

KEPCO의 지능형 원격검침 시스템에 대한 연구

정희원 명노길*, 김영현*, 이상염*

A Study on AMI System of KEPCO

No-Gil Myoung*, Young-Hyun Kim*, Sang-Yeum Lee* *Regular Members*

요약

단방향 전력망에 정보통신 기술을 접목하여 전력공급자와 소비자가 양방향 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하는 스마트 그리드의 핵심인 지능형 원격검침 시스템에 대한 연구개발 및 사업화가 전 세계 전력 회사별로 활발히 진행 중에 있다. 본 논문에서는 KEPCO가 대규모 사업화를 추진 중에 있는 지능형 원격검침 시스템의 구성도, 설계된 핵심 단말 및 주요 기능, 관련 통신 기술 및 부가 서비스를 소개하고 기술적 특성과 사업 방향성을 제시하고자 한다.

Key Words : AMR/AMI; Power Line Communication; Binary-CDMA; ZigBee

ABSTRACT

Major utilities have been focusing on R&D and business of AMI system which plays a vital role in SmartGrid whose concept is to optimize energy efficiency with exchanging real time information between utilities and consumers based on IT technologies in power grid. In this paper, we introduce KEPCO's AMI business plan, the AMI System architecture, designed core devices, communication networks and value added services, and also explore technical and business characteristics of KEPCO's AMI system.

I. 서론

미래 선진 IT 사회에서의 전력은 고급 에너지로서의 편리성 때문에 전력소비의 절대량과 전체 에너지 대비 점유율이 증가하는 것이 세계적인 추세이다. 국내 전력수요는 매년 평균 4% 정도 증가하여 2015년에는 최대수요 6,775만KW^[1], 판매 전력량 3919.5억 KWh에 달할 것으로 예상된다. 이러한 전력수요 증가 및 고도 지식 정보시대 도래에 따른 고품질 전기 요구에 원활히 대응하기 위하여 과거에는 발전설비의 확충을 통한 안정적인 전력공급에 중점을 두었으나, 한정된 화석연료에 따른 자원고갈문제, 교토의정서 발효에 따른 지구 온난화 문제를 해결하기 위한 CO₂감축 의무 등으로 21세기 에너지 수급 문제는 서서히 사회 문제로 부각되고 있다. 이를 해결하기 위한 중장기 대

책으로 친환경적 전력기술 개발, 즉 CO₂ 및 배출가스 등의 유해 물질 저감 기술개발 및 포집기술, 신재생 및 분산전원과 같은 대체에너지 기술개발 등이 활발히 연구되고 있으나, 이와 같은 연구개발은 연구비의 규모가 막대할 뿐만 아니라 장기간의 연구기간이 필요하며, 연구결과를 실용화하여 보급하기에는 더욱 더 장시간이 소요되는 단점을 갖고 있다.

이에 비해 기존 공급되고 있는 에너지 사용의 효율을 높일 수 있는 관리기술을 개발하여 에너지를 절약하는 방법, 즉 최대 부하 시 고객의 에너지 절약 유도를 통해 공급설비 용량대비 초과 전력수요를 최소화하는 것이 현 단계에서 에너지 수급문제를 해결할 수 있는 방법으로 설득력이 높아지고 있다. 이러한 에너지 절감노력은 현 시점에서 바로 적용 가능하며, 막대한 연구비 투자가 필요하지 않다는 장점을 내포하고

* KEPCO Research Institute 녹색성장연구소(ngmyoung@kepcoco.kr, wifi2@kepcoco.kr)

논문번호 : KICS201-05-237, 접수일자 : 2010년 5월 30일, 최종논문접수일자 : 2010년 8월 8일

있다. 에너지 절감을 구체화할 수 있는 방법으로는 심 야전력 사용, 원격 냉방기 제어, 에너지 소비효율 등 급표시제 운영 등 다양한 방법이 가능하나, 이 중에서 전국의 수용가를 대상으로 적용 가능한 지능형 원격검침 시스템이 가장 효과적인 방법으로 논의되고 있다.

기존의 인력 검침에 대한 문제점을 해결하기 위해 전력 사용량을 유무선 통신 기술을 이용하여 원격으로 읽어오는 원격검침 시스템은 정보통신 기술의 발달로 고객과 전력회사 간 양방향 통신을 가능하게 하였으며, 이를 통해 실시간 전력 사용량을 고객에게 제공하고, 고객들로 하여금 자발적으로 에너지 절약에 참여할 수 있는 기회를 열어줌과 동시에 고객 서비스를 높일 수 있는 지능형 원격검침 기술로 진화하고 있다.

이에 본 논문에서는 최근 AMI(Advanced Metering Infrastructure)^[2] 기술로 많은 관심을 받고 있는 지능형 원격검침 시스템에 대해 알아보려 한다. 특히 지난 수년간 KEPCO에서 연구해온 지능형 원격검침 시스템에 대한 기술규격, 관련 기술개발, 시범사업의 성과, 부가 서비스 및 사업화중인 지능형 원격검침 시스템을 소개하고 향후 발전방향과 해외 사례에 대해 논의하기로 한다.

