

# SoC를 이용한 소형 무선 센서 노드 설계

김현중 · 양현호  
 군산대학교

## Design of Miniaturized Wireless Sensor Node Using System-on-Chip

Hyun-Joong Kim · Hyun-Ho Yang  
 Kunsan National University  
 E-mail : juliri@hanmail.net, hhyang@kunsan.ac.kr

### 요 약

무선 센서 네트워크에서 가장 중요하고 기본적인 요소는 환경 정보를 수집하고 이를 사용자 응용시스템에 전송하는 무선 센서 노드이다. 무선 센서 노드는 센서로 환경 정보를 수집하고 이를 저장, 가공하여 처리된 데이터를 사용자에게 전송하는 무선 송수신 장치로 기술의 발전에 따라 소형화, 지능화되고 있다. 특히 마이크로컨트롤러, RF 모듈, 메모리 등을 하나의 칩 내부에 모두 통합하는 SoC(System-on-Chip)기술은 센서 노드의 소형화와 제조 단가를 낮추는데 중요한 역할을 한다. 본고에서는 상용 SoC를 사용하여 무선 센서 네트워크를 위한 소형 무선 센서 노드를 설계하였으며 이를 이용한 여러 활용 방안 및 추가적인 고려사항에 대하여 논하였다.

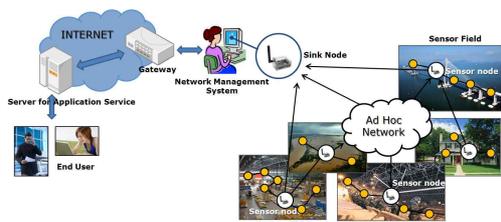
### Abstract

The most essential element in wireless sensor network is wireless sensor node which collects environmental information and transmits it to the user application systems. Recently, due to the technological advancement, wireless sensor nodes are become smaller, more intelligent and less power consuming. Especially, SoC(System-on-Chip) technology, which unifies the MCU, RF module, memory and other element inside one chip, plays an important part for miniaturization of sensor node, hence reduces the manufacturing expenses. In this paper, we have designed a miniaturized wireless sensor node for wireless sensor network using commercial SoC technology and discussed about some application scenario and additional considerations.

key words : Wireless Sensor Network, Wireless Sensor Node, SoC

### 1. 서론

최근 유비쿼터스 관련하여 무선 센서 네트워크(WSN : Wireless Sensor Network)에 대한 연구 및 산업 시장이 급성장하고 있다.[1] WSN은 미래 유비쿼터스 사회구현의 핵심 기술로, 특정 환경에 다수의 무선 센서 노드(Wireless Sensor Node)를 설치하고 주변 환경의 정보를 수집하여 인간 생활에 활용하는 것을 목적으로 하며 군사, 물류, 재난감시, 구조물 관리, 홈오토메이션, 의료 등 여러 분야에 적용될 수 있다. WSN은 그림1에서 나타난 것과 같이 센서 노드들과 기존 네트워크와의 연결 및 센서 네트워크 관리를 위한 시스템, 그리고 수집된 정보를 저장하고 응용서비스를 위한 서버 시스템으로 구성된다.[2]



[그림 1] WSN의 구성

위의 그림과 같이 WSN은 1차적으로 필드에 배치된 다수의 센서 노드들로 네트워크가 구성된다. 따라서 WSN에서 가장 중요하고 기본적인 요소는 필드 환경의 정보를 수집하고 응용 시스템에 전송하는 센서 노드 기술이다. WSN의 대부분의 경우 다수의 센서 노드를 비교적 광범위한 환경에서 분산 배치하기 때문에 센서 노드의 전원을 자주 교환하는 것이 어렵다. 이를 위해 저전력 소모의 MCU, RF 모듈, 센서

본 연구는 군산대학교 정보통신기술연구소의 부분적인 지원으로 수행되었음

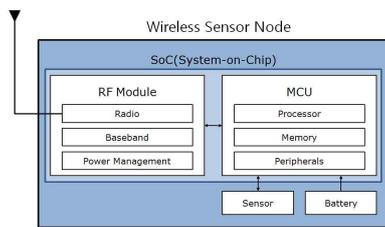
등이 요구된다. 또한 센서 노드의 설치와 관찰 대상에 영향을 주지 않고 설치의 용이성 등으로 소형화와 경량화가 필수적으로 요구된다. 특히 MCU와 RF 모듈은 센서 노드 기술의 핵심으로 임베디드 반도체 기술과 함께 많은 발전을 이루었다. 2005년 이후에 나타난 SoC(System-on-Chip)는 MCU, RF 모듈, Flash 메모리, 주변기기를 실리콘 칩 내부에 모두 통합하는 기술로 센서 노드의 소형화, 저전력, 저가격 설계에 매우 큰 역할을 하고 있다.

이에 본 논문에서는 상용 SoC 사용하여 WSN을 위한 소형 무선 센서 노드를 설계해 보았으며 2장에서는 선행 연구로 무선 센서 노드의 구성 및 소형 무선 센서 노드 개발 사례에 대하여 기술하였다. 3장에서는 설계된 소형 무선 센서 노드에 대하여 설명하였으며 4장에서는 센서 노드의 동작에 대한 실험 및 평가를 했다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구와 여러 활용 방안에 대하여 언급한다.

