

논문 2009-46SD-12-7

# 무선 센서 노드의 전력 소모 형태를 고려한 배터리 수명 계산

## ( Battery Lifetime Estimation Considering Various Power Profiles in Wireless Sensor Node )

김 현\*, 김 창 순\*\*, 신 현 철\*\*\*

( Hyun Kim, Changsoon Kim, and Hyunchol Shin )

### 요 약

본 논문에서는 무선 센서 노드의 다양한 전력 소모 유형을 고려한 배터리 수명 계산 방법을 제시하였다. 무선센서 노드의 전력 소모 유형을 일회성 및 주기성으로 구분하고 여러 가지 동작 모드에 따른 소비 전류의 차이를 고려함으로써 전체 전류 소모량을 계산 할 수 있다. 여기에 배터리의 자기 방전율을 추가적으로 고려함으로써 센서노드의 배터리 수명을 계산하는 일반화된 식을 제시하였다. 제시된 계산 방식은 Zigbee등 임의의 센서노드에서 배터리 수명을 계산하는데 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

### Abstract

We present an efficient estimation method of the battery lifetime considering various power consumption profiles in wireless sensor nodes. The power profiles in single and periodic modes and the current dissipations in different operating modes are taken into account to find the total current consumption. Also, the self-discharge rate of a battery is taken into account to estimate the battery lifetime of a given sensor node. Finally we present a governing equation for finding the battery lifetime. We believe the proposed estimation method of the battery lifetime can be an efficient and effective method for low power design of sensor nodes.

**Keywords:** Battery Lifetime, Sensor Node, Wireless Sensor Network

### I. 서 론

무선 센서 네트워크 시스템은 사물과 사물의 유기적인 통신 및 네트워킹을 통하여 정보의 수집, 가공, 전달을 효율적으로 할 수 있는 저전력 시스템이다<sup>[1~2]</sup>. 무선 센서 네트워크 시스템은 일반적으로 센서노드와 싱크노드로 구성된다. 외부전원을 사용할 수 있는 싱크노드와

달리, 센서노드는 배터리로 동작하게 되는데 배터리의 유한한 전하량으로 인해 센서노드는 유한한 배터리 수명 (Battery Life Time)을 갖게 된다. 배터리 수명은 전체 무선 센서 네트워크 시스템의 동작 시간 및 유지 비용을 결정하는 중요한 요소가 된다. 따라서 센서노드의 배터리 수명을 정확히 계산 또는 예측하는 것은 저전력 센서 노드 설계에 있어서 필수적이다. 하지만 센서노드의 하드웨어 구성이나 동작모드에 따라 소모 전력의 유형이 다르기 때문에 센서노드의 정확한 배터리 수명을 예측하는 것은 쉽지 않다. 본 연구에서는 무선 센서 네트워크 기술에 기반한 무인 경비 시스템에서 센서노드의 배터리 수명을 예측하는 방식을 제시한다.

기존의 유선 무인 경비 시스템은 구축 및 유지비용이 많이 들었으나, 최근의 무선센서네트워크에 기반한 무인경비 시스템은 저비용으로 다수의 경비용 센서노드를

\* 학생회원, \*\*\* 평생회원, 광운대학교 전파공학과  
(Department of Radio Science and Engineering,  
Kwangwoon University)

\*\* 정회원, 레디오텍  
(RadioTek Inc.)

※ 본 연구는 지식경제부 전자부품 기반기술개발사업  
(극저전력 ICTS 부품 개발) 및 서울시 R&BD 사업  
의 지원으로 수행되었음.

