

전기자동차 충전인프라 개발현황과 전망

이 현 기

(한국스마트그리드협회 팀장)

최근 자동차 산업은 지구온난화 및 저탄소 녹색성장 등의 이슈로 제2의 전환기를 맞이하고 있다. 뿐만 아니라 전 세계적으로 전기자동차 개발경쟁이 심화됨에 따라 신규 블루오션 시장으로 급성장하고 있다. 이에 따라 전기자동차에 언제 어디서든 쉽게 전력을 공급할 수 있는 충전인프라 기술개발 및 상용화에 관심이 집중되고 있다. 본 기고문에서는 최근의 전기자동차 충전인프라 개발현황 및 전망을 소개한다. 특히 다양한 형태의 충전인프라 기술을 개괄하고, 개발 및 보급, 표준화 동향에 대하여 소개한다.

1. 서론

충전인프라(Charging Infrastructure) 기술은 전기자동차에 필요한 전력을 공급하는데 필요한 기반시설을 말한다. 전기자동차 충전인프라 기술개발은 전 세계적으로 초기 단계이며 미국, 유럽, 일본 등 선진국을 중심으로 자국의 산업육성을 위하여 지원정책과 함께 다양한 규격의 충전기 개발을 추진하고 있다. 미국에서는 가장 기본적인 충전인프라는 이미 가정용 시장에 자리를 잡았다. 가정용 콘센트에 적합한 충전 케이블을 꽂아 충전할 수 있는 것이다. 또한 차고뿐만 아니라 주차장 또는 공공시설에서 충전할 수 있도록 사업을 확대해 가고 있다. 이는 가정용 충전에 비해 고압에서 충전하여 충전 시간을 단축할 수 있는 전용 충전소를 특징으로 한다. 또한 특정 국가 및 소규모 시장에서 사용하고 있지만 방전된 배터리를 충전 배터리로 신속하게 교환이 가능한 배터리 교환소 개발도 연구되고 있다.

충전인프라 기술이 상용화 될 경우 편리성 뿐만 아니라 현재 석유자원 대비 비용절감 효과 등으로 인하여 전기자동차의 보급을 활성화 할 수 있을 것으로 보인다. 또한 충전인프라가 잘 갖추어진다면 전기자동차 배터리용량을 크게 하지 않아도

된다는 흥미로운 실험이 일본에서도 있었다. 충전인프라가 적을 대에는 사용자의 주행 범위가 좁았고 재충전 이전의 저장 잔량도 50~80% 수준이었다고 한다. 반면에 충전인프라를 확충하고 나서는 전기자동차 활동 범위가 넓어졌음에도 재 충전시 저장 잔량은 10~50% 수준으로 떨어졌다는 것이다. 이는 충전인프라 확충이 사용자의 심리적 불안감을 줄여 주는 것으로 해석된다.⁽¹⁾

충전인프라 기술은 크게 전력공급시스템, 인프라운영시스템, 고객정보시스템, 충전스테이션으로 구성된다. 이 중 충전 방식 및 속도에 따라 홈충전, 완속충전, 급속충전에 대한 연구가 최근에 진행되고 있다.

본 기고에서는 충전인프라 기술의 분류와 원리, 국내외 기술동향 및 표준화 동향에 대하여 정리하였다.

2. 충전인프라 기술의 분류 및 동향

2.1 충전인프라 기술의 구성요소

전기자동차 충전인프라 기술은 그림 1과 같이 크게 전력공급시스템, 인프라운영시스템, 고객정보시스템, 충전스테이션으로 구성된다. 전력공급시스템은 원자력 및 화력 발전 뿐만 아니라, 신재생에너지원(풍력, 태양광 등)의 전력 생산설비로 구성된다. 향후 스마트그리드 구축시 전기자동차는 V2G(Vehicle to Grid)를 통하여 피크부하를 조절하게 된다. 이에 전기자동차의 안정적 보급을 위해 전력설비의 지속적인 확충이 필요하다.

