논문 2009-46SC-5-7

전력선 통신을 이용한 에어컨 피크 전력 제어 시스템 개발

(Development of Air Conditioner Peak Electric Power Control System using Power Line Communication)

한 재 용*, 이 순 흠**

(Jae-Yong Han and Sunheum Lee)

요 약

본 논문에서는 전력선 통신을 이용한 에어컨 피크 전력 제어 시스템을 개발하였다. 기존의 유선 RS-485통신 방식의 경우 별도의 통신 선로 설치가 필요하여 기존 건물에 설치하기 어려운 문제점과 무선 통신 방식의 경우 차폐된 공간에서는 설치가 용이하지 못한 문제점을 전력선 통신 방식을 채택하여 개선하였다. 기존에는 단상에만 적용된 것을 3상 4선식에도 적용할 수 있도록 개선하여 국내 모든 전기 환경에서 설치가 가능하도록 하였다. 전력선 통신을 이용한 타 시스템의 경우 전력선 모뎀을 별도로 부착하도록 되어 있으나 본 논문에서는 일체형으로 설계 구현하여 안정성 및 경제성을 높였다. 따라서 본 시스템의 가장 큰 장점인 설치의 용이성, 안전성과 경제성으로 인하여, 보다 확대 적용이 가능하여 에너지 절약이 절실히 필요한 현 시점에서 에어컨 피크 전력 관리 시스템의 활성화에 크게 기여 할 수 있을 것이다. 본 논문에서 구현된 시스템의 검증은 원격 에어컨 제어기 및 전력선 게이트웨이에 대한 설계 검증 시험과 전체 시스템의 필드 시험을 통해 성능 및 신뢰성의 우수함을 검증하였다.

Abstract

In this paper, an air conditioner peak power control system using electric power line communication has been developed. The air conditioner power control system using RS-485 communication method is hard to install on the existing buildings due to difficulty in cabling, and the system using wireless communication methods has a weak point of not being able to be used in close space, while the developed system has its own advantages of overcoming the above mentioned obstacles. In addition, the system is extended to support not only single-phase electricity system but also three-phase four-wire electricity system, and therefore can be installed anywhere in the domestic environment. The system also has enhanced the ease of deployment, operational stability and economical efficiency by compact circuit design. Considering the current state requiring the energy savings, the system would greatly contribute to the widespread use of the air conditioner power control system. The superiority in the performance and stability of the system has been proved by the design verification of each component such as remote air conditioner controller, electric power line gateway and so on, and the field test of the whole system.

Keywords: Peak Electric Power Control, ZigBee, PLC, Home network, Gateway

I. 서 론

산업의 발달 및 생활수준의 향상으로 에너지 수요는 매년 급격하게 증가하고 있으며 이와 함께 전력 수요 역시 급격하게 늘어나고 있다. 그러나 투자 자원 및 입지확보의 어려움, 환경 제약의 문제로 인한 안정된 전력 공급의 어려움은 날로 증가하고 있다[1~3]. 따라서 한

* 정회원, 순천향대학교 정보통신공학과, 퓨처아이 기술연구소 소장
(Dept. of Information & Communication Eng. Soonchunhyang University)
** 정회원, 순천향대학교 정보통신공학과
(Dept. of Information & Communication Eng. Soonchunhyang University)
접수일자: 2009년1월28일, 수정완료일:2009년9월4일

국 전력에서는 다양한 수요 전력 관리 제도를 시행하고 있으며 현재 전력 사용 수용가 중 계약전력 100KW이상 사용하는 고압 수용가에게 징수되는 기본요금은 사용량에 근거하기 보다는 디멘드 메타(Demand Meter)로 기록되는 최대 수요 전력을 기준으로 산정한다. 즉, 하절기(7,8월) Peak와 금월 중 가장 전력 소비가 많았던 15분간의 수요 전력이 전기요금에 영향을 끼치게 된다. 특히 대형 건물은 특성상 하절기 에어컨 사용으로 발생한 피크 전력으로 인하여 1년간 과다한 기본요금을 납부하고 있는 실정이다. 하절기 냉방부하의 증가 추이에 따라 피크전력관리는 국가 전체의 전력 공급 안정성에 매우 중요하여 직접 부하관리 대상기기 중에 에어컨 피크 전력 관리 시스템의 활성화가 부각되고 있으며 따라서 공공기관, 학교, 일반 기업등과 같은 대형 건물에 효율적인 에어컨 피크 전력 관리 시스템의 필요성이 절실히 요구되고 있다[1~3].

