 출력값을 40kW로 나눈 값
2. 제1항 제2호의 완속 충전 시설인 다채널 충전 시설 : 최대 출력값을 3kW로 나눈 값

3.3 충전 시설 전력량계 기술 기준 개정

계량에 관한 법률 시행령^[5] 별표 7에서는 형식승인을 받아야 하는 계량기로 전기자동차 충전기를 명시하고 있다. 또한 시행령 별표 13에서는 전기자동차 충전기를 이동형과 고정형으로 구분하고 이에 대한 검정과 재검정 유효기간을 정하고 있다.



그림 9 전기자동차 충전기의 전력계량 방식에 따른 분류

표 1 전기자동차 충전기 계량 기능 유효기간

11. 전기자동차 충전기	유효기간	
	검정	재검정
가. 이동형	4년	4년
나. 고정형	7년	7년

그리고 전기자동차 충전기 기술기준⁶⁾에서는 계량에 관한 법률 제14조, 같은 법 시행령 제10조에 따른 전기자동차 충전기의 형식승인을 위한 기술적 요건, 일반적인 성능에 대한 요구사항을 규정하고 있다. 이러한 충전기에 대한 전력량계에 대한 세부적인 기술기준을 제시하는 것은 전기자동차 충전기를 전력이라는 상품을 거래하는 오차 관리가 필요한 기기로 규정하는 것이다.

특히 전력량계 내장형 AC 충전기에 대해서는 전력량계 시험 항목 21 항목 중에서 5개 항목(5. 구조, 6. 표시 사항, 7.5.1 충전 전류에 따른 최대 허용 오차, 8.2.1 전자파 적합성, 9. 소프트웨어 요구사항)만 시험을 수행하고, 전력량계 내장형 DC 충전기에 대해서는 16 항목 중에서 6개 항목(5. 구조, 6. 표시 사항, 7.5.1 충전 전류에 따른 최대 허용 오차, 8.2.1 전자파 적합성, 8.3.3 전압변동, 9. 소프트웨어 요구사항)만을 시험하여 충전기 제조업체의 편의성을 제공한다.

3.4 충전 시설 전기용품 안전기준 개정

전기자동차 충전기는 전기용품 및 생활용품 안전관리법 시행규칙⁷⁾에서 안전확인 대상 품목으로 정하고 있다. 따라서 전기용품 안전기준 KC 61851-1 Ed3.0의 개정이 진행 중이다. 최근의 개정 내용은 전기차 충전용 어댑터의 사용이 가능하도록 하였으며, 동시에 KC 62196-1도 개정되었다. 또한 형식 1 구조의 정격전류를 단상 32A에서 80A로 상향 조정한 바 있다. 앞으로 이동식 전기차 충전기에 대한 시험기준을 추가하고 PWM 파일럿에 대한 기능시험을 강화하는 방향으로 개정이 진행 중이다.

이러한 표준개정은 현재의 국제표준에서 국내 산업계의 신제품 개발이나 실증시험 등을 수용하는 데 부족함이 있어, 규제 특례를 신청한 사항에 대하여 선제적으로 대응하는 것이다.

그리고 현재 안전성 시험이 없이 사용 중인 휴대형 충전 케이블(In-Cable Control and Protection Device, IC-CPD)에 대하여 KC 62752(전기차 모드 2 충전을 위한 케이블 일체형 제어 및 보호장치)를 제정하여 내년 하반기부터 안전시험을 수행할 예정이다. 한편 올해 하반기에는 400kW급 충전기에 대한 안전인증기준을 개정하여 향후 예상되는 초고속 충전기에 대한 시험이 가능하도록 규정을 개정할 예정이다.

4. 결론

전기자동차 시대에 필수적인 다양한 충전 인프라 표준이 완성 단계에 이르렀다. 물론 표준화는 계속 진행 되겠지만 근간이 되는 표준이 완성을 앞두고 있다. 특히 ISO/IEC 15118-20의 표준화는 2022년 상반기에 국제표준화가 완료될 예정이다. 이 표준의 완성은 이제 충전과 함께 다양한 부가서비스를 지원할 수 있는 기술적 토대가 제시된다는 의미를 담고 있다. 전기자동차의 기본적인 충전 이외에 무선충전, 자동충전, 전력 역전송 등 다양한 충전 서비스와 함께, PnC(Plug and Charge) 등의 사용자 편의성까지 완벽하게 지원이 가능하다는 것을 의미한다. 또한 전기자동차의 데이터를 이제 충전기를 넘어서 충전서비스 시스템에 보낼 수 있는 모든 데이터 프레임을 구성하였다는 뜻이다. 조금 쉽게 설명하면 전기자동차 내부의 진단 정보나 배터리 정보를 클라우드 컴퓨터에 보낼 수 있는 통신 프로토콜을 제공한다는 것이다.

2022년은 전기자동차 충전 인프라 통신 표준의 2세대가 시작될 예정이다. 지난 10년간의 지나간 산물을 넘어 이제 진정한 충전과 부가서비스를 지원할 수 있는 시기가 된 것이다. 우리나라는 이 분야에서 매우 뛰어난 기술 개발과 산업 영향력을 나타내고 있으며, 세계적인 기업의 탄생도 멀지 않아 보인다. 즉 전기자동차와 충전기 사이의 통신에 집중한 10년간의 몰입에서 벗어나서, 전기자동차 내부의 다른 부분도 같이 연계하여 부가서비스를 창출할 수 있는 시기가 도래한 것으로 생각된다. 전기자동차의 부가서비스 시장은 아직 아무도 가보지 않은 신세계이다. 신세계에 도달하기 위해서는 다양한 분야의 도전적인 연구개발이 필요하다. 원하는 시간과 장소에서, 빠른 속도로, 편리하게 충전하는 것을 넘어, ISO/IEC 15118을 이용하여 전기자동차의 모든 빅데이터를 활용하여 새로운 미래 모빌리티 서비스가 출현하는 것을 기대해 본다. 🚗

참고문헌

- [1] The German Standardisation Roadmap Electric Mobility 2020, NPE.
- [2] 제4차 친환경자동차 기본계획(2021-2025), 2021.2.
- [3] 환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률 시행령, 대통령령 제32361호, 2022.1.25.
- [4] 환경친화적 자동차의 요건 등에 관한 규정, 산업통상자원부 고시 제2022-43호, 2022.3.7.
- [5] 계량에 관한 법률 시행령, 대통령령 제31691, 2021.5.18.
- [6] 전기자동차 충전기 기술기준, 산업통상자원부 고시 제2020-017호, 2020.2.19.
- [7] 전기용품 및 생활용품 안전관리법 시행규칙, 산업통상자원부령 제402호, 2020.12.21.

이 연구는 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구 과제의 성과임. (No.21A02033)

이재조 한국전기연구원 전력망연구본부 책임연구원

1968년 8월 12일생. 1990년 경희대 물리학과 졸업.
1992년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 2008년 동 대학원 전자공학과 졸업(공학박).
1992년~현재 한국전기연구원 전력망연구본부 책임연구원.