II. KEPCO의 지능형 원격검침 시스템

원격검침(AMR, Automatic Meter Reading)이란 전력회사가 고객의 전력 사용량에 따라 사용요금을 부과하고 징수하기 위해 전력 사용량을 검침하는 작업을 원격에서 자동으로 수행하는 시스템을 일컫는다. 기존 검침원이 직접 방문하여 수작업으로 하던 일을 컴퓨터와 통신기술을 이용하여 중앙 검침센터에서 개별 고객의 전력 사용량을 자동으로 검침함으로써 오검침으로 인한 민원을 획기적으로 줄이고 효율적인 전력관리를 가능하게 하는 기술이다. 통상적으로 원격검침에서의 통신은 전력회사와 고객 간 양방향 통신이 아니고 검침데이터를 단방향으로 수집하는 방식이다.

그러나, 지능형 원격검침 시스템 또는 보다 포괄적인 AMI 기술은 단순 인력 검침의 대체 보다는 양방향 통신을 기반으로 전력 예비율에 따른 요금제 서비스(실시간·차등·피크·선불형 요금제) 및 DR(Demand Response)을 통해 양질의 전력정보와 인센티브를 제공하여 고객 만족도 향상과 발전 원가 절감을 동시에 이루어 고객과 전력회사가 win-win 하는 시스템이다. 더 나아가 최근에는 스마트그리드의 핵심 인프라로서

에너지 절감을 위한 일반 가정의 가전기기·냉난방기기 등의 제어관리 시스템과의 연계를 통해 에너지 관리 기술로 진화하고 있다.

지능형 원격검침 시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이 크게 홈 단말(IHD, In-home Display), 전자식 전력량계, 데이터 전송장치, 검침 데이터 및 단말 관리를 위한 운영시스템으로 구분되며, 이들을 상호 연계하기 위한 통신망으로 구성된다. 각 구성요소의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

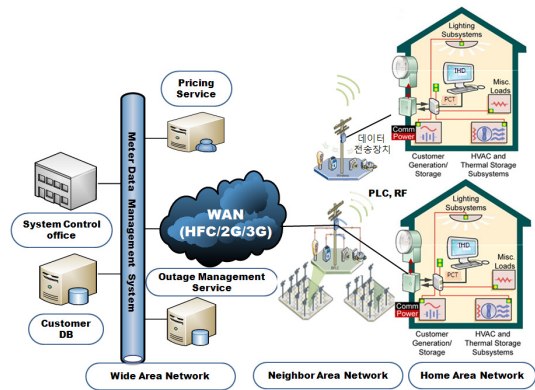


그림 1. 지능형 원격검침 시스템 구성도

2.1 전자식 전력량계

지능형 원격검침 시스템의 핵심 단말중에 하나인 전자식 전력량계는 AMR과 AMI급으로 구분 할 수 있다. 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 기반 하였으며, 데이터 모델링 및 검침용 통신 프로토콜은 IEC-62056(DLMS/COSEM, Device Language Message Specification/Companion Specification for Energy Metering)국제 표준을 수용했다. 대규모 수용가를 대상으로 구축하는 지능형 원격검침 시스템은 다수의 제조사 참여가 예상되며, 각기 다른 제조사에서 제작된 기기들을 하나의 시스템에 연동시키기 위해서는 기기 간 정확한 규격 제정을 통해 상호 호환성을 이루도록 하였다.

DLMS UA(User Association)^[3]는 DLMS/COSEM 프로토콜을 탑재한 단말 간에 최소한의 상호 호환성 확보를 위하여 CTT (Conformance Test Tool)^[3]를 제공하고 있으나 전력회사 입장에서는 지능형 원격검침에 필요한 기능 정의와 검침 항목에 따른 세부 통신

규격을 정의하여 상호 호환성을 획득하는 것이 바람직하다. KEPCO가 제정한 저압 전자식 전력량계 및 원격검침용 PLC 시스템 등록구매규격서^[4]에서는 검침 기능 정의 및 각 기능을 정의한 항목에 대한 검침 데이터 모델링, OBIS(Object Identification System) 코드 및 HDLC(High-level Data Link Control) 기반의 통신 profile을 정의 하여 전자식 전력량계로부터 검침 서버까지 검침 데이터의 상호 호환성을 이루었다.