기존 유선의 RS-485통신 방식을 이용한 에어컨 피크 전력 관리 시스템의 경우 안정된 통신 성능을 보이나 별도의 통신 선로 설치가 필요하여 기존 건물에 설치하기 어렵고 통신 선로 노후 시 유지 보수의 어려운 단점이 있다. 무선 통신 방식의 경우 설치비가 저렴하고 추가 설치가 용이한 장점을 가지고 있으나 옥외 및 옥상에 피크 전력 제어기의 송수신용 안테나를 설치하여야 하며 차폐된 공간에서는 설치가 용이하지 못한 단점 외에도 원격 에어컨 제어기 설치 시 외부에 안테나를 노출하여 외관상 좋지 못한 단점이 있어 널리 활용되고 있지 못하다[4~5]. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 본 논문에서는 별도의 통신 배선이 필요 없이 모든 건물에 기본적으로 설치되어 있는 전기선을 이용하는 전력선 통신 방식을 채택하여 위에서 언급한 단점을 개선한 에어컨 피크 전력 관리 시스템을 개발하였다. 전력선 모뎀을 이용하는 최대 수요 전력 관리 제어 시스템에 대한 기존의 연구들[6~7]은 있으나 국내 전기 환경 중의 하나인 3상 4선식에 사용할 수 없고, 취약한 통신환경에 대한 효과적인 해결책이 없고 경제성을 고려한 설계가 부족하여 실무 현장에서 활용되지 못하고 있는 실정이다. 앞에서 언급한 이러한 단점을 해결한 본 논문에서 구현한 시스템은 크게 피크 전력 제어기(Demand Controller : DC), 고객 모니터링 PC(Customer Monitoring Personal Computer : CMPC), 전력선 게이트웨이(Power Line Gateway : PLGW), 원격 에어컨 제어기(Remote Air Conditioner Control Unit: RACU)로 구성된다. 피크 전력 제어기(DC), 고객 모니터링 PC에 관련된 소프트웨어는 목표 전력 설정 및 피크 전력을 감시 및 조정하고 원격 에어컨 제어기를 제어 및 상태를 확인하는 기능을 수행하고 전력선 게이트웨이(PLGW)는 RS-232/RS-485와 전력선 통신간의 프로토콜 변환 기능을 수행한다. 그리고 원격 에어컨 제어기(RACU)는 (주)플레넷사의 전력선 통신 모듈을 이용하여 설계 및 구현 하였으며 에어컨 실외기에 부착하여 에어컨 실외기의 동작 유무를 감지하여 전력선 통신으로 전달하고 전력선 게이트웨이의 제어 신호 수신시 에어컨 실외기를 강제로 차단한다. 또한 전력선 통신 거리 범위를 확장시키기 위해 원격에어컨제어기에 중계기능을 내장하고 있으며 중계 기능 은 전력선 통신을 이용하여 전력선 게이트웨이가 중계기능도 설정 또는 해지 할 수 있도록 하였다. 원격 에어컨 제어기 주소 설정 및 실외기 조작을 쉽게 하기 위해 전용 리모컨기능을 구현하였다.

전력선 통신을 이용한 타 시스템의 경우 전력선 모뎀을 별도로 부착하도록 되어 있으나 본 논문에서는 일체형으로 설계 구현하여 안정성 및 경제성을 높였다. 구현된 시스템의 검증은 원격 에어컨 제어기 및 전력선 게이트웨이에 대한 설계 검증 시험과 전체 시스템의 필드 시험을 통해 성능 및 신뢰성의 우수함을 검증하였다. 또한 다양한 응용분야로 원격 제어 에어컨 시스템, 직접 부하 제어 시스템, 에너지 관리 시스템으로 활용이 가능하다. Ⅱ장에서는 개발된 에어컨 피크 전력 관리 시스템의 구성 요소 및 프로토콜에 대해 설명하고 Ⅲ장에서는 본 논문에서 핵심인 원격 에어컨 제어기의 하드웨어 및 소프트웨어에 대해 설명하였다. Ⅳ장에서는 원격에어컨 제어기의 설계 검증 시험과 필드시험을 통해 성능 및 신뢰성 검증 결과를 실었다. Ⅴ장에서 결론을 지었다.

Ⅱ. 개발된 에어컨 피크 전력 관리 시스템의 구조

그림 1은 구현된 에어컨 피크 전력 제어 시스템의 구성도이다.

그림에서 보는 바와 같이 전력선 게이트웨이는 피크 전력 제어기(DC)와 원격 에어컨 제어기 사이에 위치한다. 피크 전력 제어기와 전력선 게이트웨이는 RS-232 또는 RS-485로 연결되고 전력선 게이트웨이와 원격 에어컨 제어기는 전력선으로 연결된다. 전력선 게이트웨

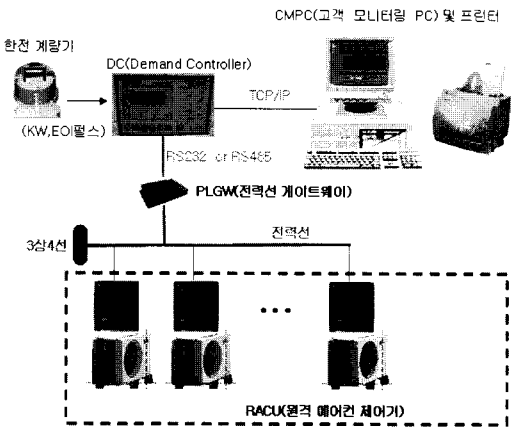

그림 1. 에어컨 피크 전력 제어 시스템 구성도
Fig. 1. Air conditioner peak electric control system composition.

