

# 전력선 통신을 이용한 원격 디밍 제어 시스템 설계

## Design of Remote Dimming Control System using Power Line Communication

이 승 대(Seung-Dae Lee)<sup>1)</sup>

### 요 약

본 논문에서는 형광등 on/off 제어 및 조도를 전력선 통신을 이용하여 원격으로 제어할 수 있는 시스템을 설계하고자 하였다. 각각의 조명기기를 전력선으로 구성되는 네트워크를 구현하였으며 원격 제어 및 조명기기의 on/off 및 조도를 제어하기 위하여 서버를 구성하고 서버에서 각각의 클라이언트를 제어할 수 있도록 하였다. 또한 기존 on/off 시스템을 디지털화하여 에러율을 감소시켰으며 회로를 단순화하는데 주안점을 두었다.

### Abstract

In this paper, fluorescent lamp on/off control and luminous intensity used an power line communication and remotely will be able to control system design. Embodied the respectively illumination equipment and tools by the network using PLC. In order to remote control and on/off of illumination equipment, luminous intensity composed a server. Will convert a previous analog system with digital system and the possibility witch will reduce an error ratio was. Consequently will be able to simplify a circuit.

논문 접수 : 2009. 6. 5.  
심사 완료 : 2009. 6. 19.

---

1) 정회원 : 남서울대학교 전자공학과

## 1. 서론

가정 자동화 시스템은 가정내에서 정보의 교환과 각종 기기의 제어를 통해 시간의 절약 및 인간의 수고를 덜어 주고 있어 많은 연구가 진행되고 있다. 가정 기기의 제어를 위해선 정보의 전송로가 필요한데 이 전송로는 페어 케이블, 동축 케이블, 기타 통신선 및 전력선을 사용하여 구축할 수 있다. 페어 케이블, 동축 케이블 등과 같은 통신선을 사용할 경우 전송 품질은 고품질을 확보 할 수 있으나 신축 건물의 공사시 각 가정 마다 일일이 전송선을 연결 할 수 있도록 배선 공사를 하여야 하는 등 시공상의 까다로움과 시설비 추가 등의 단점이 있고 기존 건물에 설치시 공사하기가 힘들며, 미관상으로도 좋지 않은 문제점이 있다.

그러나 전력을 공급하기 위하여 설치하는 전력선을 정보의 전송로로 이용할 경우 전송로에 중복 투자를 할 필요가 없고 설치시 공사도 간단히 할 수 있기 때문에 기존 건물에 설치할 경우 뿐만 아니라 신축 건물에 설치시에도 여러가지 장점이 많다. 일반적으로 전력선 통신은 주변 환기에 매우 큰 인덕턴스가 존재하여 매우 낮은 주파수 성분을 제외한 모든 주파수 성분을 감쇄시킨다. 그러나 이러한 이유로 높은 전송속도를 얻는데는 많은 어려움이 있기 때문에 전력선 통신은 대부분 홈 오토메이션, 원격제어 등의 응용분야에서 낮은 데이터 전송속도의 용도에 제한적으로 이용되어왔다.

따라서 본 논문에서는 이러한 사용자의 요구에 부합하기 위하여 단순한 형광등 on/off 제어는 물론 형광등의 조도를 제어할 수 있는 시스템을 개발하고자 하였다. 기존의 아날로그 시스템을 디지털 시스템으로 대체하여 시스템을 간략화하고 이를 바탕으로 전력선을 이용하여 원격으로 형광등 조명 조절 장치를 구성하고자 하였다.

## 2. 본론

네트워크 시장에 대한 관심이 고조되면서 가

장 경쟁력 있는 솔루션으로 각광 받고 있는 전력선 통신에 대한 연구는 이미 미국에서 1978년 X1D라는 전력선 통신회사가 X1D Protocol을 이용하여 제어분야에서 20년간 세계적인 De Facto Standard로 자리 매김 해왔으며, 1990년에는 통신 분야에서 CEI(미국 소비자 가전 연합)의 9.6Kbps급 CE-Bus 프로토콜이 개발되었다.

