

# 전력선 통신기술을 이용한 조명제어 스위치의 개발

\* 송재용 · 문승보 · 길경석 · 이경수 · 김창율\*\*

\*한국해양대학교, \*\*신동아전기(주)

## Development of a Lighting Control Switch Using Power Line Communication Technology

Jae-yong Song\*, Seung-bo Moon\*, Gyung-suk Kil\*, Gyung-soo Lee\*\*, Chang-yul Kim\*\*

\*Korea Maritime University, \*\*Shin Dong-A Electric Corporation

E-mail : hvlab@bada.hhu.ac.kr

### 요약

본 논문은 홈오토메이션 구축에 있어 손쉽게 적용할 수 있는 전력선 통신기술을 이용한 조명제어 스위치 개발에 관하여 기술하였다. 전력선 통신기술을 이용한 조명제어 스위치는 송신기 및 수신기로 구성되며, 저가로 구현하기 위하여 기존에 개발되어 있는 통신 프로토콜을 이용하지 않고, 별도의 송수신 프로토콜을 개발하여 적용하였다.

개발된 조명제어 스위치에서 전력선 통신신호의 거리에 대한 감쇠특성, 부하에 따른 특성 변화 등을 고려하여 커플링 회로에 대한 이론적, 실험적 특성평가를 수행하였으며, 실험결과로부터 매우 안정적인 동작특성을 확인하였다.

### ABSTRACT

A lighting control switch, extended to incorporate a power line communication technology, is developed. The system uses not an exclusive microprocessor but a general one, and developed PPM protocol.

The coupling circuit is a type of an isolation LC filter, and the impedance of the circuit was designed as low as possible to extend signal transmission distance. The frequency of the carrier, considering the data length and signal attenuation as the length of power lines, was set at 250 kHz.

Tests on a prototype in an indoor power lines have shown that the switch has a stable operation with the distance of power lines

### 키워드

power line communication technology, lighting control switch, PPM protocol, coupling circuit

### 1. 서론

전력선 통신(Power Line Communication)은 전기가 공급되는 전력선을 활용하여 데이터를 실어 나르는 기술을 의미한다. 전력선은 가장 널리 분포되어 있는 매체로 더 이상의 추가 선로작업을 필요로 하지 않으며, 연결의 편리성 때문에 여러 분야에서 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 1990년대 중반에 이르면서 저주파 협대역을 사용한 저속 전력선 통신기술이 개발되어 상용화 수준에 근접한 제품이 등장하고 있으며, 원격검침(AMR), 제어시스템 등에 활용되고 있다. 최근에는 가전제

품 및 인터넷 등에 전력선 통신기술을 적용하기 위한 연구가 진행되고 있어 홈오토메이션 및 홈네트워킹 기술을 주도하고 있다.

전력선 통신기술에 관련한 연구개발의 대부분은 고속 광대역의 인터넷 서비스 제공을 위한 수십 Mbps급의 데이터 전송에 관련한 것이 대부분으로 국내의 기술 수준이 외국에 비해 크게 떨어지지 않는 수준에 도달해 있다. 그러나 고속 광대역을 이용한 부분은 사용 주파수 범위를 제한하고 있는 국내전파법 및 라디오 서비스로부터 유기되는 잡음 등의 영향으로 상용화에 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다.

저주파 협대역을 사용하고 있는 전력선통신 기술은 일부 분야에서만 개발되어 사용하고 있으며, 조명제어 스위치와 같은 배선기구에 대한 적용은 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 전력선 통신기술을 이용한 조명제어 스위치를 개발하였으며, 최적의 커플링 회로 구성, 선로 길이에 따른 감쇠특성, 부하 변동에 의한 신호 변화 등에 관한 연구를 수행하였다.

## II. 조명제어스위치의 설계 및 제작

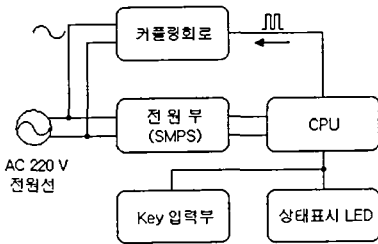
### 1. 회로 설계

현재 사용되고 있는 점등방식 조명제어스위치는 전등에 공급되는 전원을 기계적으로 차단하는 것으로, 1 점등회로에 2가닥의 전선이 필요하고 추가 점등회로마다 1가닥의 전선이 요구된다. 따라서 재료비와 인건비등이 증가하여 시공비가 비싸지게 되는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위한 방안이 전력선 통신을 이용하는 기술이며, 본 방식의 조명제어스위치는 회로 수에 관계없이 2가닥의 전선만이 필요하므로 우수한 경제성을 가진다.