이는 RS-232 또는 RS-485로 연결된 피크 전력 제어기로부터 제어 신호를 전력선 신호로 바꾸어 각 상으로 전달한다. 각 상에 연결된 원격 에어컨 제어기는 이 전력선 신호를 받아 에어컨 실외기를 제어한다.

1. 피크 전력 제어기

피크 전력 제어기는 한전 계량기로부터 제공되는 동기신호에 의해 수요시한내의 평균 전력 및 예측 전력을 계산한다. 만일 예측된 값이 미리 설정된 제어 목표 전력을 넘어설 경우 에어컨을 제어하는 기능을 수행하여 에어컨의 상태 및 제어 결과를 고객 모니터링 PC에 전송하는 기능을 수행한다. 고객 모니터링 PC에서는 그림 2의 GUI를 통해 목표 전력, 피크 전력, 현재 사용하고 전력을 그래프 형태로 나타내고 에어컨의 동작 상태를 확인 한다.

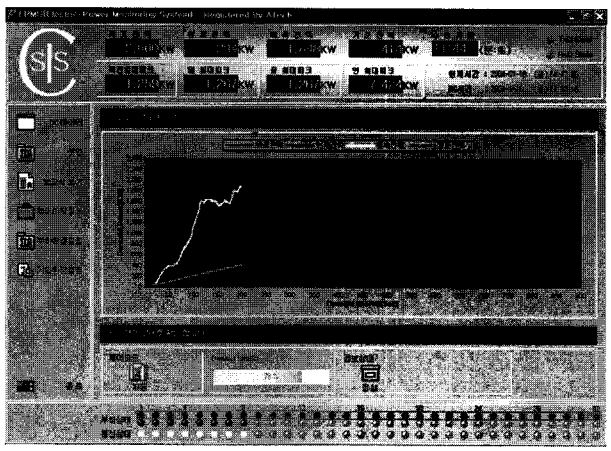

그림 2. 피크 전력 제어기 프로그램 화면
Fig. 2. Demand controller GUI.

2. 전력선 게이트 웨이(PLGW)

전력선 게이트웨이는 피크 전력 제어기와 RS-232 또는 RS-485로 연결되고 원격 에어컨 제어기와는 전력선으로 연결된다. 전력선 게이트웨이는 RS-232 또는 RS-485로 연결된 피크 전력 제어기로 부터 수신된 신호를 전력선 신호로 변환하여 각 상으로 전송한다.

원격 에어컨 제어기로 부터 수신된 전력선 신호를 다시 RS-232 또는 RS485로 바꾸어 피크 전력 제어기에게 전송하는 기능을 수행한다. 즉 프로토콜 변환 기능을 수행한다.

설치 환경에 따라 단상 또는 3상 4선식에서도 설치가 가능하도록 그림 3과 같이 3상 4선식 전력선 커플링 회로를 추가하였다.

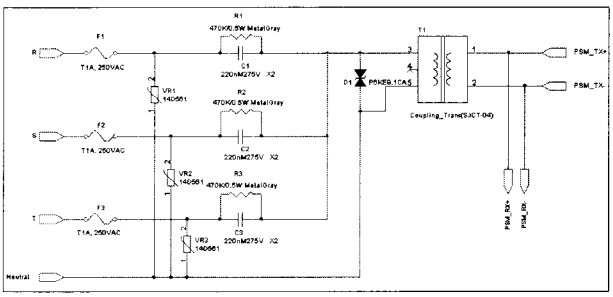

그림 3. 3상 4선식 커플링 회로
Fig. 3. 3-phase and 4-wire coupling circuit.

3. 원격 에어컨 제어기(RACU)

본 논문에서 설계 구현한 원격 에어컨 제어기 외형은 그림 4에서 보는바와 같다.

원격 에어컨 제어기는 에어컨 제조사 및 제품 모델에 상관없이 적용할 수 있도록 구현 하였으며 에어컨 실외

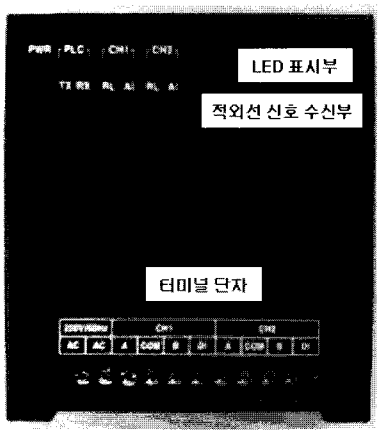

그림 4. 원격 에어컨 제어기
Fig. 4. Remote air conditioner control unit.

기 안에 설치되어 실외기의 접점을 제어한다. 원격 에어컨 제어기는 실외기의 동작 유무를 감지하며 전력선 게이트웨이로부터 오는 해당 에어컨 제어 신호를 수신하면 실외기를 ON/OFF하고 그 결과를 전력선 게이트웨이로 전송한다. 또한 실외기의 상태 변화가 발생하면 이 상태를 피크 전력 제어기에게 보고한다.