접수일자: 2009년3월9일, 수정완료일: 2009년12월4일

배치할 수 있는 장점이 있다. 또한 저전력 에너지 소모로 센서 노드의 수명을 최대화 할 수 있으며 배관배선의 최소화로 인테리어 손상방지와 저렴한 설치/유지/보수 비용과 소형화 할 수 있는 장점이 있다. 이러한 무인 경비 시스템에서 센서 노드의 배터리 수명은 매우 중요한 성능 변수이다. 하지만 배터리 수명을 계산 또는 시뮬레이션을 통하여 알아내는 것은 매우 복잡한 작업이다. 기존의 배터리 수명을 계산하는 한 방식으로 시간에 따른 부하 전류의 변화를 계단형으로 적절히 모델링하고 이를 근거로 배터리의 수명을 계산하는 방식이 있다<sup>[3]</sup>. 한편 부하 전류의 변화가 매우 빠르게 일어날 때 배터리의 수명에 미치는 영향을 계산한 경우도 있었다<sup>[4]</sup>. 하지만 이러한 기존 방식들은 센서노드의 전력 소모 형태를 지나치게 단순화 하여 배터리 수명을 계산하기 때문에 정확한 결과를 기대하기 어려운 단점이 있었다.

본 연구에서는 센서노드의 동작에 따른 전력 소모 유형을 일회성과 주기성으로 구분하고 이를 기반으로 정확한 배터리 수명을 계산하는 방식을 제시한다. 제시되는 계산법을 이용하여 ZigBee등 일반적인 센서노드의 배터리 수명을 예측할 수 있게 해줌으로 저전력 센서노드 설계에 적용 가능하도록 하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. II장에서는 본 연구에서 고려하고자 하는 센서노드의 하드웨어 구성 및 동작에 대해 설명하였고, III장에서는 주어진 센서노드의 배터리 수명계산 방법을 제안하고 기술하였다. IV장에서는 결론으로 논문을 마무리 하였다.

## II. 무선 보안 시스템 및 센서노드 구현

저전력 무선보안시스템은 그림 1과 같이 센서노드, 싱크노드, 게이트웨이로 구성되어 있다. 센서노드는 침

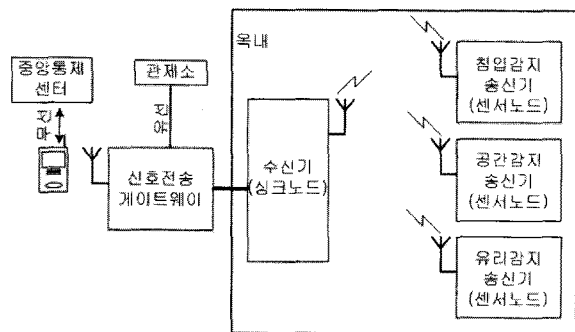


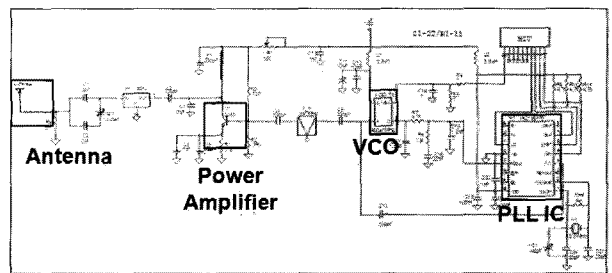
그림 1. 무선 보안 시스템의 구성도  
Fig. 1. Wireless Security System Structure.

입감지송신기, 공간감지송신기, 유리감지송신기 등으로 구성되는데 각각 해당 데이터를 수집한다. 이렇게 수집된 정보는 센서노드의 무선 송신기를 통해 싱크 노드로 전송된다. 최종적으로 수집된 정보는 게이트웨이를 통하여 유선 또는 무선으로 중앙 통제소로 전달된다.

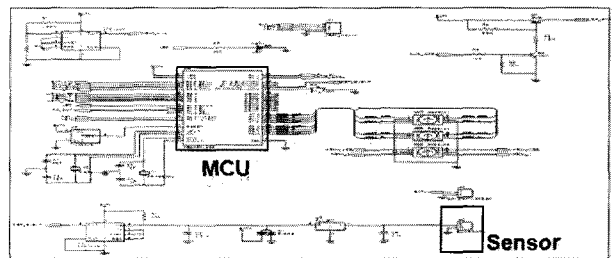
센서노드는 국내 무선 규격을 만족하도록 설계 및 구현되었다. 구현된 센서노드의 성능을 요약하면 표 1과 같다. 동작 주파수는 447.2625 - 447.5625 MHz이고 채

표 1. 구현된 센서노드의 성능 요약  
Table 1. Performance Summary of Implemented Sensor Node.

