

Power Line Communication을 이용한 부하관리에 관한 기초연구

박재호, 홍승만, 노대석
한국기술교육대학교

A study on the load management by using Power Line Communication

Jaeho Park, Seungman Hong, Daeseok Rho
Korea University of Technology and Education

Abstract - 전력선 통신은 전기공급을 위해 기존에 설치되어 있는 전력선을 그대로 이용하는 것으로 통신망을 새롭게 설치할 필요가 없다는 편의성 및 경제적 잇점을 가지고 있다. 최근 전력선 통신 기술을 이용하여 조명제어, 침입탐지와 같은 방법, 가스원격 차단과 같은 방법, 냉난방기기의 제어와 같은 홈오트메이션, 자동원격 검침, 원격모니터링에 적합한 기술로 주목받고 있다. 특히 전력선 통신을 이용한 홈네트워크의 구축도 가능할 것이다. 본 논문에서는 전력선 통신의 등장배경과 정의, 핵심 기술을 알아보고, 간단한 모델과 사용자인터페이스를 제작하여 간단한 부하를 제어함으로써 차후 전력선 통신을 이용하여 가정내 또는 사업체에서의 부하관리의 가능성을 연구하였다.

정내에서의 전력선을 이용한 홈네트워크의 개념도이다.

표 1. 전력선 통신의 장단점

장점	- 별도의 통신 선로 불필요 - 콘센트를 이용하여 간편하게 접근 가능
단점	- 제한된 전송 전력 - 높은 부하 간섭과 잡음 - 가변하는 신호 감쇄 및 임피던스 특성 - 주파수 선택적 특성

1. 서 론

1990년대에 들어서서 “Home Automation”이라는 산업 분야가 등장하기 시작하여 이제 차세대 가전제품에 대한 연구개발이 활발하게 이루어지고 있다.

Home Automation이 주는 가장 중요한 장점은 가전제품에 대한 생산과 서비스를 종합하고 결합하여 생기는 시너지 효과라고 할 수 있다. 이미 중소기업을 중심으로 Home Automation에 대한 marketing을 시작하고 있으며 대규모회사에서는 이러한 신흥시장에 대한 가능성에 대하여 집중적으로 시장 조사및 개발 중에 있다. Home Net를 구성하는 통신기술이 이 시장성의 예측에 중요한 역할을 하지만, 더 중요한 것은 이 통신기술을 실제로 가전제품에 적용하여 수요를 창출하고 생산원가를 줄이며 다른 회사와의 차별을 가져와서 생산회사에 도움이 된다는 확신이 얼마나 있는냐에 따라 결정된다고 할 수 있다. 즉, Home Automation시장의 성장성은 가전제품 생산회사가 얼마나 적극적으로 나오느냐에 있는 것이다. 여기에 결정적인 요소는 선방주자가 통신에 대한 규격을 결정할 가능성이 높은 것이며, 다른 하나는 이러한 데이터 교환을 적용할 새로운 제품의 발명과 발표에 의하여 회사와 소비자가 이익을 볼 수 있다는 것이다. Home Automation에 있어서 가장 중요한 것은 통신망이라고 할 수 있다. 이 가정통신망(Home Net)은 가전제품, 센서, 콘트롤러, 제어 판넬을 연결하는 주 Infrastructure에 현재 전력선을 이용한 Power Line Communication에 의하여 개발되고 있다.

