

論文2003-40SC-4-7

전력선통신과 인터넷을 이용한 원격제어 및 검침구현

(Development of Telemetry and Control system using PLC and Web)

崔原豪*, 朴鍾演**

(Won-Ho Choi and Chong Yeon Park)

요약

전력선 통신을 이용한 기존의 원격검침 시스템은 설치가 복잡하고 비용이 많이 든다. 현대 국내의 대부분의 아파트 및 다세대주택에 인터넷사업자에 의하여 이미 상용화된 인터넷망이 구축되어 있음에 따라 전력회사의 독자적인 네트워크장비가 아닌 인터넷 사업자에 의하여 펼쳐진 인터넷망을 이용하여 저속 전력선통신 모뎀과 웹서버와의 연결로서 저가이고 구조가 간단하여 시스템의 구성이 간편한 원격검침 및 원격제어 시스템 구성을 목적으로 총 2가지의 하드웨어와 2가지의 소프트웨어를 설계 및 제작하였다.

Abstract

AMR(Automatic Meter Reading) and RC(Remote Control) System have been researched from former several decade for a various power rate system, a efficient power service and rising of personal expenses, etc. But the existing AMR and RC System have disadvantage which are complex and high cost to install an individual communication network of electricity company. This paper proposed a new type of AMR and RC System using PLC with Web. and made components for proposal system. Most customer who live in apartment have an internet cable in the Republic of Korea. Therefore there is no more installation component for communication in proposal system at the apartment, except Web server system and PLC modem. so we made the PLC modem, the digital watt-hour meter with a build in PLC modem and the software on server computer for establishing the proposal system.

Keyword : Telemetry, Power Line Communication, Remote Control

* 學生會員, 江原大學校 電氣電子情報通信工學部

(Dept. of Electrical and computer Eng., Kangwon National University)

** 正會員, 江原大學校 電氣電子情報通信工學部

(Dept. of Electrical and computer Eng., Kangwon National University)

※ 본 연구는 강원대학교의 BK(두뇌한국)21 사업(강원 지역 멀티미디어 정보기술 인력양성사업단)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

接受日字:2002年12月30日, 수정완료일:2003年6月17日

I. 서론

원격검침시스템(Automatic Meter Reading, AMR)은 수용가에 설치된 전력, 가스, 수도 등의 계량장치로부터 원격에서 통신망을 통해 검침데이터를 읽어오는 시스템이다. 이 시스템을 통해 요금청구를 위한 데이터 수집이외에 수시로 계량을 실시함으로써 계량의 정확도를 향상시키거나 부가적인 고객서비스를 제공할 수 있으며 고장 및 도전과 같은 사고를 방지할 수 있는 효과를 기대할 수 있다^[1]. 업계에서는 원격검침 및 원격제어시스템이 요구하는 경제성, 확장성, 신뢰성의 세가

지 요소를 적절히 만족시키기 위해서 전력선+무선, 전력선+전화선 및 전력선+CATV망을 결합한 시스템의 연구가 활발히 진행중에 있다^{3,6)}.

원격검침에 주로 사용된 방법은 전화선을 이용한 방법이었다. 그러나 전화중에 데이터를 수신받을수 없으며 단방향 통신방식임으로 수신받은 데이터를 신뢰하기 어려웠다³⁾. 또한, 검침을 위하여 트렁크 및 스위칭 장비를 수용가 및 전화국에 설치해야 하는등, 유지보수 및 경제성문제로 크게 확대되지 못하였다. 무선의 경우 날씨와 같은 기후조건에 따른 에러를 동반하며 시스템 구성에 비용이 많이 든다는 단점이 있으며 CATV의 경우는 전화를 이용하는 방법과 비슷하게 독자적인 네트워크 장비를 이용하는 형태로 수용가에서 검침까지의 시스템을 모두 설치 및 관리해야 하는 까다로운 문제를 안고 있다. CATV와 전력선통신을 이용한 방법을 80년대 중반에 국내에서 적용하였으나 전력선 통신망의 성능 불안정으로 확대되지 못하였다²⁾. 그러나 최근의 전력선모뎀이 최초송신단에서 최종수신단까지의 통신은 구현하기 어려우나 저속, 단거리의 경우는 많은 향상을 보임에 따라 현재, 가장 가능성이 있는 방식으로 대두되고 있는 실정이다^{5,6,8)}. 전력선통신의 또다른 발전방향으로 현대 도심지의 대부분의 아파트 및 다세대주택에 인터넷사업자에 의하여 이미 상용화된 인터넷망이 구축되어 있음에 따라 전력선통신과 인터넷을 이용한 Home Network 방법으로서 Home Security System 이나 Home Automation System에 대한 연구가 지속적으로 이루어 지고 있는데 이들은 대부분 상위 계층에 웹기반을 지향하고 있으며 홈서버를 설치하는 형태를 갖추고 있다⁴⁾. 그러나 목표하는 고속 및 긴 통신거리의 전력선모뎀을 제작하는 것이 용이치 않아서 현재 상용화에 어려움이 있다. 이렇게 두가지 연구가 전력선 통신방식을 사용한다는 점에서 방식은 비슷하나 상위구조가 다르며 목표하는 전력선통신모뎀의 규격 또한 저속과 고속으로 서로 보완되지 못하는 실정이다³⁻⁴⁾.