ITEM	Specifications
Frequency	447.2625 ~ 447.5625 MHz
No. of Channel	25
Channel Space	12.5 kHz
RF Power	10mW (Maximum)
Channel Bandwidth	8.5kHz
Frequency Accuracy	± 7 PPM
TX Spurious	- 40 dBc
Sensitivity (SINAD 12dB)	-115dBm
Channel Selectivity	40dB @ 12.5 kHz
Modulation	FM or FSK
Data Rate	2400 bit/sec
Effective Distance Range	30~50M (open field:600~800M)
Antenna	Internal, Omni-directional



(a)



(b)

그림 2. 센서노드 회로도  
(a) RF 모듈 (b) MCU 및 센서모듈  
Fig. 2. Circuit Design of Sensor Node  
(a) RF Module (b) MCU and Sensor Module.

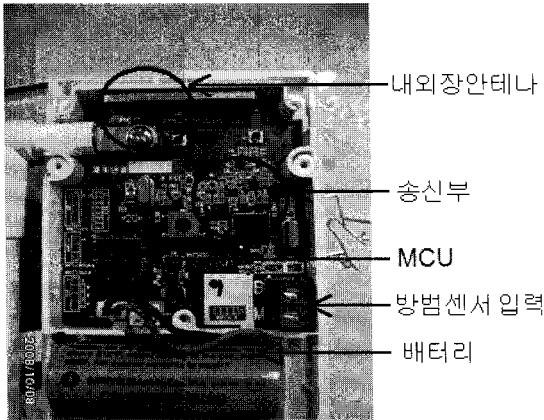


그림 3. 구현된 센서 노드 사진  
Fig. 3. Photograph of Implemented Sensor Node.

표 2. 배터리 규격  
Table 2. Battery Specification.

모델번호	공칭전압 (V)	공칭용량 (mAh)	크기		중량 (g)
			지름(D)	높이(H)	
CR17450E-R	3.0	2200	17	45	22

널의 수는 25개, 채널 간격은 12.5 kHz이다. RF Power 는 최대 10mW 이다. 채널당 대역폭은 8.5 kHz, 주파수 정확도는 ± 7 PPM이 요구된다. 송신단의 불요파 억제는 -40 dBc이고 수신기의 Sensitivity는 SINAD (Signal to Noise and Distortion Ratio)가 12 dB일 때 -115 dBm이다. 채널 선택도는 12.5 kHz에서 40 dB 이다. 변조방식은 FM이나 FSK를 사용한다. 최대 데이터 전송율은 2400 bit/sec 이고, 유효 전송거리는 30 - 50 Meter이며 개방형 필드에서 600 - 800 Meter까지 가능하다. 안테나는 내장형으로 구현 되었다.

그림 2는 구현된 센서노드의 회로도를 간략히 보인 것이다. 무선 송신을 담당하는 RF 모듈은 크게 안테나, 전력증폭기, PLL 로 이루어져 있다 (그림 2(a)). 신호처리를 위한 기저대역 부분은 MCU와 센서부분으로 구성 된다. (그림 2(b)). 그림 3은 최종 구현된 센서노드의 사진이다.

무선센서노드이기 때문에 이를 구동시키기 위한 배터리가 필요하다. 여기에 감지용 센서 노드 배터리로는 일반적으로 가장 많이 사용하는 고출력 1차 전지를 선택하였다. SANYO 사의 CR17450E-R로 장기간 사용하기에 적합하다. 장기간 미사용시 내부 피막저항이 생성되고 내부 방전이 매우 적으며 안전판이 내장되어 있다. 배터리 규격은 공칭전압 3.0 V에 공칭용량은 2200 mAh이다. 자세한 배터리 규격은 표 2에 나타내었다.

