

한국형 전기자동차 충전시스템 소프트웨어 프레임워크 개발

성대진^{0*} 권봉용^{*} 홍충선^{*} 이성원^{*} 이재조^{**}
경희대학교 컴퓨터공학과^{*} 한국전기연구원^{**}

tjsung@khu.ac.kr^{0*}, by1130@khu.ac.kr^{*}, cshong@khu.ac.kr^{*}, drsungwon@khu.ac.kr^{*}, jilee@keri.re.kr^{**}

Charging System Software Framework Development for Korean PEV

Taejin Sung^{0*} BongYong Kwon^{*} ChoongSeon Hong^{*} Sungwon Lee^{*} Jaejo Lee^{**}

Department of Computer Engineering, KyungHee University^{*} Korea Electrotechnology Research Institute^{**}

요 약

현재 자동차 산업에서 전기자동차의 실용화가 가속화되고 있다. 아울러, 전기자동차의 보급이 증가로 인해, 전기자동차 충전인프라에 대한 폭발적인 시장의 확대가 예상됨에 따라 향후 시장에서의 국제 경쟁력을 갖추고 국내 실정에 최적화된 한국형 전기자동차 충전시스템 소프트웨어 프레임워크의 개발이 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 전기자동차 관련 국제 표준인 SAE와 SEP를 분석하고, 이를 국내 실정에 맞도록 보완하여 한국형 전기자동차 충전 시스템에 대한 요구사항, SW구조의 설계 및 한국형 전기자동차 시나리오를 제안한다.

1. 서 론

현재 전 세계적으로 하이브리드 차량에 대한 연구와 개발이 활발하게 진행 중이다. 최근에는 순수하게 전기만을 사용하는 Plug-in Electric Vehicle (PEV)에 대한 연구와 개발이 활발하게 이루어지고 있다. PEV 자체에 대한 연구/개발과 더불어, 전기자동차 충전인프라 구축은 전기자동차의 상용화와 대중화를 위한 중요한 이슈이다. 이에 따라 국제적으로 연구와 개발이 매우 활발하게 이루어지고 있다. 하지만 국내의 경우 아직 전기자동차에 대한 연구와 전기자동차의 개발이 국외에 비해 뒤처지고 있는 상황이기 때문에 향후 전기자동차 시장에서의 경쟁력 저하가 우려된다.

따라서 향후 전기자동차 충전인프라 시장에서 경쟁력을 갖추기 위해 본 논문에서는 전기자동차 관련 국제 표준을 분석하여 국내 환경에 최적화된 전기자동차 충전인프라의 소프트웨어 프레임워크를 정의하도록 한다. 본 논문을 통하여 전기자동차 충전인프라 소프트웨어의 구조 및 요구사항을 정의한다. 아울러, 충전인프라 네트워크 요소들 간의 동작 시나리오를 정의하고, 동작을 위한 메시지를 제안한다.

2. 국내의 전기자동차 연구동향

전기자동차 충전인프라에 대한 시장은 2010년~2015년 간 470만대 규모로 예상하며, 2015년 세계시장이 1.8억불 규모로 성장한 후, 급격한 시장 확대가 예상된다.

전기자동차 충전인프라에 대한 연구와 개발은 미국, 일본, 유럽과 중국에서 매우 활발하게 이루어지고 있는 상황이며, 특히 중국의 경우 전기자동차를 계기로 세계 자동차 시장의 주류로 진입하고자 노력하고 있다. 하지만 국내의 경우, 연구와 개발이 앞서 국가 대비 상대적

으로 낮은 상황이다.[1]

3. 충전인프라 국제표준 분석

3.1 ZigBee Smart Energy Profile (SEP) 2.0

SEP 2.0은 계층적으로 어플리케이션 계층에 속해 있으며, OSI 1계층(물리 계층)과 2계층(데이터링크 계층)에 독립적이다. 따라서 하부 계층에서 유무선 등을 사용하는 것에 대해 정의하지 않고 있다. 또한, SEP 2.0에서는 IP 프로토콜을 사용하고 ZigBee에서 정의하고 있는 하부 계층 프로토콜은 사용하지 않는다.

