

전력선 통신을 적용한 전기 정보 감지 시스템 설계

곽수진*, 이상선**, 이원태***
 *한양대학교 전자·통신·전파공학부 대학원
 **한양대학교 전자·통신·전파공학부 교수
 ***한국 전기 연구원

Design of Electric monitoring System with Powerline Communication

Su-jin Kwag*, Sang-sun Lee*, Won-tea Lee**
 *Division of Electrical and Computer Engineering Han Yang University
 **Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract

Recently Many technologies of the Powerline communication are proposed. these technologies used high carrier frequency for high speed and stability, but high carrier frequency is restricted by the low of electric wave. So we will propose electric monitoring system that used the commercial powerline communication modem, isn't restricted by the low.

Our objects are, first, we compared the low in korea, EU(CENELEC), and USA(FCC). second, proposed a spec of the powerline communication modem. third, design that the electric monitoring system using commercial A/D converter control and manage the electric equipment

저속의 데이터 통신에 유리한 특성을 가지고 있는 통신 방법 중 하나가 FSK 통신 방식이다. 따라서 본 논문에서는 FSK 통신 방식을 적용한 전력선 통신 모듈을 중심으로 시스템을 설계했다.

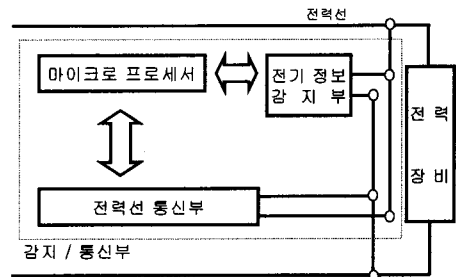


그림 1 제안된 시스템 결선도

그림 1은 전기 기기와 감지부 및 전력선 통신부의 결선을 나타낸 것으로 계측 대상 기기의 전기 정보를 전기 정보 감지부를 통해 검출하고 이를 전력선을 통해 중앙의 제어부로 전송할 수 있도록 설계하였다.

1. 서 론

전력선 통신이란 신호를 전송하는데 별도의 통신선로를 사용하지 않고 전력을 공급하는데 사용하는 전력선을 사용하여 통신을 하는 방식을 말한다. 흔히 '배전선 이용 방식'이라고도 불리며, 주로 전력회사에서 전력회사의 설비인 배전선 자체를 신호 전송로로 이용하므로 통신단말장치까지 별도의 전송로를 구성하지 않아 경제적인 이점이 있으나 통신 선로의 악조건(시변 임피던스, 높은 잡음, 주파수 패딩 등) 때문에 고속 데이터 통신용이 아닌 단일 시스템에 의한 선로 자동화, 자동검침, 부하제어 등에만 이용하였다.

최근 들어 무선 통신 기술의 비약적 발전함으로써 전력선 통신에도 이러한 기술들이 적용되면서 통신 선로로써 전력선이 가지는 악조건을 극복할 수 있는 여러 통신 방식들이 제안되고 있다. 현재까지 제안된 통신 방식의 경우 고속 통신 및 안정적인 통신을 위해 중심 주파수를 높게 책정하여 현행 전파법의 제안을 받고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 현재 제안된 통신 방식 중 450KHz미만의 반송 주파수를 사용하도록 한 국내·외 전파법의 규제를 받지 않으면서, 제품 생산 단가가 낮추어서 즉시 상용화가 가능한 전력선 통신 모듈 및 이를 활용하여 전기 기기의 전압·전류·전력을 계측하여 기기의 이상 유·무를 확인할 수 있는 방안을 제시하고자 한다. [1]-[5]

2.2 전력선 통신부

전력선 통신을 위한 통신부는 크게 변·복조부와 신호 결합장치(Line Interface, Line Coupler)로 나눌 수 있으며 그림 2는 전력선 통신부의 블록도이다.