LED 표시부는 전원 공급 및 전력선 신호 송수신 상태, 에어컨 실외기 동작 유무 등을 표시한다. 적외선 신호 수신부는 리모컨으로부터 받는 주소 설정이나 실외기 동작 명령을 수신하는 기능을 한다. 자세한 내용은 본 논문의 Ⅲ장에 기술되어 있다.

4. 프로토콜 설계

피크 전력 제어기(DC)와 전력선 게이트웨이(PLGW) 간의 프로토콜은 기존의 피크전력 제어기가 사용하는 프로토콜을 이용하였으며 전력선 게이트웨이와 원격 에어컨 제어기(RACU)간의 전력선 프로토콜은 설계하였다. 그림 5는 프로토콜 패킷의 기본 구조이다. 크게 Header, Message, Tail로 구성되어 있다.

Header에는 패킷의 시작을 알리는 값(0x02), 목적지 주소(D/A), 소스 주소(S/A), 패킷의 길이(LEN:STX~ETX의 길이), 패킷의 종류(P/T)로 요청 패킷의 값은 0x01, 응답 패킷의 값은 0x02, 통보 패킷의 값은 0x03

Define	Header					Message		Tail	
	STX	D/A	S/A	LEN	P/T	CMD	DATA	CRC16	ETX
값 또는 크기[Byte]	0x02	2	2	1	1	1	N	2	0x03

그림 5. 패킷 기본 구조
Fig. 5. Packet basis structure.

표 1. 패킷 예제
Table 1. Packet example.

CMD	P/T	DATA		설 명
0x90	0x01	Null		에어컨 상태 요청
	0x02	Relay 상태(1Byte)	에어컨 상태(1Byte)	에어컨 상태 응답 "0"은 OFF, "1"은 ON 4,6,7번 Relay ON, 4번 에어컨 ON
		0 1 1 0 1 0 0 0	0 0 0 0 1 0 0 0	
	0x03	Relay 상태(1Byte)	에어컨 상태(1Byte)	에어컨 상태 변경 통보 "0"은 OFF, "1"은 ON 4,6,7번 Relay ON, 4번 에어컨 ON
		0 1 1 0 1 0 0 0	0 0 0 0 1 0 0 0	
	0x03	Null		에어컨 상태 변경 수신 통보
0x91	0x01	Control (1Byte)	Action (1Byte)	에어컨 제어 요청 1~4번 Relay 제어, 모든 Relay ON 1~4번 Relay만 ON 제어
		0 0 0 0 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	
	0x02	Relay 상태(1Byte)	에어컨 상태(1Byte)	에어컨 상태 응답 "0"은 OFF, "1"은 ON 4,6,7번 Relay ON, 4번 에어컨 ON
		0 1 1 0 1 0 0 0	0 0 0 0 1 0 0 0	
0x92	0x01	0x01 또는 0x02		0x01 : 중계 기능 설정 요청 0x02 : 중계 기능 상태 요청
	0x02	0x01 또는 0x02		중계 기능 설정 상태 응답 0x01 : 중계 기능 미 설정 0x02 : 중계 기능 설정

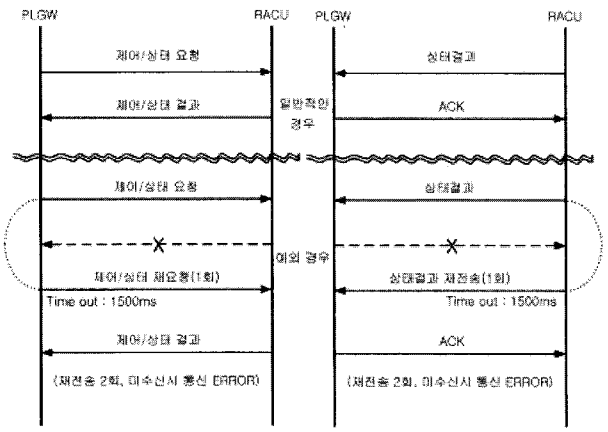

그림 6. PLGW와 RACU간의 제어 절차
Fig. 6. Facsimile procedure between PLGW and RACU.

으로 되어 있다. Message의 종류로는 커맨드(CMD), 데이터(DATA)가 있다. Tail는 패킷 에러 검사를 위한 CRC16, 패킷의 끝을 알리는 값(0x03)으로 되어 있으며 표 1에서 패킷 예제에 대해 설명하였다.