주기적으로 검침 데이터를 데이터 전송장치에 전송하기 위해 전자식 전력량계는 통신모듈을 내장 또는 외장 할 수 있는 형태를 가지고 있으며 전자식 전력량계와 통신모듈 사이에는 광 또는 RS-485/232 인터페이스를 이용, 9.6Kbps속도로 통신을 수행한다. 더 나아가 TOU(Time of Use)정책 및 요금제 변화에 따른 단말관리를 위해 원격에서 펌웨어 수정이 가능하도록 규격화 중에 있다. 국내의 원격검침 규모는 약 1,700만 고객을 대상으로 하는 대규모 사업이다. 사업비 절감 및 운영 효율성을 위해 KEPCO에서는 전자식 전력량계의 가격 및 성능에 따라 크게 E-Type, G-Type 및 S-Type으로 구분하고 있으며 E-Type은 AMR급, G-Type 및 S-type은 AMI급 전자식 전력량계이며 이에 대한 세부규격은 다음과 같다.

저가의 E-Type^[4]전력량계는 7KW 이하의 계약 전력을 사용하는 일반 가정용(55% 점유율) 대상으로 10개의 OBIS 코드를 정의 했으며 누적된 순방향 유효전력량과 1시간 간격의 1 channel LP(Load Profile)를 생성하고 기록한다. 이에 반해 G-Type^[4]은 8KW 이상의 계약 전력을 사용하는 상가 및 소규모 공장(44% 점유율)등에 설치된다. G-type은 유효/무효전력량, 최대 수요전력, 역률, TOU 기능, 15분 간격의 2 channel LP 생성, 정전보상, 자기 진단 및 보안 등의 기능이 있으며, 108개의 OBIS 코드와 검침 데이터 표현 방법을 정의 했다. 스마트 그리드용으로 관심 있게 논의되고 있는 S-Type은 현재 관련 규격 및 기술이 개발 중에 있으며, 계약전력 100KW 이상의 전력을 사용하는 대수용가(1% 점유율)를 대상으로 활용할 예정이다. 현재 규격 제정 및 기술 개발 중인 S-Type은 G-Type 기능에 수신/송전 양방향 계량 기능, RTP(Real Time Pricing), CPP(Critical Peak Pricing), 펌웨어 업그레이드, 원격 전력 차단·공급, 도전 방지, 다양한 통신 인터페이스 및 신뢰성 있는 보안 기능이 추가 될 예정이다.

2.2 데이터 전송장치

데이터 전송장치^[4] 그림 2와 같이 B-CDMA 모

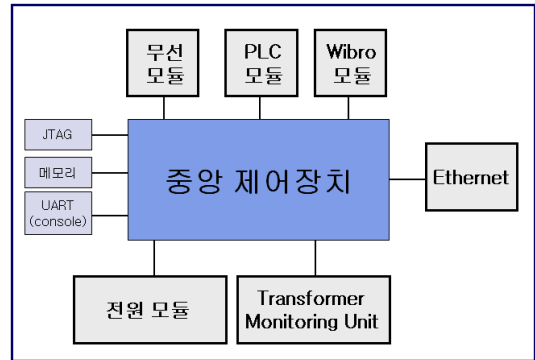


그림 2. 데이터 전송장치 H/W 구성도

듈, WiBro 모듈, PLC 모듈, 변압기 감시 모듈, 전원 모듈, 메모리, 통신 인터페이스 및 중앙제어 장치로 구성되며 전자식 전력량계와 검침 서버를 포함하는 운영시스템의 중간인 변압기가 장착된 전주에 위치한다. 전자식 전력량계로부터 DLMS/COSEM 검침 프로토콜을 이용 검침 데이터 수집과 동시에 변압기 2차 측 CP/PT로부터 변압기 감시 데이터를 취득하며, 운영시스템의 요청 시 TCP/IP기반으로 FEP(Front End Processor)와 데이터 전송장치 간에 정의한 프로토콜을 이용하여 수집한 검침 데이터를 운영시스템으로 전송하는 역할을 수행한다. 또한 운영시스템으로부터 받은 실시간 요금정보 같은 전력정보를 IHD로 전송한다.

그림 3은 데이터 전송장치에서 DLMS/COSEM 기반의 검침 데이터 수집 절차를 보여준다. 첫 번째로 SNRM(Set Normal Response Mode)프레임을 보내고 UA(Unnumbered Ack)프레임을 수신함으로써 data link layer에서 필요한 HDLC parameter 설정 후 링크를 연결 한다. 두 번째는 application layer에서 검침 데이터 요청·응답 같은 서비스를 수행하는 xDLMS

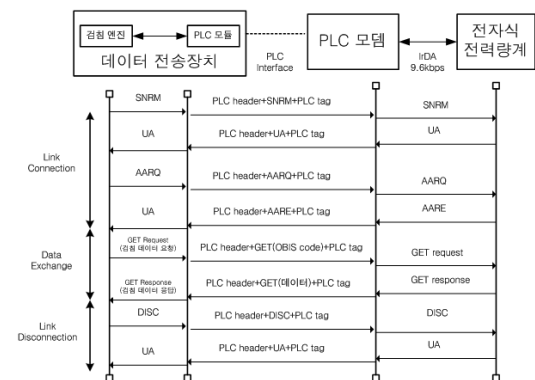


그림 3. DLMS/COSEM 기반 검침 데이터 수집 절차

(extended DLMS) parameter를 AARQ (Application Associate Request)/AARE (Application Associate Response)프레임을 통해 설정 후 get/set 같은 xDLMS 서비스를 통해 검침 데이터를 요청하고 수신한다. DLMS/COSEM 프로토콜은 layer1(PHY)에서 별도의 통신방식을 규정하고 있지 않으므로 어떤 통신방식도 수용 가능하다. KEPCO가 운용중인 전자식 전력량계와 데이터 전송장치 간에 PLC 방식이 사용될 경우 PLC 모뎀은 단지 검침 데이터를 bypass 시키는 역할을 수행한다.