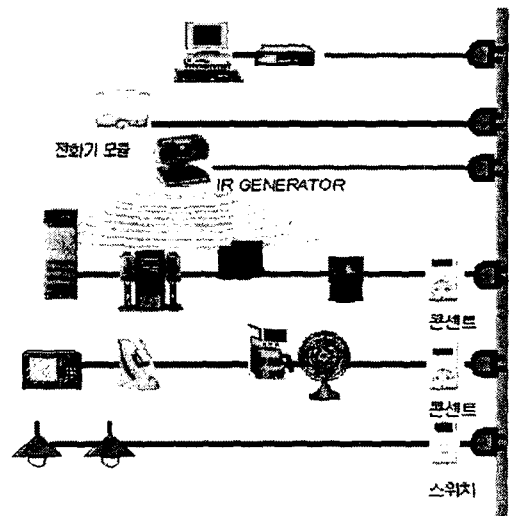


그림 1. 전력선을 이용한 홈네트워크 개념도

2. 본 론

2.1 전력선 통신

(1) 전력선 통신의 정의

전력선 통신(Power Line Communication:PLC)이란 가정이나 사무실에 포함되어 있는 전력선을 통하여 통신신호를 고주파 신호로 바꿔 실어 보내고 이를 고주파 필터를 이용, 따로 분리해 신호를 수신하는 방법이다. 표 1은 전력선 통신의 장단점을 간단히 나타냈고, 그림 1은 가

(2) 전력선 통신의 핵심 기술

FrontEndSkill은 전력선에 신호를 실어주든가 전력선으로부터 신호만을 분리해내는 기술로서 크게 bandpass filtering과 impedance matching의 기술이다. bandpass filtering 기술은 원하는 신호만 받아들이고 전력이나 noise 신호를 제거하는 기술이다. impedance matching 기술은 선로의 impedance와 관련된 것으로 주어진 환경에서 최대의 신호전력이 상대측으로 전달되도록 하는 것이다.

Channel Coding은 전력선에 올려졌거나 올려질 신호를 어떻게 코드화 혹은 부호화 하는가와 관련된 기술로 전력선의 노이즈 특성과 감쇄특성으로 인해 전력선 통신의 가장 중요한 기술분야이다.

Modem은 신호 변복조 기술로 열악한 전력선채널을 극복하고 전송속도의 향상을 도모하기 위한 통신방식으로 FSK, DS-CDMA, OFDM등을 주로 이용한다.

MAC은 신호패킷의 충돌로 인해 낭비되는 시간과 대역폭을 줄여신호를 안정적이며, 빠르게 보내기 위한 기술이다.

2.2 시스템 전체구성

본 연구에서 제작한 시스템은 그림 2과 같이 전력선통신모뎀부, 부하기기 회로부, 사용자 인터페이스부로 구성되어진다. 사용자 인터페이스부는 RS-232를 통해 Sever-모뎀부에 데이터를 보내며 보내진 데이터는 전력선을 통해 Client-모뎀부로 전송된다. 이 전송된 데이터를 바탕으로 부하제어 회로부를 원격으로 제어한다.

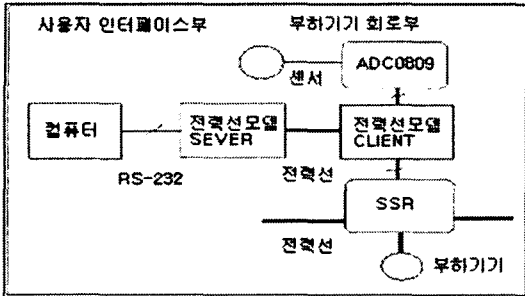


그림 2. 시스템 전체 구성도

2.3 전력선통신 모뎀부

전력선 통신 모뎀부는 그림 3과 같이 Coupler 부분, Line drive 부분, Modem chip 부분, 콘트롤러 부분으로 구성된다.