둘째, 인프라운영시스템은 전력계통 운영 및 요금정보 제공을 위한 중앙운영시스템, 실시간 전력정보에 필요한 통신 인프라로 구성된다. 전기자동차 동시충전에 대비한 안정된 전력공급이 필요할 것으로 보이며, 특히 위험한 전기를 사용함에 따라 차량과 충전기, 충전기와 상위 시스템간 양방향 통신

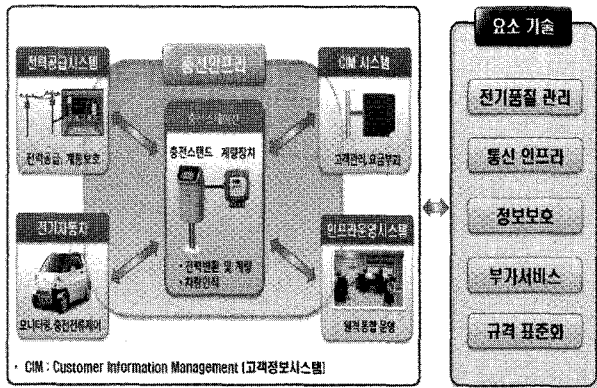


그림 1 충전인프라 기술의 구성요소

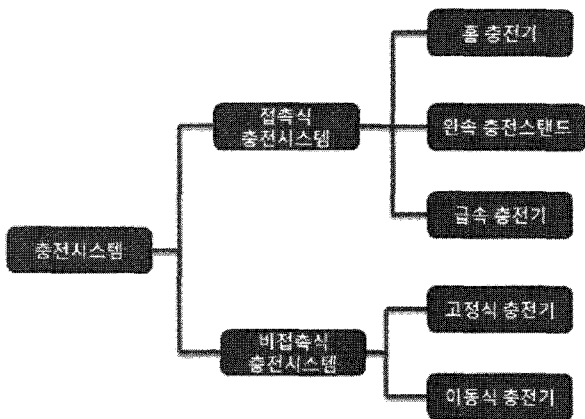


그림 2 전기자동차 충전시스템 기술의 분류

을 위한 인프라가 반드시 필요하다. 또한 전기자동차 충전요금에 대한 결제방법 등을 관리하기 위한 시스템도 필요할 것으로 보인다. 셋째, 충전스테이션은 충전방식, 충전속도, 계량기 등으로 구성된다. 충전스테이션은 충전인프라에 가장 기본적이고 중요한 요소이며, 차량과 충전기의 상호호환성 확보를 위해 표준화가 가장 필요한 부분이다. 충전인프라는 그림 2와 같이 충전장소에 따라 구성과 기능이 다르며 충전시스템 기술은 접촉방식 관점에서 볼 때 접촉식 충전방식과 비접촉식 충전방식으로 구분할 수 있다. 접촉식 충전방식은 다시 홈 충전기, 완속 충전 스탠드, 급속 충전기의 형태로 구분할 수 있다.

완속 충전스탠드의 경우 충전용량이 7kW 수준으로 충전시간이 약 6~7시간 소요된다. 이러한 이유로 충전 스탠드의 경우 직장, 마트, 공용주차장, 쇼핑몰, 호텔 등에 주로 설치하게 된다. 우리나라의 경우 단상 220VAC/15~50A를 사용하여 충전스탠드용 인렛(Inlet)을 통해 배터리로 전력이 공급되고 이를 BMS(Battery Management System)를 통하여 배터리 충전시, 안전한 충전이 가능하도록 배터리 상태를 지속적으로

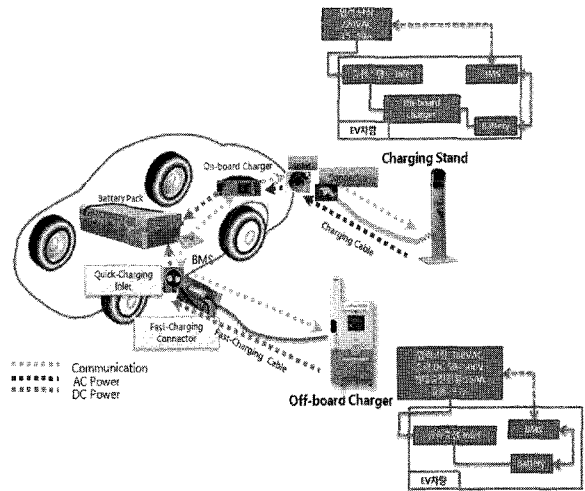


그림 3 완속 충전스탠드 및 급속충전기 구성도

모니터링한 정보를 충전기 및 외부 충전스탠드와 주고받음으로써 안정적인 충전 동작이 수행하도록 한다. 완속 충전스탠드에는 차량인식 및 사용자 인식, 전력량 계량, 요금정산, 충·방전 제어, 계통보호 및 안전장치가 마련되어 있어야 한다.

