

PLC기반의 통합검침 시스템 설계 및 실증시험망 구축

최문석, 주성호, 임용훈, 최종현
한전전력연구원

Design of Integrated Metering System based on Broadband Power-Line Communication and Construction of Test Site for Measurement of its Performance

Moonsuk Choi, Seongho Ju, Yong-hun Lim, Jong-Hyoub Choi
KEPRI(Korea Electric Power Research Institute)

Abstract - 국내 원격검침시스템은 전기, 가스, 수도 사업자가 독립적으로 시스템을 개발하고 있어 각 검침시스템간의 상호운영성을 보장하지 못할 뿐만 아니라, 원격검침시스템 개발에 대한 중복투자가 이뤄지고 있다. 고속전력선통신 기반의 통합검침시스템을 구축하고 통신프로토콜을 통일하게 되면 각 사업자별 검침용 통신비를 절감할 수 있을 뿐만 아니라, 장비의 유지보수 비용도 절감할 수 있어 저비용으로 효율적인 원격검침이 가능하게 될 것으로 예상된다. 본 논문에서는 전력선통신기반의 통합검침 시스템의 구성과 설계된 통합검침시스템의 성능을 검증하기 위한 실증시험망 구축결과에 대해 소개한다.

1. 서론

최근 원격검침에 대한 수요가 증가하면서 에너지공급 사업자별로 원격검침시스템 구축을 위한 노력이 활발히 진행 중에 있으나 전기, 가스 및 수도 사업자가 별도의 시스템을 구축하여 상호간의 연동성 확보가 어렵고 경제적으로 비효율적이기 때문에 전기, 가스 및 수도 등의 검침 데이터를 통합하여 검침하기 위한 통합검침에 대한 연구가 활발하다. PLC기술의 신뢰성과 안정성이 높아지면서 PLC기반 통신 네트워크 환경 구축을 통해 통신채널 확보의 폭이 넓어지면서 상용화 가능성이 높아지고 있어 전력선통신을 이용하여 통합검침시스템을 구축하게 되면 기술적·경제적으로 효율적인 관리가 가능할 것으로 예상된다. 따라서 본 논문에서는 전력선통신기술을 이용하여 전기, 가스 및 수도의 통합검침시스템을 설계하고 3종 검침데이터의 전송을 위한 프로토콜 통합방안을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 원격검침기술의 개요와 국내의 기술개발 동향에 대해 소개하고 3장에서는 통합검침을 위한 시스템 및 프로토콜 설계에 대해 설명하고, 4장에서는 통합검침시스템의 통신성능측정을 위한 실증시험망 구축과 측정결과에 대해 기술하며 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 원격검침시스템 기술개발 동향

2.1 원격검침시스템의 개요

전통적인 검침방식은 고객 및 사용정보를 취득하기 현장에 설치된 계량기의 지시값을 검침원을 통해 취득하였기 때문에 검침과 사용요금 고지에 따른 일련의 과정에 소요되는 시간이 많이 걸리게 되며, 인력에 의한 검침오류로 인하여 정확한 요금청구가 어렵고 검침원에 의한 사생활 노출의 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 통신네트워크를 통해 원격에서 수용가의 계측기의 지시값을 원격지에서 자동으로 수행하는 검침 자동화기술에 대한 연구가 진행되었다. 전기, 가스, 수도의 원격검침시스템(Automatic Meter Reading System)은 10여 년 전부터 국내 외적으로 적극 추진되어 왔으나 원격검침 데이터 확보를 위한 통신경로 확보의 어려움과 시스템의 안정성 문제로 인해 현재까지는 활성화가 쉽지 않은 상태이다. 특히 상수도 자동검침시스템은 기술적, 환경적, 경제성 등으로 인하여 제대로 된 곳이 없는 실정이다.

