

## 접지전류를 이용한 유도형 전력선통신 시스템 설계

**이원호**, 이건영  
광운대학교, 전기공학과

### Design of Inductive Power-line communication system with Earth current

Won Ho Lee, Keon Young Yi  
Dept. Electrical Eng. Kwangwoon University

**Abstract** - 본 논문은 유도형 전력선통신 시스템을 구현하고자 한다. 이 시스템을 응용하여 현재의 수용 가구와 산업 현장에 적용 할 경우, 전력선 자체만으로 데이터 송신이 가능하기 때문에 전력선을 통신선으로 활용, 데이터를 송신하기 위한 접지 공사만으로, 현 각 수용 가구에 설치되어 있는 적산 전력계, 가스계량기, 수도 계량기가 디지털 계기로 대체되었을 경우 전력, 가스, 상수도의 누전 및 누수 등을 중앙 통제실에서 통계적 수치로 감지가 가능하므로 국가 에너지 자원의 효율적인 관리가 가능하다. 본 논문은 이 시스템의 타당성을 조사하기 위해 하드웨어를 제작하여 직접 송/수신 실험을 해보기로 한다.

#### 1. 서 론

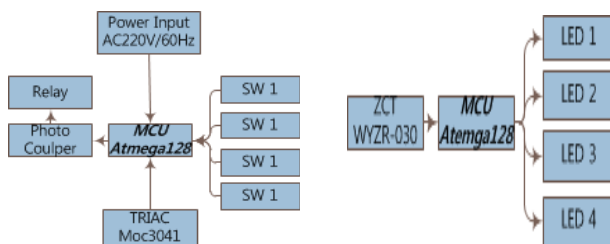
현재, 전기를 사용하는 어느 곳이나 적산 전력계가 달려있고, 전기를 공급하는 회사에서는 매월 검침원을 보내 전기 소모량에 따른 비용을 부과하게 된다. 이런 방법은 다세대 주택 또는 고층주택의 확대에 따라 검침원의 부담이 증대되며 거주자가 없을시 측정하기 어려운 문제점이 있다.[1] 따라서 이와 같은 인력 검침은 회사입장에서는 비능률적이며 사람에 의한 검침만으로는 앞으로의 시대에 경제성을 확보하지 못할 것이라 예상된다. 이런 이유로 한국전력에서 1,500가구에 전력선통신을 이용한 원격검침 시범사업을 필두로 사업자가 본격적으로 관심을 가지게 되었으며, 한국통신도 시범사업을 계획 중에 있다. 본 논문은 원격검침을 구현하기 위한 기초연구로 접지전류를 이용하여 유도형 전력선통신 시스템을 구현하고자 한다. 단 방향의 안정된 전력선 통신 환경 구축을 통해 현재의 수용 가구와 산업 현장에 적용 할 경우, 전력선 자체만으로 데이터 송신이 가능하기 때문에 전력선을 통신선으로 활용, 데이터를 송신하기 위한 접지 공사만으로, 현 각 수용 가구 설치되어 있는 적산 전력계, 가스계량기, 수도 계량기가 디지털 계기로 대체되었을 경우 전력, 가스, 상수도의 누전 및 누수 등을 중앙 통제실에서 통계적 수치로 감지가 가능하므로 국가 에너지 자원의 효율적인 관리가 가능하다.[2] 따라서 본 논문은 위 통신방법의 타당성을 기초적인 실험을 통해 검증하고자 한다.

#### 2. 본 론

본문에서는 실제 구현된 시스템의 구성, 제안된 통신방법을 설명하고 이 시스템의 실험결과를 분석한다.

##### 2.1 시스템 구성

지면전류를 이용한 유도형 전력선통신시스템은 데이터를 보내기 위한 송신부, 데이터를 받아 판별하는 수신부로 구성된다. <그림 1>은 유도형 전력선통신시스템의 전체 구성도이다. 송신부의 구성은 MCU, 데이터를 보내기 위한 스위치(SW1~4), 작동을 위한 전압이 정상인지 판단하기 위한 Hot, Neutral판단회로, 정상이 아닐 때 회로를 개방시킬 Relay로 구성된다. 수신부는 MCU, 데이터를 확인하기 위한LED1~4, 누설전류를 감지할 ZCT(1차측 200mA / 2차측 100mV)로 구성된다.



