ISSN 1975-8359(Print) / ISSN 2287-4364(Online)
The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers Vol. 63, No. 11, pp. 1564~1570, 2014
http://dx.doi.org/10.5370/KIEE.2014.63.11.1564

# 전기차와 전력계통의 정보교환을 위한 전기차 충전장치의 통신 제어기에 대한 연구

# A Study on Communication Controller of Electric Vehicle Supply Equipment for Information Exchange between Electric Vehicle and Power Grid

한 아* · 신 민 호** · 김 인 택*** · 장 혁 수†
(Ah Han · Minho Shin · Intaek Kim · Hyuk-Soo Jang)

**Abstract** - An electric vehicle (EV) not only receives electric power from the electric vehicle supply equipment (EVSE), but it also exchanges the information regarding charging process with the power gird through the EVSE. However, the EV and EVSE communicate using the ISO/IEC 15118 standard while the EVSE and power grid communicate using the IEC 61850 standard. Therefore, the EVSE should support both the ISO/IEC 15118 and IEC 61850 standards, and provide a data mapping function between the two communication protocols so that the EV and power grid, which support different protocols, can communicate with each other throughout the charging process. In this paper, we propose a mapping method of the EVSE, which converts the ISO/IEC 15118 data to IEC 61850 and vice versa, based on the XML schema of each protocol. The proposed method converts the data using the XSL (eXtensible Stylesheet Language) method, which defines the data mapping between two XML schemas. Our approach is more flexible and easier to maintain against changes in charging scenarios and the standards than other existing approaches such as one-to-one data mapping methods.

**Key Words** : Smart Grids, ISO/IEC 15118, IEC 61850, Electric Vehicle, Electric Vehicle Supply Equipment, Power Grid

## 1. 서 론

우리나라를 포함한 세계 각국에서는 전기차의 개발과 보급에 적극 지원하고 있다. 무공해 동력원인 전기를 사용하여 운행하는 전기차는 화석연료를 사용하는 운송 장비들과 달리 CO와 CO2를 발생시키지 않아 대기오염 및 오존층 파괴 감소에 효과적이다. 뿐만 아니라, 에너지 효율 최적화를 지향하는 스마트 그리드와 연계하여 전력부하 평준화 및 신재생 에너지 활용 극대화에 도움을 줄 것으로 기대되기 때문이다.

전기차의 빠른 보급 및 활용을 위해서는 전기차 충전 인프라 구축이 필수적이다. 그림 1은 전기차 충전 인프라의 대략적인 구성도로서 전기차(Electric Vehicle, EV)와 충전장치(EV Supply Equipment, EVSE), 그리고 분산전원 시스템(Distribution System Operator, DSO)과 인프라 운영 시스템(E-mobility Infrastructure Operator, EIOp)의 관계를 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 전기차 충전장치는 분산전원 시스템과 연계하여 전기차에 전력(Power)을 공급한다. 또한 ISO/IEC 15118 프로토콜을 사용하여 전기차로부터 수집된 정보를 인프라 운영 시스템으로 전달하거나, 반대로 IEC 61850 프로토콜을 사용하여 제공받은 실시간 전력 정보(Information)를 전기차로 전달한다.

이처럼 전기차의 충방전을 위해서는 전기 에너지뿐만 아니라, 인프라 운영 시스템을 포함한 지능형 전력망(스마트그리드)과의 실시간 데이터 교환 또한 필요하다. 그러나 현재 운영 중인 전기차 충전장치는 전력공급의 목적으로 사용될 뿐, 지능형 전력망과의 데이터 교환에 필요한 ISO/IEC 15118 및 IEC 61850을 지원하지 않아 전기차를 분산전원으로 활용하려는 노력에 부합하지 못하고 있다.

ISO/IEC 15118와 IEC 61850을 지원하는 충전장치를 개발하기 위해서는 ISO/IEC 15118와 IEC 61850의 데이터 매핑에 관한 논의가 필요하다. ISO/IEC 15118와 IEC 61850은 전기차 충방전을 위한 전기차와 전력망간 정보교환이라는 동일한 목적을 다루고 있지만, 독립적으로 발전해왔기 때문에 메시지 구성 및 데이터 형식과 이름에 차이가 있다. 그러므로 하나의 전기차 충전 시나리오 안에서 데이터교환 순서를 일반화하고, 데이터 매핑 지점, 내용 및 방법을 지정해야한다.

