

에너지 프로슈머를 위한 모드버스/OCF 연동 기술 동향

심태형 한국전자통신연구원 선임연구원

정상진 한국전자통신연구원 책임연구원



1. 머리말

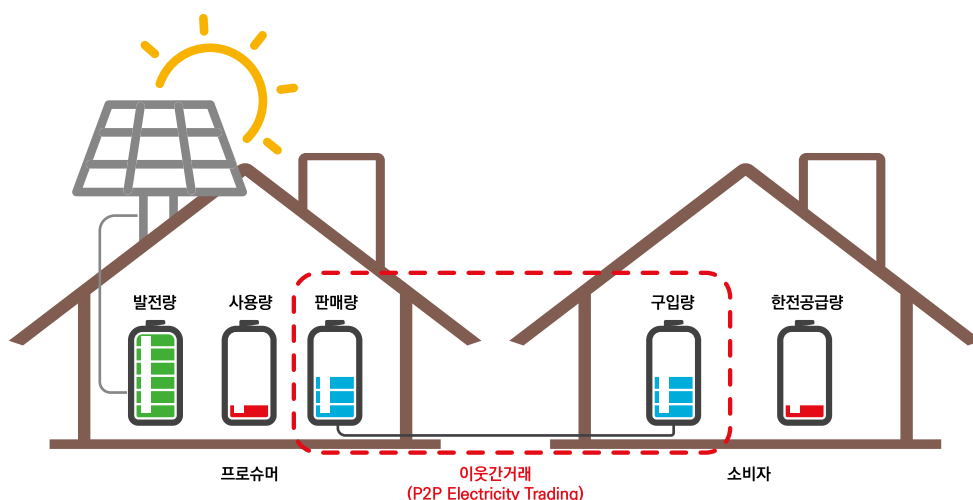
기존 전력망은 전력 공급자 측의 발전 및 송배전 설비와 사용자 측의 전력설비로 역할이 명확히 구분됐다. 그러나 사물인터넷(IoT, Internet of Things) 기술 확산과 스마트그리드 도입에 따라 사용자 측의 소형 발전기, 태양광, 풍력, 배터리 등 분산전원을 사고파는 에너지 프로슈머(Prosumer)가 에너지 공급의 한 축을 담당하게 되었다.

대표적 IoT 국제표준화기구인 OCF(Open Connectivity Foundation)[1, 2]에서는 OCF 플랫폼을 활용해 신재생에너지 같은 사용자 영역의 전기설비에 IoT 연결을 제공하는 작업을 진행했다. 일반적으로 전기설비는 모드버스(Modbus)[3] 등 간단한 시리얼 통신 프로토콜을 활용한다. 기존 전기설비를 OCF 플랫폼 기반 IoT로 연결하려면 모드버스 데이터 모델을 OCF 플랫폼 데이터 모델로 변환하는 모드버스/OCF 연동 기술 방법이 필요하다. 본고에서는 에너지 프로슈머를 위한 표준화된 모드버스/OCF 연동 기술 동향을 소개한다.

2. 에너지 프로슈머

우리나라는 2015년 ‘2030 에너지 신산업 확산전략’을 통해 에너지 산업의 미래모습 핵심 키워드로 에너지 프로슈머(Prosumer)를 선정했다. 에너지 프로슈머란 ICT 융합기술과 연계된 소규모 신재생에너지를 활용해 소비자가 직접 전기를 생산, 소비, 판매하는 전력거래 시장을 가리킨다. [그림 1]은 에너지 프로슈머 거래 모델 중 이웃 간 에너지 프로슈머 거래의 예다. 그동안 태양광발전 등을 통해 소규모 생산한 전력을 한국전력 또는 전력거래소를 통해서 판매할 수 있었다. 프로슈머 전력거래 시장을 통하면 전기 소비자의 선택권을 확대하는 것은 물론 송전 및 배전 사업자의 전력망 건설 비용과 유지 및 관리 비용을 절감할 수 있다는 장점이 있다.

