

AMI 2.0의 원격검침 서비스를 위한 DLMS와 LwM2M 프로토콜 간 데이터 연동 모델

명노길*, 은창수°

Data Interworking Model between DLMS and LwM2M Protocols for Remote Meter Reading Service in AMI 2.0

No-Gil Myoung*, Chung-Soo Eun°

요약

한전은 단순 원격검침에 국한된 AMI 1.0의 기능을 BTM 서비스, 실시간 전력수요관리 지원 및 신재생에너지 수용력 확대를 위한 AMI 2.0으로 고도화를 진행하고 있다. 본 논문에서는 AMI 1.0과 AMI 2.0의 주요 차이점을 살펴보고 AMI 2.0에서 채택한 LwM2M 프로토콜을 원격검침 관점에서 보다 효율적으로 활용하기 위해서 DLMS 프로토콜과의 데이터 연동모델을 제안하였다. 제안한 원격검침 방식은 AMI 2.0에서 과도기적으로 사용하고 있는 LwM2M 캡슐화 방식에 비해서 47.2%p의 패킷 전송 효율을 개선하였으며, 원격검침 서비스와 현장단말의 원격관리 방법을 LwM2M 프로토콜로 일원화하여 프로토콜 관리의 효율성도 개선 될 것으로 기대한다.

Key Words : AMI, DLMS, LwM2M, Remote meter reading

ABSTRACT

KEPCO is in the process of upgrading AMI 1.0, which is limited to simple remote meter reading to AMI 2.0 for BTM service, real-time power demand management support, and expansion of renewable energy capacity. In this paper, we examine the main differences between AMI 1.0 and AMI 2.0, and propose a data interworking model with the DLMS protocol to more efficiently utilize the LwM2M protocol adopted in AMI 2.0 from the point of view of remote meter reading. The proposed remote meter reading method improved packet transmission efficiency by 47.2%p compared to the LwM2M encapsulation method used in AMI 2.0 transitionally and it is expected that the efficiency of protocol management will increase by unifying the remote meter reading service and remote management method of field terminals with the LwM2M protocol.

I. 서론

세계적으로 기후변화 대응체계를 구축하고 국가 온실가스 감축 목표(Nationally Determined Contribution) 달성을 위해서 에너지 효율 향상과 신재생에너지를 적

극적으로 확대하고 있다. 이에 발맞추어 주요 선진 전력회사는 원격검침, BTM(Behind The Meter) 서비스, 실시간 전력수요관리와 간헐성과 변동성이 큰 신재생 에너지원의 안정화에 핵심 역할을 하는 지능형 원격검침인프라(Advanced Metering Infrastructure, 이하

* First Author : Convergence Laboratory, Korea Electric Power Research Institute, ngmyoung@gmail.com, 정회원

° Corresponding Author : Department of Radio and Information Communications Engineering, Chungnam National University, eun@cnu.ac.kr, 종신회원

논문번호 : 202207-143-C-RN, Received July 17, 2022; Revised August 17, 2022; Accepted August 17, 2022

AMI)를 적극적으로 구축 중이다^{11-3,12}. 한전도 2024년까지 1.7조 원을 투자하여 2,250만 호 고객을 대상으로 AMI를 구축 중이다.

AMI에서 사용하는 다양한 프로토콜 중 스마트미터에 국한하면 대부분의 전력회사는 IEC 62056 시리즈 국제표준인 DLMS(Device Language Message Specification, 이하 DLMS)를 사용한다. DLMS는 전기뿐만 아니라 가스, 수도, 열량 등 모든 에너지에 대한 정보 모델 제공과 이를 전송하기 위한 통신구조 및 메시지 처리에 대한 규약이다⁴. 최근에는 실시간 서비스를 위한 푸시(push) 기능과 공개키 기반(Public Key Infrastructure) 보안이 추가되었다^{5,6}. DLMS는 에너지 원격검침에 최적화된 프로토콜로 OBIS(Object Identification System) 코드와 IC(Interface Class)를 이용한 고유의 정보 모델링과 데이터 식별 방법 및 효율적인 메시지 인코딩 방식을 지원한다. 그러나 이러한 고유 방식은 인터넷 프로토콜을 사용하는 IoT(Internet of Things)의 RESTful(Representational State Transfer) 방식과 자연스러운 연동을 어렵게 하고 있다. 따라서 상호호환성 확보를 위해서는 별도의 DLMS 프로토콜 해석기 또는 프로토콜 변환장치가 필요하다. DLMS는 복잡한 상호인증 과정과 메시지 송·수신을 위한 트랜잭션이 많고 메시지 자체의 오버헤드가 크다는 점이 단점으로 지적되고 있다. DLMS는 계량데이터 수집에 중점을 둔 프로토콜이었으나 최근에는 스마트미터의 기능을 최대한 활용하기 위해서 단말관리 기능이 강화되고 있다.