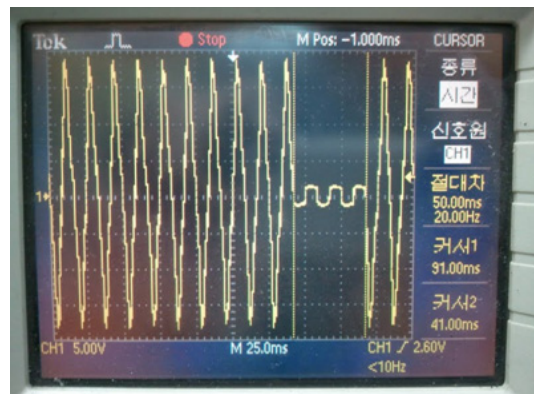
<그림 1> 송/수신 시스템 구성

##### 2.2 통신원리

기존의 전력선 통신방법은 고주파를 콘텐츠로 전력선에 연결하는 관계로 임피던스가 전력선 전압에 비해 상대적으로 높아 정합(matching)이 불가능하고 전력선에 유도되는 잡음을 효과적으로 차단하지 못하여 정확한 신호 분석을 할 수 없었고 전송 거리가 짧은 단점이 있다. 이와 달리 전송하고자 하는 데이터를 임피던스 보정회로만 거쳐 전력선에서 지면 전류로 대지에 인위적으로 흐르게 하여 전력선을 한 방향으로 감은 감지 코일(ZCT)에서 누전에 의하여 감지되는 자력 상쇄분의 차이를 검출하는 원리를 이용하여 송신된 데이터를 수신한다. 따라서 전력선에 유기되는 잡음은 전력선을 한 방향으로 감은 감지 코일 내에서 상호간의 자력으로 상쇄되고 통신거리는 선로 저항에 의해서만 전송거리에 제한을 받게 되므로 안정적인 통신망을 구성 할 수 있다.[1]

##### 2.2.1 통신방법

다음의 <그림 2>은 상용전압 AC 220V/60Hz가 20:1로 분압되어 Photo-Triac에 공급되는 전압파형이다. 주기 스케일은 누설이 일어남을 자세히 보기위해 25.0ms로 고정하였다. 송신부의 SW X(X=1~4) 입력이 CPU에 전달되고 이로 인해 Trigger신호가 발생되면 Photo-Triac에 의해 누설이 일어나게 된다.

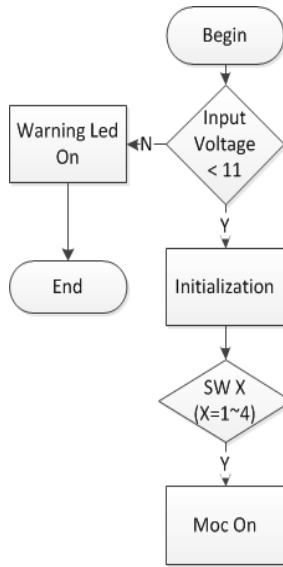


<그림 2> Photo-Triac 입력전압 파형

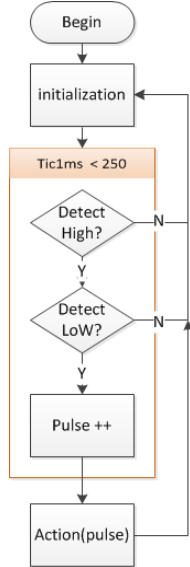
<그림 2>를 통해 SW 1을 눌렀을 경우 Zero-Crossing 시점부터 50ms 동안 누설됨을 알 수 있다. Photo-Triac에 의해 누설된 전류를 수신부의 ZCT가 감지하고 누설전류의 상대 비만큼 발생하는 출력신호는 MCU의 ADC단자에서 받아 데이터를 판단한다.

