

전력선 통신을 이용한 전력량계 모니터링 시스템 구현

박근수*

Implement of a Watt-Hour Meter Monitoring System using Powerline Communication

Keun-Soo Park*

요 약

본 논문에서는 가정용 계량기의 데이터를 PC로 모니터링할 수 있도록, 전력선 통신(PLC : Power Line Communication) 모뎀과 데이터 수집 장치(DCU : Data Concentrator Unit)를 적용한 시스템을 구현하였다. 전력선 통신 모뎀은 기존의 전력선에 데이터를 실어 보내는 기술로 별도의 신호선 설치에 대한 부담을 개선한다. 본 시스템은 가정용 계량기의 데이터를 수집하여, 각 가정의 전, 현 월 사용 전력량을 서버용 PC로 확인하여 요금 관리, 고장 관리를 편리하도록 한다.

ABSTRACT

This paper deals a watt-hour meter monitor system with applying a Power Line Communication (PLC) modem and a Data Concentrator Unit (DCU). PLC modem uses the power line, so there is no need to install dedicated wiring. This system makes it possible to monitor the amount of electricity of previous current month metering data, so it 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), Smart Metering
전력선통신, 스마트 그리드, DLMS 프로토콜, 스마트 미터링

1. 서 론

우리나라 산업의 고도화와 흑한기 또는 흑서기의 냉난방기 사용 급증에 따른 전력 에너지의 소비와 관리에 관심이 높아지고 있다. 정부는 2009년 2월 녹색성장위원회 보고를 통해 우리나라의 녹색성장의 핵심 인프라로 스마트 그리드를 선정하고 세계 최초로 국가단위 로드맵을 진행하고 있다. 스마트 그리드 로드맵 발표 및 실증단지 조성을 통한 산업 활성화를 위해 5개 분야에 2030년까지 27.5조원을 투자하며, 2010

년부터 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 쏠림으로 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]

* 교신저자(corresponding author) : (주)MnSA(zeanet@naver.com)

접수일자 : 2013. 07. 01

심사(수정)일자 : 2013. 07. 30

게재확정일자 : 2013. 08. 23

본 논문에서는 이러한 상황적 요구조건에 부합하기 위한 작업으로, 전력선 통신, 즉 PLC (power line communication)를 이용하여 가정용 계량기의 데이터를 PC로 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 보내 다수의 계량기를 트리 구조 형식으로 관리하도록 한다. 고유 주소가 설정된 각 계량기별 데이터를 PLC를 통하여 전송하고, 이를 DCU에서 취합한 데이터를 PC에서 모니터링 할 수 있는 시스템을 구현하였다.

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.

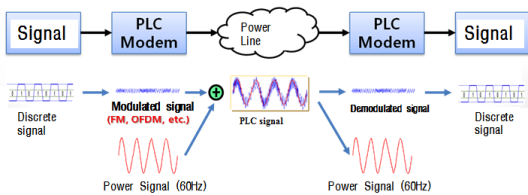


그림 1. 전력선 통신 기본 개념
Fig. 1 Basic concept of PLC

전력선 통신을 선호하는 가장 큰 이유는 별도의 통

신선을 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.

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 [3]. 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	X
DataRate(bps)	1K~30K	250~20M	35M(~10m), 100K(10m-Km)
Peripheral parts	100 under	300 more	10 under
Current consumption(mA)	9~200	600>	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, Xelline	Mamix, TI, ETC

2.2 전력선 통신 기술의 응용

앞서 언급한대로 전력선통신은 전력선망이 체계화된 인프라에서 주로 사용된다. 단독 가정내에서 리모콘을 이용하여 전자기기를 원격으로 제어하거나 외부에서 이동전화나 인터넷을 통한 가전기기 제어를 가능하게 해주며, 조명제어, 침입탐지와 같은 방법, 가스 밸브 원격 차단과 같은 방재, 냉난방 기기의 제어와 같은 홈네트워크 시스템, 가로등 제어, 공항 활주로 가이드라인 라이트 제어, 골프장의 스프링클러 제어, 열차 전등 제어, 지그비같은 소형 무선 통신방식과 결합한 물품 관리 시스템 등에 응용되고 있다 [4]. 우리

나라에서는 2000년대 초부터는 인터넷망 대응으로 국
가적 사업을 진행하여 여러 업체에서 연구 중이다[5].