위의 두 시스템을 도심지의 아파트와 같은 밀집지역으로 관점을 축소하여 상황에 맞도록 보완,수정하여 하나로 통합할 경우 단지내 관리사무소에 인터넷이 가능한 PC의 설치 및 가정내 홈서버에 의하여 아파트 가정내에서부터 인터넷과 연결되는 모든 장소 및 기기로부터 그 반대 방향으로 검침데이터와 제어 및 보안에 관계된 적절하고 다양한 정보를 서로 주고 받을수 있

도록 구성될수 있다는 점에 착안하였다.

이러한 배경에서 본 논문은 독자적인 네트워크장비가 아닌 인터넷 사업자에 의하여 펼쳐진 인터넷망을 이용하여 저속 전력선통신모뎀과 웹서버와의 연결로서 저가이고 구조가 간단하여 시스템의 구성이 쉽다고 판단된 원격검침 및 원격제어 시스템을 구성하려 하였다. 이러한 구성을 위하여 총 2가지의 하드웨어와 2가지의 소프트웨어를 설계 및 제작하였다. 하드웨어는 전력선 통신모뎀과 전자식 전력량계이며 소프트웨어로는 웹서버 프로그램과 PC의 Serial 포트 통신프로그램이다. 이에 대한 설명을 통하여 제작된 구성요소의 기능과 역할 및 성능을 살펴보고 본 논문에서 제시하는 구조의 원격제어 및 검침시스템을 구성한 후 실험을 통하여 제시한 시스템의 타당성과 향후 발전 가능성을 확인하고자 하였다.

II. 원격제어 및 검침 시스템의 구성방법

PC와 전력선통신모뎀이 상호 통신할수 있도록 구현하고 웹으로 데이터를 전송할수 있는 PC소프트웨어를 개발함으로써 전체적인 시스템을 구성 하였다. 이러한 구조는 중간에 위치해 있는 웹서버에 데이터베이스내에 데이터가 저장되어 있음으로 하여 기존의 원격검침이 한번에 수용가에서 검침지 까지 데이터를 전송할 때 통신장애로서 오검침하게 되는 현상을 줄일수 있다. 또한, 현대의 원격제어가 이동통신기기와 웹을 연결시키는 방향으로 발전해나가는 관점에서 볼때 흐름에 맞는 방향이라 할수 있다.

III. 전력선통신모뎀

본 장에서는 제안된 시스템의 구성을 위하여 제작된 전력선통신모뎀을 4부분으로 나누어 살펴보고 각 부분에 대한 동작에 관련지어 설명을 한다. 제작된 모듈의 구조는 <그림 1>과 같다. 이는 모뎀 IC, μ C, 증폭기, 커플러의 4가지 부분으로 나눌수 있는데 모뎀 IC는 Philips사의 TDA5051A을 사용하였으며 μ C로는 Microchip사의 PIC16F873을 사용하였다. 증폭기는 일반적인 형태의 트랜지스터 증폭기이다. 커플러는 220V/60Hz 상용전원에 직접 연결되어 캐리어 주파수 대역에서 PLM과 전력선을 연결하는 소자이다.

커플러는 전력선과 PLM의 절연상태를 유지하는 동

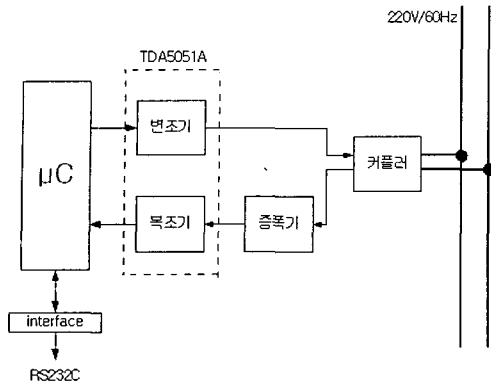


그림 1. 제작된 PLM의 구조
Fig. 1. Structure of PLM.

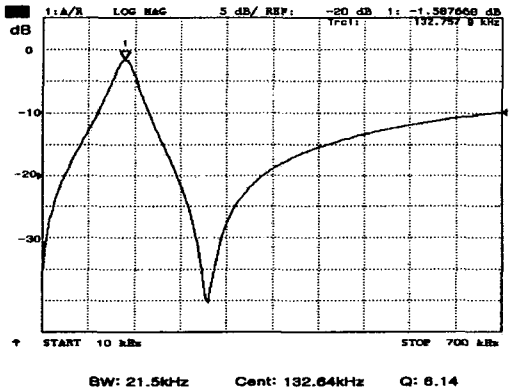


그림 2. 커플러의 주파수특성
Fig. 2. Frequency response of coupler.

