

지능화된 부하 감시 및 제어 설비의 개발

Development of Smart Power Outlet and Controller Installations

박찬원, 박희석, 반윤호 강원대학교 전기전자공학부

Chan-Won Park, Hee-Suk Park, Yun-Ho Ban

Department of Electrical and Computer Engineering, Kangwon National University.

Abstract

This paper describes a development of smart power outlet and controller installation which is equipped for discrete power load environment such as office and home appliance. This system will sense a real-time power consumption and analyze the status, then, will keep optimal power use condition. The proposed method is applied to the real design, and that experimental results showed good performances on the wall-outlet, also, is expected to be used in the smart home automation installations.

Keywords

smart power outlet, power line communication, home automation.

I. 서 론

최근 반도체기술과 정보산업의 발달에 따라 사무실 및 가정용 전기기기의 사용이 복잡다양

하게 급증하여 에너지의 낭비가 날로 심각하여 지고 있으며 이에 비례하여 안전의 위협이 증가되고 있다. 따라서 구내의 각종전기기기의 전원을 절약하고 보다 안전하게 제어하고 원격 제어까지 가능한 구내용으로써의 지능화된 부하감시 및 제어 설비의 출현이 요구되고 있다 [1].

이를 구현하는 제품으로는 미국의 GE, 독일의 SIEMENS, 그리고 일본의 MATSUSHITA 와 FUJI ELECTRIC사에서 이와 관련된 유사한 제품이 일부 개발 생산되고 있으나 대부분 IBS 관련 구내 전력배전설비용 제품으로 대부분 중대규모의 고가이고 소규모와 소형의 저가의 제품은 일본에서 ELB (Electronic Leakage Breaker) 형태로 콘센트 부착형의 제품이 생산 판매 되고 있다. 국내에서는 현재의 사무용기기 뿐만 아니라 가정용 전열기구와 AV기기에 이르기까지 거의 모두 독립적으로 조작되는 전원 사용 환경으로서 극히 최근에 일부의 OA기기와 백색가전기기가 인터넷의 연결이 가능하도록 한 제품이 출시되고 있으나 이 또한 단순히 PC를 기기에 부착것 외에 별다른 의미의 부가 효과가 없는 실정이다.

본 연구에서는 이러한 이산적인 사무용 및

가전기기들의 전력사용 환경에서 구내에 연결된 각 부하기기들을 실시간으로 전력을 센싱하고 이를 전력선 통신을 근간으로 하는 제어장치의 간이 데이터베이스로 분석하고 사용상태를 파악하여, 최적의 전력사용 환경을 유지할 수 있도록 제어해주는 시스템을 개발하고자 하였다. 구현하고자 하는 장치의 기술로서는, 기본적으로 실시간 전력을 센싱하는 아날로그신호처리 기술과 단일칩 마이크로프로세서의 신호처리를 기술적 기반으로 하며 이를 바탕으로 한 디지털제어와 전력출력을 제어하는 반도체 전력소자의 제어기술, 그리고 각 모듈과 유닛들을 연결하는 전력선 통신 모듈기술들을 핵심으로 한다[2].

II. 전체시스템 구성

본 시스템 기본 구성은 부하장치의 센싱, On /Off 및 위상 제어할 수 있도록 여러 모듈로 구성하였으며 독립적인 데이터 리피터/제어기(Repeater/ Controller)를 통하여 각각 장치에 대한 명령과 상태 확인이 가능하며 PC와 통신하도록 설계하였다. 그림 1은 전체 시스템 구성도이다.

