전기자동차 V2L(Vehicle-to-Load) 디바이스 통신 표준화 동향

김영선, 손상우, 박창운, 오휘명
한국전기연구원 전력ICT연구센터
yskim@keri.re.kr, swson@keri.re.kr, pcuzone@keri.re.kr, hmoh@keri.re.kr

Trends in Standardization of Electric Vehicle V2L (Vehicle-to-Load) Device Communication

Young Sun Kim, Sangwoo Son, Changun Park, Hui-Myoung Oh
Korea Electrotechnology Research Institute(KERI)

요 약

본 논문은 전기자동차의 에너지를 외부 AC 전력으로 활용하는 V2L 기술의 국제 표준인 IEC 63638의 최신 동향을 분석한다. 현재 이 표준은 CD 투표 후 의견 해소 단계에 있으며, 차량과 디바이스 간의 제어 파일럿(CP) 저항 식별 로직, PWM 기반 방전 제어 시퀀스, 그리고 독립 계통에서의 전기적 안전 접지방식이 핵심 쟁점이다. 분석 결과, 상호운용성 확보를 위한 통신 프로토콜의 정교화가 표준 제정의 성패를 결정지을 것으로 보이며, 한국은 상용화 경험을 바탕으로 글로벌 표준 주도권을 확보하기 위한 전략적 대응이 필요하다.

Ⅰ. 서 론

전기자동차(EV) 시장의 패러다임이 단순히 '내연기관의 대체'에서 '움직이는 에너지저장 장치(Mobile ESS)'로 급격히 전환되고 있다. 초기 전기차가 주행 거리 연장과 충전 속도 향상에 집중했다면, 현재는 차량 내 고전압 배터리에 저장된 에너지를 외부로 출력하여 활용하는 V2X(Vehicle-to-Everything) 기술이 핵심 경쟁력으로 부상했다. 그중 V2L(Vehicle-to-Load)은 별도의 계통 연계 장치 없이 디바이스 하나만으로 가전제품이나 외부 부하에 AC 전력을 공급할 수 있어, 레저용뿐만 아니라 재난 시 비상 전원으로서의 가치가 매우 높다. 현재 현대자동차의 E-GMP, 기아, 테슬라, 포드 등 주요 OEM들은 각기 다른 V2L 구현 방식을 채택하고 있다. 일부는 차량 인렛(Inlet)에 전용 디바이스를 꽂는 방식을 사용하고, 일부는 차량 내부 콘센트(Outlet)를 제공한다. 특히 외부 디바이스를 사용하는 방식의 경우, 차량과 디바이스 간의 상호 인식, 안전 차단, 통신 프로토콜이 규격화되어 있지 않아 타사 디바이스와의 혼용할 수 없으며, 이는 소비자 선택권을 제한하고 안전사고의 잠재적 원인이 된다. 본 논문은 이러한 파편화된 시장을 통합하기 위해 국제전기기술위원회(IEC)에서 진행 중인 IEC 63638 표준의 최신 동향을 고찰한다[1]. 특히 현재 가장 중요한 기술적 협의 단계인 CD(Committee Draft) 투표 후 의견 해소(Comment Resolution) 과정을 상세히 분석하여, 글로벌 표준화의 핵심 쟁점인 통신 인터페이스, 전기적 안전성, 물리적 호환성을 중심으로 기술적 대응 방향을 제시하고자 한다.

Ⅱ. 본론

1.V2L디바이스국제표준

IEC 63638 Ed.1은 IEC TC 69(Electric vehicles and electric industrial trucks) 산하의 JWG(Joint Working Group) 20 작업그룹에서 표준화를 담당하고 있다. 이 표준은 "Electric vehicle conductive charging system - AC Vehicle-to-Load Adapter and Interface to the electric vehicle"이라는 제목 아래, 전기차 AC 인렛에 연결되는 V2L 디바이스의 요구사항

History

Stage	Document	Downloads	Voting Result	Decision Date	Target Date
prePNW				2023-10-25	
PNW	69/921/NP	183 kB	APPROVED	2023-10-27	
PRVN				2023-12-22	2023-12
ACD	69/982/RVN	56 kB 240 kB		2024-08-30	2024-10
ACD	69/982A/RVN	63 kB 243 kB		2024-08-30	2024-10
CD	69/1074/CD	2115 kB		2025-08-08	2024-10