본 논문은 ISO/IEC 15118에서 명세한 전기차 급속충전 시나리오를 바탕으로 전기차와 전력망간 정보교환 과정을 보이고, 충전장치가 제공해야하는 ISO/IEC 15118과 IEC

† Corresponding Author : Dept. of Computer Engineering, Myongji University, Korea.
E-mail: hyuks.jang@gmail.com
* Korea Testing Laboratory, Korea.
** Dept. of Computer Engineering, Myongji University, Korea.
*** Dept. of Information & Telecommunication Engineering, Myongji University, Korea.
Received : May 12, 2014; Accepted : October 24, 2014

61850의 데이터 매핑 지점, 내용 및 그 방법을 제안한다. 정리한 정보교환 과정은 가장최신 표준문서를 기준으로 분석한 결과로, ISO/IEC 15118와 IEC 61850을 모두 지원하는 전기차 충전장치를 개발하고자하는 제조사에게 좋은 참고자료가 될 것이다. 또한, 소개하는 ISO/IEC 15118과 IEC 61850간 데이터 매핑 방법은 XSL을 활용한 스키마기반 변환방법으로써, 현재 가장 일반적으로 사용되는 게이트웨이 형식의 1:1 데이터 매핑에 비해 확장성, 유지보수 및 보급화 면에서 효율적이다.

이후 2장에서는 전기차 충전장치와 관련 있는 대표적인 국제표준들을, 3장에서는 관련연구를 소개한다. 4장에서는 ISO/IEC 15118과 IEC 61850의 분석결과를 토대로 정리한 전기차와 전력망간 정보교환 과정과 매핑 지점 및 내용을 보인다. 5장에서는 스키마기반 매핑 방법을 소개하고, 마지막으로 6장에서는 결론을 기술한다.

## 2. 국제표준

전기차와 지능형전력망의 연계를 위하여 전기차 충전장치 개발에 고려해야하는 대표적인 국제표준으로는 ISO/IEC 15118과 IEC 61850이 있다. ISO/IEC 15118은 전기차와 충전장치의 데이터 교환을 위한 통신 프로토콜로써, 효율성과 안전성, 그리고 호환성 제공을 목표로 개발된 국제표준이다[1]. ISO/IEC 15118 논의 이전에는 최소한의 안전을 위하여 최대 가용 전류 정보를 포함한 기본적인 정보들을 전송하는 Low-level 통신만 가능하였다. 그러나 보다 다양한 충전기능 및 부가 서비스에 대한 요구가 증가하면서 High-level 통신이 필요하게 되었다. ISO/IEC 15118은 이러한 필요를 만족시키기 위하여 High-level 디지털 통신을 지원함으로써, 충전 시작과 종료, 요금 지불, 인증 및 보안, 충전 제어, 스케줄링, 부가서비스 등을 지원하기 위한 데이터 교환을 가능하게 해준다.

ISO/IEC 15118는 6개의 문서로 이루어져 있다. Part 1은 전기차 충전을 위한 일반적인 요구사항과 충전 시나리오를 유즈케이스와 함께 제시한다[1]. Part 2는 전기차와 충전장치에 교환되는 메시지의 종류, 형식, 교환 순서를 정의하고, OSI 7계층 중 네트워크계층부터 응용계층까지 상위 4계층에 대한 요구사항을 기술한다[2]. 하위 2계층인 물리계층과 데이터 링크 계층에 대한 요구사항은 Part 3에서 정의한다[3]. Part 4와 5는 최근 논의가 시작되어 ISO/IEC 15118 통신규약에 따른 적합성 시험환경, 시험항목, 시험절차 등에 대해 기술 중이며[4], Part x는 무선매체를 이용한 통신규약을 제공할 예정이다.

IEC 61850은 전력계통(Power Utility) 전반의 자동화를 위해 재정된 국제표준으로써, 전력망에 연계된 전력 장비(Intelligent Electronic Devices, IED)들의 정보 교환을 위한 데이터 모델 및 통신규약을 제공한다[5]. IEC 61850은 전력장비간 상호운용성을 제공할 뿐만 아니라, 실시간 이상 감지 및 진단을 통하여 설비 고장에 대한 사전 예측을 가능하게 한다. 또한 어플리케이션 모델과 커뮤니케이션 모델을 분리함으로써 전력계통 자동화에 필요한 모든 기능 정의가 가능하고, 새로운 통신 기술에 유연하게 대처할 수 있어 유럽, 미국뿐만 아니라 우리나라에서도 IEC 61850 기반 지능형 전력망 도입이 진행 중이다.

IEC 61850은 10개의 핵심파트와 여러 하위파트들로 구성되어 있다. 그 중 전기차 충전인프라 개발에 필요한 대표적인 파트는 IEC 61850-7-x와 IEC 61850-90-8이다. IEC 61850-7-x는 전력 장비들의 일반적인 요구사항을 만족시키기 위한 정보모델과[6], 데이터 클래스, 이러한 정보들을 사용하기 위한 서비스들을 정의한다. IEC 61850-7-420은 연료전지, 광전지, 열병합 설비를 포함한 다양한 분산전원(Distributed Energy Resources, DER)들을 전력망에 유기적으로 연결하기 위한 정보모델을[7], IEC 61850-90-8은 전기차와 전력망의 정보교환을 위한 정보모델을 기술한다[8].