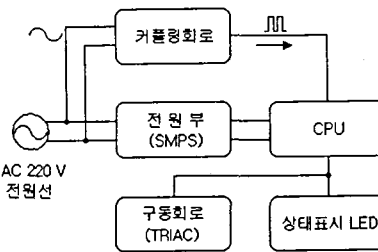
전력선 통신기술을 적용한 조명제어스위치는 60 Hz 전압주파수에 고주파 제어신호를 실어 보내는 송신기와 전원선에서 제어신호만을 걸러내어 제어동작을 실행하는 수신기로 구분되는데 구성은 그림 1과 같다.

송신기에서 전원선에 제어신호를 실어 보내고 수신기에서 제어신호만을 걸러내기 위해서는 커플링 회로가 구성되어야 한다. 커플링 회로는 신호처리부 및 각종 전자회로 보호를 위해서 60 Hz 전원 신호는 완전히 차단하고 고주파 제어신호만을 받아들일 수 있는 회로 구성이 필요하다. 본 연구에서 전력선통신의 사용주파수는 현재 국내에서 저속의 PLC 모뎀에 대해 과거 150 kHz에서 현재는 30 MHz까지 허용하므로 250 kHz로 설정하였다. 이는 PLC 전용의 칩을 사용하지 않고 저가의 원칩 마이크로 전력선 통신기술을 구현하기 위한 것으로 CPU의 성능을 고려하여 최적의 주파수를 산정한 것이다. 또한 전원선에서는 각종 전기전자기기의 사용으로 무수히 많은 노이즈 성분이 존재하므로 커플링 회로의 통과 주파수 범위를 250 kHz 부근만 통과할 수 있도록 협대역으로 구성하였다.

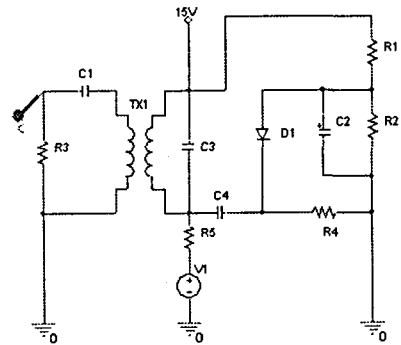
그림 2의 (a), (b)는 커플링 회로의 구성을 나타낸 것으로 송신기의 경우에는 회로에서 전원선으로 나가는 통과 주파수를 250 kHz로 하였고, 수신부에서는 전원선에서 회로로 들어오는 통과 주파수를 250 kHz로 설계하였다. 커플링 회로에 대한 시뮬레이션 결과 그림 (c)와 같이 250 kHz 부근의 신호만을 통과 시킬 수 있었다. 실제 신호전송에 있어서는 전원선의 길이에 따라 신호의 크기가 감쇄하므로 이를 고려하여 송신기에서 대략 12 V 정도의 신호를 송출하면 수신기에서는 최소 5 V이상의 신호가 얻어진다.



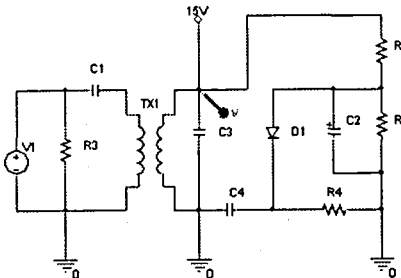
(a) Switch transmitter



(b) Lamp receiver

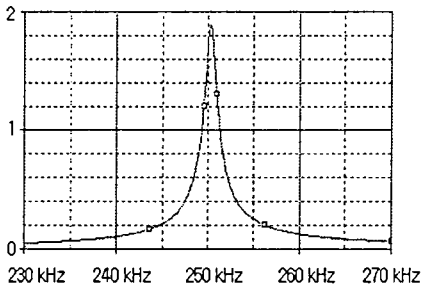


(a) Transmitter coupler



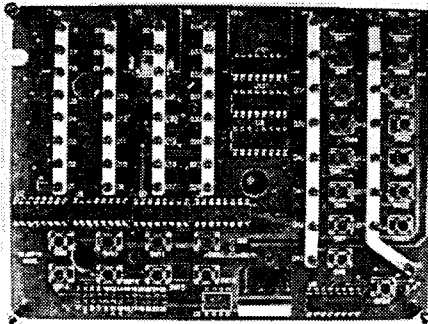
(b) Receiver coupler

Fig. 1 Configuration of the lighting control switches using PLC technology

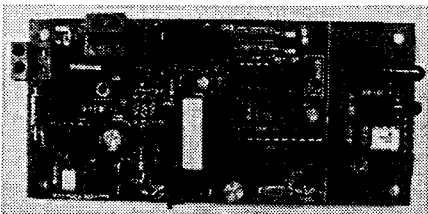


(c) PSpice simulation result  
Fig. 2 Coupling circuits and PSpice simulation result