우리나라에서도 1990년대 초반 LG, 삼성 등 대기업서 기술 개발 시도가 있었지만 전력선 통신의 단점을 극복할 수준의 통신기술이 발달하지 못해 포기해야만 했다. 이후 국내 기업중 플레넷에서 360bps급 Z256 프로토콜을 개발해 2000년 특허 등록과 함께 상용화 되었다. Z256 프로토콜 기술은 홈 오토메이션을 위한 제품에 내장되어 시장에 공급되고 있다[1,2].

전력선 통신이란 가정이나 사무실에 매설되어 있는 전력선을 통하여 통신신호를 100KHz ~ 30MHz의 고주파 신호로 바꿔 보내고 이를 고주파 필터를 이용해 따로 분리해서 신호를 수신하는 방식을 말한다. 전력선 통신은 현재 모든 가구에 전력선이 보급 되어 있어 현존하는 인프라 중 가장 광범위한 네트워크를 구성하고 있다는 평가를 받는다. 기존의 네트워크의 사각지대에 인터넷 서비스를 제공할 수 있는 라스트마일 솔루션으로 기대를 받고 있기 때문이다.

PLC는 단일 인프라를 통해 음성, 영상, 데이터 및 기타 서비스를 보다 용이하게 통합하여 서비스를 제공할 수 있어서 통신, 전력 및 기타 부가서비스를 하나의 사업자로부터 일괄적으로 제공 받고자 하는 소비자를 보다 효과적으로 공략할 수 있게 된다. 게다가 통합서비스를 통한 마케팅 및 고객 유지 관리를 위한 비용의 절감, 일괄적인 요금 청구 및 이용자 보호 등을 동시에 달성하여 규모의 경제를 실현할 수 있다. 그러나 PLC가 홈 네트워크나 인터넷 접속을 위한 대안으로 등장하기 위해서는 아직도 많은 장애 요인들이 있다. 우선 비용상의 문제점으로 현재로서는 기술의 상용화와 비

용 우위를 동시에 달성하기는 어렵다. 이와 같은 고비용의 주된 원인은 기술적 불안정성과 그것을 보완하기 위한 추가적인 소요 비용, 그리고 높은 부하 간섭과 잡음 현상이 시술의 상용화를 더디게 하고 비용 측면에서 불리하게 만들고 있다.

기술적으로는 제한된 전송 능력으로 인해 통신 가능 거리에 대한 제약이 존재 한다. 또한 가변적이고 높은 감쇠현상, 가변 임피던스 레벨 잡음, 주파수 선택적 페이딩 채널의 특성, 전력선 배치의 구조적 문제로 인한 가입자 증가시의 호처리 장애 또는 폭주시 문제처리 능력미비 등도 연구 분야이다[3].

정책적으로는 전력과 통신을 분리하여 시장을 운영하는 각국의 규제 정책과 업체 및 국가간의 표준화에 대한 이견 등이 걸림돌이 되고 있다. 대부분의 국가들이 저속의 데이터 전송을 위한 주파수 대역은 할당 되어 있으나 고속 데이터 전송을 위한 주파수 규제는 완화를 검토중이거나 새롭게 제정 하는 단계이다. [그림 1]에 기존 통신망과 전력선 통신망을 비교하였다.

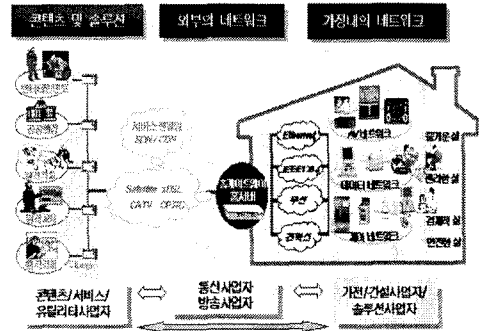
기술	서비스 내용	가용성 범위	장점	단점
유선망	불다	일정	고속 통신, 안정적이고 신뢰성 높음, 가용성 높음, 대역폭 높음.	유선 망에 비해, 고비용, 설비 및 유지 보수 비용이 높음.
KDSL	불다	필요영역	통신망에 비해, 많은 양의 데이터 전송을 할 수 있음, 보안이 우수함.	통신망에 비해, 설치 비용이 높고, 서비스 범위가 제한적이며, 유선 망에 비해, 유지 보수 비용이 높음.
케이블 망	불다	일정	가용성 높음, 많은 양의 데이터 전송을 할 수 있음.	가용성 높음, 유선 망에 비해, 고비용, 설비 및 유지 보수 비용이 높음.
ADSL	불다	필요영역	유선 망에 비해, 많은 양의 데이터 전송을 할 수 있음.	유선 망에 비해, 고비용, 설비 및 유지 보수 비용이 높음.
PUC	불다	필요영역	가용성 높음, 많은 양의 데이터 전송을 할 수 있음.	유선 망에 비해, 고비용, 설비 및 유지 보수 비용이 높음.