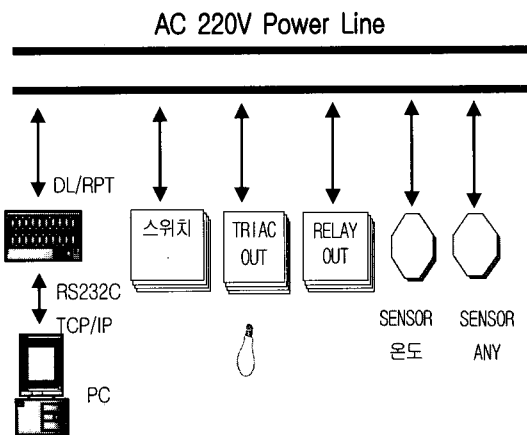


그림 1. 전체 시스템 구성도

1. 각 모듈과 유닛별 기능

스위치 모듈과 릴레이출력 모듈은 단순 스위치 형, 타이머 기능형, 조광용 Dimmer 형, 방법조광기능형, 복합 기능형으로 설계가 가능하다. TRIAC output 모듈은 각 출력Unit별 전류 측정기능, On-off, Timer, Dimmer, Bright control이 가능토록 설계하였다.

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

Data Logger/Repeater control Unit은 기본적으로 전력선 통신을 이용하여 각 Unit의 Data를 입출력, 직접 제어하는 기능 및 PC와 RS232C 또는 TCP/IP를 통한 제어도 가능하며 전화회선 접속을 이용한 통신선 제어도 가능토록 설계하였다.

PC를 이용하여 Data Logger Unit을 통한 각 모듈을 GUI로 직접 제어하고 각 모듈과 Unit의 Data를 수집하여 관리하며 전화회선 및 인터넷을 이용한 각 모듈들의 원격제어가 가능한 확장성을 구비한다.

III. 하드웨어의 구성

1. 지능화 콘센트

그림 2는 콘센트형 부하 감시 제어장치에 탑재 가능한 소형의 지능화센서 모듈 신호처리 회로의 블록도로서 각 부위별 개발 내용은 다음과 같다.

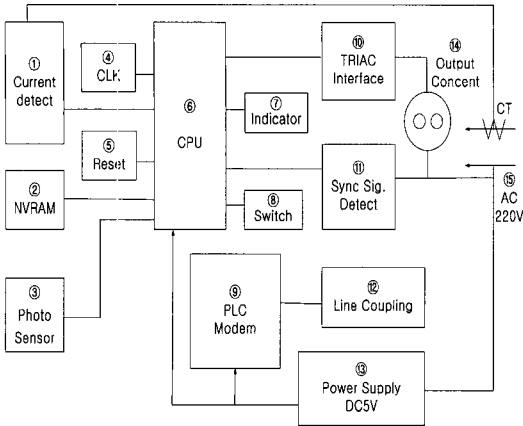


그림 2. 지능화 콘센트 블록도

① 전류 검출 회로

그림 3처럼 먼저 전원라인에 CT를 설치하여 zero crossing 회로를 통하여 교류전원에 동기되는 전류파형을 검출하고 이를 브릿지 정류회로와 평활용 콘덴서를 거쳐서 평활된 직류레벨로 파형을 정형한다[3][4][5].

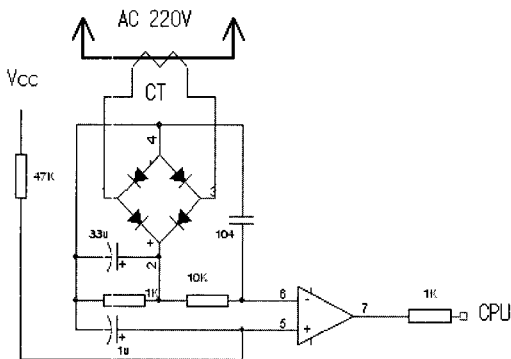


그림 3. 전류 검출 회로

정형된 파형은 OP amp로 구성된 비교기의 (-)입력단자로 입력되고 (+)입력단자는 CPU에서 타이머가 설정되어 RC시정수로 충·방전을 지속하는 톱니파 발생회로와 비교된다. CT로 검출된 DC신호가 톱니파 발생 기준전압을 넘어설 때 OPamp의 출력이 발생되어 전압-시간

(V-T) 변환을 하게 되어 적분형 A/D 컨버터로써 작용한다. 이 때 분해능은 10A Span에서 1000개의 카운터 펄스로써 작동된다.