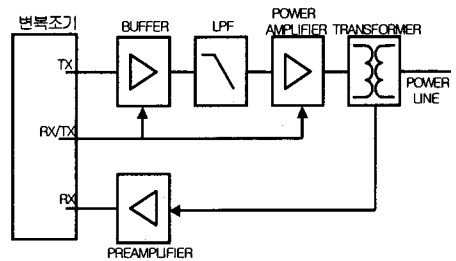


그림 2 전력선 통신부의 블록도

2. Hardware 설계

2.1 감시 시스템의 구성

현재 상용화되어 양산되고 있는 전력선 통신 모듈 가운데 전력선의 열악한 잡음 특성에 강한 내성을 가지며,

2.2.1 변·복조부

전력선 통신과 관련된 규제를 살펴보면 국내의 전파법, 유럽의 CENELEC 및 미국의 FCC 등이 있으며 이를 비교하면 표 1와 같다.

표1 국내·외 전력선 통신 관련 규정

국가 주파수 (kHz)	국내	일본	유럽 (CENELEC)	미국 (FCC)
3 ~ 9	출력	출력	전기공급자	사용금지
~ 95			전기공급자	
~ 125	10W이하	10mW이하	임의사용자	임의사용자
~ 140			규약준제	
~148.5	모두 사용	모두 사용	임의사용자	
~ 450			사용금지	

위 표에서 보는 바와 같이 국내와 일본의 경우 아직 전력선 통신 포럼이 활성화되어 있지 않아 통신에 관한 규약이 없는 반면 유럽이나 미국의 경우 각기 전력선 포럼을 통해 그 규약이 정해져 있으므로 본 시스템의 경우 그 규약이 엄격한 유럽의 경우를 따라 변·복조부의 중심주파수를 임의 사용자가 쓸 수 있는 95~148.5kHz 대역으로 설정하고, 출력 역시 10mW미만으로 설정하여야 한다.

현재 상용화되어 있는 칩셋으로는 국외의 Echelon, Adaptive networks, Domsosys, STS, Philips 등이 있으며 이들의 특징은 표 2와 같다

표 2 대표적인 전력선 통신 칩셋의 특징

제조사	Echelon	Adaptive Networks	Domsosys	STS	Philips
전송속도 (K Bps)	5.4	100	10	2.4	2.4
변조방식	PSK	PSK	SS	FSK	ASK
BERT	10 ⁻⁶	10 ⁻⁹	10 ⁻⁹	10 ⁻⁹	10 ⁻⁹
중심주파수 (K Hz)	100~450	~450이하	100~450	132	132.5

위 비교표를 바탕으로 현재 국내 전파법 및 유럽의 CENELEC 규정에 적합한 STS칩과 Philips칩을 바탕으로 시스템을 구상하였다.

2.2.2 신호 결합 장치

전력선으로 통신을 하기 위해서는 모뎀(변·복조부, 신호 증폭부)과 전력선을 연결시켜주는 신호 결합장치의 역할이 중요하다. 이 경우 전력선에 실려있는 전원 신호(200V, 60Hz)와 데이터 신호 중 데이터 신호만을 필터링하여 통과시키고 전원신호는 차단하는 역할을 해 주어야 한다. 또한 전력선이 가지는 넓은 대역의 노이즈에 대한 필터링 동작을 고려하여야만 하며 외부로부터의 스파이크나 과전압으로부터 내부 회로를 보호할 수 있어야 한다.

그림 3은 일반적인 신호결합장치의 형태이다.[6]

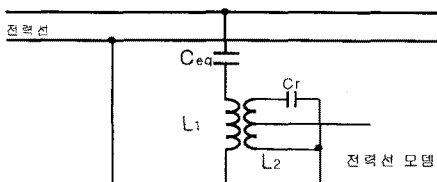


그림 3 일반적인 신호결합기의 형태

이 경우 1차측의 콘덴서는 전원신호에 대한 큰 임피던스로, 2차측 데이터 신호에 대해서는 작은 임피던스로 작용함으로 전원 신호를 차단하는 역할을 하게 된다. 따라서 1차측의 차단 주파수는 식 1과 같다.

$$f_{cutoff} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eq}}} \quad (1)$$