반면에 급속 충전기의 경우 50kW 용량을 30분이내로 충전이 가능하므로 고속도로, 주유소 등에 설치하여 빠른 시간 내에 충전이 가능한 장소에 설치하여 운영하게 된다. 급속충전기는 3상 380VAC를 입력하여 DC 50~500V를 출력하여 전력을 전송하며 급속충전기용 인렛을 통해 배터리로 전달되며 마찬가지로 BMS를 통하여 배터리를 제어하게 된다. 급속충전기는 고압을 사용하므로 반드시 차량과 충전기간의 통신을 통해 차량과 충전기를 제어/감시하여 사용자의 안전을 보장해야 한다. 그림 3은 완속 충전스탠드와 급속충전기의 구성도를 나타낸 것이다.^[2]

2.2 충전인프라 기술의 개발 및 보급동향

충전인프라 개발은 미국, 유럽, 일본 등 선진국을 중심으로 기술 및 실증이 활발히 이루어지고 있으며, 전기자동차 육성 정책에 따라 다양한 규격의 충전기 개발을 추진하고 있다.

특히 가까운 일본의 경우 이미 10년 전부터 전기자동차 개발을 추진하고 있어 충전인프라 개발도 가장 앞서나가고 있는 실정이다. 표 1은 현재 각국에서 추진하고 있는 충전기 개발 현황이다. 충전기 용량을 비교해 볼 때 급속충전기의 경우 일본은 50kW급, 미국은 200kW급, 유럽의 일부 국가는 30kW급 급속 충전기를 개발 중이다. 우리나라의 경우도 현대차 Blue-On 출시 등 전기자동차의 본격 보급에 발맞추어 충전인프라 기술개발을 추진하고 있으며, 제주 실증단지에서 급속충전기의 경우 50kW급으로 개발을 진행하고 있다. 실증단지에서는 전기자동차 충전인프라 실증을 통해 새로운 비즈니스 모

표 1 각국의 충전기 개발현황

회사	용량	충전시간	차량	배터리
일본 Mitsubishi, Hasetech, Takaoka, Takasagi, Kyugi, Tempearl	20kW, 30kW, 50kW(200V) 500V, 125A	20~25분(80%) 30분, 15분	IMIEV Rle	Li-Ion Li-Ion
GM SEC	50kW	12분	Chevy S-10, EV1(GM)	Lead-Acid
Aerovironment	5kW~60kW		Ranger EV(Ford)	Lead-Acid
Phoenix	250kW	10분	Phoenix (SUV, SUT)	Li-Ion
ACPROPULSION	20kW	2시간	eBOX	
Power Designer	30kW	15~30분	Industrial E.V	
CARMAN GROUP	10kW(100A)	30분	NEV, Golf Cart	

델을 발굴할 예정이다. 충전인프라 구축을 위한 핵심 기술인 On-board Charger, Off-board Charger, 인터페이스 부품 등 주요 선진국 대비 대등한 수준으로 기술을 보유하고 있으나, ICT 연계 등 부가서비스 기술은 아직 연구가 진행 중이다.

급속충전기의 경우 출력전압 및 정격용량에 따라 약 10분~30분(80% 충전) 사이로 충전시간이 소요되고 있다.

선진국의 경우 전기자동차 보급의 인프라 확보를 위하여 다양한 정책을 통해 충전인프라 보급을 추진하고 있다. 먼저 미국의 경우 2015년까지 전기자동차 100만대를 목표로 필요한 충전인프라를 2015년까지 200만대 설치를 계획하고 있다. 프랑스의 경우 유럽국가 중 가장 많은 전기자동차(8천대)를 보유하고 있으며, 주요도시에 비교적 많은 충전기가 설치 운영되고 있다. 대부분 EDF에서 구축 진행 중이며 425곳에 설치를 하였다. 일본은 EV 타운 6개를 지정 운영하고 있으며 수도권을 중심으로 100여개를 설치하였고, 2011년까지 1,000개로 확대 계획을 가지고 있다. 중국의 경우 27개 성에 600여 개, 도시지역에 75개 등 시범 충전소 및 시설 설치를 시작으로 2020년에는 1만여 개 이상의 충전인프라 건설을 목표로 하고 있다.^[3]