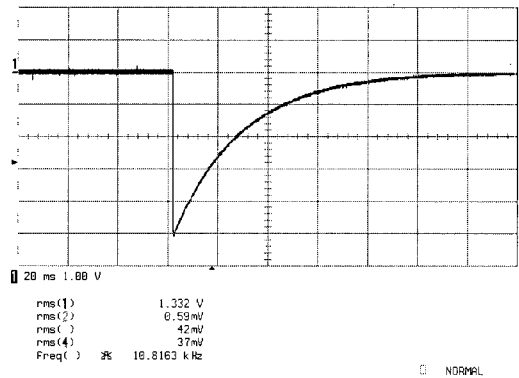


그림 4. A/D 컨버팅을 위한 톱니파 기준 신호

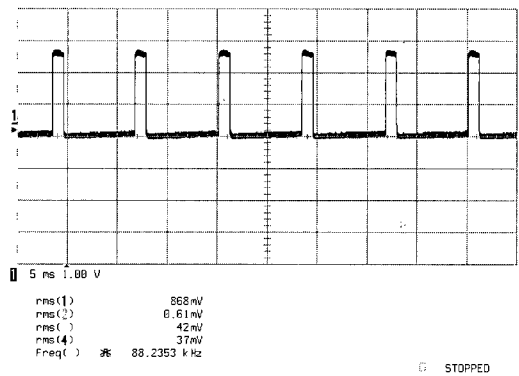


그림 5. A/D 컨버팅 후 출력 신호

② NVRAM (EEPROM)

개별 콘센트의 ID번호나 캘리브레이션 설정 값 들을 저장하고 전원이 차단되어도 데이터를 유지할 수 있도록 동작한다.

③ Photo Sensor

조명부하의 조명상태 검출과 부재중 방법기능을 위하여 광센서(CdS)를 부착한 조명레벨 검출 회로이다. CdS 광센서로 조명신호를 검출하여 V-T A/D 변환기의 동작으로 조명레벨

을 검출하고 이를 CPU로 입력 되도록 설계하였다.[6]

④ 클럭 회로

CPU의 기본타이밍을 제공하는 클럭은 11 MHz 크리스털로 설계하였으며 CPU의 1사이클은 90ns로 동작한다.

⑤ 리셋 회로

소형화와 경제성을 고려하여 기본적인 RC리셋회로로 설계하였으며 오동작을 배제하기 위한 안정화회로를 추가하였다.

⑥ CPU

전류의 검출과 광센서의 검출을 제어하는 A/D 변환 기능과 PLC(Power Line Communication) 통신용 모뎀 IC를 제어하며 부하 출력 전압의 위상제어를 위한 TRIAC 제어신호를 발생시킨다. 내부에 2Kbyte의 프로그램 ROM을 갖는 One-Chip CPU(89c2051)로 구성하였다.

⑦ 표시부 LED

콘센트 모듈의 동작상태와 TRIAC On/Off 신호상태를 표시한다.

⑧ 입력스위치

On/Off 스위치 모듈로서 사용 기능과 Memory 초기화 그리고 ID call 세트의 기능으로 사용된다.

⑨ PLC 모뎀

120~150kHz의 carrier 주파수를 갖는 용 Modem IC로써 PLC 통신 Half Duplex로 세팅하였으며 통신속도는 2400bps이다.

⑩ TRIAC 인터페이스

전원 고압회로와 디지털 저압회로를 절연분리하기 위한 커플링 회로로써 TRIAC의 트리거에 LED-Photo TRIAC 포토커플러를 사용하였다.[7]

⑪ 동기신호검출

전원라인의 주파수를 zero crossing 위치의 동기신호를 추출하기 위한 회로로써 TRIAC을 이용한 위상 제어 타이밍과 각 센서의 제어 그리고 PLC 통신의 기준 신호로써 이용된다.

⑫ 라인 커플링

인덕턴스와 콘덴서로 임피던스 강하를 하고 25T:100T 페라이트 코어트랜스로써 PLC의 라인커플링 회로를 구성하였다. 이 때 모뎀IC의 송수신단자가 동상모드 전압이 5V를 초과하지 않도록 제너 다이오드를 병렬로 연결하였다.

