

전력선 통신을 이용한 원격 부하제어 시스템의 구축

김 호, 이원선, 전희중, 박종찬*
송실대학교 전기공학과, 오산대학교 전기공학과*

Implementation of Control System for Remote Load using Power line Communication

Ho Kim, Won-Sun Lee, Hee-Jong Jeon, Jong-chan Park*
Dept. of Electrical Eng. Soong-Sil Univ. and Osan College*

ABSTRACT

This paper deals with new scheme of remote load control management system with communication from RCU to controller using power line.

Power line communication is useful for economical data link but various problems and limitations are caused in using power lines for communications channel. A power line is not so good in the commercial electrical power, and its load noise and high frequency noise are so much. To decrease these noise, we used the FSK(Frequency Shift Keying) modulation method.

The experimental results show that the proposed system in this paper is compatible with the conventional system with low cost and the feasibility is very high for new or remodeling plant.

1. 서 론

전력선은 건물 내부 및 외부에 설치된 무수한 콘센트를 통하여 쉽게 접근할 수 있기 때문에, 전력을 공급하는 전력선을 정보 라인(bus line), 제어라인(control line)으로 사용할 수 있다면 별도의 배선 공사를 하지 않아도 된다는 장점이 있다.

전력선 통신은 말 그대로 전력선에 고주파의 통신 신호를 결합하는 방식이므로 기존의 통신선과는 달리 매우 열악한 환경을 갖고 있다. 이와 같은 열악한 통신 방식을 그대로 적용하는 것은 불가능하며, 전력선 채널에 대한 대안 기술이 요구된다. 특히 케이블 통신이나, 광통신에 비하여 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 즉 정보 신호 대역폭의 협소, 임

피던스의 불규칙한 성질, 랜덤 잡음, 임펄스 잡음, 협대역 간섭, 60Hz 전력선 신호의 고조파 성분 및 전력선에서의 정보 신호의 감쇠 등을 들 수 있다. 따라서 본 논문에서는 디지털 신호를 아날로그 신호로 변조하기 위해서 FSK(Frequency Shift Keying)방식을 사용하였고, 또한 아날로그 신호를 상용 AC라인에 커플링하기 위해 전력선 모뎀을 사용하였다. 현재 전력선 통신은 많은 연구가 이루어지고 있는데 주상 변압기 부분에서 신호전달이 용이하지 않다. 따라서 본 논문에서는 변압기를 거치지 않는 수용가 측에서 원격부하제어기와 RCU(Remote Control Unit)사이에서 저속 데이터 전송에 적합하도록 전력선 통신기법을 사용하여 부하를 제어하는 방식을 채택하여 시스템을 구축하였고, 각각의 RCU는 배전선에 분리되어 설치되었다.[1][2]

2. 본 론

2.1 전력선 통신의 특성

무엇보다도 전력선 통신에서의 문제점은 거리가 증가함에 따라 신호의 감쇠가 매우 심하다는 것이다. 또한 고전압 변압기의 경우 50/60Hz 에 디자인이 되어 있기 때문에 그 주파수 대역을 제외한 다른 주파수 대역에서의 감쇠가 심하다. 이러한 상황에서는 원하지 않는 잡음뿐만 아니라 전송하고자 하는 신호까지도 변압기를 통해서 전송을 할 수가 없게 된다. 이러한 장벽을 극복하기 위해 변압기를 통과하는 브리지를 달아주어야 한다. 저전압 망의 경우 일반 가정에서 사용하는 모든 부하들이 통신 신호로서의 특성을 결정하는데 영향을 미치게 된다. 전력선 통신은 전기적 신호와 함께 전송되기 때문에 전기를 에너지원으로 사용하고 있는 여러 주변 전기기기에 쉽게 영향을 받는 특성을 지닌다. 이러한 상황은 시간이나 주파수에 따라서 부하가 변동되는 특이한 성질을 나타내며, 따라서 전송선

로의 위상과 잡음의 크기를 예측할 수 없게 만든다. 또한 잡음전력은 대체적으로 주파수가 증가함에 따라 감소하는 특성을 보이는 반면에 신호의 감쇠는 주파수가 증가할수록 증가하는 특성을 보인다. 간헐적으로 발생하는 스위치의 개폐등도 강한 잡음을 발생시키는 등 예상하지 못한 현상들이 발생한다.