시에 캐리어주파수만을 통과시키는 대역통과필터의 형태를 가져야 하며 효과적인 전송과 수신을 위하여 전력선과의 임피던스매칭의 기능을 포함해야 한다^[5]. 원격검침을 효과적으로 행할수 있도록 전력선 모뎀은 신뢰할수 있는 통신품질을 확보하여야 하는데 이러한 조건들은 전력선을 이용한 통신을 위한 기본적인 기능인 동시에 통신품질과 관련이 있으므로 요구되는 성능에 적절한 커플러를 선정하거나 설계해야 한다. 이를 위하여 본 논문에서 사용된 커플러는 <그림 2> 와 같은 주파수 특성을 갖는다. 커플러의 통과대역주파수를 보면 알 수 있듯이, 본 논문에서 제작한 PLM의 캐리어주파수는 <그림 3> 의 유령에서 사용되는 전력선을 이용한 통신 가능한 주파수 범위인 3kHz~148.5kHz 대역에 만족하는 132KHz를 사용하였고 이는 전력선에서 분포하는 노이즈 스펙트럼을 피하는 전송주파수이다^[5,8].

커플러로 인하여 PLM 시스템에는 132KHz 대역의

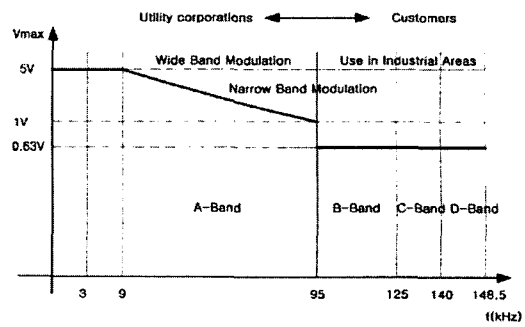


그림 3. CENERIC EN-50065에서의 주파수 및 레벨제한 범위
Fig. 3. Frequency ranges and PLC signal level limits specified in EN-50065

신호만이 통과하고 있으나 각종 전기기기와 가전제품 및 사무기기로부터 발생하는 잡음들이 간혹 이 주파수 대역에서 발생할 경우 시스템내로 유입되어 전류 증폭을 위한 트랜지스터의 파손을 가져오는 경우가 발생함으로 이에대한 대책으로서 트랜실을 사용하였다.

커플러를 통하여 인입된 변조신호는 모뎀 IC를 통하여 복조된다. 제작에 사용한 모뎀IC인 TDA5051A는 반이중통신방식을 가지고 있으며, 전송속도는 최대 2400bps이나 구성시에는 에러율을 줄이기 위한 목적으로 1200bps로 속도를 조정하였다. 이 IC의 변조방식은 ASK로서 다른 변조방식에 비하여 노이즈의 영향을 많이 받는다는 단점이 있으나 가격이 저렴하고 구성이 간단하다는 장점을 가진다^[1,8].

모뎀 IC를 통하여 복조된 신호는 μC에 디지털 데이터형태로 전달된다. μC는 각 모듈의 8비트로 구성되고 유ID와 제어신호에 해당하는 데이터를 저장하고 있으며 이를 식별하여 각각의 명령에 해당하는 동작을 할 수있도록 프로그래밍 하였다.

제어신호는 On, Off, Up, Down, Download의 5가지를 설정하였는데 On, Off, Up, Down은 제어에 관한 명령임으로 μC는 설정된 포트로 제어신호를 출력하게되고 Download명령은 데이터전송요구신호를 의미함으로 전력선으로 저장된 데이터를 전송하게 된다. 또한 μC는 RS232C 포트를 통하여 전송되는 PC로 부터의 명령신호를 모뎀을 통해 전송하거나 반대로 전력선으로 부터의 신호를 PC로 전송할수 있도록 프로그래밍 되어있다. <그림 4> 에 이러한 프로그램의 순서도를 표현하였으며 <그림 5> 는 제작된 전력선 통신모듈의 회로도이다.

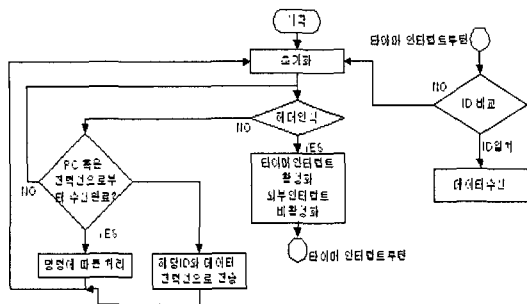


그림 4. 전력선통신모듈의 프로그램 순서도
Fig. 4. Flowchart of PLM program.

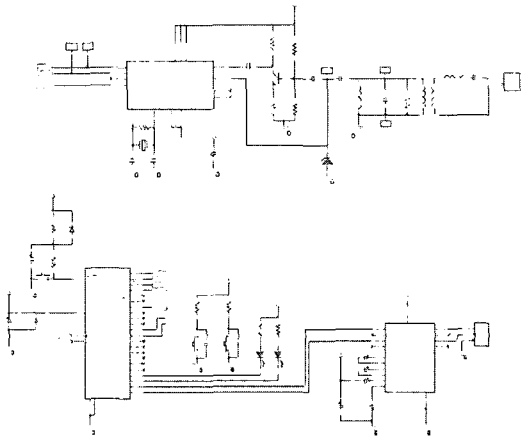


그림 5. 제작된 전력선통신모듈의 회로도
Fig. 5. Circuit of the PLM.