⑬ 전원부

본 모듈장치는 매입형 콘센트형의 소형으로 구성되므로 철심형 전원 트랜스를 장치하면 공간이 커져 소형화를 만족할 수가 없다. 따라서 본 회로에서는 임피던스 강하 회로를 사용하여 AC 전원을 감쇄시키고 브릿지 다이오드로 정류하는 소형의 회로를 개발하였다.

⑭ 콘센트 출력

TRIAC으로 제어되는 출력전압의 부하측 출력 단자이다.

⑮ CT와 전원

코일형 CT로써 전원전압의 전류를 검출하는 방식을 사용하였다.

2. 데이터 리피터/제어기

그림 6은 콘센트형 부하 감시 모듈과 이를 PC로 제어하기위한 데이터로거 기능과 통신 리피터 기능을 포함하는 제어시스템의 블록도로서 각 부위별 개발 내용은 다음과 같다.

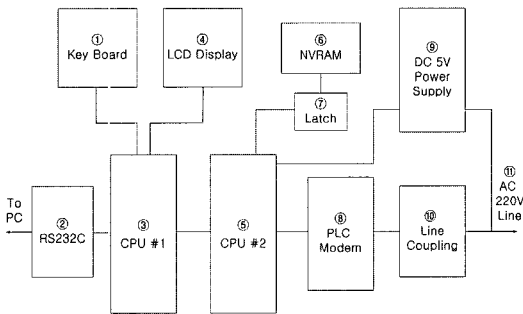


그림 6. DATA Repeater/Controller 블록도

① Key Board

모듈 ID number 세트와 제어명령, 통신설정 등을 입력하기 위한 numeric key로써 4×5 Scan으로 CPU#1으로 구동된다.

② RS232C

PC와의 데이터 통신용으로 사용된다. 통신 속도는 9600bps이다.

③ CPU #1

Key 입력과 LCD 출력을 제어하며 PC와의 통신을 위하여 9600bps 속도로 시리얼 통신포트를 설정하였다. CPU#2와는 포트 P1.1~P1.7의 8bit DATA bus를 사용한다.

④ LCD Display

각 주변 모듈의 상태와 제어명령의 표시에 사용되며 16bit 2Line으로 구성된다.

⑤ CPU #2

PLC 통신과 확장메모리의 제어에 사용되며 PLC로는 2400bps로 시리얼 포트를 설정하였다.

⑥ NVRAM

Data logger용 확장용 메모리로 구성하였다.

⑦ 래치

CPU의 데이터와 어드레스를 멀티플렉싱 출력력을 외부메모리의 어드레스버스와 데이터 타이밍을 구분하기 위하여 구성하였다.

⑧ PLC 모뎀

120~150kHz의 반송파 주파수를 갖는 PLC용 모뎀 IC로써 PLC 통신 Half Duplex로 세팅하였다.

⑨ 전원부

중간 탭방식의 전과정류회로를 구성하고 5V DC 레귤레이터로써 디지털 회로와 통신회로에 전원공급을 하도록 하였다.

⑩ 라인커플링

콘센트 모듈과 기본적으로 같은 회로방식을 채용하였으며 라인 노이즈와 신호원의 분리에 역점을 두어 설계하였다.

⑪ AC 220V 전원

AC 220V 전원은 DC 레귤레이터를 통한 5V DC 전원 공급과 PLC 통신선로를 제공한다.

IV. 소프트웨어의 구성

다양한 기능이 구현된 콘센트형 부하 감시

운영 단말장치를 제어하기 위한 운영 소프트웨어와 경제성을 고려한 A/D 변환회로의 제어용 소프트웨어를 구현하였으며 편리한 I/O기능을 가능하게 하는 입출력모듈제어 프로그램을 개발하였다.