전력선 게이트웨이와 원격 에어컨 제어기간의 제어 절차는 그림 6과 같다. 원격 에어컨 제어 및 상태 요청의 경우는 전력선 게이트웨이가 해당 원격 에어컨 제어기에게 상태 요청, 제어 명령을 전송하며 원격 에어컨 제어기는 상태 및 제어 결과를 전송한다. 전력선 게이트웨이가 TIME OUT 1500[ms]동안에 제어 및 상태 결과를 수신 받지 못한 경우에는 재 시도를 하게 된다. 재시도는 2회까지 하며 재시도 2회 후에도 수신 받지 못한 경우에는 통신 에러로 처리한다. 원격 에어컨 제어기는 전력선 게이트웨이에서 요청 없이도 실외기의 상태 변화를 통보한다. 이때 패킷의 타입은 통보 패킷으로 전송한다. 원격 에어컨 제어기는 TIME OUT 1500[ms]동안에 전력선 게이트웨이로부터 ACK신호를 수신하게 된다. TIME OUT 1500[ms]동안에 전력선 게이트웨이로부터 ACK신호를 수신 받지 못한 경우에는 재 시도를 하게 된다. 재 시도는 2회까지 하며 재 시도 2회 후에도 수신 받지 못한 경우에는 실외기의 접점을 ON상태로 환원한다.

Ⅲ. 원격 에어컨 제어기의 설계 및 구현

1. 하드웨어 구조

원격 에어컨 제어기의 메인 콘트롤러는 8bit ATmega162를 사용하였다. ATmega162는 2개의 USART (Universal Synchronous and Asynchronous

표 2. RACU의 사양
Table 2. RACU specification.

구분	사양	비고
Micro Controller	ATmaga162	
Operating Frequency	15.360MHz	
EEPROM	512Bytes	
Flash Memory	16KBytes	
SRAM	1KBytes	
전력선 통신 모듈	PSM20H-02 (5Kbps)	
USART	19200bps	
Relay	250V/16A	

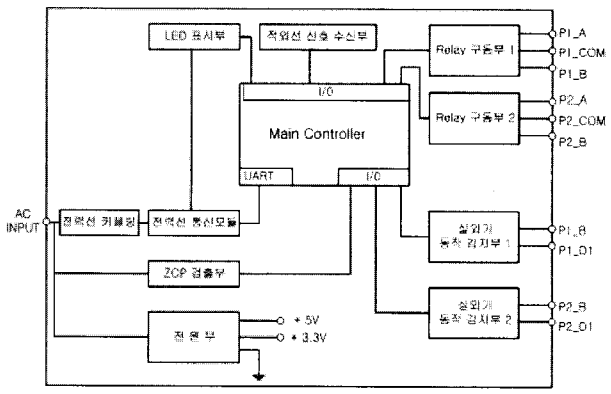

그림 7. RACU의 회로 블록 다이어그램
Fig. 7. RACU circuit block diagram.

Receiver and Transmitter), A/D 변환기, 타이머, JTAG(Joint Test Action Group)등을 내장하고 있다. 구현된 원격 에어컨 제어기의 사양은 표 2의 사양을 가지며 그림 7에 전체 구성을 보였다. 원격 에어컨 제어기는 전력선 통신 모듈, 실외기 동작 감지부, Relay 구동부, ZCP 검출부, 적외선 신호 수신부, LED 표시부, 전원부, 전력선 커플링등으로 구성되어있다.

전력선 통신 모듈과 메인컨트롤러간의 통신은 UART단자로 연결하였으며 전력선 통신 모듈의 UART부분은 +3.3V Level을 사용하기 때문에 +5V TTL Level을 사용하는 메인컨트롤러와 정합시에는 임피던스 매칭 또는 Level Converter가 필요하다. 전력선 통신 모듈의 UART 단자에 각 33옴의 저항을 직렬로 삽입하여 별도의 Level Converter 없이도 간단하게 정합하였다.

ZCP(Zero Cross Point) 검출 및 실외기 동작 감지부 회로는 들어오는 입력 전압의 Zero Cross Point를 검출하는 회로이며 메인콘트롤러는 Zero Cross Point를 이용하여 릴레이를 제어 및 실외기 동작을 감지한다.

Relay 구동 회로는 실외기의 구동을 위해 공급되는 전압을 강제적으로 차단할 수 있으며 메인콘트롤러에서 릴레이 ON(High), OFF(Low) 신호를 인가해주면 릴레이가 ON/OFF 되어 진다. 역기전력 및 과전압 방지를 위해 별도의 보호 소자를 사용하였다.

LED 표시부는 Common Anode 형식을 사용하여 Low 신호 인가시 LED가 ON 되도록 설계하였으며 전력선 통신 모듈의 통신 상태를 알 수 있다. 메인콘트롤러에서는 2대의 에어컨 실외기 동작을 감시하여 P1_AIR_LED, P2_AIR_LED로 표시하고 Relay 상태를 P1_RLY_LED, P2_RLY_LED2로 표시한다.

적외선 신호 수신부는 리모컨으로 부터 들어오는 신호를 수신하기 위한 회로로서 38.0KHz의 리모컨 주파수를 수신하는 리모컨 수신 모듈 HI-M902V0를 사용하여 설계하였다. 리모컨 수신 모듈의 전원 노이즈를 제거하기 위해 R-C 라인 필터를 사용하였으며 리모컨 수신 신호는 메인콘트롤러의 인터럽트로 연결하였다.