III. 시스템 구성 및 구현

3.1 시스템 구성도

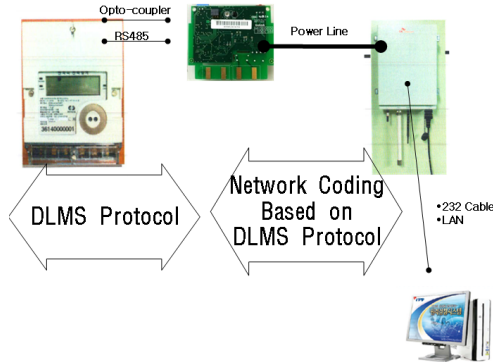


그림 2. 시스템 구성도
Fig. 2 System configuration diagram

본 논문에서 구현한 시스템은 그림 2와 같다. PLC
모뎀은 가정용 계량기에 장착된다. 계량기 제조업체에
하드웨어 설계 변경에 부담이 없도록 장착용 보조
PCB 형태로 제작하여 혹시 발생할 통신 부분의 장애
를 모뎀만 따로 분리하여 처리할 수 있도록 했다. 계
량기와 모뎀간의 통신은 DLMS 사양대로 옵토커플러
와 RS-485 의 두 가지 모드를 병행하도록 하였다. 모
뎀은 이 데이터를 전력선에 올릴 수 있도록 BPSK
방식으로 변조한다. DCU는 여러 대의 모뎀에서 올라
오는 데이터를 수신하여 계량기 별로 주소를 확인하
여 저장하고 있다. PC와 232 시리얼 케이블을 통하여
요구하는 계량기의 전월, 현월 전력량에 대한 데이
터를 확인할 수 있다.

그림 3은 PLC 모뎀의 구성도이다. PLC IC는 미
국의 에실론에서 제공하는 PL3120 칩을 사용하였다.
모뎀간 통신 속도는 4,800bps로 설정하였다. 표 1을
참조하면 본 IC는 저속에 속한다. 본 논문의 응용분야
는 고속의 데이터를 요구하지 않고, 다중의 데이터를
안전하게 획득하는 것이 목표이므로 이에 적합한 안
정된 IC를 선정하였다. 커플링 회로는 220V 고전압으
로부터 통신신호를 분리해내는 역할과 동시에, 서지나

과전류로부터 모뎀 이하, 내부 회로를 보호하기 위한
역할도 하고 있다. 본 IC는 115KHz, 135KHz의 듀얼
캐리어 주파수를 사용하는데 SMPS에서 이에 해당하
는 간섭 주파수를 발생시킬 수 있으므로 이를 차단하
기 위한 RLC 필터를 전원단에 병렬연결 시킨다. 이
RLC 필터는 인덕턴스만으로 구현되는 필터보다 크기
를 상당히 줄일 수 있고, 계량기 내부 회로와의 임피
던스 매칭을 위해 조정할 수도 있다. 본 논문에 구현
한 RLC 필터는 그림 3의 사양을 따른다.

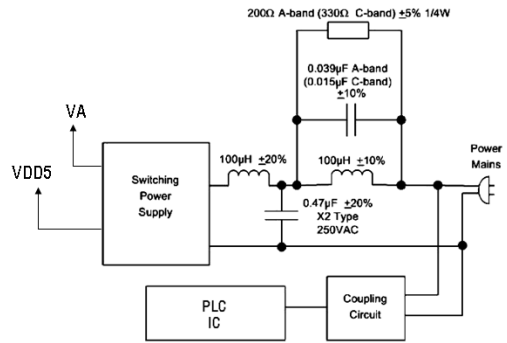


그림 3. PLC 모뎀의 구성도
Fig. 3 Configuration of PLC MODEM

해당 IC는 두 개의 캐리어 주파수를 운용하는데,
기본적으로는 132KHz를 설정하여 통신하다가 이 캐
리어 주파수에 해당하는 15Vpp 통신 신호에 대비하
여 -60dB 이상의 간섭 신호 성분이 발생하면 자동으
로 보조 주파수 115KHz 로 캐리어 주파수를 변경하
여 대응한다. IC 자체적으로 Physical Layer 및 MAC
layer, Network Layer 등 OSI 7-layer를 내장하고 있
어 별도의 Protocol 설정 없이 전력선 Network 구성
이 가능하다. 직류 구동 전원은 VDD5 (5V), VA
(12V) 두 전압을 요구하며 유럽 가정용 전력 규격인
CENELEC EN 50065-1에 의하여 C-밴드를 이용한다.
상세한 사양은 표 2로 나타내었다.

