

저속 PLC 모델을 위한 대기전력 절감 모듈 개발

김기현, 김지홍, 김남균, 김상철, 서길수, 김은동
한국전기연구원

A Development of Module Operating on Standby-power Reduction for Low-speedy PLC 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.

구성은 Modem chip과 EEPROM, MCU로 구성된 Hybrid IC형태의 HIC와 주변회로로 구성 되었으며, 그림 1의 블록 다이어그램과 같이 구성되어져 있다. 전력선 통신은 신호의 감쇄 및 잡음에 많은 영향을 받으며, 이를 극복하기 위하여 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.

1. 서 론

오늘날 대부분의 기기들은 사용하지 않는 상태에서 단지 플러그만 꼽혀 있어도 전력을 소모하는데 이를 대기 전력(standby power)라고 한다. 외부 전원장치도 주기가 가 전혀 동작하지 않는 동안에도 전력을 소모하고 있다. 또한 오디오나 비디오 제품의 경우는 리모콘이나 시간에 약 기능이 추가되어 계속적으로 전력을 소모하게 된다. 이렇게 소비되는 대기전력의 소모량은 가구당 약 306kWh로 가구당 전력소비량 대비 최소 약 11%를 차지한다고 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 고에서는 주요 가전기기중에서 상대적으로 높은 대기전력을 소모하는 것으로 알려져 있는 네트워크 장비 중 저속 PLC 모뎀에 대하여 대기전력을 낮추기 위한 추가 모듈을 개발 하였다.

전력선통신(Power Line Communication : PLC)이란 가정이나 사무실에 포설되어 전력을 공급하는 전력선을 매개체로 음성 및 데이터를 수백KHz~수십MHz이상의 고주파 신호에 실어 나르는 디지털 통신 기술을 의미한다. 전력선통신은 전송 속도에 따라 60bps~수백bps의 저속 전력선통신, 2.4Kbps~19.2Kbps의 중속 전력선통신, 1Mbps 이상의 고속 전력선통신으로 나뉘어 진다. 본 고에서는 360bps급 Z-256프로토콜을 이용한 저속 PLC 모뎀에 대한 대기전력 절감 모듈을 개발하여 적용하여 보았다. 저속 PLC 모뎀은 주로 제어용으로 사용되며, 대기전력 절감 모듈을 이용한 측정 실험을 통하여 제시한 추가 모듈의 대기전력 절감의 효율성을 확인 하였다.

2. 본 론

2.1 기존 PLC 모뎀의 구성

기존의 Z-256 프로토콜을 사용한 저속 PLC 모뎀의

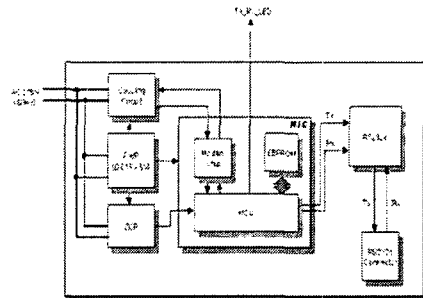


그림 1. 기존의 PLC Modem

2.2 수정된 PLC 모뎀의 구성

기존의 저속 PLC 모뎀에 대한 대기전력 절감 효율은 출가모듈을 이용하여 전원부와 HIC사이의 전원을 제어 함으로써 가능하였다.

추가모듈의 구성은 크게 Compare Logic, Control Logic, Switch Device의 3부분으로 구성되어 있다. Compare Logic은 741 Op-amp와 저항, 캐패시턴스를 이용하여 구현하였다. 잡음과 데이터를 구분하기 위하여 일정 전압 이상의 신호를 741 Op-amp로 구현된 비교기를 통하여 감지하도록 설계하였다.

