

# 전력선 통신을 이용한 인터넷 맵 연동 전자계량기 모니터링 시스템 구현

박근수\* · 이영호\*\*

Implement of Watt-Hour Meter Monitoring System by Internet Map Based GUI using Power Line Communication

Keun-Soo Park\* · Young-Ho Lee\*\*

요 약

본 논문에서는 가정용 계량기의 데이터를 PC로 모니터링할 수 있도록, 전력선 통신(PLC : Power Line Communication) 모델과 인터넷맵 기반의 데이터 수집장치를 GUI모니터링 시스템으로 구현하였다. 전력선 통신 모델은 기존의 전력선에 데이터를 실어 보내는 기술로 별도의 신호선 설치에 대한 부담을 줄인다. 본 논문에서 제안하는 GUI모니터링 시스템은 인터넷맵 정보를 활용하여 가정용 개량기의 전, 현 월 사용 전력량을 인터넷 맵에서 시각적으로 편리하게 모니터링 할 수 있다. 이 구현은 일반인(비전문가)도 PC상에서 쉽게 전기사용정보를 확인하도록 하여 요금 관리 및 고장 관리에 편의를 제공하도록 한다.

ABSTRACT

This paper deals a watt-hour meter monitor system applying a Power Line Communication (PLC) MODEM and a Data Concentrator Unit (DCU) which can apply to Internet map based Graphical User Interface (GUI). The PLC MODEM is profitable by saving the cost of installing dedicated wiring, and Internet map GUI also is able to contribute an easy access to monitoring system for non expert users. This system makes it possible to monitor the amount of electricity of previous/ current month metering data via Internet mapping service. The implement system can easily apply a PC-management for the electric charges and maintenance with gathering the metering data.

키워드

Powerline Communication, Smart Grid, DLMS(Device Language Message Specification), Internet Map based GUI  
전력선통신, 스마트 그리드, DLMS 프로토콜, 인터넷 맵 기반 GUI

## 1. 서 론

지구 온난화의 영향으로 최근 우리나라 기후 역시 폭한기와 혹서기를 맞으며 냉난방기 사용 급증에 따른 전력 에너지의 소비와 관리에 관심이 높아지고 있

다. 정부는 2009년 2월 녹색성장위원회 보고를 통해 우리나라의 녹색성장의 핵심 인프라로 스마트그리드(Smart Grid)를 선정하고 세계 최초로 국가단위 로드맵을 진행하고 있다. 스마트 그리드 로드맵 발표 및 실증단지 조성을 통한 산업 활성화를 위해 5개 분야

\* 교신저자(corresponding auther) : (주)MnSA(zeanet@naver.com) \*\* 한국폴리텍대학 부산캠퍼스 정보통신시스템과

접수일자 : 2013. 08. 19

심사(수정)일자 : 2013. 09. 23

게재확정일자 : 2013. 10. 21

에 2030년까지 27.5조원을 투자하며, 2010년부터 스마트 미터기 도입 등 단계적 인프라 구축 사업을 추진 중이다 [1].

스마트 그리드는 기존 전력망에 통신기술을 접목시켜 수급간의 양방향 정보전달을 통한 에너지 사용 효율화를 제고하는 전력체계를 구현하는 것이 목적이다. 소비자의 전력 소비행태를 바꾸고 전력 율립으로 인한 발전 원료비 절감을 위해서는 실시간 측정 및 에너지원의 분산처리 및 저장기술이 중요하며 특히 공-수급자 사이의 양방향 정보전달 인프라를 구축하는 것이 중요한 과제이다 [2].

이러한 과제들은 태양열, 풍력 등 친환경 재생 에너지 분야의 발달은 물론, 지그비나 블루투스 등 중단거리 무선 통신 기기의 응용분야 확대까지 영향을 미치고 있다. 전력선 통신도 전용 통신선을 사용하지 않으면서 홈 네트워크 시스템이나 가로등 제어 등에 응용되어 스마트 그리드 사업과 관련하여 성장하고 있다. 그러나 최종 모니터링 단계에서는 여전히 시리얼 통신에 대한 간단한 그래픽 사용자 인터페이스 (GUI : Graphic User Interface) 구현 정도의 실험적인 단계의 결과물이 대부분이다.