[그림 1] 기존 통신망과 전력선 통신망의 비교

전력선 통신의 구성도는 [그림 2]에 보인 바와 같다. 전력을 공급 받는 다수의 가구와 각 가정에 여러대의 PC를 연결하는 네트워크로 이뤄졌다. 보통 AC 220V 전력선을 사용하는 다수의 가정은 건물 내부의 변압기에서 옥내의 분전반을 거쳐 콘센트를 통해 전력을 공급 받

는다. 즉, 최종 사용자에게 장착된 전력선 통신 모듈이 플러그를 통해 콘센트에 연결 되며, 이는 다시 분전반에 위치한 전력선 통신 게이트웨이에 연결되고 최종적으로 변압기에 위치한 전력선 통신 라우터를 거쳐 인터넷에 연결됨으로써 인터넷 접속이 가능하다.

이때 전력선 통신 라우터는 네트워크와 연결, 전력선을 이용해 분전반에 위치한 전력선 통신 게이트웨이까지 데이터 패킷을 전송해주는 역할을 수행하는데 이 과정에서 전력선 통신 사업자들은 기존 인프라를 그대로 이용하기 때문에 네트워크 구성 비용을 절감할 수 있고, 전력선 통신 게이트웨이는 전력선 통신 라우터로부터 전송 신호를 중계하며, 다수의 가구와 각 가정 내 곳곳의 콘센트로 스위칭하므로 콘센트에 코드를 꼽으면 전력선 통신 모듈을 통해 홈네트워킹이 가능해져 거주 지역 내 가구들과 연결되는 LAN구축도 가능해진다.



[그림2] 전력선 통신의 구성도

그러나 전력선은 각종 전자기기와 가전제품 및 사무기기로부터 발생하는 잡음들이 직접 유입되며 부하가 전력선에 연결되는 시간과 공간에 따라 전송 특성이 상당히 다른 특성을 가진다. 따라서 전력선의 잡음 특성, 임피던스 특성 및 신호감쇠 특성 등을 조사하여 전송특성을 고려해야 한다. 가정 내 전력선에 존재하는 잡음은 주로 전력선에 연결되어 있는 전자기기가 발생한 단자 전압에 의한 것으로, 백색잡음

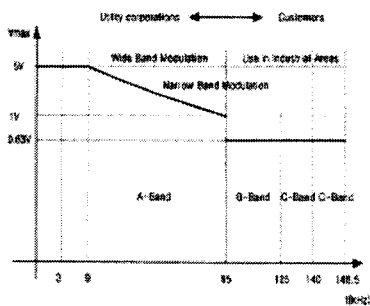
(white noise), 60Hz 고조파 잡음(harmonic noise) 및 임펄스성 잡음(impulse noise) 등으로 크게 나눌 수 있다.

백색 잡음은 전기 드릴의 모터등과 같이 전원 주파수와 관계없이 동작하는 부하에 의해서 발생되며, 이 잡음의 주파수 특성은 고주파쪽에서 대체로 작고 부하 변동이 많은 시간대에는 높은 잡음이 발생하는 등 다양한 형태를 나타낸다.

고조파 잡음은 전원 전압이 일정한 값에 도달하면 스위칭 되는 SCR을 사용하는 전자식 안정기와 같은 전자 기기에 의해서 주로 발생한다. 이러한 스위칭 작용에 의한 잡음은 60Hz에 동기된 잡음이며 가정 내 전력선 상에는 고조파 잡음이 존재한다. 임펄스 잡음은 돌발성 잡음과 임펄스형 잡음이 있는데 번개, 서모스테이트 및 개폐현상에 의해서 발생한다.

