

전류센서를 이용한 소비전력량 알림시스템 개발

정병수, 문미경, 김종우
 동서대학교 컴퓨터공학부
 e-mail : asd1213719@gmail.com

Development of Power Consumption Notification System using Current Sensor

Byeong-Su Jeong, Mi-Kyong Moon, Jong-Woo Kim
 Division of Computer Engineering, Dongseo University

요 약

2017년도 전기요금 누진제가 기존 6단계에서 3단계 구간으로 개편됨에 따라 평균적으로 요금이 낮아질 수는 있으나, 여름철 전력을 과도하게 사용할 경우 그 증가폭은 커질 수 있다. 본 논문에서는 소비전력량을 집 내부에서 간편하게 실시간으로 확인할 수 있도록 CT센서를 이용하여 소비전력량 알림 시스템을 개발한다. 이를 통해 사용자는 전기사용을 조절할 수 있고, 불필요한 전기료를 절감할 수 있다. 본 시스템은 먼저 전류센서로 전류를 측정하여 emon.lib로 전압을 샘플링한 뒤 실효전류를 계산한 후 전력량, 누적시간을 구한다. 그리고 이 값들을 이용하여 소비자가 현재 누진세 적용단계를 쉽게 확인할 수 있도록 LED/LCD/서보모터로 표현한다.

1. 서 론

2017년도 전기료 누진세 개편에 따라 단계가 줄어들어 그만큼 단계에 따른 증가 폭이 커졌다. 1단계는 1~200kWh, 2단계는 201 ~ 400kWh, 3단계는 401kWh로 기본요금이 910원, 1600원, 7300원으로 증가하고 전력량 요금은 1kWh당 93.3원, 187.9원, 280.6원으로 3단계가 되면 전기료가 눈에 띄게 증가한다. 하지만 사용자가 현재의 소비전력량을 집 내부에서 간편하게 확인할 수 있다면, 스스로 전기사용을 조절할 수 있어 불필요한 전기료를 절감할 수 있을 것이다.

하지만 현재 사용하고 있는 전력계측기는 전력량 수치가 매달 초기화되지 않고 계속 누적되며, 현재 전력량에서 지난달의 전력량을 빼서 소비전력량을 계산하기 때문에 사용자에게는 한눈에 알아보기 어려워 너무 불편하고 번거롭다. 이에 본 논문에서는 전력 사용사의 현재 전력소비량을 집 내부에서 간편하게 확인함으로써 전력소비를 조절할 수 있도록 소비전력량 알림시스템을 개발하는 것이 목적이다.

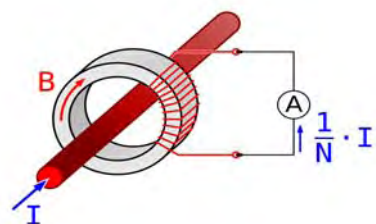
본 논문에서 개발하는 소비전력량 알림시스템은 CT 센서를 이용하여 전력 사용량을 누적시키고, 한 달 간격으로 소비전력량을 초기화하며, 일정시간마다 누적된 전력량을 단계별로 구분할 수 있도록 LED, LCD, 서보모터를 이용하여 소비전력량을 안내할 수 있도록 함으로써 사용자가 간편하게 소비전력량을 확인할 수 있게 한다.

2. 관련연구

2.1 전류센서

전류량을 알면 전력량을 계산하는 것이 가능하기 때문에, 본 시스템에서는 전력량을 계산하기 위해 전류센서를 활용한다. 전류센서(Current Sensor)는 교류 및 직류 전류를 감지하는 센서로, 변류기 방식, 홀 소자 방식 등이 있다. 변류기 방식은 코일을 자심에 감아 2차 전류를 측정함으로써 1차 전류를 측정하는 방식이며, 홀 소자 방식은 전류에 의하여 발생하는 자계 속 홀 소자를 통해 전압을 측정하여 전류의 강약을 검지하는 방식이다[1].