Control Logic은 2Kbytes의 Reprogrammable Flash Memory와 2개의 8bit Timer가 내장된 8bit 컨트롤러(89c2051)를 이용하여 구현하였다. Compare Logic에서의 데이터 입력신호와 제어기의 진원확인 신호등을 이용하여 Switch Device를 제어한다. Control Logic에서 이용된 컨트롤러에는 Idle Mode와 Power Down Mode 기능이 내장되어 있다. 이 파워 제어 모드를 이용하여 신호대기시간에는 컨트롤러를 Idle Mode로 동작하게 하였다. 이는 PLC 모뎀으로의 전원제어를 통한 대기전력 절감뿐 아니라 Control Logic내의 대기전력을 추가적으로 절감하는 효과 얻을 수 있었다.

Switch Device 부분은 BJT(Bipolar Junction Transistor)를 이용하여 구성하였다. Switch Device는 전원부에서 HIC(Hybrid IC)와 그 주변회로로 공급되는 주 전원을 차단 또는 동통시키는 역할을 함으로써 전체 PLC 모뎀에 대한 내부 전원 스위치 역할을 한다.

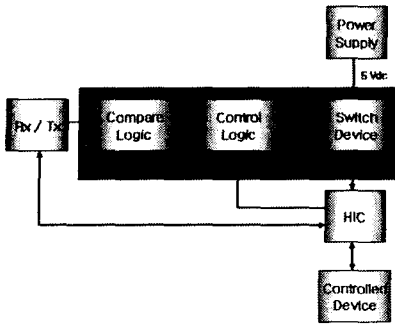


그림 2. 추가 모듈 Block Diagram

2.3 수정된 PLC 모뎀의 동작

3부분으로 구성된 추가모듈의 전원제어 방법은 Switch Device를 이용하여 신호 대기시간에는 HIC로의 주 전원을 차단하는 방식으로 대기전력을 절감시켰다.

Compare Logic에서는 전력선통신 수신부(Rx)를 통하여 전력선에서 전원주파수와 분리된 고주파 신호를 받아 데이터 신호인지 일반 잡음인지를 확인하게 된다. 세부적인 동작을 살펴보면 Rx에서 넘어온 저 전압 고주파 신호를 저항 소자와 캐패시터를 이용하여 비교기에서 비교하기 위한 전압으로 전압 증가 및 Filtering 역할을 해준다. 이 가변된 고주파 신호를 741 Op-amp로 구성된 비교기에서 비교하여 일정 전압 이상의 신호가 수신되었을 때 5V_{dc}의 출력 신호를 Control Logic으로 보내게 된다.

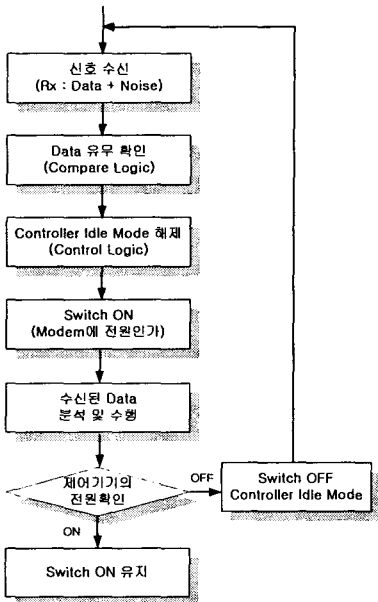


그림 3. 수정된 PLC모뎀 동작 순서도

Control Logic과 Switch Device를 함께 살펴보면, Compare Logic 통하여 데이터 수신에 확인되면 Switch Device에 5V_{dc} 전압을 인가한다. 이 때 전압인가 주기는 저속 PLC 모뎀간의 제어기기 제어에 필요한 명령어 패킷 전송시간 및 명령어 처리시간의 합이 된다. 전압인가를 받은 Switch Device는 도통되어 전원부에서 공급되

는 5V_{dc}전원을 HIC로 공급하게 된다. 전압 인가를 받은 HIC는 수신된 데이터를 분석하게 되고, 이때 수신된 데이터가 제어기기에 대한 전원인가 명령이면 제어기기에 전원을 인가하게 된다. 만약 제어기기에 전원이 인가된 상태이면 Control Logic은 Switch Device에 전압을 계속 인가하도록 하여 PLC 모뎀으로의 전원을 계속 인가하게 된다. 이와 같이 제어기기의 전원확인을 통한 전원인가는 OFF된 제어기기를 제어하기 위해서는 제어기기에 대한 전원인가 명령어가 우선적으로 들어야 하기 때문이다. 그림 3은 수정된 PLC 모뎀의 동작 순서도를 나타낸다.