## 2. 무선 센서 노드

### 2.1 센서 노드의 구성

현재 상용화 되거나 개발되고 있는 센서 노드의 하드웨어 플랫폼은 미국 국방성의 DARPA 프로젝트의 지원을 받아 개발된 CrossBow사의 Micaz 시리즈를 기초로 하고 있다. 센서 노드의 하드웨어 구성은 기본적으로 그림2에 나타난 것처럼 데이터를 처리하거나 제어하는 MCU와 무선통신을 위한 RF 모듈, 주변 환경의 정보 감지를 위한 센서, 그리고 전력공급을 위한 배터리로 이루어진다.[3]



[그림 2] 무선 센서 노드의 하드웨어 구성

센서 노드의 MCU(Micro controller Unit)는 센서 노드에 부착된 센서의 데이터 처리 및 외부 인터페이스 관리 등 사람의 두뇌역할을 하는 프로세서로 저전력 소모를 위해 기존에 사용된 8비트 MCU에서 영상 처리나 음성 신호처리를 위한 고성능의 16~32비트의 저전력 MCU 개발이 이루어지고 있다. WSN을 위한

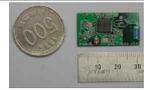
MCU의 경우 대표적으로 Atmel의 Atmega시리즈와 TI의 MSP시리즈가 널리 사용되고 있다.

무선 통신을 위한 RF 모듈은 LR-WPANs(Low Rate Wireless Personal Area Network)를 위한 무선 통신 기술인 IEEE 802.15.4의 PHY, MAC 계층을 표준으로 하여, 상위 ZigBee를 사용하는 단일 칩이 많은 업체에서 개발 되고 있다. ZigBee는 WSN에 가장 적합한 무선 기술로 868MHz, 915MHz, 2.4GHz ISM 대역을 사용하며 소형, 저가격, 저전력 소모를 특징으로 한다. 현재는 MCU와 RF 모듈을 합친 SoC 형태로 상용화 제품이 출시되고 있으며 대표적으로 TI의 CC2430, Jennic의 JN5121, Ember의 EM250이 있다.

### 2.2 SoC를 이용한 센서 노드 개발 사례

SoC(System-on-Chip)기술은 여러 가지 기능을 가진 시스템(회로)들을 통합하여 하나의 단일 칩으로 만드는 것으로 현재와 미래의 센서 노드 소형화와 지능화의 주요 기술이다. 2006년 초 TI의 CC2430을 시작으로 많은 업체에서 WSN을 위한 SoC 개발 및 출시를 하였으며 SoC를 이용한 소형 무선 센서 노드의 설계 또한 국내외로 활발히 진행되고 있다. 표1은 국내외에서 개발된 소형 무선 센서 노드를 비교하였다.

[표 1] 국내외 소형 무선 센서 노드

Wireless sensor node	Development	SoC Solution	Sise (mm)
	한국 광주과학기술원[4]	TI CC2430	31×17×3
	한국 하이비스[5]	NORDIC nRF23E0	13×11×7
	스위스 루체른대학[6]	TI CC2431	31×14×3
	미국 캘리포니아대학[7]	NORDIC nRF24E1	12×12×5

## 3. 소형 무선 센서 노드 설계

### 3.1 고려사항

센서 노드는 환경 정보를 감지하기 위한 센서와 이를 처리하기 위한 프로세서, 그리고 무선 통신 기능을 가지고 있는 일종의 임베디드 장치이다. 다른 임베디드 시스템의 설계와 마찬가지로 센서 노드를 설계하기 위해서도 여러 가지가 고려되어야 한다. 특히

WSN의 특성상 한번 배치되면 유지보수가 어렵기 때문에 저전력 소모, 저가격을 충족해야 한다. 따라서 설계에 사용되는 주요 부품인 MCU, RF 모듈, 센서는 첫 번째로 고려되어야 할 사항이다. 그 외에 응용 환경에 맞는 센서의 선택이나 안테나 설계, R/L/C 부품, 센서 노드 운영을 위한 소프트웨어 플랫폼 선택 또한 고려되어야 할 사항이다.

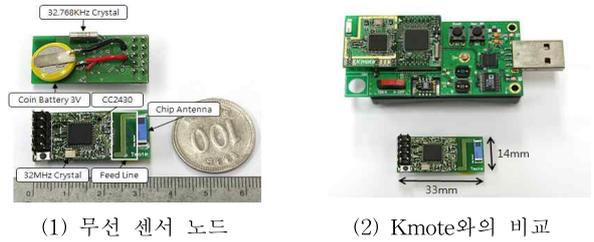
### 3.2 소형 무선 센서 노드 설계

본 논문에서 설계된 소형 무선 센서 노드는 대표적인 ZigBee용 SoC 단일 칩인 TI사의 CC2430을 사용하였다.[8] CC2430은 기존의 CC2420 기반에 8비트 저전력의 8051 MCU, 8KB RAM, 플래시 메모리(32/64/128KB), 온도센서를 하나로 통합하여 설계에 있어 최적의 환경을 제공하였다. 표1은 CC2430의 주요 특징이다.