2. 소프트웨어 구조

원격 에어컨 제어기의 프로그램은 크게 제어 및 감시 프로그램과 통신 프로그램으로 구성되며 그림 8에 메인 프로그램의 흐름도를 보였다.

초기화 부분은 초기 변수를 지정하고 각종 로직을 초기화하며 원격 에어컨 제어기의 초기 설정값을 EEPROM으로부터 읽어 들인다. 국내 및 국외에서도 사용할 수 있도록 전원 주파수 분석 서브루틴을 구현하여 전원의 주파수를 알아낼 수 있다. 전원 주파수 분석 서브루틴은 인터럽트의 의해 ZCP 위치를 찾고 100ms 동안에 ZCP의 개수를 카운트하여 그 값이 10보다 크면 60Hz, 작으면 50Hz로 판단한다. 여기서 시간을 길게 할수록 ZCP 개수의 차는 커지나 초기 동작 시간이 길어지는 문제점을 없애기 위해 짧게 설정하였다. 이 전원 주파수 분석은 릴레이를 Zero Cross Point에서 제어하기 위해 이용된다. 실외기 동작 감지 루틴은 실외기 동작을 감지하며 LED 표시 루틴은 감지된 동작 상태를 LED에 표시한다. 통신 서브루틴은 평소에는 실외기 동작의 변화에 따라 송신 data와 CRC-16을 계산하여 1개의 송신 패킷으로 생성하여 전송한다. 이때 피크 전력 제어기로부터 TIME OUT 시간 동안 수신되는 ACK패

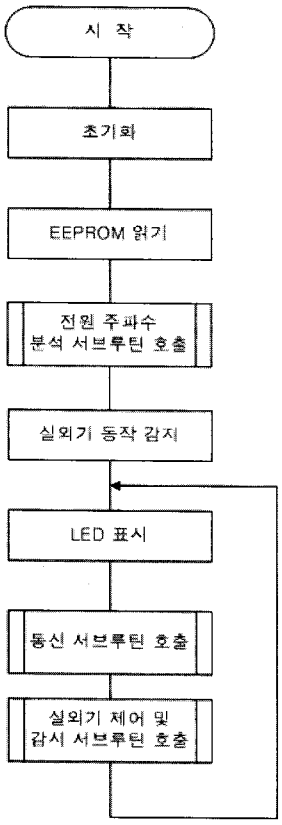

그림 8. 메인 프로그램의 Flow Chart
Fig. 8. Main program Flow Chart.

킷이 없을 경우 재전송한다. 총 재전송 횟수는 2회이다. 피크 전력 제어기로부터 수신된 패킷은 먼저 패킷 에러 검사를 수행하며 패킷이 에러가 없는 경우 패킷을 분석하여 해당되는 기능을 수행한다. 실외기 제어 및 감지 서브루틴은 해당 주소의 에어컨 OFF 명령어를 수신시 릴레이를 제어하여 OFF 시킨다. 또한 Relay가 OFF된 상태에서 실외기가 ON되는 경우는 Relay 및 Relay 구동부가 이상이 있으므로 Relay LED를 1초 간격으로 깜박이며 전력선으로 에러 이벤트 신호를 발생시킨다.

그 외 리모컨 신호 분석 루틴은 수신 신호에서 먼저 사용자 코드를 분석하여 맞는지 확인한다. 사용자 코드가 같을 경우 Data부분을 분석하여 눌러진 키를 확인한다. 리모컨은 누르고 있는 동안 같은 신호가 2회 이상 전송하여 신뢰성을 높였다.

Ⅳ. 최종 시제품의 성능 시험

최종 시제품은 1차 제작품에서 실외기 동작 감지를 위해 사용한 AC용 릴레이 대신 포토 커플러소자를 이용한 ZCP 검출 회로를 사용하여 구현함으로서 제품의

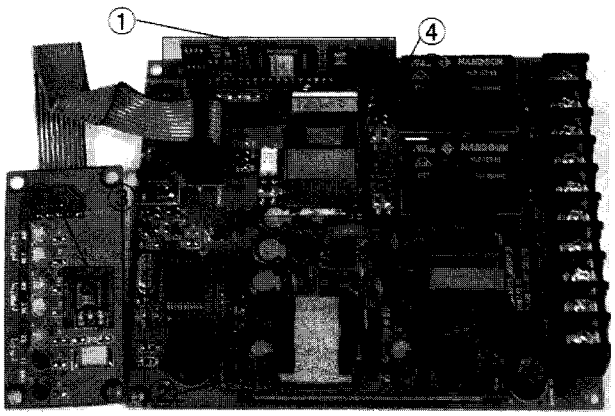

그림 9. 최종 시제품 보드
Fig. 9. Final prototype board.