2.1.1 전력선 통신의 원리

전력선 통신 시스템이란 상용의 교류 전력선을 이용하여 데이터를 송수신하는 시스템이다. 전력선을 이용한 통신에서 전원선의 임피던스, 신호의 감쇠, 잡음 발생 등에 크게 영향을 받는데 이와 같은 제약들을 해결하는 방법으로 FSK(Frequency Shift Keying)방식을 이용하여 통신을 하였다.

높은 주파수에서는 신호를 전달하기가 어려우며, 게다가 전송 거리가 멀어지면 감쇠는 더욱 심하게 된다. 그러므로 지금까지의 연구 논문들은 이를 위하여 수 ~수백KHz 정도에서만 통신 실험을 하고 있다. 그림 1에서 전력선을 이용한 통신 주파수 범위를 4단계로 구별하였고 이는 주파수를 사용할 수 있는 권한과 규정을 유럽과 미국 등에서 설정해 놓았다.

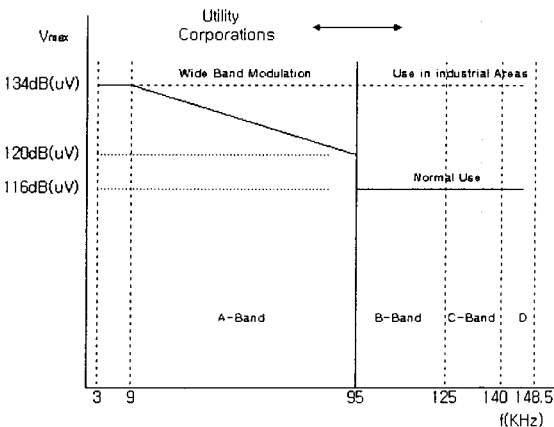


그림 1 전력선 통신을 위한 주파수 대역

Fig.1 Frequency band for power line communication

본 논문에서는 C-Band 영역을 사용하였고 주파수 대역 (95KHz~148.5KHz)을 기준으로 하고 해석하였기 때문에 대역폭은 53.5KHz로 설정할 수 있다. FSK 디지털 변조로서 High 일 경우 127.85KHz 의 정현파로, Low 일 경우 139.05KHz 의 정현파로 변조하여 통신을 하였다.

2.1.2 디지털 변조 방식

디지털 변조 방식은 크게 ASK(Amplitude Shift Keying), FSK(Frequency Shift Keying),

PSK(Phase Shift Keying) 방식이 이용되고 있다. 이중 흔히 FSK방식과 PSK방식을 많이 사용한다. 본 논문에서는 다음과 같은 이유로 FSK 방식을 이용하였다.

첫째로, PSK는 동기 복조를 해야하나 전력선 동기에 의해서는 정밀한 위상의 검출이 어렵다. 또한 전력선에 의한 전송 도중 잡음에 오염됐을 때 수신기에서 PSK 변조된 신호의 위상변화를 검출하기가 어렵다.

둘째는 FSK 변조 방식은 비동기 복조하므로 디지털 복조에 대한 구조가 간단하고, 전송 도중 잡음에 오염되었을 때 반송파의 주파수 자체에는 영향을 적게 줌으로서 수신기에서 복조하기가 비교적 유리하다. 특히 디지털 신호 한 클럭에 대한 반송파의 주기가 일반적으로 3~4주기인 반면 전력선 통신용 FSK 변조는 60~80 주기를 사용함으로 전력선의 랜덤 잡음에 대한 내성도 FSK변조가 크다. 따라서 전력선 통신에 있어서는 FSK 변조 방식이 유용하며 FSK 방식은 그림 2와 같고, 식 (1)과 같이 표현된다.