일반적으로 사용되는 변압기의 경우 인덕턴스 값을 마음대로 변화시킬 수 없으므로 L1과 결합되는 선로 커패시터링 커패시턴스 Ceq의 값을 정함으로써 본 논문에서 사용될 주파수 95~148.5kHz 대역을 통과시키는 HPF를 생성하고 2차측의 경우 트랜스포머의 평균 인덕턴스와 병렬로 컨덕터를 연결하여 BPF를 구성함으로써 변·복조기에서 나오는 데이터 신호를 전력선으로 실어 보게 된다. 이 때 트랜스포머의 인덕턴스는 식 2와 같고

$$L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M \quad (2)$$

M : 상호 인덕턴스

이로부터 공진 주파수를 구하면

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}C_{re}}} \quad (3)$$

1차측과 마찬가지로 변압기의 2차측 인덕턴스는 변화시킬 수 없으므로 Cre 값을 변화시켜서 95~148.5kHz 대역을 중심주파수로 갖는 공진기를 설계할 수 있다.

2.3 전기 정보 감지부

전기정보 감지부는 전기 기기로부터 전압, 전류, 전력 등의 각종 아날로그 신호를 읽어들이어 이를 디지털화할 수 있는 A/D 컨버터를 선택, 여기서 측정되는 전기정보를 전력선을 통해 주재기기로 전송하게 할 것이다. 이러한 전기 정보 감지부는 부하와 연결되는 아날로그 신호 입력단과 입력된 신호로부터 디지털 신호를 만들어내는 A/D 컨버터부로 나눌 수 있다.

2.3.1 아날로그 신호 입력단

상용 전원으로부터의 최초 입력단에서는 사용되는 A/D 컨버터 IC의 종류에 따라 전류의 경우 Shunt Resister나 변류기(Current Transformer)를 사용하여야 하고, 전압의 경우 전압 분배기를 구성하여 전압·전류값을 낮추어야 하며, 외부로부터의 ESD (Electrostatic Discharge)로부터 내부 회로를 보호할 수 있어야 한다.

그림 4는 상용 전원의 전압·전류를 측정하기 위한 일반적인 결선 방법을 제시하였다.

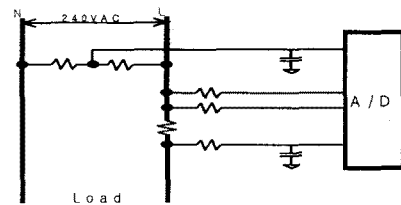


그림 4-a 직접 결선 방식

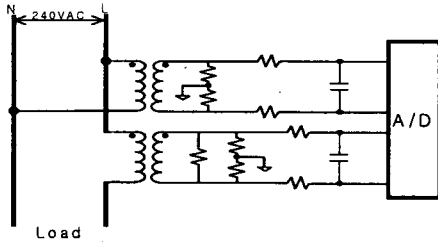


그림 4-b 트랜스포머에 의한 절연 결선 방식

그림 4-a의 경우 Shunt 저항을 사용하여 부하에서 사용되는 전류를 측정하는 것으로 이 경우 저항 및 그 부하 회로에 의한 전력의 손실을 막기 위해 직접 전력선에 저항을 삽입하게 됨으로 A/D 변환기와 마이크로프로세서를 포토커플러 등을 사용하여 분리하여야 한다. 그러나 그림 4-b의 경우는 이미 결선 앞단에 트랜스포머를 사용함으로써 전력선과 A/D 변환기를 분리하여 그림 4-a와 같은 문제점은 발생하지 않으나, 전압 입력단의 경우 Low phase-shift potential 트랜스포머를 사용하여야 하는 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 전압 입력단의 경우 저항 분배기를, 전류 입력단의 경우 변류기를 사용하는 방식을 택하였으며, 앞에서 제시한 ESD (Electrostatic Discharge)로부터 내부 회로를 보호하기 위해 그림 5와 같이 클램핑 회로를 설계하였다.

