

전력선통신을 이용한 가정용 지능화 부하 단말 시스템의 개발

박 찬 원, 전 진 옥, 전 삼 석  
 강원대학교 IT특성화학부, 한국폴리텍1대학

Development of smart power terminal system for home use with power line communication

Chan-won Park, Jin-wook Chun, Sam-suk Chun  
 Kangwon National University, Korea Polytechnic 1 College.

**Abstract** - 본 논문은 전원출력단(outlet)에 연결된 이산적인 사무용 및 가전기기들의 전력사용을 실시간으로 감시 센싱하고 이들 간의 데이터 전송 및 사용상태를 파악하여 최적의 전력 사용 환경을 유지 할 수 있도록 제어해 주는 설비장치와 전력선통신의 신호전달을 원활히 하기위한 전력선 통신 리피터의 개발에 관한 것이다.

1. 서 론

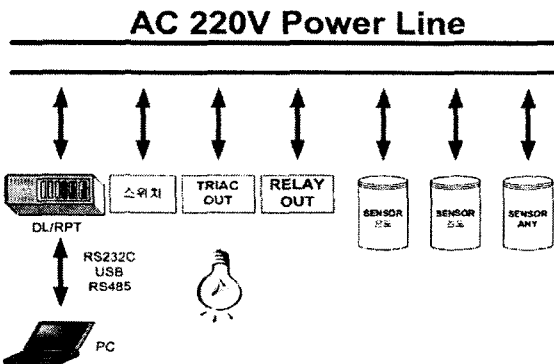
IT기술이 발전함에 따라 사무실 및 가정용 전기기기의 사용이 복잡하고 다양해지고 있다. 이와 함께 전력 소비가 급증하면서 에너지 낭비문제 뿐만 아니라 안전의 위험이 증가 되고 있어 구내의 각종 전기기기의 전원을 절 약하고 보다 안전하게 제어하고 원격제어까지 가능한 구내용으로서의 지능 화된 부하감시 및 제어 설비의 출현이 요구되고 있다.

본 연구에서는 이러한 전력사용 환경에서 구내에 연결된 각 부하기기들을 실시간으로 전력을 센싱하고 이를 전력선 통신을 이용하여 간이 데이터베 이스로 분석하고 사용 상태를 파악하여 최적의 전력사용 환경을 유지할 수 있도록 제어해주는 장치를 개발하고자 하였다. 구현하고자 하는 장치의 기 술로서 기본적으로 실시간 전력을 센싱하는 아날로그신호처리 기술과 마이 크로프로세서의 신호처리를 기술적 기반으로 하며 이를 바탕으로 한 디지 털제어 기술, 전력출력을 제어하는 반도체 전력소자의 제어기술, 그리고 각 모듈과 유니트들을 연결하는 전력선 통신 모듈기술들을 핵심적으로 2004년 도에 '지능화된 부하 감시 및 제어 설비의 개발'이라는 연구기술을 발표한 바 있다, 이러한 부하 감시 시스템에 있는 Data Repeater는 전력선 통신에 있어서 전원의 변압트랜스가 있거나 3상 전원과 같이 전원부의 상이 다르 면 전력선 통신이 연결되지 않거나 불가능하고, 장거리 통신이 어려운 단점 이 있다. 본 기술 개발은 이러한 문제점들을 해결하고 Data Repeater 부분 에 여러 가지 통신방식 (USB, RS232, RS485, PLC MODEM 1, PLC MODEM 2) 기능을 추가하여 다양한 통신이 가능한 인터페이스를 구현 하 였다.

2. 본 론

2.1 전체시스템 구성

개발된 시스템은 부하장치의 센싱, On/Off 및 위상 제어가 가능한 여러 기능을 갖는 모듈로 구성되어 있으며 독립적인 DATA Repeater/Controller 는 PC와 여러 가지 통신 방법(USB, RS232C RS485)을 통합적으로 사용 가 능하게 설계 하였다. 그림 1은 전체 시스템 구성도 이다.



<그림 1> 전체 시스템 구성도

2.1.1 각 모듈과 유니트별 기능

스위치 모듈과 Relay output 모듈은 단순 스위치형, 타이머 기능형, 조광 용 Dimmer형, 방법 조광기능형, 복합 기능형으로 설계가 가능하다. TRIAC output 모듈은 각 출력 Unit 별 전류 측정기능, On-Off, Timer, Dimmer,

Bright control이 가능토록 설계하였다.