또 다른 SEP 2.0의 특징은 사용자 관점의 PEV와 EVSE/EUMD(Electronic Vehicle Supply Equipment /End-Use Measurement Device)간 인터페이스를 중점으로 다루고, 전력회사 및 신용카드 회사 등에 대한 인터페이스는 고려하지 않고 있다는 점이다.

SEP 2.0에서는 Smart PEV가 프로토콜의 종단일 경우, 사용자가 PEV의 UI를 사용하는 시나리오와 Smart EVSE가 프로토콜 종단일 때, 사용자가 EVSE의 UI를 사용하는 시나리오의 두 가지 시나리오를 정의하고 있다. 두 시나리오 모두 전력회사에서 PEV ID, Customer ID/PIN으로 전기요금을 과금 처리한다.[2]

3.2 Society of Automotive Engineers (SAE) 2.0

SAE 2.0에서는 세분화된 시나리오(Use Cases)를 정의하고 있다. 그림 1에서처럼, SAE 2.0에서는 각각 “Why”, “How”, “Where”, “What” 으로 시나리오를 구분하였고, 그 중 “How” 에 해당하는 Smart EVSE 또는 EVSE Cordset을 중심으로 시나리오를 설명하고 있다. 크게 두 가지 모델로 각각의 시나리오를 설명하고 있는데, 단일 전력회사 모델과 복수 전력회사가 연동하는 모델의 두 가지의 시나리오가 있다. 단일 전력회사 모델의 경우 전력회사가 PEV ID, Premise ID로 과금을 수행하며, 사용자의 Customer ID는 인증을 위한 부가정

* Dr. CS Hong is the corresponding author.

보로 활용하는 시나리오이며, 복수 전력회사가 연동하는 모델에서는 전력회사가 PEV ID, Premise ID, Customer ID를 Clearing House로 전달하는 시나리오이다.[3]

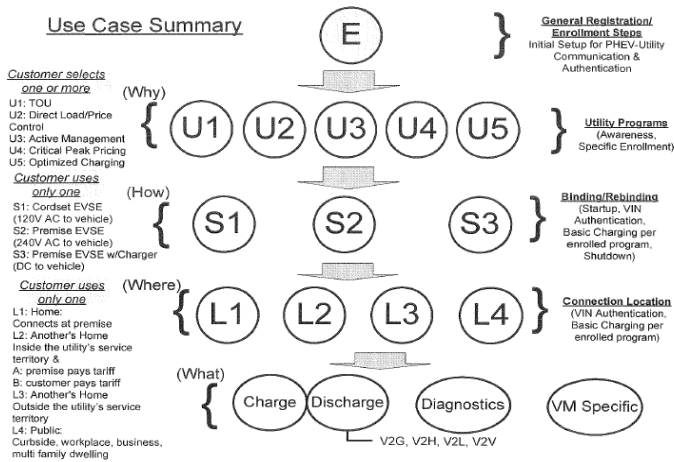


그림 1. SAE 2.0 Use Cases

4. 제안사항

4.1 요구사항 & S/W 구조 정의

한국형 전기차의 충전 시나리오를 위한 기본기능 요구사항은 <표 1>과 같다. 한국형 전기차는 급속 충전일 경우 20~30분, 완속일 때 5~6시간의 충전시간이 요구되며, 일반 가정이나 사무소 등에서는 세금 고지서를 이용하여 요금을 징수하며 충전소에서는 신용카드를 통해 요금 징수를 할 수 있다. 또한 사용자, PEV, 스마트 미터기의 ID를 통해 간편한 인증 방법, PEV와 Utility사이의 정보를 보호할 수 있는 보안 Layer의 보안 기법이 요구된다. 아울러, 한국형 전기차 충전 요금의 신뢰성을 확보하기 위해, 실제 사용된 요금과 그리드 시스템에서 측정된 공급량의 동일 여부를 판별할 수 있어야 한다. 또한 시간과 충전량에 따라 요금이 책정되므로, 충전 스케줄링을 변경할 수 있어야 한다.

