

스마트 그리드를 위한 원격검침 표준 프로토콜 인증 시스템 구축과 표준화에 관한 연구

정회원 최인지*, 박병석**, 종신회원 최효열**, 정회원 명노길**, 이상염**

Case Study on Auto Meter Reading Protocol Certificate System for Smart Grid and Standardization

In-Ji Choi*, Byung-Seok Park** *Regular Members*, Hyo-Yeol Choi** *Lifelong Member*,
No-Gil Myung**, Sang-Youm Lee** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 스마트 그리드의 대표적 서비스인 원격검침을 위한 국제 표준 프로토콜 DLMS(Device Language Message Specifications)의 도입에서부터 정착까지 한국전력공사의 원격검침 인증 시스템 구축내용과 연구개발의 현황을 살펴보고자 한다. 현재 운용 중인 55만 저압고객에 대한 고속 PLC를 활용한 원격검침 시스템은 전력회사의 자체 통신 인프라를 활용하여 고속 데이터 전송이 가능한 시스템으로써, 전 세계적으로도 사업화에 빠르게 적용한 케이스이다. 여기에는 국제 표준 기반 원격검침 프로토콜을 탑재한 전자식 전력량계와 원격검침 핵심 기기 간 프로토콜의 적합성을 평가하기 위한 인증 시스템의 적기 구축이 큰 성공요인으로 볼 수 있다. 이처럼 한국전력공사에서는 DLMS 표준 기반 인증 시스템의 구축을 통하여 국내의 원격검침 서비스와 관련된 장비의 품질을 높이고, 시장의 확장을 선도하였으며, 스마트 그리드의 초창기 사업화 안착에도 많은 기여를 하였다. 또한, 전력선통신 분야 원천기술 개발의 지속 추진을 통한 각종 IPR의 확보 및 표준화 활동을 통하여 스마트 그리드 기술을 고도화하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다.

Key Words : DLMS, Smart Grid, Auto Meter Reading, Protocol, PLC, 스마트 그리드, 원격검침

ABSTRACT

In this paper, we introduce the case study on the certificate system for Auto Meter Reading protocol, Device Language Message Specification which is a common language between metering devices and protocol with compatibility and conformance to the IEC 62056 standards. KEPCO has contributed to improve interoperability between different devices of multi vendors through the DLMS standard tests and led the smart metering industry in Korea. KEPCO has AMR system and successful business model for 550 thousands of households based on 24Mbps broadband powerline communications using its infrastructure. We have plan to continue on standardization activities stratagemically by participating in IEC working groups for the purpose of occupying the core technology of Smart Grid.

* 한국전력공사 전력연구원 녹색성장연구소 (change@kepc.co.kr) ** 한국전력공사 전력연구원 녹색성장구조
논문번호 : KICS2011-07-302, 접수일자 : 2011년 7월 15일, 최종논문접수일자 : 2012년 1월 18일

I. 서 론

DLMS(Device Language Message Specification)란 원격검침을 위한 전자식 전력량계 통신 프로토콜로서 IEC-62056 국제 표준의 약칭이다. 최근 전력시장은 개방과 지능화를 표방하는 스마트 그리드 환경으로 변화하고 있다. 스마트 그리드란 전력망에 정보망을 더하여 전력 시스템의 진화가 가능한 지능화된 전력 인프라를 의미한다. 전 세계가 차세대 성장 동력으로 스마트 그리드에 투자와 연구개발을 동시에 진행 중이다. 전력망은 계통에 따라 발전, 송전, 배전의 순으로 구분하며, 물리적으로는 저압 220V/380V에서 초고압 765kV 급까지의 전기가 흐르기 때문에 전자의 세계와는 다른 분야로만 인식되어 왔다. 최근에는 강전(強電)을 다루며 낙후되었던 전력 기기 및 설비들이 스마트 그리드 내에 위치하여 직접 전력 정보를 생성, 전달, 유통하는 IED(Intelligent Electronic Devices)로 대체되어 가면서 전기 뿐 아니라 정보 전달 역할도 담당하고 있다. 이렇듯 기존 전력회사 중심의 전력 공급의 환경에서 벗어나 소비자와 쌍방향 전력정보 교환이 가능하게 하기 위해서는 계기 간 통신 프로토콜에 기반 데이터의 중단 없는 전달이 중요하다. 뿐만 아니라 스마트 그리드의 원격검침 최종 단말인 전력량계와의 통신을 위해서는 국제 표준에 의거 다수 제조사와 다수 사용자 간의 호환성이 마련되어야 한다.

한국은 2009년 이탈리아 라퀼라에서 열린 기후변화 주요국 정상회의에서 스마트 그리드 선도국으로 선정되었다.^[1] 한국전력공사에서는 국내외 정세에 빠르게 대처하여 자동원격검침의 조기 실현을 실행해가고 있다. 이에 대한 첫 실행 전략으로 전 고객의 원격검침화를 위해 최종 단말인 전력계량기를 디지털 칩을 사용한 전자식 계량기로 교체해 가고 있다. 2020년까지 2,400만 저압 전 고객이 대상이다. 2011년까지 55만 가구에 대한 원격검침 사업이 착수되었고 정기 검침일에 서버에 고객의 전력사용량 데이터가 도착한 것을 기준으로 한 원격검침 성공률은 99%에 달한다.

이러한 대규모 사업의 배경으로 한국전력공사에서는 2006년 IEC-62056 DLMS 국제표준을 전자식 전력량계의 통신 규격으로 채택하고, 프로토콜 인증시스템 체계를 구축하여 국내외 원격검침 사업을 선도하고 안정화 한 것으로부터 힘입었다 하겠다.

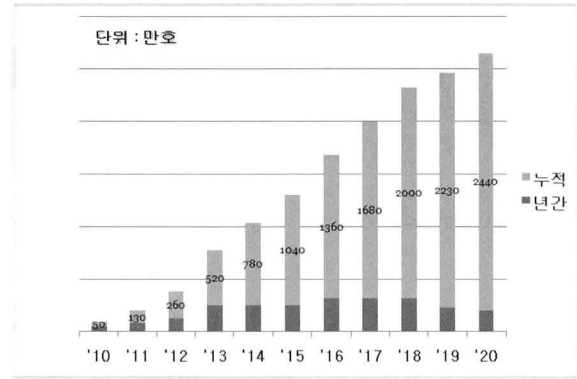


그림 1. 한국의 원격검침 마스터 플랜



그림 2. 한국의 원격검침 현황(2011.7.1)

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 DLMS 인증 체계의 구축에 관한 세부 활동과 현황을 기술하고, 3장에서는 연구개발 및 표준화 활동에 관한 사항을 기술하고 4장에서 결론을 맺는다.