각종 Sensor 모듈은 필요에 따라 조명, 온도, 연기, 가스, 방범용 등의 센 서를 부착하고 지능화된 동작으로 외부와 통신이 가능하다.

Data Repeater Control Unit은 각 Unit의 Data를 받아 중계기 역할을 하고 PC와 연결하여 각 Unit를 제어 할 수 있도록 설계하였다.

2.2 하드웨어의 구성

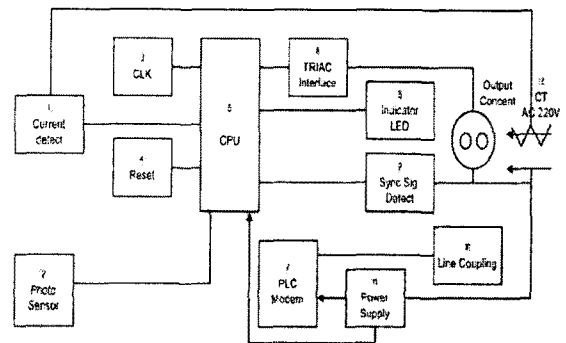
2.2.1 각 모듈과 유니트별 기능

스위치 모듈과 Relay output 모듈은 단순 스위치형, 타이머 기능형, 조광 용 Dimmer형, 방법 조광기능형, 복합 기능형으로 구성이 가능하다. TRIAC output 모듈은 각 출력 Unit 별 전류 측정기능, On-Off, Timer, Dimmer, Bright control 이 가능토록 설계되었다. 각종 센서 모듈은 필요에 따라 여 가지 센서를 장착 할 수 있게 구성되어 있다. 조명, 온도, 연기, 가스, 방범 용 등을 부착하여 지능화된 동작으로 외부와 통신이 가능하다.

기존의 연구결과에서 사용된 Data Logger/Repeater control unit 은 각 Unit 의 Data를 입출력 직접 제어하는 기능 및 PC 와 RS232C 또는 TCP/IP를 통한 제어만 가능했으나, 새로 개발된 본 연구에서의 Data Repeater는 전력선 통신의 단점을 보완 하고 PC를 이용하여 Data Repeater 와 연결하여 각 모듈을 GUI로 직접 제어하고 각 모듈과 Unit의 Data 값을 수집하고 분석 할 수 있는 기능을 추가하였다. 또 전화나 인터넷을 이용하 여 각 모듈들의 원격 제어가 가능하다.

2.2.2 콘센트형 부하 감시 제어 장치

그림 2는 콘센트형 부하 감시 제어 장치의 구성블록도를 보여 주고 있다. 콘센트 형으로 설계제작되어 일반 가정용 콘센트에 삽입이 가능하게 설계 되어 있다. 각 부하 감시 모듈은 어떤 센서를 장착하느냐에 따라서 그 기능 을 달리 사용 할 수 있는 특징을 가진다. 다음은 각 부분에 대한 설명이다.



<그림 2> 지능화 콘센트 블록도

- ① Current detect 회로 - 전원 라인에 CT를 설치하여 교류 전원에 동기 되는 전류파형을 검출하고 이를 브릿지 정류회로와 평활용 콘덴서를 거쳐 서 평활된 직류레벨로 파형을 정형한다.
- ② Photo sensor - 조명부하의 조명 상태 검출과 부재중 방범기능을 위하 여 광센서(CdS)를 부착한 조명레벨 검출 회로를 설계하였다.
- ③ CLK회로 - CPU의 기본타이밍을 제공하는 클록은 11MHz 크리스털로 설계, CPU의 1사이클이 90ns로 동작한다.
- ④ Reset 회로 - 소형화와 경제성을 고려하여 기본적인 RC리셋 회로로 설계하였으며 오동작을 배제하기 위한 안전회로를 부가하였다.
- ⑤ CPU - 전류의 검출과 광센서의 검출을 제어하는 A/D 변환 기능과 PLC 통신 Modem IC를 제어하며 출력전압의 TRIAC 제어 신호를 발생시 킨다. 내부에 2kbyte 의 프로그램 ROM을 갖는 one chip CPU로 구성되어 있다.
- ⑥ Indicator LED - 콘센트 모듈의 동작상태(status)와 TRIAC On/Off 신

호 상태를 표시한다.

⑦ PLC Modem - 120~150kHz의 carrier 주파수를 갖는 Power Line Communication용 Modem IC로써 PLC통신 Half Duplex로 세팅하였다.

