

전력감시 및 이상전력 차단 기능을 갖는 저전력 전력선통신 모듈 개발<sup>1)</sup>

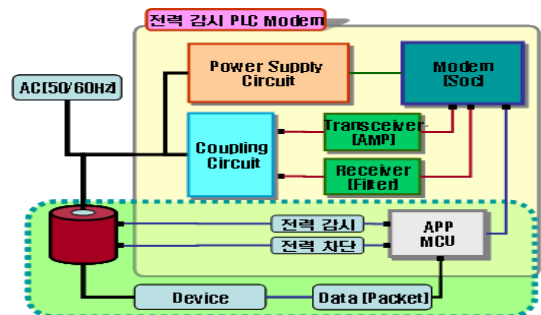
윤재식\*, 위정철\*, 송용재\*, 박중하\*, 김재현\*  
(주)플레넷\*

A Development Of Low Power PLC Modem for Monitoring of Power Consumption and Breaking of Abnormal Power

Jae-Shik Yoon\*, Jung-Chul Wee\*, Yong-Jae Song\*, Chung-Ha Park\*, Jae-Heon Kim\*  
PLANET System Co., Ltd

**Abstract** - 최근 경제성장과 함께 생활수준의 향상으로 인하여 홈 게이트웨이는 디지털 홈 가전기기에 초고속 통신망 접속 기능을 제공하며 각종 기기들을 하나로 네트워크화 하는 중요한 기능을 담당하게 된다. 전력선 통신은 전력선을 매체로 하기 때문에 신규선로의 포설 없이 가전기기 및 정보화 서비스 모델들의 네트워크화에 용이할 뿐만 아니라 커버리지 확장에도 뛰어나서 디지털 가전, 원격검침, 전력설비 감시제어, 국가 재난 감시 시스템 등의 기본 통신 방식으로 가장 유력한 기술로써 디지털 가전을 포함한 유비쿼터스 전기설비 네트워크 구성에서 필수적 기술로 채택되고 있기 때문에 지능형 홈 네트워크, 전력IT 부가 서비스, 설비감시 네트워크, 유비쿼터스 네트워크 관련 기술에 대한 파급 효과가 매우 크며, 디지털 가전의 기본 통신 방식으로 가장 유력한 기술로써 디지털 가전 구성에서 필수적 기술로 채택되고 있다. 본 연구에서는 전력선통신모뎀을 이용하여 가전기기의 전력 소비를 감지할 수 있는 센서를 내장한 전력선 통신기반의 전력 감시 모듈을 개발하여 실시간 원격 모니터링을 통해 소비전력 패턴을 작성한다. 그리고 전력감시 모듈에 연결된 가전기기의 소비전력 패턴 분석을 통해 전력소비 이상 유무를 감지할 수 있는 알고리즘을 개발, 탑재하여 이상 유무를 판단하고 전력소비가 급증할 시 자동으로 전력을 차단하여 화재나 누전의 위험을 방지한다. 이에 본 연구는 전력감시 및 이상전력 차단 기능을 갖는 저전력 전력선통신 모듈 개발에 관한 것이다.

적 이상상태가 발생하여 열과 불꽃이 원인이 되어 화재를 일으키고 있다. 이러한 요인들을 사전에 감지하고 검출할 수 있다면 많은 전기화재를 미연에 방지하고 사전점검을 통한 예측이 가능하다, 현재 사용하는 부하전류량을 감시하고, 전기시스템 및 회로에서 접촉 불량이나 절연과 과 등을 미리 감지하여 전력을 차단하여 화재나 누전의 위험을 방지할 수 있다.