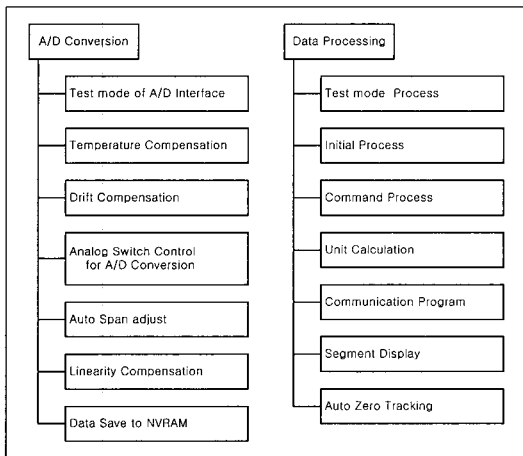


그림 7. 감시운영 단말장치 운영 소프트웨어의 구성

이들 소프트웨어의 구성은 그림 9와 같다.

1. 지능화 콘센트 소프트웨어 구성

지능화 콘센트는 데이터 리피터/제어기로 부터 수신한 명령 및 외부키 입력에 의해 콘센트에 연결된 부하장치를 직접 제어하며 수행 결과 및 데이터를 다시 데이터 리피터/제어기에 전송한다. 그림 8은 지능화 콘센트 소프트웨어 흐름도이다.

기본 동작을 살펴보면 먼저 전원이 입력되면 초기화 리셋 작업을 통해 각 모듈을 안정화한 후 대기모드로 들어간다. 데이터 리피터/제어기로부터 명령 데이터를 수신하게 되면 명령데이터의 ID를 확인하여 ID가 해당 지능화 콘센트와 일치하면 수신 명령을 수행하게 되어 부하 장치의 On/Off, Bright Control, 부하 전류 측

정, 센싱 데이터 측정 등을 실행한다. ID를 부여한 이유는 하나의 데이터 리피터/제어기를 통해 한 층 혹은 한 건물에 설치한 수백여개의 지능화 콘센트를 제어하기 위해서이다.

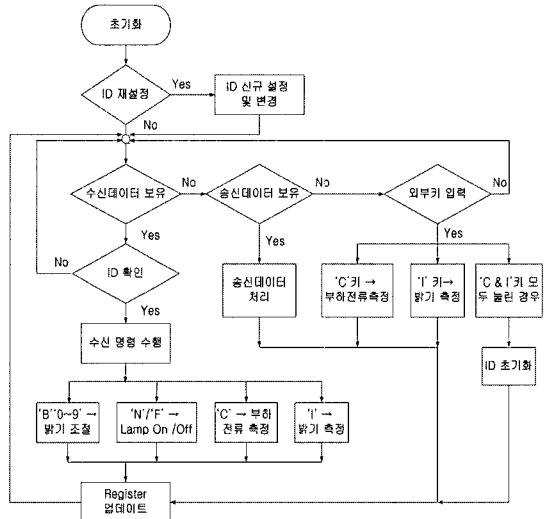


그림 8. 지능화 콘센트의 소프트웨어 흐름도

명령 실행 후 실행 결과를 각 명령의 해당 레지스터에 저장하여 데이터 리피터/제어기가 요청하면 데이터를 송신하여 LCD에 표시한다. 만일 수신한 데이터가 없는 경우 송신 데이터만 확인하여 송신하게 되며 수신 데이터가 없는 경우 외부키 입력을 확인하여 명령을 수행한다. 우선순위를 둔 이유는 본 장치가 Half Duplex를 사용하기 때문이다. 또한 사용자의 필요에 의해 장치의 ID를 변경이 가능하도록 하였고 수신 명령 또는 외부단자로 변경이 가능토록 하였다.

2. 데이터 리피터/제어기

데이터 리피터/제어기는 키보드 입력 혹은 PC 제어 명령에 의해 각각의 지능화 콘센트에 데이터를 송수신하여 LCD에 표시 및 PC로

전송하므로 기본적으로 송신데이터 보유를 지속 확인한다. 송신데이터가 있다면 데이터를 송신하고 없다면 키 입력을 확인하고 해당 키의 명령을 실행한 후 실행 명령어 및 실행 결과 (부하 전류 측정값, 센싱 데이터 측정값 등)를 LCD에 표시한다.