2.2 국내외 기술개발 동향

2.2.1 해외 기술개발 동향

미국 및 유럽지역에서는 고장 자가 진단 및 회복이 가능한 차세대 전력망인 인텔리그리드 구축을 위한 원격검침 정보의 중요성을 깨닫고 기존의 요금청구를 위한 AMR 기술에서 양방향통신기반의 통신인프라인 AMI(Advanced Metering Infrastructure)와 검침정보를 중심으로 수요관리(Demand Response), 실시간요금제 및 고객관계관리의 지원이 가능한 데이터 관리체계인 AMM(Advanced metering Management)로 세분화되어 빠르게 진화하고 있다. 또한, 중국, 인도 등도 DLMS기반의 선진화된 개방형 원격검침 기술을 채택하기 위한 제도적, 기술적 사업 추진 중에 있다.

2.2.2 국내 기술개발 동향

한국전력을 주제로 구축되고 있는 전력원격검침시스템과는 다르게 상수도 및 가스원격검침시스템 구축은 지자체 위주로 진행되어 전국적인 망

확장 및 관리에 어려움을 겪고 있다. 또한, 국외의 경우 에너지공급사에서 전력, 가스, 수도 에너지를 함께 공급하고 있어 통합검침에 대한 연구가 활발하지만, 국내의 경우 전기, 수도 및 가스 공급사가 개별적으로 원격검침시스템을 구성하고 있어 통합검침시스템에 대한 연구가 미미한 실정이다.

2.2.2.1 전기

한국전력공사에서는 대수용가를 대상으로 CDMA기술을 적용하여 2000년부터 원격검침시스템을 확대보급하여 왔다. 또한, 최근 전력회사 통신망 구축에 가장 효율적인 고속전력선통신(BPL)기술이 발전함에 따라 BPL기술을 이용하여 저압수용가 원격검침에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 BPL기술의 현장적용가능성을 확인하기 위해 저압수용가 6,500가구를 대상으로 원격검침 시범사업을 진행하고 있다. 또한, 원격검침을 확대시행하기 위해 2015년까지 저압 전자식 전력량계 전량교체를 추진하고 있다.

2.2.2.2 상수도

상수도사업자는 유수율 제고와 검침 값의 정확한 고지를 목적으로 하여 원격검침시스템을 구축하고 있다. 사업초기에는 원격검침통신망 구축을 위하여 CDMA, PSTN등 다양한 통신기술에 대하여 시험하였으나 최근에는 424MHz 대역의 무선통신기술을 위주로 하여 원격검침시스템을 구축하고 있다

2.2.2.3 가스

가스사업자는 온도 및 압력에 따라 검침값이 틀려지는 것을 방지하는 것을 목적으로 하여 원격검침에 대해 연구하였다. 상수도 사업자와 마찬가지로 사업초기에는 원격검침통신망 구축을 위하여 CDMA, RS485등 다양한 통신기술에 대하여 시험하였으나 최근에는 424MHz 대역의 무선통신기술을 위주로 하여 원격검침시스템을 구축하고 있다. 가스사업자는 2015년까지 6백만 계량기 교체를 계획하고 있다.

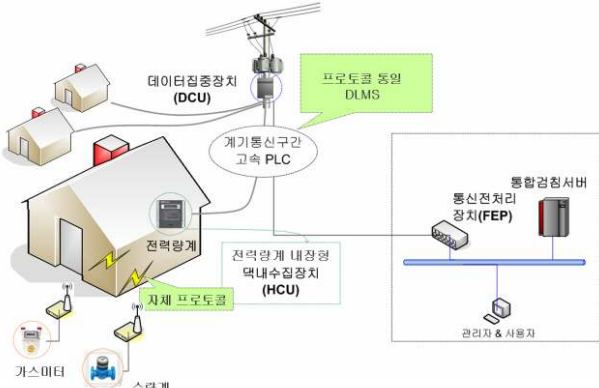
〈표 1〉 국내 검침 추진 현황

구분	추진 목적	추진현황	통신방식	비고	
전력	고압	안정적 검침	129,500 가구	CDMA	100kW 이상
	저압	DR, CRM	6,500 가구	PLC/HFC	시범사업
수도	유수율 제고	348,000 가구	RF/CDMA	지자체별 시행	
가스	정확한 검침	680,000 가구	RF/CDMA	지자체별 시행	