〈그림 1〉 전력선통신 전력감시 시스템

1. 서 론

홈 게이트웨이는 항상 네트워크에 연결되어 있어야 하는 특성 때문에 사용자가 직접 서비스를 받지 않더라도 동작 상태를 유지해야 한다. 따라서 홈 서버나 홈 게이트웨이는 여러 가지 복합적 기능이 제공되므로 전력 소모량이 상당하다. 여러 연구에 따르면 미국의 네트워크 인프라에서의 전력 소모량은 5~24 TWh/yea가 되어 \$0.1/KWh로 계산해서 \$0.5 ~ 2.4B/year가 지출되는 것으로 예측하고 있다. 전 유럽 전체에서는 전력 소비를 23 TWh/year로 예측하고 있다. 대내 기기의 융복합화에 따른 고성능, 다기능화 및 상시 운용 등으로 인해 발생하는 과도한 전력소모 및 대기전력을 최소화하기 위해, 전력선 통신은 전력선을 매체로 하기 때문에 신규선로의 포설 없이 가전기기 및 정보화 서비스 모델들의 네트워크화에 용이할 뿐만 아니라 커버리지 확장에도 뛰어나다. 이에 본 연구에서는 전력선통신을 이용하여 유무선 홈네트워크 시스템을 기반으로 가전제품의 전력을 개별 제어하는 기술, 실시간 에너지 소비 모니터링 기술 및 실시간 전력제어 기술을 이용하여 전력소비감시 및 이상전력차단에 관한 연구를 하고자 한다.

2. 본 론

2.1 전력선통신기반 전력감시시스템

[그림 1]은 전력선통신 전력감시에 대한 전체 블록다이어그램을 나타낸다. 홈 게이트웨이에서는 연결된 가전기기의 소비전력 패턴 분석을 통해 전력소비 이상 유무를 감지할 수 있는 알고리즘을 개발, 탑재하여 이상 유무를 판단하고 전력소비가 급증할 시 자동으로 전력을 차단하여 화재나 누전의 위험을 방지한다. 전기설비의 누전이나 합선에 의해 다른 설비나 건물에 화재를 일으키는 사고로 인해 선로, 전기기계기구, 배선 등에서 누전, 단락, 섬락 등의 전기

2.2 전력소비 감지 및 이상전력 차단

2.2.1 전력 수요 예측

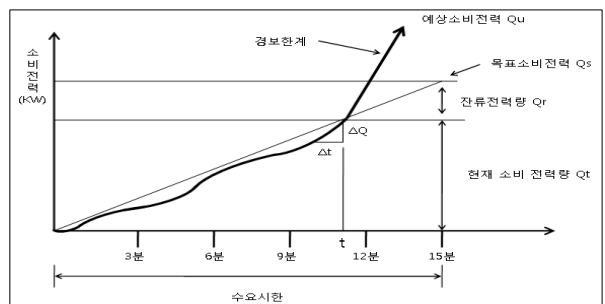
전력 관리장치의 기본원리는 수요시한 동안의 설정된 평균전력이 수요 전력이므로 부하가 순간적으로 많은 전력을 소비하여도 그 수요시한의 나머지 시간 동안에 미리 선정된 부하의 전력을 차단하게 되면 부하의 소비전력을 목표전력 값에 맞출 수가 있다. 전력 관리 장치는 정확한 부하변동에 따른 소비전력의 변화 추이를 다음과 같은 방법으로 예측한다.

수요전력 관리장치가 나타내는 값으로 해당 수요 시한 내에서 지금까지 사용한 전력량을 수요시한으로 평균한 것이다.

$$P[kW] = \frac{\text{사용전력량}(kWh)}{\text{수요시한}(h)} = \frac{Q}{T}$$

부하전력은 수요전력 관리장치가 전력을 적산하는 샘플링의 한 주기 동안에 부하전력을 나타낸다. 부하전력은 Δt는 펄스 검출시간으로서 보통 1분을 설정하지만 0.5~4분의 설정도 가능하며 부하 변동주기가 길 경우와 변동폭이 클 경우에는 설정을 길게 함으로써 그 영향을 완화시킬 수 있다.

$$P_a[kW] = \frac{\Delta t \text{사이의 소비전력량}}{\text{펄스검출시간}} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$



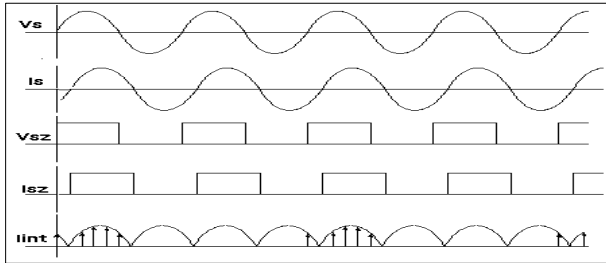
〈그림 2〉 전력관리장치 전력량 계산

1) 본 연구는 지식경제부 에너지·자원 기술 개발 사업의 일환으로 추진되고 있는 (과제명: 저전력 대기모드 지원 PLC 통신 모듈 개발)의 지원에 의한 것임.