2.3 충전인프라 기술의 표준화 동향

충전인프라 개발과 동시에 국제시장을 장악하기 위한 표준화 작업이 각국에서 활발하게 진행되고 있다. 전기자동차 기술은 기계-전기전자, 전기전자-화학, 기계-전기전자-IT 등 여러 기술의 융합기술로 IEC에서는 배터리, 충전시스템 등 전기부품 분야의 표준을 추진하고 있고, ISO에서는 전기충격에 대한 안전 및 에너지 소비를 측정 분야의 표준을 다루고 있다. 또한 융합산업을 고려하여 IEC/ISO JWG 등에서 공동 진행되고 있다. 특히 충전인프라의 경우 IEC TC 69에서 충전장치에 대한 표준을 주로 다루고 있으며, 충전 커플러(커넥

표 2 국가별 전기자동차 국제표준안 개발현황

구분	주요국가	개발 중인 국제표준안
충전시스템	독일	Grid 통신 프로토콜 정의 및 순서
	일본	AC 및 DC 커플러 치수, DC 통신 프로토콜
	미국	AC, DC 커플러 일반 요구사항
	프랑스	충전 일반 요구조건, AC 충전스테이션
	벨기에	차량탑재형 충전기
배터리	일본	성능, 신뢰성 시험
	이스라엘	배터리 시스템 성능시험
성능 안전	독일	용어
	일본	안전, 에너지소비율

터/인렛)에 대한 표준은 IEC SC23H에서 다루고 있다. 또한 IEC/ISO JWG에서는 충전커넥터의 경우는 전기자동차(ISO/TC22/SC3)와 커플러(IEC/SC23H)간 공동 표준화 작업을 진행중이며, 통신방식에서는 직렬데이터통신(ISO/TC22/SC3/WG1), 전기자동차(ISO/TC22/SC21) 및 IEC TC 69에서 공동 진행 중이다. 미국의 경우 자동차공학회(SAE)를 중심으로 충전커넥터, 통신방식 규격을 개발하고 있으며 국제전기전자기술자협회(IEEE)에서도 관련 표준을 개발 중에 있다. 특히, 충전커넥터 표준(SAE J1772)은 이미 국제표준안(IEC)에 반영되어 추진 중에 있으며, 통신방식 표준개발을 위해 200여명의 전문가가 관련회의에 참석하여 활발하게 표준을 개발 중이다. 독일의 경우 전기자동차의 시장을 장악하기 위해 범국가적으로 충전시스템 및 이차전지 등의 표준화를 추진하고 있다. 다임러, 폭스바겐 등 업계와 독일자동차제조자협회(VDA)를 중심으로 국가표준(DIN)을 제정하고 리튬이차전지, 충전커넥터, 충전소간 통신방식 등 ISO 표준화를 주도하고 있다.^[4] 특히 가장 표준화가 활발히 진행되는 부분은 인터페이스 부분의 커플러 부분이다. 독일은 충전커넥터 표준인 IEC 62196-2에 미국, 일본이 개발 중인 국제표준에 자국의 시장 보호를 위하여 뒤늦게 표준안을 반영하여 현재 양쪽 표준이 병행되어 추진되고 있다. 일본의 경우 자국의 충전인프라 기술을 국제표준에 반영하기 위해 도요타, 도요전력 등 158개 기업이 모여 차데모(CHAdEMO)협의회를 구성하여 표준화를 추진하고 있다. 일본은 Toyota, Honda, Denso가 미국 GM, Ford, Chrysler 등과 SAE의 충전 커넥터, 충전 통신방식 등 표준개발을 공동으로 참여하고 있다. 일본은 전기자동차 표준과 관련하여 JARI를 중심으로 '06년부터 국내 표준'을 이미 제정하였다. 이를 기반으로 '자동차 기술 분야 국제표준화 Action Plan 2010(안)'을 수립하여 진행하고 있다. 표 2는 국가별 전기자동차 국제표준안 개발 현황이다.