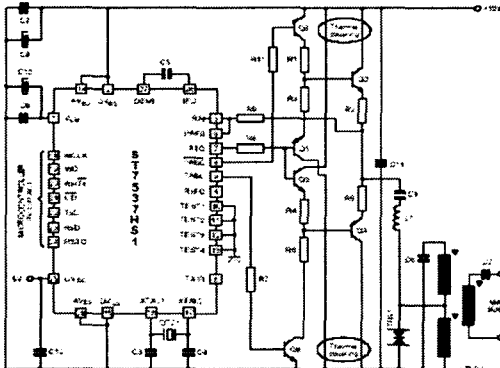


그림 3. 모뎀부 구성도

콘트롤러부로부터 "송신모드" 명령이 전달되고, 디지털 입/출력부에서 이것을 받아 해석하여 우선 송수신제어신호를 "송신"으로 정한다. 드라이버회로(Driver Circuit)는 증폭회로를 사용하도록 결정하고, 데이터가 디지털 형태로 콘트롤러부로부터 전력선 모뎀칩으로 전달 아날로그 신호의 형태로 변환된다. 이 신호를 아날로그 신호의 형태로 바꾸는데 디지털 신호의 "1"과 "0"에 해당하는 아날로그 신호에 해당하는 주파수를 주파수 변/복조 회로를 통하여 생성하고 이 주파수 신호는 드라이버회로의 증폭회로를 지나서 커플러로 들어가게 된다. 커플러의 역할은 모뎀칩에 의하여 생성된 특정주파수 신호만 전달되고 다른 신호는 통과하지 않도록 하는 기능을 한다. 변조된 신호가 전력선에 흐르게 되면 이 신호가 커플러를 통하여 특정주파수 신호만 전력선 모뎀부로 들어오게 된다.

콘트롤러부의 명령에 의하여 "수신모드"에 있게 되면 커플러를 통한 주파수 신호는 증폭회로를 지나지 않고 바이패스(bypass) 되어 전력선 모뎀칩으로 아날로그 신호의 형태로 들어가게 된다. 아날로그 신호는 필터와 주파수 변/복조를 지나면서 "1"과 "0"의 디지털 형태로 바뀌게 되고 이 디지털 신호가 콘트롤러부로부터 출력한다.

(1) Coupler 부분

전력선 통신에서는 전력선의 임피던스가 얼마인가가 중요한 요소중의 하나이다. 즉, 전력선의 전기적 특징을 알아야 Power Line Interface 즉, Coupling을 적절하게 할 수 있는 것이다. Europe의 CENELEC 규정에 따르면 전력선의 모델을 그림 4과 같이 제안하고 있다. 즉, 50 ohm의 저항이 50ohm의 저항과 50 micro henry (uH)의 병렬 임피던스와 직렬로 연결된 구성을 전력선에 대한 모델링으로 사용한다.

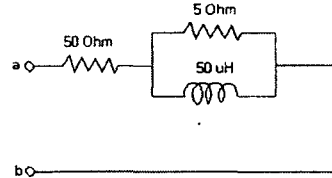


그림 4. Coupler 모델링

Power Line Interface는 위와 같은 Impedance를 갖는 Power Line과 Line Driver 사이를 연결해 주는 Interface이다. 즉 Power Line Interface는 Line Driver의 신호가 Power Line으로 잘 전달되도록 적응시키는 부분이다.

Transformer는 Power Line과 Modem Circuit을 분리해주는 역할을 하고, 송신신호를 Power Line에 공급하며, Power Line으로부터 신호를 수신하고, Power Line으로부터 60Hz 신호를 차단하는 역할을 한다. 그리고 송신되는 신호로부터 Harmonic을 필터시키는 역할을 한다. 이 Transformer 및 Capacitor CC, C1을 그림 5와 같다. Winding 2-3과 1-2는 Band Pass Filter역할을 하는데, Capacitor C1을 이용하여 Resonance Frequency를 정할 수 있다. Capacitor C1은 Winding 2-3과 1-2와 병렬로 연결되어 Winding 2-3과 1-2에 의한 Inductance와 LC Circuit을 형성하게 되고 Resonance Frequency F_{res} 에 의한 식은 다음과 같이 이루어진다.

$$F_{res} = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{LC_1}}$$

F_{res} 를 132KHz로 하면 C1은 6.8nF의 값이 얻어진다.

전력선에서 입력되는 신호 중 60Hz성분을 제거하고 통신에 사용되는 132kHz의 주파수를 필터링한다. 4단의 CC는 60Hz의 신호를 제거, 트랜스포머의 3-2단과 C1 캐패시터가 BandPass Filter의 역할을 하도록 0.213788mH의 인덕턴스와 6.8nF의 캐패시턴스를 갖도록 구성한다. 제너 다이오드 DI은 3-2단과 2-1단에 6.8V이상에 과전압이 인가되지 않도록 하는 보호한다.