AMI 1.0에서의 데이터 집중장치(Data Concentration Unit, 이하 DCU)는 DLMS 프로토콜을 이용해서 계량데이터를 우선적으로 수집 후 한전 자체적으로 정의한 DCU-FEP(Front End Processor) 프로토콜을 이용하여 검침서버(AMI Head-end)로 전송한다. 또한 통신모뎀 및 DCU와 같은 현장단말을 관리하기 위한 프로토콜로 SNMP(Simple Network Management Protocol)를 사용한다⁷. AMI 2.0에서는 개방성 확대를 목적으로 IoT 프로토콜로 주목받고 효율적인 단말관리를 할 수 있는 LwM2M(Light-weight Machine to Machine)을 채택했다. 원격검침에 국한되었던 DCU는 BTM 서비스를 지원하기 위해 다수의 응용프로그램을 손쉽게 탑재할 수 있는 플랫폼 기반의 SMGW(Smart Meter Gateway)로 고도화하였다.

AMI 2.0에서의 원격검침 프로토콜은 스마트미터로부터 수집한 계량데이터를 검침서버로 전송할 때 기존 방식인 DCU-FEP 프로토콜을 그대로 사용하되, LwM2M의 객체(object) ID 19번인 ‘BinaryAppDataContainer’를

이용한 캡슐화 전송 방식을 사용한다². AMI 2.0에서는 LwM2M 프로토콜을 단말관리와 검침데이터 수집을 위해서 채택하였지만, 검침데이터 수집 방식은 기존 방식과의 호환성 확보를 위해서 DCU-FEP 프로토콜을 과도기적으로 사용하고 있다. 궁극적으로 검침서버는 DCU-FEP 프로토콜 해석기가 필요 없고, LwM2M이 지향하는 온전한 RESTful로 동작할 수 있는 방식으로의 개선이 필요한 상황이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 AMI 1.0과 2.0의 주요 기능에 대한 차이점을 먼저 살펴본다. III장에서는 DLMS와 LwM2M 프로토콜에 대한 자원관리 방식을 설명하고 이를 이용한 데이터 연동모델을 제안한다. 제안 방식의 개선 효과를 확인하기 위해서 패킷 효율성을 비교하여 분석한다. IV장에서 결론을 내린다.

II. AMI 1.0과 2.0 비교

2.1 AMI 1.0

AMI 보급 사업은 2010년 1월 정부의 지능형 전력망 국가 로드맵 수립에 따라 전국 2,200만 호 구축계획을 수립하였다. 2013년도 200만 호를 대상으로 1차 사업을 시작하였다. 그림 1은 한전 AMI 1.0의 구성도를 보여준다. 구축사업 초기에는 국산 고속 전력선 통신방식인(Power Line Communication, 이하 PLC) IEC 12139-1 기술을 DCU와 고객(단독 및 다세대)간 기본 통신방식으로 사용하였다. DCU의 검침 요구사항은 15분 이내 최대 200개의 스마트미터로부터 계량데이터를 수집 후 검침서버로 전송하는 것이다. 유효 통신거리와 원격검침 성공률 관점에서 국산 고속 PLC 방식은 지중선로 구간에서 열악한 성능을 보였다^{2,7}. 이에 대한 보완책으로 스마트미터가 밀집해 있어 경제성을 확보할 수 있는 다세대 주택부터 LTE(Long Term Evolution) 방식을 점진적으로 도입

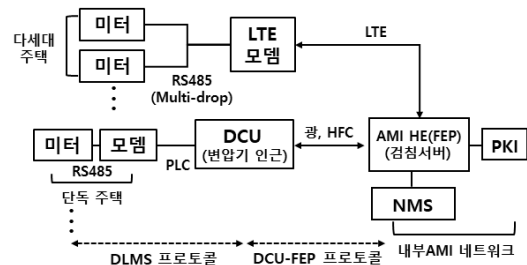


그림 1. 한전 AMI 1.0 구성도
Fig. 1. KEPCO AMI 1.0 architecture.

하였다.

AMI 1.0에서는 고속 PLC 방식의 성능제약과 백홀(backhaul) 통신망인 광/HFC(Hybrid Fiber Coaxial)의 우수한 대역폭을 최대한 활용하기 위해서 DCU를 단순 라우터가 아닌 계량데이터 수집과 프로토콜 변환 역할을 요구하였다. 따라서 DCU와 검침서버 구간에는 복잡한 서비스 협상(association) 과정과 메시지 오버헤드가 큰 DLMS 방식보다 그림2와 같이 정의된 DCU-FEP 프로토콜을 운용하고 있다²⁾. 망 관리 프로토콜로는 SNMP V2 프로토콜을 사용했으며, 대량의 MIB(Management Information Base) 사용은 원격검침 성공률에 악영향을 주었다²⁾.

개인정보 보호를 위한 보안 기능은 2012년 6월 제정된 지능형 전력망 정보의 보호조치에 관한 지침 준수를 위해 검침서버와 DCU/PLC 모뎀 구간에 먼저 상호인증과 암호화를 적용하였다. 종단 간 보안 즉 검침서버와 스마트미터 간의 보안은 보안 강화형 스마트미터가 도입되는 AMI 2.0부터 적용될 예정이다. AMI 1.0은 사실상 AMR(Automatic Meter Reading)로 원격검침 서비스만을 목표로 설계되어 운영되었다. 그러나 북미의 경우 신재생에너지의 급속한 확대로 AMI와 차세대 배전자동화 시스템(Advanced Distribution Management System) 간 경계가 모호해지고 있으며, 원격검침 통신 네트워크를 활용한 수요반응(Demand Response) 서비스와 분산전원 감시·제어를 수행하고 있다.