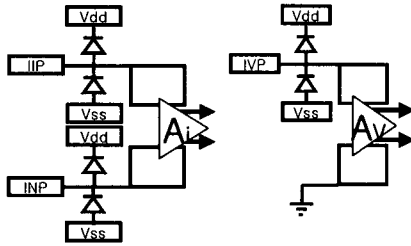


그림 5 ESD Protector

2.3.2 A/D 변환기

측정하고자 하는 아날로그 신호를 빠른 속도로 디지털 신호로 변환하기 위해 단일 IC형태의 A/D변환기를 많이 사용하게 된다. 일반적인 단일 IC형태의 A/D변환기는 내부 잡음을 제거하고 필요한 신호만을 추출하기 위한 필터 및 신호를 적절한 크기로 바꾸기 위한 증폭기와 같은 파형 정형회로가 포함되어있다.

사용되는 시스템의 성능에 따라 적절한 A/D변환기를 선택하기 위해 다음 사항들을 고려하여야 한다.

첫째, 변환 시간 또는 샘플링 속도
A/D 변환이 이루어지는데 소요되는 시간으로 한번 샘플링하는데 소요되는 시간을 의미한다.

둘째, 분해능
분해능(resolution)이란 디지털 출력값을 한 등급만큼 변화시키기 위한 아날로그 입력의 최소변화를 의미하며 이것은 A/D 컨버터가 표현할 수 있는 최소 아날로그량을 나타내는 것이다.

셋째, 샘플/홀드 또는 트랙/홀드
A/D 변환기가 아날로그 신호를 디지털 데이터로 변환하는 동안에 입력 신호가 변동하면 그 출력에 불확실성이 발생되므로 이를 방지하기 위하여 A/D 변환기의 입력단에 샘플/홀드(S/H ; Sample/Hold) 또는 트랙/

홀드(T/H ; Track/Hold)회로를 사용하게 된다. 하지만 이는 전체 샘플링 시간의 증가를 가져오게 된다.

넷째, 정밀도(Accuracy)
흔히 변환 오차를 LSB 또는 % 단위로 나타내어지며 주로 소자 내부의 기준전압, 전압비교기, 저항 등의 오차에 의하여 발생하게 된다.

마지막으로 마이크로프로세서와의 인터페이스 방법들을 들 수 있다. 병렬출력형 A/D 변환기의 경우에는 별 문제가 없으나, AD 변환기의 출력 Bit 수가 μ -processor의 워드 길이를 초과하게 될 경우 접속회로가 복잡해지므로 AD 변환기의 Data를 상/하위 부분으로 나누어 액세스하는 모델을 사용하게 된다. 변환완료 신호를 검출하는 방법에서 폴링 방식, 인터럽트 방식 중 하나를 쓰게 되는 경우가 많으며, 최근에는 범용 Serial Peripheral Interface(SPI)를 이용하거나 샘플링 속도가 매우 빠른 경우에는 DMA 방식을 사용한 모델들이 나오고 있다.

3. Software 설계

3.1 제어 단말장치

시스템 초기화 이후 프로세서는 수신상태를 유지하게 되며, 별도의 인터럽트를 받기 전에는 전기 정보 감지부로부터 일정 간격으로 감지 정보를 계속 입력, 내부 래지스터에 보관하게 된다.

그림 6은 마이크로 컨트롤러 제어 프로그램의 순서도이다.

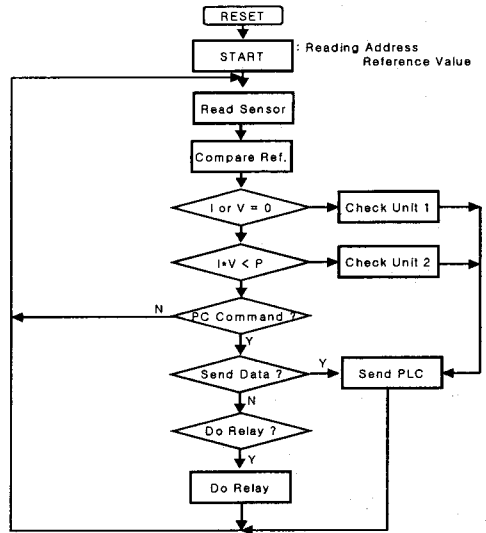


그림 6 마이크로 컨트롤러의 순서도

미리 설정된 전압·전류·전력의 기준 값과 새로이 입력되는 값을 비교, 전기 장비의 이상 유·무를 판단하게 되고 이상이 발견되면 인터럽터가 발생, 메인으로 그 데이터를 보내게 된다.