본 시스템에서 사용하는 전류센서는 그림1과 같이 전기가 흐르는 도선을 촘촘히 코일을 감은 원형 링이 감싸면 프레임의 오른손법칙에 따라서 흐르는 전류의 자기장의 방향이 코일에 의해 유도되어 유도기전력이 발생하게 된다. 이때 이 기전력의 값이 실제 전류의 값과 흡사하다.



(그림 1) 전류센서의 동작원리

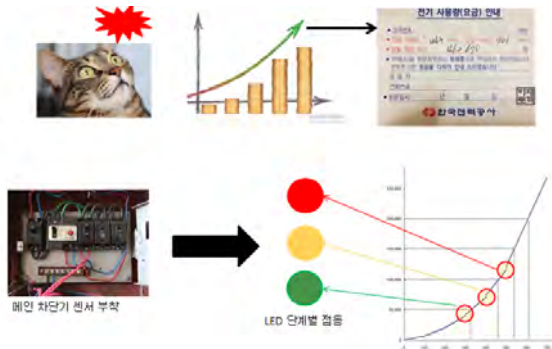
2.2 교류전압 샘플링

기전력에 저항을 주면 교류전압이 8~10V 정도 발생한다. 이 교류전압을 디지털 데이터로 샘플링해서 값을 도출하여야 하는데 샘플링하는 방법에는 두 가지 방법이 있다. 첫 번째로는 전자적 회로로 ADC 컨버터를 구성하는 방법, 두 번째로는 윈도우 샘플링 모듈을 활용하여 소프트웨어적으로 알고리즘 구성을 통해 샘플링하는 방법이 있다. 본 논문에서는 두 번째 방법을 이용한다.

3. 본 론

3.1 소비전력 측정기 설계

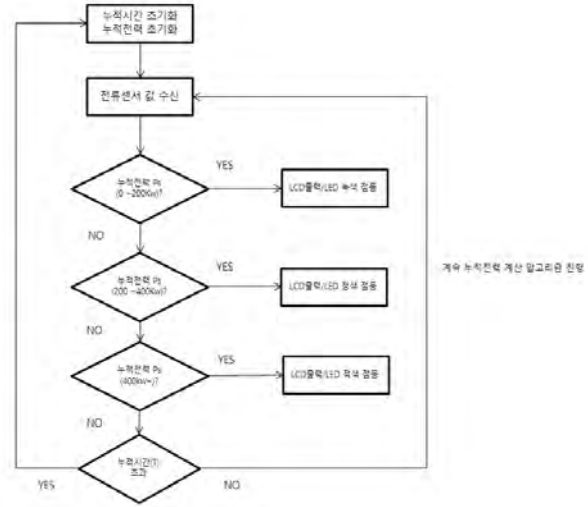
본 논문에서 제안하는 소비전력량 알림시스템은 그림 2와 같이 소비자가 전력사용량을 측정한 후, 3단계 전기료 누진세 구간별로 한눈에 알아볼 수 있도록 LED/LCD로 측정값을 알려준다.



(그림 2) 전력측정 방식 및 필요성

그림 3은 본 논문의 전력측정기가 동작하는 알고리즘으로, 먼저 전류센서에서 값을 받아서 샘플링을 한 후, 아두이노에서 계산과정을 거쳐 각 구간별로 반복하면서 LED/LCD/서보모터로 알림을 제공한다. 요금정산 기간을 설정하고, 이 기간마다 소비전력량과 시간을 초기화시켜준다. 전력계산을 위하여 $P = 220V * \text{실효전류 (Irms)}$ 식으로 계산을 하고 전력량을 구하기 위해서는 누적을 시켜야 하므로 $P_s = P_s + P(\text{root})$ 로 전력량을 구하였다. 시간은 RTC 모듈을 사용하여 획득할 수 있으나, 본 논문에서는 간단하게 실험하기 위하여 시간을 카운트해서 누적시키는 방식을 사용하였으며, 전력량 (P_s)과 누적시간(T_s)은 일정시간이 흘러간 뒤에 초기화하게 설계하였다. 서보모터의 범위는 15000Ws를 최대 전력량으로 하여서 0~180도 구간으로 나누어 주었다. 180도는 15000 / x 인데 x = 15000 / 180로 치환해서 계산하면 83.33333이 나온다. 여기서 반올림하여 83.33을 변화하는 전력량마다 나누어 주면 0~180도 까지 값을 변환할 수 있다. 이것을 서보모터로 표현하면 된다. 마지막으로 누진세 고위험 구간 수치까지 범위를 퍼센트화 하여 나타내는 수식은 $\text{double per} =$