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 code (2bit)	Block code (4bit)	ID (1bit)	Command code (11bit)	Block code H (4bit)	Command code H (4bit)
-------------------	-------------------	-----------	----------------------	---------------------	-----------------------

그림 4. 통신 데이터 패킷 구조

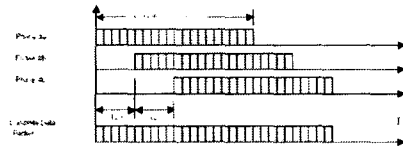


그림 5. 전력선 통신을 위한 데이터 패킷 결합

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	CS
1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte

그림 6. RHC 명령어 패킷 구조

3. 결과 및 고찰

아래의 그림 7은 기존의 저속 PLC 모뎀에 대한 대기전력을 1시간에 걸쳐 테스트 한 결과이다. 테스트 결과 평균 약 1.23W의 대기전력을 소비하고 있는 것으로 나왔다. 추가모듈 적용을 위한 저속 PLC 모뎀은 다른 네트워크 장비나 타사의 PLC 모뎀이 약 6.5W의 대기전력

사용량을 보이는데 비해 상대적으로 낮은 수치의 대기전력을 사용하는 것으로 측정되었다.

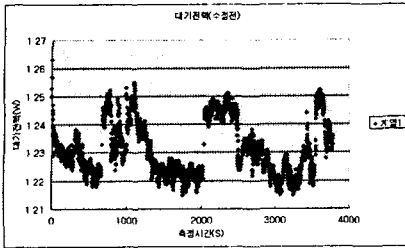


그림 7. 기존 PLC 모델의 대기전력(1.231478W)

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

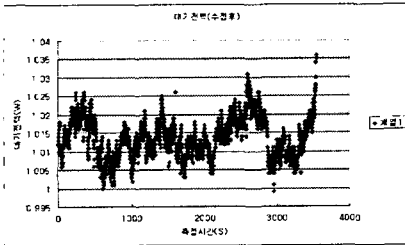


그림 8. 수정된 PLC 모델의 대기전력 (Without Idle Mode : 1.013708W)

그림 9는 PLC 모델이 데이터 수신을 위한 대기상태에 있을 때, Control Logic내의 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 추가 및 활용만으로도 네트워크 기기들의 대기전력을 상당량 낮출 수 있다는 사실을 보여 준다.

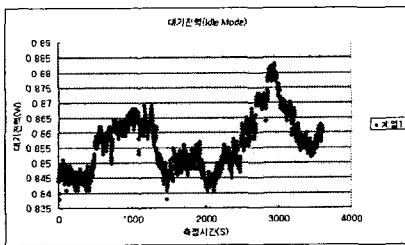


그림 9. 수정된 PLC 모델의 대기전력 (With Idle Mode : 0.856482W)

4. 결론

제어용 저속 PLC 모델의 대기전력을 절감하기 위한 추가모듈을 개발하였다. 이를 Z-256 프로토콜을 사용하는 기존의 제어용 저속 PLC 모델과 전원장치 사이에 추가하여 테스트 하였다. 측정 결과 약 30%의 대기전력

절감 효율을 확인하였다.

본 논문에서는 기존 PLC 모델의 하드웨어와 프로토콜을 수정할 수 없는 단점으로 인하여 추가모듈 개발하여 기존의 PLC 모델에 추가하였다. 본 논문에서의 추가모듈은 기존의 PLC 모델의 하드웨어와 프로토콜의 수정을 통하여 추가모듈 없이 구현 할 수 있을 것이다. 이는 기존의 PLC 모델의 대한 면적증가 없이 대기전력 절감의 효과를 얻을 것으로 본다.

표 2. 수정된 PLC 모델의 대기전력

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

[참 고 문 헌]

- [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, 현용근, "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