수요 전력 현재의 부하전력이 계속 유지되는 것으로 하고 현실점까지의 소비전력량과 앞으로 시한이 종료되기까지 소비할 전력량을 더한 것을 소비전력량의 예측값으로 하여 이것을 수요 시한으로 평균하여 구해진다. 수요시한(T)의 시작점에서 현재의 시간(t) 사이의 소비전력량을  $Q_t$ [kWh]라고 하면 수요 전력과 예측 소비전력량( $Q_u$ )을 구할 수 있다.

### 2.2.2 전력 수요 계산

[그림 3]은 마이크로프로세서를 이용하여 전력을 계산하기 위한 다이어그램이다.

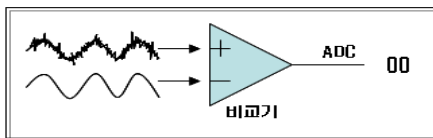


〈그림 3〉 전압, 전류 검출 및 계측

입력전류를 검출하기 위해 CT를 이용하여 CT에서 나온 전류는 노이즈를 없애기 위해 차동 증폭기를 통하여 마이크로프로세서의 A/D변환기로 공급된다. A/D를 통하여 입력된 값을 통해 현재 사용중인 전류량을 검출할 수 있으며, 전압과 전류의 위상차를 이용하여 역률 및 전력을 계산하게 된다.

### 2.2.3 이상 전력 패턴 분석

과부하가 전기화재의 많은 요인이 되고 있음은 널리 알려진 사실이다. 그러므로 정격용량에 맞게 사용되고 있는지 여부를 감시해야 한다. 이러한 용량초과 유무를 감시하기 위해서는 전류의 실효치를 주어진 시간 간격마다 계산하여 정격용량과 비교한다. 또한 접촉 불량 및 절연과괴 또는 절연열화를 전기적 신호에 의해 검출하기 위해 전류의 신호를 주파수 영역에서 분석하면 1~10kHz 사이의 주파수대에서 이러한 아크나 스파크의 특성을 발견할 수 있다.

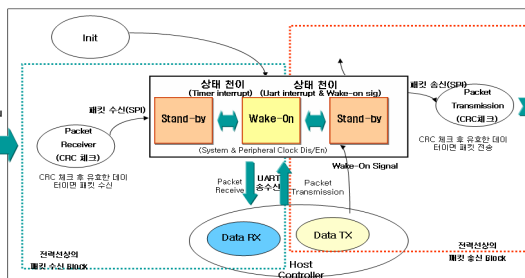


〈그림 4〉 이상전력검출

[그림 4]는 전기부하 모니터링센서를 이용하여 이상전력 및 고주파를 검출하기 위한 방법이다. 맥내에서 사용하는 가전기기들을 샘플링하여 DB를 구축하여 노이즈 패턴 분석을 통해 스파크 전후의 부하전류에 변화가 있으면 제품의 사용 또는 중지여에 의한 정상상태로 돌아오고, 스파크 전후의 부하전류에 차이가 없으면 고장으로서의 아크현상이 일어나고 있으므로 경보상태로 가서 스파크현상 경보를 발생하게 된다.

### 2.3 저전력 전력선통신 기반 전력감시 및 이상전력 차단

[그림 5]는 저전력 전력선통신을 위한 알고리즘이다. 전력소모를 최소화하기 위해 대기모드를 지원하기 Stand-by & Wake-On 기능을 추가했다.

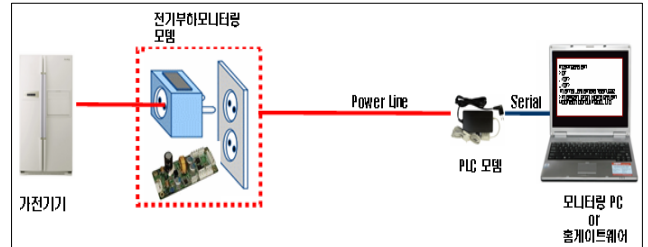


〈그림 5〉저전력 전력선통신 모델 알고리즘

Main Processor에서는 Uart 인터럽트나 또는 Wake-On 패킷

에 의해 Wake-on 상태가 되며, Host System으로 데이터를 전송하게 된다. Host로 부터의 데이터를 수신할 경우(전력선에 데이터 전송) 타이머 인터럽트에 의해 Sleep Mode 상태에서 Wake-on 상태로 전이가 되며, 유효한 데이터로 판단되면 전력선으로 데이터를 전송하게 된다. 전력선상의 패킷 수신과 마찬가지로 Host로부터 데이터 수신 패킷이 없거나 전력선상의 수신 패킷이 없을 경우 Sleep Mode 상태를 유지한다.