그밖에도 전기차와 충전장치의 연결에 사용되는 커넥터(Connectors)와 인렛(Inlets)에 대한 물리적 규격 및 요구사항을 기술한 IEC 62196과[9], 안전관련 신호전달 메커니즘과 펄스폭 변조(PWM)신호를 이용한 충전지점 정의방법을 기술한 IEC 61851이 있다[10].

## 3. 관련연구

전기차 시장의 빠른 발전에 힘입어 다양한 연구가 진행되고 있다. 그러나 ISO/IEC 15118과 IEC 61850 프로토콜을 모두 지원하는 전기차 충전장치에 대한 연구는 시작단계로, ISO/IEC 15118기반 전기차 개발 및 그에 따른 시험방법과 관련된 연구가 주가 되고 있을 뿐 ISO/IEC 15118 데이터와 IEC 61850 데이터간 매핑에 대한 연구는 미비하다.

[11]은 전기차와 충전장치간 교환되는 ISO/IEC 15118 메시지의 종류와 순서를 분석하고, 메시지 교환 포맷으로 사용되는 EXI(Efficient XML Interchange)와 XML의 크기를 비교함으로써 RAM 사용률에 따른 프로토콜의 성능을 평가한다[12]. 역시 ISO/IEC 15118 메시지 종류와 교환 순서를 설명하고 EXI의 성능을 강조한다. 또한, 전기차를 분산전원으로써 스마트그리드에 연계하기 위하여, 전기차 정보모델을 설계하기 위한 IEC 61850-7-420의 추가사항을 제시한다. 그러나 해당 논문은 2010년에 출판된 논문으로써, 2010년부터 새롭게 논의되어 현재까지 활발히 진행 중인 IEC 61850-90-8에서 전기차와 전력망의 연계를 위한 추가적인 요구사항을 다루고 있으므로 의미가 없다. 또한 전기차와 충전장치간 ISO/IEC 15118 메시지 교환에 따른 충전장치와 전력망간 IEC 61850 서비스 발생 시점만 정리하였을 뿐 데이터 변환 내용 및 방법에 대해서는 다루지 않는다.

[13]에서는 TTCN-3(Testing and Test Control Notation)를 이용한 V2G(Vehicle to Grid) 통신 인터페이스인 ISO/IEC 15118 시험 시스템을 제안하고, 시험절차 및 개발방법을 ISO/IEC 115118 SessionSetup 메시지를 예로 들어 설명한다. TTCN-3는 통신 프로토콜 시험을 위한 시험절차 구현에 사용되는 프로그래밍 언어로써 Bluetooth, IP, LTE를 포함한 다양한 통신 프로토콜 시험에 사용된바 있다[14].

## 4. ISO/IEC 15118과 IEC 61850의 데이터 매핑

전기차는 충전장치를 통해 전력망과 연계하여 전기차 충방전을 위한 정보들을 교환한다. 그러나 전기차와 충전장치

는 ISO/IEC 15118 통신 프로토콜을 충전장치와 전력망은 IEC 61850 통신 프로토콜을 사용하므로, 충전장치는 두 통신 프로토콜을 모두 지원해야할 뿐만 아니라 데이터 매핑 또한 제공해야 한다.

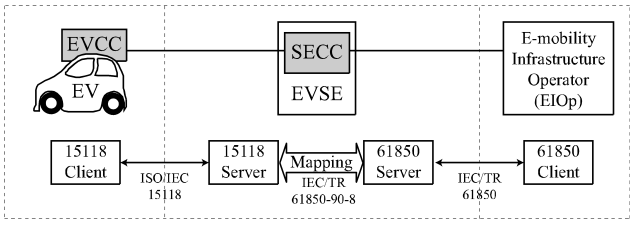



그림 1 전기차 충전을 위한 통신 프로토콜
Fig. 1 Communication protocol for charging electric vehicle

그림 2는 ISO/IEC 15118과 IEC 61850을 이용하여 전기차와 전력망간 정보교환을 지원하기위해 전기차, 충전장치, 전력망이 각각 보유해야하는 서버와 클라이언트를 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 전기차 충전장치(EVSE)는 전기차(EV)와의 통신을 위한 15118 서버와 전력망과의 통신을 위한 61850 서버를 모두 포함해야한다. 또한 상의한 프로토콜을 지원하는 두 서버간 데이터교환을 위하여 데이터 매핑 기능을 제공해야한다.

ISO/IEC 15118과 IEC 61850의 데이터 매핑을 정의하기 위해서는 두 표준의 서로 다른 데이터 형식을 이해해야 한다. 또한 데이터의 의미를 파악하여 동일한 의미를 가지는 데이터들을 정리할 수 있어야 한다. 이를 위하여 4.1과 4.2장에서는 각각 ISO/IEC 15118와 IEC 61850의 데이터 형식을 설명한다. 4.3장에서는 전기차 충전과정을 보이고, 데이터 매핑이 필요한 데이터 항목들을 제안한다.