에너지 프로슈머 수익모델 분류는 상계거래, 이웃 간 거래, 도매시장 참여로 구분되며, <표 1>은 각 수익모델 분류에 따른 주요 내용을 나타낸다. <표 2>는 이웃 간 거래(P2P Electricity Trading)에서 각 역할 및 거래에 따른 효과를 나타낸다. 국내는 프로슈머 수익모델이 상계거



[그림 1] 이웃 간 에너지 프로슈머 거래(P2P Electricity Trading) 모델

<표 1> 에너지 프로슈머 수익모델의 분류 및 주요 내용

| 분류 | 주요내용 |
|---------|--|
| 상계거래 | 한국전력의 계통으로부터 소비되는 전력량에서 프로슈머의 발전량을 차감한 전력량에 대해서만 차감된 전력 요금을 지불 |
| 이웃 간 거래 | 프로슈머가 생산한 전력을 전기요금 부담이 큰 이웃에게 P2P로 판매 |
| 도매시장 참여 | 프로슈머가 중개사업자를 통해 거래시장에 참여해 생산전력을 판매 |

<표 2> 이웃 간 거래(P2P Electricity Trading)에서 각 역할 및 거래에 따른 효과

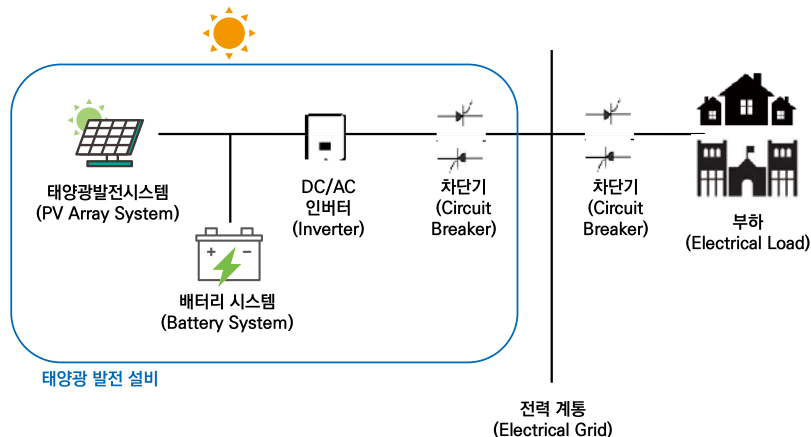
| 구분 | 프로슈머 | 한국전력 | 민간 사업자 | 전기 소비자 |
|----|-----------------|----------------------|-------------------------|-------------|
| 목적 | 판매수익 발생 | 분산형 전원 확대 | 수수료 수익 | 누진세 부담 완화 |
| 행동 | 사용 후 남은 전기 판매 | 중개 및 정산 | 프로슈머와 전기 소비자 간 거래 대상 발굴 | 프로슈머의 전기 구입 |
| 효과 | 전기요금 절감 및 판매 수익 | 송배전 설비 구축 및 운영 비용 절감 | 전력사업 비즈니스 | 전기요금 절감 |

래만 활성화돼 있어, 이웃 간 거래 및 도매시장 참여를 위한 제도적 경제적 지원이 필요하다.

에너지 프로슈머 사업 현황을 살펴보면 2005년 이후 프로슈머 고객은 지속해서 증가하고 있으며 고객 수와 설비용량에서 태양광발전설비가 대부분을 차지한다[4]. 따라서 에너지 프로슈머에서 태양광발전설비를 사물인터넷 기반으로 관리하기 위한 기술표준 개발이 필요하다. 본고에서는 기존 태양광발전 전기설비의 모드버스 데이터 모델을 OCF 플랫폼 데이터 모델로 변환하기 위한 모드버스/OCF 연동 기술 방법을 소개한다.

3. 태양광발전설비 구성 및 OCF 데이터 모델

전력망 설비는 전력 공급자 측 설비와 사용자 측 설비로 나뉜다. 공급자 측 설비는 전력 사업자 측의 관리 설비로 발전, 송전, 변전소, 배전 설비 등으로 구성되고, 사용자 측 설비는 저압설비, 고압설비, 분산전원으로 구분된다. 저압설비는 사용자가 이용하는 소규모 전기설비로 전압 1kV 이하의 수전용량 75kW 미만인 전기설비 또는 발전용량 10kW 미만 발전설비를 대상으로 한다. 고압설비는 사용자가 이용하는 중형 또는 대형 규모의 전기설비로 전압 1kV 초과, 수전용



