

첨단주택 내에서 움직임 감지 센서 노드의 수명 예측 모델 분석

이민구* · 박용국* · 정경권* · 유준재* · 성하경*

*전자부품연구원

Analysis of Lifetime Estimation Model of Motion Detection Sensor Nodes in Smart House

Min Goo Lee* · Yong Guk Park* · Kyung Kwon Jung* · Jun Jae Yoo* · Ha Gyeong Sung*

*Korea Electronics Technology Institute

E-mail : emingoo@keti.re.kr

요 약

센서 네트워크는 무선 네트워킹 기능이 있는 작고, 독립적인 장치이다. 실제 응용에서의 적응성을 향상시키기 위해서 에너지 소모를 최소화하는 것이 중요한 문제 중의 하나이다. 그러므로 무선 센서 네트워크를 평가하기 위해서는 정확한 에너지 모델이 필요하다. 센서 노드의 수명을 추정하기 위해 TinyOS로 동작하는 Telosb 플랫폼 기반의 센서 노드의 에너지 특성을 측정하였다. 제안한 모델을 사용하면 배터리로 구동되는 센서 노드는 1시간 동안 10번 움직임을 감지한다면 약 6.925개월을 사용할 수 있다.

ABSTRACT

Wireless sensor networks consist of small, autonomous devices with wireless networking capabilities. In order to further increase the applicability in real world applications, minimizing energy consumption is one of the most critical issues. Therefore, accurate energy model is required for the evaluation of wireless sensor networks. In this paper, we analyze the energy consumption for wireless sensor networks. To estimate the lifetime of sensor node, we have measured the energy characteristics of sensor node based on Telosb platforms running TinyOS. Based on the proposed model, the estimated lifetime of a battery powered sensor node can use about 6.925 months for 10 times motion detection per hour.

키워드

Wireless sensor network, Motion detection, Energy consumption, Smart house

1. 서론

우리나라를 비롯한 대부분의 선진국들에서 출산율 저하와 평균 수명 증대에 따른 고령화 문제는 향후 도래할 가장 큰 국가적 어려움의 하나로 인식되어 현재 많은 부분에서 이의 해결을 위해 많은 연구가 진행되고 있는 실정이다. 더욱이 우리나라는 세계 최저 수준의 출산율(2008년 1.2명)로 인해 세계에서 가장 빠르게 노령화되고 있다. 이미 2002년에 65세 이상 인구가 전체의 7%를 넘어서는 고령화 사회를 지났으며, 이와 같은 추세라면 2019년에 고령 사회(65세 이상 14%), 2026년에 초 고령 사회(65세 이상 20%)에 진입할 것으로 예측되고 있다. 급속한 노령화에 따라 정치, 경제, 사회 모든 면에서 여러 가지 문제가 발생

것으로 예상된다. 이 가운데 특히 핵가족화의 가속화 및 평균 수명의 증대에 따라 가정에서 홀로 생활하는 독거노인의 수가 더욱 많아질 것이다. 이와 같은 독거노인들의 경우에는 가정 내에서 발생하는 넘어짐 등의 사고에 의해 심각한 부상을 입을 가능성이 매우 높은데도 불구하고 다른 세대에 비해 사회적인 교류가 상대적으로 적어 사고 발견의 지연으로 인해 부상이 더욱 심해지거나 심지어 사망하는 경우도 있을 수 있다. 독거노인에 대한 사회적으로 체계적인 관심과 지원은 비단 고령층에 대한 복지 서비스의 제공이라는 면에서 뿐만이 아니라 다른 사회 구성원에 대한 공동체 의식을 가지게 되어 보다 성숙한 사회를 구성할 수 있는 기본적인 바탕이 될 것이다. 따라서 이와 같은 독거노인의 대책 사고 및 고독사

등을 보다 효과적으로 감지하고 더 나아가 개별 노인들의 건강 상태를 모니터링 할 수 있는 감지 시스템과 이를 포함하는 침단주택에 대해 많은 관심과 연구가 이루어지고 있다[1-3]. 독거노인을 대상으로 하는 모니터링 시스템은 유지보수 문제를 최소화 하도록 설계를 해야 한다. 특히 배터리 교체는 독거노인 스스로 작업하기가 어렵기 때문에 실시간 측정과 배터리 수명 예측이 필요하다.

