

---

# 가축의 실시간 체온 측정을 위한 이식형 무선 센서 노드 설계

김현중 · 양현호

군산대학교

## Design of Implantable Wireless Sensor Node to Monitor the Livestock Body Temperature

Hyun-Joong Kim · Hyun-Ho Yang

Kunsan National University

E-mail : juliri@hanmail.net, hhyang@kunsan.ac.kr

### 요 약

무선센서네트워크는 처리능력과 자원이 제한된 수많은 소형의 센서노드들로 구성된다. 따라서 무선센서네트워크에 있어서 가장 중요하고 기본적인 요소는 환경 정보를 수집하고 이를 사용자 응용시스템에 전송하는 센서노드 기술이다. 기술의 발전에 따라 센서노드는 점점 소형화 되고 지능화 되어 그 응용범위를 넓혀가고 있다. 특히 이식형 센서노드 기술은 인체나 가축의 체내에 이식되어 질병을 감시하고 치료하는데 사용됨으로써 무선센서네트워크의 미래 발전 방향을 제시한다. 본고<sup>1)</sup>에서는 가축의 체온을 실시간으로 감시할 수 있는 이식형 무선 센서노드를 설계하였다. 또한, 실시간 생체 감시 시스템 구현을 위한 추가적인 고려사항에 대하여 논하였다.

### ABSTRACT

Wireless Sensor Network (WSN) is consisted of lots of tiny sensor nodes with limited processing power and computing resources. Thus, the most critical and fundamental element of WSN technology is sensor node, which gathers environmental information and transmits it to the user application systems. Due to the technological advancement, sensor nodes are become smaller and more intelligent, hence, expand their application area. Specifically, implantable wireless sensor node technology, to monitor and treat disease by implanting tiny sensor nodes into human body or livestock, shows further directions of WSN. In this paper, we have designed an implantable wireless sensor node to monitor livestock body temperature in real time. We also discussed on the additional considerations to implement real time bio-monitoring systems.

### 키워드

Implantable, Sensor node, Livestock, Bio-monitoring, Real time

### 1. 서 론

21세기의 사회적, 환경적 변화의 의미뿐만 아니라 기술 발전의 방향까지도 포함하는 유비쿼터스 사회의 핵심 기술 중 한 가지는 WSN(Wireless Sensor Network)기술이라 할 수 있다.[1] WSN기술은 센서 노드(Sensor Node)로부터 사물 및 환경

정보를 감지, 저장, 가공하여 인간 생활에 활용하는 것을 목적으로 하며 물류, 유통, 산업, 환경, 교육, 홈오토메이션, 건강관리(Healthcare) 등 다양한 분야에 적용될 수 있다. WSN은 기반시설이 거의 필요 없는 센서 노드로만 네트워크가 구성되기 때문에 센서 노드는 WSN 기술 중에서 가장 기본적이며 핵심적인 요소라 할 수 있다. 센서 노드는 기술의 발전에 따라 소형화, 지능화 되고 있으며 특히 SoC(System-on-Chip) 솔루션은 MCU, RF 모듈, Flash 메모리, 주변기기가 실리콘 칩 내부에 모두

---

1) 본 연구는 한국학술진흥재단의 기초과학연구지원으로 수행된 연구 결과임

통합되어 센서 노드의 설계에 있어 전체적인 BOM(Bill of Material)을 줄여줄 뿐 아니라 센서 노드의 소형화에 매우 큰 장점이 있다. 센서 노드의 소형화는 다양한 활용범위가 있으며 특히 인체나 동물의 몸체에 초소형 센서노드를 이식하여 인체의 질병을 진단하고 치료하며 가축이나 동물의 생태를 모니터링 할 수 있는 이식형 무선 센서 노드(Implantable Wireless Sensor Node) 기술은 WSN의 활용에 나아갈 방향을 제시해 주고 있다.

이에 본고에서는 동물 몸체에 이식하여 온도를 측정하고 모니터링 할 수 있는 초소형의 이식형 무선 온도 센서 노드 설계를 제안하며, 2장에서는 선행 연구로서 무선 센서 노드의 전체적인 플랫폼(Platform)에 대해 기술하고, 3장에서는 제안된 이식형 무선 온도 센서 노드 설계에 대하여 설명하였다. 4장에서는 센서 노드의 동작 실험 및 평가에 대해 기술하며, 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구방안과 여러 활용 방안에 대하여 언급한다.