IV. 원격검침용 전자식전력량계

본 장에서는 일반적인 전자식전력량계에 대한 사항과 본 논문이 제안하는 시스템의 구현을 위해서 제작된 전력량계의 구성을 동작과 관련하여 설명한다. 전력량계는 수용가가 사용한 전력량을 계량하고 그 값을 표시해 주며, 수용가와 거래의 기준이 되는 기기인데, 일반적으로는 기계식의 유도형 전력량계가 사용되고 있다. 이러한 방식의 전력량계는 유효전력량의 적산기능 외에는 다른 기능이 없고 기계적 진동 및 마모로 인하여 정밀도나 수명이 짧으며 원격검침을 위한 데이터 변환과 전송이 어렵다. 그러나 전자식 전력량계를 사용하게 되면 데이터 변환과 전송이 용이할뿐 아니라 유효전력, 전압, 전류 및 무효전력산출로 인한 역률데이터를 수집할 수 있으므로 전력에 대한 다양한 분석에 수집된 데이터를 사용할 수 있으며 정밀도와 수명이 높게 된다는 장점을 가진다^{11, 17)}.

본 논문에서는 전력량검출 및 연산이 가능한 IC인 Cirrus사의 CS5460A와 Microchip사의 PIC16F877 μ C, 그리고 Philips사의 TDA5051A를 사용하여 전력선통신 모듈을 삽입한 형태의 전자식 전력량계를 제작하였으며 구성도는 <그림 6>과 같다. 제작된 전력량계는 최대측정전압 250V에 최대측정전류는 20A이다. 트랜스포머를 사용하여 전압을 검출하는 동시에 회로의 전원을 공급할 수 있게 하였으며, 전류의 경우는 홀센서를 사용하여 검출하였다.

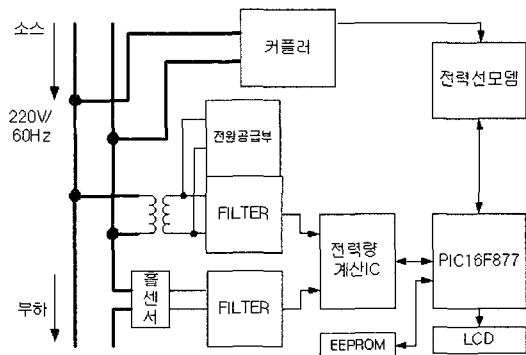


그림 6. 전자식 전력량계의 구성도
Fig. 6. Structure of the Power meter.

이러한 방법으로 측정이 가능한 전압범위를 갖도록 변환된 전압과 전류에 해당하는 신호는 각각 전력량계산IC로 입력된다. 이때 변환된 신호는 150mVrms의 매우 작은 범위를 갖기 때문에 적은 노이즈에도 민감하게 반응하게 되어 무부하시 약간의 전류값이 검출되는 오류를 가질 수 있다. 이러한 문제를 최소화하고 IC가 요구하는 입력신호를 만들어주기 위하여 입력 전단에 약 2KHz의 차단주파수를 가지는 RC필터를 사용하였으며 디지털신호라인과 아날로그 신호라인에 간격을 주는 형태로 패턴을 조절하고 IC의 보정기능을 사용하여 검출되는 전류양을 20mA로 최소화 하였다. 이후에는 무부하시 검출되는 전류량 이하를 μ C의 프로그램으로서 0으로 설정하였다.

사용한 전력량 계산 IC는 전류센싱부분에 4차, 전압센싱부분에 2차 델타-시그마 변조기를 가지고 있고 유효전력은 Energy-to-pulse 변환방식으로 출력하고 있으며 IEC687/1036의 정밀도 규격을 만족하는 IC이다.

이 IC는 내부레지스터에 값을 써넣는 형태로 초기화를 시킬 수 있으며 이는 μ C로 구현하였다. μ C는 전력량 계산 IC에서 펄스형태로 출력되는 유효전력량을 카운

팅하며 동시에 LCD로 적산량을 표현하고 전력량계산 IC와의 통신을 통해 순시 전압,전류 및 실효전압,실효전류의 데이터를 얻어야 한다. 이처럼 μ C에서는 EEPROM, 전력량 계산 IC, LCD, 전력선모뎀과의 통신을 모두 처리해야 하기 때문에 연산량이 매우 많은 편에 속한다. 그러나 적산전력량계는 본래의 기능이 유효전력을 적산하는 것인 만큼 구동시에 다른 연산으로 인하여 방해받지 않도록 다른 기능을 위한 연산량을 최소로 줄이고 적산에 대한 부분을 외부인터럽트와 타이머인터럽트기능을 적절히 사용함으로써 구현하였다. 이와같은 프로그램의 순서도는 <그림 7> 과 같다.