II. DLMS 인증 시스템

2.1. DLMS 기술 소개

본 장에서는 한전이 원격검침 프로토콜로 채택한 IEC-62056 시리즈의 DLMS 규격에 대한 개괄적인 내용을 소개한다. IEC 62056-53 응용 계층에 따르면, DLMS는 연결이 보장된 서버-클라이언트 통신 모델을 표방하고 있다.^[2] 즉, 데이터를 가지고 있는 서버에서 클라이언트의 데이터 전송 요청에 대한 응답을 함으로 데이터를 전송한다. 통신의 시작은 클라이언트의 폴링에 의한다. 폴링을 수행하게 될 서비스로는 GET, SET, ACTION이 있으며, 예외적으로 서버 측에서 긴급 상황을 보고하는 Notification 서비스가 존재한다. 이와 같은 폴링 서비스들은 연결이 보장된 통신에 있어 물리계층, 데이터링크 계층을 거쳐 그 위에 응용계층 상에서 데이터의 전송을 담당하고 있다. 데이터 전송을 위해서는 3단계를 거치는데, 데이터 링크 상에서의 연결, 데이터 통신, 연결 해지의 순이다.

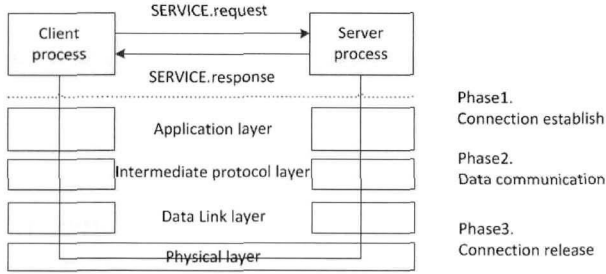


그림 3. 연결이 보장된 DLMS 통신 계층

데이터 링크 연결 설정 이후, 응용 계층 상에서 서버와 클라이언트는 상대방과 DLMS 데이터 통신을 위한 상호 협상 과정을 거친다. 이 과정 속에서 상대방과 ADPU 형식 및 크기, 적용될 QoS, 응용 계층에서 사용될 서비스의 종류, 인증 및 보안 정보 등을 교환한다.

이와 같이 통신 방법에 있어서 DLMS에서 제시하는 원격검침 시스템의 모델은 매우 간단하다. 원격검침 시스템은 계량기, 데이터 집중장치, 원격검침 서버로 이루어진 삼 요소 구성이 일반적인데, 검침데이터와 정보를 가지고 있는 계량기는 서버, 중간에서 데이터를 수집하여 서버로 전송하는 데이터 집중장치는 클라이언트로 동작한다. 혹, 데이터 집중장치를 서버, 원격검침데이터를 수집하는 서버는 클라이언트로 확장하여 설계하기도 한다. 이처럼 전력망 위의 원격검침 구성요소들 간에는 높은 보안성과 확실한 연결을 전제로 한 단 3계층의 계위를 갖는 통신망 구성과 서버-클라이언트 구조의 폴링 방식을 취함으로써 자동화 시스템에 매우 효율적인 방법이 될 수 있다.

IEC 62056-46의 DLMS 데이터링크 계층에 따르면, 데이터를 수납하기 위해서는 HDLC(High-level Data Link Control) 프레임이 사용된다.^[3] 데이터의 시작과 끝이 0x7E로 플래그 처리된 HDLC 프레임은 목적지 주소, 출발지 주소, 데이터의 길이, 흐름 제어, 오류검검, 데이터 수납용 필드 등의 형식으로 구성되었으며, 데이터 링크를 통해 한 프레임씩 전송되는 비트 중심의 프로토콜이다. 안정적인 통신 환경에서 데이터 손실 없이 데이터 전송을 수행하게 된다. 데이터 수납을 위한 프레임 역시 전송 효율을 최대한 높일 수 있는 HDLC를 채용함으로써 원격검침 데이터의 무손실과 신뢰성을 보장해주고 있다.

Flag	Frame Format	Dest.address	Src.address	Control	HCS	information	FCS	Flag
------	--------------	--------------	-------------	---------	-----	-------------	-----	------

그림 4. HDLC 프레임 구조

DLMS는 COSEM(Companion Specifications for Energy Metering) 이라는 정보구조를 이용하여 객체 기반의 정보표현을 가능하여, 검침 분야의 메시지 정의에 있어 강점이 있는 프로토콜이다. IEC-62056-53에 정의된 응용계층의 프로토콜을 호출하고, 3계층 통신 프로파일을 통해 캡슐화 과정을 거치며 도착지까지 도달하게 될 데이터 정의는 IEC 62056-62의 인터페이스 클래스를 활용한다.^[4] 인터페이스 클래스는 일종의 구조체로 된 라이브러리이다. 같은 기능을 갖는 데이터들을 같은 구조체로 정의하여 하나의 인터페이스 클래스를 통해 사상하고, DLMS 통신 프로파일에 실어 송, 수신하게 된다. 구조체를 활용하여 인터페이스 클래스에 사상된 하나의 데이터를 객체(Object)라고 표현한다. 일례로 계기 ID, 정기검침일과 같은 계량기 일반 정보는 'data' 객체를 활용하고, 전력량 [Wh], 전압[V], 전류[A] 등 단위가 있는 계량정보는 'register' 객체를 활용한다. 시간별 히스토리 혹은 이벤트 데이터는 'profile' 객체를 활용하여 표기하면 효율적이다. 이외에도 계량기의 기능을 나타내거나, 통신, 연결 정보 등을 표기하기 위한 별도의 인터페이스 클래스 혹은 객체가 존재한다.