## 2. 센서 노드 플랫폼

### 2.1 하드웨어 구성

WSN의 가장 큰 장점은 저가격, 저전력 소모, 자가구성(self-organization) 등이 가능한 센서 노드들이 독립적으로 네트워크를 구성한다는 것이다. 이러한 센서노드의 특성을 충족시키기 위해 많은 센서 노드들이 개발 되고 있다.[2] 센서 노드의 하드웨어는 컴퓨팅을 위한 한정된 자원 때문에 저전력 소모, 고효율 설계를 주된 목표로 하며 주요 구성은 제어 및 처리부(MCU), 무선통신부(RF Module, Antenna, Protocol), 센서부(Sensor) 및 전원부(Battery)로 이루어진다.[3]

센서 노드의 MCU(Micro Controller Unit)는 수집된 데이터의 처리 및 제어, 외부 장치와의 인터페이스 설정 등 센서 노드의 두뇌역할을 하는 핵심 칩으로 부착된 센서의 종류 및 노드의 사용 목적에 따라 다양한 성능을 필요로 한다. 최근 기술의 발달로 고성능, 저전력 소모, 초소형 MCU의 개발이 이루어지고 있다.

무선통신부는 LR-WPANs(Low Rate Wireless Personal Area Network)를 위한 무선 통신 기술인 IEEE 802.15.4 표준을 적용한 RF 모듈과 안테나로 이루어진다. WSN에서 사실상 표준으로 자리 잡고 있는 Zigbee는 IEEE 802.15.4의 표준화된 PHY, MAC 계층을 기반으로 하여 상위 프로토콜 및 어플리케이션을 규격화한다. Zigbee는 WSN에 가장 적합한 무선 기술로 868MHz, 915MHz, 2.4GHz ISM 대역을 사용하며 소형, 저가격, 저전력 소모를 특징으로 한다.

센서는 어떤 외부 자극에 대해 반응을 감지할 수 있는 장치나 소자로 센서 노드의 중요한 구성 요소이다. 종류로 조도, 열, 습도, 온도, 가속도 등과 같

은 센서가 있으며 WSN의 환경에 따라 선택적으로 센서 노드에 장착 된다.

전원부는 센서 노드에 장기적으로 안정된 전력을 공급하여 원활한 구동을 가능하게 하는 기능을 하며 WSN의 특성상 환경에 배치되면 유지보수가 어렵기 때문에 센서 노드 설계에 있어서 중요하게 고려된다.

### 2.2 운영체제

WSN에서 사용되는 운영체제는 수집된 정보를 처리하고 센서 노드들 간의 통신 등을 위해서 필수적으로 요구되며 센서 노드의 특성상 컴퓨팅 자원이 제한적이기 때문에 설계에 있어 여러 가지가 고려되어야 한다.

전체적인 에너지 효율을 높이기 위하여 센서 노드들 사이에 동기화가 이루어져야 하며 저전력 통신을 위해 프로세서 메모리 영역의 효율적인 관리를 수행하여야 한다. 센서 노드는 설치된 후에 유지보수가 어렵고, 환경의 영향을 많이 받을 수 있기 때문에 동적으로 환경으로 환경에 적응 할 수 있는 특성을 지녀야 한다. 또한 센서 노드의 통신거리 제약을 극복하기 위하여 멀티홉(Multi-Hop) 라우팅을 지원해야하며 손쉬운 응용 프로그래밍을 위한 API (Application Programming Interface)를 제공해야 한다. 가장 많이 쓰이는 운영체제로 UC 버클리에서 개발한 TinyOS가 있으며 그 외에 SOS, MANTIS, 그리고 한국전자통신연구원에서 개발한 Nano-Qplus 등이 있다.

### 2.3 소형 무선 센서노드 개발 사례

기술의 발전에 따라 센서 노드는 소형화, 지능화 되고 있다. 그중 SoC(System on Chip) 기술은 여러 가지 기능을 가진 시스템(회로)들을 통합하여 하나의 단일 칩으로 만드는 것이다. 이는 센서 노드의 소형화로 이어지며 센서 노드의 소형화는 패키징(Packaging)방법에 따라 이식형으로 연계될 수 있어 다양한 활용이 가능하다. 예를 들어 그림1에서 보이는 것처럼 실리콘으로 포장한 초소형 무선 센서 노드를 돼지의 장내에 이식하여 체내의 정보를 얻을 수 있으며[4] 이는 축산업에 적용되어 가축의 모니터링에 활용될 수 있다. 이에 따라 SoC 기술을 이용한 소형 무선 센서 노드의 설계가 국내외로 활발히 진행되고 있으며 표1에서 국내외에서 연구된 소형 무선 센서 노드를 비교했다.