본 논문에서는 움직임을 감지, 수집하고 수집된 정보를 가공하여 제공하는 원격 모니터링 시스템에 대해 에너지 소모량을 감소시킬 수 있는 회로 설계와 센서 노드의 수명 예측 방법을 제안한다. 배터리 수명을 예측하기 위해서 센서 모듈의 동작에 따른 에너지 소모량 측정하고, 측정된 결과를 통해서 수명 모델을 구성한다. 움직임 감지 회수를 통한 예측 결과와 실제 실험에서의 결과를 비교한다.

II. 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 침단주택 내에서의 움직임 감지 시스템 구조는 그림 1과 같다. 제안한 시스템은 센싱 모듈과 서버로 구성된다. 센싱 모듈은 PIR(pyroelectric infrared) 센서를 사용하여 노인의 움직임을 감지하고, 움직임이 감지되면 센서 모듈은 무선으로 데이터를 전송한다.

서버는 베이스 모듈을 통해 무선 데이터를 감지하여 센서 모듈의 ID와 정보를 이용하여 감지 위치를 모니터링 프로그램 상에 표시하고, 데이터를 저장한다.

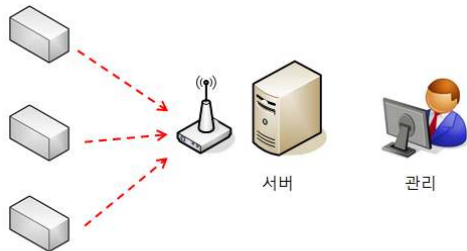


그림 1. 시스템 구성도

센싱 모듈은 Knote를 기반으로 PIR 센서를 포함하는 센서 보드와 연결되어 있다. Knote는 Telosb 플랫폼을 기반으로 한 모델로, TI의 MSP430 마이크로컨트롤러와 CC2420 RF 칩을 사용한다. TinyOS 1.x와 2.x 버전을 지원하며, IEEE802.15.4와 호환된다[4-5]. 그림 2는 움직임 감지 센싱 모듈과 베이스 모듈을 나타낸다.



그림 2. 센싱 모듈과 베이스 모듈

센싱 모듈은 그림 3과 같이 방문 위쪽에 설치하여 실내에서의 움직임을 감지한다.



그림 3. 센싱 모듈 설치 위치

서버는 모니터링 프로그램이 동작하며 베이스 모듈이 무선 데이터를 감지하면 USB-to-RS232 변환을 통해 가상 COM 포트에 데이터를 전송한다. 무선 데이터는 기본 TinyOS 메시지 포맷으로 그림 4와 같이 payload를 구성하여 사용한다.

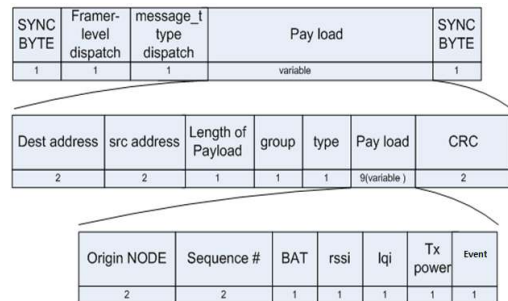


그림 4. 패킷 구조

그림 4의 각 필드 아래쪽 숫자는 byte 크기를 나타낸다. 'Origin NODE' 필드는 개별 센싱 모듈의 ID를 의미하고, 'Sequence number'는 각 센싱 모듈이 발송하는 패킷의 일련번호를 나타낸다. 'BAT' 필드는 배터리 전압 변화를 ADC로 측정해 배터리 교체시기를 확인하는 용도로 사용한다. 'rssI' 필드는 수신 신호 강도(received signal strength indicator)로서 베이스 모듈이 패킷을 수신 했을 때의 수신 강도를 저장한다. 'lqi' 필드는 link quality indicator 값으로 베이스 모듈이 무선 링크 상태를 측정하여 저장한다. 'Tx power' 필드는 센싱 모듈의 송신 파워 레벨로 최대값인 0dBm(설정값 0x31)을 사용한다. 'Event' 필드는

표 1과 같이 움직임 감지와 진단용 정보를 나타낸다. Time stamp에 해당하는 값은 센싱 모듈이 1시간마다 보내는 데이터로 센싱 모듈의 정상 동작을 의미한다.