3. 통합검침시스템 설계

3.1 통합검침 시스템 시스템 구성

원격검침시스템 구성에 있어 각 에너지공급회사가 별도의 원격검침시스템을 구축하고 있어 중복투자가 발생하고 있고 소출력 무선 주파수 대역을 이용한 상수도·가스 검침시스템의 경우 열악한 무선통신환경으로 인해 통신신뢰성 확보에 어려움을 겪고 있다.



〈그림 2〉 통합원격검침 시스템 구성도

이러한 문제점을 해결하기 위해 고속전력선통신(BPL)기술과 RF 기술로 구성된 복합통신망을 이용한 통합검침시스템을 설계하였다. 이번 장에서는 설계된 통합검침시스템의 전체적인 구성과 각 장비의 기능에 대해 설명한다. 통합검침시스템은 서버, FEP, DCU, HCU 및 무선검침기기로 구성되어 <그림 3>에 통합검침시스템의 전체구성을 나타내었다. 수도 및 가스 검침데이터는 계량기에 연결된 무선검침기로부터 맥내수집장치(HCU)로 무선 통신을 이용하여 전송되며 수집된 데이터는 전자식 전력량계에 내장된 맥내수집장치(HCU)모듈로 무선통신을 이용하여 전송하며, HCU는 검침데이터를 저장한 후 DCU로부터 검침데이터 요청을 받으면 전기검침데이터와 가스 및 수도 검침데이터를 일괄전송한다. 데이터집중장치로 수신된 통합검침데이터는 다시 백분망을 통해 통합검침서버로 전송된다. **3.1 데이터수집장치(DGU)**

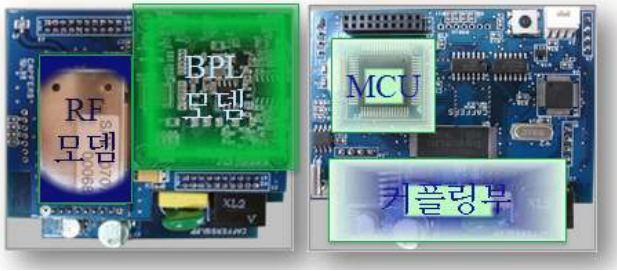
주상변대수에 설치되는 데이터집중장치는 백분망과 연결되어 있으며 BPL(Broadband Power Line Communication)모형을 이용하여 저압수용가의 전자식 전력량계의 각종 데이터와 3상 4선식 변압기의 전압, 전류, 이용률을 실시간으로 수집하여 통합검침서버 및 FEP과 같은 상위단에 원격검침정보와 변압기의 과부하 및 상간 부하 불평형정보를 전송하는 장치이다. 상위단과의 통신은 HFC(Hybrid Fiber coaxial Cable)망과 같은 전용통신망을 이용하며 원격검침에 필요한 수용가 고객 정보 및 검침정보는 DLMS프로토콜을 이용해 취득한다.

<표 2> 데이터수집장치의 사양

항목	사양
CPU 속도	20 MIPS / 18.432 MHz
OS	Embedded Linux
Memory	16MB(Flash), 32MB(SDRAM), 512kB(NVRAM)
Interface	UART, MII
3상 측정	전압 :85 ~ 265V, 전류 :0 ~ 1000 A
최대소비전력	10Watt

3.2 맥내수집모듈(HCU)

HCU는 각 에너지공급사와 고객을 연결해주는 게이트웨이 역할을 한다. <그림 3>는 통합검침시스템 실증시험망 구축에 사용된 HCU모듈의 실제사진이다. HCU는 MCU, RF 모듈, PLC 모듈 및 커플링부의 4부분으로 구성된다.