### 4.1 ISO/IEC 15118 메시지

전기차와 충전장치는 ISO/IEC 15118 통신 프로토콜에 따라 XML 형식으로 기술된 V2G 메시지를 교환한다. 그림 3은 급속충전을 위해 전기차와 충전장치가 교환하는 14개의 V2G 메시지로써, 각각의 메시지는 전기차가 충전장치로 전송하는 요청(Request) 메시지와, 그에 따라 충전장치가 전기차로 전송하는 응답(Response) 메시지로 한 쌍을 이룬다. 단, 점선으로 표시된 Service Detail메시지나 EV Maximum Power Limit와 같은 속성들은 선택적(Optional)이다.

그 중, Charge Parameter Discovery 메시지는 전력공급 이전에 전기차와 충전장치가 서로의 상태 및 설정사항을 교환하기 위한 것으로, Request 메시지에는 전기차의 현재 에너지 보유량(EVRESSSOC)과 같은 상태정보(EV Status), 수용 가능한 최대 전류, 전력, 전압 및 배터리에 저장 가능한 에너지 수용치(EV Energy Capacity)가 포함되어 이를 통해 전기차의 물리적 한계치를 충전장치에게 알린다. 뿐만 아니라 요청하는 충전량(EV Energy Request), 만충천시 예상되는 에너지 보유량(Full State of Charge) 또는 요청한 충전종료시간에 예상되는 에너지 보유량(Bulk State of Charge)을 퍼센트 단위로 제공함으로써 충전장치에게 충전시나리오 수립에 필요한 정보를 제공한다.

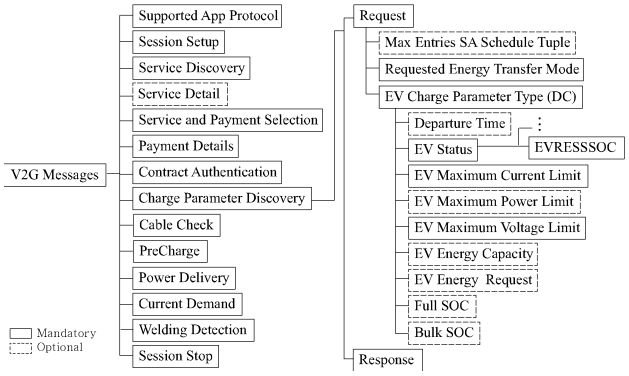



그림 2 급속충전을 위한 ISO/IEC 15118 V2G 메시지
Fig. 2 ISO/IEC 15118 V2G messages for DC charging

### 4.2 IEC 61850 정보모델

충전장치와 전력망은 IEC 61850 통신 프로토콜을 이용하여 정보를 교환한다. 그림 4는 IEC 61850 통신을 지원하는 전기차 충전 시스템을 구축하기 위하여 필요한 대표적인 IEC 61850 정보모델들을 나타낸 것이다. 대부분의 정보모델은 IEC 61850-7-420에 정의되어 있으며, 전기차로부터 수집된 정보를 전력망으로 전송하기 위해 IEC 61850-90-8에서 새롭게 추가한 DESE, DEEV, DEOL 논리노드(Logical Node, LN)가 있다. 이때 논리노드 이름의 첫 알파벳인 "D"는 "Distributed energy resources"로써, DEEV가 분산전원 환경을 위한 전기차 정보로 구성되어 있음을 의미한다.

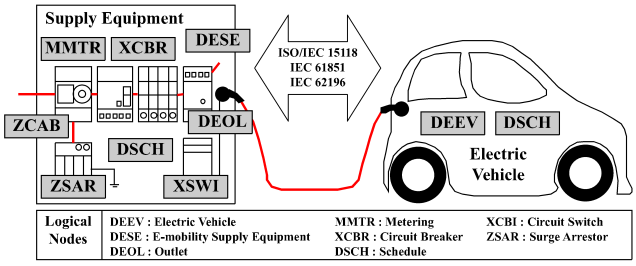



그림 3 전기차 충전장치를 위한 IEC 61850 logical node
Fig. 3 IEC 61850 Logical Nodes for electric vehicle supply equipments

표 1은 DEEV(E-mobility Electric Vehicle) 논리노드를 구성하는 데이터들을 정리한 것이다. 자세히 살펴보면, 크게 서술정보, 상태정보, 설정정보, 계측정보로 나눌 수 있으며, 서술정보에는 전기차의 이름, 제조사, 제품번호와 같은 Nameplate 정보가, 상태정보에는 전기차에서 선택한 충전장치와의 연결타입 정보가 저장된다. 설정정보에는 전기차가 지정한 충전종료시간, 충전요구량, 전기차 가용 최대 전압, 전류 및 가용 최소 전류가 포함되며, 계측정보에는 전기차의 현재 에너지 보유량이 포함된다. DEEV의 이러한 데이터들은 아울렛(Outlet)을 통한 전기차와 충전장치의 정상연결이 확인되기 전까지 어떠한 값도 가질 수 없다.