따라서 국내도 단순 원격검침에 국한된 AMI를 시간대별 요금제(Time of Use) 및 실시간 요금제 도입, BTM 서비스, 에너지 프로슈머(prosumer) 간 실시간 거래 지원, 스마트미터 출력제어 등 다양한 서비스를 지원하기 위한 시스템 고도화가 필요하였다.

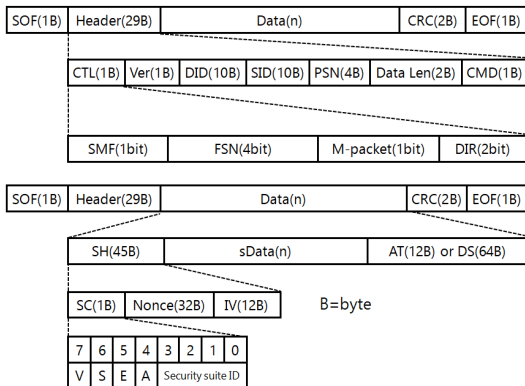


그림 2. DCU-FEP 프로토콜 구조
Fig. 2. Structure of DCU-FEP Protocol.

2.2 AMI 2.0

AMI 2.0에서는 IoT 프로토콜 도입과 BTM 서비스 강화를 위해서 DCU를 SMGW로 고도화하였다. SMGW는 원격검침 이외 수요반응 서비스 및 분산전원 출력제어와 같은 다양한 응용프로그램을 손쉽게 수용할 수 있게 플랫폼 기반으로 동작한다. 그림3은 AMI 2.0의 구성도를 보여준다. AMI 2.0에서는 3가지 타입의 SMGW를 정의하고 IoT 단말처럼 운용하기 위해서 장치관리, 부트스트랩 및 소프트웨어 관리 서버 등을 신규 도입하였다²⁾. 기존 DCU와 같이 변압기 인근에 설치하는 A형-SMGW의 백홀 통신방식은 광 또는 LTE를 사용한다. A형-SMGW와 고객에 설치된 스마트미터 구간의 NAN(Neighborhood Area Network) 통신방식은 기존 국산 고속 PLC의 성능을 개선하여 통신 성공률과 유효 통신거리를 강화한 IoT PLC를 사용한다⁷⁾. B/C형-SMGW는 다세대 주택 계기함 내부에 설치되므로 NAN 통신망 구성없이 LTE를 통해 검침서버로 전송한다. 스마트미터와의 연동방식에 따라 B형 및 C형 SMGW로 구분한다. 표1에 SMGW 유형별 사양과 기능을 비교하여 정리하였다²⁾.

스마트미터와 SMGW 구간의 프로토콜은 국제표준으로 시장지배력을 강화하고 있는 DLMS를 그대로 사용한다. 그러나 SMGW와 검침서버 구간에는 비표준 프로토콜 이슈와 상호호환성에 대한 논란을 종식시키기 위해 표준 프로토콜 채택을 검토하였다. 따라서 AMI 2.0에서는 IoT 프로토콜로 주목받고 대량의 단말을 효율적으로 관리하면서 데이터 수집 서비스까지도 가능한 LwM2M을 도입하였다²⁾. LwM2M은 RESTful 기반의 아키텍처를 사용하기 때문에 자원관리와 데이터 모델링이 쉽고 확장성이 우수하다. 또한 CoAP(Constrained Application Protocol)을 응용계층

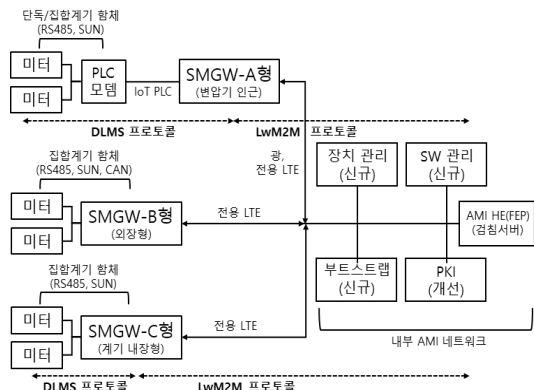


그림 3. 한전 AMI 2.0 구성도
Fig. 3. KEPCO AMI 2.0 architecture.

표 1. SMGW 유형별 사양 비교
Table 1. Comparison of specification according to SMGW type.

구분	A타입	B타입	C타입
MCU	Cortex A	Cortex M4	Cortex M4
Memory	RAM 512MB Flash 2GB	RAM 256KB Flash 16MB	RAM 256KB Flash 16MB
OS	임베디드 리눅스	RTOS	RTOS
WAN	광, LTE	LTE	LTE
NAN	IoT PLC	해당 없음	
LMN	CAN, RS485, SUN		RS485, SUN
프로토콜	LwM2M/CoAP/DTLS/DLMS		
인버터 제어	제공 (modbus)	해당 없음	

프로토콜로 사용하기 때문에 패킷 경량화를 통한 전송 효율성을 극대화할 수 있는 장점도 제공한다. LwM2M은 전송계층의 보안 프로토콜로 DTLS(Datagram TLS)를 사용하여 기기 간 상호인증, 데이터 암호화 및 무결성 검증 등을 표준화된 방식으로 제공한다. 보안 강화형 스마트미터와 SMGW 사이에 적용하고 있는 ECDHE-ECDSA-ARIA 128 GCM-SHA 256 보안 스위트(security suite)를 SMGW와 검침서버 구간까지 확장하여 전 구간의 보안 수준을 일원화하였다. DLMS와 DTLS에서 필요한 전자인증서는 X.509 형식을 준용하여 자체적으로 정의하였다.

