

지능형 원격검침을 이용한 전력감시·손실 시스템

명노길, 김영현, 이상염
한전 전력연구원

A power loss monitoring system using AMI

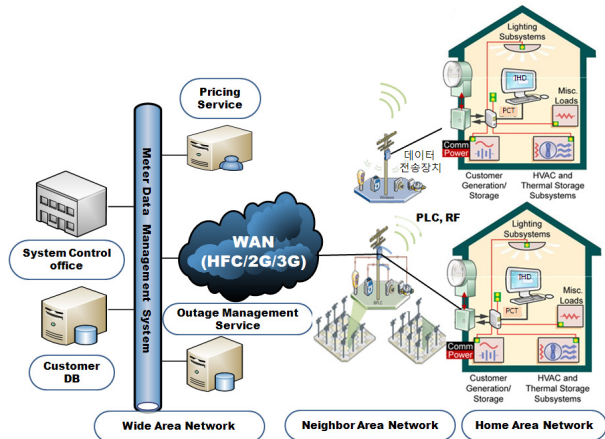
NoGil Myoung, YoungHyun Kim, SangYoum Lee
KEPCO Research Institute

Abstract - 본 논문에서는 KEPCO가 사업화중인 AMI (Advanced Metering Infrastructure) 시스템을 이용하여 변압기 2차 측에서의 전력공급량 측정과 수용가로부터의 전력사용량 수집하고, 상기 전력사용량의 차이를 비교 분석하여 통상적인 전력 손실 및 도전감시를 수행할 수 있는 방법을 소개하고자 한다. 전력 감시모듈은 전원 공급부, 전류 및 전압 감지부, 수집한 전류 및 전압을 이용하여 각종 정보를 생성하는 엔진부 및 데이터 통신부로 구성된다. 전력손실 및 도전감시 방법은 전자식 전력량계가 생성하는 LP(Load Profile)의 15분 기록주기를 기준으로 전력 공급량과 전력 사용량을 비교 분석하여 통상적인 전력 손실률을 산출한다.

Device Language Message Specification /Companion Specification for Energy Metering) 국제 표준에 기반을 두어 제정 했다. 데이터 집중장치는 논리적·물리적으로 전자식 전력량계와 운영시스템의 중간인 주상 변압기가 설치된 전주에 설치되어 전자식 전력량계들로부터 DLMS/COSEM 프로토콜을 이용 검침 데이터를 수집하고, 수집한 검침 데이터를 UDP기반으로 정의한 운영시스템 및 데이터 집중장치간 통신 프로토콜을 이용하여 전송한다. KEPCO의 AMI 시스템은 데이터 집중장치와 전자식 전력량계까지의 구간에 PLC 국제 규격인 ISO/IEC 12139-1를 기반으로 하고 있으며 PHY기준으로 최대속도는 24Mbps 이지만 실 유효 속도는 1Mbps~5Mbps 정도로서 AMI에 사용하기에 충분하다.

1. 서 론

전력수요 증가, 한정된 화석연료에 따른 자원고갈문제, 교도의 정서 발화에 따른 지구 온난화 문제를 해결하기 위한 CO₂ 감축의무와 이를 해결하기 위한 CO₂ 및 배출가스 등의 유해 물질 저감 기술개발 및 포집기술, 태양광 및 풍력과 같은 신재생 에너지와 같은 대체에너지 기술개발 등이 최근 활발히 연구되고 있다. 이와 더불어 기존 공급되고 있는 에너지 사용의 효율을 높일 수 있는 관리기술을 개발하여 에너지를 절약하는 방법, 즉 최대 부하시 고객의 에너지 절약 유도를 통해 공급설비 용량대비 초 과 전력수요를 최소화 하는 방법이 현 단계에서 효율적인 방법으로 설득력이 높아지고 있다. 이러한 방법으로는 전국의 수용가를 대상으로 적용 가능한 AMI(Advanced Metering Infrastructure) 시스템이 유럽 및 북미를 중심으로 설치 중에 있다[1]. AMI 시스템은 기존의 인력 검침에 대한 문제점을 해결하기 위해 전력 사용량을 유·무선 통신 기술을 이용하여 원격으로 읽어오는 시스템이라기보다는 정보통신 기술의 발달로 고객과 전력회사 간 양방향 통신을 통해 실시간 전력 사용량을 고객에게 제공하고, 고객들로 하여금 자발적으로 에너지 절약에 참여할 수 있는 기회를 열어 줌과 동시에 고객 서비스 질을 높일 수 있는 스마트 그리드 핵심 기술로 진화하고 있다. 본 논문에서는 KEPCO가 사업화중인 AMI의 구성도와 사업화 내용을 간략하게 언급하고, AMI 자원을 활용한 전력감시 방법을 소개하고자 한다. 전력감시 모듈은 전원공급부, 전류 및 전압 감지부, 수집한 전류 및 전압을 이용하여 각종 정보를 생성하는 엔진부 및 데이터 통신부로 구성된다. 전력 감시모듈은 변압기 2차 측의 전력공급량과 AMI 시스템으로 수집한 전력사용량을 분석하고 상기 전력 사용량들을 비교 분석하여 통상적인 전력손실 및 도전감시가 가능하다.