그림 4 전기자동차 커플러 형상 표준화 동향

우리나라의 경우 스마트그리드 실증사업과 연계하여 충전 시스템의 단체표준을 제정하고 있으며, 이를 기반으로 국가 표준을 제정할 예정이다. 현재 우리나라는 IEC 국제표준과 상호호환성을 확보하고 있다. 충전시스템 중 커플러(커넥터/인렛) 표준화는 '11년 양산체제 구축에 대비하여 우리 독자 표준 개발보다는 국제표준을 도입·사용으로 추진할 예정이다. 통신 프로토콜의 경우 우리나라의 기술력을 앞세워 세계 시장에서 우위를 확보할 수 있도록 자체 표준을 개발하여 국제표준 2건을 제안하였다. 커플러 형상표준은 각국의 시장보호를 위하여 경쟁적으로 국제표준을 제안하고 있는 실정이다. 그림 4는 현재 국제표준으로 추진되고 있는 커플러 형상 표준현황이다. 그림과 같이 커플러 표준은 통일되지 않고 다양한 표준(안)들이 난무하고 있는 상황이다. 주로 미국, 독일, 일본이 국제표준을 제안하고 있으며 IEC에서는 모두 수용하여 WG에서 현재 추진 중이다. 얼마 전에는 중국에서도 새로운 방식의 커플러 형상의 국제 표준안을 신규로 제안한 바 있다. 이와 같이 국제표준이 하나로 통일되지 않고 다양한 형태로 갈 확률이 높아짐에 따라 우리나라도 커플러 통일을 위한 정책적인 결정이 필요할 것으로 보인다.

3. 결론

전기자동차 상용화와 밀접한 관련이 있는 충전인프라 기술에 대한 분류, 원리 및 기술동향에 대하여 설명하였고, 시장 선점을 위해 각국에서 추진하고 있는 표준화 동향에 대해서도 언급 하였다. 우리나라에서는 제주 스마트그리드 실증단지 뿐만 아니라 서울 등 지자체에서도 충전인프라를 이미 보급하여 실증을 하고 있으며 미국, 유럽, 일본 등 각 선진국에서도 충전인프라 보급을 추진하여 전기자동차 보급의 경쟁 기반을 마련해 나가고 있는 실정이다.

하지만 충전인프라 기술은 관련비용이 막대하여 초기 인프라 구축에 어려움이 있다. 이에 각국에서는 충전인프라 구축에 일정부분 보조금 지급 등 지원정책을 시행하고 있다. 우리 정부도 충전인프라의 원활한 보급을 위해 저리용자와 보조금 지급 등 적극적인 지원이 필요할 것으로 보인다. 뿐만 아니라 정유업체 및 전력업체 등 충전인프라 관련기업에서도 충전인프라 투자에 나서야 시너지 효과를 발휘할 수 있을 것으로 보인다.^[5] 그리고 충전인프라 및 전기자동차 시장선점을 위해서는 표준화의 적극적인 활동이 필요할 것으로 보인다. 미국, 유럽, 일본을 중심으로 표준화 작업이 추진되고 있으나, 우리나라의 강점인 IT 분야를 접목한 부분 및 우리나라만의 특징인 공용주택과 연계된 표준항목을 선정하여 국제표준일 진행될 수 있도록 관련전문가 회의참석 및 대외협력 등이 필요할 것이다.

이와 같이 전기자동차는 향후 세계자동차산업을 주도할 것으로 보이며 이에 필요한 충전인프라 기술 또한 빠르게 진행될 것으로 보인다. 따라서 정부, 지자체, 기업 간의 협력시스템을 구축하고 자동차 산업의 패러다임의 변화에 대응하여 연관 산업, 기업체, 학계, 연구계에서 자발적으로 참여할 수 있도록 생태계 조성을 통해 동반 성장을 유도해야 한다. 이를 통해 궁극적 목표인 전기자동차 상용화에 기여해야 할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] "Plug-in Vehicle Infrastructures", ABI research, 2010. 2Q.
- [2] 산업교육연구소, "녹색 사업의 신규 비즈니스 모델과 시장성분석 및 개인사업화 전략세미나(1)", 2010.10.14.
- [3] 김경유 "주요국의 전기자동차 개발과 정책동향 및 시사점" KIET, 산업경제분석, 2010. 10.
- [4] 지식경제부 기술표준원, "전기자동차 기술 및 표준화 동향", KATS 기술보고서, 2010.11.
- [5] 이항구, "배터리만 수준급, 부품·소재·인프라 등 후발주자", 조선일보, 2010.11.23.

< 필자 소개 >



이현기(李現起)

1980년 8월 5일생. 2007년 중앙대 전기전자공학부 졸업(석사). 2006년~2009년 한국산업기술진흥협회. 2010년~현재 전기자동차 표준화 전문위원. 2009년~현재 한국스마트그리드협회 팀장.