### III. 센서노드의 배터리 수명 계산

본 연구의 무선 보안 시스템 구현을 위해 하나의 배터리로 10년 이상의 동작시간을 보장하는 것을 설계 목표로 하였다. 이를 위해서는 II장에서 설계된 센서노드가 표 2의 배터리를 사용할 경우 얼마의 배터리 수명을 얻을 수 있는지 정확한 예측이 필요하다. 이를 바탕으로 설계시 각각의 소비전류를 조정하거나 줄일 수 있기 때문이다. 그러나 무선센서노드의 다양한 동작 모드와 복잡한 동작주기, 동작모드에 따라 달라지는 전류 소모 때문에 배터리 수명계산이 쉽지 않은 것이 사실이다. 본 장에서는 이러한 다양한 전력 소모 유형을 모두 고려하여 배터리 수명을 계산하는 방식을 도출하고 계산식으로 정리 하였다.

센서노드의 전력소모 유형은 크게 일회성 소모 유형과 주기적 소모 유형으로 구분 될 수 있다. 일회성 소모 유형은 센서노드 동작 일생 동안 단 한번 또는 많게는 2-3회 이루어지는 것으로서 센서노드 초기 설치, 배터리 산화물 피막 제거, 배터리 저전압 검출 등이 이에 해당한다. 센서노드 초기 설치 전류는 무선센서노드를 설치한 후 바로 이루어지는 동작이다. 설치시 자동송신은 10회를 3회 반복하며 그 후 수동송신 5회를 2회 반복하도록 되어 있다. 배터리산화 피막 제거는 리튬배터리를 장시간 미사용이 피막이 생성되어지는데 이를 제거하여 정상 전압이 출력되도록 하는 동작이다. 마지막으로 배터리 저전압 검출 및 송신전류는 무선센서노드가 저전압일 때 체크되어 송신을 하는 전류로써 이때 MCU는 SLEEP 모드로 동작한다.

이에 반해 주기적 소모 유형은 대기 모드, 검출 통신 모드, 정시 통신 모드에 따른 전력 소모로 이루어진다. 대기모드 전류는 MCU가 저속모드로 동작을 하며 주로 Timer의 형태로 동작을 한다. 검출 통신 모드는 두 가

표 3. 센서 노드 전력 소모 유형  
Table 3. Power Consumption Profiles of Sensor Node.

전력소모유형	
일회성 소모	센서 노드 초기 설치
	배터리 산화물 피막 제거
	배터리 저전압 검출
주기적 소모	대기모드
	검출통신 모드
	정시 통신 모드

지 모드로 나누어지는데 정상동작 모드는 센서 감지 및 신호 송출을 하고 정기점검 모드는 평균 2년마다 수동 동작으로 실시된다. 두개의 모드 모두 MCU는 정상모드로 동작하며 감지검출 및 송신시 소모전류가 흐른다. 마지막으로 정시 송신은 센서노드의 상태를 정해진 시간에 주기적으로 송신하는 것으로서 MCU는 정상모드로 동작을 한다.

이러한 일회성 및 주기적 소모 유형을 고려하여 배터리 수명을 다음 식 (1)에서 식 (4)의 단계로 계산할 수 있다. 우선 주기적 소모 유형에 대해 1시간당 실제 동작하는 유효동작 시간을 알면 1시간당 소비전류량을 계산할 수 있다. 이를 1년 동안 사용한다고 가정했을 때 1년간 소비 전류량을 계산할 수 있다. 마지막으로 배터리 총량에서 1회성 소모전류량을 빼고 이를 앞서 계산된 1년간 소비전류량으로 나누어 주면 한 개의 배터리로 센서노드가 몇 년 동안 사용되어지는 알 수 있다.

$$\begin{aligned} & \text{1시간당 유효동작시간}(AH/hr) \\ & = \text{1회동작시간}(H) \times \text{1시간당 동작회수}(/hr) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \text{1시간당 소비전류량}(AH) \\ & = \text{동작전류}(A) \times \text{1시간당 유효동작시간}(H/hr) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \text{1년간 소비전류량}(AH/year) \\ & = \text{1시간당 소비전류량} \times 8760hr \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & \text{Battery Lifetime} \\ & = \frac{\text{배터리용량}(AH) - \text{일회성소모전류량}(AH)}{\text{1년간 소비전류량}(AH/year)} \end{aligned} \quad (4)$$

이와 같이 구분된 동작 주기와 동작 모드에 따른 전력 소모 유형을 바탕으로 무선센서노드의 소비전류를 계산할 수 있다. 각각의 동작 모드에서 MCU 및 송신모듈의 소모 전류를 표 4에 나타내었다. 이를 이용하여 일회성 및 주기성 동작에 대해 동작 모드에 따른 평균

표 4. 센서노드의 동작 모드에 따른 소비 전류  
Table 4. Current Consumption of Sensor Node Depending on Operation Modes.