그림 1. IEC 63638 표준화 단계 (현재)

을 정의한다. 본 표준의 표준화 절차는 NP(New Proposal) → WD(Working Draft) → CD(Committee Draft) → CDV(Committee Draft for Vote) → DPAS(Draft Publicly Avaiable Specification) → PAS(Publicly Available Specification) 순으로 진행된다. 그림 1과 같이 현재 IEC 63638은 CD 단계의 국가별 투표를 마치고, 제출된 기술적·편집적 의견을 검토하는 단계에 있다. 이 단계에서 합의를 도출하지 못할 경우 CD 단계를 재이행하거나 표준화 일정이 지연될 수 있으므로, 현재의 의견 해소 과정은 매우 중요하다고 할 수 있다.

2.CD단계의주요기술적쟁점분석

2.1 제어 통신 인터페이스

V2L 시스템의 통신 인터페이스는 기존의 전기차 충전 통신 규격인 IEC 61851-1을 기반으로 하되, 에너지의 흐름이 반대(차량→부하)라는 점과 외부 그리드가 없는 독립 계통(Off-grid)이라는 특수성을 반영해야 한다. 그림2와 같은 V2L 디바이스가 차량의 충전 인렛(inlet)에 연결되었을 때, 차량은 이를 일반 충전기(EVSE)로 인식할지 아니면 방전용 디바이스로 인식할지를 즉각 판별해야 한다. 이와 더불어 다음과 같은 사항이 주요 쟁

그림 2. V2L 디바이스의 구성도 (현대차 제품)

점이다.

- 제어 파일럿(Control Pilot, CP) 회로의 활용: 기존 충전 표준(IEC 61851-1)의 CP 회로를 그대로 이용하면서도, 저항값의 변화를 통해 V2L 모드를 활성화하는 로직이 논의 중이다.
- 듀티 사이클(Duty Cycle) 변조: 차량이 V2L 디바이스에 공급 가능한 최대 전류량을 알리기 위해 PWM(Pulse Width Modulation) 신호를 어떻게 정의할 것인가에 관한 것이다. 충전 시에는 EVSE가 차량에 정보를 주지만, V2L 환경에서는 차량이 정보를 제공해야 하므로 정보 교환 방법이 중요하다.
- 상태 천이(State Transition): 대기(Standby) → 디바이스 감지(Detected) → 방전 준비(Ready) → 방전 중(Discharging) → 오류(Error)로 이어지는 상태도(State Diagram)를 명확히 하여 상호운용성을 확보해야 한다.

2.2 전기적 안전 보호 메커니즘

V2L 디바이스는 사용자가 일반 가전제품을 직접 연결해 사용하므로 감전 및 화재 방지가 최우선이다. 다음은 이와 관련된 쟁점이다.

- 접지 시스템(Grounding System)의 구성: 계통과 분리된 상태에서 차량의 차대(Chassis)와 외부 부하의 접지를 어떻게 연결할 것인가(IT system vs TN system)가 유럽과 북미 국가들 사이의 오랜 논쟁거리다. 최근 의견 해소 단계에서는 각국의 전기 설비 규정에 맞춰 선택할 수 있도록 유연성을 두는 방안이 논의되고 있다.
- 누전 차단 장치(RCD): 디바이스 내부에 RCD(Residual Current Device, 잔류 전류 장치)를 필수적으로 설치해야 하는지, 혹은 차량 내 기능으로 대체 가능한지에 대해 비용과 안전성 측면의 대립이 있다. CD 의견에서 RCD는 차량과의 협의를 통해 반드시 구현되어 있어야 하며 관련 기능의 상호 적용 범위를 구체화하고 있다.
- 역전류 방지: 외부 전력망(Grid)과 예기치 않게 연결되었을 때 차량 배터리를 보호하기 위한 역전류 방지 로직과 물리적 하드웨어 요구사항이 검토되고 있다. 이러한 경우는 잘못된 사용으로 그 책임 범위를 검토하고 있다.

2.3 물리적 및 환경적 요구사항

V2L는 물리적인 형상에서도 그 내구성이 입증되어야 한다. 다음은 이와 관련된 내용으로 전자기 적합성 또한 논의되고 있다.