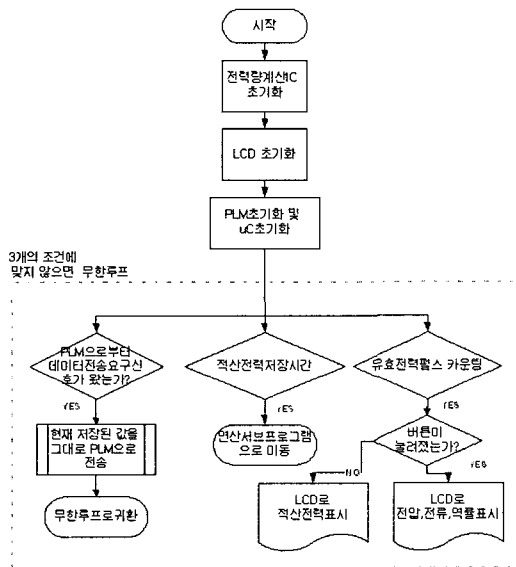


그림 7. 전자식 전력량계 프로그램 순서도
Fig. 7. Flowchart of the Power meter program.

전력량계에 사용한 <그림 7> 의 프로그램에 대하여 간략히 설명하면, μ C는 동작초기에 주변요소들을 초기화시키게 된다. 이때 전력량 계산 IC의 자동보정시간과 안정된 센싱입력이 들어올때까지 시간을 포함한 딜레이를 주게 되며, 딜레이가 끝나는 시점에 전력량 계산 IC로 연산시작명령을 내린다. 연산이 시작되면 전력량 계산 IC는 앞에서 설명한것과 같이 펄스의 형태로 유효전력을 표시하게 되는데 μ C가 설정한 초기설정값에 의해 하나의 펄스가 의미하는 전력의 양은 1W이 된다.

μ C에서는 이 펄스의 개수를 카운팅하여 전력을 적산하게 되며 이렇게 적산된 전력량은 LCD로 출력되는 동시에 선택된 저장시간에 EEPROM에 저장된다.

피상전력은 검출된 전압과 전류를 전력량계산IC로부

터 전송받아 μ C에서 연산하였으며 실효전압, 실효전류, 유효전력, 그리고 역률값을 μ C에 연결된 버튼을 누르면 LCD로 표시할수 있게 제작되었다. 또한, 전력선으로부터 전송요구신호를 받으면 현재 가지고 있는 데이터를 전력선모뎀을 통하여 모두 PC로 전송하게 되며 이렇게 전송된 데이터는 PC안에서 관리된다.

V. 원격제어 및 검침 소프트웨어 작성

본 장에서는 제작된 소프트웨어의 기능과 동작에 대하여 설명한다. 본 논문에서 제시하는 구조에 가장 핵심적인 부분이라 할수 있다. <그림 8>은 본 논문에서 구성하려 하는 시스템을 의미한다. 220V/60Hz의 전력선을 통신선으로 하여 PC에 연결된 PLM을 Master로 하고 전자식 전력량계와 불발기제어기가 가능한 형광램프 안정기에 PLM을 내장시켜 Slave로서 구동시키는 간단한 구성을 보여준다.

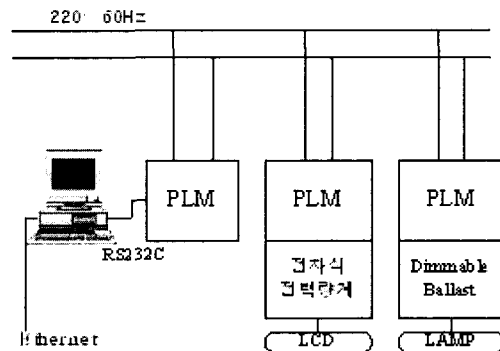


그림 8. 구현한 시스템의 구성도
Fig. 8. Structure of the development system.

이때 PC의 OS는 Microsoft의 Windows2000 server 이며 제작한 소프트웨어는 Microsoft사의 Visual C++의 MFC와 MS-Access Database 소프트웨어를 이용하였다. 또한, Database 소프트웨어에 저장된 데이터를 인터넷으로 전송하거나 외부로의 명령을 인식하기 위해 Microsoft사의 ASP 웹프로그래밍언어를 이용하였다.

이 두 가지 프로그램은 공통의 Database를 통하여 간접 통신할수 있도록 설계하였는데 이러한 방식은 구성이 간단하며 수집된 데이터를 HTML코드로 변환하게 됨으로서 외부에서 웹브라우저를 통하여 원하는 장소의 전력선통신모뎀에 명령을 내리거나 데이터를 전

송받을 수 있다. 이러한 형태로 하위 RS232C와 연결된 전력선통신에 상위 웹을 둔 중간 소규모 서버시스템을 구현할수 있다. 시스템에 사용되는 PC에서 동작되는 소프트웨어는 설치된 전력선통신모듈이 가지고 있는 고유의 ID로서 기기를 등록할수 있으며, 이때 기기의 성격상 구분등록이 가능하도록 하였다. 또한, 이 소프트웨어는 Data-base의 명령데이터접수공간의 명령코드에 의하거나 실행창의 명령버튼을 클릭하여 제어명령을 해당 ID와 결합하여 PLM으로 전송할수 있도록 프로그래밍 되어있다.