[그림 2] 대표적인 분산전원 중 태양광발전설비의 구성도[1]

<표 3> 태양광발전설비의 디바이스 구성 및 리소스 별 기능[2]

| 디바이스 이름 | 역할 | 리소스 기능 | 디바이스 종류 | 필요한 리소스 종류 |
|--------------------------------|--|---|----------------------|----------------------|
| 차단기 (Circuit Breaker) | 태양광발전 시스템과 전력망과의 차단 및 연결을 위한 차단기 | 태양광발전설비 및 전력 계통 보호를 위한 차단기 리소스 | oic.d.circuitbreaker | oic.r.circuitbreaker |
| 배터리 시스템 (Battery System) | 태양광발전 시스템에서 생산된 전력을 저장하여 피크 저감 등의 용도로 저장된 전력을 방전 | 에너지 저장을 위한 배터리 리소스 | oic.d.battery | oic.r.energy.battery |
| 인버터 (Inverter) | 태양광 모듈(PV)에서 생산된 DC 전력을 계통의 AC 전력으로 변환 | DC/AC 변환을 위한 인버터의 규격 및 동작 상태를 정의하는 리소스 | oic.d.inverter | oic.r.inverter |
| 태양광발전 시스템 (PV Array System) | 태양광발전을 통해 전력 생산 및 출력 | PV 어레이가 통합 접속되어 어레이의 상태를 모니터링 하기 위한 리소스 | oic.d.pvarraysystem | oic.r.pvarraysystem |

량 75kW 이상 전기설비 또는 발전용량 10kW 이상 발전설비를 대상으로 한다. 마지막으로 분산전원은 태양광, 풍력, 태양열, 연료전지 등 사용자 측의 신재생에너지 발전설비를 대상으로 한다.

[그림 2]는 분산전원 설비 중 태양광발전설비 구성도를 나타낸 것이다. 태양광 모듈(PV, Photovoltaics)을 통해 생산된 신재생발전 전력은 생산량 또는 국가 전력 정책에 따라 구내의 배전망을 통해 수요자의 전력에 공급되거나 수요자의 배터리로 신재생발전으로 생산된 전력을 저장 후 부하 관리의 정해진 정책에 맞춰 전력을 공급한다. 태양광발전으로 생산된 DC 전력은 DC/AC 인버터를 통해 AC 전력으로 전환된다. 태양광 모듈과 구내 배전망과의 연결점에는 차단기를 설치해 이상 발생 시 발전설비를 구내 배전망에서 차단할 수 있도록 한다. 태양광 모듈, 배터리 시스템, DC/AC 인버터, 차단기를 태양광발전설비 구성으로 한정하고 이에 대한 OCF 기반 브릿징 방법을 기술하겠다.

태양광발전설비의 각 구성 디바이스의 역할 및 역할에 따른 세부 수행 기능은 <표 3>에 정의했으며, OCF 표준에 정의된 태양광발전 시스

템 디바이스별 디바이스 종류 및 리소스 종류가 정의된다.

4. 모드버스/OCF 데이터 모델 변환 브릿지

모드버스(Modbus)[3]는 전기설비에서 시리얼 통신케이블을 통해 상태 정보 수집 및 설비 제어 신호 전송 등에 널리 사용되는 통신 프로토콜의 일종으로, 구조가 단순하고 필요에 따라 데이터 필드를 정의해 사용할 수 있어서 다양한 설비에서 사용된다. 모드버스를 통해 지원 받을 수 있는 물리 계층 프로토콜로는 시리얼 통신 프로토콜인 RS232, 또는 RS485, 이더넷(Ethernet) 프로토콜이 대표적이다. 모드버스는 기본적으로 시리얼 통신 기반 마스터(Master)와 슬레이브(Slave) 역할 방식의 프로토콜로 요청(Request)과 응답(Response) 방식의 트랜잭션을 지원하며, 마스터에서 각 슬레이브의 주소 필드를 통해 슬레이브를 식별하고, 각 슬레이브의 리소스를 레지스터 주소를 통해 모드버스 리소스를 식별한다. 모드버스는 메시지 기반의 일대일(Unicast) 또는 일대다(Broadcast) 방식의 비동기 통신 방법을 지원, 시리얼 인터페이스에서