그림 4는 실제 구현한 전력선 통신 모뎀과 아트웍
작업 사진이다. 강전(220V)이 지나가는 커플링 회로부
와 약전(15V DC이하)이 지나가는 IC주변부의 그라운드
처리를 독립시켜 가격 안전에 대한 PCB 작업사양을
준수하였다. 이 모뎀을 각 미터기 송수신부에 적용하
여 모든 정보를 전력선망을 통해 전송할 수 있다. 본
모뎀은 계량기 상부에 삽입할 수 있는 구조로 설계하

여 계량기의 설계 및 유지 보수에 대해 독립성을 갖도록 하였다. 모뎀 단독으로 통신할 수 있는 설계로 통신단의 문제와 계량기 동작단의 문제를 분리시켜 오동작시 원인 파악을 용이하도록 하는 장점이 있다.

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			

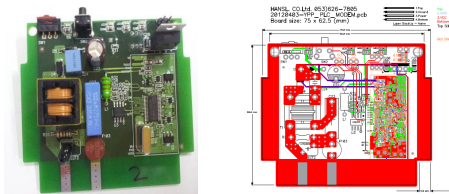


그림 4. 전력선 통신 모뎀과 아트웍 작업
Fig. 4 Power-Line communication MODEM and its artwork



그림 5. DCU로 사용하는 PLC 보드
Fig. 5 PLC board for using DCU

실험을 위해 에실론사의 IC를 기반으로 한 개발 키트 (PL 3120 EVB Evaluation Board)를 이용하여 DCU로 사용하였다 (그림 5). PC가 설정한 ASCII 코드로 계량기에 저장된 데이터를 요청하면 DCU는 4바

이트 데이터를 PC로 보내고, 동시에 계량기에 최신값을 요청한다. 본 실험에 사용하는 계량기는 최대 5개까지 가능하도록 설정하였다.

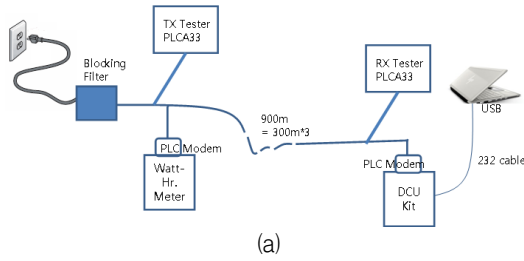
표 3.은 DCU와 PLC모뎀간의 송수신 프로토콜을 나타낸다. 계량기에서 모뎀을 거쳐 올라오는 응답 데이터는 총 일곱 가지 종류이다 (현월 유효 전력, 현월 무효 전력, 전월 유효 전력, 전월 무효 전력, 전월 역률, 전월 최대 전력, 수요복귀값). 수요복귀값을 제외하고는 모두 4바이트 헥사값으로 설정하였다. DLMS에서 정의한 수요복귀값은 1 바이트인데 화면에는 헥사값 자체로 표시한다. 전력량계는 수요전력복귀(Data Reset, DR) 또는 수요복귀라 부르는 값을 통하여 당월 산출된 최대 수요전력값을 전월누적 최대수요전력값에 대치시킨다. 그리고 최대 수요전력값을 영(zero)으로 초기화한다[6].

표 3. DCU와 PLC모뎀간의 송수신 프로토콜
Table 3. TX, RX protocol between DCU and PLC MODEM

Contents	Request Key (ASCII)	Response data (4Byte Hexa)	Unit (Decimal)
Active Power (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	00	Value

V. 실험결과 및 검토

계량기와 연결된 PLC 모뎀은 DLMS 프로토콜 방식으로 전력선 신호 전송 및 매체 접속이 이루어지며 디지털 데이터는 UART1 포트를 통해 PC로 전달된다. 그림 6(a)는 테스트 설치 구성도를, 그림 6(b)는 실제 테스트를 위한 설치 모습을 보여준다. 블로킹 필터는 외부로부터 들어오는 노이즈나 간섭 신호를 차단하는 필터이다. 송수신 신호 확인을 위한 테스터 장비로는 에실론사의 PLCA33 을 사용하여 측정하였다. 최종단까지의 전선 길이는 900m로 설치하였다.



(a)



(b)

그림 6. PLC 모니터링 시스템을 위한 설치
(a) 테스트용 설치 구성도
(b) 테스트용 설치 구성

Fig. 6 Establishment of PLC monitoring system
(a) Establishment concept for test
(b) Establishment for test

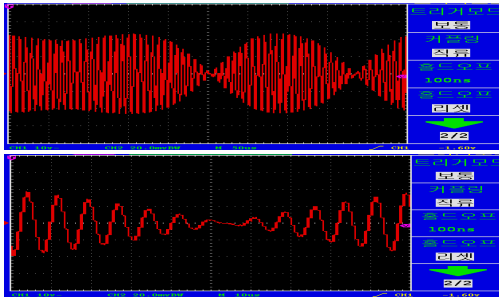
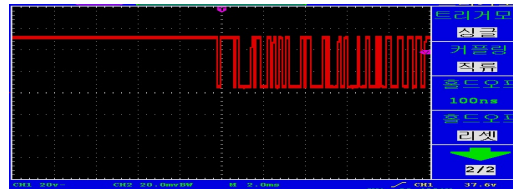