데이터 전송장치에 구현된 DLMS/COSEM 기반의 검침 엔진은 polling 방식으로 15분 이내에 최대 200대 전자식 전력량계로부터 검침 데이터를 수집한다. 전자식 전력량계에의(G-type 기준) 통상적인 LP 기록 주기는 15분으로서 최대 200대의 전자식 전력량계에서 수집된 검침 데이터를 운영시스템에 바로 전달하기에는 상대적으로 어려움이 있다. 데이터 전송장치는 15분 동안 수집한 검침 데이터를 하나의 데이터 형태로 변환하여 그림 4와 같이 TCP/IP기반으로 정의한 프로토콜을 이용하여 검침 데이터를 운영시스템으로 전송한다.

변압기에 주변에 설치되는 데이터 전송장치의 TMU(Transformer Monitoring Unit)모듈은 CT/PT로부터 취득한 변압기 2차 측 전류/전압값을 통해 변압기 동작 감시를 수행하고 취득한 전류/전압값을 활용하여 유효/무효 전력량 및 LP를 생성한다. 데이터 전송장치는 변압기가 공급할 수 있는 전력보다 더 많은 전력을 고객이 사용할 경우 운영시스템에 통보함으로써 과부하에 의한 변압기 소손과 정전을 방지 할 수 있으며, 변압기 2차 측에서 공급하는 전력량과 고객의 전력량계들로부터 수집한 전력량의 합을 비교하여 통

상적인 변압기 2차 측에서의 전력 손실 관리와 도전 감시를 수행한다.

2.3 운영시스템

운영시스템은 검침 데이터를 관리하기 위한 검침서버와 장비의 등록, 관리 및 운영을 위한 NMS(Network Management System)서버로 구성된다. 검침 서버는 전자식 전력량계로부터 수집한 각 고객의 전력 사용량을 분석, 처리 및 관리하는 시스템으로 고객정보, Billing과 같은 DB와 연계 되어 전기요금을 산정한다. 검침서버는 데이터 분석, 처리와 더불어 다양한 응용서비스와 연계할 수 있는 공통 인터페이스 기능, 그리고 정보 공유를 통해 고객들에게 전력 예비율에 따른 요금제(실시간·차등·피크·선불형 요금제)를 통해 DR 서비스를 제공할 수 있는 MDMS(Meter Data Management System)시스템으로 진화하고 있다.

NMS는 현장에 설치되는 단말의 등록, 운영, 장애 관리 기능을 수행하며, 이를 위해 KEPCO에서는 Common MIB(Management Information Base)을 정의했으며 SNMP(Simple Network Management Protocol)기반으로 데이터 전송장치 및 PLC 통신 모듈과 같은 단말들의 상태 정보를 취득한다. 또한 그림 5와 같이 단말 관리의 효율성을 높이고자 지리정보시스템(GIS)을 활용하여 단말의 상태관리를 수행 중에 있으며 스마트폰과 3D기반 증강현실 도입을 통해 현장 전력설비의 장애 관리 및 설계 효율화를 진행 중에 있다. 이와 더불어 각 단말의 상태뿐만 아니라 실시간으로 통신망 성능을 측정하여 망 운영의 안정성을 보장하도록 설계 하였다. 특히 대규모 사업에 따른 운영 효율성을 높이기 위해 단말의 현장 설치 시 자동등록 기능을 통해 단말 설치 및 셋팅 시간을 획기적으로 줄였으며, 더 나아가 데이터 전송장치의 손쉬운 유지보

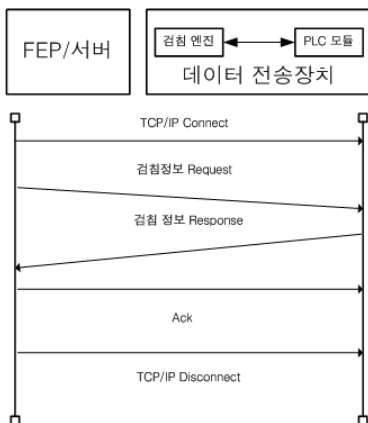


그림 4. FEP/서버 및 데이터 전송장치 간 통신절차

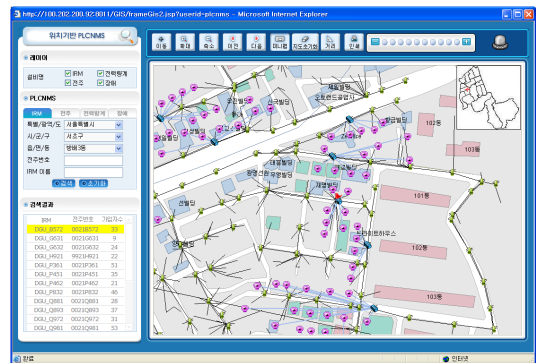


그림 5. GIS기반 NMS

수 및 다양한 서비스 제공을 위해 SyncML 기반으로 펌웨어 및 소프트웨어 업데이트를 수행하는 DM (Device Management) 기능을 개발 중에 있다.

