

무선 센서 네트워크를 위한 센서 노드 설계 및 네트워크 구현

민형석[○] 이상빈 안순신
고려대학교 전자전기 공학과
{minhs[○], kulsbin, sunshin}@dsys.korea.ac.kr

Design and Network Implementation of Sensor Node for Wireless Sensor Networks

Hyoungseok Min[○], Sangbin Lee, Sunshin An
Computer Network Lab. Dept. of Electronic Electrical Eng., Korea University

요 약

무선 센서 네트워크는 관심 지역에 많은 에너지 자율적인 마이크로 센서들로 분포되어 구성된다. 각각의 노드들은 에너지 공급에 제한을 가지며 싱크 노드와 통신하는데 필요한 정보들을 발생 시킨다. 이러한 네트워크에서의 기본 동작은 기지국(base station)으로 데이터를 취합하고 전송하는 것이다. 무선 센서 네트워크의 응용분야 중에서 환경 감시를 위한 센서 노드의 유선 설비는 기반 시설이 수반되어야 하므로 설치가 어렵고 번거로우며 많은 비용이 들기에 설치 측면과 비용 측면에서 장점이 있는 무선 센서 네트워크의 도입이 요구된다. 본 논문에서는 이러한 무선 센서 네트워크를 이용하여 환경 모니터링 시스템을 구현해 보았으며, 네트워크 구성에 사용된 센서 노드는 저비용, 저전력에 근거해 자체 제작한 온도, 습도, 조도의 데이터를 수집할 수 있도록 설계 하였으며, 베이스 노드와 호스트간은 시리얼 통신 및 USB 통신을 통하여 데이터를 전송할 수 있도록 하였다.

1. 서 론

유비쿼터스 환경에서 외부 환경의 감지와 제어 및 모니터링 기능을 수행하는 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)의 기술이 최근 들어 활발히 연구되고 있다[1,2,3]. 무선 센서 네트워크는 최근 한정된 자원인 저비용과 저전력으로 이루어진 초소형, 다기능 센서들이 부착된 센서 노드(Sensor Node)로 구성되며, 물리 공간의 상태인 온도, 습도, 조도, 소리, 움직임 등과 같은 물리적 데이터를 무선통신이 가능한 센서 노드에서 감지하고 측정하여 중앙의 기본 노드(Base-Station 혹은 Sink node)로 전달하는 센서 노드로 구성 되어진 네트워크를 말한다.

센서 노드는 데이터 수집을 위한 센서 부분과 데이터를 처리하기 위한 중앙처리부분, 데이터를 전송하기 위한 라디오 부분, 기능을 유지시키기 위한 전력 공급 부분으로 구성되어 있다. 이러한 센서 노드들은 애드혹(ad-hoc) 네트워크를 형성한 후 정보의 수집 및 처리를 통하여 사용자가 원하는 서비스를 제공하는 방식을 취하고 있다.

무선 센서 네트워크는 군 작전, 인명 구출, 지능형 홈 네트워크, 물류관리, 환경 모니터링 등 매우 광범위한 응용 분야에 사용될 수 있다. 이러한 센서 네트워크를 설계하는데 있어 가장 중요하게 고려 되어야 하는 요소는 네트워크를 구성하고 있는 센서 노드들로부터 원하는 정보를 얼마나 신뢰성 있게 얻을 수 있는가 라고 할 수 있다.

무선 센서 네트워크의 응용분야 중에서 환경 감시를 위한 센서 노드의 유선 설비는 기반시설이 수반되어야 하므로 설치가 어렵고

번거로우며 많은 비용이 들기 때문에 설치 측면과 비용 측면에서 장점이 있는 무선 센서 네트워크의 도입이 요구된다.