본 논문에서는 이러한 상황적 요구조건에 부합하기 위해, 전력선 통신, 즉 PLC (power line communication)를 이용하여 가정용 계량기의 데이터를 수신하여, 인터넷 맵 상에 나타내 비전문가도 알기 쉽게 모니터링 할 수 있도록 하는 시스템을 구현하였다. 한국전력공사 (KEPCO)에서 규정한 계량기 통신 프로토콜 DLMS (Device Language Message Specification)에 따라 획득한 데이터를 PLC 모뎀을 통해 데이터 수집 장치 (Data Concentrator Unit, 이하 DCU)로 보낸다. DCU의 데이터는 인터넷 맵 데이터와 연동할 수 있도록 하여 다수의 계량기를 인터넷 맵 상 건물위에 직접 계량기의 정보를 나타내도록 한 GUI와 연동하여 동작하도록 한다.

본 논문은 2장에서 관련기술을 살펴보고, 3장에서 구성한 시스템을 설명하고, 4장에서 실험결과를 보여 주며, 마지막 5장에서 결론을 기술한다.

## II. 전력선 통신 기술

### 2.1 전력선 통신 기술 개념 및 특징

전력선 통신이란, 전력선을 매체로 하여 신호를 실어 보내는 통신방식이다. 일반적으로 전력선상으로 흐르는 통신 데이터의 초당 비트수(bps)를 기준으로 하여 저속/중속/고속으로 구분한다. 주파수 분할원리 적용하여 kHz 또는 MHz 대역의 고주파 통신 신호를 전원 신호 (한국기준 220V, 60Hz)에 실는다. 통신 신호를 수 백 mV의 크기를 갖는 고주파로 변조하여 전력선에 인가하여 전력 신호(저주파수)와 통신 신호(고주파수)는 서로 다른 주파수대를 이용하기 때문에 상호 충돌 없이 전송 가능하다.

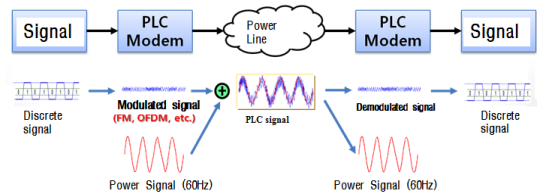


그림 1. 전력선 통신 기본 개념  
Fig. 1 Basic concept of PLC

전력선 통신을 선호하는 가장 큰 이유는 별도의 통신선을 설치하지 않고, 기존의 전력선망을 그대로 이용하여 관리자의 설치 및 유지보수 비용 및 인력 운용의 부담을 줄이는데 있다. 콘센트를 이용하여 연결성을 편리하게 할 수도 있고, 전력선망이 체계화 된 지역이나 응용 분야에서 편리하게 시스템을 구축할 수 있다. 그래서 주로 단독 가정의 가전 제품이나 조명을 제어하는 홈네트워크 시스템, 동일 전원이 확보되는 가로등 제어, 공항 활주로 가이드라인 라이트 제어, 골프장의 스프링클러 제어, 열차 전등 제어 등에 응용된다. 최근에는 지그비같은 소형 무선 통신방식과 결합한 물품 관리 시스템 등에도 응용되고 있다 [3].

그러나 다양한 전기 부하로 인한 예상치 못한 노이즈, 임피던스 매칭에 대한 어려움, 전력선망 구축이 불확실한 인프라에서의 관리에 한계를 가지고 있다. 그리고 인접한 전력선간 신호 간섭으로 인한 타기기에 오동작에 일으키는 문제도 있다. 이러한 문제점들에 대해 임피던스 필터 설계, 배전반에서의 차단 필터 설치, 각 노드별 고유 식별 아이디(ID) 할당 관리 등으로 대처하고 있다 [4]. 표 1에서는 속도별 전력선통신의 특징을 RS-485 통신방식과 비교하였다.