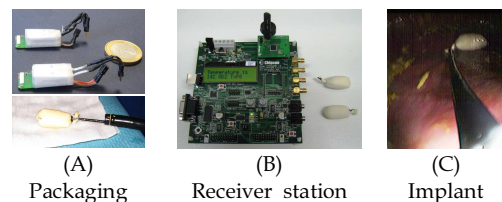


그림 1. 돼지의 장내에 이식된 무선 센서 노드

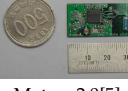
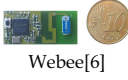

Wireless sensor node	Development	SoC Solution	Size (mm)
 Mote v2.0[5]	한국 광주과학기술원	TI CC2430	31×17×3
 Webee[6]	스위스 루체른대학	TI CC2431	31×14×3
 ECO[7]	미국 캘리포니아대학	NORDIC nRF24E1	12×12×5

표 1. 국내외 소형 무선 센서 노드

### 3. 이식형 무선 센서 노드 설계

#### 3.1 요구조건

본 논문이 목표로 하는 이식형 무선 온도 센서 노드를 설계하기 위해서 하드웨어적으로 여러 요구조건을 충족해야 한다. 이식을 위해서는 소형화 설계가 필수적이기 때문에 부품 선택에서 크기는 가장 중요하게 고려되어야 할 부분이다. 다음은 전체적인 하드웨어 플랫폼 설계의 주요 요구 조건이다.

- (1) 프로세서는 MCU와 RF 모듈을 하나의 칩으로 구성하는 SoC 솔루션이어야 한다. 또한 RF 모듈은 Zigbee와 같이 WSN에 적합한 무선 기술 표준을 지원해야 한다.
- (2) 프로세서 동작을 위한 수동소자나 기타 부품들은 SMD(Surface Mounted Device) 형태이어야 한다. 표면 실장 소자는 부품이 작고 기계적인 성능이 우수하며 PCB(Printed Circuit Board)의 양면에 부착할 수 있어 센서 노드의 크기를 줄이는데 큰 부분을 차지한다.
- (3) 저가격이어야 한다. 무선 센서 네트워크의 특성상 목적으로 하는 환경에 무작위로 센서 노드가 배치되어 회수가 어렵고 센서 노드를 추가로 보충하는 편이 유지 보수에 훨씬 유리하기 때문에 고성능, 저가격을 만족하는 부품을 선택해야 한다.
- (4) 사용 환경에 적합한 데이터 전송거리를 위해 고성능의 안테나를 선택해야 한다. 최근, 많은 업체에서 Zigbee(2.4GHz 대역)용 칩안테나를 출시하고 있으며 종류도 많기 때문에 적절한 안테나를 선택하여야 한다.

위와 같은 요구 조건 이외에 최종적으로 부품을

배치하고 제작하는 단계인 PCB설계 또한 소형화 설계에 중요한 부분을 차지한다. PCB 설계에 따라 최종적으로 센서 노드의 크기가 결정되며 기계적인 성능이 평가되기 때문이다.

#### 3.2 하드웨어 플랫폼 설계

그림2는 설계된 이식형 무선 온도 센서의 구성도를 보여준다. 현재 SoC 솔루션을 제공하는 업체는 대표적으로 TI, Jennic, Ember, RadioPulse, Atmel 사 등이 있으며 본고의 설계에서는 TI사의 CC2430을 선택하였다. CC2430[8]은 고성능의 8051 마이크로컨트롤러와 Zigbee용 CC2420 RF 모듈이 결합된 SoC 솔루션이며 7×7mm<sup>2</sup>의 초소형으로, 하드웨어 설계에 최적의 환경을 제공하였다. CC2430을 동작시키기 위해서 32MHz, 32.768KHz 크리스탈을 사용했으며 RF 통신을 위한 안테나로 Amotec사의 2.4GHz 칩안테나를 선택하였다.