2.4 홈 단말장치(In-home Display)

기존의 원격검침 시스템이 지능형 원격검침 시스템으로 확장됨에 따라 새롭게 추가된 단말로서 맥내에 설치되어 전력 정보를 고객에게 전달하는 역할을 수행하게 된다. DLMS/COSEM 기반으로 데이터 전송 장치와 통신을 수행하며 전력 사용 정보, 전력요금 등의 정보를 15분 단위로 제공하여 고객이 적극적으로 전력 사용량을 줄일 수 있도록 도와준다.

III. 지능형 원격검침 시스템 통신망

지능형 원격검침 시스템을 구현하기 위해서는 각 단말을 상호 연계하기 위한 안정된 통신망 구성이 중요하다. 통신망은 크게 운영시스템과 데이터 전송장치를 연계하는 WAN(Wide Area Network), 데이터 전송장치와 전력량계까지를 다루는 NAN (Neighborhood Area Network), 맥내 통신을 담당하는 HAN (Home Area Network) 영역으로 구분된다. 국내의 경우 IT기술의 발달로 WAN영역에 대한 통신망 확보가 손쉬운 반면, last-one mile이라 불리는 NAN 및 HAN 영역에 대한 통신망은 다양한 전송기술 특성 및 사업성에 따라 각기 다른 형태로 구축 운영되고 있다. KEPCO에서는 NAN영역에 PLC 통신과⁵⁾ B-CDMA 통신방식을 토대로 시스템을 개발하고 검증을 수행하였다.

3.1 PLC 통신

전력을 공급하는 전력선을 활용하여 통신을 수행하여 추가적인 통신선로 포설이 필요 없는 PLC 통신은 전력회사 입장에서 매력적인 통신 기술임에는 틀림없다. 특히 전자식 전력량계가 맥내에 설치되고 전자식 전력량계를 통해 고객에게 다양한 전력 서비스를 제공할 수 있는 특성을 고려하였을 때 100~200m 저압선로 구간에서의 안정적인 통신 성능, 손쉬운 설치의 장점 등으로 지능형 원격검침 시스템의 핵심 기술로 각광을 받고 있다.

PLC 통신은 사용되는 주파수 및 속도에 따라 저속(9Khz~450Khz 대역, 100Kbps 이하) 및 고속(2Mhz~30Mhz 대역, 100Kbps 이상)으로 구분되며, KEPCO에서는 검침 인프라를 통한 다양한 사업 확장성을 고려하여 원격검침 기능에 부가 서비스까지 확장할 수

있는 고속 PLC 통신 방식으로 결정했다.

검침용 PLC 통신 칩은 고속의 데이터 전송을 위해 2.15Mhz~23.15Mhz 주파수대역 사용, DMT(Discrete Multi-Tone) 변복조 기술 및 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision avoidance) multiple access protocol을 기반으로 설계 하였다. KEPCO 주도하여 개발한 PLC 통신 칩은 최대 속도 24Mbps, 자체 repeating 기능, 128 bit AES(Advanced Encryption Standard) 암호화 기능이 있으며, 개발된 기술은 2009년 7월 ISO/IEC 12139-1 국제표준으로 등록되었다. 상기 기술은 데이터 전송장치와 전자식 전력량계간의 저압구간에서의 통신방식으로 사용되고 있다.

3.2 B-CDMA

초창기 KEPCO의 원격검침 시스템은 WAN 영역 통신망 구축을 위해 임대회선을 활용했다. 이로 인해 모든 데이터 전송장치에 임대회선을 연계하여 막대한 임대 회선비용이 발생하였으며, 이를 해결하기 위해 KEPCO에서는 22.9kV의 고압선로에 PLC 통신을 적용하여 인접 데이터 전송장치 간 통신회선을 구축하고자 하였으나 PLC 통신 신호를 고압 선로에 주입·추출하는 역할을 하는 고압 비접촉식 커플러의 가격 때문에 사업성이 없다고 판단하였다. 대안 기술로 상용화된 무선기술이 검토되었으며, 이 때 선정된 무선 기술이 B-CDMA (Binary CDMA)이다. B-CDMA는 ISM(Industry, Scientific, Medical) 대역인 2.4GHz 주파수 대역을 사용하여, 최대 55Mbps 속도 제공이 가능하며, 특히 ISM 주파수 대역을 사용하지만 CDMA 기술을 활용하기 때문에 전력시스템에서 중요하게 논의되고 있는 데이터 보안에서 장점을 제공한다. 데이터 전송장치에 내장된 B-CDMA 단말은 master 단말과 slave 단말로 구분되는데 master 단말은 검침 데이터를 운영시스템으로 전송하기 위한 전용회선과 연계되어 있다. 하나의 master 단말은 평균 3개의 slave 단말과 통신을 수행하여, 전용회선 임대 비용을 줄이는 효과를 가져와 지능형 원격검침 시스템 운용비용을 크게 줄이고 있다.