표 1. 속도별 PLC와 RS-485 비교  
Table 1. Comparison PLC and RS-485

	PLC		RS-485
	Low Rate	High Rate	
Carrier Freq.(Hz)	140K <	2M~30M	Nothing
Data Rate(bps)	1K~30K	250~20M	35M(~10m), 100K(10m~Km)
peripheral parts	100 under	300 more	10 under
current consumption	9~200mA	600mA	60mA under
IC Price	2~8(\$)	8~15(\$)	1(\$)
Modem Price	10~20(\$)	20~30(\$)	5~6(\$)
Distance	Km	Km	1,200m >
Extension	Repeating	Additional H/W	Additional H/W
Modulation	FSK, BPSK, OFDM	OFDM, SS	Differential signal
manufacturer	Echelon, Yitran, STM	Intellon, DS2, Xellin e	Mamix, TI, ETC

### 2.2 인터넷 맵 GUI 기술

후주의 Where2 회사에서 라스 라스무센(Lars Rasmussen)과 젠스 라스무센(Jens Rasmussen) 형제가 개발하던 프로젝트로 시작된 소프트웨어 애플리케이션의 형태의 인터넷 지도 프로젝트는, 구글이 2004년 10월 이 회사를 합병한 후 웹 애플리케이션의 형태로 변형을 하고 이를 발전시켜 구글 지도 서비스를 시작하게 되었다. 2005년 6월 구글 맵스 API 를 오픈하면서, 지도를 일종의 공공 플랫폼으로 이용하게 하였고 개발 소스를 공개함으로써 다양한 응용이 가능하게 되었다.

국내에는 다음, 네이버 등 유명 포털 사이트에서도 개방형 API를 응용하여 인터넷 맵을 응용할 수 있다. 공개한 기간이 오래되지 않았으나 다양한 분야에 응용되고 있다. 업종별 건물의 위치 파악이나, 특정한 지역의 통계적 연구를 위한 분야에 응용되고 있으나 사생활 보호나 국가기밀 정보 보호와 상충되는 경향도 있어 향후 대응이 주목된다. 본 논문은 네이버 개발 소스를 이용하였다.

### III. 시스템 구성 및 구현

#### 3.1 시스템 구성도

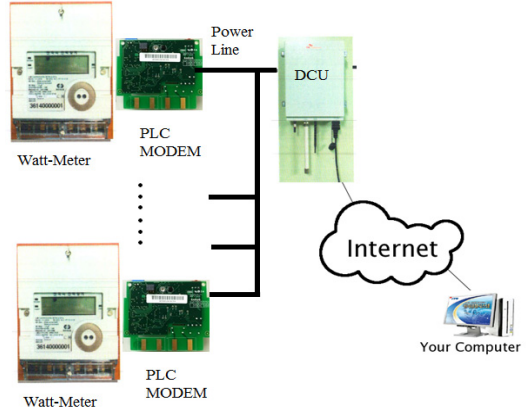


그림 2. 시스템 구성도  
Fig. 2 System configuration diagram

본 논문에서 구현한 시스템은 그림 2와 같다. PLC 모뎀은 가정용 계량기에 삽입형으로 개발하였다. 계량기와 모뎀간의 통신은 DLMS 사양대로 옴토커플러와 RS-485 의 두 가지 모드를 병행하도록 하였다. 모뎀은 5V TTL 신호를 전력선에 올릴 수 있도록 25V 피크 신호를 갖는 BPSK 변조 신호로 만든다. DCU는 여러 대의 모뎀에서 올라오는 데이터를 수신하여 계량기 별로 주소를 확인하여 저장하고 있다.

PLC 모뎀은 에실론사의 PL3120를 이용하여 구현하였고, 220V 고전압으로부터 통신신호를 분리해내는 역할과 동시에, 서지나 과전류로부터 모뎀 이하, 내부 회로를 보호하기 위한 역할을 위한 커플링 회로와 함께 구성된다. PLC 모뎀간 통신 속도, PLC 모뎀과 DCU 간 통신 속도는 모두 4,800bps로 설정하였다.