제작된 소프트웨어의 동작에 대한 설명은 다음과 같다. 외부에서 웹브라우저를 통하여 시스템에 사용되는 PC에 연결하게 되면 PC는 등록되어있는 기기들의 리스트 즉, PLM이 연결되어 통신이 가능한 기기를 보여 주게 되고 외부에서는 리스트중에 원하는 기기를 클릭함으로써 명령창을 볼수있게 된다.

명령창에 해당명령을 입력하고 확인버튼을 누르면 PC측의 Database내의 선택한 기기의 명령접수공간에 입력한 명령이 기록된다. 인터넷 연결을 위한 웹프로그램은 여기까지의 기능만을 담당한다. 이때 전력선통신 모듈과 연결된 소프트웨어는 명령접수공간에 기록된 명령을 인식하고 이에 해당하는 기기의 ID와 명령코드를 해당 전력선통신모듈로 전송하여 기기는 해당명령에 따른 동작을 행하게 된다. 데이터전송요구신호를 전송하게 되면 해당하는 전력선통신 모듈은 수집된 데이터를 PC로 전송하게 되며 소프트웨어는 이 데이터를 Database내의 해당저장공간에 이를 저장한다. 이렇게 저장된 데이터는 역시 외부에서 웹브라우저를 통해 확인할수 있다. <그림 9>는 제작된 웹프로그램의 순서도이다.

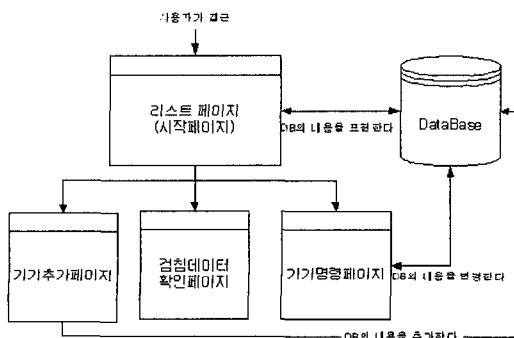


그림 9. 웹프로그램의 순서도
Fig. 9. Flowchart of the Web Application.

결국, 본 논문에서의 검침 및 제어방법은 소규모 웹 서버에 연결된 Master 전력선모뎀에 의해 같은 전력선에 연결되어 있는 ID를 가지고 있는 Slave 전력선모뎀으로 제어 및 데이터 전송요구신호의 발생으로 인한 검침 및 제어를 구현한 것이다.

VI. 실험

본 논문에서는 원격제어 및 검침을 위하여 제안한 구조의 시스템에 필요한 구성요소를 모두 제작하였다. 제작된 하드웨어 중 하나인 전력선통신모듈의 통신신뢰도를 시험하기 위하여 원공일이 서로 다른 아파트에서 가정에 사용되는 일반적인 가전기기를 연결한후 에러정정코딩을 사용하지 않은 상태로 임의의 콘센트에 통신신호를 수신하는 모뎀(Receiver)과 노트북을 고정시키고 통신신호를 발생하는 모뎀(Transiver)을 콘센트를 옮겨가며 각각 약 5분동안 36000개의 데이터를 전송하고 위치별로 에러를 확인해 보았다.

표 1. 제작한 전력선 통신모듈의 수신에러갯수
Table 1. Error of PLM.

거리 \ 원공년도	92년	99년	2001년
7m	2,250	3	3
10m	3,700	9	3
15m	4,230	8	8

실험시간은 대략 오후 1시경에 시작하여 3시경까지 측정하였으며 각 10회를 실시하여 평균을 내었다. 콘센트간의 거리를 대략적으로 구분지었으며 그 결과는 <표 1>과 같다. <표 1>을 보면 알수 있듯이 전력선의 상태와 구조에 따라 에러의 개수가 많이 차이나는 것을 알수 있다. 결국 제작된 모뎀은 신축아파트에 적용하는 것이 더 유용하다는 결론에 이른다. 또한 15m 정도의 거리에서는 별다른 에러정정 코딩없이도 에러발생빈도가 낮으므로 에러 정정코딩을 사용할 경우 약 20-30m 정도까지 통신품질을 확보할수 있다고 추측할수 있다.

또한, 주로 검침이 이루어지는 새벽시간에는 전력선상의 노이즈가 현저히 줄어들기 때문에 위 실험결과보다 더 좋은 결과를 낼수 있으리라 추측된다^[6]. 본 논문에서는 대략 15-30m 사이의 통신거리만을 확보하여도

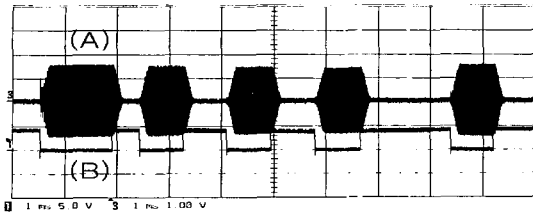


그림 10. 전력선모뎀의 송신파형 (A)변조기출력 (B) 데이터출력

Fig. 10. Transmit Waveform of PLM (A) ASK signal output (B) transmit data signal.