[그림 6]은 전력선통신 기반 전력소비 및 이상전력을 감시하기 위한 부하 모니터링 모뎀에 대한 테스트 구성을 나타낸다. 구성은 현재 맥내에서 가장 많은 부하용량을 차지하고 있는 가전기기 부하 중 냉장고 부하를 이용하여 테스트 환경을 구성하였다.



〈그림 6〉전력선통신 기반 전력소비감시 및 이상전력 차단

개발된 전력선통신 기반 소비전력 감시 센서 모듈은 소비전력 패턴 분석 및 이상 감지 알고리즘 및 정상 전력 소비시 전력 차단 프로토콜 개발 및 맥내 이상 전력소비 감지 이벤트 로그를 이용하여 홈 게이트웨이 시스템에서 실시간 원격 모니터링을 통해 소비전력 패턴을 작성하여 설정된 용량을 초과시 일정시간 동안 전력을 차단하여 에너지 Saving 역할을 하게 되며, 또한 모니터링 PC 또는 홈 게이트웨이에서는 연결된 가전기기의 전력소비 이상 유무를 감지할 수 있는 알고리즘을 개발, 탑재하여 이상 유무를 판단하고 전력소비가 급증할 시 자동으로 전력을 차단하여 화재나 누전의 위험을 방지할 수 있으며, 또한 제안한 저전력 대기모드를 지원하는 전력선통신모뎀에 적용하여 소비전력을 측정 한 결과 <표 1>과 같다.

〈표 1〉 전력선 통신 모뎀 소비전력 비교측정(대기시)

	기존 전력선 통신 모뎀		제안된 전력선 통신 모뎀	
	A사	B사	A사	B사
소비전류	27.8[mA]	34.62[mA]	5.3[mA]	6.4[mA]
소비전력	0.95[W]	1.2[W]	0.58[W]	0.65[W]

### 3. 결 론

전력선 통신 모뎀은 디지털 가전기기를 위한 지능형 홈 네트워크 구축은 물론 원격검침 등의 각종 자동화 시스템에 활발하게 적용됨에 따라 전력선통신모뎀을 이용하여 가전기기의 전력 소비를 감지할 수 있는 센서를 내장한 전력선 통신기반의 전력 감시 모듈을 개발하여 홈 게이트웨이 시스템에서 실시간 원격 모니터링을 통해 소비전력 패턴을 작성하였고, 전력감시모뎀은 전력선통신모뎀을 탑재하여 TV와 같은 가전기기의 AC 입력단에 부착되어 가전기기에 흐르는 전류를 항시 감시하여 설정 이상의 전력사용량 발생 및 예측사용량을 계산하여 설정이상의 전력 사용시 연결된 가전기기를 차단하며, 외출시 사용하지 않는 가전기기를 전력선통신을 이용하여 원격에서 제어함으로써 전력 사용량을 획기적으로 줄일 수 있다. 또한 전력선통신 모뎀에 대기모드를 지원하는 알고리즘을 추가하여 대기시 감소된 소비전력을 확인하였으며, 저전력 대기모드 지원과 Home Server와 같은 네트워크 가전기기에 탑재 가능한 멀티 프로토콜(Multi Protocol) MAC 기능을 가진 전력선 통신 모뎀을 개발함으로써 국제 표준에 대응하며, 시장을 선도할 수 있는 기반을 확보할 수 있는 기반을 마련 하였다.

### [참 고 문 헌]

- [1] T.E.Eaton,, "Electric Services and Building Fires
- [2] 신요한, "전력선 통신 시스템에 멀티코드 CDMA 방식의 적용 방안에 관한 연구",1999.10
- [3] 윤계식, "저전력 대기모드를 지원하는 전력선통신 모뎀 개발에 관한 연구", 2008.10