비동기성 잡음은 60Hz 전원주파수에 관계되지 않은 선 스펙트럼 잡음으로써 이러한 형태의 잡음원은 TV등에 의해서 발생된다. 가정에서 사용하는 기기에 대한 전력선 상의 잡음 특성은 100KHz 이하에서는 평균 0.1uV의 잡음 레벨을 갖고, 100KHz 이상에서는 평균 10nV의 잡음 레벨을 갖는 것으로 나타났으며, 측정 한 이 대역에서는 잡음이 비교적 낮은 레벨을 갖는 것으로 나타났다.

[그림 3]은 전력선 통신을 위한 주파수 대역 특성을 나타내었다.



[그림 3] 주파수 대역 특성

[그림 3]에서 보는 바와 같이 유럽에서 사용되는 전력선을 이용한 통신 가능한 주파수 범위는 3KHz~148.5KHz이다. 또한 통신 가능한 주파수 범위를 5단계로 구별할 수 있는 권한과 규정을 유럽과 미국 등에서 설정해 놓았다. 미국의 경우 주파수와 관련하여 살펴보면 FCC의 Part 15에서 PLC와 관련된 규정을 두고 있는데 사용 주파수 범위는 9KHz~490KHz를 규정하고 있다.

우리나라에서는 현행 국내법상으로는 전파법 시행령 제46조에서 전력선을 이용한 통신설비에 대해 주파수 9KHz~450KHz, 송신설비의 고주파출력 10mW이하로 규정하고 있으며, 누설전계강도에 대해서는 무선설비규칙에서 별도의 규정을 두고 있다. 또한 미국이나 유럽의 기준인 9KHz~490KHz의 영역에서는 소비자가 임의로 사용 가능한 주파수 범위로서 다중 통신이 가능하며, 전력선을 이용한 통신 중 비교적 노이즈가 약한 주파수 대역이다. 또한 신호의 감쇠도 적은 편이다.

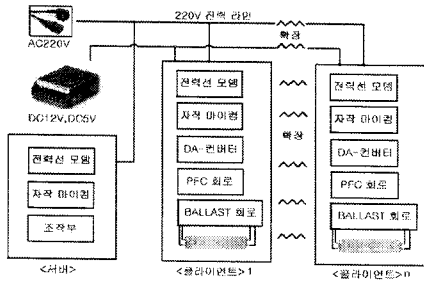
### 3. 실험 및 고찰

본 논문에서 설계하고자 하는 제어 시스템은 조명간의 네트워크를 전력선 통신을 이용하였으며 가정 조명 기기를 모두 네트워크로 구성하였다. 또한 조명 기기들을 효율적으로 제어하기 위하여 서버를 구성하였으며 디지털 데이터를 이용하여 조명의 조도를 간단히 제어할 수 있도록 하였다[4,5].

본 논문에서 설계하고자 하는 시스템의 구성도는 [그림 4]에 보인 바와 같다. 시스템은 한 개의 서버와 여러 개의 클라이언트로 구성되어 있으며 서버에서 각 클라이언트의 조명을 조절할 수 있도록 하였으며 서버에서의 클라이언트의 상태를 알 수도 있다. 또한 본 시스템은 주장치와 서브 장치로 구성되며 서로 간에 전력선 통신이 이루어지며 각각의 조명에 대하여 제어 및 모니터링도 가능하도록 구성하였다.

여러 개의 클라이언트로 구성되며 각자 전력

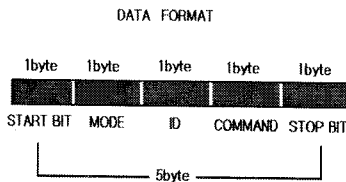
선 모델 인터페이스회로와 밝기를 조절을 위한 마이컴부와 DA 컨버터 PFC 회로부, Ballast 회로부 등으로 구성되며 모듈별로 설계 및 제작하였다. 설계한 시스템은 전력선으로 구성하는 네트워크를 형성하고 있기 때문에 어느 곳이든 설치가 가능하며 서버를 통하여 사후 관리가 가능하도록 하였다.



[그림 4] 설계된 모듈 별 시스템 구성도

롤러에서 직접 생성해서 OP-AMP를 통해 증폭한 뒤 안정기에 공급하게 된다. 서버 시스템으로 전송되는 속도는 9600 Baud rate의 속도로 Half duplex 방식을 채택하고 있다. 마이크로 컨트롤러는 전력선 모델에서 입력되는 디지털 신호를 감지하여 그에 맞는 on/off 동작과 형광등 디밍을 위한 주파수 제어를 담당하고 있다[6].