⑧ TRIAC Interface - 전원고압회로와 Digital 저압회로를 isolate 하기 위한 커플링 회로로써 TRIAC의 트리거에 LED-Photo TRIAC 포토커플러를 사용하였다.

⑨ Sync Signal Detect - 전원라인의 주파수를 zero crossing position 의 동기신호를 추출하기 위한 회로로써 TRIAC 제어 타이밍과 각 센서의 제어 그리고 PLC 통신의 기준 신호로써 이용된다.

⑩ Line Coupling - 인덕턴스와 콘덴서로 임피던스 Step-down을 하고 25T :100T 페라이트 코어트랜스로써 PLC의 line Coupling 회로를 구성하였다. 이 때 MODEM IC의 송수신단자가 동상모드 전압이 5V를 초과하지 않도록 제너 다이오드를 병렬로 연결하였다.

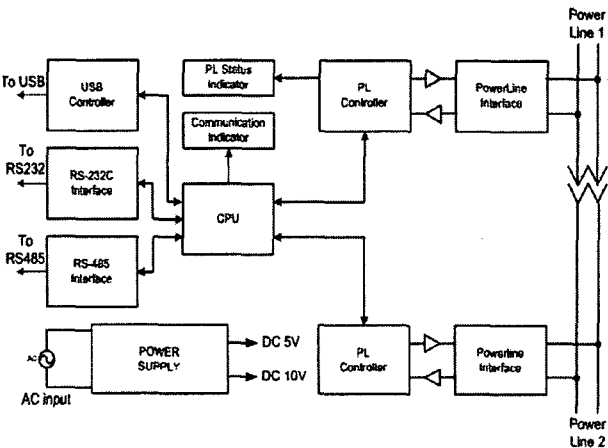
⑪ Power Supply - 모듈장치는 매입형 콘센트형의 소형으로 구성되므로 Step-down 전원트랜스를 장치하면 공간이 커져 소형화를 만족할 수가 없다. 따라서 회로에서는 Impedance Step-down 회로를 사용하여 AC전원을 감쇄시키고 브릿지 다이오드로 정류하는 소형의 회로를 개발하였다.

⑫ CT와 전원 - 코일형 CT로써 전원 전압의 전류를 검출하는 방식을 사용하였다.

### 2.2.2 Data Repeater

전력선 통신선로에 변압트랜스가 있거나 3상전원과 같이 전원의 상이 다르면 통신이 연결 되지 않거나 신호가 약해지는 문제점이 있으며 장거리 통신이 어려운 경우가 있다. 이러한 문제점들을 극복하기 위하여 통신 오류가 없는 디지털방식의 Data Repeater를 개발 하였으며 다음은 본기술결과의 특징을 요약해 놓은 것이다.

- ① 선로상의 전원 변압트랜스 양단에 연결하면 Data가 증계된다.
- ② 3상 전원과 같이 상이 다른 전원라인이라도 통신이 가능하다
- ③ 발전주파수만 변경하면 서로 다른 주파수로 증계도 가능하다.
- ④ 여러 종류의 통신 규격을 지원한다.



〈그림 3〉 개발된 Data Repeater의 구성블럭도

그림 2는 Data Repeater의 하드웨어의 구성을 보여준다. 앞서 연구에서 개발된 Data Repeater는 부하 단말장치를 원격으로 제어하기 위해서는 키패드와 RS232C등으로 매우 단순하게 단말장치를 제어하였다. 본 연구에서 업 그레이드 된 Data Repeater에는 여러 가지 통신 방법을 지원하며 전보다 쉽고 편리하게 PC와 부하 단말장치와 통신을 할 수 있게 설계하였다. 본 연구의 Data Repeater에는 USB, RS232, RS485, PLC MODEM 1, PLC MODEM 2 와 같이 다섯 가지의 내장 통신규격을 구비하고 있다. 예를 들어 USB를 이용하여 PC와 Data Repeater를 연결한 후 PC쪽에서 Data를 보내면 Data Repeater는 Data를 각각 RS232, RS485, PLC MODEM 1,2 쪽으로 Data를 송신하는 구조로 구성되어 있다.