본 논문에서는 이러한 무선 센서 네트워크를 이용하여 환경 모니터링 시스템을 구현해 보았다. 실험에 사용된 센서 노드는 저비용, 저전력에 근거해 자체 제작한 모듈이며 온도, 습도, 조도의 데이터를 수집할 수 있도록 설계하였으며, 베이스 노드와 호스트 간은 시리얼 통신 및 USB 통신을 통하여 데이터를 전송할 수 있도록 하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 센서노드와 관련해 현재 진행되고 있는 하드웨어 개발동향 및 응용분야에 대해 간략히 살펴보고, 3장에서는 제작된 센서 노드에 대한 하드웨어 플랫폼과 이를 이용해 구성된 네트워크 구성에 대하여 알아보고, 4장에서는 구성된 네트워크에서 무선 센서 노드가 서로 통신하는 모습인 실험 결과를 살펴본다. 마지막으로 5장에서 결론 및 향후 연구방안에 대하여 언급한다.

2. 관련연구

본 장에서는 다양한 접근을 통해 시도되고 있는 센서 네트워크 하드웨어 플랫폼 및 응용분야 가운데 대표적인 몇 가지를 살펴볼 예정이다. 일반적인 센서 네트워크의 배치 지역이 사람이 접근하기 힘든 열악한 환경의 지역이기 때문에 하드웨어의 물리적 크기, 안정성, 신뢰성, 저전력 등의 요구사항이 대두되며 이를 만족시키기 위한 노력이 이루어지고 있다.

2.1 Crossbow Mica Series

미국 버클리 대학 Mote 시리즈는 미국 정부 및 관련 대학과 기업의 노력으로 가장 널리 이용되는 하드웨어 플랫폼으로 1999년 처음으로 WeC라는 플랫폼이 개발되어 매년 Rene, Dot, Mica, Mica2, MicaZ 와 같은 센서 노드가 만들어져 왔다. 메인 보드에 온도, 습도, 조도 센서 등과 같은 센서 보드를 스택 형식으로 장착할 수 있으며 프로세서로는 ATMEL 사의 Atmega 시리즈를 사용하고 있으며 노드별 가장 큰 차이는 RF 인터페이스에서 찾아볼 수 있는데 Mica 는 916MHz의 라디오 트랜시버를 사용한 데 반해 Mica2는 433/868/915MHz의 다양한 무선 밴드를 지원한다. 또 MicaZ 같은 경우 Mica2가 비슷하지만 RF 모듈을 Chipcon 사의 CC2420을 사용하고 있다.

2.2 Intel Mote(iMote)

인텔에서 개발한 Mote 시리즈로 ARM 기반의 마이크로 프로세서를 사용한다. 강력한 32bit ARM7TDMI를 12MHz 의 클럭을 동작시켜 기존 Mica Mote 보다 4배 정도 향상됨을 보이며 메모리 용량도 증가되었다[4]. RF 모듈은 Zeevo 사의 2.4GHz 밴드의 Bluetooth를 사용하여 최대 720kbps 의 전송률을 가져 Zigbee의 250kbps 보다 훨씬 더 많은 데이터를 처리할 수 있다.

2.3 Maxfor TIP

한국전자부품 연구원(KETI)에서 개발한 무선 센서 네트워크 플랫폼으로 TIP 3X 시리즈는 900MHz 대의 RF를 사용하여 384kbaud의 데이터율을 가지며 8bit MCU로 이루어져 있다. TIP 5X 시리즈는 2.4GHz 대의 RF 를 사용하여 TIP50은 16bit RISC CPU로, TIP51은 Telos 에서 사용되는 MSP430 MCU를 사용하였다.