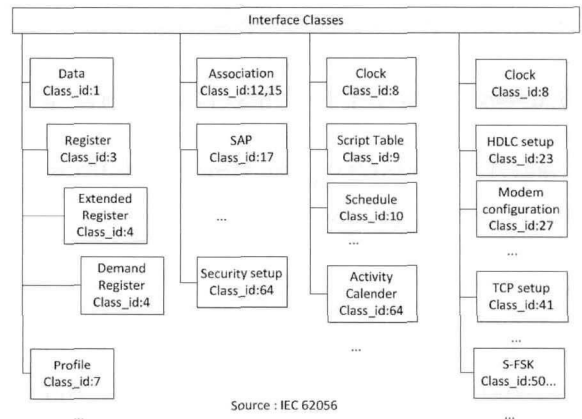


그림 5. 인터페이스 클래스 종류

개개의 데이터, 혹은 객체는 객체 식별 코드인 OBIS(Object Identification System)를 통해 명명되어지며, 고유한 식별 번호를 갖는다.^[5] DLMS 클라이언트는 데이터를 수집할 때, OBIS를 참조하여, 데이터를 읽어 들인다. OBIS는 총 6 바이트의 길이를 갖는다. 바이트 단위로 의미하는 바가 다르며, 이의 조합을 통해 모든 종류의 추상적, 물리적인 데이터에 고유한 식별 번호를 부여하게 된다. [그림 6]에서는 6바이트 각각에 정해진 규칙에 따라 번호를 부여함으로써 하나의 객체 데이터에 대한 OBIS코드의 명명 규칙을 보

여준다. A 필드는 에너지 타입, B 필드는 채널의 종류, C 필드는 물리량, D 필드는 계산법, E 필드는 데이터 분류(시간, 종류 등), F 필드는 프로파일을 나타낸다. 이의 순차적인 조합을 통해, “현재 순방향 유효 전력량 Tariff 1”을 의미하는 “1.1.1.8.1.255” 객체를 표현한다.

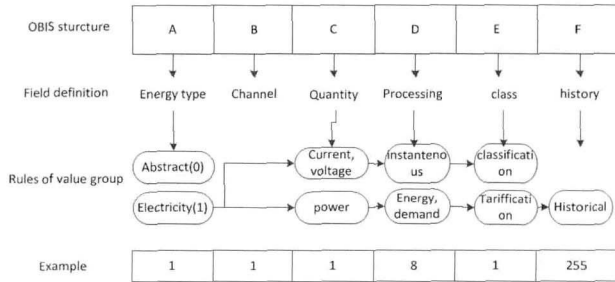


그림 6. OBIS 구조와 예제

이와 같이 데이터를 표현할 때, 필드 내에 예약된 값을 지정함으로써 다양한 제조사의 다양한 제품군을 다양한 에너지 회사에서 사용하더라도 해당 값을 읽기 위해 표준화된 OBIS를 호출함으로써 호환성을 확보하게 된다. 한편, 특별한 사용자, 혹은 개별국가에서 사용할 목적으로 특수 OBIS 객체를 지정하기도 한다. 예를 들면, C=128 이상의 값, D=국가별 DDD code를 사용함으로써 개별국가의 특수 사용자간의 객체를 명명하기도 한다. 때로는 제조사만의 특별 코드를 지정하여, 계량기 설정 데이터를 조작 하거나 펌웨어를 업데이트하기 위해 사용되는 특수 코드도 존재한다.

2.2. 원격검침 프로토콜 제정

2.2.1. 원격검침 프로토콜 모델

한국전력공사에서는 2006년 DLMS 표준을 기반으로 한 원격검침용 계량기 데이터 통신 프로토콜 표준을 제정했다. 계량기는 서버로 동작하고, 데이터 집중 장치는 클라이언트로 동작한다. 특정 물리계층을 정의하지 않아 다양한 물리계층의 가능성을 열어 두었으며, 데이터링크 계층, 응용 계층, 그리고, 객체지향 데이터 모델링이 주요 내용이다.

서버 측, 즉 계량기는 스마트 그리드의 원격검침 기능을 수행하기 위해 DLMS/COSEM 객체와 OBIS 코드를 통해 200여개에 가까운 물리적 데이터를 정의하고 있다. 계량기의 기본기능인 전력 사용량, 수요전력, 전압, 전류 등의 측정 및 검침 정보가 100여개로 구성되었으며 계량기 설정에 관한 일반 정보 및 파라미터, 히스토리를 나타내는 LP 및 이력정보, 시간대별 차등

요금제 정보 등으로 구분할 수 있다. 이와 같은 물리 데이터의 논리적 모델링을 통해 계량기의 기능을 설계하기도 한다.

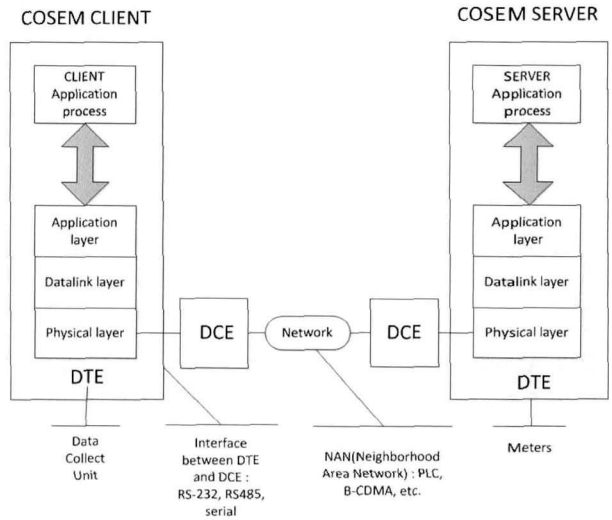


그림 7. KEPCO 원격검침 프로토콜 모델링

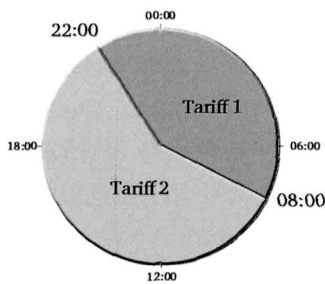
특히 스마트 그리드에서 요구하는 고객과의 쌍방향 정보 전송을 위해서는 전력회사의 시간대별 요금제 정보를 고객 입장에서 전달 받아야 하며, 계량기는 시간대별로 다른 요율이 적용된 전력량을 계량하고 있어야 한다. 이를 다시 설명하면, 전력회사는 시간대별로 다르게 계량한 검침 값을 검침하고, 이를 고객에 정보 전달하여 고객으로 하여금 시간에 따라 요금이 다른 전기 사용을 유도함으로써 고객의 수요반응을 이끌어 내야한다. 이와 같은 운영정보는 COSEM 객체, OBIS 코드의 정확한 정의뿐만 아니라, 객체 안에 담겨진 운영 정보의 내용도 중요하다.