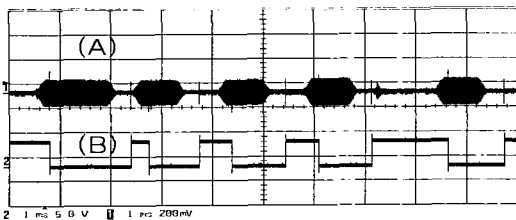


그림 11. 전력선모뎀의 수신파형 (A) 수신된 ASK 파형 (B) 복조된 데이터 파형

Fig. 11. Receive Waveform of PLM (A) received ASK signal (B) received data signal.

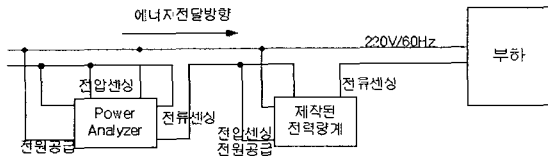


그림 12. 전력량계 오차측정을 위한 구성도
Fig. 12. Block Diagram for Power meter Calibration.

구현하고자 하는 시스템구성이 가능함으로 실험에 사용된 전력선통신모듈을 그대로 이용하였다. 제작된 전력선 모듈인 <그림 1>에서 μC 의 출력데이터 파형은 <그림 10(A)>, 변조기의 출력파형은 <그림 10(B)>와 같으며 10m의 전력선을 거쳐 수신단에서 커플러를 통과한 파형은 <그림 11(A)>와 같고 이를 복조한 파형은 <그림 11(B)>와 같다.

본 논문에서 제작된 하드웨어중 다른하나인 적산 전력량계의 신뢰성을 확보하기 위하여 보정작업을 하였다. 적산기능이 있는 Xitron사 2553 Power Analyzer의 성능을 신뢰한 상태로 제작된 전력량계를 <그림 12>와 같이 동시에 같은 부하로 연결하고 Watt와 전압,전류를 측정하여 Power Analyzer의 측정량에 제작된 전력량계가 소비하는 Watt를 제거시킨값으로 두 계측량값을 일치하도록 한 후 부하의 용량을 변화시키면서 각각, 15

분간격으로 60분까지 10회 측정하여 평균을 내는 형태로 검증하였다. 이때 Xitron 2553 Power Analyzer의 적산표기방식이 4자리의 숫자만을 표기함으로 적산량이 많아질수록 Wh의 소수점자리는 표현이 안되는 관계로 이는 측정할수 없었다.

표 2. 제작한 전력량계의 보정후 에러
Table 2. Error of Power Meter.

측정시간	338W		666W		2009W	
	Wh	%	Wh	%	Wh	%
15분	0	0	0.01	0.01	1이하	0.1이하
30분	0.02	0.1	0.03	0.01	1이하	0.1이하
45분	0.05	0.17	0.05	0.01	3이하	약 0.14
60분	0.91	0.24	0.1이하	0.1이하	6이하	약 0.28

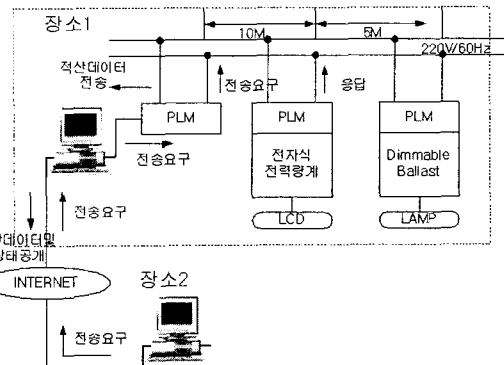


그림 13. 실험구성도
Fig. 13. Structure for test.

실험결과 전류검출의 비선형적 특성이 나타났다. 이를 개선하기 위하여 프로그램으로서 검출된 전류의 양에 따라 전력량 계산 IC의 Pulse당 Watt를 다르게 적용하여 선형특성에 근접할수 있도록 수정하였으며 최종보정후 오차측정결과는 <표 2>와 같다. 실제 전력량계의 표시량은 KWh 단위이며 KS 규격에서는 보통 기준전력량계의 경우 표시량의 1%의 오차를 허용한다. 제작된 전력량계는 표시량이 mWh 단위이며 실험결과 제작된 전력량계의 오차가 1%를 벗어나지 않음을 알수 있다.

이렇게 제작된 전력량계와 전력선통신모듈, 그리고 전력선통신모듈로서 제어가능한 조광제어부하를 인터넷이 가능한 장소 2곳을 이용하여 원격검침 및 제어실험을 행하여 보았다. <그림 13>은 본 논문에서 구현된 원격제어 및 검침의 구성도이며 동시에 실험환경을 의미한다.

이러한 구성을 통하여 <그림 13>의 장소2 에서 장소 1 에 설치된 전력량계에 데이터 전송요구를 내린후 확인할 수 있었고 장소1 의 부하를 제어할수 있었다.