AMI 2.0에서는 SMGW의 현장 설치 후 부트스트랩(bootstrap) 과정과 전자인증서 기반의 상호인증 후 검침서버 및 소프트웨어 관리 서버의 IP 주소를 SMGW로 전송하고 등록을 완료한다. AMI 1.0의 수동 등록 방식에 비해서 자동화된 방식을 도입하여 단말 등록의 신뢰성과 효율성을 향상하였다. 표 2는 부트스트랩을 위해 사용하고 있는 LwM2M의 객체 ID 목록을 보여준다²⁾. 표 3은 SMGW에 정의된

표 2. 부트스트랩을 위한 security object instance 목록
Table 2. List of security object instance for bootstrap.

Object ID	Object instance ID	Object name	기능
0	0	Bootstrap	초기 인증/등록, 서버 URI 전송
0	1	검침서버	원격검침
0	2	SW 관리	SW 관리 및 업데이트
0	3	Reserved	-
0	4	NTP	시각 동기

표 3. SMGW에 구현된 LwM2M object ID 목록
Table 3. List of LwM2M object implemented in a SMGW.

Object ID	URN/version	Object name	기능
1	urn:oma:LwM2M:oma:1:1.1	LwM2M server	SMGW 등록
4	urn:oma:LwM2M:oma:4:1.2	Connectivity monitoring	SMGW 네트워크 감시
5	urn:oma:LwM2M:oma:5:1.1	FW update	SMGW SW 권리 및 업데이트
6	urn:oma:LwM2M:oma:1:1.1	LwM2M location	SMGW 위치정보 관리
19	urn:oma:LwM2M:oma:19:1.0	Binary app' data container	DCU-FEP 메시지 전송

LwM2M의 객체 ID 목록을 보여준다. 원격검침 관점에서만 보면 SMGW는 보안 강화형 스마트미터로부터 수집한 DLMS 계량데이터를 AMI 1.0에서 정의한 DCU-FEP 프로토콜로 변환 후 LwM2M의 객체 ID 19인 'BinaryAppDataContainer' 캡슐화 전송 방식을 이용하여 검침서버로 전송한다. 원격검침 방식은 표면 상으로는 LwM2M의 표준방식을 표방하지만, 검침서버에서는 LwM2M과 DCU-FEP 프로토콜 해석기가 모두 필요한 과도기 형태의 혼합형 방식이다. 혼합형 원격검침 방식은 LwM2M의 장점인 RESTful 방식을 사용하여 타 응용시스템과 손쉬운 데이터 연동을 불가능하게 하고 있다. DLMS와 LwM2M 간 프로토콜 변환이 필요하다면 프로토콜 자체의 고유 특수성이 강하고 패킷 오버헤드가 큰 DLMS 프로토콜로 동작하는 영역을 최소화할 수 있게 SMGW에서 수행하는 것이 바람직하다⁹⁾.

III. DLMS와 LwM2M 간 데이터 연동방식 제안 및 성능검증

3.1 DLMS 객체모델링 및 자원관리 방법

DLMS는 원격검침 또는 파라미터 설정을 위해서 요청 및 응답 방식인 서버-클라이언트(server-client)를 주로 사용하며 실시간 이벤트 전송을 위한 푸시 방식도 지원한다. 그림 4와 같이 스마트미터는 DLMS 서버로 SMGW는 DLMS 클라이언트로 동작한다. 하나의 스마트미터는 논리적으로 모델링된 다수의 DLMS 서버를 가질 수 있으며 각각을 COSEM(Companion

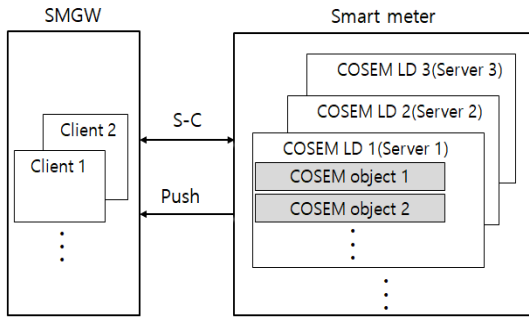


그림 4. DLMS 서비스 모델
Fig. 4. DLMS service model.

Specification for Energy Management) LD(Logical Device)로 부른다. 전기 에너지에 국한된 COSEM LD는 전압, 전력량과 같은 계측·계량 데이터와 설정 파라미터를 표현하는 다양한 COSEM 객체(object)를 갖는다. 결국 원격검침 과정은 DLMS 클라이언트가 DLMS 서버에 모델링된 COSEM 객체 값을 읽어오는 과정이다^{5,6)}.