3.3 D-TRS/WiBro

KEPCO는 데이터 전송장치가 수집한 검침데이터를 운영시스템으로 전송하는 WAN 통신방식으로 HFC망을 임대하여 사용하고 있다. 그러나 농촌 지역과 같이 HFC 망 구축이 어려운 지역과 변압기에서 전력을 공급하는 고객의 수가 적은 지역에서는 보조적인 수단으로 D-TRS 망을 사용한다. 2009년

KEPCO는 국가 통합지휘 무선통신망 구축 사업의 일환으로서 380Mhz 주파수 대역을 사용하는 D-TRS 망을 전국에 구축했으며 원격검침을 포함하여 배전자동화, 변압기 감시, 송변전 감시제어 등의 시스템에서 활용하고 있다. D-TRS는 4:1 TDMA 방식을 사용하며 음성과 데이터의 동시 전송이 가능하며 최대 속도 36Kbps를 지원한다. WiBro 통신방식은 전략적으로 해외의 사업 추진을 위해 도입했으며 국내 적용 계획은 없지만 현재 스마트 그리드 제주 실증단지에서 데이터 전송장치에 WiBro 모뎀을 추가하여 성능 시험 중에 있다.

IV. 시범사업 및 사업화 모델

지금까지 지능형 원격검침 시스템을 구축하기 위해 필요한 단말 및 통신기술에 대해 살펴보았다. 본 장에서는 대규모 사업 진행을 위해 설계된 지능형 원격검침 시스템의 성능 검증을 수행하고 구축된 검침 인프라를 통해 다양한 사업모델로의 확장 가능 여부에 대해 고찰해 보기로 한다.

4.1 시범사업

원격검침 시스템을 구축하기 위한 방법으로 다양한 HAN/NAN영역의 통신기술이 존재한다. 이 중 PLC 통신과 ZigBee 기술이 가장 적합하다고 판단되었으며 2005년 KEPCO에서는 3,000호를(각 1,500호) 대상으로 실증시험을 수행하였다. ZigBee기반의 경우 ZigBee Alliance에서 다양한 표준화 활동 및 ZigBee Profile 제공에 따른 단말 간 상호 호환성 제공 등의 장점을 갖고 있는 반면, IEEE 802.15.4 규격에서 제공하는 속도가 최대 250Kbps이므로 원격검침 자체 서비스만으로는 가능한 속도이지만 지능형 원격검침 인프라로서 향후 다양한 부가서비스를 지원하기에는 통신용량 측면에서 부족하다고 검토되었다. 또한 북미와 다르게 다양한 외부 전파 간섭 및 밀집한 주택지역에서의 열악한 전파 환경과 ISM 주파수 대역의 100mW 최대 출력전력 제한으로 서비스 커버리지가 제한되고 있는 단점도 있다. 이에 반해 BPLC(Broadband PLC)의 경우 24Mbps를 기반으로 원격검침 환경에서 실 유효속도로도 약 0.5Mbps ~ 3.0Mbps의 속도를 제공하여 원격검침 서비스 이외에 다양한 부가서비스 제공이 가능하다. 2007년도에는 고속 PLC 통신방식을 기반으로 사업성 검증을 위해서 대구, 대전과 같은 대도시와 의정부, 순천, 고성 같은 소도시를 대상으로 5,000호에 대한 시범사업을 수행하였다.

시범사업의 통신 성공률은 99%이며 검침 데이터의 취득률은(재전송 포함)100%로 검증되었다. 또한 시범사업은 대규모 사업을 하기위한 기술 검증뿐만 아니라 유지보수와 같은 운영 측면까지 검증하였다. KEPCO는 지금까지의 연구개발 및 시범 사업 결과를 토대로 2015년까지 약 1,700만 고객을 대상으로 지능형 원격검침 사업을 계획하고 있으며, 2009년에 10개 도시 5만호를 대상으로 지능형 원격검침사업을 진행하였고, 올해는 50만호를 대상으로 사업을 추진 중에 있다. 2011년 이후에는 매년 100만 호 이상을 사업화할 계획이다.