전력선 모델로 입력되는 신호를 감지하여 헤더인 ID 부분과 데이터부분들이 입력될 때까지 동작하지 않도록 하였다. 이는 전력선 상에 나타나는 잡음으로 인한 오류를 막기 위한 방법으로 헤더가 정확히 들어오지 않는 한 어떠한 오동작도 하지 않도록 설계 하였다. 일단 헤더가 들어오면 3byte의 데이터를 받아 저장하여 그에 맞는 동작을 하도록 프로그램을 작성하였다. [그림 6]은 제작된 시스템의 실사 그림이다.



[그림 5] 네트워크 프로토콜

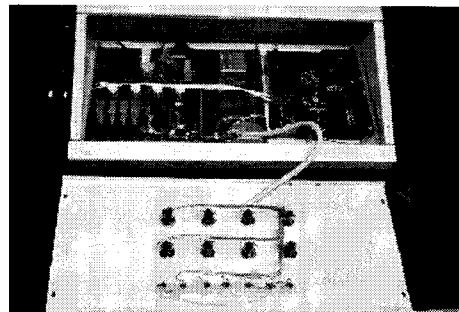


(a) 시스템 전면

전력선을 통하는 네트워크의 프로토콜은 [그림 5]와 같은 형태로 구성하였으며 총 5 byte의 데이터 구성한다. 시작비트와 모드, ID, 명령어 Stop 비트가 있다.

조명 제어를 수행하는 마이크로 컨트롤러는 전력선 모델로부터 들어온 신호를 받아 그에 알맞은 동작을 한다. 또한 전력선 모델에 전송되는 데이터 비트 선택신호를 전달하고 있다. 모델로부터 들어온 신호를 가지고 조명 부하를 개별적으로 제어하며 주파수 변화 방식으로 형광등의 조도를 조절하도록 설계하였다.

디밍 주파수는 18kHz~25kHz 8단계로 조절할 수 있으며 이러한 주파수는 마이크로 콘트



(b) 시스템 후면

[그림 6] 제작된 시스템

#### 4. 결론

본 논문에서는 전력선 통신을 이용하여 가정의 조명 기기를 on/off 가능하도록 구현하였으며 조명 기기의 디밍 제어가 가능하도록 서버를 구성하였다.

전체 시스템은 P-CAD를 이용하여 하드웨어를 설계하였으며, 프로그램은 어셈블러 프로그램 언어를 이용하여 프로그램을 구성하였다. 그 결과, 시스템 구현은 전력선 및 조명을 조절하는 하드웨어로 구성하였으며 필드 테스트를 통하여 서버에서 조명 기기의 on/off 및 조도의 조절이 가능함을 확인하였다.

본 논문에서는 전력선을 이용하여 조명 제어에 주안점을 두었지만 추후로는 단순히 가정 또는 빌딩 내에서의 단순 제어에서 벗어나 대형빌딩, 터널, 가로수 등으로 확대하여 서버에서 간단히 제어 가능하도록 구축하는 것이 연구되어야 할 것이다.

#### 이승대

1999년 단국대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

1995년 ~ 현재 남서울대학교 전자공학과 교수

주관심 분야 : 초고주파 통신, 이동통신, 채널 모델링

#### 참고문헌

- [1] 주창남, “전력선통신 기술동향”, 삼성전자 서비스 솔루션 그룹장, 2004.
- [2] 정보통신 연구소 연구기획모임, “RF 및 전력선통신 결합모뎀의 응용 연구”, 통신 및 신호처리 연구실, Microwave 연구실.
- [3] (주)파워콤 연구개발팀 “전력선 통신(PLC) 기술”, 2000.
- [4] W. Elenbaas, ed., *Fluorescent Lamps*, 2nd Ed., Philips Technical Library, Eindhoven, The Netherlands 1971.
- [5] T. Ribarich, J. Ribarich, A New Control Method for Dimmable High-Frequency Electronic Ballasts, in IEEE-IAS Conf. Rec., 1998.
- [6] IRS2430D Dimming Ballast Control IC, Datasheet, [www.irf.com](http://www.irf.com)