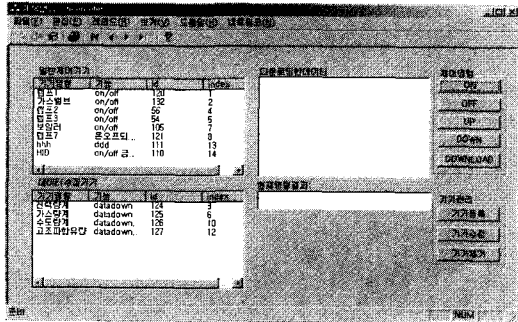


그림 14. PC에서의 프로그램 실행화면
Fig. 14. Application for Telemetering and Control on PC.

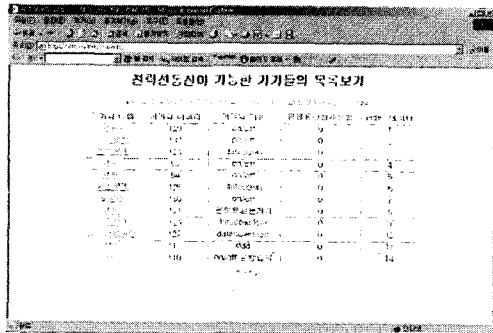


그림 15. 제어 및 데이터수집기기의 등록화면
Fig. 15. Web Application.

등록된 기기의 종류와 상태는 <그림 14>에서와 같이 리스트로 나타나게 되며 <그림 15>에 웹 브라우저를 통한 기기의 종류와 상태가 표시되는 리스트화면을 나타내었다.

VI. 결론 및 추후연구

본 논문에서는 원격검침과 원격제어의 통신수단으로서 전력선통신과 인터넷을 혼합한 방식이 매우 효율적이며 가능한 수단임을 증명하고 이에 따른 시스템을 구현하기 위하여 전력선통신모뎀을 내장한 원격검침용 전자식 전력량계, 그리고 이를 PC나 인터넷에서 제어할수 있는 소프트웨어를 작성하였다. 제작, 사용된 전력선통신모뎀은 신축아파트에서의 실험에서 여러정정코딩없이 36000개의 데이터 중 평균 8개의 에러를 보임

에 따라 원격검침 및 제어시스템을 구성할수 있음을 확인하였다.

전자식전력량계는 KS의 보통전력량계 규격을 만족함을 확인하였다. 웹에 공개된 데이터는 오류없이 웹브라우저에 표시되는 것을 확인하였다.

이렇게 각각의 하드웨어 및 소프트웨어는 실험을 통하여 전체 시스템이 요구하는 성능에 근접하였으며 구현한 시스템을 이용하여 동작실험을 행한 결과 기존의 원격제어 및 검침 시스템에 비하여 비교적 구성이 간단하고 많은 설치비용을 줄일수 있는 구조로서 웹서버와 전력선통신을 결합하여 구성하는 것이 매우 편리하며 신뢰할 수 있음을 확인할 수 있었다.

그러나 위 시스템의 전체적 성능에 가장 큰 영향을 미치는 전력선통신모뎀의 성능을 좀더 높이기 위해서 많은 연구가 있어야 할것으로 판단된다. 전력선 통신모뎀의 통신속도를 높이면서 통신거리를 변조,코딩등의 방법으로 현재보다 좀더 확장하는등의 기술과 전력선 통신의 원격검침 및 제어를 통합할수 있는 적절한 프로토콜이 요청된다. 때문에 차후 연구에서는 전력선 통신모뎀제작에 대한 연구와 전력선을 이용한 네트워크 구성에 관한 프로토콜 연구를 지속할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] Jo, Ho-chan "Development of the Remote Meter Reading System Using a Power Line Communication and PSTN" Thesis of master Kangwon National University, Dec 2002.
- [2] 한국전력공사 전력연구원, "최종보고서: 전자식 전력량계 한전 표준 통신규격개발"
- [3] Shin, Hyun-soo, "A Study of Telemetering System to using Powerline and CATV Network" Thesis of master Soong Sil University Dec, 1995.
- [4] PLC Forum, "Home Network Control Protocol (HNCP) PreSpec 1.2(ver)"
- [5] Klaus Dostert, "Powerline Communication" Prentice Hall PTR Upper Saddle River. NJ07458.
- [6] John Newbury and William Miller, "Multiprotocol Routing for Automatic Remote Meter Reading Using Power Line Carrier Systems."

IEEE Transactions on Power delivery. VOL. 16, No.1, JANUARY 2001.

[7] Han, dong-pil "A study on the Implementation of Accurate Digital Watt-hour Meter", Thesis

of master Konkuk University.

[8] 박종연, 최승지, "전력선 모뎀 및 전화를 이용한 가정용 가스레인지의 원격 제어 시스템 개발", 한국통신학회지 '02-7 Vol.27 No.7C

저 자 소 개



崔原豪(學生會員)
2002년 : 강원대 전기공학과 졸업.
현재 : 동 대학원 석사과정.



朴鍾演(正會員)
1973년 : 고려대 전자공학과 졸업.
1980년 : 경북대 대학원 졸업(석사).
1984년 : 경북대 대학원졸업(박사).
1973년~1977년 : KIST 연구원.
1977년~1984년 : 울산공대 부교수.
현재 : 강원대 전기전자정보통신공학부 교수.