표 1. 한전 계량기 객체 예(대표 값만 표기)

Category		OBIS[hex]
일반정보	계기정보	01.00.c.d.00.FF
	운영정보	00.00.c.00.00.FF
	Time Of Use	00.00.0D.00.00.FF
통신정보	통신설정	00.00.2A.00.00.FF
검침정보	역률	01.01.0D.09.e.f
	누적수요전력	01.01.c.02.e.f
	최대수요전력	01.01.c.06.e.f
	시간별전력량	01.01.c.08.e.f
	월별전력량	00.00.62.00.01.f
이력정보	월별최대수요전력	00.00.62.01.02.f
	LP정보	01.00.63.01.00.FF
	이력기록	00.00.63.62.d.FF

2.2.2. 스마트 그리드와 전자식 전력량 계량기

현재 한국전력공사에서는 1974년 1차 석유 파동 이후, 일정 이상의 전기 사용을 억제하기 위해 전력사용량을 단계별로 나눠 산정율을 적용하는 누진 요금제를 사용하고 있다. 이는 소비자로 하여금 총량 위주의 300kWh 미만의 맹목적인 전력 소비 억제효과를 낼 뿐 피크전력 수요시간에 대응한 부하조절 효과를 낼 수는 없다. 한 겨울과 한 여름에는 냉, 난방기의 사용으로 인해 일정 시간에 전력소비가 피크치를 나타낸다. 연중 몇 일 동안에만 순식간에 치솟는 전력소비량은 수십~수백 MW급 발전소 몇 기에 해당하는 전력소모에 해당하여, 이를 해결하기 위해서는 비용 및 시간의 대규모 투자가 필요한 상황이 발생한다. 따라서 시간대별로 균등한 전력 소비를 유도하기 위해서는 시간대별 차등 요금을 적용할 요금정책이 필요하고, 소비자는 이에 대한 수요 반응을 하게 된다.



<Tariff upon a day profile>

그림 8. TOU 예제

한국전력공사에서 정의한 DLMS 통신 프로토콜에서는 시간대별 요금 정보를 담기 위해 TOU(Time Of Use)를 정의하고 있다. TOU의 DLMS COSEM모델링은 다음과 같다. TOU 테이블을 내려 받은 계량기는 계절, 요일, 일 구분 테이블 별로 요율을 지정하여, 시간대별로 계량을 달리한다.

2.3. 원격검침 프로토콜 인증 체계 구축

전 세계적으로 DLMS를 사용하는 사용자 협회 (User Association)에서는 DLMS 프로토콜 사용자 간 상호 호환성 보장을 목적으로 적합성 테스트 절차 및 시험 프로그램 CTT(Conformance Test Tool)를 개발하였다. 한국전력공사에서는 2006년 CTT를 도입하고, 3rd party 시험자로 DLMS UA에 등록하여, 국내 전자식 전력량계 개발시험을 지원하기 시작했다. 당시 국내는 마그네틱 기반의 기계식 전력량계만을 생산하던 중소기업 중심의 산업구조였다. 한국전력공사에서 DLMS 표준 규격을 채용하고, 원격검침 사업을 단계

표 2. TOU 구성 인터페이스 클래스

Activity calendar		class_id=20
Attributes	Data type	Definition
1. logical_name	octet-string	OBIS 코드값
2. calendar_name_active	octet-string	현재 프로그램 ID
3. season_profile_active	array	계절구분-10개 table
4. week_profile_table_active	array	요일구분-8개 table
5. day_profile_table_active	array	일구분- 31개 table
6. calendar_name_passive	octet-string	예약프로그램 ID
7. season_profile_passive	array	계절구분-10개 table
8. week_profile_passive	array	요일구분-8개 table
9. day_profile_passive	array	일구분- 31개 table
10. activate_passive_calendar	octet-string	예약프로그램 일자
Specific methods		
1. activate_passive_calendar		

적으로 추진할 계획을 공표함으로써, 전력량계 사업계에는 기계식 구조에서 전자식 구조로 패러다임 쉬프트가 필요했다. 강전을 다루던 신뢰성 최우선 중심의 기기에서 디지털 회로 칩 및 통신이 접목된 기기로 산업계의 요구 사항이 전환되었기 때문이다.

계량기는 전력회사와 고객의 접점에 위치하여, 전력회사의 재산 분기점이기도 하다. 계량기는 변압기로부터 1차 측 전원 체결 후, 2차 측 전기선을 통해 고객에 전기를 공급하는 역할을 하고, 고객 측에 연결된 부하 방향의 전류를 센싱하여 전력사용량을 계량하는 역할을 한다. 계량기의 중요성 때문에 국내에는 계량에 관한 법률 제 12조에 의한 형식 승인 제도가 존재한다. 최근에는 전자식 전력량계로 바뀌면서, 전력량 뿐 아니라 최대수요전력 계량 기능, 통신 기능, 역률 관리, 부하 제어 및 개폐 등 고급 기능 구사가 가능해졌으며, 전자식 전력량계를 통하여 원격검침, 품질관리, 부하컨트롤 및 게이트웨이 역할 등 부가서비스도 다양해졌다. 따라서, 이와 같은 기능을 수행할 계량기의 통신 프로토콜 및 기능에 대한 시험 및 인증의 필요성이 대두되기 시작했다. 이에, 한국 전력공사에서는 3th party 시험자로서, DLMS 인증 시스템을 구축하였다. DLMS 분야는 ILAC 인정 중심의 KOLAS와 같은 공인 인증 제도가 존재하는 것이 아니라, DLMS UA내에서 규격 사용자간 적합성을 인정해주는 인증서 발행 제도를 갖추고 있다. DLMS 인증 시스템을 구축하기 위해서는 다음과 같은 요건이 필요하다. DLMS 적합성 시험 수행 자격 취득, 자체 인증을 위한 시험 및 절차와 제도 개발, 장비와 조직 구성 등이 그에 해당된다.

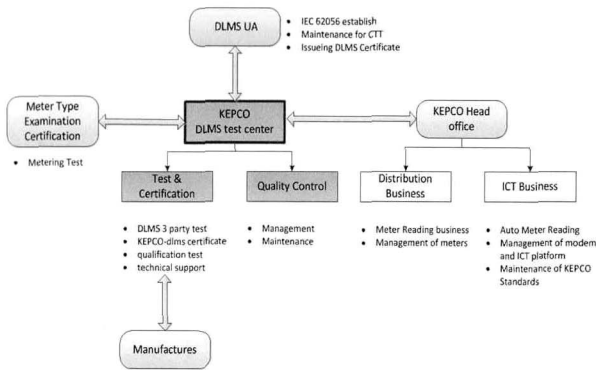


그림 9. 한전 DLMS 인증 센터 조직도

이에 더하여 한국전력공사에서는 한국의 원격검침 사업을 위해 자체로 제정한 DLMS 프로토콜 및 계량기의 원격검침 기능검증을 위해 시험 프로세스를 개발하여 자체 인증 제도를 마련하였다.^[6] 또한, DLMS 인증센터 홈페이지(<http://dlms.kepri.re.kr>)를 통해 인증 시스템 구축에 관한 사항을 안내하고, 온라인 시험 신청 제도로 시험 신청자에 편리성을 제공하고 있으며, 업무의 투명성을 유지하고 있다.