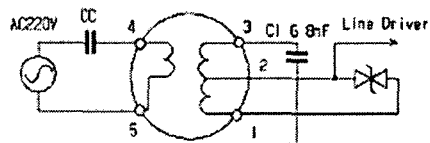


그림 5. Coupler 구성도

(2) Line Driver부분

Line Diver의 목적은 다음의 두 가지이다. 즉, 송신모드에서는 Modem chip의 ATO핀으로부터 나오는 신호를 amplify하고 Filtering하는 역할을 하며, 수신모드에서는 Power Line Interface에서 온 신호를 Modem chip의 RAI핀으로 보내는 역할을 한다. Modem chip에서는 Transmit와 Receive모드를 PABC핀과 ~PABC핀에 의하여 조정하는데, 아래와 같이 Mode가 결정된다. PABC신호에 의해 Coupler로 연결이 되도록 TR회로를 구성. ~PABC신호를 이용하여 수신신 Coupler에서 RAI로 연결되도록 TR회로를 구동한다.

(3) Modem Chip 부분

Modem Chip의 주요 핀 설명은 표 2와 같다.

표 2. Modem Chip의 주요 핀 설명

RAI	Receive signal
ATO	Output signal to line driver
PABC	Mode decision 핀. Transmit Mode에서는 +10V
~PABC	Mode decision 핀. Receive Mode에서는 +10V
~CD	Carrier Detection 핀. RAI에 입력된 신호가 약 5mV 이상이면 핀이 LOW가 된다.
TxD	Micro controller와 연결하는 핀으로 micro controller로부터 Serial Data를 받는 핀.
RxD	micro-controller와 연결하는 핀으로 micro-controller로 Serial Data를 보내는 핀.
RX/~TX	Micro-controller에 의해 Low와 High가 결정, High이면 Micro-controller로 serial Data를 보내는 Mode. Low이면 Micro-controller로부터 Serial Data를 받는 Mode.

(4) 콘트롤러 부분

마이크로 콘트롤러에서 sever의 경우 PIC16C57의 회로는 그림 6와 같이 구성된다. P0부터 P3까지의 4개의 포트를 Modem chip에 인터페이스 하였고 Max232 chip을 사용하여 컴퓨터와 RS-232 통신이 가능하도록 하였다.

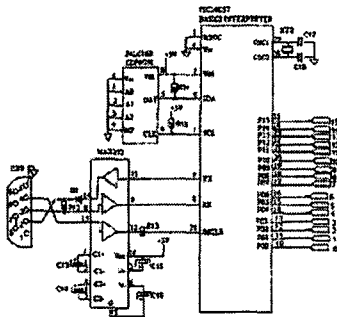


그림 6. 콘트롤러 부

2.4 부하기기 회로부

부하관리 회로는 옥내 전등의 배선을 간략하여 구성하였다. 다만, 스위칭 회로를 인터페이스 하기 위하여 수동 스위치와 SSR을 3로 구성하였으며 밝기제어를 위한 램프는 3로 아닌 단 2로 ADC를 이용하여 구성하였다.

(1) Solid State Relay를 이용한 스위칭 회로 구성

SSR의 내부는 Photo Switch로 구성이 되어 입력단에 적은 전압으로 큰 전압을 스위칭할 수 있는 포토 스위치이다. 한 개의 SSR은 그림 7과 같으며 구성된 회로에 적용하기 위하여 3개의 Lamp를 스위칭할 수 있도록 6개의 SSR과 포토다이오드 전류 제한용 저항을 사용하였다

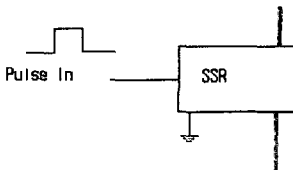


그림 7. SSR 구성도

(2) ADC를 이용한 부하관리 회로 구성

그림 8은 ADC의 구성도로 포토다이오드부터의 아날로그 신호를 디지털 신호로 바꿔주는 역할을 한다. 전류량을 제어하기 위하여 감압저항을 각각 5.6K를 한개의 분로마다 설치하여 각각의 분로를 SSR로 스위칭 하도록 하였다.