본 IC는 115KHz, 135KHz의 듀얼 캐리어 주파수를 사용하는데 SMPS에서 이에 해당하는 간섭 주파수를 발생시킬 수 있으므로 이를 차단하기 위한 RLC 필터를 전원단에 병렬연결 시킨다. 이 RLC 필터는 인덕턴스만으로 구현되는 필터보다 크기를 상당히 줄일 수 있고, 계량기 내부 회로와의 임피던스 매칭을 위해 조정할 수도 있다. IC 자체적으로 OSI 7-layer를 지원하고 있어 손쉬운 전력선 네트워크 구성이 가능하다. 직류 구동 전원은 VDD5 (5V), VA (12V) 두 전

압을 요구하며 유럽 가정용 전력 규격인 CENELEC EN 50065-1에 의하여 C-밴드를 이용한다. 상세한 사양은 표 2로 나타내었다. 본 논문에 구현한 RLC 필터는 그림 3의 사양을 따른다.

그림 4는 실제 구현한 전력선 통신 모듈과 아트웍 작업 사진이다. 강전(220V)이 지나가는 커플링 회로부와 약전(15V DC이하)이 지나가는 IC주변부의 그라운드 처리를 독립시켜 정격 안전에 대한 PCB 작업사양을 준수하였다.

표 2. PLC IC 사양  
Table 2. PLC IC specifications

Parameter	Min	Typ	Max	Units
Input Volt	90	230	254	VAC
VA	10.8	12.4	14	VDC
VDD5	4.75	5	5.25	VDC
Output Volt (VA+VD5)	10	150	363	mA
Switching Freq.	46	51	55	kHz
Ambient Temp.	-40	25	85	Celsius Degree
Primary CXR Freq.	130	132	134	kHz
Secondary CXR Freq.	113	115	117	kHz
DATA Rate	MAX 9,600			bps
BAND	C-band			
OSI 7 Layer	Providing Full 7 Layer			

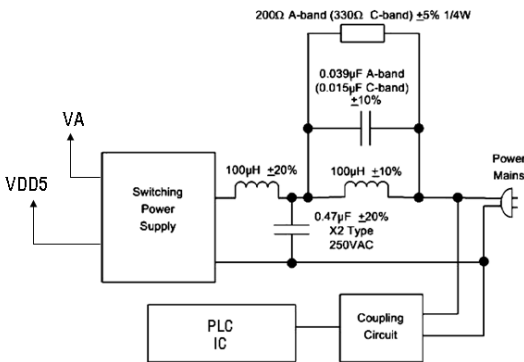


그림 3. PLC 모듈의 구성도  
Fig. 3 Configuration of PLC modem

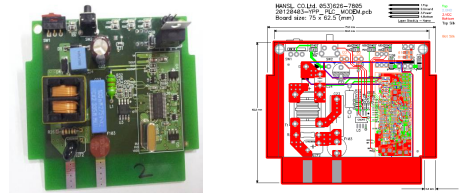


그림 4. 전력선 통신 모듈과 아트웍 작업  
Fig. 4 Power-line communication modem and its artwork

DCU는 SOAP/XML을 지원하는 에실론사의 IC를 탑재하고 있다. SOAP(Simple Object Access Protocol)은 일반적으로 널리 알려진 HTTP, HTTPS, SMTP 등을 사용하여 XML 기반의 메시지를 컴퓨터 네트워크 상에서 교환하는 형태의 프로토콜이다. SOAP은 웹 서비스(Web Service)에서 기본적인 메시지를 전달하는 기반이 된다. XML은 Web상에서 구조화 된 문서를 통해 데이터를 전달하는 데 사용되는 보편적 형식이다. 개발자가 표준 일관된 방법으로 모든 응용 프로그램 데이터를 저장할 수 있다 [5]. 그림 5는 에실론 IC(PL 3120)를 이용하여 제작한 DCU 보드이다. 기능별로 구분하기 위하여 세 가지 보드로 구분하여 제작하였다. A보드는 PLC 모듈과 통신하는 부분, B보드는 인터넷 정보 처리 부분, 그리고 C보드는 A보드에서 올라오는 데이터를 취합하여 관리하는 컨트롤러 부분이다. 보드에서 응용 프로그램의 구성은 XML 파일에 저장되고 부팅되고 동작 파라미터를 세팅한다.