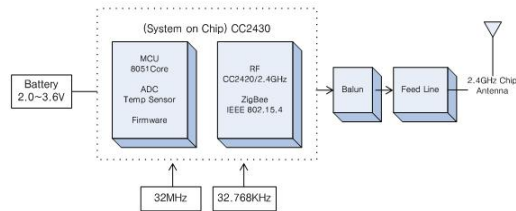
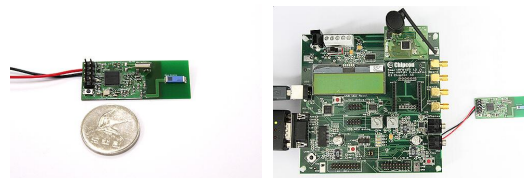


그림 2. 이식형 무선 온도 센서 노드 구성도

그림3의 (1)은 설계된 센서 노드이며 (2)는 센서 노드로부터 데이터를 수신하고 호스트 컴퓨터로 전송하는 역할을 하는 TI사의 SmartRF04 Evaluation Board를 보여주고 있다.



(1) 설계된 센서 노드 (2) 수신기

그림 3. 설계된 센서 노드와 수신기

### 4. 동작 실험 및 평가

CC2430은 ADC(Analog to Digital Converter)에 연결된 온도 센서를 포함한다. 그림4에서 보이는 것처럼 ADC가 온도 센서로부터 전달된 전압을 디지털 값으로 변환함으로써 온도가 측정된다. 측정된 데이터는 수신기에게 전송되고 시리얼 통신을 통하여 호스트 컴퓨터에서 보이게 된다.

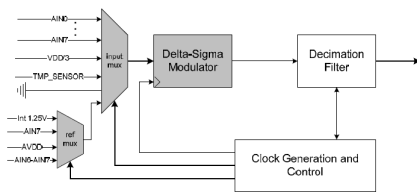


그림 4. ADC 블록 다이어그램

그림5에서 보이는 것처럼 수신기와 센서 노드의 거리가 약 9.6m, 상온 22°C인 실내 환경에서 동작 실험을 하였으며 그림6은 하이퍼터미널 상에 디스플레이 되는 온도 데이터를 나타내었다.



그림 5. 동작 실험



그림 6. 온도 데이터 수신

그림 6의 하이퍼터미널에 나타내진 Device 값은 센서 노드의 주소이며 온도는 24~25°C의 분포를 보이고 있다. 실험환경과 2~3°C의 차이를 보이고 있다.

### 5. 결론 및 향후 계획

WSN을 이루는 가장 기본적인 요소인 센서 노드는 기술의 발달로 소형화, 지능화되고 있으며 사회 전반에 걸쳐 다양하게 이용되고 있다. 특히 SoC 단일 칩 제조 기술은 센서 노드의 소형화에 결정적인 역할을 하고 있으며 국내외에서 이를 이용한 초소형 센서 노드 제작 연구가 활발히 이루어지고 있

다.

본고에서는 SoC 솔루션인 CC2430을 사용하여 이식형 무선 온도 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 차이를 보이고 있는데 이는 펌웨어의 보정을 통하여 정밀하게 수정해야 할 점이다. 또한 설계된 무선 센서 노드의 크기는 그림3의 (1)에서 나타낸 것과 같이 소형이기는 하나 동물의 몸체에 이식하기 위해서는 문제가 있으며 수동소자나 기타 부품의 크기를 줄이고 PCB의 다층설계를 통하여 보완해야 할 것이다. 나아가 이식을 위해 안테나의 성능과 배터리 효율을 높이고, 사용자에게 맞춰 온도 데이터를 처리할 수 있는 응용프로그램 설계에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

### 참고문헌

- [1] 원광호외 3명, "WSN 기술 동향 및 응용기술", 한국통신학회지 제25권 제10호 2008.9 pp.33~41
- [2] 박승민, "센서 네트워크 노드 플랫폼 및 운영체제 기술 동향" 전자통신동향분석 제21권 제1호 2006.2
- [3] 김지은외 3명, "USN 센서노드 기술동향", 전자통신동향분석 제22권 제3호 2007.6
- [4] Valdastri, P., Menciassi, A, Darip. P. "Transmission Power Requirements for Novel ZigBee Implants in the Gastrointestinal Tract" Biomedical Engineering, IEEE Transactions on. June 2008
- [5] Kyung Jun Choi, Jong In Song. "A Miniaturized Mote for Wireless Sensor Networks" Advanced Communication Technology, 2008. ICACT 2008. 10th International Conference on
- [6] 5 besides Alexander Klapproth. "Design of a versatile lowcost IEEE802.15.4 module for long term battery operation". Design of a versatile lowcost IEEE802.15.4 module for long term battery operation
- [7] Park C. Liu J. Chou P.H "Eco: an ultra-compact low-power wireless sensor node for real-time motion monitoring" Information Processing in Sensor Networks, 2005. IPSN 2005. Fourth International Symposium on.
- [8] <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc2430.pdf>