표 1 DEEV 클래스 (IEC 61850-90-8)
Table 1 DEEV Class

| DEEV 클래스 | | |
|---|---|---|
| 종류 | 데이터 이름 | 설명 |
| Descriptions | EVNam (EV Nameplate) | EV 제조정보 |
| Status Information | ConnTypSel (Connection Type) | EV가 선택한 EVSE와의 연결타입<br>1 : DC<br>2 : single-phase<br>3 : two-phase<br>4 : three-phase |
| Status Settings | DptTm (Departure Time) | 전기차가 지정한 충전종료 시간 |
| | EnAmnt (Amount of Energy) | 전기차가 요청한 충전량 |
| | VMax (Maximum Voltage) | phase당 전기차 수용가능 최대전압 |
| | AMax (Maximum Current) | phase당 전기차 수용가능 최대전류 |
| | AMin (Minimum Current) | phase당 전기차 수용가능 최소전류 |
| Measured and Metered Values | Soc (State of charge) | 전기차 현재 에너지 보유량 |

그 외에도 DESE(E-mobility Supply Equipment)는 전기차 충전장치의 하드웨어적 특성 정보로 구성되며, DEOL (E-mobility OutLet)는 충전장치에서 전기차로 전력을 공급하기 위하여 전류를 끌어내는 주전구(아울렛)의 감시 및 제어와 관련된 정보를 포함한다.

### 4.3 ISO/IEC 15118과 IEC 61850의 데이터 매핑

이전 장에서 소개한 것처럼 서로 상이한 통신 프로토콜을 사용하는 전기차와 전력망의 원활한 정보교환을 위해서는 충전장치 내에서의 데이터 매핑이 필요하다. ISO/IEC 15118 메시지를 통해 전송된 데이터를 IEC 61850 기반의 정보모델을 사용하는 전력망으로 전송하기 위해서는 이를 IEC 61850 형식으로 변환해야하기 때문이다.

그림 5는 전기차와 충전장치간 교환되는 ISO/IEC 15118 V2G 메시지와, 그에 따라 발생되는 충전장치와 전력망간 데이터 교환 내용을 급속충전 시나리오에 따라 정리한 시퀀스 다이어그램이다. V2G 메시지의 대부분은 전기차의 충방전을 위하여 전기차와 충전장치가 서로의 상태 및 설정정보를 교환하기 위한 목적을 가진다. 그러나 그중에는 전기차의 충전내역과 결제정보 수집, 사용자 인증 및 계약증명서 확인 등을 위하여 전력망으로까지 전달해야하는 정보도 포함되어 있다.

이처럼 전기차로부터 수집된 정보를 충전장치를 거쳐 전력망으로 전달하기 위해서는 ISO/IEC 15118 메시지로부터 해당 데이터를 추출하여 동일한 의미의 IEC 61850 정보모델에 매핑해야 한다. 그림 5의 매핑포인트(Mapping Point, MP) 1, 2, 3은 ISO/IEC 15118 서버와 IEC 61850 서버 사이에서 매핑이 필요한 지점을 표시한 것으로 총 3번의 매핑이 필요하다. 매핑이 완료된 데이터는 IEC 61850-7-2에 명

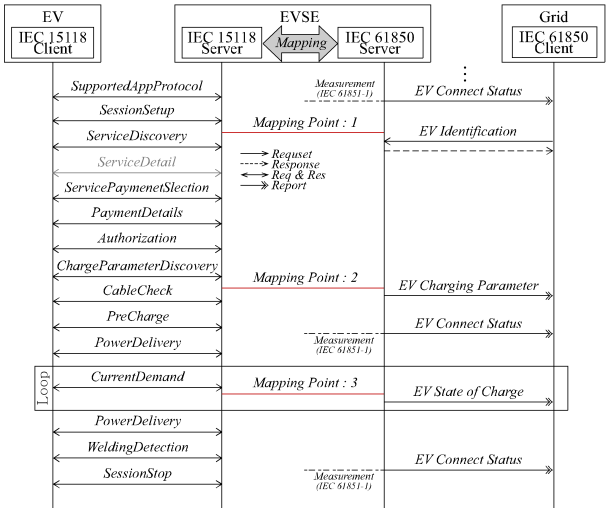



그림 4 전기차 급속충전 시나리오에 따른 데이터 교환 순서도
Fig. 4 Sequence diagram about data exchanges according to EV DC charging scenario