〈그림 1〉 KEPCO의 AMI 시스템 구성도

〈표 1〉 저압고객 자동원격검침 중장기 추진계획(안)

구분	'10	'11	'12	'13	'14	'15~'20	계
호수(만호)	50	80	130	260	260	1,662	2,442

KEPCO는 PLC 기반의 AMI 시스템을 2004년에 개발 후 1차(1,500가구) 및 2차(5,000가구) 실증시험을 통해 기술 및 사업성을 검증했다. 실증시험 결과를 통해 일부 시스템 보완을 수행했으며 2009년 5만 가구의 시범사업을 통해 2010년 50만호 및 2011년도 80만호 대규모 사업화를 진행중에 있으며 2020년까지 총 2,400만호를 대상으로 AMI 시스템을 구축할 중장기 추진계획을 가지고 있다.

2. 본 론

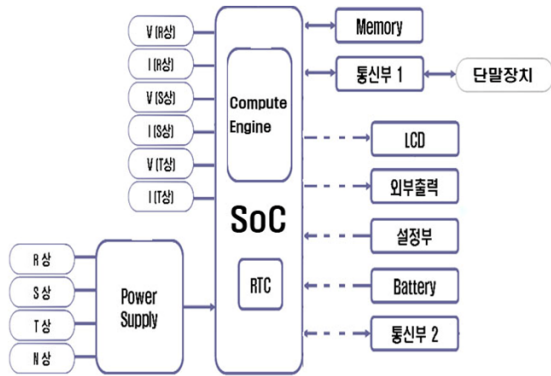
2.1 KEPCO의 AMI 시스템

KEPCO의 AMI 시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이 크게 홈 단말(IHD, In-home Display), 전자식 전력량계, 데이터 집중장치, 검침 데이터 및 단말 관리를 위한 운영시스템으로 구분되며, 이들을 상호 연계하기 위한 통신망으로 구성된다[2]. IHD는 고객내에 설치되어 전력정보를 고객에게 전달하는 역할을 수행한다. 데이터 전송장치와 더불어 핵심 단말중에 하나인 전자식 전력량계는 고객의 전력 인입선에 설치되어 CT(Current Transformer)/PT(Potential Transformer)로 측정된 전류/전압값을 활용하여 유효/무효 전력량, 현월 검침값, 최대 수요전력 등을 계산하고 기록하는 역할을 한다. KEPCO의 전자식 전력량계의 표준 기능은 KS C 1214에 기반을 두어 자체적으로 스펙을 정의했으며, 데이터 모델링 및 검침용 통신 프로토콜은 IEC-62056 (DLMS/COSEM,

2.2 전력감시 모듈

데이터 집중장치에 구현된 전력 감시모듈은 그림2와 같이 전원 공급부, 전류 및 전압 감지부, 수집한 전류 및 전압을 이용하여 각종 정보를 생성하는 엔진부 및 데이터 통신부 등으로 구성된다. 전원 공급부는 변압기 2차 측에 부착된 CT/PT로부터 AC(Alternate Current) 전력을 공급받아 SMPS(Switching Mode Power Supply)통해 DC 24V를 공급한다. 전류 및 전압 감지부는 CT/PT로부터 전력공급과 더불어 변압기 2차 측 전류/전압값을 센싱 한다. CT는 2500:1로 전류를 센싱 하며, PT는 저항 분배기를 통해 수십mV 정도의 전압값을 센싱한다. 취득한 전류/전압값 및 위상각을 이용하여 엔진부에서는 유효/무효 전력량, THD(Time Harmonic Distortion) 및 LP(Load Profile) 등의 중

요 전력정보를 생성하며 통신부는 시리얼 인터페이스로 상기 데이터를 집중장치의 메인 보드와 DLMS 기반으로 통신하여 전송하는 역할을 수행한다.