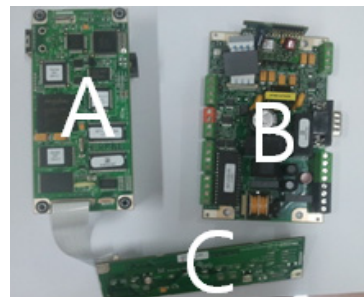


그림 5. DCU 보드  
Fig. 5 DCU board

표 3은 DCU와 PLC 모듈간의 송수신 프로토콜이다. 실험을 위해서 자체 설정한 ASCII 코드로 계량기

에 저장된 데이터를 요청하면 DCU는 4바이트 데이터를 PC로 보내고, 동시에 계량기에 최신타임을 요청한다. 본 실험에 사용하는 계량기는 최대 5개 까지 가능하도록 설정하였다.

표 3. DCU와 PLC 모뎀간의 송수신 프로토콜  
Table 3. TX, RX Protocol between DCU and PLC modem

Contents	Request Key	Response data	Unit
	(ASCII)	(4ByteHexa)	(Decimal)
ActivePower (Present Month)	3130	00 00 00 00	Watt
Reactive Power (Present Month)	3131	00 00 00 00	VAR
Active Power (Previous Month)	3132	00 00 00 00	Watt
Reactive Power (Previous Month)	3133	00 00 00 00	VAR
Power Factor (Previous Month)	3134	00 00 00 00	%
Max Power (Previous Month)	3135	00 00 00 00	MAX Watt
Data Reset	3136	0	Value

계량기에서 모뎀을 거쳐 올라오는 응답 데이터는 총 일곱 가지 종류이다 (현월 유효 전력, 현월 무효 전력, 전월 유효 전력, 전월 무효 전력, 전월 역률, 전월 최대 전력, 수요복귀값). 수요복귀값을 제외하고는 모두 4바이트 hex값으로 설정하였다. DLMS에서 정의한 수요복귀값은 1 바이트인데 화면에는 hex값 자체로 표시한다. 전력량계는 수요전력복귀(Data Reset, DR) 또는 수요복귀라 부르는 값을 통하여 당월 산출된 최대 수요전력값을 전월누적 최대수요전력 값에 대치시킨다. 그리고 최대 수요전력값을 영(zero)으로 초기화한다[6].

### V. 실험결과 및 검토

계량기와 연결된 PLC 모뎀은 DLMS 프로토콜 방식으로 전력선 신호 전송 및 매체 접속이 이루어지며 디지털 데이터는 SOAP/XML을 지원하는 DCU를 통해 TCP/IP 클라우드로 데이터를 올리고, '공개 네이퍼 지도 API'를 이용하여 웹 사이트 지도 위에 계량 정보를 표시한다. 그림 6은 포털 사이트에서 제공하는 지도 구성 예제이다. 본 연구에서는 임의의 건물에 설

치된 가정용 계량 정보를 나타내는 것을 가정하여 데이터 표현 부분만 응용하였다.

본 실험에 사용한 IC는 DCU당 최대 할당 노드 1,024개를 보장하고 있으나, 업체별로 차이는 있으나 보통 현장에서는 신뢰도를 확보하기 위하여 20대까지 연결하도록 규정하고 있다. 본 실험에서는 비용 및 공간 제한으로 5대의 계량기를 사용한다.



그림 6. 공개 API 인터넷 맵 응용 예시  
Fig. 6 Applied example by open API internet map

그림 7은 실험 설정을 나타내고 있다. 다섯 대의 계량기를 200미터마다 연결하고 최종단에는 DCU가 인터넷 클라우드로 데이터를 송부한다. PC는 DCU IP를 설정하고 공개 지도 API를 이용하여 GUI를 구성한다. 입력 전원부에는 외부 잡음을 막기 위한 블로킹 필터를 설치한다. 그림 8은 그림7에서 구성한 실험 설치 사진이다. 각 계량기가 사용하는 부하는 220V, 70W 규격의 메탈 할라이드 램프(Metal Halide Lamp) 2개를 직렬 연결하여 사용하였다. 램프의 소모하는 빛과 열에너지는 계량기가 읽는 정보값을 변화시키고 최종적으로 GUI 틀에서 제대로 변화한 값을 나타내는지 확인한다.