① 주프로그램의 흐름도

그림 9는 데이터 리피터/제어기의 주프로그램의 흐름도로서 기본적으로 초기화를 거친후, 키입력과 데이터송신 그리고 디스플레이표시를 반복하는 구성으로 되어있다

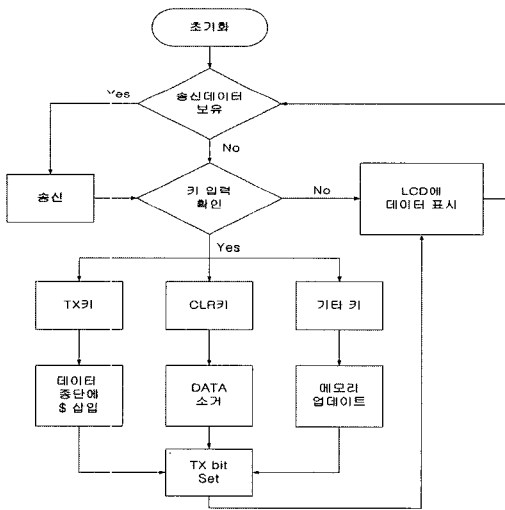


그림 9. 데이터 리피터/제어기의 주프로그램 흐름도

② 인터럽트 흐름도

그림 10(a)는 키 스캔 인터럽트의 흐름도로서 키 스캔 인터럽트는 CPU에 의해 0.3초마다 키패드를 스캔하여 사용자가 입력한 키 값을 LCD에 표시한 후 CPU로 전송한다. 그림 10의 (b)는 시리얼 통신 인터럽트의 흐름도로서 인터럽트 발생시 수신을 시작하고 LCD2 레지스터로 해당 데이터를 전송하며 데이터에서 \$

기호가 검출되면 수신을 종료하고 해당 데이터 (부하 전류 측정값, 센싱 데이터 측정값 등)를 LCD에 표시한다.

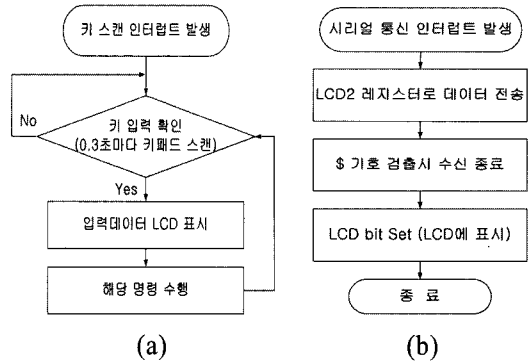


그림 10. 키스캔 인터럽트 / 시리얼 인터럽트 흐름도

V. 결과 및 시작품의 제작

본 연구의 결과로 제작된 시작품은 다음과 같은 성능을 만족하는 결과를 얻었다.

표 1. 지능화콘센트 성능 결과표

사용전압범위	220V± 20%
전류센싱 분해능	8bit / Full Scale
조명센서 동작범위	5~200lux
부하응답속도	50ms 이내
전력제어중량	1.5kW
전압위상제어각	0~180°
통신속도(PC/PLC)	9600bps/2400bps
소비전력	5mW이하

그림 11은 제작된 지능화 콘센트의 상용 콘센트 케이스에 실장한 사진이며 그림 12은 개발된 데이터 리피터/제어기의 사진이다.