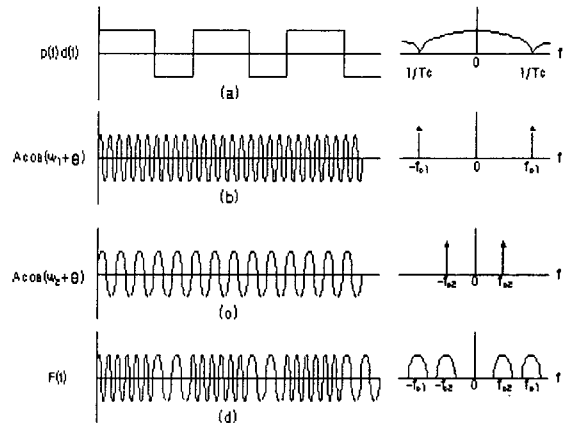


그림 2 FSK 변조신호와 스펙트럼

Fig. 2 FSK modulated signal and spectrum

$$F1(t) = A\cos(2\pi f_1 t + \theta_1) \quad 0 \leq t \leq T \quad 1 \text{인 경우}$$

$$F2(t) = A\cos(2\pi f_2 t + \theta_2) \quad 0 \leq t \leq T \quad 0 \text{인 경우} \quad (1)$$

2.2 전력선 모뎀의 설계

전력선 모뎀에 대한 전체적인 블록도를 그림 3에 나타내었다. 블록도에서 보면 PC의 데이터를 받아서 송수신을 MODE핀을 통해서 제어함으로서 반이중 통신이 가능하다. 디지털 신호를 아날로그 신호로 변조하여 증폭을 한후 220V AC라인에 실어주는 역할을 한다. 전력선 모뎀의 구성은 크게 라인 커플러 부분, 증폭부, 그리고 컨트롤러부로 나눌 수 있다.

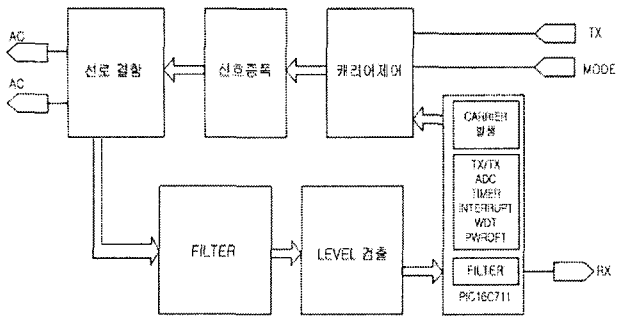


그림 3 전력선 모뎀의 블록도
Fig.3 Block diagram of power line modem

라인 커플러 부분은 일반 전력선에 흐르는 60Hz를 차단시키고 캐리어 주파수만을 통과시키고 FSK 변조된 디지털 신호를 220V 전력선에 실어주기 위한 선로 결합 장치이다. 증폭부는 신호를 증폭시켜주고, 컨트롤러는 캐리어 주파수를 제어하는 역할을 한다.

2.3 제어 시스템의 구성

본 논문에서 구현한 시스템은 전체적인 시스템을 제어하는 메인 제어보드, 원격지에서 수신된 데이터의 내용에 따라 직접 부하를 제어하는 RCU 그리고 이러한 상황을 모니터링 할 수 있는 모니터링 프로그램으로 구성되었다.

2.3.1 메인 제어보드

메인 제어보드는 16bit 마이크로 컨트롤러인 80196KC를 사용하였고 A/D 변환기, 타이머, 고속 입·출력, 디지털 I/O 포트와 UART등을 내장하여 주변회로 구성이 간단하며 디지털 제어기로 많이 사용된다.

메인 컨트롤러는 원격 부하 제어를 위하여 데이터 패킷을 만들고 각 RCU에 데이터를 송신하게 된다. 데이터 패킷에는 송신 주소와 수신 주소가 표기되어 있어서 어느 RCU의 어느 부하를 제어할 것인지에 대한 정보를 제공한다.

2.3.2 RCU(Remote Control Unit)

RCU 모듈은 메인 제어보드에서 보내온 데이터의 내용에 따라 16개의 릴레이를 트립시킴으로서 직접적인 부하제어를 수행하는 장치이다. 또한 RCU는 부하의 제어상태, 그리고 통신상태 등을 제어보드에 전송하고, 메인 제어보드는 이러한 데이터를 모니터링할 수 있게 된다.