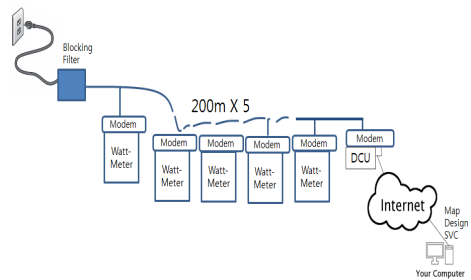


그림 7. 실험 설정 블록다이어그램  
Fig. 7 Block diagram for experiment setting

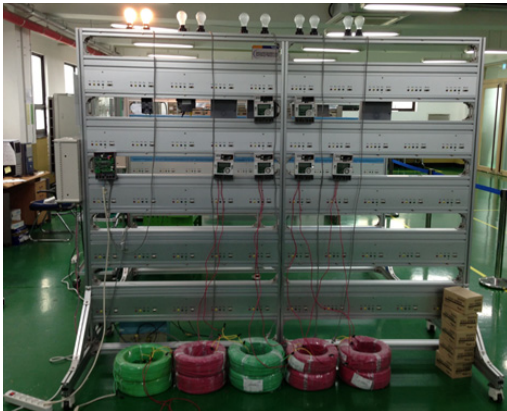


그림 8. 실험 세트 설치  
Fig. 8 Establishment of experiment set

그림 9는 5대의 계량기 (즉, 5대의 PLC 모델)와 통신한 데이터를 모니터링 할 수 있는 인터넷 맵을 이용한 GUI 소프트웨어 툴이다. 모든 계량기의 일급 가지 정보가 DCU에 저장되었다가 해당 위치를 클릭하는 순간 정보값을 보여준다.

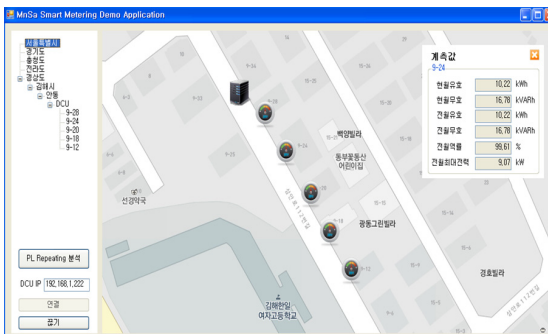


그림 9. 인터넷 맵에 표현된 계량기 정보 GUI  
Fig. 9 Watt-hour meter GUI represented at internet map

그림 10은 메뉴별 설명을 위한 그림이다. 지도상의 위치 정보를 텍스트로 확인하도록 하였고 (a), 구간별 리피팅 여부를 확인 할 수 있으며 연결할 IP를 입력하는 창(b), 각 계량기별 전력량 정보를 표시하는 창(c)으로 구성하였다. 구간별 리피팅은 Lonworks에서 제공하는 구간별 통신 에러 여부를 파악하는 기능이다 [7].

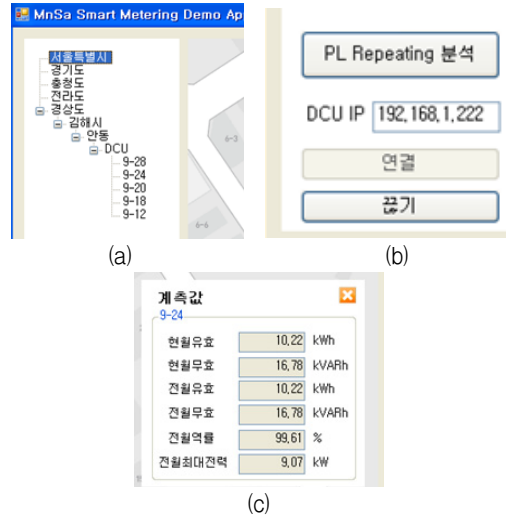


그림 10. 메뉴별 확대 (a) 지도위치  
(b) 리피팅 분석, IP 연결창 (c) 계량기별 계측값  
Fig. 8 Menu expansion (a) location  
(b) repeating, DCU IP menu  
(c) watt-meter values