기능		평균 동작전류	비고
MCU	STOP모드	8.5 μA	Sleep mode
	저속 동작	33 μA	저속 x-tal
	정상 동작	0.36 mA	고속 x-tal
송신모듈	고출력	58 mA	센서 감지시
	정상출력	35 mA	그외 정상상태

소비전류를 계산할 수 있다. 한편 배터리의 동작전압이 일정하기 때문에 (전력×시간)의 전력량 보다는 (전류×시간)을 나타내는 전류량을 사용하는 것이 계산식을 간단하게 하므로 아래 계산에서 전류량을 사용하였다. 아래는 각 모드 별 평균 동작 전류량을 계산 한 결과를 정리한 것이다. 이 모든 계산의 결과는 표 5에 다시 한번 간단히 정리하였다.

1. 일회성 소모전류

(1) 센서노드 초기 설치 전류

무선센서노드의 초기 설치시에는 자동송신과 수동송신을 하도록 되어있다. 1회 동작 시간은 0.6초이며 동작 횟수와 동작시간을 곱하여 1시간당 유효 동작시간을 계산할 수 있다. 1시간당 유효동작 시간은 자동송신은 0.3분, 수동송신은 0.1분, 총 0.4분이 동작하는 것을 알 수 있다. 센서노드 초기 설치 모드에서는 센서노드 통신전류, MCU 정상모드, 센서검출전류로 총 3개의 소비전류가 있다. 각각의 소비전류에 대해서 계산을 한 후 이를 더하면 센서노드의 초기설치 전류를 알 수 있다.

(a) 센서노드통신 전류

- 소비전류: 송신전류(50mA)+LED소모전류(8mA)
- 평균소비전류량: 58mA×(0.4/60)H= 0.387mAH

(b) MCU 정상 모드

- 소비전류: 0.36mA
- 평균소비전류량 : 0.36mA×(0.4/60)H= 0.0024mAH

(c) 센서검출 전류

- 소비전류: 8.3uA
- 1회당 열린 시간: 5초
- 1시간당 유효동작시간: 전체시간 - 개방시간 = (3600sec-50sec)/3600sec=0.986H
- 평균 소비전류량: 0.986H×8.3uA = 0.0082mAH
- 총 소비전류량: 센서노드 통신전류+MCU+센서 검출전류=0.397mAH

(2) 배터리 산화물 피막제거 전류

- 소비전류: 7mA
- 1회 동작시간: 40초

- 평균소비전류량:  $7mA \times (40/3600)H = 0.077mAH$

(3) 배터리 저전압 검출 전류

- 소비전류: MCU 정상동작(0.36mA) + 송신전류(35mA)
- 1회 동작시간: 0.6초, 동작 주기 = 6회
- 1시간당 소비전류량:  $35.36mA \times (3.6/3600)H = 35.36\mu AH$
- MCU 동작 (SLEEP 모드):  $8.5\mu A \times 4시간 = 34\mu A$
- 총 소비전류: 0.07mAH

2. 주기적 소모전류

(1) MCU 대기모드

- 소비전류: 저속모드 (33mA), SLEEP 모드 (8.5mA)
- 1회 유효 동작 시간=16msec, 동작빈도=7200회 /1시간
- 1시간당 저속모드 소비전류량 =  $33\mu A \times (16m/3600H) \times 7200 = 1.056mAH$
- 1시간당 SLEEP 모드 소비전류량 =  $8.5\mu A \times (1H - 16m/3600 \times 7200H) = 8.228mAH$
- 1년간 소비 전류량 :  $9.284mAH \times 24H \times 365D = 81.33mAH/year$

(2) 검출 통신 모드

검출 통신 모드는 일회성 소모전류에서 센서노드 초기 설치 전류와 동작 모드와 같다. 주기적인 동작이 있고 정기점검이 추가적으로 있다. 동작시간은 다음과 같다.