안정성을 높이고 원가를 절감하였다. 다른 부하 제어용으로 활용도를 높이기 위해 릴레이 A접점과 B접점 모두 사용할 수 있도록 하였다. 1차 제작품에 비해 크기를 약 2배 이상 줄여 에어컨 실외기에 설치 시 공간을 많이 차지하는 문제점을 개선하였다. 피크 전력 발생으로 인한 제어가 아닌 대부분의 경우 실외기의 접점은 항상 ON상태임으로 원격 에어컨 제어기의 릴레이 접점을 B접점으로 변경하여 릴레이 소비 전력을 줄였다. 1대의 원격 에어컨 제어기로 2대의 에어컨 실외기를 제어하도록 설계하여 비용을 절감할 수 있도록 하였다.

원격 에어컨 제어기 보드는 그림 9에서 보인 것 같이 크게 ①-전력선 통신 모듈, ②-전원부, ③-메인 콘트롤러, ④-전력선 커플링부, ⑤-적외선 신호 센서로 구성된다.

최종 시제품의 검증은 원격 에어컨 제어기의 설계 검증 시험과 전체 시스템에 대한 필드 시험으로 나누어 진행하였다. 설계 검증 시험은 구현된 최종 시제품의 설계 성능을 확인하기 위하여 입력 전압 변동에 따른 송출 전압 및 수신 레벨 시험, 소비 전력 시험, Relay 구동 지점 시험, 송출 신호 분석 시험, 부품 온도 시험, 리모컨 Key 인식 시험, 송·수신 패킷 시험, 환경시험 등등을 진행하였으며 모두 만족한 결과를 얻었다. 표 3에 기능 시험 결과 중에서 시료 3대에 대한 입력전압 변동에 따른 송신 전압 및 수신레벨, 소비전력, 내부 부품 온도 시험 결과 규격을 만족함을 보였다.

필드 시험은 구현된 최종 시제품의 신뢰성을 높이고 안정성을 확보하기 위하여 현장에 그림 10과 같이 구성하여 설치하여 검증하였다. 위성센터와 중앙센터간의 거리는 약 600미터이며 건물 층간의 거리는 약 5M

표 3. 설계 시험 결과
Table 3. Design test result.

항목 / 시료	송출전압 (5.0V ±0.2V)	수신레벨 (85dB 초과)	부품 온도 측정 (25도에서 최대 65도 이하)	소비전력 (2.5W이하)
시료 1	5.06 ~ 5.13 [Vp-p]	87 ~ 88 [dB]	최고치 60.4도	대기시:1.5[W] 동작시: 2.0[w]
시료 2	5.02 ~5.18 [Vp-p]	90 [dB]	최고치 59.8도	대기시:1.4[W] 동작시: 1.9[w]
시료 3	5.04 ~5.16 [Vp-p]	89 ~ 90 [dB]	최고치 61.2도	대기시:1.5[W] 동작시: 2.0[w]

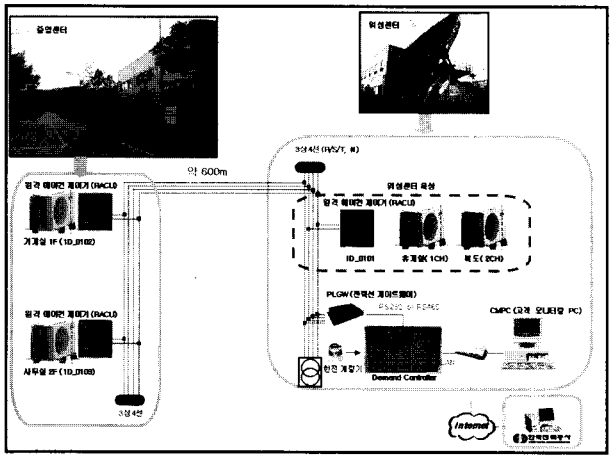

그림 10. 현장 시험 구성도
Fig. 10. Field test Composition.

표 4. 현장 통신 시험 결과
Table 4. Field testing of the communication result.

RACU 번호	설치 위치	시험조건		통신 성공률[%] (성공 횟수 / 시도 횟수)
		설치 상	통신 거리(M)	
#0101	위성센터 3층 옥상	S상, N상	15	100% (100/100)
#0102	중앙센터 1층 기계실	R상, N상	600	100% (100/100)
#0103	중앙센터 2층 사무실	R상, N상	605	100% (100/100)

이다. 전력선 게이트웨이 및 피크 전력제어기는 위성센터 1층에 설치하였으며 원격 에어컨 제어기는 위성센터 옥상에 1대, 중앙센터의 1층 기계실에 1대, 중앙센터의 2층 사무실에 1대를 장착하였다. 위성센터 옥상에는 2대의 실외기가 붙어 있어 원격 에어컨 제어기 2대를 설치하지 않고 1대의 원격 에어컨 제어기의 1CH/2CH에 각각 연결하여 1대의 원격 에어컨 제어기 비용을 절감하였다.