스마트미터는 최소 수백에서 수천 개의 COSEM 객체를 생성하여 관리한다. 모든 객체는 DLMS UA(User Association)가 사전에 정의한 수백 개의 COSEM IC(Interface Class)를 이용하여 모델링한다. 각각의 COSEM IC는 다수의 속성(attribute)과 메소드(method)의 집합체이며 고유 ID인 클래스(class) ID를 갖는다. COSEM IC의 첫 번째 속성은 항상 OBIS(Object Identification System) 코드로 지정되며 나머지 속성은 계측·계량 데이터 값 및 단위를 표현하는 데 사용된다.

표 4에 OBIS 코드 구조와 사용 값을 예시하였다. OBIS 코드는 1바이트 크기를 갖는 6개의 그룹이 계층적 구조를 갖는 것이 특징이다. A그룹은 에너지의 종류, 즉 전기, 가스, 수도, 열량 등을 구분하고 B그룹은 측정 또는 통신 채널을 구분한다.

C그룹은 A그룹과 관련된 전류, 전압, 부피, 온도

등과 같은 물리적 데이터의 구체화를 표현한다. D그룹과 E그룹은 각각 C그룹의 데이터를 추가로 연산하거나 세분화한다. F그룹은 데이터에 시간을 부여한다. 결국 DLMS 자원관리의 핵심은 COSEM 클래스 ID, OBIS 코드 및 속성/메소드로 구성된 계층적 구조로 요약할 수 있다⁶⁾.

3.2 LwM2M 객체모델링 및 자원관리 방법

LwM2M도 DLMS와 같이 서버-클라이언트 방식을 사용하며 실시간 이벤트 전송을 위해서는 비동기 통지(observe) 방식을 사용한다. 그림5와 같이 SMGW는 LwM2M 클라이언트로 검침서버는 LwM2M 서버로 동작한다. 하나의 SMGW는 논리적으로 모델링된 다양한 객체를 가질 수 있다. LwM2M의 자원관리는 URI(Uniform Resource Identifier)를 이용한 계층적인 자원관리를 수행하는 것이 특징이다. 그림 6과 같이 관리하고자 하는 가장 큰 대분류 항목을 객체로 정의하여 사용한다. 실제적인 데이터 표현은 리소스(resource)를 이용한다. 객체와 데이터를 구분 또는 세분화가 필요한 경우에는 각각 객체 인스턴스(instance)와 리소스 인스턴스를 추가적으로 사용한다.

결국 LwM2M 자원관리의 핵심은 “객체 + 객체 인스턴스 + 리소스” 또는 “객체 + 객체 인스턴스 + 리소스 + 리소스 인스턴스”로 구성된 계층적 구조로 요약할 수 있다¹¹⁾.

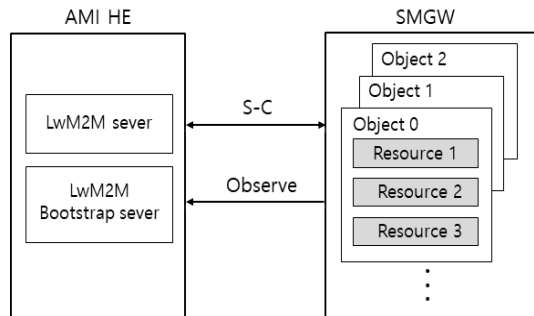


그림 5. LwM2M 서비스 모델
Fig. 5. LwM2M service model.

표 4. OBIS 코드 구조 및 사용 예시
Table 4. OBIS code structure and usage examples.

OBIS (코드)	A (1byte)	B (1byte)	C (1byte)	D (1byte)	E (1byte)	F (1byte)
의미	Medium	Channel	Quantity	Processing	Classification	Historical value
범위	0~15	0~64	0~255	0~255	0~255	0~255
예시 (의미)	1 (전기)	0 (채널)	1 (유효 전력)	8 (시간 적분)	2 (2중)	255 (현재값)

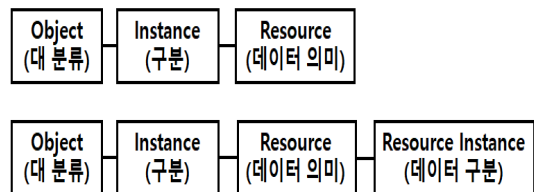


그림 6. LwM2M의 URI 구조
Fig. 6. LwM2M URI structure.

3.3 DLMS와 LwM2M 간 데이터 연동모델 제안

그림 3에 명시한 것과 같이 SMGW는 하나 이상의 스마트미터를 대상으로 원격검침을 수행해야 한다. 다세대 주택의 현장 상황을 고려해 볼 때 설치된 스마트미터 개수는 대략 10개 내외이다. 따라서 최소 10개 이상의 스마트미터를 구분할 수 있는 구분자가 필요하다. 향후 AMI 인프라를 활용할 가능성이 있는 통합검침을 고려하면 전기뿐만 아니라 다양한 종류의 에너지원에 대한 수용도 필요하다. 또한 동일한 OBIS 코드를 사용하지만 클래스 ID가 다를 수 있으므로 클래스 ID의 구분이 필요하며, 속성은 계량데이터 및 설정 파라미터를 표현하므로 의무적으로 반영해야 한다. 마지막으로 수동적인 DLMS-LwM2M 매핑 테이블 방식보다는 알고리즘 기반의 자동화된 변환방식이 필요하다^{9,10}.