<표 4> 모드버스(Modbus) 데이터 모델 분류[3]

| 메모리 | 데이터 모델 구분 | 데이터 크기 | 동작 | 설명 |
|--------------------|-------------------|-----------|-------|--------------------|
| 코일 (Coil) | Discrete Input | 1-bit | 읽기 | 상위 장치에서 읽기 가능한 데이터 |
| | Coils | | 읽기/쓰기 | 상위 장치에서 수정 가능한 데이터 |
| 레지스터 (Register) | Input Registers | 16-bit 워드 | 읽기 | 상위 장치에서 읽기 가능한 데이터 |
| | Holding Registers | | 읽기/쓰기 | 상위 장치에서 수정 가능한 데이터 |

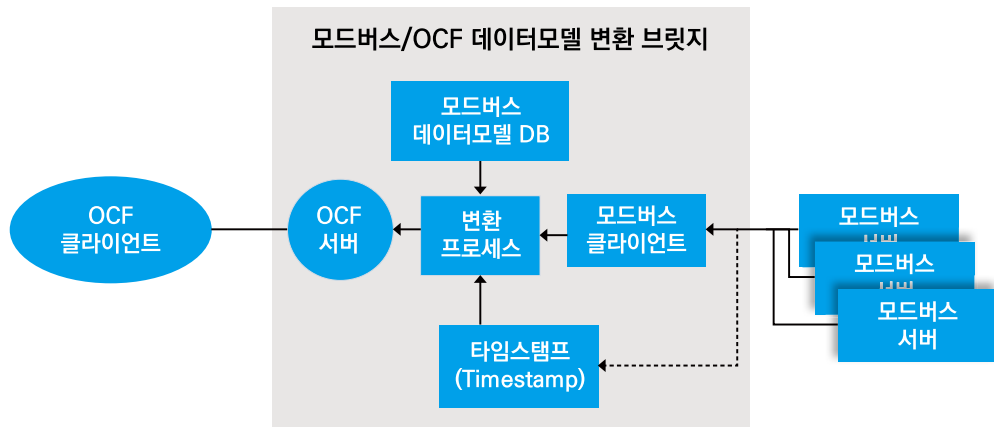
범용적으로 사용된다.

<표 4>는 모드버스 데이터 모델의 분류표이다. 모드버스 데이터 모델 방식은 총 4가지의 입출력 가능한 방식이 있으며 각 데이터 모델은 해당 주소체계를 사용한다. 주소는 각각의 데이터 모델별로 식별자를 부여하는 형식으로 모드버스 프로토콜을 구현하는 제조사 측에서 임의로 설정할 수 있다.

[그림 3]은 모드버스(Modbus)와 OCF 데이터 리소스 모델 간 변환 기능을 수행하는 브릿지(Bridge)의 개념도를 나타낸 것이다. 일반적으로 모드버스 장치는 클라이언트(마스터)/서버(슬레이브) 장치 간 동기화가 필요 없어 타임스탬프(Timestamp) 정보 교환을 지원하지 않지만, OCF 데이터는 실시간 시각 정보를 필수로 가지고 있다. 따라서 모드버스 서버로부터 전송된 데

이터에 RTC(Real Time Clock) 등을 통해 타임스탬프 정보를 추가해 주어야 한다. 모드버스 서버(Modbus Server)로부터 수신된 정보가 OCF 데이터 모델로 변환될 때 시각을 호출하는 시각 정보를 처리하는 타임스탬프 모듈을 통해 OCF 데이터 모델에서 사용하는 타임스탬프 형식으로 시각정보를 생성해 변환 프로세스로 전달한다. 모드버스/OCF 데이터모델 변환 브릿지에서는 모드버스 서버로부터 생산되는 데이터를 OCF 데이터 모델로 변환해 OCF 클라이언트로 전달하는 단방향 읽기 동작을 지원한다.