<그림 3> 전력량계 내장형 맥내수집장치

MCU는 검침데이터를 통합하기 위해 마이크로 프로세서와 메모리로 구성되며 수도/가스 및 전력량계 검침데이터를 UART와 IR 인터페이스를 통해 수신한다.

RF 모듈은 RF FRONT END와 BASE BAND를 포함한 형태로 설계하였으며 무선검침기로부터 수신한 수도/가스 검침데이터를 UART 인터페이스를 통해 MCU로 전달한다.

PLC 프론트엔드와 PLL, ADC,DAC로 구성된 BPL모듈은 MCU로부터 수신한 통합검침데이터를 커플링부를 통해 DCU로 전송한다.

커플링부는 전력선을 통해 검침정보를 송수신하며 과전류로부터 회로가 파괴되는 것을 방지하기 위한 보호회로를 포함하고 있다. <표3>에 BPL 모듈과 RF모듈의 자세한 사양을 나타내었다.

<표 3> 맥내수집모듈의 사양

구분	BPL 모듈	RF 모듈
변조	DMT	2 Level FSK
Physical 변조	PSK	맨체스터 코딩
주파수 대역	2 ~ 23MHz	424.700~424.950MHz
Bit rate	24Mbps	1200bps
Interface	UART, MII	UART
소모전력	190mA(Rx), 230mA(Tx)	22mA(Rx), 30mA(Tx)

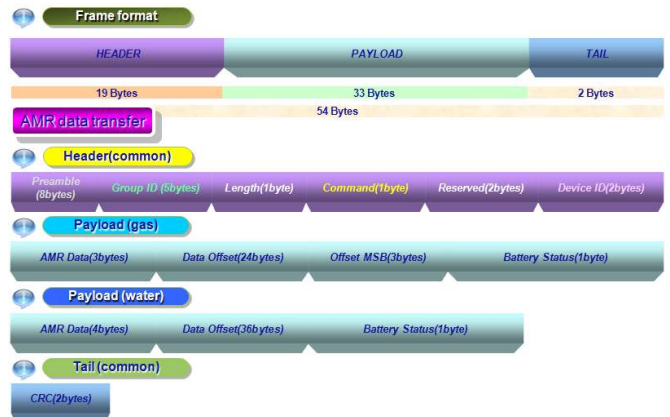
맥내수집모듈을 별도로 설치할 경우 전원공급, 모듈의 파손 우려 및 검침정보의 보호 등의 문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 전자식 전력량계 내부의 공간을 활용하여 초소형의 HCU Platform을 탑재할 수 있도록 설계하였다. 또한, 정전시에도 전기를 제외한 가스,수도의 지속적인 검침 신호반독이 필요하므로 보조전원을 이용하여 검침모

듈가 발생되지 않도록 안정적인 전원공급이 이루어 질 수 있도록 하였다.

3.3 통합검침 프로토콜

수도 및 가스 데이터를 하나의 HCU를 통해 동시에 수집하기 위해 별도의 RF 프로토콜을 설계하였다. 가스 및 수도 계량기는 각 공급사의 자체 프로토콜에 따라 검침정보를 무선검침기기로 전달하며 무선검침기는 검침데이터를 설계된 RF 프로토콜에 따라 캡슐화하여 맥내수집장치로 전송한다. <그림 4>에 맥내수집장치와 가스 및 수도계량기의 검침데이터 수집을 위한 프레임 포맷을 나타내었다.

검침관련 국제 프로토콜인 DLMS는 전기뿐만 아니라 가스 및 수도 검침 정보도 지원하기 때문에 DCU와 HCU간 통신프로토콜로 DLMS를 적용하였다. 따라서, HCU에서 취합된 가스 및 수도 검침정보는 DLMS 기반의 완전자체 프로토콜로 변환되어 데이터 수집장치로 전송되게 된다. BPL구간에서의 통합전송을 위한 데이터링크 프레임포맷을 <그림 5>에 표시하였다.