예)

- ① RX -> USB  
TX -> RS232, RS485, PLC MODEM 1, PLC MODEM 2
- ② RX -> RS232  
TX -> USB, RS485, PLC MODEM 1, PLC MODEM 2
- ③ RX -> RS485  
TX -> USB, RS232, PLC MODEM 1, PLC MODEM 2
- ④ RX -> PLC MODEM 1  
TX -> USB, RS232, RS485, PLC MODEM 2
- ⑤ RX -> PLC MODEM 2  
TX -> USB, RS232, RS485, PLC MODEM 1

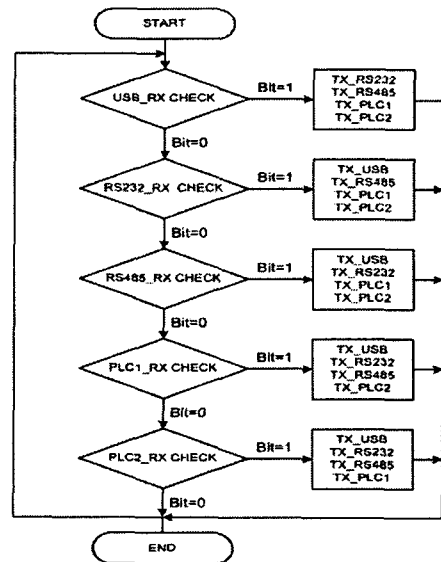
이와 같이 내장되어 있는 모든 통신 규격은 서로 교차 지원을 할 수 있다. 고속의 데이터통신이 아닌 일반적인 콘트롤신호의 통신에서 지연시간이 거

의 없는 실시간 증계를 할 수 있으며 통신 속도는 50~1200 BAUD로 동작 한다.

### 2.2.3 Data Repeater의 소프트웨어

그림 4은 Data Repeater의 소프트웨어의 흐름도를 간단히 나타낸 것이다. Data Repeater는 각 채널로 들어오는 송신데이터를 체크를 한다. 우선 USB부터 체크를 해서 만약 USB를 통하여 데이터가 입력 되면 그 데이터를 다른 통신 채널인 RS232C나 RS485 그리고, PLC1, PLC2인 전력선 모뎀으로 받은 데이터를 넘겨준다. 이렇게 맨 처음에 USB를 검사한 다음에 RS232, 그리고 RS485를 검사한 후 PLC1, PLC2 순으로 입력 체크를 하며 입력이 들어온 채널을 제외한 나머지 채널로 데이터를 넘겨준다.

기존의 Data Repeater는 키패드로 입력을 받아 단말 부하 장치를 제어 했으나, 본 연구에서 개발된 Data Repeater는 PC를 이용하여 단말 부하 장치의 작동여부와 그 장치에 달려있는 센서를 통해 측정된 값을 실시간으로 PC로 전송하여 단말 부하 제어 및 상태를 PC에서 GUI로 된 그래픽 창으로 그 장치의 상태를 확인 할 수 있다.



〈그림 4〉 Data Repeater의 소프트웨어 흐름도

### 3. 결 론

앞서의 연구에서 저가의 원칩 마이크로프로세서를 이용하여 콘센트에 내장 가능한 부하 감시 및 제어장치 모듈과 이를 직접 제어하고 데이터 수집 및 전송하는 Data Repeater를 개발하였다. 그러나 Data Repeater만 가지고 부하 단말 모듈을 제어하기 위해서는 여러 가지 기술적 제한이 많아 더 효율적이고 다양한 통신 방법을 지원하는 Data Repeater를 개발하였다. 전력선 통신의 통신 방해 요소인 선로중의 변압기와 전원의 상이 다를 경우 통신이 어려웠던 것을 해결하고 장거리 통신이 가능하게 하였다. 이 기술을 통하여 사용자가 필요로 하는 센서 단말 장치의 정보를 원격 제어 관리 및 지속적 데이터 습득이 가능하게 되었고, 전력 설비의 상시 감시 진단을 통한 전력 공급의 안정성 및 신뢰도 향상에 기여할 수 있으므로 보다 효율적인 전력 관리가 가능할 것으로 기대된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Robert F. Coughlin, Robert S. Villanucci, "Introductory Operational Amplifiers and Linear ICs", Prentice Hall, pp. 249-285, 1990
- [2] Stephen D., "Interfacing : A Laboratory Approach Using the Microcomputer for Instrumentation, Data Analysis and Control", University of California, Berkeley, Prentice Hall, 1990
- [3] James W. Stewart "8051 microcontroller, Hardware, Software & Interfacing", Prentice Hall, 1998.
- [4] Robert W. Erickson, Dragan Maksimovic, "Fundamentals of Power Electronics", Kluwer Academic 2001.