그림 7은 제안한 DLMS-LwM2M 간 자원변환 방법의 개념도를 보여준다. 각각 2 바이트 크기를 갖는 LwM2M의 자원관리 구성항목에 1:1로 대응할 수 있는 DLMS 자원관리 항목을 구성하여 배치하였다. 첫 번째로 LwM2M의 객체 항목과 대응되는 DLMS의 항목은 클래스 ID와 베이스(base) 객체의 조합으로 구성하였다.

베이스 객체는 AMI 서비스를 상징적으로 의미하며 IPSO(The Internet Protocol for Smart Object)에 등록하여 사용한다. 두 번째로 객체 인스턴스에는 OBIS 그룹 A/B/C의 조합으로 대응시킨다. OBIS 그룹 A/B에는 각각 4비트를 할당하였다. 4비트를 할당함으로써 표4와 같이 OBIS 그룹 A가 모든 에너지원을 구분할 수 있게 하였다. OBIS 그룹 B의 범위는 0~64 범위이지만, 대부분은 0 또는 1을 사용하기 때문에 4비트를 할당하여도 충분하다고 판단하였다. 세 번째로 리소스에는 각각 1바이트인 OBIS 그룹 D/E를 대응시킨다. 마지막으로 리소스 인스턴스에는 1바이트인 OBIS 그룹 F와 각각 4비트를 갖는 스마트미터

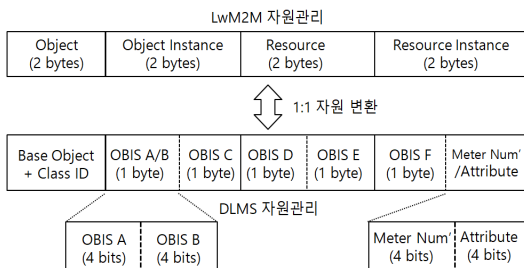


그림 7. 제안한 DLMS-LwM2M 간 자원변환 방법
Fig. 7. The proposed DLMS-LwM2M resources conversion method.

구분자와 속성을 대응시킨다. 따라서 자원변환 방법을 이용한 DLMS-LwM2M 데이터 연동방식은 COSEM 클래스 ID, OBIS 코드 및 속성으로 모델링된 DLMS 자원을 “객체 + 객체 인스턴스 + 리소스 + 리소스 인스턴스”로 구성되는 LwM2M URI 자원 간 1:1 상호 변환 기능을 제공한다. 상세한 변환과정에 대한 예시는 참고 문헌을 참조한다^{9,10}.

3.4 패킷 크기를 이용한 제안방식의 성능 검증

SMGW는 보안 강화형 스마트미터로부터 부하 프로파일(Load Profile, 이하 LP), 전기품질, 정기검침, 정전/복전, 평균전압/전류 및 순시전압/전류 프로파일과 계기 시간을 일정 주기로 수집한다. 전송 효율 비교에 사용한 검침 항목은 활용도 측면에서의 중요도를 고려하여 부하 프로파일, 정기검침 및 최대수요 항목으로 국한하였다. 표5는 패킷 계산에 사용한 검침 항목의 세부 구성과 데이터의 크기를 보여준다. 정기검침과 최대수요를 구성하는 항목 중 전력/전력량 데이터 크기는 5개의 중별 요금제(tariff)를 모두 포함하여 계산하였다.

DLMS와 LwM2M는 모두 X.509 기반의 전자인증

표 5. 비교에 사용한 검침 항목
Table 5. Meter reading items for comparisons.

부하 프로파일(bytes)		정기검침(bytes)		최대수요(bytes)	
세부 항목	크기	세부 항목	크기	세부 항목	크기
개수	4	검침 일자	12	검침 일자	12
수전 유효전력량	4	계기 ID	11	계기 ID	11
수전 지상 무효전력량	4	수전 유효 전력량	4×5 =20	수전 유효 전력	4×5 =20
수전 진상 무효전력량	4	수전 피상 전력량	4×5 =20	발생 일자 및 시간	12×5 =70
수전 피상 전력량	4	수전 지상 무효전력량	4×5 =20	누적 수전 유효전력	4×5 =20
일자/시간	12	수전 진상 무효전력량	4×5 =20	수전 피상 전력	4×5 =20
상태정보	3	수전 평균 역률	4×5 =20	발생 일자 및 시간	12×5 =70
송전 유효전력량	4	-	-	누적 수전 피상전력	4×5 =20
송전 진상 무효전력량	4	-	-	-	-
송전 지상 무효전력량	4	-	-	-	-
송전 피상 전력량	4	-	-	-	-
합계	51	합계	123	합계	223

서를 이용한 상호인증을 수행함에도 불구하고 세부 패킷 구성이 달라서 순수한 원격검침 과정에서의 송·수신 패킷 크기만 비교한다. 또한 암호화 및 무결성 검증 등의 보안 적용 시 보안 방식에 따른 패킷 오버헤드가 달라서 평균 전송으로만 한정하였다. DLMS에서 제공하는 다양한 통신 프로파일 중에서 TCP/IP 프로파일을 기준으로 패킷 크기를 계산하고 전송 효율 비교의 기준값으로 사용하였다. 표6과 같이 패킷 크기 계산 과정은 전송 효율 비교에 사용한 3개의 검침 항목 중에서 부하 프로파일만을 대상으로 설명하였으며, 나머지 2개 항목의 계산 과정도 동일하게 적용할 수 있다.