신호처리를 위한 원칩 마이크로 송신기는 여러 개의 수신기를 제어하기 위해 Atmel사의 ATmega16L을 사용하였으며, 수신기에는 저가의 AT90S2313을 사용하여 전력선 통신 구현 및 구동회로 제어를 동시에 가능하도록 구성하였다. 전원부의 구성은 SMPS 타입으로 하고, 수신기에서 전등의 구동은 TRIAC을 이용함으로써 회로의 크기를 소형화하였다. 최종적으로 구성되는 회로의 사진을 그림 3에 나타내었다.



(a) Transmitter



(b) Receiver

Fig. 3 Photograph of the lighting control switch

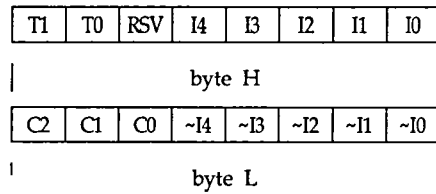
2. 통신프로토콜의 설계

본 논문에서 적용한 전력선 통신 포맷은 기존에 적용된 통신 프로토콜을 적용한 것이 아니라 별도의 방식으로 제어신호를 전송하도록 구성하

였다. 데이터 변조는 PPM(Pulse Position Modulation) 방식으로 각 모듈 프로세서의 다작업 혹은 시분할 처리에 의한 트래픽 처리 및 이웃간의 간섭을 배제함에 있어서 효율적인 처리를 위하여 CW(Continuous Wave)형태를 취하며, Logic High일 때 캐리어를 송출하고 Logic Low일 때 캐리어를 중지하는 것으로 하였다.

변조신호는 펄스당 캐리어 점유시간은 40 μs(10 pulse)로 하였기 때문에 캐리어 주파수는 250 kHz가 되고, 통신 속도는 약 2 kbps로 저속 통신을 행한다. 이는 단순히 조명제어가 목적이므로 빠른 통신 속도를 필요로 하지 않기 때문이다.

데이터 패킷의 포맷은 아래와 같이 16비트 포맷으로 사용하였으며, 전송유형의 결정, 예약비트(RSV), ID비트, 명령비트, ID 반전비트로 구성된다.



① 전송유형

1	0	명령신호 전송 데이터
---	---	-------------

② 예약비트(RSV) : 2등 전등기구를 위한 예비비트

③ ID 비트(I4, I3, I2, I1, I0)

- 00000을 제외한 5비트로 목적지 구분 비트

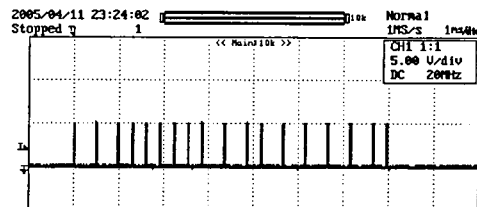
④ 명령비트(Command : C2, C1, C0)

C2	C1	C0	Command
1	0	1	점 등
0	1	0	소 등
기 타			사용하지 않음

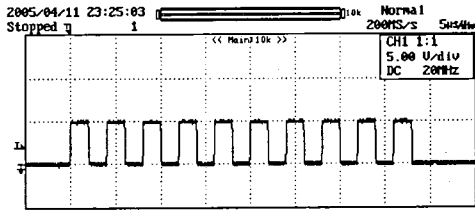
⑤ ID 반전 비트(~I4, ~I3, ~I2, ~I1, ~I0)

- 전송신호의 에러검출을 위한 추가비트

실제 전력선 통신에 사용되는 신호는 그림 4와 같이 나타나는데 그림 (a)는 수신기에서 검출한 변조신호의 예이고, 그림 (b)는 송신기 CPU측에서 송출하는 데이터 신호 중 1 펄스만을 검출한 것으로 (a)의 신호 하나를 확대하여 보면 약 40 μs의 시간에 10 펄스가 존재하는 형태이다.



(a) PLC signal waveform



(b) Carrier waveform

Fig. 4 PLC signal and carrier waveforms

### III. 성능평가 및 분석

PLC기술을 이용한 조명제어 스위치의 성능평가를 위하여 주택배선을 모의한 조명계통을 실험실내에 설치하고, 거리에 따른 감쇄 특성 및 부하변동에 따른 신호변화를 분석하였다.