- 정상동작: 1일 동작횟수 (20회) \* 1회 동작 시간 (0.6sec) \* 365D = 73min
- 정기점검: 매년 수동송신: 0.05min

(a) 센서노드 통신 전류

- 소비전류:  $58mA = \text{송신전류}(50mA) + \text{내부 LED 소모 전류}(8mA)$
- 1년간 동작 시간: 73.05min (=73+0.05)
- 1년간 평균소비전류량:  $58mA \times (73.05/60)H = 70.615mAH/year$

(b) MCU 정상모드

- 소비전류: 0.36mA (쇼트시)
- 1년간 평균소비전류량:  $0.36mA \times (73.05/60)H = 0.438mAH/year$

(c) 센서검출소모전류

- 소비전류 : 8.3mA (쇼트시)
- 감지단자 개방시간: 1시간당 5초x10회
- 1년당 유효동작시간 : (전체시간 - 개방시간)  $3600sec - 50sec \times 24H \times 365D / 3600sec = 8638.3H$
- 1년간 평균소비전류량 =  $8638.3H \times 8.3mA = 71.7mAH/year$
- 1년간 검출통신모드 소비 전류량: 센서노드통신전류+ MCU + 센서검출소모전류 = 142.72mAH/year

(3) 정시 송신

(a) 송신전류

- 소비전류: 35mA
- 1회 유효동작시간: 0.6sec, 3회 반복, 22시간 간격
- 1시간당 소비 전류량:  $35mA \times (1.8/3600H) / (22hr) = 0.795mAH/hr$

(b) MCU 동작 모드

- 소비전류: 0.36mA
- 1회 유효동작시간: 25초, 3회 반복, 22시간 간격
- 1시간당 소비전류량:  $0.36mA \times (75/3600H) / (22hr) = 0.341mAH/hr$
- 1시간당 소비전류량: 송신전류(0.795mAH/hr) + MCU전류(0.341mAH/hr) = 1.136mAH/hr
- 1년간 소비전류량:  $1.136\mu AH/hr \times 365 \times 24hr = 9.95mAH$

3. 배터리 자기 방전율과 배터리 수명

배터리는 그대로 방치할 경우 방전이 되는 특성을 가지고 있는데 이를 배터리 자기 방전율 (Self-Discharge Rate)이라고 한다. 이는 방치로 인하여 줄어든 전하 감소량과 완전 충전상태일 때의 비를 나타내며 본 연구에서 사용된 배터리의 경우 매년 1% 감소하는 것으로 모델링 할 수 있다. 즉, n번째 년도의 배터리 용량은  $0.99^n$  이 된다. 예를 들어 n=10년일 경우  $0.99^{10} = 0.9$ , 즉 90%

표 5. 센서 노드의 평균 소비전류  
Table 5. Average Current Consumption of Sensor Node.

	기능	유효동작 시간	유효전류 소모량	소모전류 (단위:mAH)	합계
일회성 총소모량	센서 노드 초기 설치 전류	0.4 min	58 mA	0.397	1.174 mAH
	배터리 산화물 피막 제거 전류	40 sec	7 mA	0.077	
	배터리 저전압 검출 전류	0.001 H	35.36 mA	0.07	
주기성 연간 소모량	대기모드 전류	8760 H	9.284 μA	81.33	234.0 mAH
	검출통신 모드 전류	8638.3 H	8.3 μA	142.72	
	정시 통신 모드 전류	8760 H	1.136 μA	9.95	

로 감소하는 것이다. 무선센서노드의 수명 계산 시 이러한 자기 방전율을 고려하여야 한다. 앞서 제시했던 배터리 수명 식 (4)를 배터리의 자기 방전율을 고려하여 다시 정리하면 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다. 이를 앞서 계산한 결과를 이용하여 배터리 수명을 계산하면 식 (6)과 같이 11.7이 나온다. 이를 12개월로 계산하면 11년 8개월이 된다. 따라서 본 센서노드의 수명은 10년 이상이 확보되었음을 알 수 있다.