4.2 통합검침 시스템

국외의 전력회사는 전기, 가스, 수도를 함께 관리 운영하는 반면 국내의 경우 각각의 사업자가 별도로 운영되고 있다. 각 사업자는 독자적인 검침 시스템을 구축하려고 노력하고 있으나 대규모 사업비가 요구되는 검침 시스템의 특성상 원활한 사업 진행이 어려운 것이 현실이다. KEPCO는 상수도 사업본부와 협력하여 기 구축된 지능형 원격검침 인프라를 기반으로 통합검침 시스템을 구축 중에 있다. 통합검침 시스템은 전기, 가스, 수도 및 열량 등의 검침 데이터를 동시에 통합하여 검침하는 시스템이다. KEPCO는 통합검침 시스템 구축을 위해 전지식 전력량계에 삽입되는 기존의 PLC 통신 모듈에 수도 계량기와 통신을 수행할 수 있는 RF 모듈을 내장한 HCU(Home Concentrator Unit)^[6]를 개발하였다. HCU는 424Mhz 대역을 사용하는 RF 통신을 통해 수도 검침 값을 주기적으로 취득하고 이를 PLC 통신을 통해 데이터 전송장치로 전달할 수 있게 하였다. 수도 계량기는 자체 통신 프로토콜을 통해 HCU에 검침 데이터를 전송하고 HCU는 전기 검침 데이터와 함께 수도 검침데이터를 DLMS/COSEM 기반의 검침 프로토콜로 변환하여 데이터 전송장치로 전송한다. 2007년 서울 목동 100호 대상으로 시험사업을 성공적으로 완료했으며 올해 상수도 사업본부와 공동으로 수원시에 대규모 사업을 추진 중에 있다.

4.3 부가서비스

KEPCO는 지능형 원격검침 인프라를 활용한 다양한 부가서비스 개발에 주력하고 있다. 농어촌 등의 저소득층 대상으로 지능형 원격검침 인프라를 이용하여 원격검침 서비스와 함께 저가의 인터넷 서비스를 계획하고 있다. 또한 최근 고령 인구의 증가로 인해 독거 노인에 대한 사회적 관심이 높아지고 있기에, 소방

방재청과 공동으로 효심이 119 서비스를 시행중에 있다. 효심이 119 서비스는 지능형 원격검침 인프라를 이용, 비정상적인 전기사용 패턴을 확인하여 홀로 사는 노인 집안에서 발생할 수 있는 고독사나 화재 등의 위험 상황으로 판단하고 주변 소방서 또는 자원봉사 도우미에게 자동으로 알리는 서비스이다.

V. 해외 AMR/AMI 구축 동향

세계 주요 전력회사는 SmartGrid/AMI 기술로 많은 관심을 받고 있는 지능형 원격검침 시스템 개발 및 구축에 총력을 기울이고 있다. 원격검침 사업화의 이정표를 만든 회사는 이탈리아 전력회사인 Enel사이다. Enel사는 세계 최초로 2004~2008년까지 5년간 3.3조를 투자하여 3,200만호를 대상으로 대규모 원격검침을 사업화 했다. 그림 6은 Enel사의 원격검침 시스템 구성도이며 전자식 전력량계와 집중장치(concentrator, 데이터 전송장치 역할)간에는 유효 속도가 2.5Kbps 정도인 저속 PLC 기술을 사용했으며, 집중장치와 서버 간에는 GSM/GPRS 방식을 사용하고 있다. 근본적으로 Enel사에서 구축한 원격검침 시스템은 통신망의 한계 때문에 지능형 원격검침 또는 AMI 보다는 원시적인 AMR 시스템으로 간주되고 있다. NAN 영역에서의 2.5Kbps와 WAN 영역에서의 9.6Kbps 정도의 유효속도로는 실시간 양방향 통신이 불가능하여 차등·피크 요금제 등의 DR 및 다양한 부가 서비스를 제공할 수 없는 한계를 가지고 있기 때문이다.

독일, 영국, 프랑스, 덴마크, 네덜란드 등 유럽 대부분의 국가들도 대규모 지능형 원격검침 시스템을 계획하거나 구축 중에 있다. HAN/NAN 영역의 통신방식은 200Mbps급 고속 PLC 또는 메시 기능이 있는 ZigBee 방식과 WAN 영역에서는 GPRS/WCDMA 등의 이동통신 방식을 주로 사용하고 있다. 북미 지역에서는 재생에너지 사용과 전력효율 향상에 전력을 투구하는 캘리포니아 지역이 가장 두각을 보이고 있

다. 캘리포니아주는 2012년까지 1,200만 호를 대상으로 지능형 원격검침 시스템을 구축할 예정이며, 캘리포니아 주요 전력회사인 Pacific Gas&Electric 및 Southern California Edison사는 각각 500만 호 이상의 구축 계획을 가지고 있으며 현재 200만호 이상을 구축하고 있다. 대부분 HAN/NAN 통신방식은 조밀하지 않고 넓게 분포한 수용가에 적합한 ZigBee를 기반으로 하고 있으며 WAN은 WiMax/CDMA2000을 사용하고 있다.