<표 1> 기본기능 요구사항

항 목	내 용
충전 시 소요시간	급속 20~30분, 완속5~6시간 (제주도 스마트 그리드 실증단지)
요금 징수 방법	세금 고지서 신용카드 결제(충전소)
인증 방법	사용자, PEV, 스마트 미터기의 ID를 통한 간편 인증
보안 layer	PEV와 Utility단에 메시지를 교환하는 과정에서 사용자의 정보유출을 막을 수 있는 보안 layer가 요구됨
요금 측정 신뢰성	자동차의 실 충전량과 그리드 시스템에서 측정된 공급량의 동일 여부 판별
충전 스케줄링	전기차의 최대 전기저장량에 따른 충전량과 충전시간 고려(시간당 충전률 고려) 충전 시간대마다 다른 요금이 책정되므로 그에 따른 충전 스케줄링의 변화가 요구됨

한국형 전기차 충전을 위한 S/W 구조는

PEV/EVSE/EUMD쪽의 인터페이스는 SEP 2.0을, Utility쪽의 인터페이스는 SAE를 참조하여 S/W 구조를 정의한다.

한국형 전기차 충전을 위한 Network Element는 다음과 같이 정의한다. Customer는 사용자를 뜻하며, PEV 혹은 EVSE의 디스플레이에서 각자의 선호도에 따라 과금 방식, 충전 방식 등을 선택한다. PEV는 EVSE(전원 공급기)에 연결하여 전기 충전을 하며 PEV만의 고유의 ID를 갖는다. 이때, PEV의 종류는 PEV에 있는 디스플레이를 이용하여 충전 방식이나 과금 방식을 결정할 수 있는 Smart PEV와 단순히 EVSE에게 전력을 공급받는 Normal PEV로 나눌 수 있다. EVSE Cordset은 Energy Portal과 PEV를 연결해 주는 단순 전력선 역할을 한다. Energy Portal은 EVSE Cordset과 연결되어 PEV의 충전 및 ESCI와의 통신을 중계해주는 역할을 한다. EVSE는 Utility에서 제공하는 전력을 자동차에게 공급하는 역할을 하며, PEV는 EVSE를 통하여 Utility와 통신할 수 있다. 이때, EVSE의 종류는 PEV에게 전력공급 뿐만 아니라 EVSE에 장착된 디스플레이를 이용하여 사용자가 충전방식 및 과금방식을 결정할 수 있는 Smart EVSE와 단순히 PEV에게 전력을 공급하는 장치 역할을 하는 Normal EVSE로 나눌 수 있다. EUMD는 Utility에서 PEV로 공급되는 전력의 양을 측정하고 전력공급이 완료되면 PEV와 Utility에게 전력공급량에 대한 정보를 전송한다. ESCI는 Utility와 PEV 사이의 통신 디바이스로서 충전에 앞서 필요한 인증 세션을 맺는 인터페이스이며, 충전을 위한 충전 통신 세션을 맺는 인터페이스이다. Utility는 ESCI를 통해 가격 정보나 이산적인 이벤트들을 PEV가 이용 가능하도록 하는 기관이다. Utility는 전기 에너지를 PEV에 공급하고 요금률, 에너지 소비에 대한 측정의 간격, PEV ID를 통한 PEV 프로그램의 인증을 제공한다. Utility는 모든 Customer, PEV, Premise의 정보를 가지고 있다. Card Company는 Customer의 정보와 계좌정보를 가지고 있으면서 Utility에게 받은 요금정보를 이용해 사용자에게 과금한다.