$$\text{센서노드 배터리수명 (year)} = \frac{\text{배터리초기용량} \times 0.99^n - \text{일회성소모전류량}}{\text{1년간소모전류량}} \quad (5)$$

$$n = \frac{2200mAH \times 2 \times 0.99^n - 1.174mAH}{234mAH} \quad (6)$$

$$= 11.7 \text{ year} = 11 \text{ year } 8 \text{ months}$$

이와 같이 본 연구에서 제시한 전력소모 유형에 따른 배터리 수명 계산방식은 일반적인 임의의 센서노드에 대해 적용 가능하며 식 (5)을 이용하여 배터리 수명을 예측할 수 있을 것이다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 무선 센서 노드의 다양한 전력소모 유형을 고려한 배터리 수명 계산 방법을 제시하였다. 무선센서 노드의 전력소모 유형을 일회성 및 주기성으로 구분하고 또한 동작 모드에 따른 전류 소모의 차이를 고려함으로써 전체 전류 소모량을 계산 할 수 있다. 여

기에 배터리의 자기 방전율을 고려하여 계산하면 주어진 배터리용량에서의 센서노드 수명을 예측할 수 있다. 이러한 계산 방식은 임의의 센서노드에 적용 가능하기 때문에 저전력 무선 센서노드 설계에 유용하게 이용할 수 있다.

#### 참 고 문 헌

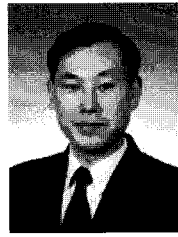
- [1] 김지은, 김세한, 정운철, 김내수, "USN센서노드 기술동향," 전자통신동향분석 제22권 제3호, 95쪽, 2007년 6월
- [2] 엄홍식, 김건욱, "전송전력 최적화를 통한 센서네트워크의 효율적인 에너지 관리에 대한 연구," 전자공학회 논문지 제44권 CI편 제3호, 2007년 5월
- [3] D. Rakhmatov, S. Vrudhula, and D. A. Wallach, "A Model for Battery Lifetime Analysis for Organizing Applications on a Pocket Computer," *IEEE Tran. Very Large Scale Integration Systems*, vol. 11, no. 6, pp. 1019-1030, Dec. 2003
- [4] F. Simjee and P. H. Chou, "Accurate Battery Lifetime Estimation Using High-Frequency Power Profile Emulation," in *Proc. IEEE Int. Symp. Low Power Electronics Design*, Aug. 2005, pp. 307-310

저 자 소 개



김 현(학생회원)  
 2004년 2월 중부대학교  
 정보통신 공학사  
 2006년 8월 광운대학교  
 전파공학과 공학석사  
 2007년 1월~현재 광운대학교  
 전파공학과 박사과정  
 재학중

<주관심분야> RF/Analog Integrated Circuits



김 창순(정회원)  
 1986년 2월 광운대학교  
 전자공학과 공학사  
 2007년 3월~2009년 2월 광운대학  
 교 정보통신대학원 유비  
 쿼터스통신 전공 공학석  
 사

1986년 1월~1991년 8월 맥슨전자 기술개발실  
 1991년 8월~2000년 3월 에스원 기술연구소  
 2005년 1월~현재 RadioTek 기술연구소 재직 중  
 <주관심분야> RF/Analog Circuits



신 현철(평생회원)  
 1991년 2월 KAIST 전기 및 전자  
 공학과 공학사  
 1993년 2월 KAIST 전기 및 전자  
 공학과 공학석사  
 1998년 2월 KAIST 전기 및 전자  
 공학과 공학박사

1997년 4월~1997년 10월 독일 DaimlerBenz  
 Research Center 연구원  
 1998년 1월~2000년 3월 삼성전자 System LSI  
 선임연구원  
 2000년 4월~2002년 4월 미국 UCLA 박사후  
 연구원  
 2002년 5월~2003년 8월 미국 Qualcomm  
 RF/Analog IC Design 선임연구원  
 2003년 9월~현재 광운대학교 전파공학과  
 부교수

<주관심분야> RF/Analog/Microwave Integrated Circuits and Systems