3.2 중앙 관리 시스템

중앙 관리 시스템은 제어 단말장치로부터 주기적으로 전기 정보를 스캔하고, 단말장치로부터 이상 유무가 접수될 때 이를 출력하고 저장하는 기능을 가지게 된다. 주요 처리 루틴은 그림 7에 나타내었다.

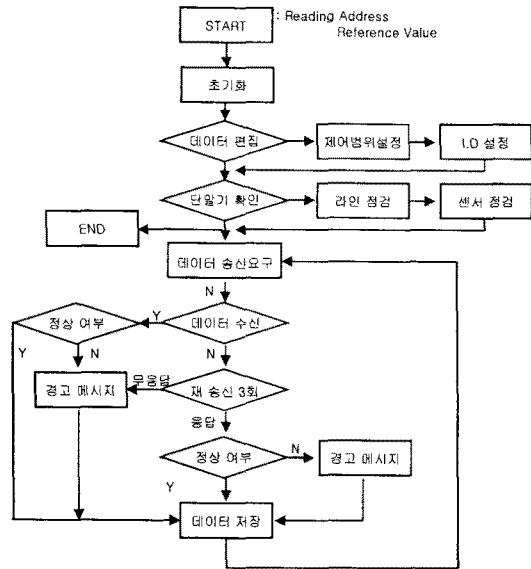


그림 7 관리 시스템 순서도

전체 시스템은 단말장치와의 통신부를 설정하는 초기화 부분과 단말 장치의 I.D.를 설정, 편집 및 기억하는 데이터 편집, 단말장치로부터 주기적으로 감시 정보를 입수, 분석하는 주 제어부, 단말장치의 이상 유무를 점검하는 통신부 등으로 이루어져 있다.

3. 결 론

지금까지 현행 법률의 테두리 안에서 사용 가능한 전력선 통신을 이용한 전기 정보 감지 시스템의 사양에 대하여 논의하였다. 이를 바탕으로 실제 시스템의 제작하고 있으며 이와 병행하여 전력선 통신 시스템에 대한 필드 테스트를 실시할 예정이다.

앞에서 제시한 것처럼 전력선 통신이 상용화되기 위해서는 법적 규제, 표준화, 실장테스트를 통한 신뢰성 확보 등이 이루어져야한다.

법적인 규제의 경우 현재 정부차원의 검토가 이루어지고 있으며, 통신 방식의 표준화는 한국 PLC 포럼이 주축이 되어 진행하고 있다. 하지만 실장 테스트를 통한 전력선 통신의 신뢰성에 대한 연구는 아직 미흡하며, 전력 통신을 활용할 수 있는 시스템에 대한 연구는 또한 초보단계에 머물러 있다고 하겠다. 따라서 앞으로의 연구 과제는 기존의 전력선 통신 기술을 활용한 다양한 어플리케이션의 구현에 중점을 두고 연구하게 될 것이다.

(참 고 문 헌)

- (1) K.C. Abraham, " A novel high-speed PLC communication modem", IEEE trans. Power Delivery, Vol.7, No.4, pp.1760-1768, Oct. 1992.
- (2) J.T. Tengdin, " Distribution line carrier communications - an historical perspective", IEEE Trans. Power Delivery, Vol.PWRD-2, No.2,pp.321-329, Apr. 1987.
- (3) A. Miyahara, "Development and field test on a distribution line carrier communication system", IEEE

Trans. Power Delivery, Vol.PWRD-1, No.3, pp.28-34, July. 1986.

(4) M. H. Shwedi, "A power line data communication interface using spread spectrum technology in home automation", IEEE Trans. Power Delivery, Vol.11, No.3, pp.1232-1237, July. 1996.

(5) M. Sekizawa, "Development of high speed communication system using power distribution line carrier", Proc. PLC'98, Tokyo, pp.158-173, Mar. 1998.

(6) K.C. Abaham & S.Roy "A Nivol High Speed PLC Communication Modem", IEEE Trans. on power delivery Vol.7, No.4, pp.1760-1768, Oct. 1992