$(P_s/11000Ws) * 100$ 을 이용하여 함수를 만들고 매 루프마다 참조하게 하여 LCD로 나타낸다.



누적시간 변수 : T, 누적전력 변수 : P_s, 전력변수 : P

(그림 3) 전력측정기 알고리즘 플로우 차트

3.2 ADC 변환

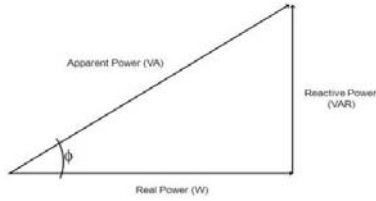
본 논문에서는 ADC 변환을 위해 공개 에너지 모니터링 라이브러리[2]를 활용하여 교류전압을 직류전압 5V로 변환하는 과정을 거쳐 변환된 직류 5V의 측정된 전류값을 유사 실효전류(Irms)로 변환하는 식[3]을 참조하여 실효전류(Irms)를 도출하였다. ADC 변환과정과 실효전류 구하는 방법은 다음과 같다.

- $ADC = (V_{in} * 1024) / V_{ref}$
- $I \text{ Ratio} = ICAL * ((V_{rms}/1000)/ADC_count)$

요약하면, 불안정한 교류전압을 기준전압을 이용해서 정현파의 기준치를 넘는 부분을 카운트 후 샘플링하는 알고리즘[4]으로, 측정 전류수치가 0 ~ 5V의 직류전압으로 도출된다. 이 전압을 다음의 시간 평균 계산 공식에 의해 실효전류(Irms)로 바꾼다.

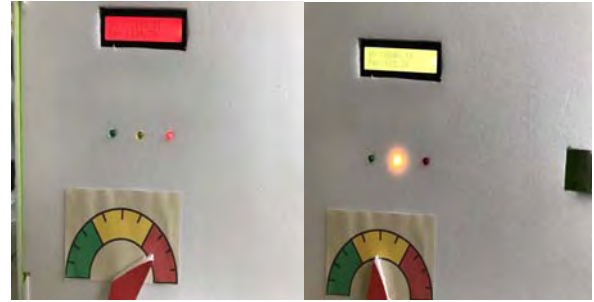
$$I_{rms} = \frac{1}{T_0} \int_0^T x^2(t) * dt \quad (x = I \text{ Ratio})$$

그림 4는 실효전류를 구하기 위해 필요한 피상전력, 유효전력, 무효전력, 역률 관계 그래프로 각 값을 구하기 위한 공식은 아래와 같다.



(그림 4)

피상전력/유효전력/무효전력/역률
관계 그래프



(그림 5) 시뮬레이션 결과

- 유효전력(active power)
공식 : $V_{rms} * I_{rms} * \cos\theta$ (역률)
단위 : W(와트)
시간평균하면 0 이 아닌 일정 값을 갖는 전력
- 무효전력(reactive power)
공식 : $V_{rms} * I_{rms} * \sin\theta$
단위 : VAR(volt ampere reactive)
시간평균하면 0이 되는 전력
- 피상전력(apparent power)
공식 : $V_{rms} * I_{rms}$
단위 : VA(volt ampere)
전압, 전류 실효값의 곱으로 정의된다.
- 역률(power factor)
공식 : 유효전력 / 피상전력 = 역률($\cos\theta$)
단위 : PF(power factor)
에너지 손실률에 비례하는 척도.