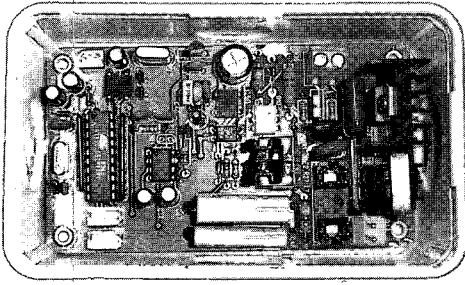


그림 11. 지능화 콘센트의 케이스 실장 사진

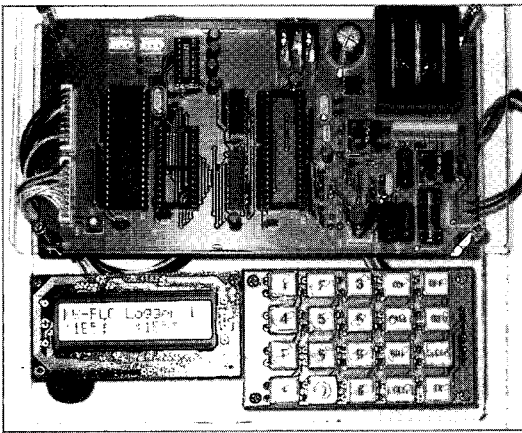


그림 12. 개발된 데이터 리피터/제어기 사진

VI. 결 론

본 연구에서는 원칩 마이크로프로세서를 이용하여 전원콘센트에 내장이 가능한 부하 감시 및 제어장치 모듈과 이를 직접 제어하고 데이터 수집 관리 및 전송하는 데이터 리피터/제어기, 그리고 마이크로프로세서에 탑재하여 여러 작업을 수행하는 임베디드 소프트웨어를 개발하였다. 개발결과, 실제 가정용 콘센트환경으로 시스템을 구현하여 테스트해본 결과 그 실용성을 입증할 수 있었다.

이 기술 개발을 통해 사용자가 필요로 하는 모듈단위의 구성요소를 본 장치에 탑재하여 전력선 및 통신선 등을 이용해서 소규모 부하설

비를 원격 제어 관리 및 지속적 데이터 습득이 가능하며 전력설비의 원격상시감시 진단을 통한 전력공급의 안정성 및 신뢰도 향상을 시킬 수 있으므로 보다 효율적인 전력 관리가 가능할 것이다.

■ REFERENCE

- [1] D. Stephen, "Interfacing: A Laboratory Approach Using the Microcomputer for Instrumentation, Data Analysis and Control", University of California, Berkeley, Prentice Hall, 1990
- [2] J. H. Carr, *Elements of Electronic Instrumentation and Measurement*, 3th ed., Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1996.
- [3] R. F. Coughlin, and R. S. Villanucci, "Introductory Operational Amplifiers and Linear ICs, Prentice-Hall, pp. 249-285, 1990.
- [4] J. W. Stewart, *8051 Microcontroller, Hardware, Software & Interfacing*, Prentice-Hall, 1998.
- [5] J.G. Webster, *The Measurement Instrumentation and Sensors Handbook*, CRC Press, 1999
- [6] 高橋 清, 小長井 誠, "センサ エレクトロニクス", 昭晃堂, 2000
- [7] R. W. Erickson, and D. Maksimovic, *Fundamentals of Power Electronics*, Kluwer Academic, 2001.

Biography



박 찬 원

1978년 고려대학교 전기공학과
졸업

1982년 고려대학교 대학원 전기공
학과(공학석사)

1987년 고려대학교 대학원 전기공
학과(공학박사)

1987년~현재 강원 대학교 교수,

1991-1992 Ishida Scales, Japan, Invited Engineer

2000-2002 ASML U.S.A. Visiting Scientist

<주관심분야> Sensor system, Analog/Digital Signal
Conditioning/Processing, Embedded
System.

<이메일> cwpark@kagwon.ac.kr



반 윤 호

2003년 강원대학교 전기공학과
졸업

2004년 강원대학교 대학원 전기공
학과 석사과정

<주관심분야> Sensor system, Analog/Digital Signal
Processing, Embedded Linux System.

<이메일> yunho110@hotmail.com



박 희 석

1997년 강원대학교 전기공학과
졸업

2004년 강원대학교 대학원 전기공
학과 석사과정

<주관심분야> Sensor system, Analog/Digital Signal
Processing, Embedded Linux System.

<이메일> anyday00@kwnu.kangwon.ac.kr