원거리부하를 제어하기 위해 제작된 RCU 모듈은 저가형 8bit 마이크로 컨트롤러인 PIC16C74를 사용하였다.

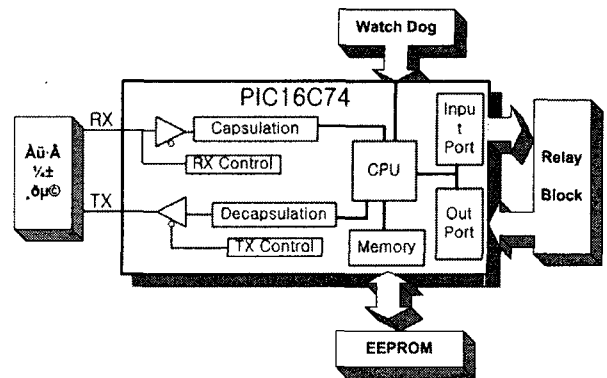


그림 4 RCU 보드의 구성도
Fig. 4 Configuration diagram of RCU board

메인 제어보드에서 수신된 데이터의 내용에 따라서 각각의 부하를 제어하게 되는데, 데이터 전송시 패킷의 충돌을 막기 위하여 수신측을 먼저 확인하고 자신의 주소로 전송되어온 데이터만을 수신하게 된다. 각각의 RCU에는 주소가 있어서 자신의 주소로 전송되어온 데이터만을 판별하고 그에 따른 명령을 수행하게 된다. 수신 제어부에서는 통신에 사용된 프로토콜에 맞는 형태의 패킷을 받아들이고 수신된 패킷의 헤더 부분에서 Source Address와 Destination Address를 읽음으로서 자신의 주소로 전달된 데이터인지를 확인한다.

RCU에서 받아들인 패킷에 의해서 상대방이 요구한 데이터를 프로토콜 형식에 맞춰서 데이터를 패킷화 한후에 자신의 주소와 받을 주소를 헤더부분에 입력하고 데이터를 요구한 주소로 보내게 된다.

2.3.3 모니터링 프로그램

모니터링 프로그램을 통해서 RCU1, RCU2, RCU3와 연결할 수 있다. 각 RCU에는 5개의 부하가 연결되어 있고, RCU를 선택하면 그 RCU에 연결되어 있는 부하를 제어할 수 있다.

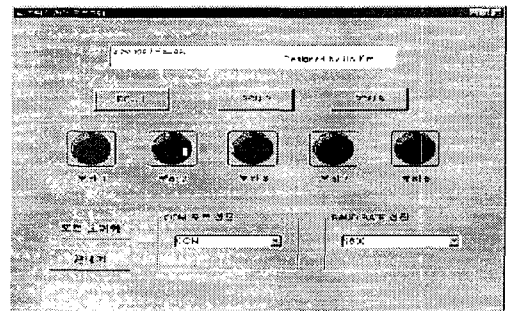


그림 5 모니터링 프로그램
Fig. 5 Monitoring program

2.4 실험결과

그림 6은 메인 제어보드로부터 모니터링 컴퓨터 및 RCU로 전송되는 모니터링 및 부하의 제어 정보에 대하여 RS-232C 신호와 전력선 모뎀의 출력단에서의 변조된 신호를 오실로스코프를 이용하여 측정된 파형이다.

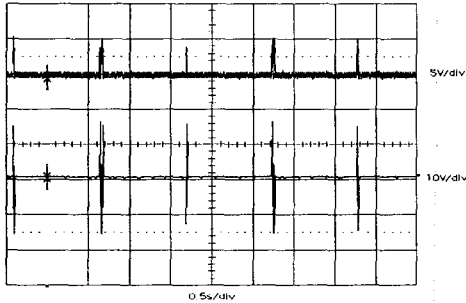


그림 6 모니터링 정보의 직렬전송 및 전력선 파형
Fig. 6 Serial transfer and power line waveform for monitoring information

그림 7은 모니터링 정보 중 한 개의 패킷에 대한 RS-232C 신호와 전력선 모뎀의 출력단에서의 변조된 신호를 오실로스코프를 이용하여 측정된 파형이다. 디지털 값이 "0"일 경우에는 낮은 주파수의 정현파로 변조되고 "1"일 경우에는 높은 주파수의 정현파로 변조됨을 알 수 있다.