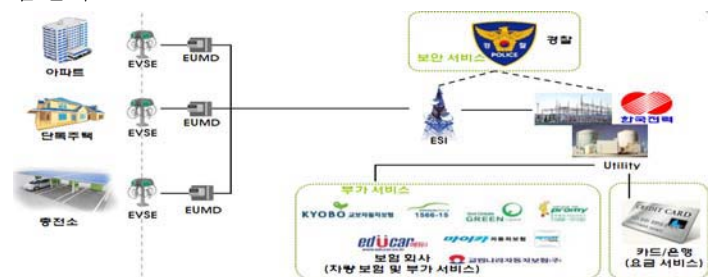


그림 2. 한국형 PEV 충전 인프라 네트워크 구조도

그림 2는 한국형 PEV 충전 인프라 네트워크 구조도를 나타낸다. 아파트, 단독주택과 충전소의 EVSE를 통해 PEV를 충전하고, 사용한 전력의 내역은 EUMD를 통해 기록되어, ESI를 통해 전력회사로 전달된다.

그림 3은 Network Element 소프트웨어 구조(Stack)를 나타낸다. 여기서 Application 계층에 관한 내용은 다음과 같다. Charging은 PEV 충전 수행과 에너지 전송에 관련된 역할을 수행한다. Scheduler는 사용자가 설정한 스케줄에 따른 충전을 서비스한다. UI는 디스플레이를 통해 Customer에게 PEV의 전반적인 서비스를 제공한다.

Monitor는 PEV 충전 제어, 과충전 여부 및 System 상태를 점검한다. Payment는 PEV에서 에너지 충전에 관한 결제를 서비스한다. Battery Manage는 Battery를 관리하는 모듈로 Battery 정보를 저장한다.

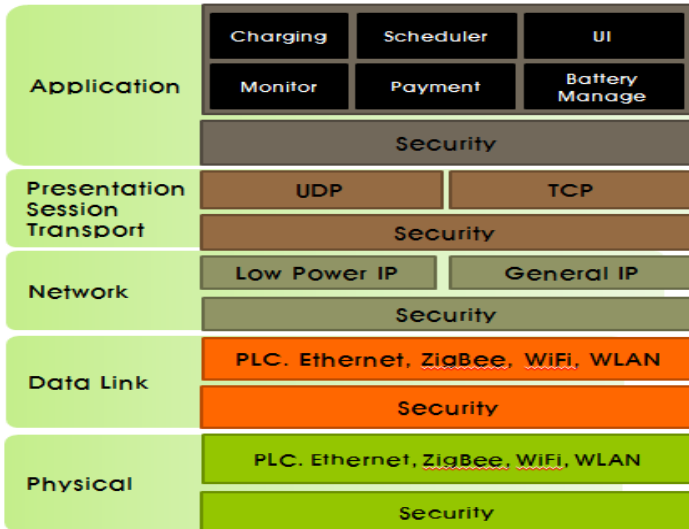


그림 3. Network Element 소프트웨어 구조(Stack)

4.2 한국형 PEV 충전 시나리오

한국형 PEV 충전 시나리오에 대해 4가지 경우로 분류하여 정의하였다.

4.2.1 Smart PEV(PEV 혹은 EVSE에 과금)

Customer가 PEV와 EVSE를 연결하면 EVSE는 PEV를 활성화시킨다. ESCI는 PEV와 통신 세션을 연결하고 EVSE는 Premise ID를 ESCI로 보내며, PEV는 PEV ID를 ESCI로 보낸다. 이때, ESCI는 PEV와 EVSE로부터 받은 Premise ID와 PEV ID를 Utility로 보내고 이를 받은 Utility는 ESCI에게 Customer ID를 요청하게 된다. Customer ID를 요청받은 ESCI는 PEV에게 Customer ID를 요청하게 되고 다시 PEV는 Customer에게 Customer ID를 요청한다. Customer ID를 요청한 PEV는 Customer로부터 받은 Customer ID를 ESCI에게 전달하고 이를 받은 ESCI는 다시 Customer ID를 Utility에게 전달한다. Utility는 Customer ID, Premise ID, PEV ID에 대한 인증 확인을 ESCI로 보내고 프로그램을 스케줄한다. ESCI는 정보를 EUMD로 보내고 PEV와 충전 커뮤니케이션 세션을 만든다. PEV는 Customer에게 고객 선호 설정에 대한 충전 세션 착수를 나타내고 ESCI에게 에너지 요청을 한다. PEV로부터 에너지 요청을 받은 ESCI는 Utility에게 에너지를 요청하며 에너지 요청을 받은 Utility는 이벤트를 스케줄한다. Utility는 ESCI로 이용 가능한 에너지와 스케줄을 보내고 이를 받은 ESCI는 다시 PEV에게 이용 가능한 에너지와 스케줄을 보낸다. Customer는 PEV를 통해 선택한 충전방식과 요금 및 스케줄을 확인하고 충전을 진행하거나 취소할 수 있다. 충전이 진행 될 경우 Utility는 EVSE로 에너지를 전달하고 전달 받은 EVSE는 다시 PEV로 에너지를 전달한다. 충전이 완료될 경우 PEV는 ESCI에게 충전이 완료되었음을 알린다. PEV가 충전이 완료됨을 확인 한 ESCI는 EUMD에게 충전된 에너지에 대한 측