〈그림 2〉 전력감시 모듈 블록도

상기에서 언급한 것 이외에도 시각동기화를 위한 RTC(Real Time Clock) 및 정전시 시각보정을 위한 배터리 등을 포함한다.

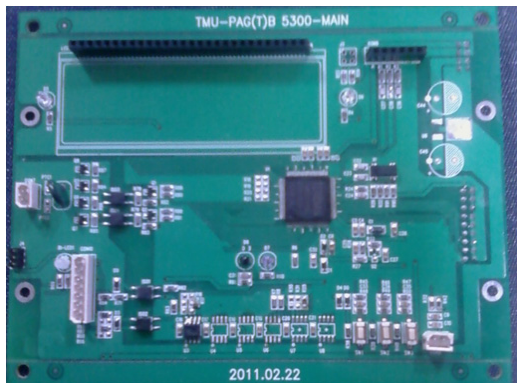
〈시험 항목 및 결과〉		계기점수		20000		
시험항목	검증	CL	OBIS Code	Attribute	Value	Value(HEX)
전력량	현월누적수전 유효전력량	03	01 01 01 08 00 FF	02	2.33	00008634
	현월누적수전 지상무효전력량	03	01 01 05 08 00 FF	02	0.05	000003E1
	현월누적수전 전상무효전력량	03	01 01 08 08 00 FF	02	0.00	0000002D
	전월누적수전 유효전력량	03	01 01 01 08 00 00	02	2.24	0000AF44
	전월누적수전 지상무효전력량	03	01 01 05 08 00 00	02	0.00	00000000
	전월누적수전 전상무효전력량	03	01 01 08 08 00 00	02	0.00	0000002D

```

Request - SNRM
7E A0 08 02 21 23 93 85 E2 7E
Response - UA
7E A0 1F 23 02 21 73 20 CD 81 80 12 05 01 6C 06 01 80 07 04 00 00 01 08 04 00 00 01 E3 BA 7E
Request - AARQ
7E A0 45 02 21 23 10 70 E9 E6 E6 00 60 36 A1 09 06 07 60 85 74 05 08 01 01 8A 02 07 80 88 07 60 85 74 05 08 02 01 AC 0A 80
08 31 41 32 42 33 43 34 44 8E 10 04 0E 01 00 00 06 5F 1F 04 00 00 18 19 FF 25 85 7E
Response - AARE
7E A0 38 23 02 21 30 F2 ED E6 E7 00 61 29 A1 09 06 07 60 85 74 05 08 01 01 A2 03 02 01 00 A3 05 A1 03 02 01 00 BE 10 04 0E
08 00 06 5F 1F 04 00 00 18 19 3A 83 00 07 9C 14 7E
Request - GetRequest (현월 누적 수전 유효 전력량)
7E A0 1A 02 21 23 32 FE F4 E6 E6 00 C0 01 01 00 03 01 01 01 08 00 FF 02 00 E2 3A 7E
Response - GetResponse (현월 누적 수전 유효 전력량)
7E A0 16 23 02 21 52 CF AC E6 E7 00 C4 01 01 00 06 00 86 34 62 C6 7E
Request - DISC
7E A0 00 02 21 23 53 89 24 7E
Response - UA
7E A0 08 23 02 21 73 8C 49 7E
    
```

〈그림 3〉 DLMS 패킷 시험결과

그림3은 엔진부에서 연산한 전력량을 DLMS 통신을 수행하기 위해서 정의한 OBIS(Object Identification System) 코드와 DLMS 통신 절차를 보여준다. DLMS 통신은 SNRM(Set Normal Response Mode) 및 UA(Unnumbered Ack)를 통해 MAC 계층의 기본정보를 교환하고 AARQ(Application Association Request) 및 AARE (Application Association Response)를 통해 응용계층의 설정정보를 교환한다. 이후 응용계층의 GetRequest 명령을 이용 원하는 OBIS 코드를 이용하여 정보를 받을 수 있다. 연결 해지를 위해 DISC(Disconnection)명령을 보내고 UA를 통해 확인하는 과정이 필요하다[3]. 그림3에서는 현월 누적유효 전력량을 요청하고 받는 과정을 HDLC 패킷을 캡쳐하여 보여주고 있다.