표 2 ISO/IEC 15118과 IEC 61850의 데이터 매핑
Table 2 Data mapping between ISO/IEC 15118 and IEC 61850

| ISO/IEC 15118 | | Mapping Point | IEC 61850 | |
|---|---|---|---|---|
| Message (Request) | Element | | LN | Data Object |
| Session Setup | EVCCID | MP1 | DEEV | EVNam |
| Charge Parameter Discovery | Requested Energy Transfer Mode | MP2 | | ConnTypSel |
| | Departure Time | | | DptTm |
| | EV Maximum Voltage Limit | | | VMax |
| | EV Maximum Current Limit | | | AMax |
| | EV Min Current (AC) | | | AMin |
| | EV Energy Request | | | EnAmnt |
| Current Demand | EV Status :EVRESSSOC | MP3 | | Soc |

시된 ASCI 서비스를 이용하여 전력망에 제공된다.

표 2는 그림 5의 매핑포인트 각각에서 처리되는 ISO/IEC 15118과 IEC 61850의 데이터 매핑 내용을 정리한 것으로, Session Setup, Charge Parameter Discovery, Current Demand 메시지의 Element들이 의미가 동일한 IEC 61850 DEEV 논리노드의 Data Object와 대응되는 것을 알 수 있다. MP3을 예로 들면, 전기차는 충전이 본격적으로 시작되어 실제 에너지가 공급되는 동안에 CurrentDemand 메시지를 충전장치에게 전송함으로써 현재 충전상태(EVRESSSOC)를 주기적으로 갱신한다. 또한 충전장치는 전기차로부터 제공받은 현재 전기차 충전량(Soc)을 전력망에게 공급함으로써 전력사용 상태 분석 및 결제금액 예측을 준비한다. 이러

한 처리를 위하여 MP3에서는 CurrentDemand 메시지의 EVRESSSOC 데이터를 이름은 다르나 의미(Semantic)가 동일한 DEEV의 Soc으로 매핑함으로써 IEC 61850 프로토콜을 사용한 전력망으로의 데이터 전송을 가능하게 하는 것이다.

동일한 방법으로 MP1에서는 SessionSetup 메시지의 EVCCID을 DEEV의 EVNam으로, MP2에서는 ChargeParameterDiscovery 메시지의 충전요구량을 포함한 6개의 Element를 DEEV의 해당 Data Object로 매핑해야 한다. 이때 IEC 61850의 Data Object들은 다시 CDC(Common Data Class)라는 구조체 형식의 데이터 구조를 가짐으로써 보다 세분화할 수 있다. 그러나 본 논문에서는 이해를 돕기 위해 생략하였다.

## 5. 스키마기반 매핑 기법

ISO/IEC 15118과 IEC 61850의 데이터 매핑 내역이 정의되면 매핑 모듈을 개발해야 한다. 매핑 모듈에 대한 개발 방법은 정해진바 없이 다양하며, 그중 가장 일반적인 방법은 데이터베이스에 각각의 양식으로 저장된 데이터를 시스템 개발자가 프로그램 상에서 추출하여 지정하는 1:1 매핑 방법이다. 그러나 1:1 매핑 방법은 매핑 할 데이터 포인트의 수가 많아짐에 따라 많은 시간과 노력이 요구될 뿐만 아니라, 표준의 확장 및 수정으로 인해 데이터가 변할 때마다 매핑 구현 내용을 변경해야 함으로 확장성이 결여된다. 또한 데이터 매핑의 전 과정을 개발자에게 의존하기 때문에 개발자의 실수가 시스템 전체에 치명적인 문제를 초래할 수 있으며, 특정 시스템에 의존적이기 때문에 다른 시스템과의 연동성 확보가 어렵다.

본 장에서는 1:1 데이터 매핑의 문제점을 해결하기 위한 ISO/IEC 15118과 IEC 61850의 XML 스키마(Schema)기반 매핑 기법을 소개한다. XML(eXtensible Markup Language)은 인터넷상에서의 효율적인 정보공유를 위하여 제안된 차세대 인터넷 언어이다. ISO/IEC 15118과 IEC 61850 또한 상이한 전력기기간 효율적인 정보교환을 위하여 각 표준의 스키마에 맞는 XML 형식의 데이터를 교환한다. 나아가 ISO/IEC 15118은 XML을 압축한 EXI(Efficient XML Interchange)[15] 형식의 메시지를 교환함으로써 통신성능 및 보안성능 향상을 위해 노력하고 있다.