모드버스/OCF 데이터모델 변환 브릿지에서 개념도 내부의 모드버스 클라이언트(Modbus client)는 모드버스 마스터(Modbus master) 기능을 수행하며, 모드버스 서버(Modbus server)는 모드버스 슬레이브(Modbus slave) 기능을



[그림 3] 모드버스와 OCF 데이터 모델 변환 브릿지 개념도[4]

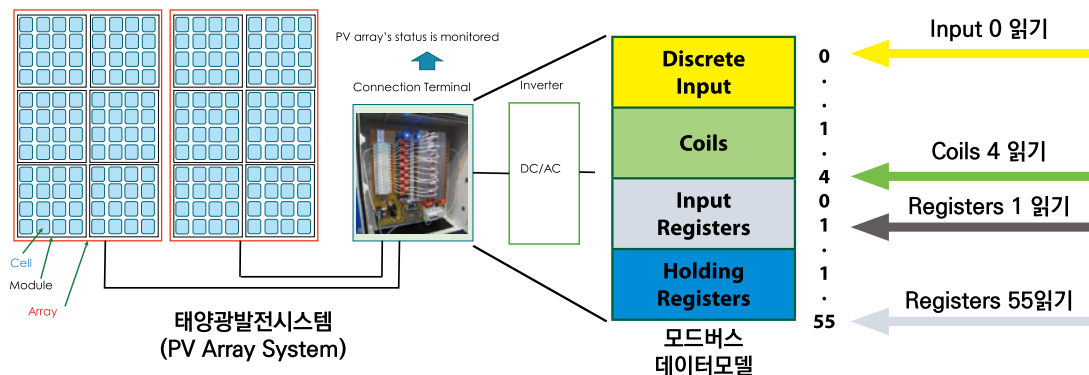
수행한다. 모드버스 클라이언트는 모드버스 서버로부터 수신된 데이터를 변환 프로세스로 전달한다. 변환 프로세서는 모드버스 프레임 안에 포함된 모드버스 데이터를 OCF 데이터 모델 형식으로 변환해 OCF 서버로 전달한다. 데이터 모델 변환 시 시각 정보는 별도의 타임스탬프 장치를 통해 전달받는다. OCF 데이터 모델로 변환하는 데는 모드버스 데이터 정보가 필요하며, 모드버스 데이터 정보 및 모드버스 서버가 지원하는 관련 서비스는 관리 또는 운영자를 통해 입력받아 모드버스 데이터 모델 데이터베이스(DB)에 저장된다. 변환 프로세스에서는 저장된 모드버스 데이터 모델을 기반으로 모드버스 서버에서 전송된 데이터를 OCF 데이터 모델로 변환한다.

5. 모드버스/OCF 데이터 모델 변환 예시

모드버스 적용 장치는 모드버스 데이터 모델을 사용하여 측정 데이터를 저장하고 다른 장치와 통신 시 사용한다. [그림 4]는 태양광발전 시스템(PV array system) 설비에 대해서 <표 4>에 언급된 모드버스 데이터 모델에 대한 Input, Coils, Input Register, Holding Registers 데

이터 모델 주소를 나타낸다. [그림 4]의 태양광발전 시스템 예에서는 레지스터(Register) 주소를 통해 unsigned 16-bit 워드 형태로 구성된 태양광발전 시스템 정격전압, 정격전류, 실시간 출력전압, 출력전류 등 상태 정보를 읽고, 쓰기가 가능한 Holding Register 기능 코드를 통해 태양광발전 시스템의 출력 상태를 모니터링할 수 있다.

<표 5>는 태양광발전 시스템의 모드버스 데이터 모델과 본고에서 기술된 OCF 데이터 모델 간의 변환 테이블의 예를 나타낸 것이다. 모드버스 데이터 모델의 Input Register 주소에는 태양광발전 시스템의 정격전압, 정격전류, 출력전압, 출력전류 등 상태 정보가 정의되어 있으며, OCF 데이터 모델[2]에서 이에 해당하는 OCF 리소스 속성에 따라 ratedarrayvoltage, ratedarraycurrent, arrayvoltage, arraycurrent 등 데이터로 변환된다. 또한 OCF의 리소스 모델의 필수 요소인 타임스탬프 정보가 추가된다. [그림 3]의 변환 프로세스에서 모드버스 서버로부터 수신된 정보를 OCF 데이터로 변환할 때 시각을 호출하는 시각 정보(Timestamp)를 생성해 태양광발전 시스템의 OCF 데이터 모델로 포함한다.