표 1에 지역별/전력회사별 AMR/AMI 시스템의 통신방식을 정리했다. KEPCO의 지능형 원격검침 시스템에서의 WAN 영역 통신기술의 특이점은 이동통신망을 사용하지 않고 자가망과 임대망으로 구축했다는 점이다. 이는 배전자동화망으로 운용중인 자가 광통신망과 KEPCO에서 분리되어 LG텔레콤(구 LG 파워콤)이 운용중인 광/HFC망을 손쉽게 저렴하게 이용할 수 있는 인프라가 있기 때문이다. 또한 해외의 경우에는 데이터 전송장치가 곧바로 이동통신망과 연계되지만, KEPCO는 통신 용량이 큰 광 통신망을 이용하기 때문에 B-CDMA 기술을 이용하여, 여러 대의 데이터 전송장치를 묶어서 전송하는 구조를 취하고 있다. 현재까지 KEPCO는 PLC 기술 개발에 주력했지만, PLC와 더불어 WiFi/ZigBee 기반 무선 메시 네트워크 기술개발을 통해 지능형 원격검침 뿐만 아니라 스마트 그리드를 위한 FAN(Field Area Network)영역에서 활용할 계획이다.

표 1. AMR/AMI 통신 방식 비교

구분	유럽	북미	Enel	KEPCO
HAN(IHD)	ZigBee /고속 PLC	ZigBee	저속 PLC	고속 PLC
HAN/NAN	ZigBee /고속 PLC	ZigBee	저속 PLC	고속 PLC B-CDMA
WAN	2G/3G	2G/3G	2G	HFC /D-TRS

VI. 결 론

북미와 유럽을 중심으로 전 세계 주요 전력회사는 전력 사용 효율을 극대화 하고자 앞 다퉈 지능형 원격검침 시스템을 도입 중에 있다. 지난 수년간 KEPCO도 지능형 원격검침 시스템 사업을 위해 시스템 구성도, 기술규격, 핵심 단말 장치, 통신망 기술, 사업화 정책, 부가서비스 등을 개발해왔으며, 실증 및 시범사업을 통해 기술적 완성도와 사업성 검증을 완

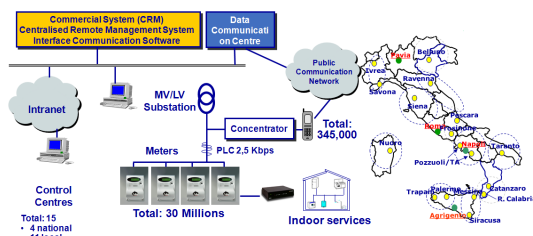


그림 6. Enel사의 원격검침 시스템 구성도

료하였다. 금년도 50만호 사업을 기점으로 2015년까지 총 1700만호 전국 사업화를 추진 중에 있다. 전력회사 입장에서 지능형 원격검침 사업은 선택이 아닌 필수로서 실시간 전력 사용량, 요금정보 및 부가 정보를 고객에게 제공하고, 고객들로 하여금 자발적으로 에너지 절약에 참여할 수 있는 기회를 열어줌과 동시에 고객 서비스 질을 높일 수 있는 효과적인 방법이기 때문이다.

참 고 문 헌

- [1] 윤용범, 정영범, “전력수급 문제점과 중장기 발전건설계획”, 한전 CEO 리포트 제09-4호, pp. 1-3, 2009
- [2] Huibin Sui, et. al “An AMI System for the Deregulated Electricity Markets,” IEEE transaction on industry application, vol 45, pp. 2101-2108, Nov, 2009
- [3] <http://www.dlms.com>
- [4] <http://srm.kepco.net>
- [5] Soodeh Haghgoo, et. al “Commissioning of an AMR Prototype System by PLC Technology,” IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2007
- [6] 최문석, et. al “PLC기반 통합원격검침 설계,” 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2007

김 영 현 (Young-Hyun Kim)

정회원



2002년 2월 한국항공대 전자 공학과(학사)

2004년 2월 GIST 정보통신 공학과(석사)

2004년 1월~현재 KEPCO Research Institute 녹색성장 연구소 선임연구원

<관심분야> 스마트 그리드, 디지털 통신, PLC, 신 전력 서비스

이 상 염 (Sang-Yeum Lee)

정회원



1996년 2월 동국대 전자 공학과(학사)

2007년 2월 충남대학교 정보통신 공학과(석사)

1984년 1월~현재 KEPCO Research Institute 녹색성장 연구소 책임연구원

<관심분야> 스마트그리드, AMR/AMI

명 노 길 (No-Gil Myoung)

정회원



2003년 2월 충북대 전기·전자 공학부 (학사)

2006년 2월 KAIST 전기·전자 공학과(석사)

2006년 1월~현재 KEPCO Research Institute 녹색성장 연구소 선임보 연구원

<관심분야> RFIC, 무선메쉬 네트워크, 스마트 그리드, 전자식 전력량계