한국전력공사의 DLMS 인증 시스템의 업무 분야는 크게 다음과 같다.

2.3.1. DLMS 적합성 국제 시험

한전은 제 3자 시험 기관으로 DLMS UA 상대할 국내 적합성 시험기구로서, 시험 수행 뿐 아니라 인증 등록 창구역할을 수행하고 있다. DLMS 국제 시험은 CTT를 통한 자동 프로토콜 검사가 주요 내용이며, COSEM 포맷 및 OBIS 코드의 적절한 사용, 송수신 프레임의 정확한 구사, 통신 오류에 대한 네거티브 응답여부 등을 검사한다. 이 시험의 방식으로는 CTT가 계량기로 데이터 전송 요청을 보내면 이에 대한 응답을 보내고, CTT는 메시지의 문법 및 응답 속도 등을 체크하여 적합 여부로 판단하게 된다. CTT는 HDLC, APPLICATION, COSEM 테스트 순으로 시험을 진행한다.

2.3.2. 한전 전자식 전력량계 인증 업무

DLMS 적합성 시험만을 통과한 계량기는 동일 언어를 구사하는 측면에서는 계기 간 호환성을 확보하였다고는 할 수 있으나, 특정 산업에서 요구하는 기능을 검증할 수 있는 체계로는 부족하다. 전자식 계량기는 COSEM 객체, OBIS 코드를 통하여 원격검침 뿐 아니라 다양한 스마트 그리드 부가 기능을 구현하였기 때문에, COSEM 객체 별로 데이터 값과 그에 따르

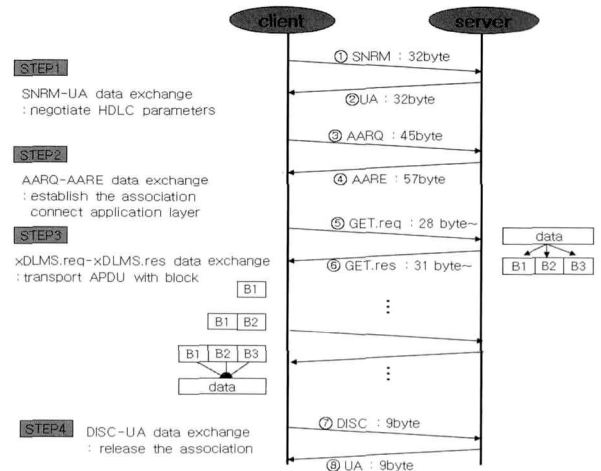


그림 10. CTT 시험 프로토콜 흐름

는 기능을 검증해야 한다. 이에 따라, DLMS를 채택한 한국전력공사 원격검침 통신 프로토콜 시험의 의미로 KEPCO-dlms라 명명한 자체 인증체계를 구축하게 되었다.

한국전력공사에는 표준형 전력량계, 저가형 전력량계, 양방향(송/수진) 전력량계, 심야복합 계량기 등 다양한 종류의 스마트 미터를 규격으로 정의하여 연간 수십만 ~ 수백만 개씩 도입하고 있다. 표준형 계량기는 약 200개의 COSEM 객체를 정의하여 2종 tariff를 적용한 전력량 검침 뿐 아니라 역률, 최대수요전력, Load Profile 및 이력관리 정보를 저장하고 있다. 저가형 전력량계는 10개 미만의 COSEM 객체를 정의하고 있으며, 현재 전력량과 같이 기본적인 정보만을 저장하고 있다. 양방향 전력량계란 고객이 일반적으로 전기를 사용을 할 때 흐르는 방향의 반대 조류로 흐르는 전기를 계량할 수 있는 계량기이며, 따라서, 다루고 있는 객체 수도 수백 개에 이르고 있고, 부가 기능도 다양하다.

이와 같이 KEPCO-dlms 시험을 통해서 단순히 IEC 62056 DLMS 통신 프로토콜의 적합성만을 검증하는 단계에서 더 나아가 한국의 전력 산업 환경에 맞는 스마트 그리드 부가 기능을 검증할 수 있게 되었다.

2.3.3. 표준형 전자식 계량기 유자격 시험

본 시험은 한전의 원격검침 사업에 사용할 자재의 단가 계약을 목적으로 하는 자격시험으로서, 통신 프로토콜 뿐 아니라 계량기의 원격검침 기능을 함께 검증하기 위한 목적으로 가장 엄격한 시험 기준을 적용한다.

한전 DLMS 인증 센터에서는 위와 같은 종류의 시험을 통해 원격검침 산업 초기에 전자식 계량기 개발을

지원 하였고, 공사에 납품되는 자재의 품질을 높이는 기반을 마련하였다. DLMS 인증 센터의 시험 실적 및 추이는 다음의 표와 같다.

표 3. KEPCO-dlms 주요 시험 파라미터

시험 항목	스마트미터 기능 요구사항
DLMS 적합성	· 계기간 호환성(DLMS interoperability)
TOU 설정	· 원격 계량기 설정, 예약, 동작 · Time Base 요금제 적용
통신 시험	· 쌍방향 정보 전송 · 원격 업그레이드 · 원격 부하 제어
검침 및 LP 시험	· 15분 실시간 검침 · 최대수요, 역률, 시간대별 검침 · Load Profile 부하 감시 및 관리 · 선택적 데이터 접근
이력 관리	· 자가 진단 및 이력 관리 (배터리, 정전, 복전, 메모리, 오결선)

시험의 추이를 보자면, DLMS 계량기가 처음 도입 되던 시기에는 KEPCO-dlms 자체 인증 시험 위주에서 최근에는 유자격 인정 시험 위주로 진행됨을 볼 수가 있다. 이는 전자식 전력량계 산업의 기술의 성숙도에 따라 초기 개발 단계에서 산업에 적용 단계에 따라 시험 및 인증 기관으로서의 역할을 잘 보여주고 있다.

표 4. 한국전력공사 DLMS 인증시험

시험 종류	시험횟수(합격률%)		
	'06~'07	'08~'09	'10 ~
DLMS 적합성시험	2(100)	-	-
KEPCO-dlms	139(54)	28(56)	9(70)
표준형 계량기 유자격 시험	31(58)	132(54)	50(80)

이와 같이 한전의 DLMS 인증 시스템은 전자식 전력량계 개발 초기의 기능 검증 및 기술 지원을 통해 스마트 그리드를 향한 산업계 선도의 역할을 수행하였다. 최근에는 DLMS 통신 프로토콜 분야로는 어느 정도 산업계의 기술이 무르익고, 원격검침 사업도 안정화됨에 따라 해마다 대규모 단가계약을 통해 중소 기업과의 동반 성장도 이끌어 내었다. 뿐만 아니라, 수십억 규모의 사우디 아라비아의 원격검침 컨설팅을 수주하여 원격검침 프로토콜 제정, 원격검침 시스템

구축을 수행하고 있으며, 차후 더 큰 규모로 인증센터 구축에 참여할 예정으로, 국내DLMS 프로토콜 인증 시스템 구축의 경험과 기술력이 해외 사업이라는 성과로 이어졌음을 볼 수 있다.