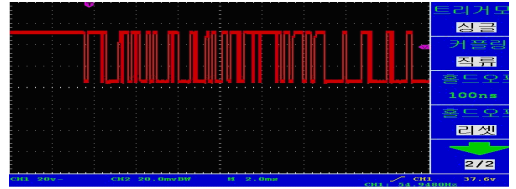
그림 7. 커플링 회로에 나타난 BPSK PLC 신호
Fig. 7 BPSK PLC signal in coupling circuit

그림 7은 커플링 회로를 통과한 데이터를 오실로스코프로 포착한 것이다. 노이즈에 강한 BPSK 변조 방식을 확인할 수 있다. 그림 8은 TTL 레벨의 시리얼 송신, 수신 데이터를 비교한 것으로 오류 없이 수신됨을 알 수 있다. (a)는 PC에서 계량기에 요청하는 신호 파형을 포착한 것이고, (b)는 계량기가 응답하는 신호 파형이다. 동시 발생하는 신호가 아니라 약간의

시간차를 두고 있다.



(a)



(b)

그림 8. 송신 데이터와 수신 데이터 파형
(a) 송신 신호(PC가 계량기에 요청한 신호)
(b) 수신 신호(계량기에서 받은 신호)

Fig. 8 Transmit and Receive Data Signal
(a) TX signal(PC requesting signal to power metering)
(b) RX signal(received signal from watt-hour metering)

그림 9는 5대의 계량기 (즉, 5대의 PLC모뎀)와 통신한 데이터를 PC에서 확인하는 모니터링 소프트웨어이다. 모든 계량기의 일괄 가지 정보가 동시에 DCU를 통하여 저장되었다가 PC가 요구하는 내용을 클릭하는 순간 값을 보여준다. 본 실험에 사용한 IC는 DCU당 최대 할당 노드 1,024개를 보장하고 있으나, 업체별로 차이는 있으나 보통 현장에서는 신뢰도를 확보하기 위하여 20대까지 연결할 수 있도록 규정하고 있다.

기존의 계량기는 PC나 모바일로 데이터를 보내기 위하여 전용선을 설치해야 했으나 본 논문의 시스템 구현으로 전력선에 직접 연결하고 시리얼 데이터를 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. 또한 외부에서 이동전화나 인터넷을 통한 제어 시스템을 관리할 수 있는 방법도 진행할 수 있다.

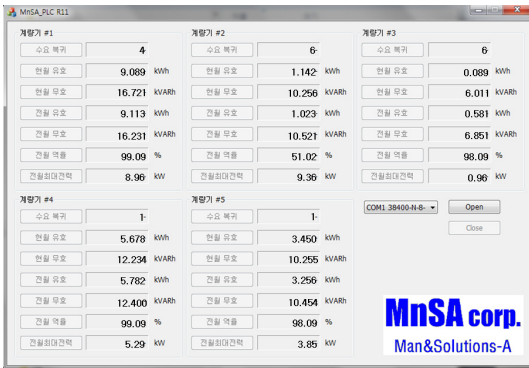


그림 9. PLC 데이터 모니터
Fig. 9 Monitor of PLC data

VI. 결론

본 논문에서는 PLC 모델과 DCU 장비 세트를 이용하여 가정용 계량기의 전월, 현월 데이터를 PC로 모니터하는 시스템을 구현하였다.

저속 PLC 모델을 사용하여 통신의 안정성을 확보하였으며 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.

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] Hee-Su Kim and Hee-Gon Cho, "Powerline Communication CISRR Radioactive wave Standardization of Failure", Korea Institute of Electric Engineer, Vol. 15, No. 4, pp. 32-38, 2004.

[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] Sang-Seok Kim, Jang-Sik Park, Seok-Jo Go and Hee-Jong Ro, "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.

[6] Tae-yu Kim, SeokGon Kim, KyoungHo Bae, "An Analysis of Wrong Wire Connection for the Static Electronic Watt-hour Meter", Korean Electric Chemical Society Conference, Vol. 8, No. 9, pp. 78-80, 2008.

저자 소개



박근수(Keun-Soo Park)

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

에어컨연구소

2009년 10월~현재 (주)MnSA 개발팀장

※ 관심분야 : 신호처리, 음성 및 음향신호처리, 전력
선통신