기존의 계량기는 PC나 모바일로 데이터를 보내기 위하여 전용선을 설치해야 했으나 본 논문의 시스템 구현으로 전력선에 직접 연결하고 이를 인터넷 맵상에 띄운 GUI를 이용하여 확인할 수 있다. 한전에서 지정한 식으로 전력량을 전기요금으로 환산하거나, 시간대별로 사용하는 전력량을 그래프로 나타내 전기 소비를 시각화하여 소비자의 합리적인 전기 사용을 유도할 수 있도록 시스템을 개선할 수도 있다.

## VI. 결론

본 논문에서는 PLC 모델과 DCU를 이용하여 가정용 계량기의 전월, 현월 데이터를 인터넷 맵 상에서 해당 위치를 선택하여 모니터링 하는 GUI 시스템을 구현하였다.

저속 PLC 모델을 사용하여 통신의 안정성을 확보 하였으며 PC와 가정용 계량기간의 통신이 별도의 통신선로를 사용하지 않고 전력선 망을 통해 데이터 전송이 원활히 이루어지도록 하였다. 즉 전력량 소비를 PC로 쉽게 모니터링 하도록 하여 합리적인 전력 소비를 유도하도록 하는 작업이다. 그리고 공개 인터넷

맵 응용 API를 활용한 GUI를 통하여 전력량 정보에 대한 용이한 접근을 가능하게 하였다.

저자 소개

참고 문헌

- [1] Nam-Hoon Kim, "Review of smart grid trend and market analysis", Hana Institute of Finance Report Series, Vol. 18, Sep. 27, 2010. www.hanaif.re.kr.
- [2] Woo-seok Seo and Moon-seog Jun, "A Direction of Convergence and Security of Smart Grid and Information Communication Network", The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 5, No. 5, pp. 477-486, 2010.
- [3] Sung-yun Kim, Kyung-il Kang, Min-su Kweon and Young-chul Rhee, "Implementation of Zigbee/PLC Gateway System for U-Health Care", The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 5, No. 3, pp. 332-338, 2010.
- [4] Jeong-sik Kim and Ho-joon Kim, "Implement of a Bookshelf Management System using powerline communication and RF-ID", The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol 5, No. 3, pp. 288-293, 2010.
- [5] Myeong-Sook Shin, Jong-Sik Choi, Seong-Soo Ahn and Joon Lee, "Model of the ebXML-based BPSS Conformance Validation in B2B Enviroment, The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 2, No. 2, pp. 121-125, 2007.
- [6] Tae-yu Kim, SeokGon Kim, KyoungHo Bae, "An Analysis of Wrong Wire Connection for the Static Electronic Watt-hour Meter", The Korean Electric Chemical Society Conference, Vol. 8, No. 9, pp. 78-80, 2008.
- [7] [http://www.echelon.com/support/documentation/manuals/cis/078-0348-01D\\_i.LON\\_SmartServer\\_Power\\_Line\\_Repeating\\_Network\\_Management\\_Guide.pdf](http://www.echelon.com/support/documentation/manuals/cis/078-0348-01D_i.LON_SmartServer_Power_Line_Repeating_Network_Management_Guide.pdf)



**박근수(Keun-Soo Park)**

2000년 부산대 전자공학과(학사)  
 2002년 부산대 전자공학과(석사)  
 2007년 부산대 전자공학과(박사)  
 2007년 7월~2009년 9월 열지전자

에어컨연구소

2009년 10월~현재 (주)MnSA 개발팀장

※ 관심분야 : 신호처리, 음성 및 음향신호처리, 전력선 통신



**이영호(Young-Ho Lee)**

1993년 부산대 전자공학과(학사)  
 2000년 부산대 전자공학과(석사)  
 2004년 부산대 전자공학과(박사)  
 2004년 3월~현재 한국폴리텍대학

부산캠퍼스 정보통신시스템과 교수

※ 관심분야 : 신호처리, 음성 및 음향신호처리, 전력선 통신