3. 센서 노드 제작 및 센서 네트워크 구성

3.1 하드웨어 설계

무선 센서 네트워크에서 사용되는 센서 노드들은 대개 그림 1 과 같이 Processor, Transceiver, Power Unit, Sensor 부분[5, 6]으로 구성된다. 센서 노드에서 가장 중요한 부분은 위에서 언급했듯이 저비용, 저전력이 관건이다. 본 센서 노드들은 필드에 한번 뿌려지면 배터리를 교체하는 것이 불가능하고 배터리 소모가 다 된다면 교체해야 하는데 이러한 유지, 보수 비용이 만만치 않기 때문에 배터리 교체보다는 노드를 추가로 보충하는 편이 훨씬 더 유리할 수 있다. 따라서 이러한 제약 조건에 비추어 센서 노드 제작에 있어서 가장 중요한 부분이라 판단되는 프로세서는 ST사의 STR71X 시리즈가 다양한 Power Saving 모드(SLOW, WAIT, LPWAIT, STOP, STANDBY)와 저전력 기능을 가졌으며, 센서 네트워크의 제약 사항 중의 하나인 계산 처리능력에 있어서 ARM7TDMI 기반으로 설계 되었기에, 본 논문에서 제작하는 센서 노드의 프로세서로 적합하다 판단 되었으며, RF Transceiver로는 범용적으로 사용되는 Chipcon 사의 CC2420을 사용하였다. 프로세서와 RF 간의 인터페이스는 SPI 인터페이스로 설계

되었으며, STR711FR2 내부의 ADC 블록을 이용하여 센서를 연결할 수 있도록 하였다. 또한 본 논문에서 제작된 모듈을 센서 노드와 싱크노드의 구분 없이 사용할 수 있도록 호스트와 정합할 수 있는 Serial Port를 UART 프로토콜로 연결되도록 하였다. 설계 되어진 센서 노드의 하드웨어 스펙은 표 1과 같으며, 그림 1은 ST사의 STR711FR2로 구성된 센서 노드의 하드웨어 블록도이다.

표 1 센서노드 하드웨어 스펙

Item	Description
Mote Name	SASA(ST ARM-7 Sensor node Assembly)
Processor	ST STR711FR2
Memory(KB)	256KB Program Flash
RAM(KB)	64KB
RF Module	Chipcon CC2420, 2.4GHz
Modulation	O-QPSK
Data Rate	250kbps
Sensor	온도, 습도, 조도
Interface	Serial(UART) or USB
Power	3.0V (typical)
Range	20m (in line of sight)
PCB Size	30mm x 30mm

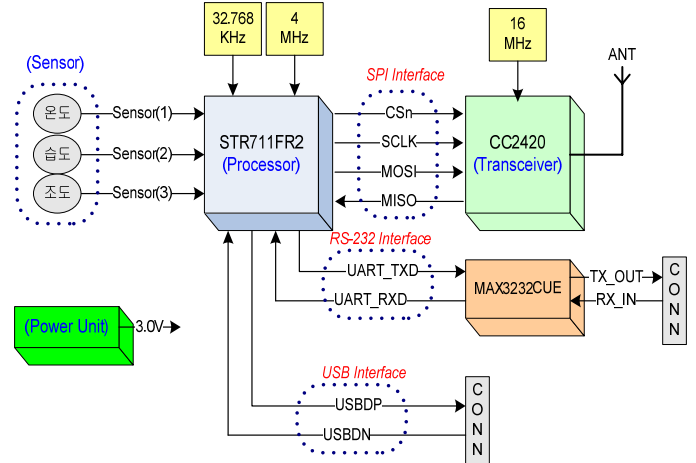


그림 1 센서 노드 블록도

3.2 네트워크 구성

여기서는 위에서 제작한 센서 노드를 기반으로 하나의 네트워크를 구현해 본다. 무선 센서 네트워크에서 환경 감시의 기본인 센싱 부분 및 저전력 소모를 위한 네트워크 프로토콜 등은 향후 과제로 남기고 본 논문에서는 제작된 하드웨어를 이용하여, 각 센서 노드에서 싱크 노드 까지의 1홉 통신 수행에 네트워크 구성 의의를 두며 실험 환경도 호스트에 정합된 싱크 노드가 하위 센서 노드들과의 통신 상태 등을 모니터링 하며 데이터를 취합하는 단계까지로 제한한다. 싱크 노드와 센서 노드 간의 정상적인 통신

상태 등은 호스트에서 제공하는 통신 터미널 프로그램을 이용한다. 다음은 구성된 네트워크의 구성 현황이다.

- