

## 제어용 PLC 모뎀을 위한 대기전력 절감 모듈 개발

김기현, 김지홍, 김남균, 김상철, 서길수, 김은동

한국전기연구원

### A Development of Module Operating on Standby-power Reduction for PLC Control Modem

Ki-Hyun Kim, Ji-Hong Kim, Nam-Kyun Kim, Sang-Cheol Kim, Kil-Soo Seo, Eun-Dong Kim

KERI

#### Abstract

This paper introduces a supplementary module reducing the standby-power of Power Line Communication(PLC) modem, one of the network equipments that take up much of the stand-by power. This supplementary module consists of three parts, such as a compare part, a control part, and a switch part. This supplementary module controls the power going from the power supply element into PLC modem, which brings about the effect of standby-power reduction. It is assured that over 30% standby-power reduction is estimated when we applied this module to a low-speedy PLC control modem.

**Key Words** : 대기전력, 전력절감, PLC, PLC 모뎀

#### 1. 서론

오늘날 전기 및 전자공학의 발달로 가정이나 사무실에서 많은 자동화된 전기전자기기를 사용하고 있다. 이러한 전기전자기기의 스위치가 꺼져 있거나 혹은 그 주 기능을 수행하지 않는 동안에도 대기전력을 소모하고 있다. 이렇게 소비되는 대기전력의 소모량은 가구당 약 306kWh로 가구당 전력 소비량 대비 최소 약 11%를 차지한다고 보고 되고 있고, 주요 가전기기에 대한 평균 대기전력은 3.66W로 보고 되고 있다[1]. 이러한 대기전력을 절감하기 위하여 국제기구(IEA, IEC 등)나 OECD 주요국(미국, 오스트레일리아, 일본 등)들은 에너지 스타(energy star)와 같은 여러 가지 제도를 마련하고 시행하고 있다[2].

본 연구에서는 주요 가전기기 중에서 상대적으로 높은 대기전력을 소모하는 것으로 알려져 있는 네트워크 장비 중 PLC 모뎀에 대하여 대기전력을 낮추기 위한 추가모듈을 개발 하였다.

전력선 통신(Power Line Communication : PLC)이란 가정이나 사무실에 포설되어 전력을 공급하는 전력선을 매개체로 음성 및 데이터를 수백 KHz ~

수십 MHz이상의 고주파 신호에 실어 나르는 디지털 데이터 통신 기술을 의미한다.

전력선 통신은 전송 속도에 따라 60bps~수백 bps의 저속 전력선 통신, 2.4Kbps~19.2Kbps의 중속 전력선 통신, 1Mbps 이상의 고속 전력선 통신으로 나뉘어 진다. 본 논문에서는 360bps급 Z-256 프로토콜을 이용한 저속 PLC 모뎀에 대기전력 절감 모듈을 적용하였다. 저속 PLC 모뎀은 주로 제어용으로 사용되어 진다. 대기전력 절감 모듈을 이용한 실험을 통하여 제시한 추가 모듈의 대기전력 절감의 효율성을 확인 하고자 한다.

#### 2. 시스템의 구성

##### 2.1 기존 PLC 모뎀의 구성

기존의 Z-256 프로토콜을 사용한 저속 PLC 모뎀의 구성은 Modem Chip과 EEPROM, MCU로 구성된 Hybrid IC형태의 HIC와 주변회로로 구성되었으며, 그림 1의 블록다이어그램과 같이 구성되어 있다. 전력선 통신은 신호의 감쇄 및 잡음에 많은 영향을 받으며, 이를 극복하기 위해 Coupling, Filtering, Impedance Matching, Zero

cross point를 이용한 Channel coding, ASK(Amplitude Shift Keying), CSMA/CDCA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection Collision Avoidance)등의 변조기술들이 이용된다.

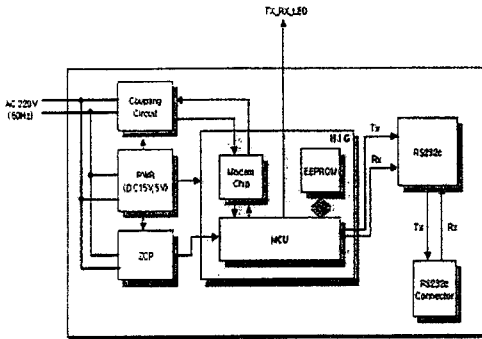


그림 1. 기존의 PLC Modem.

### 2.2 수정된 PLC 모뎀의 구성

기존의 저속 PLC 모뎀의 대기전력 절감을 위한 추가 모듈은 전원부와 PLC 모뎀사이의 전원을 제어함으로써 가능하였다. 제어방법은 스위치 소자를 이용하여 신호 대기시간에는 PLC 모뎀으로의 주전원을 차단하는 방식으로 대기전력을 절감시켰다. 이 추가 모듈은 크게 비교기 부분과 제어기 부분, 그리고 스위치 소자 부분으로 구성된다. 그림 2에 추가 모듈에 대한 블록 다이어그램을 나타내었다.

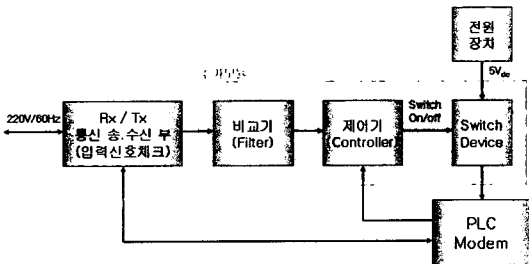


그림 2. 추가 모듈 Block Diagram.

비교기는 통신 수신부(Rx)를 통하여 전력선에서 전원주파수와 분리된 고주파 신호를 받아 데이터인지 일반 잡음인지를 확인 한다. 제어기 부분에서는 비교기를 통하여 데이터 수신이 확인되면 스위치 소자에 'ON' 제어신호를 보내게 된다. 이 때 'ON' 제어신호의 신호 주기는 제어용 PLC 모뎀간

의 제어기기의 제어에 필요한 명령어 패킷 전송시간 및 명령어 처리시간의 합이 된다. 'ON' 제어신호를 받은 스위치 소자는 전원장치에서 공급되는 전원을 PLC 모뎀으로 공급하게 된다. PLC 모뎀은 수신된 데이터를 분석하게 되고, 이때 수신된 데이터가 제어기기에 대한 전원인가 명령이면 제어기기에 전원을 인가하게 된다. 만약 제어기기에 전원이 인가된 상태이면 제어기 부분은 PLC 모뎀으로의 전원을 계속 인가하게 된다. 이는 OFF된 제어기기를 제어하기 위해서는 제어기기에 대한 전원인가 명령어가 우선적으로 들어가야 하기 때문이다. 그림 3에 추가 모듈에 의한 동작 순서도를 표현하였다.

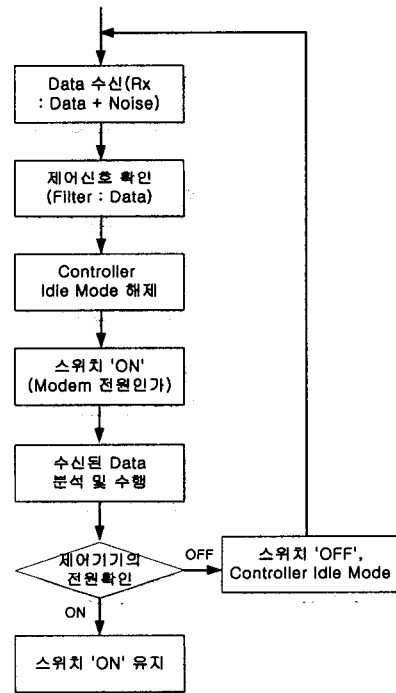


그림 3. 수정된 PLC 모뎀 동작 순서도.

### 2.3 추가 모듈의 구성

추가 모듈에서 크게 3부분으로 구성되어 있다. 비교기 부분은 741 Op-amp와 저항, 캐패시터를 이용하여 구현하였다. 잡음과 데이터를 구분하기 위하여 일정 전압 이상의 신호를 741 Op-amp로 구현된 비교기를 통하여 감지하도록 설계하였다.

제어기 부분은 2Kbytes의 Reprogrammable

Flash Memory와 2개의 8bit Timer가 내장된 8bit 컨트롤러(89c2051)를 이용하여 구현하였다. 비교기 부분에서의 데이터 입력 확인신호와 제어기기의 전원확인 신호등을 이용하여 스위치 소자를 제어한다. 제어기 부분에서 사용된 컨트롤러에는 Idle 모드와 Power Down 모드로 구성된 2개의 파워 제어 모드가 설계되어 있어서 신호대기시간에는 Idle 모드로 동작하도록 프로그래밍 하였다.

스위치 소자 부분은 BJT(Bipolar Junction Transistor)를 이용하여 전원장치와 PLC 모뎀 사이의 전원제어 스위치 역할을 한다.

### 2.4 데이터 패킷의 구조 및 전송시간

적용된 PLC 모뎀의 Z-256 프로토콜 데이터 패킷은 Start 코드, Block 코드, Address 코드, User data 코드 그리고 Id 코드 부분으로 구성된다. Id 코드의 값에 따라 주소 패킷과 명령어 패킷으로 구분되고, 하나의 데이터 패킷은 총 19bit 구성된다. 하나의 데이터 패킷 구조는 그림 4에 나타나 있다.

Start bit (2bit)	Block code L (4bit)	ID (1bit)	Command code L (4bit)	Block code H (4bit)	Command code H (4bit)
---------------------	------------------------	--------------	--------------------------	------------------------	--------------------------

그림 4. 통신 데이터 패킷 구조

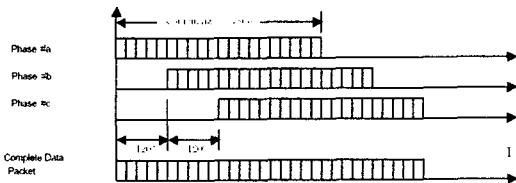


그림 5. 전력선 통신을 위한 데이터 패킷 결합.

추가모듈이 적용된 PLC 모뎀은 전력선 상에서 노이즈의 방지와 충돌 감지를 위하여 두개의 데이터 패킷을 결합한 후 결합된 3개의 데이터 패킷들을 그림 5와 같이 120°의 위상 차이를 두고 재결합하여 전력선을 이용하여 전송하게 된다. 스위치 소자에 의한 360bps급 PLC 모뎀에 대한 전원인가 시간은 표 1의 데이터 패킷 전송시간 공식을 참조하여 계산 되어진다. RS232c 호스트와 PLC 모뎀 사이의 인터페이스 프로토콜(RHC 프로토콜)의 표준 패킷 구조에서 제어기기를 제어하기위한 명령어에 해당하는 RHC 명령어 패킷과 그에 따른

RHC 결과 패킷은 각각 5Byte로 구성된다. 표 1의 수식에 의해 5 Byte의 데이터 패킷 전송 예상 시간은 1.43초가 된다. 그림 6은 RHC 프로토콜의 표준 명령어 패킷 구조이다.

표 1. 데이터 패킷 전송시간.

$$T = \{ \text{Address Packet}(19\text{bit}) + \text{Command Packet}(19\text{bit}) + \text{transmitting Data}(8\text{bit} \times N) + \text{Data end}(8\text{bit}) \} \times 2 \times 3 \div 360 \text{ sec}$$

STX	Len.P	CMD	MSG	C/S
1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte

그림 6. RHC 명령어 패킷 구조.

### 3. 결과 및 고찰

아래의 그림 7은 기존의 제어용 저속 PLC 모뎀에 대한 대기전력을 1시간에 걸쳐 테스트 한 결과이다. 테스트 결과 평균 약 1.23W의 대기전력을 소비하고 있는 것으로 나왔다. 추가모듈 적용을 위한 제어용 PLC 모뎀은 다른 네트워크 장비나 타사의 PLC 모뎀에 비해 상대적으로 낮은 수치의 대기전력 사용량을 보였다.

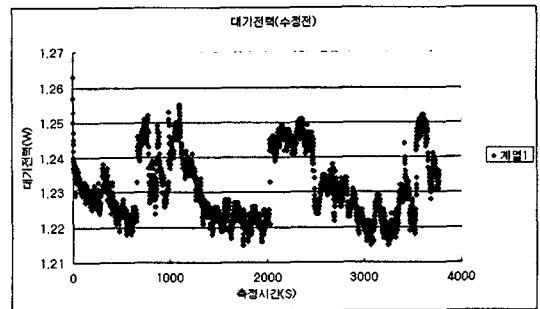


그림 7. 기존 PLC 모뎀의 대기전력(1.231478W).