정을 요청하게 되며, 에너지 측정을 요청받은 EUMD는 충전된 에너지를 측정하며, PEV와 ESCI에게 에너지 상태와 합계를 보낸다. 이때 PEV는 Customer에게 에너지 상태와 합계를 보내고, ESCI는 Utility에게 에너지 상태와 합계를 보낸다. Utility는 합산된 요금을 PEV로 보내고 이를 받은 PEV는 합산된 요금을 Customer에게 보여준다. 합산된 요금을 받은 Customer는 PEV를 통해 요금을 결제하게 되고 이는 ESCI를 거쳐 Utility에게 전달된다. 결제가 완료되고 이에 대한 결과는 Utility에서 ESCI를 거쳐 PEV에게 전달되며, 이를 전달 받은 PEV는 과금에 대한 결과를 Customer에게 보여준다.

4.2.2 Smart PEV(Customer의 신용카드로 과금)

두 번째 시나리오는 PEV에서 Customer가 신용카드를 이용하여 결제하는 방법을 이용하는 시나리오이다. ESCI로부터 Customer ID를 받은 Utility는 Company로 Customer ID를 보내고, Company는 이를 인증하여 첫 번째와 같은 방식으로 충전을 진행한다. 충전이 완료되면 Utility는 충전량과 요금을 Company로 보내고 Company에서 요금을 결제하는 방식이다.

4.2.3 Smart EVSE(PEV 혹은 EVSE에 과금)

세 번째 시나리오는 차량 내부의 장치를 이용하는 첫 번째 시나리오와 달리, 차량 외부의 EVSE에서 과금이 진행되는 시나리오이다. 충전 과정은 거의 비슷하며 차이점은 단지 PEV의 디스플레이로 충전작업을 처리하는 것이 아니라 EVSE의 디스플레이로 처리하는 것이다.

4.2.4 Smart EVSE(Customer의 신용카드로 과금)

네 번째 시나리오는 EVSE에서 Customer가 신용카드를 이용하여 결제를 진행하는 시나리오이다. 모든 과정은 앞 시나리오와 거의 동일하며, Company가 추가되어 결제가 Company에서 이루어진다.

5. 결론

본 논문에서 제안한 한국형 전기자동차 충전시스템 소프트웨어 프레임워크는 관련 표준인 SEP 2.0과 SAE 2.0을 분석하였다. 그 결과를 이용하여, 국내 실정에 맞는 전기차 충전 구조를 제안하고, 한국형 전기차 충전 시나리오를 제안하였다. 제안된 사항을 기반으로 PLC 충전인프라를 사용하는 다른 연구에 적용하여 과금 및 서비스 확장에 활용이 가능하다. 차후 연구로 한국형 전기자동차에 보안 기술을 적용시키기 위한 연구를 진행하도록 하겠다.

6. 참고문헌

- [1] 한국스마트그리드협회, 전기자동차 충전시스템 KS 표준(안), 2011
- [2] ZigBee Alliance, "ZigBee Smart Energy Profile 2.0 Application Protocol Specification.", 2011
- [3] Society of Automotive Engineers, SURFACE VEHICLE INFORMATION REPORT, 2010