표 1. Event 필드

Event	의미
1	움직임 감지
2	Time stamp

모니터링 프로그램은 그림 5와 같다. 집의 평면도를 바탕으로 움직임이 감지되면 해당 노드의 세부 정보를 표시하고, 도면 위에 위치와 감지 시간을 표시한다. 또한 측정 정보를 파일로 저장한다.



그림 5. 모니터링 프로그램

III. 실험 및 검토

3-1. 측정 실험 환경

시스템에서 사용하는 센서 모듈의 전류 소모량 측정을 위해서 그림 6과 같은 실험 장치를 구성하였다. 전류 측정을 위해 전원과 센싱 모듈 사이에 저항 R 을 연결하고, 저항 양단의 전압 $v(t)$ 를 측정하여 결과값을 전류로 환산한다. 저항의 크기는 센서 노드의 동작에 영향을 주지 않도록 10 Ω 을 사용한다.

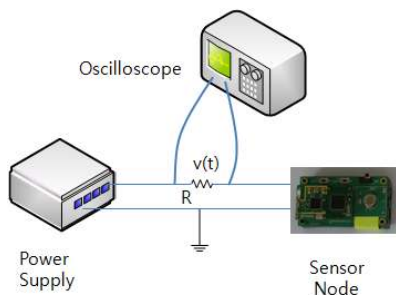


그림 6. 전류 측정 구성

오실로스코프로 측정한 저항의 전압은 그림 9와 같다. 그림 7에서 동작부분을 6개로 구분하고, 전류를 계산한다.

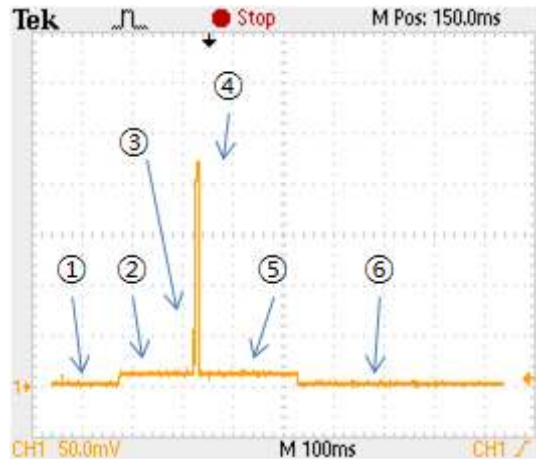


그림 7. 측정결과

동작 ①,⑥은 센싱 모듈의 sleep 상태를 나타내며, 마이크로컨트롤러는 sleep 모드로, RF 칩은 RF 기능을 OFF하여 저전력 동작을 수행한다. 이때 PIR 센서 보드는 정상 동작한다.

동작 ②, ⑤는 움직임이 감지되었을 때 PIR 센서 보드의 전압 상태로 센서 보드에 부착된 LED가 점멸할 때의 전압이다. 동작 ②가 시작되면 인터럽트가 발생하여 마이크로컨트롤러를 wakeup 시킨다. 마이크로컨트롤러가 wakeup 하여 동작이 되면 인터럽트 루틴에서 RF를 ON 시킨 후 데이터를 전송한다. 전송이 완료되면 RF를 OFF시키고 마이크로컨트롤러도 sleep 상태로 전환된다.

동작 ③은 Kmote에 부착된 표시 LED로 점멸 동작으로 무선 전송이 동작했는지 판단하는 용도로 사용하였다. 동작 ④는 MCU에서 무선 패킷을 구성하고, RF를 ON 시킨 후 전송하고 저전력 구동을 위해 다시 OFF 시키는 구간이다. 그림 8은 active 상태의 전압을 나타낸다.