[표 1] CC2430의 주요 특징

CC2430	FEATURES
Size	7mm×7mm
MCU/RF Core	8051/CC2420(2.4GHz IEEE802.15.4)
Memory	32/64/128KB Flash Memory 8KB RAM
Supply Voltage	2.0~3.6V
Modulation	DSSS
Sleep Current	0.6uA
Current CPU	7mA
Current Receive	27mA
Operating Clock	32MHz, 32.768KHz
Data Rate	250Kbps
Interface	USART
Sensor	On-Chip Temperature Sensor

무선 센서 노드의 소형화 설계를 위해 대부분의 부품들은 SMD(Surface Mounted Devices) 타입을 사용하였다. 수동소자인 경우 1×0.5mm<sup>2</sup> 크기의 SMD를 사용하였고 안테나는 Amotec사의 2.4GHz 칩 안테나를 사용하였다. 또한 최종적으로 부품을 배치하고 제작하는 단계인 PCB설계 또한 소형화 설계에 중요한 부분을 차지한다. PCB 설계에 따라 센서 노드의 크기가 결정되며 기계적인 성능이 평가되기 때문에 개발자의 많은 경험과 높은 기술을 요구한다. 그림3의 (1)은 설계된 소형 무선 센서 노드이며 (2)는 한국 전자부품연구원에서 개발한 Kmote와의 비교이다.



[그림 3] 설계된 무선 센서 노드

### 4. 동작 실험 및 평가

CC2430은 ADC(Analog to Digital Convert)에 연결된 온도 센서를 포함한다. ADC가 온도에 따라 변화되는 전압을 디지털 값으로 변환함으로써 온도가 측정된다. CC2430은 일반적으로 0℃일 때 743mV의 출력전압을 보이며 온도계수는 2.4mV/℃로 그림4는 온도 측정 방정식을 나타내었다. 이렇게 측정된 데이터는 수신기에 전송되고 시리얼 통신을 통하여 호스트 컴퓨터의 하이퍼터미널 상에 나타나게 된다.

$$\text{온도}[^{\circ}\text{C}] = \frac{\text{현재 출력 전압}[mV] - 0^{\circ}\text{C일때 출력 전압}[mV]}{\text{온도 계수}[mV/^{\circ}\text{C}]}$$

[그림4] 온도 측정 방정식

실험 환경은 그림5에서 보이는 것처럼 수신기와 센서 노드와의 거리가 약 10m, 상온 22℃인 실내 환경에서 동작 실험을 하였으며 그림6은 데이터 수신 화면이다.



그림 5. 동작 실험

하이퍼터미널 상에 보이는 “Device : 0x796F”는 센서 노드의 주소이며 온도는 24~25℃의 분포를 보이고 있어 실험 환경과 2~3℃의 오차를 보이고 있다.

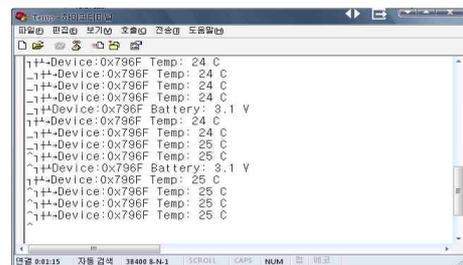


그림 6. 온도 데이터 수신

## 5. 결론 및 향후 과제

본고에서는 대표적인 SoC인 CC2430을 사용하여 소형 센서 노드 설계를 제안하였다. 실험 결과로 설계된 무선 센서 노드는 수신기와 약 10m 거리에서 신뢰성 있는 데이터 송신 성능을 보였으며, 실험 환경과 2~3°C의 온도 차이를 보이고 있는데 이는 소프트웨어의 보정을 통하여 정밀하게 수정해야 할 점이다. 나아가 안테나의 성능과 배터리 효율을 높이고, 다른 센서 노드들과의 비교 및 네트워크 구성 평가 등 추가적인 분석과 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] 원광호외 3명, “WSN 기술 동향 및 응용 기술”, 한국통신학회지 제25권 제10호 2008.9 pp.33~41
- [2] 김석우, “센서 네트워크 연구개발 및 상용화 사례” 주간 기술동향 통권 1325호, 2007.12, pp.1~14
- [3] 김지은외 3명, “USN 센서 노드 기술 동향”, 전자통신동향분석 제22권 제3호, 2007.6
- [4] Kyung Jun Choi, Jong In Song. "A Miniaturized Mote for Wireless Sensor Networks" Advanced Communication Technology(ICACT'08), Feb.2008, pp.514-516
- [5] <http://www.hybus.co.kr>
- [6] 5 besides Alexander Klapproth. "Design of a versatile lowcost IEEE802.15.4 module for long term battery operation." EuZDC, June.2007
- [7] Park, C.S. Chou, P.H " Eco: Ultra-wearable and expandable wireless sensor platform" BSN, April.2006 pp.4~165
- [8] <http://forqus.ti.com/lit/ds/symlink/cc2430.pdf>