III. 연구개발과 표준화 활동

한국전력공사는 국내 유일의 전력 공급 회사이며, 연간 호당 정전 시간 10분 이내, 표준저압 및 규정 주파수 60Hz 유지 등에서 세계 수준의 전기 품질을 제공하고 있다. 설비규모로 전기선은 송, 변전을 제외하고 배전선만 424,558 c-km에 이르고 있으며, 유지 보수가 잘 되어 안정성이 확보된 인프라이다. 스마트 그리드는 이와 같은 전기망(Grid)에 정보 인프라를 더하여 전력정보 전달이 가능하다. 한국전력공사는 스마트 그리드를 위한 다양한 연구개발 로드맵과 사업화 모델링을 수립하였다.^[7]

3.1. 원격검침 시스템 연구개발

전력 회사의 고유 인프라를 통신 매체로 활용하는 전력선 통신(Powerline Communication: PLC)은 통신선이 닿지 않는 곳에, 전기선만 있는 곳이면 어디에나 통신 제공이 가능한 last mile 솔루션이나 홈네트워크 솔루션으로 각광을 받았으나, 최근에는 전력 회사 중심의 서비스 제공에 두각을 나타내기 시작했다. 유지보수가 잘된 안정된 망이며, 전력 회사의 자산이기 때문에 통신 임대비용이 들지 않는 점에서 경쟁력 있는 통신 방법이다. 특히나, 변압기 2차 측의 저압 전력선 구간은 100m 이내의 통신거리 확보, 낮은 간섭과 적은 분기로 인한 채널 환경, 변압기 대 고객을 1:N 토폴로지로 하기 때문에 PLC 망구성에 유리한 조건에다 전력선 자체를 통신선으로 이용하기 때문에 경제적으로도 효과가 좋아 스마트 그리드의 원격검침 통신 방식으로 활용성이 좋다.

한국전력공사에서는 지식경제부 국가전략기술개발 사업의 지원으로 2005년부터 5년간 한국형 고속 PLC 칩 셋 및 SoC를 비롯한 원격검침 분야 응용기기를 개발하였다. 원격검침용 통신의 원천기술인 PLC 칩셋의 기술 사양은 [표 5]와 같다. DMT(Discrete Multi Tone) 변조 방식은 2.15 MHz ~ 23.15 MHz 내의 주파수 톤당 송신 신호를 1~3 비트까지 적응적으로 가변하여 할당함으로써, 물리 계층에서 24Mbps 급의 전송 속도를 낸다. 전력선이라는 매체는 여러 사용자가 공유하는 채널로서 MAC의 매커니즘으로는 CSMA-CA를 사용하고 있다. 칩셋은

TSMC 0.13um 공정으로 최적의 사이즈와 소비전력을 갖는 칩셋으로 개발 및 생산되었다.

표 5. 고속 PLC 칩셋 사양

대항목	소항목	방식
PHY	암호화	128bit AES
	변조방식	1,2,3 D-PSK based on DMT
	IFFT	512 샘플
	FEC	Convolutional+RS
	Rate	24Mbps 급
	Band	2.15 ~ 23.15 MHz
MAC	Schedule /Access	TDMA CSMA/CA
	Topology	1:N(master:slave)
Chip set	Standard	KS 4600-1 IEC 12139-1
	공정	TSMC, 0.13 um
	소비전력	340mW

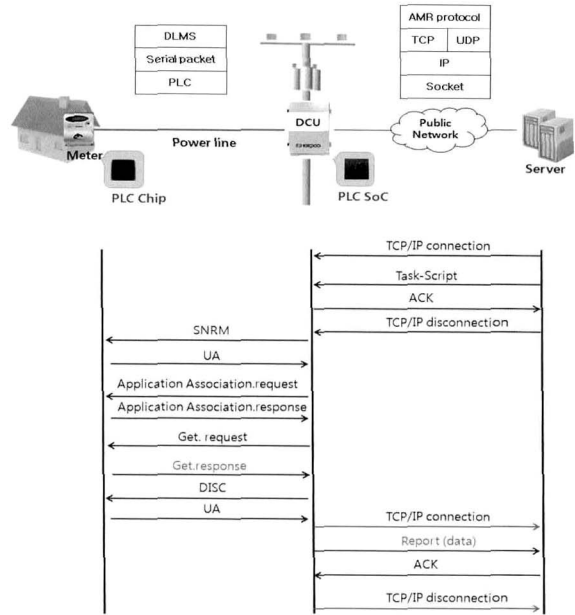


그림 11. 원격검침 시스템과 통신 프로파일

[그림 11]에서는 PLC를 활용한 원격검침 시스템과 통신 계위를 나타내고 있다. 전기를 공급하는 전력 회사에서는 고객의 DB를 구축해 놓고, 사용량을 원격지에서 수집을 하는데, 보통 고객과 서버 간에는 하나의 도시급 이상의 넓은 거리로 떨어져 있고, 서버와 고객 간의 1:N 통신의 한계 및 데이터 수집의 비효율성 때문에 고객 근처 수집, 혹은 수백 미터 내에 집중장치를 두어 수집에서 수백가구의 데이터를 집중하여 서버와 통신한다. 데이터 수집 장치는 전력 공급에 있어 22.9kV급 전압을 220/380V 로 변환해주는 지점이자 PLC 통신의 주입점인 변압기 아래 위치하는 장치로서, 데이터 수집 장치 아래의 네트워크를 NAN (Neighbourhood Area Network), 변압기와 원격검침 서버까지는 보통 WAN으로 구성된다. 따라서, 위치적으로나 기능적으로 고객과 전력 회사와의 상호 작용을 이끌어 낼 원격검침 시스템의 핵심 ICT 플랫폼이라 할 수 있다. 데이터 집중장치로서 주요 역할은 고객의 계량기 데이터를 주기적으로 검침하여, 서버로 검침 정보를 제공하는 것이다.]