그림 8은 전송 효율 비교를 위한 원격검침 방식을 보여준다. 첫 번째 DLMS APDU(Application Protocol Data Unit) 방식은 스마트미터에서 검침서버까지 DLMS TCP/IP 프로파일을 이용해서 검침을 수행하는 경우이며 전송 효율성 비교의 기준값으로 사용하였다. 표6과 같이 부하 프로파일 항목을 대상으로 원격검침을 수행하기 위한 DLMS APDU의 총 패킷 크기는 82바이트가 필요하다. 16바이트 크기의 DLMS 헤더가 추가되고 51바이트 크기의 부하 프로파일 데이터는 DLMS의 TLV(Type Length Value) 인코딩에 따라서 15바이트가 증가된 66바이트가 된다.

두 번째는 현재 AMI 2.0에 사용하고 있는 LwM2M 캡슐화 방식으로 총 176바이트가 필요하다. LwM2M 캡슐화 전송을 위해서 8바이트 크기의 CoAP 헤더와 5바이트 크기를 갖는 CoAP 옵션이 필요하다. 51바이트 크기의 부하 프로파일 데이터는 DCU-FEP 프로토콜에서 사용하는 base 64 인코딩 방식에 따라서 29바이트가 증가된 80바이트 크기를 갖는 JSON(Java Script Object Notation) 데이터로 변환된다.

세 번째는 본 논문에서 제안한 방식으로 총 79바이트

표 6. 부하 프로파일에 대한 검침 방식별 패킷 크기 계산
Table 6. Packet size calculation for LP by each method.

DLMS TCP/IP APDU(기준값)	LwM2M 캡슐화 (AMI 2.0 방식)		DLMS-LwM2M 연동방식(제안 방식)		
Header	16	CoAP header	8	CoAP header	8
TLV LP	66	CoAP option	5	CoAP option	20
		JSON header	83	LP	51
		JSON data (DCU-FEP)	80		
합계 (bytes)	82	합계(bytes)	176	합계(bytes)	79

트가 필요하다. LwM2M 변환 전송을 위해서 8바이트 크기의 CoAP 헤더와 20바이트 크기를 갖는 CoAP 옵션이 필요하며 51바이트 크기의 부하 프로파일 데이터는 그대로 사용한다. 두 번째 방식인 LwM2M 캡슐화 방식에 비해서 CoAP 옵션 크기가 증가한 이유는 DLMS 자원을 LwM2M의 URI 자원으로 1:1 변환 과정에서 URI 크기가 증가했기 때문이다. 제안한 방식은 현재 AMI 2.0에서 사용 중인 LwM2M 캡슐화 방식에 비해서 CoAP 옵션의 크기는 15바이트 증가하지만, 전체 패킷은 97바이트 크기만큼 감소하였다.

그림 9는 LwM2M 캡슐화 방식과 제안한 DLMS-LwM2M 변환방식 간의 패킷 전송 효율을 보여준다. 패킷 전송 효율의 계산은 수식 (1)을 사용한다.

$$Efficiency = \frac{DLMS\ APDU\ packet\ size}{\text{방식별}\ packet\ size} \quad (1)$$

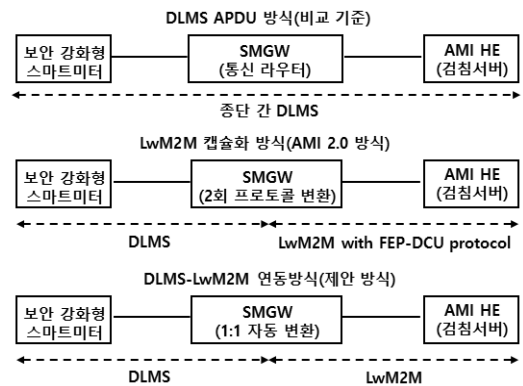


그림 8. 전송 효율 비교를 위한 원격검침 방식
Fig. 8. Remote meter reading methods for transmission efficiency comparison.

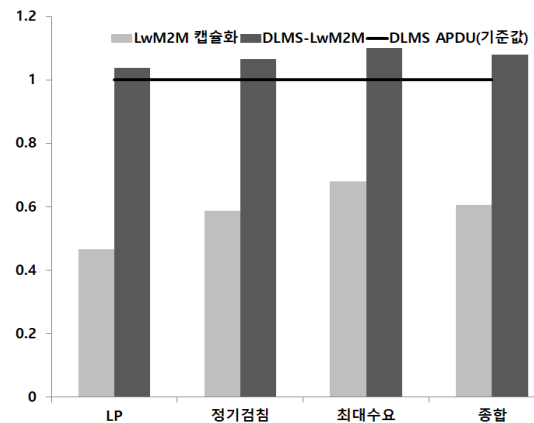


그림 9. 패킷 전송 효율 비교
Fig. 9. Comparison of packet transmission efficiency.