본 연구에서 개발한 조명제어스위치의 송신기는 ON/OFF 제어 8회로, 백열등 조광제어 2회로, 형광등 조광제어 2회로로 구성되므로 일정한간격을 두고 수신기 및 전등을 설치하고, 거리에 따른 제어신호의 변화 및 동작 특성을 관측하였다.

그림 5는 수신기의 거리변화에 따른 신호의 변화를 나타낸 것으로 송신기에서 멀어질수록 제어신호의 펄스폭이 좁아지는 특성을 나타내었다.

5m 이내의 짧은 거리에서는 신호의 펄스폭이 138  $\mu$ s이고, 0과 1의 제어신호 간격은 각각 333  $\mu$ s, 152  $\mu$ s이었다. 15m의 거리에서는 신호의 펄스폭이 108  $\mu$ s 정도 짧아져서 0과 1의 제어신호 간격은 각각 374  $\mu$ s, 219  $\mu$ s로 다소 길어지는 특성을 나타내었다. 송·수신기간의 거리가 30m일 때에는 신호의 펄스폭이 56  $\mu$ s 더 짧아져서 0과 1의 제어신호 간격은 각각 432  $\mu$ s, 264  $\mu$ s로 더욱 길게 측정되었다. 이는 전원선의 표류 인덕턴스의 영향으로 판단된다. 그러나 조명제어에 있어서는 길이 변화에 따른 신호 감쇄의 영향을 받지 않고 정확한 제어가 가능하였다.

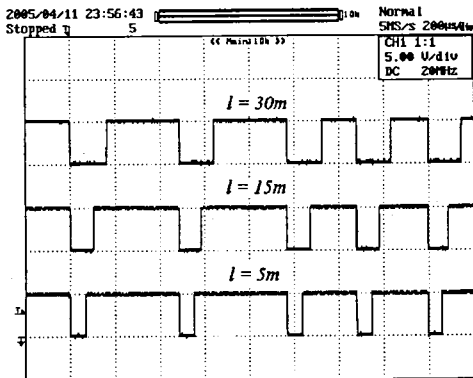


Fig. 5 Variations of control data due to line distance

부하변동에 따른 특성변화를 평가하기 위하여 12회로를 모두 구동시킨 상태에서 조명제어 동작을 분석한 결과 그림 6과 같이 TRIAC의 위상제어에 의한 백열등 조광제어나, 형광등 점등시에는 다소 잡음이 발생하는 특성이 나타났으나 잡음의 영역은 전원전압의 최대값 부근에서 발생하며, 제어신호의 송출은 영점부근에서 3회 연속으로 송출되므로 잡음의 영향을 극복할 수 있는 것으로 평가되었다.

특히 조광제어를 하지 않는 경우에는 부하변동이 발생하더라도 제어기능에는 아무런 영향이 없었다.

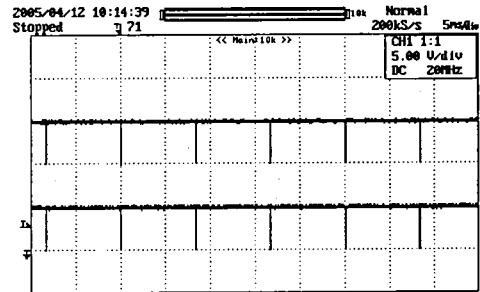


Fig. 6 An example of power line noise

### IV. 결론

본 연구에서는 전력선 통신기술을 적용한 조명 제어 스위치를 개발하였다.

기존의 PLC 응용기술과 달리 전용의 PLC 칩을 사용하지 않고, 저가의 원칩 마이컴을 이용하여 독자적인 통신 프로토콜을 이용함으로써 저가의 회로를 구성할 수 있었다.

특히, 최적의 커플링 회로를 구현하여 선로 길이에 따른 감쇄나 부하변동에 의한 신호 변화 등에 대한 영향이 없었다.

향후에는 실제 주택 배선계통에서 적용성 평가를 수행하여 보다 안정된 시스템을 구현하고자 한다.

### 참고문헌

- [1] 최승지, "전력선 통신 채널의 잡음특성에 의한 저속 전력선모뎀의 성능에 관한 연구", 강원대학교 대학원 석사학위논문, 2003
- [2] SGS-Thomson, ST7538-Power Line FSK Transceiver, 2000
- [3] 박종연, 장복순 "주파수 직접 확산 기술을 이용한 전력선 통신시스템의 개발", 대한전기학회 논문지, Vol. 47, No. 7, 1998
- [4] 박송배, 신호이론, 문운당, 2002