본 시스템에는 24Mbps 급 광대역 전력선 통신을 기반으로 한 SoC를 개발하여 집중장치에 CPU로 활용하였다.^{[8][9]} 통신망 구성을 보면, 변압기와 고객 간의 NAN은 약 100m 이내에 위치한다. 한전의 통계에 따르면, 변압기당 평균 23가구의 저압 고객이 수용된다. 원격검침 시스템은 계기간의 통신을 통해 주기적인 스케줄에 의해 데이터를 수집, 가공, 전달하기 때문에 응용 계층에서의 프로토콜의 역할이 중요하다.

특히, NAN구간에는 응용 프로토콜로 IEC-62056 기반의 DLMS를 적용하였고, WAN 구간은 DLMS의 OBIS와 계량기 ID를 참조하여 작성된 집중장치의 업무 정의서인 Task_script라는 응용 프로토콜을 사용한다.^[10] 계량기는 DLMS/COSEM 서버-클라이언트 모델에 의거 서버 역할을 하고, 데이터 집중장치는 클라이언트 역할을 수행한다. 이때 시스템은 KEPCO-dlms 인증을 취득한 전자식 전력량계를 사용함으로써 시스템의 품질을 확보하였다.

고속 PLC를 활용한 원격검침 시스템 구성 및 대규모 사업화의 예는 한국이 앞서고 있는 상황으로, 수년간의 연구개발 및 시스템 사업화와 해외사업 수주의 경험을 바탕으로 원격검침 분야에 다수의 IPR을 확보하였다. 이에 따라, 한전은 한국의 스마트 그리드 선도국의 위상에 발맞추어 표준화 활동에도 본격 진출하고자 하는 노력을 기울이고 있다.

3.2. 표준화 활동 현황

스마트 그리드 내에 통용되는 정보가 호환성을 유지하기 위해서는 국제 규격에 의거한 표준 적용이 수반된다. 또한 스마트 그리드의 선도적 지위와 기술 선점을 위해서는 표준화 활동을 통한 국산 기술의 표준 채택이 중요하다.

3.2.1. 고속PLC 분야 표준화

한전에서는 1999년부터 PLC 분야 연구개발 및 사업 추진으로 여러 특허 기술 및 경험을 보유하고 있

다. 특히, 산,학,연,관의 연계를 통한 고속PLC 표준 기술연구회에서는 기술 표준원과의 긴밀한 협업을 통하여 전략적으로 24Mbps 급 고속 PLC 기술을 국가 표준으로 등록하였고(KS-6400-1, '06), 이어서 128bit AES 암호화 알고리즘을 추가 보완 후 국제 표준에 등록(ISO/IEC 12139-1, '09)하였다. 이는 PLC 분야 세계 주요 단체들 가운데 가장 먼저 국제 표준을 선점하였다는 데 의의가 있다. 최근에는 고속 PLC 장치시험 분야의 표준을 전기산업진흥회 단체표준으로 등록(KOEMA9014, '10)하였다.

3.2.2 표준화 활동 및 전략

이와 같은 표준화 추진의 경험과 다양한 국내외 관계 기관과의 연락 체계를 바탕으로 다음과 같은 표준화를 추진하고자 한다. 표준화 단계는 사내표준을 거쳐 국가 표준 추진을 단계적으로 거쳐 국제 표준을 추진하게 된다. 전력 산업의 독과점이 형성되어 있는 국내의 경우 한국전력공사의 사내표준은 산업계에 큰 영향력을 미치게 되며, 이때 산업계의 합의가 필요한 경우, 단체 표준화를 먼저 추진하여 국제표준으로 추진하는 것이 바람직하다. 국제 표준으로 추진 시에는 PLC 경쟁 기술로 인식하는 통신업계의 주 타겟 표준인 ITU보다는 국제 표준 추진의 경험이 있는 IEC 분야의 제, 개정으로 추진해야 한다.

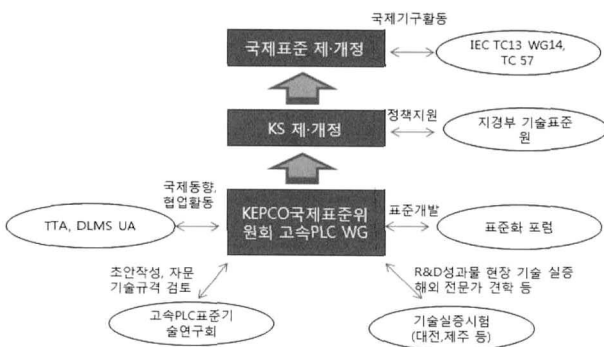


그림 12. 국제표준화 활동 전략

표준화 대상으로는 국내 표준과 국제 표준으로 크게 나뉜다. 먼저, 국내 표준으로는 한국의 고속 PLC 규격인 KS-4600-1규격의 65bit DES 암호화 기술을 128bit AES 암호화 기술로 보완하거나 변조 방식을 DMT에서 OFDM과 같은 기술로 보완하는 등의 개정이 필요할 것이며, 한편에서는 Class A와 Class B장치간의 공존에 대해서도 KS 규격으로 추진해야 할 것이다. 또한, 현재 단체표준으로 등록된 고속 PLC장치 시험 기준도 KS 등록으로 추진해야 한다.

한국전력공사에서는 스마트 그리드 분야 IEC 작업

그룹에 참여하여, 다수의 전문가가 활동하고 있다. IEC 62056을 제정 및 관리하는 IEC TC 13 WG14 및 IEC 61334 외 스마트 그리드 통신 및 프로토콜 전반을 다루는 IEC TC 57의 작업반에 참여하고 있다. 특히 올해는 전력량계 통신 프로토콜인 DLMS (IEC 62056) 작업반에 NP 제출을 목표로 TC13 WG14와 DLMS UA가 의장을 겸하고 있음에 착안, 회원국의 지위를 적절히 이용하여 DLMS UA와 긴밀한 협조 관계를 유지하고 있다.