X 측은 표 5에 명시한 검침 항목이며 종합은 3개 검침 항목을 모두 반영하였다. Y 측은 패킷 전송 효율을 의미한다. AMI 2.0에서 사용 중인 LwM2M 캡슐화 방식은 종합적으로 60.6%의 패킷 전송 효율을 보였다. 본 논문에서 제안한 DLMS-LwM2M 연동방식은 107.9%의 패킷 전송 효율 보여, AMI 2.0의 LwM2M 캡슐화 방식에 비해 47.2%p의 패킷 전송 효율이 개선되었음을 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 AMI 2.0의 원격검침 서비스를 위한 DLMS와 LwM2M 프로토콜 간 데이터 연동 모델을 제안하였다. 데이터 연동 모델 제안을 위해서 DLMS와 LwM2M 간의 자원관리 방법을 비교 분석하였다. 자원관리의 유사점을 착안하여 수동적인 매핑 테이블을 운용하지 않고 자동적으로 DLMS 데이터를 LwM2M 데이터로 상호 간 변환할 수 있는 원격검침 모델을 제시하였다. 제안 방식의 우수성을 검증하기 위해서 주요 검침 항목을 대상으로 패킷 크기를 분석하여 검침 방식별로 패킷 전송 효율을 비교하였다. 그 결과 47.2%p의 패킷 전송 효율 개선을 이루어 효율성을 입증하였다.

제안한 방식은 하위 호환성 때문에 현재 SGMW와 검침서버 간 과도기적으로 운영하는 LwM2M 캡슐화 전송 방식을 대체할 수 있는 핵심 아이디어로 기대된다. 또한 원격검침 서비스에 온전한 LwM2M을 사용함에 따라 AMI 시스템에 국한되어 있던 검침데이터를 RESTful 구조를 사용하는 타 응용시스템과의 손쉬운 데이터 연동이 기대된다. 부가적으로 AMI 2.0에서 IoT 프로토콜로 주목받는 LwM2M을 도입한 취지를 고려하면, 원격검침 서비스와 AMI 모델 및 SMGW와 같은 현장 단말의 원격관리 방법을 LwM2M으로 일원화하여 프로토콜의 운영관리 효율성도 개선 할 수 있을 것으로 판단된다.

References

[1] H. Sui, et al., "An AMI system for the deregulated electricity markets," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 45, no. 6, pp. 2104-2018, Nov. 2009.
(<https://doi.org/10.1109/TIA.2009.2031848>)

[2] K.-U. Choi, et al., "The study on IoT smart meter gateway based on AMI 2.0 system,"

Trans. KIEE, vol. 70, no. 11, pp. 1705-1713, 2021.

(<https://doi.org/10.5370/KIEE.2021.70.11.1705>)

- [3] R. Mohassel, et al., "A survey on advanced metering infrastructure," *Electr. Power and Energy Syst.*, vol. 63, pp. 473-484, 2014.
(<https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.06.025>)
- [4] J. Horalek and V. Sobeslav, "Analysis of communication protocols for smart metering," *APRN J. Eng. and Appl. Sci.*, vol. 10, no. 3, pp. 1438-1446, Feb. 2015.
- [5] DLMS User Association, *Green Book* (DLMS/COSEM architecture and protocols) Ed. 9.
- [6] DLMS User Association, *Blue Book*(COSEM interface classes and OBIS system) Ed. 13.
- [7] Y. Park, "AMI 2.0 and Emerging IoT PLC Technology," Retrieved Mar., 14, 2022, from <https://www.itfind.or.kr/publication/regular/weeklytrend/weekly/list.do?selectedId=1099>
- [8] Y. I. Kim, et al., "Development of AMI NMS using SNMP for network monitoring of meter reading devices," *KEPCO J. Electric Power and Energy*, vol. 2, no. 2, pp. 259-268, Jun. 2010.
(<https://doi.org/10.18770/KEPCO.2016.02.02.259>)
- [9] N. G. Myoung, et al., "Data interworking model between DLMS and LwM2M protocol," *KEPCO J. Electric Power and Energy*, vol. 6, no. 1, pp. 29-33, Mar. 2020.
(<https://doi.org/10.18770/KEPCO.2020.06.01.029>)
- [10] TTA standard(TTAK.KO.1205), *Model for Data Interworking between Device Language Message Specification(DLMS) and Lightweight Machine to Machine(LWM2M)*.
- [11] OMA LwM2M Technical Specification, *OMA - TS-LwM2M - V1_0_2-20180209-A*, 2018.
- [12] N. G. Myoung, Y. H. Kim, and S. Y. Lee, "A study on AMI system of KEPCO," *J. KICS*, vol. 35, no. 8, pp. 1251-1258, 2010.

명 노 길 (No-Gil Myoung)



2003년 : 충북대 전기전자공학부
졸업(학사)

2003년 : 한국무선관리사업단 근무

2006년 : KAIST 전기 및 전자공학부
졸업(석사)

2006년~현재 : 한전전력연구원
근무(책임연구원)

<관심분야> 전력IoT, AMI/통합검침, 전력망 시각동기,
분산전원 출력제어

은 창 수 (Chang-Soo Eun)



1985년 : 서울대 전자공학과 졸업(학사)

1987년 : 서울대 전자공학과 졸업(석사)

1995년 : 텍사스 오스틴 주립대
전기·컴퓨터 공학과 졸업(박사)

1987년~1995년 : (주) 대우전자 중앙연구원 근무(선임연구원)

1997년~현재 : 충남대학교 전파정보통신공학과 교수

<관심분야> 신호처리, 아날로그 회로설계, IoT