<그림 4> 맥내수집장치와 가스수도계량기간 프레임 포맷

Flag	Frame format	Dest address	Src address	control	HCS	Information	FCS	Flag
Field	Description							Length
Flag	Start/end of frame (7EH)							1byte
Frame Format	Frame information (length of frame)							2 bytes
Dest address	Address of destination							1/2/4 bytes
Src address	Address of source							1/2/4 bytes
Control	Type of command and response							1 byte
HCS	Header check sequence							2 bytes
Information	Data(COSEM)							N bytes
FCS	Frame checking sequence							2 bytes

<그림 5> 통합검침 프레임 포맷

4. 통합검침시스템 실증시험

이번 장에서는 통신신뢰성검증을 위해 서울 목동에 구축한 BPL기반의 통합검침시스템 실증시험망 구축내용과 성능에 대하여 기술한다.

4.1 통합검침 실증시험망 구축

설계된 통합검침시스템의 성능검증 및 신뢰성 확보를 위하여 한국전력공사는 서울도시가스와 서울시 상수도사업소와 컨소시엄을 구성하여 서울 목동일대 100가구에 실증시험망을 구축하였다.

실증시험망은 가장 전력선통신환경이 열악한 개인주택위주의 인구밀집도가 높은 곳을 선택하였다. <그림6>은 실증시험지역의 전경과 전기·수도·가스 계량기의 설치사진이다. 사진을 통해 수도계량기는 일반적으로 지하에 설치되고 계량기를 위한 맨홀이 철로 만들어지기 때문에 수도 계량기 RF통신환경이 가스계량기보다 열악하다는 사실을 알 수 있다.

<그림7>은 서울시 상수도본부와 서울도시가스에 검침정보를 제공하기 위해 개발된 통합검침서버의 웹화면이다. 통합검침서버는 에너지사용량 조회와 검침장비 상태정보의 감시 및 통합검침데이터의 통계정보를 제공한다.

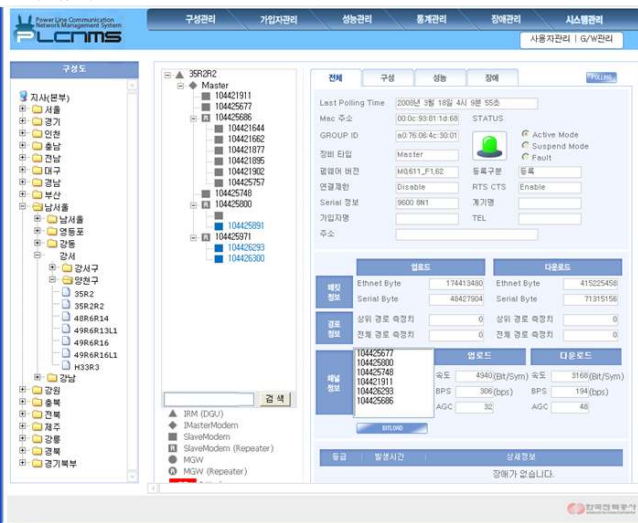


〈그림 6〉 통합검침 실증시험장



〈그림 7〉 통합검침서버

BPL망의 구성요소들을 집중적으로 감시하고 관리하기 위해 개발된 NMS(Network Management System)를 이용하여 통합검침장비의 효율적인 관리 및 지속적인 성능데이터 수집을 하였다 이 시스템을 통해 통합검침망운영자는 BPL장비의 현재상태 및 장애를 확인할 수 있다. 또한, 장애가 발생했을 경우에는 NMS시스템에서 제공되는 지리정보를 통해 장애발생위치를 확인할 수 있기 때문에 장애해결을 위한 조치를 취할 수 있다.