3.3.3. 신규 항목 제안

전 세계적으로 스마트 그리드의 표준을 선점하기 위한 노력이 전개되는 가운데, 대규모 사업을 통해 기술 실증을 한 예를 찾아보기는 어렵다. 전력산업의 경우, 급변하는 IT 기술의 표준화와는 다르게 안정화된 기술을 활용한다는 점에서는 한국전력공사의 PLC를 활용한 원격검침 사업의 경우가 좋은 예가 되고 있다. 따라서 PLC 기술의 물리 계층과 MAC 계층을 IEC 62056의 통신 프로파일로 제안하고자 한다. 이를 위해 IEC 12139-1의 기술을 IEC 62056-8-y(가칭)의 항목으로 확장 편입 시키는 작업, IEC 62056-61 및 IEC 62056-62 의 COSEM 객체 및 OBIS 코드 추가 작업이 필요하다. IEC 62056의 통신 프로파일로 저속의 S-FSK 방식의 PLC기술이 최근 FDIS로 승인되었고, 이에 반해 스마트 그리드 내에서 확장된 서비스를 제공하기 위해서는 고속의 PLC 기술의 필요성이 대두되고 있는 추세로 볼 때 신규 제안은 시기적절 할 것이다. PLC 기술은 주파수에 따라 전파 방사 및 사용에 제한이 있다. 다시 말해 나라별로 허용하고 있는 주파수 대역이 다르며, 특히 IEC 62056 표준화를 주도하고 있는 유럽에서는 원격검침 분야에 협대역 주파수를 사용하여, 저속으로 데이터 처리할 수밖에 없는 한계가 있다. 이의 대안으로, IEC 12139-1의 물리 계층 기술 중에 DMT 변복조 방식을 제안하고자 한다. DMT는 OFDM처럼 멀티 캐리어를 사용하면서, 채널(tone)별로 비트 할당을 1~3bit 로 적응적으로 할 수 있어서, 저 주파수 대역 사용 시 발생하는 낮은 속도 처리율을 극복할 수 있는 좋은 방안이 될 것이다.

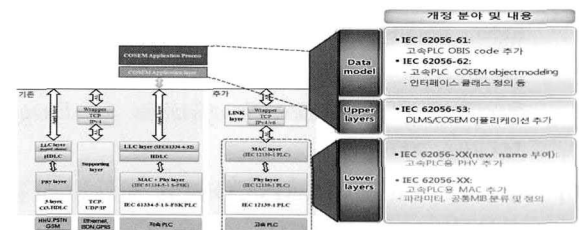


그림 13. IEC 62056 DLMS 제 개정 항목

V. 결 론

본 논문에서는 스마트 그리드를 대비한 개방형 원격검침 프로토콜의 도입과 인증 체계 구축을 통한 산업의 선도와 영향력에 대해 살펴보았다. 이에 더 나아가, 스마트 그리드의 원격검침 시스템에 관한 연구개발과 표준화 활동 현황을 기술하였다. 한국전력공사에서는 원격검침사업에 있어 통신 프로토콜 인증 시스템 구축을 통해 원격검침 시스템의 품질을 향상시키고, 국내 산업의 표준화를 이끌었다. 한편, 다년간의 기술개발을 통한 원천기술 확보 및 표준화 경험을 바탕으로 스마트 그리드 핵심 기술의 국제 표준화 추진을 추진, 국내 기술의 세계화에 앞장서고자 한다. IEC 62056 도입과 산업 선도, 고속 PLC 기술 개발과 IEC 12139-1 표준화 활동의 결과물은 스마트 그리드 시대를 향한 요구 조건 하에 적절한 시기에 만나 새로운 표준 창출의 결과로 이어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 기후변화 G8 확대정상 회의, “한국, 스마트 그리드 선도국 지정”, *스마트그리드 국제협의체 (ISGAN)*, 2009

[2] IEC 62056-53, “Electricity metering- Data exchange for meter reading, tariff and load control- Application layer”, *Device Language Message Specifications/ Companion Specifications for Energy Metering*, 2006.

[3] IEC 62056-46, “Electricity metering- Data exchange for meter reading, tariff and load control- Data Link Layer using HDLC protocol”, *Device Language Message Specifications/ Companion Specifications for Energy Metering*, 2006.

[4] IEC 62056-62, “Electricity metering- Data exchange for meter reading, tariff and load control- Interface Classes”, *Device Language Message Specifications/ Companion Specifications for Energy Metering*, 2006.

[5] IEC 62056-61, “Electricity metering- Data exchange for meter reading, tariff and load control- Object Identification System”, *Device Language Message Specifications/ Companion Specifications for Energy Metering*, 2006.

[6] 박병석, 최인지, “DLMS/COSEM 적합성 시험 절차서(KEPRI-TP-001)”, *KEPCO Research Institute*, 2006.

[7] Sung-Hwan Bae, Ja-Hee Kim, Han-Seung LEE, “A Study on New Power Business Model Using Power Information Technology,” *Journal of Electircal Engineering & Technology Vol.5, No.3 pp. 379~388*, 2010.

[8] 박병석,김영현,명노길,최인지, “유비쿼터스 PLC SoC기반의 AMI용 집중장치 개발”, *ICIS, 대한전기학회*, 2010.

[9] 최인지,박병석,윤명용, “고속 PLC 융합기술을 이용한 스마트 그리드 통신장치 개발과 실증시험”, *동계 종합학술대회, 한국통신공학회*, 2011.

[10] 최인지,박병석,유현우,윤명용,이상염,윤종호, “스마트 그리드를 위한 지능형 원격검침 프로토콜 설계 및 구현”, *하계 종합학술대회, 대한전자공학회*, 2011.

최 인 지 (In-Ji Choi)

정회원



2002년 2월 충북대학교 전파공학과 졸업
 2005년 2월 충남대학교 정보통신공학과 석사
 2005년 2월~현재 한국전력공사 전력연구원 선임보 연구원

<관심분야> 전력 프로토콜 표준화, 원격검침시스템

박 병 석 (Byung-Seok Park)

정회원

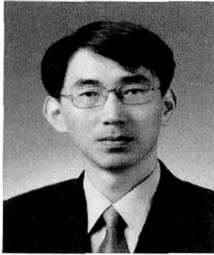


1993년 2월 한남대학교 전자공학과 졸업
 1995년 2월 한남대학교 전자공학과 석사
 1995년 2월~현재 한국전력공사 전력연구원 선임연구원

<관심분야> 전력 프로토콜 표준화, PLC, 원격검침시스템

최 효 열 (Hyo-Yeol Choi)

중신회원



1991년 2월 한남대학교 전자계
산공학과졸업

1993년 2월 한남대학교 전자계
산공학과석사

1989년 6월~현재 한국전력공
사 전력연구원 선임연구원

<관심분야> DLMS, 원격검침

시스템

명 노 길 (No-Gil Myung)

정회원



2003년 충북대학교 전기전자
공학과 졸업(학사)

2006년 KAIST 전기전자 공학
과 졸업(석사)

2006년~현재 한국전력공사
전력연구원 선임보 연구원

<관심분야> 스마트 그리드, 원

격검침, 유무선 통신네트워크

이 상 열 (Sang-Youm Lee)

정회원



1996년 2월 동국대학교 전
자공학과 졸업

2007년 2월 충남대학교 정보
통신공학과 석사

1984년 12월~현재 한국전력공
사

전력연구원 책임연구원

<관심분야> 스마트 그리드 통신망, 원격검침시스템