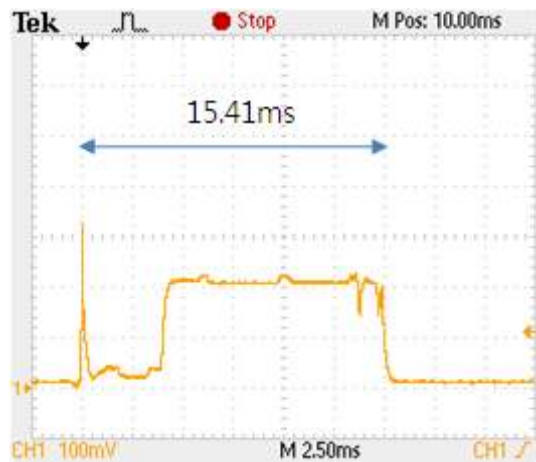


그림 8. Active 상태

움직임 감지가 없을 때 센서 모듈의 동작 상태를 판단하기 위해 1시간 마다 Time stamp를 서

바로 전송한다. Time stamp는 그림 9와 같은 전압을 나타내며, 움직임 감지로 인터럽트 루틴의 동작이 없기 때문에 Active 상태의 동작 시간보다 약 2msec 짧은 특징을 보인다.



그림 9. Time stamp 상태

측정 결과를 바탕으로 계산한 센서 모듈의 에너지 소모량은 표 2와 같다.

표 2. 1초당 에너지 소모량

Interval		Energy Consumption [mJ/sec]
②	E _{PIR_LED}	0.80568
⑤	E _{PIR_LED}	0.29760
③	E _{TX_PIR}	0.73877
④		
①, ⑥	E _{Sleep}	0.60418
-	E _{TX_Time}	0.61572

3-2. 에너지 소모 모델

센서 노드의 동작 전압 V 는 1.5V 배터리 2개로 동작한다. 이때 소모한 에너지 W 는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$W = VIt \quad (1)$$

1시간 동안 N 번의 움직임이 감지되었다면, 1시간 동안의 평균 에너지 소모량은 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$W_{hour} = (N \cdot (E_{TX_PIR} + N \cdot E_{PIR_LED} + E_{Sleep}) + E_{TX_Time} + 3V \cdot I_{Sleep} \cdot (3600 - (N+1)sec)) / (3600sec/h) \quad (2)$$

여기서 I_{Sleep} 은 sleep 구간의 전류 소모량으로 0.401mA이다.

배터리의 전체 전류 용량 I_{BAT} 를 이용하여 다

음과 같이 센서 모듈의 수명을 계산할 수 있다.

$$Lifetime = I_{BAT} \cdot 3V / W_{Total} \quad (3)$$

시간당 10번의 움직임을 감지하고, 1.5V 2000mAh 용량의 알카라인 건전지를 사용한다면 약 6.925개월의 수명을 예측할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 독거노인 모니터링 시스템에 사용되는 무선 센서 모듈의 수명을 예측하기 위해서 센서 모듈의 에너지 소모량 측정을 통해서 수명 예측 모델을 구성하였다. 1.5V 2000mAh 용량의 알카라인 건전지를 사용할 경우 1시간 10회 움직임을 감지한다면 6.925개월의 배터리 수명을 예측할 수 있다.

향후 각 부품의 세부적인 에너지 소모량을 측정하여 모델을 구성하고, 이 모델을 이용하여 최소의 에너지 소모로 주어진 움직임 감지를 수행할 수 있게 하드웨어와 소프트웨어를 설계해야 한다.

참고문헌

- [1] 지경용 외, "유비쿼터스 시대의 보건 의료", 진한엠엔비, 2005.
- [2] E. Dishman, "Inventing Wellness Systems for Aging in Place", IEEE Computer Magazine, pp.34-41, May 2004.
- [3] Sumi Helal, William Mann, Hicham El-Zabadani, Jeffrey King, Youssef Kaddoura, Erwin Jansen, "The Gator Tech Smart House: A Programmable Pervasive Space," IEEE Computer, Vol. 38, No. 3, pp.50-60, March 2005.
- [4] TinyOS homepage, <http://www.tinyos.net>
- [5] Texas Instruments homepage, <http://www.ti.com>