[그림 4] 태양광발전 시스템(PV Array System)의 모드버스(Modbus) 데이터 모델 예[4]

<표 5> 태양광발전 시스템에서 모드버스 데이터 모델 입력 레지스터(Input Registers)의 OCF 변환 예

| 모드버스 입력 레지스터 주소 | 데이터 명칭 | 데이터 값 크기 | OCF 리소스 속성 (oic.r.pvconnectionterminal) |
|-----------------|----------------|-----------------|---|
| 418 | 태양광발전 시스템 정격전압 | unsigned 16-bit | ratedarrayvoltage |
| 419 | 태양광발전 시스템 정격전류 | unsigned 16-bit | ratedarraycurrent |
| 420 | 태양광발전 시스템 출력전압 | unsigned 16-bit | arrayvoltage |
| 421 | 태양광발전 시스템 출력전류 | unsigned 16-bit | arraycurrent |
| 422 | 누설전류 | unsigned 16-bit | leakagecurrent |
| 423 | 절연저항 | unsigned 16-bit | insulationresistance |
| - | 타임스탬프 | - | timestamp |

6. 맺음말

본고는 에너지 프로슈머(Prosumer)의 태양광발전설비를 OCF 표준기술을 활용한 사물인터넷(IoT)으로 연결하기 위한 모드버스/OCF 브릿지 기술 및 태양광발전 시스템 데이터 모델 변환 예를 살펴봤다. 에너지 프로슈머의 설비는 한 국전력의 발전소와 비교해 설비의 규모가 상대적으로 작고, 설치 및 운영 비용 예산이 상대적

으로 적어 모드버스 기반의 시리얼 통신을 이용한 상태 정보의 단순 수집 수준의 관리 기능만을 제공한다. 따라서 가정, 건물, 공장 등의 전력설비에서도 모드버스/OCF 브릿지 기술을 통해 사물인터넷(IoT) 기반 에너지 프로슈머 설비 구축이 가능해 앞으로 에너지 프로슈머의 대중화를 통한 에너지 비용 감소가 더욱 확대될 것으로 기대된다. TTA

※ 본 연구는 산업기술평가원 에너지기술개발사업 생애이력 관리를 통한 전기설비 안전관리기술 개발 연구사업의 일환으로 수행하였음
(과제번호: 20202910100030)

주요 용어 풀이

- **에너지 프로슈머(Energy Prosumer)**: 에너지를 소비도 하지만 생산도 하는 사람. 스마트 그리드가 구축되면 일반 가정이나 사무실에서 소형 발전기, 태양광, 풍력 등을 이용한 신재생 에너지를 생산하고 사용한 후 여분을 거래
- **OCF(Open Connectivity Foundation)**: 오픈 커넥티비티 파운데이션. 사물 인터넷(IoT) 기기 간의 상호운용성 제공 및 관련 기술을 표준화하는 협력체. 사물 인터넷 기기의 제조사, 소프트웨어 등에 관계없이 상호 연결성을 위한 프로토콜, 운영 환경 등을 정의
- **PV(Photovoltaics)**: 태양광발전. 태양 에너지에 의한 발전 기술의 한 가지. 태양의 빛 에너지를 태양 전지라는 광전 변환기를 써서 직접 전기 에너지로 변환시켜 이용
- **모드버스(Modbus)**: PLC(Programmable Logic Controller)와 함께 사용하기 위해 1978년에 개발된 직렬 통신(Serial communication) 프로토콜

참고문헌

- [1] OCF 디바이스 표준, OCF Device Specification v2.2.3; https://openconnectivity.org/specs/OCF_Device_Specification_v2.2.3.pdf
- [2] OCF 리소스 타입 표준, OCF Resource Type Specification v2.2.3; https://openconnectivity.org/specs/OCF_Resource_Type_Specification_v2.2.3.pdf
- [3] 모드버스(Modbus) 프로토콜; <https://modbus.org/>
- [4] TTA.KO-10.1155, '모드버스(Modbus) 기반의 태양광발전설비와 OCF 플랫폼 연동 인터페이스,' 2019. 12.