〈그림 4〉 PCB로 구현한 전력감시 모듈(전원부는 별도 제작)

2.3 전력감시 모듈을 이용한 전력손실감시 방법

국내의 도전 적발 통계건수를 해외 사례와 비교해 보면 도전 발생률이 극히 적지만 통계적으로 KEPCO는 매년 수십억 원의 전력사용 요금을 받지 못하고 있다. 도전·손실 감시 시스템의 핵심 역할은 변대주에 설치된 데이터 집중장치에서 수행한다. 데이터 집중장치에 구현된 검침엔진은 전력을 공급하는 수용가들로부터 PLC 방식으로 15분 주기마다 LP 데이터를 검침하고 상기 검침값을 이용하여 총 전력사용량을 계산한다. 또한 검침엔진은 전력 감시모듈이 변압기 2차 측의 전류/전압으로부터 생성한 LP 값을 시리얼 통신으로 15분마다 수집하고, 수집한 상기 LP를 이용하여 변압기가 공급하는 전력량을 계산한다. 결국 검침엔진은 변압기를 기준으로 전력공급량과 전력사용량을 비교분석하여 식 1과같이 통상적인 손실률을 계산할 수 있고 통상적인 손실률을 기준으로 차이가 발생한다면 도전 또는 비정상적인 동작 등으로 판단할 수 있다[4].

$$\text{전력손실률(\%)} = \frac{(\text{총 전력공급량} - \text{총 전력사용량})}{\text{총 전력공급량}} \times 100 \quad \text{식(1)}$$

상기 방법을 이용하여 30일 기준으로 전력 손실률을 측정했다 변압기는 총 4가구에 전력을 공급하고 모든 가구는 PLC 기반의 AMI 시스템을 이용하여 전력사용량을 검침하고 있다. 30일 기준으로 변압기가 공급한 총 전력공급량과 4가구의 고객으로부터 수집한 총 전력사용량을 이용하여 계산한 전력 손실률은 6.04%이다. 이는 KEPCO의 송배전 전력 손실률 4.1%보다 큰 값이며, 보다 정확한 전력 손실률 측정을 위해서 AMI 시스템에서 수집할 수 없는 기타 사용전력량의 고려가 필요함을 알 수 있다. 즉 PLC 모델 및 전자식 전력량계의 자체 사용전력량 등을 고려하면 보다 정확한 전력 손실률을 측정할 수 있을 것이라고 판단된다. 또한 상기와 같은 시스템은 변압기 자체의 전력손실률 측정뿐 만아니라 비이상적인 전력손실을 손쉽게 측정할 수 있는 방법으로써 향후 사업화가 예상된다.

3. 결 론

본 논문에서는 KEPCO가 사업화중인 AMI (Advanced Metering Infrastructure)시스템을 소개했고 상기 AMI 시스템을 이용하여 변압기 2차 측에서의 전력공급량 측정과 수용가로부터의 전력사용량 수집하고, 상기 전력사용량의 차이를 비교 분석하여 통상적인 전력손실 및 도전감시를 수행할 수 있는 방법을 소개했다. 변압기가 공급하는 전력을 센싱하는 전력 감시모듈은 전원 공급부, 전류 및 전압 감지부, 수집한 전류 및 전압을 이용하여 각종 정보를 생성하는 엔진부 및 데이터 통신부로 구성된다. 전력손실 및 도전감시 방법은 전자식 전력량계가 생성하는 LP(Load Profile)의 15분 기록주기를 기준으로 전력공급량과 전력 사용량을 비교 분석하여 통상적인 전력 손실률을 산출한다. 30일 동안 및 4가구를 기준으로 측정한 전력 손실률은 6.04%이며, KEPCO의 송배전 손실률 4.1%보다는 크게 측정되었으며 보다 정확한 측정을 위해서는 AMI 시스템에서 수집할 수 없는 전력사용량 정보를 고려하는 것이 필요하다고 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] Huibin Sui, et. al “An AMI System for the Deregulated Electricity Markets”, IEEE transaction on industry application, vol 45, pp. 2101-2108, Nov, 2009
- [2] 명노길, 김영현, 이사연 “KEPCO의 지능형 원격검침 시스템에 대한 연구“, 한국통신학회 논문지, 제35권 8호, pp. 1251-1258, Aug. 2010.
- [3] <http://dlms.com>
- [4] Guiyin Yu, Lu Zhang, “Application of Electrical Transformer Online Monitoring System,” ICICIP, pp 570~573, 2010