3.3 전력 측정방법

전류를 측정하는 것은 두꺼비집 내부의 메인 차단기의 전류를 측정하여 집 전체의 전류를 알아낸 후 전력량을 구한다. 전력량은 설정시간마다 누적시키는데, 실제로는 한 시간마다 측정된 전력량을 kW(킬로와트)로 변환하여 한 달을 기준으로 누적시켜야 하지만, 본 논문에서는 간단하게 실험하기 위하여 20초를 기준으로 매 초마다 W(와트)단위로 누적시켰다.

4. 시뮬레이션 및 결론

그림 5는 본 논문에서 제안한 소비전력량 알림시스템의 구현 결과이다. 구현된 시스템의 출력결과는 그림 5와 같이 kWh를 대신하여 단위는 W로 하였고, 시간은 초 단위로 전력을 측정하여 시뮬레이션 하였다. 그 결과 0 ~ 5000Ws에는 초록색 LED가 점등되며 0 ~ 50%의 게이지를 출력하고, 5001Ws ~ 11000Ws에는 노란색 LED가 점등되며 51 ~ 100%의 게이지를 출력하고, 마지막으로 11000Ws 이후부터는 100%를 초과하는 즉, 전기세가 과하게 적용되는 구간을 표시해주었다. 서보모터로도 구간을 나타내어 주기 때문에 사용자가 더욱 알아보기 쉽다.

시뮬레이션 결과 (평균/최대 오차값)정도의 오차가 발생하였으나, 오차범위가 크지 않으며, 본 시스템의 목적 상 사용자가 인지할 수 있게 단계별 근사치 표현만 하면 되므로 이 정도의 오차범위가 큰 문제가 되지 않는 범위였다.

본 논문에서는 사용자가 소비전력량을 간편하게 확인할 수 있도록 전류센서를 이용한 전력량 측정기와 LED/LCD/서보모터를 활용한 사용자 알림 시스템을 개발하였다. 본 시스템을 통해 사용자는 현재 소비전력량과 함께 전기료 누진세 3단계 구간 중 어느 구간에 포함되는지를 직관적으로 확인할 수 있어 전기료 절감에 기여할 수 있다.

또한 요금을 직접 사용자가 계산하거나 고지서를 기다릴 필요 없이 누진세법에 의거한 세액 산출 공식을 적용하여 실시간으로 요금을 보여줄 수 있도록 확장도 가능하다. 본 논문에서는 프로토타입으로 유선을 이용하였지만 블루투스나 와이파이 등 무선기술을 이용한다면, 집 안 내부 각 구간별로 전기사용량을 측정 할 수 있고 전류가 많이 흐르는 구간을 감지하여 전류소모를 자동으로 줄여주는 시스템을 설계 할 수 있기 때문에 산업적인 측면으로도 도움이 될 것이다.

감사의 글

본 결과물은 교육부의 재원으로 지원을 받아 수행된 대학특성화(CK-1) 사업의 연구 결과입니다.

참고문헌

[1] 손병기, “센서용어사전”, 일진사, 2006.
 [2] "Energie Monitoring Emon.lib", 0 Intec, Parc Menai, Bangor, UK, <https://openenergymonitor.org>
 [3] 차재복, “정보통신기술용어해설: rms, RMS Effective Value, Root Mean Square 실효값, 실효치, 제곱 평균 제곱근, 제곱근-평균-제곱”, http://www.ktword.co.kr/abbr_view.php?m_temp1=3728
 [4] T.Ogawa, H.Gobayashi, M.Hotta, Y.Takahashi, H.San, N.Takai, “SAR_ADC Algorithm with Redundancy”, IEICE Trans. Fundamentals, vol.E93-A, no.2, (Feb. 2010).