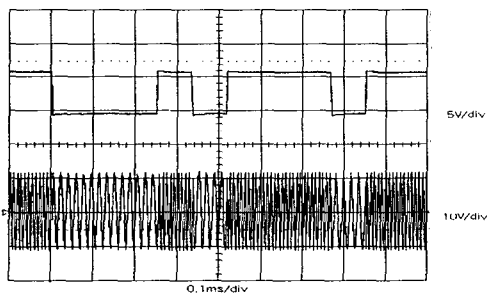


그림 7 패킷의 직렬전송 및 전력선 파형
Fig. 7 Serial transfer and power line waveform

3. 결론

본 논문에서는 원거리 부하를 제어하기 위한 전력 관리시스템의 기법 및 개발을 제시하였다. 특히 원격부하 제어를 위한 RCU와 제어기 사이의 데이터 통신을 위하여 기존의 전력선을 이용한 통신방법을 제안하였다.

전력선 모뎀을 이용하여 원격지의 부하를 제어할 경우 기존에 설치되어 있는 전력선을 통신 채널로 사용함으로써 시스템의 설치가 용이하며, 유지보수비가 적게 들고 새로운 통신 라인을 설치하지 않아

도 되는 경제적인 측면이 있다. 전력선 통신의 최대 단점인 노이즈 대책으로 저속 데이터 전송에 유리하고 노이즈에 강한 FSK 방식을 이용하였고 실제 데이터 전송에 에러가 발생하지 않았음을 확인할 수 있었다. 원격지의 부하를 제어하기 위해서 각각의 부하에 주소를 할당하여 기기를 하나씩 제어하는 번거로움을 피하기 위해 원격지에서 직접 부하제어를 담당하는 RCU를 설치하였다.

실험을 통하여 얻은 결론으로서 제안된 시스템의 응용 분야는 가정내의 조명제어 시스템, 원격조정에 의한 도난방지 시스템, 원격 대문 제어 시스템, 냉난방 제어시스템, 화재 경보 시스템 등 전 분야에 적용 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] T. Shimizu and M. Shioya, "Characteristics of Electric Power Transmission on High Frequency Inverter Having the Distributed Constant Line at the Load Side" IEECON '88. Proceedings. 14 Annual Conference of Industrial Electronics Society, Vol 3 pp. 556 -562, 1988
- [2] M. Tanaka, "Transmission characteristics of a power line used for data communications at high frequencies" IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol 35 Issue: 1, pp 37 -42 Feb. 1989
- [3] Kwang Jae Lee and Moon Ho Lee "FSK demodulation method using the short-time DFT of power line carrier channels" IEEE/AFCEA, EUROCOMM 2000. Information Systems for Enhanced Public Safety and Security. pp 301 -307. 2000
- [4] M. Karl and K. Dostert, "Selection of an optimal modulation scheme for digital communications over low voltage power lines" IEEE 4th International Symposium on, Spread Spectrum Techniques and Applications Proceedings. Vol 3, pp. 1087 -1091, 1996
- [5] E. Karakatsanis and C. Economakos, "A Bi-Directional Communication System Based On Power Line Carriers" 14th International Conference and Exhibition on (IEE Conf. Publ. No. 438), Electricity Distribution. Part 1: Contributions. CIREN, Vol 5 , pp. 5.9.1 -5.9.5, 1997
- [6] K. Shrikhande, A. Srivatsa, I.M. White, M.S. Rogge, D. Wonglumsom, S.M. Gemelos and L.G. Kazovsky, "CSMA/CA MAC protocols for IP-HORNET: an IP over WDM metropolitan area ring network" GLOBECOM '00. IEEE, Global Telecommunications Conference, Vol 2 pp. 1303 -1307, 2000