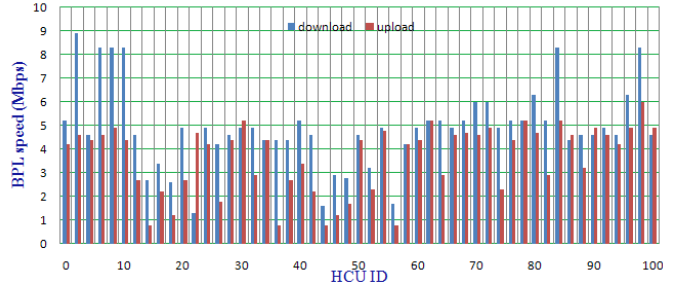


〈그림 8〉 통합검침 망관리시스템

4.2 통합원격검침시스템 통신성능 측정

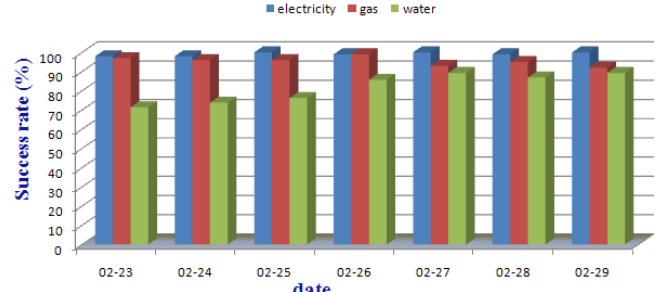
실증시험장에 대한 전력선통신 속도측정은 BPL망의 구성요소들을 집중적으로 감시하고 관리하기 위해 개발된 NMS(Network Management

System)을 이용하여 그 성능을 분석하였다. <그림>은 100가구에 설치된 BPL모뎀의 상·하향 전송속도를 나타내었다. 100가구 하향평균 전송속도는 4.9Mbps이고 상향평균 전송속도는 3.7Mbps이다.



〈그림 9〉 BPL 통신속도 측정

HCU와 무선검침기간의 RF망의 통신성능측정은 RF망의 속도측정을 하기위한 수단이 없어 통합검침서버의 검침성공률을 통해 간접적으로 실시하였다. <그림>에 2월23일부터 2월 29일까지의 검침성공률을 표시하였다. BPL과 RF 복합통신망을 사용하는 가스/수도검침의 경우 BPL통신망을 이용한 전기검침성공률보다 성공률이 낮음을 확인할 수 있다. 이를 통해 RF망에서의 데이터 손실이 발생하며 BPL통신망이 RF통신망보다 신뢰성이 높음을 알 수 있다. 또한 가스검침성공률보다 낮은 수도검침성공률을 통해 앞에서 언급한바와 같이수도계량기의 RF 통신 환경이 가스보다 열악함을 확인할 수 있다.



〈그림 10〉 검침성공률

5. 결 론

본 논문에서는 원격검침 시스템구축 비용을 절감을 통한 통합검침시스템의 확대를 위하여 전력선통신기반의 통합원격검침 시스템을 설계하였다. 그리고 통합검침데이터 전송을 위한 데이터 수집장치, 맥내수집모뎀 및 가스/수도계량기간의 통신프로토콜을 설계하였다. 또한, 설계된 통합검침시스템의 통신성능검증을 위하여 실증시험장을 구축하였다.

실증시험을 통하여 설계된 통합검침시스템의 신뢰성을 확인하고 통합검침시스템의 확대적용을 위해서는 해결되어야 할 문제점을 발견하였다. 추후에는 실증시험을 통해 발견된 문제점을 보완하기 위하여 프로토콜을 재개발하여 적용할 계획이며 HCU의 소형화 및 최적화를 통하여 통합원격검침시스템의 확대시행에 기여할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Byungseok Park et al, "Development of AMR System using Communication Network", ICEE 2004, 2004
- [2] IEC62056 series "DLMS/COSEM", 2006