- 커넥터 결합력 및 내구성: V2L 디바이스는 무거운 케이블이 연결될 수 있으므로 인렛과의 기계적 결합 강도에 대한 시험 규격이 보강되고 있다.
- 열 관리(Thermal Management): 고전류 방전 시 발생하는 열을 감지하기 위한 온도 센서 장착 및 특정 온도 임계치 도달 시 전력을 차단하는 방법이 논의되고 있다.
- 드라이브 오버 (Drive over): V2L 디바이스가 사용자의 편의성을 위해 긴 케이블을 가지고 있는 형태의 경우 소켓아웃렛 부분과 케이블에 대해 차량이 지나가면 손상을 견딜 수 있는지에 대한 시험 방법이 논의되고 있다.

3.표준화시사점

프랑스는 V2L 디바이스 표준화를 지속적으로 반대했으며 기타 독일 등 유럽 국가들은 V2L 디바이스의 범용성과 함께 전기적·신체적 안전을 보장하고 위한 상세한 사양을 요구하고 있다. 반면, 한국과 일본은 이미 상용화된 V2L 디바이스 제품이 있으므로 기존 제품과의 기술적 호환성을 염두에 두고 경제성과 실용성을 강조하고 있다. 특히 우리나라는 케이블이 연장되지 않은 V2L 디바이스(Type A)에만 별도의 시리즈 표준을 만들고자 하는 의견을 냈다. 이는 유럽 국가들이 3상 교류 전원을 이용하여 63A까지의 V2L 출력을 규정하여 가정용뿐만이 아니라 산업용 전기 기기도 지원하는 것을 목표로 하고 있기 때문에 전체 표준화 일정이 다소 지연될 가능성이 높기 때문이다. 현재 진행 중인 CD 의견 해소 과정에서 이러한 기술적 의견이 차이가 좁혀질지는 미지수이다.

또한 향후 스마트 그리드와 연계된 V2G(Vehicle-to-Grid) 시장으로 확장하기 위해서는, 단순 PWM 방식뿐만 아니라 고도화된 디지털 통신(PLC) 프로토콜과의 호환성도 고려해야 할 수도 있다. IEC 63638은 초기 단계에서 단순 디바이스를 다루지만, 미래의 V2G, V2L 등을 포함한 V2X 환경을 위한 통신 인터페이스 확장성을 열어두어야 할 필요도 있다.

실제로 우리나라는 현대차의 E-GMP를 필두로 V2L 디바이스의 전 세계 최초 상용화 경험을 보유하고 있다. 현재 시장에서 판매되고 있는 V2L 디바이스 제품 기술이 국제 표준에 다소 반영될 경우, 국내 차량 제조사 및 부품사들은 큰 기술 수정 없이 세계 시장에 진출할 수 있는 표준 선점 효과를 누릴 수 있다. 이를 위해 민·관 협력이 지속적으로 강화되어야 하며 관련 기업들의 IEC 회의 주도적 참여가 필수적이다.

Ⅲ. 결론

본 논문은 IEC 63638 표준의 CD 단계에서의 기술 쟁점의 동향을 분석하고, 통신 프로토콜 및 안전 규정에 대한 주요 이슈를 도출하였다. 현재 진행 중인 의견 해소 절차는 단순한 기술 수정을 넘어, 향후 급성장할 V2L 디바이스 관련 전기차 생산 및 제품 시장의 주도권에 영향을 미치게 된다. 그러므로 글로벌 표준화에 관한 관심과 지원이 필요한 시점이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 연구는 2025년도 정부(산업통상부)의 재원으로 한국산업기술기획평가원의 지원을 받아 수행된 한국전기연구원 수탁사업임(No. 25A02122)

참 고 문 헌

[1] IEC TC 69, "IEC 63638 CD: Electric vehicle conductive charging system - AC Vehicle-to-Load Adapter", 2025.

[2] ISO 15118-20, "Road vehicles – Vehicle to grid communication interface", 2nd Edition

[3] K. Kim and W. Park. "Study on the safety and mechanixal test method of Vehicle to Load(V2L) adapter", Proc. of the International conference onf Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering(ICECCME 2024) 2024