그림 8은 추가모듈 내의 컨트롤러가 Idle 모드를 사용하지 않았을 때의 PLC 모뎀의 전원제어를 통한 1시간 동안의 대기전력 사용량이다. 약 평균 1.014W의 수치를 기록 하였다. 대기전력 사용량이 거의 1W였으나 추가적인 대기전력 절감을 위하여 항상 켜져 있는 추가모듈 내의 컨트롤러에 대한 소비전력 절감이 필요하였다. 이는 컨트롤러 내의 전력절감 모드인 Idle 모드와 Power Down 모드를 활용함으로써 가능 하였다.

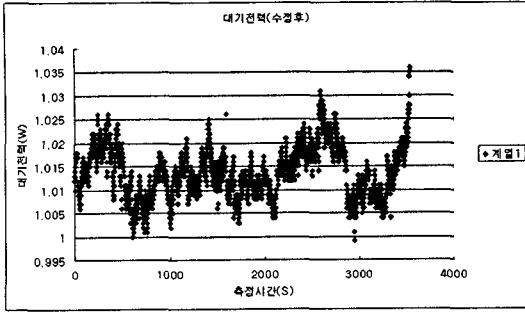


그림 8. 수정된 PLC 모델의 대기전력(Without Idle 모드 : 1.013708W)

그림 9는 PLC 모델이 데이터 수신을 위한 대기 상태에 있을 때, 추가모듈 내의 컨트롤러를 Idle 모드로 들어가도록 함으로써 PLC 모델의 대기전력을 1.014W에서 0.857W로 낮출 수 있었다. 이와 같은 결과는 일반적인 PLC 모델 내부에 있는 MCU(Microcontroller Unit) 설계 시 전력절감 모드의 추가만으로도 네트워크 기기들의 대기전력을 상당량 낮출 수 있다는 사실을 보여준다.

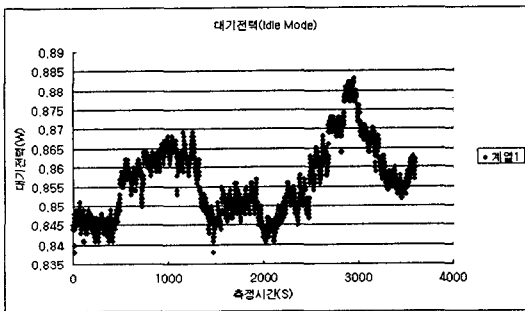


그림 9. 수정된 PLC 모델의 대기전력(With Idle 모드 : 0.856482W).

#### 4. 결론

제어용 PLC 모델을 위한 대기전력 절감 모듈을 개발하여 Z-256 프로토콜을 사용하는 기존의 제어용 저속 PLC 모델과 전원장치 사이에 추가하여 30%의 대기전력 절감의 효과를 얻었다. 본 논문에서는 기존 기기의 하드웨어와 프로토콜을 수정할 수 없는 단점으로 인하여 추가모듈 쪽으로 방향을 잡았으나, 본 논문의 방법을 기존의 PLC 모델의 하드웨어와 프로토콜의 수정을 통하여 구현할 수 있을 것으로 본다. 이는 한층 더 대기전력 절감의

효율과 면적에 대한 이득을 가져올 것으로 사료된다.

표 2. 수정된 PLC 모델의 대기전력.

PLC 모델의 대기전력		
기존 모델	수정 모델 (without Idle모드)	수정 모델
1.2315W	1.0137W	0.8565W
약 30%의 대기전력 절감		

#### 참고 문헌

- [1] 서길수, 김남균, 김상철, 방욱, 김은동, “대기전력 절감기술의 최근동향”, 2002 대한전기학회 하계학술대회논문집, B권, pp. 1370-1372, 2002
- [2] 서길수, 김남균, 김은동, “대기전력 절감을 위한 OECD 국가들의 제도 및 정책”, 2003 대한전기학회 하계학술대회논문집, 2003
- [2] PLANET System, Z-256 Protocol Power Line Communication Module User's Guide.
- [3] PLANET System, ZCT-2096 Technical Data Sheet
- [4] 김기두, 이종성, “전력선 통신(PLC) 기술 개요”, 전자공학회지 2001, 11 V.028, pp. 62-72
- [5] 박종석, 현웅근, “근거리 원격 자동화를 위한 무선 PLC 통신 모듈 개발”, 대한전자공학회 2000 하계종합학술대회 논문집, pp .89-92
- [6] 진선일, 정진규, 안광혁, 유영동, 홍석교, 권오영, “인터넷을 이용한 PLC 계측/제어 시스템”, 대한전자공학회 2002 하계종합학술대회 논문집(5), pp. 197-200