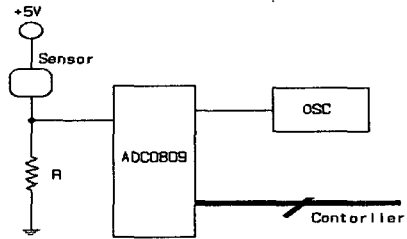


그림 8. ADC 구성도

2.5 사용자 인터페이스부

사용자프로그램은 인터페이스 구성의 편의상 Visual Basic 6.0을 이용하였다. 그림 9와 같이 인터페이스를 통해 각각의 Lamp를 On/Off할수 있고 밝기제어를 자동/수동 전환할 수 있도록 구성하였으며, 수동시 각각의 밝기를 제어할 수 있도록 하였다. Server 프로그램과 사용자 프로그램이 RS-232를 통해 통신을 할 수 있도록 MSComm Contorl을 이용하여 Com Port를 사용하도록 하였다.

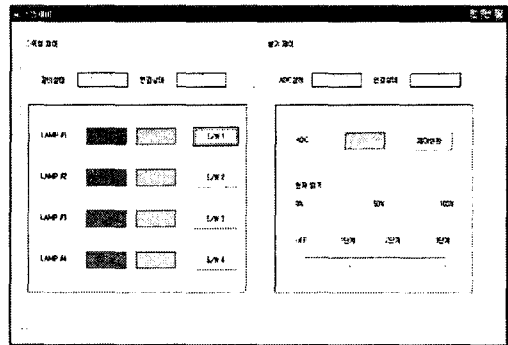


그림 9. 사용자 인터페이스

3. 시스템 제작 및 시험결과

본 논문에서는 앞에서 분석된 Coupler, Line drive, Modem chip, 콘트롤러를 그림 10과 같이 기판에 구성하였으며, 그림11과 같이 전체를 구성하였다. 이를 이용하여 실제 간단한 부하회로를 제어할 수 있었다.

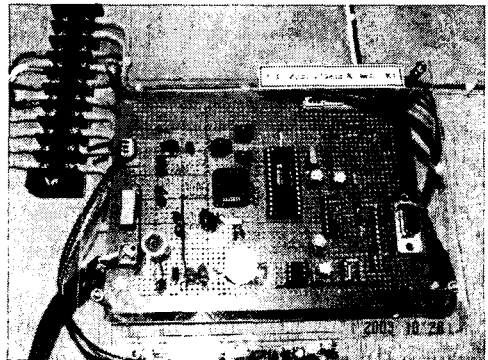


그림 10. 제작 모델



그림 11. 전체 구성회로

4. 결 론

전력선 통신 기술은 고속기술과 저속기술이 적용하고자 하는 분야가 다르다. 즉 일본이나 한국과 같이 초고속 인터넷을 위한 네트워크망이 발달된 나라에서는 엑세스망으로서의 전력선 통신보다는 가정내 기기의 네트워크와 제어를 위한 기술개발에 초점을 맞추고 있다. 현재 홈네트워크를 구현하기위해 필요한 기술로 부각되는 기술은 전력선통신, 유선망, 무선망등이 있다. 하지만 홈네트워크에서 이들중 하나가 독점을 한다기 보다는 고유한 특성을 가지고 각각 병행 혹은 결합하면서 홈네트워크영역을 구축해 갈것으로 생각되며 전력선 통신을 이용하여 가정 또는 사업체에 네트워크를 구축한다면 최적의 부하관리가 가능한 시스템을 개발할 수 있다고 생각된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김 창중, "PLC 응용기술", 한국기술교육대학교 능력개발원, 2000
- [2] Ivor Horton, "Visual C++6", 정보문화사, 1999
- [3] 오성근, 김병철, 서장수, 이현수 공저, "최신전기응용", 태영문화사, 2000