본 논문에서는 누설전류가 발생하는 시간을 측정하기 위해 Low-Detect 방식을 사용하였다. Low-Detect 방식이란 누설신호를 전압 위상의 변화에 관계없이 측정할 수 있고 이 방식에 이용되는 주파수는 상시 60Hz로 고정되어 있기에 데이터 수신 신뢰성을 높일 수 있다. 상용전압 AC220V/60Hz의 한 주기는 16.67ms이다. 데이터는 4종류로 누설시간을 다르게 하여 송신하게 된다. 송신데이터는 SW X(X=1,2,3,4)로 제어되며 누설시간은 50ms 간격으로 설정하였고 SW 1에 의해 50ms 동안 발생하는 Pulse는 3(50/16.67=3)번 발생하게 되며 이 Pulse의 개수에 따라 동작이 제어된다. <그림 5>를 통해 설명하면 누설전류가 발생하고 THOLDHIGH 이상이면 DetectHigh임을 판단하고 루틴이 진행된다. 일정시간동안 THOLDLOW이하의 값이 발생하는지 확인한 뒤 확인이 되면 DetectLow임을 판단하여 Pulse를 증가시킨다.

### 2.2.2 송/수신 시스템 순서도



<그림 3> 송신시스템 순서도



<그림 4> 수신시스템 순서도

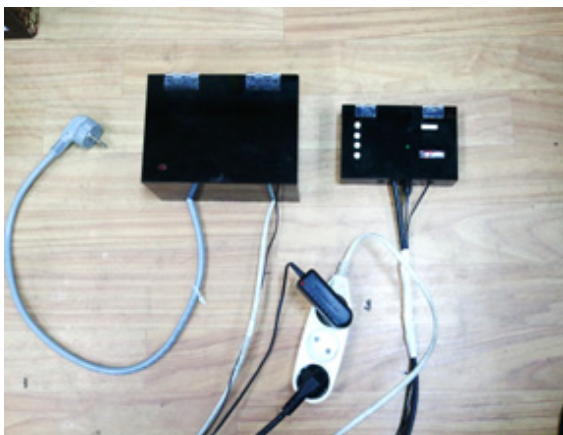
<그림 3>은 송신시스템의 순서도이다. 통신시스템이 정상적으로 작동하려면 Hot, Neutral, Earth를 확인하여야 한다. 이를 판단하기 위해 Hot/Neutral 입력을 통해 분압된 전압이 임계전압보다 크면 경고등이 켜지고 시스템의 동작은 종료된다. 분압된 전압이 정상이라면 Relay를 통해 회로가 연결되고 동작을 위한 시스템초기화가 진행된다. 이후 SW X가 입력되면 Photo-Triac를 통해 누설이 이루어진다.

<그림 4>는 수신시스템의 순서도이다. 시스템 동작을 위해 ZCT입력을 해석하기 위한 A/DC, 시간을 측정할 Timer interrupt등의 초기화가 이루어진다. Detect High, Detect Low, Action등의 함수가 순차적으로 발생하며 함수가 발생하는 도중 Tic1ms(Timer interrupt)가 250ms이상이면 자동적으로 함수를 탈출하여 처음으로 돌아가게 된다. 만약 DetectHigh가 잡음 등의 신호로 오작동하여도 DetectLow에 의해 보완이 가능하기 때문에 신뢰성을 높일 수 있다.

각 함수에 대한 설명을 하면 1)Detect\_High는 누설전류가 발생되었는지 판별하는 함수로 THOLDHIGH보다 크면 발생한다. 2)Detect\_Low는 누설전류의 값이 음의 영역일 때 MCU에 입력된 A/DC값이 유효한 값인지 잡음인지 판별하는 함수이다. 3)Action은 THOLDLOW 이하일 때 증가한 Pulse수에 따라 어떤 값인지 판단해 그에 맞는 결과를 출력하는 함수이다.