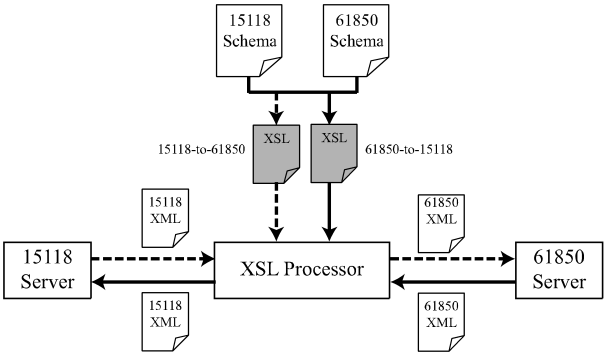



그림 5 XSL을 이용한 스키마기반 매핑 모듈 개념도

Fig. 5 Concept of mapping module based on schema using XSL

그림 6은 제안하는 스키마기반 매핑 모듈의 개념도이다. XSL(eXtensible Stylesheet Language)는 XML문서를 다른 스키마 형식의 XML문서로 변환하기 위한 표준으로써, XSL를 활용하면 전기차로부터 전달되는 ISO/IEC 15118 스키마 형식의 XML 문서를 IEC 61850 스키마 형식의 XML 문서로 변환하는 것이 가능하다. 변환명령은 자바코드로 구현된 XSL Processor에 작성되며, 변환을 수행하기 위해서는 변환하고자하는 소스파일과 변환방법이 기술되어 있는 XSL 파일이 필요하다. 즉, 전기차에서 전력망으로 정보를 전송하기 위해서는 전기차로부터 보내진 15118 XML 파일과, 15118-to-61850 XSL 파일이 필요하며, 반대로 전력망에서 전기차로 정보를 전송하기 위해서는 전력망으로부터 보내진 61850 XML 파일과, 61850-to-15118 XSL파일이 필요하다.

그림 7은 자바로 구현한 XSL Processor의 프로그램 코드로써, 15118-to-61850.xsl 파일을 이용하여 ISO/IEC 15118

```
import javax.xml.transform.*;
import javax.xml.transform.stream.*;

public class XSLProcessor {
  public static void main(String[] args) throws Exception {
      // Create TransformerFactory object
      TransformerFactory factory =
          TransformerFactory.newInstance();

      // Create source object to XSL file
      Source sourceXSL = new
          StreamSource("15118-to-61850.xsl");

      // Create XSL Transformer object
      Transformer transformer =
          factory.newTransformer(sourceXSL);

      // Set output property
      transformer.setOutputProperty(OutputKeys.ENCODING,
          "euc-kr");
      transformer.setOutputProperty(OutputKeys.INDENT,
          "yes");

      // Create source XML
      Source sourceXML = new StreamSource("15118.xml");

      // Create result XML
      Result resultXML =  new StreamResult("61850.xml");

      // Display to monitor
      transformer.transform(sourceXML, resultXML);
  }
}
```

그림 6 XSL Processor

Fig. 6 XSL Processor

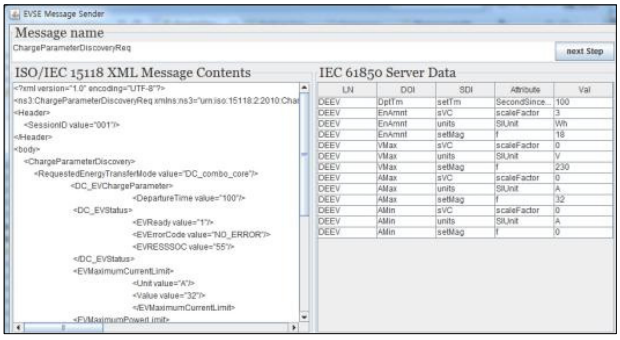



그림 7 ISO/IEC 15118과 IEC 61850의 스키마기반 매핑 시스템

Fig. 7 Schema based mapping system of ISO/IEC 15118 and IEC 61850

스키마기반으로 작성된 15118.xml 파일의 내용을 IEC 61850 스키마기반의 61850.xml 파일로 변경하고 있다. 이처럼 개발자가 구현해야하는 프로그래밍 코드는 명확하고 간결할 뿐만 아니라, 프로그래밍 상에서 데이터 매핑 내용을 작성하지 않기 때문에 이후 매핑 내역이 변경되더라도 코드를 수정할 필요가 없다. 또한, 특정 시스템에만 종속적이지 않아 ISO/IEC 15118과 IEC 61850을 사용하는 모든 전기차와 전력망의 데이터 교환에 활용 가능하며, 프로그램이 아닌 XSL 파일의 전달만으로도 매핑 모듈의 보급이 가능하다.

그림 8은 XSL을 이용하여 개발한 ISO/IEC 15118과 IEC 61850의 스키마기반 매핑 시스템으로 ISO/IEC 15118의 14개 V2G 메시지 각각에 대한 IEC 61850으로의 매핑 과정을 보여준다. 특히 그림이 저장된 순간은 ISO/IEC 15118의 Charge Parameter Discovery Request 메시지를 IEC 61850의 DEEV로 매핑 결과를 나타낸 화면으로써, 그 매핑 내용이 표 2에서 설명한 것과 일치하는 것을 알 수 있다.