표 4는 중계기능이 적절하게 설정된 경우의 통신 시험 결과이며 100번의 시도 횟수에 대해 성공 횟수를 성공률로 표시한 것으로 우수한 성능을 보였다. 그러나 에어컨 제어기 #0102에 중계기능을 설정하지 않은 경우 #0103은 통신 성공률이 3%로 매우 낮았다. #0102와 #0103간의 거리는 불과 5미터 정도였으나 중앙센터 사무실의 많은 사무기기가 신호의 감쇄의 원인으로 확인되었다. 위성센터 1층에 위치한 고객 모니터링 PC로부터 원격 중계기능 설정 기능을 사용하여 에어컨 제어기 #0102에 중계기능을 부여함으로써 이를 해결할 수 있었다. 에어콘 제어기 중계기능을 원격에서 제어함으로써 현장 통신환경의 다양한 변화에 능동적으로 대처할 수 있었다. 본 시스템은 현재 전력연구원 현장에서 성공적으로 운용되고 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 유선의 RS-485통신 방식 및 무선 통신이 가지는 문제점을 개선한 전력선 통신 방식의 에어컨 피크 전력 제어 시스템을 개발하였다. 본 전력선 통신 방식의 피크 전력 제어 시스템은 단상 및 3상 4선식에도 적용할 수 있도록 하였으며 전력선 통신을 이용한 타 시스템의 경우 전력선 모뎀을 별도로 부착하도록 되어 있으나 본 논문에서는 일체형으로 설계 구현하여 안정성과 경제성을 높였다. 또한 원격 에어콘 제어기의 통신 중계기능을 원격에서 제어할 수 있도록 하여 설치 장소의 통신환경 변화에 능동적으로 대처할 수 있도록 하였다.

본 전력선 통신 방식의 에어컨 피크 전력 제어 시스템의 성능 평가는 설계 검증 시험과 전체 시스템에 대한 필드 시험으로 나누어 진행 하였다. 설계 검증 시험 결과는 필요한 시험 항목들에 대해 규격을 만족함을 보였으며 필드 시험에서는 현장에 설치하여 통신이 성공적으로 수신됨을 보였다. 본 전력선 통신 방식의 에어컨 피크 전력 제어 시스템은 현재 국내 현장에 시범 설치하여 성공적으로 운용되고 있으며, 피크 전력 관리에 일조하고 있다.

본 시스템은 직접 부하 제어 시스템, 에너지 관리 시스템으로의 활용도 가능하며, 효율적인 에어컨 피크 전력 관리 시스템의 필요성이 절실히 요구되고 있는 현 시점에서 많은 활성화를 기대한다.

참 고 문 헌

[1] 에너지 관리공단, "수용가 부하 곡선을 이용한 전력 사용 형태 분석", 에너지 관리공단, 2007.

[2] 손학식(2002). "電力需要管理를 위한 BESS의 適正 容量算定과 運轉 戰略에 관한 연구". 숭실대학교 전기공학과대학원 박사 학위 논문

[3] 에너지관리공단동우회 편 "늘면 수요 걱정, 줄면 경제 걱정인 전력" 에너지관리. 통권 제373호 pp.36-45, 2007. 06

[4] 산업자원부(2006). "직접부하제어 자원으로서의 패키지 에어컨 군 관리용 하드웨어 개발 및 제어 분석 효과" 최종보고서

[5] 유영기(2005). "최대수요전력 관리장치에서의 부하 제어 한계에 관한 연구". 충주대학교 석사 학위 논문

[6] 김연태(2004). "전력선 모뎀을 이용한 최대수요전력 관리제어 시스템에 관한 연구". 충주대학교 석사 학위 논문

[7] 임병국(2001). "전력선 모뎀을 이용한 최대수요전력 관리 시스템 개발". 충주대학교 석사 학위 논문

[8] A. J. Hoffman, "Peak Demand Control in Commercial buildings with target peak adjustment based on load forecasting" IEEE ICCC conf., pp 1292-1297. 1988.

[9] E. Macii, "Dynamic power management of electronic systems" IEEE Design & Test of Computers, Volume: 18 Issue: 2, March-April 2001 pp. 6-9

[10] R.H. Simpson, "power system data base management" Industry Applications, IEEE Transactions on, volume: 37 Issue: 1, Jan -Fed. 2001 pp. 153-157

저 자 소 개

한 재 용(정회원)

2003년 순천향대학교 정보통신 공학과 학사 졸업

2008년 순천향대학교 정보통신 공학과 석사 졸업.

2008년 순천향대학교 정보통신 공학과 박사 과정

2008년~현재 퓨처아이 기술연구소 소장

<주관심분야 : 전력선통신, 지능 제어, 홈네트워크, 임베디드시스템>

이 순 흠(정회원)-교신저자

1989년 고려대학교 전자공학과 (공학박사)

1985년 고려대학교 전자공학과 (공학석사)

1983년 고려대학교 전자공학과 (공학사)

1991년~현재 순천향대학교 정보통신공학과 교수

<주관심분야 : 컴퓨터 네트워크, VHDL, 홈 네트워크, 임베디드시스템, 멀티미디어 컨텐츠 개발>