### 2.3 실험 및 결과

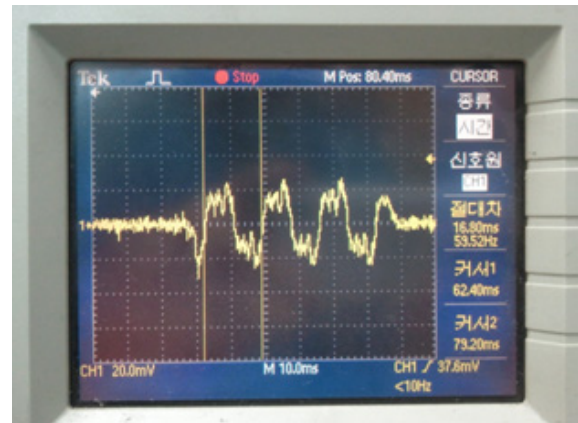
다음의 <그림 4>은 실험을 위한 하드웨어를 나타낸 것이다. 전원입력은 가정용 AC220V을사용하며 MCU에 입력되는 전압은 5V어댑터를 사용하여 Hot, Neutral을 구별하기 위해 Green LED를 사용하였다. 실험은 SW1~4와 연동된 LED1~4가 발광하는 것으로 진행된다.



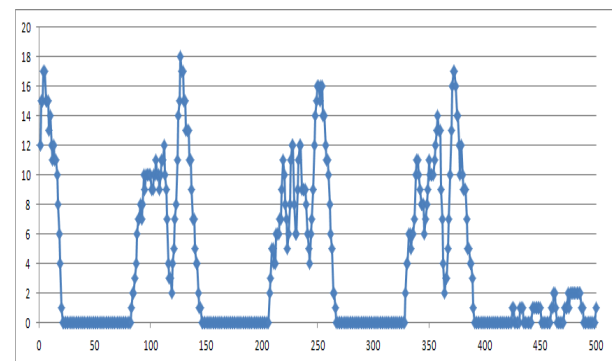
<그림 4> 송신/수신을 위한 하드웨어

### 2.3.1 데이터 송수신 실험

다음은 SW 1 입력을 받았을 때의 파형이다. <그림 5>에서 파형의 특성을 알아볼 수 있다.



<그림 5> ZCT에 의한 오실로스코프 출력파형



<그림 6> 하이퍼 터미널을 이용한 데이터 수신파형

<그림 6>는 누설전류를 50ms 동안 발생 시켰을 때의 파형이다. 위 실험은 데이터의 신뢰성을 높이고 외부환경에 따른 잡음의 영향을 줄이기 위해 ADC를 통해 받은 데이터 값을 5개의 평균값으로 변환하여 진행하였다. 파형을 분석해 보면 THOLDHIGH로 설정한 값인 8 이상일 때 시작함을 알 수 있다. 이후 값이 일정시간동안 THOLDLOW로 설정한 값인 2 이하일 때 Pulse가 증가하게 된다.

알고리즘에 의해 측정된 Pulse의 개수는 Photo-Triac의 특성에 따라 누설전류가 발생하는 시점이 달라져 범위가 정확하지 않을 수 있다. 따라서 이와 같은 특성을 보완하기 위해서는 MOC3041등의 Zero-Crossing 검출회로가 내장되어 있는 Photo-Triac를 사용하여 보완할 수 있다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 지면전류를 이용하여 데이터의 송수신이 이루어지는지 4종류의 데이터를 송수신 하는 실험을 통해 검증해 보았다. 향후 제안된 시스템을 현장에 도입함으로써 각종 검침방법의 단순화 및 경제성을 극대화 할 수 있을 것 이라고 판단되어진다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 설병화, “지면전류와 난수를 이용한 전력선의 데이터 전송 및 수집 방법”, 특허, 10-0389266, 2002년10월14일
- [2] Lee Dong Hoon, “A study on Remote Automatic Meter Reading System using PSTN,” Doctoral Thesis. The Seoul National Univer-Sity, 1987
- [3] 홍덕표(Ducpyo Hong) 이진목(Jinmok Lee) 최재호(Jaeho Choi), “전력설비에 내장된 전력선통신 시스템 설계(Design of remote-control network for power facility builtin PLC)”, 전력전자학술대회 논문집, Vol.-No.- [2006]