## 6. 결 론

전기차 충전장치는 ISO/IEC 15118 통신 프로토콜을 사용하는 전기차와 IEC 61850 통신 프로토콜을 사용하는 전력망 간 원활한 정보교환을 위해 ISO/IEC 15118과 IEC 61850의 데이터 매핑 기능을 지원해야 한다. 본 논문에서는 전기차 충전 시나리오에 따른 전기차와 전력망의 정보교환 내용을 보이고, 데이터 매핑이 필요한 지점과 내용을 설명하였다. 또한, XSL 변환기를 이용한 ISO/IEC 15118과 IEC 61850의 스키마기반 매핑 기법을 제안하였다. 제안하는 매핑 기법은 게이트웨이 형식의 데이터기반 1:1 매핑 기법과 달리 표준의 변화에 유연하고 유지보수 비용이 적을 뿐만 아니라, 보급이 용이하다.

## References


[1] ISO/IEC 15118-1: Road vehicles – Vehicle to grid communication interface – Part 1: General information and use-case definition, IS Ed.1, 2013.

[2] ISO/IEC 15118-2: Road vehicles – Vehicle-to-Grid Communication Interface – Part 2:Technical protocol description and Open Systems Interconnections(OSI) layer requirements, IS Ed.1, 2014.

[3] ISO/IEC 15118-3: Road Vehicles – Vehicle to grid communication interface – Part 3: Physical layer and Data Link layer requirements, CDV Ed.1, 2013.

[4] ISO/IEC 15118-4: Road Vehicles – Vehicle to grid communication interface – Part 4: Network and application protocol conformance test, CD Ed.1, 2014.

[5] IEC/TR 61850-1 Ed.2: Communication networks and systems for power utility automation – Part 1: Introduction and overview, 2012.

[6] IEC/TR 61850-7-4 Ed.2: Communication networks and systems for power utility automation – Part 7-4: Basic communication structure – Compatible logical node classes and data object classes, 2010.

[7] IEC/TR 61850-7-420 Ed.1: Communication networks and systems for power utility automation – Part 7-420: Basic communication structure – Distributed energy resources logical nodes, 2012.

[8] Draft IEC TR 61850-90-8 – Communication networks and systems for power utility automation – Part 90-8: IEC 61850 object models for electric mobility, 2013.

[9] IEC 62196-x, Plugs, socket-outlets, vehicle couplers and vehicle inlets Conductive charging of electric vehicles.

[10] IEC 61851-1 Ed. 2: Electric vehicle conductive charging system Part 1: General requirements, International Electrotechnical Commission, 2010.

[11] J. Schmutzler and C. Wietfeld, “Analysis of Message Sequences and Encoding Efficiency for Electric Vehicle to Grid Interconnections”, IEEE Vehicular Networking Conference, pp. 118-125, 2010.

[12] S. Kabisch, A. Schmitt, M. Winter and J. Heuer, "Interconnections and Communications of Electric Vehicles and Smart Grids", IEEE Smart Grid Communications, pp. 161-166, 2010.

[13] S. Groning, C. Lewandowski, J. Schmutzler and C. Wietfeld, "Interoperability Testing Based on TTCN-3 for V2G Communication Interfaces", IEEE Connected Vehicles and Expo, pp. 298-303, 2012.

[14] ETSI, TTCN-3: Core Language ES 201 873-1 V 4.3.1, European Telecommunications Standards Institute, http://www.ttcn-3.org/, 2011.

[15] J. Schneider and T. Kamiya, "Efficient XML Interchange (EXI) Format 1.0", http://www.w3.org/TR/exi/, W3C Candidate Recommendation, 2009.


## 저 자 소 개

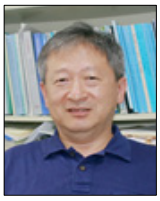
**한 아(Ah Han)**

2007년 명지대학교 정보공학과 (공학사). 2009년 명지대학교 컴퓨터공학과 (공학석사). 2012년 명지대학교 컴퓨터공학과 (공학박사). 2014년~현재 한국산업기술시험원 선임연구원.

**신 민 호(Minho Shin)**

1998년 서울대대학교 전산과 (공학사). 2003년 메릴랜드 주립대학교 (공학석사). 2007년 메릴랜드 주립대학교 (공학박사). 2011년~현재 명지대학교 조교수.

**김 인 택(Intaek Kim)**
1984년 서울대학교 전자공학과 (공학사). 1986년 서울대학교 전자공학과 (공학석사). 1992년 조지아 공과대학교 (공학박사). 1995년~현재 명지대학교 교수.



**장 혁 수(Hyuk-Soo Jang)**
1983년 서울대학교 산업공학과 (공학사). 1990년 미국오하이오 주립대학교 컴퓨터공학과 (공학박사).
1992년~현재 명지대학교 교수.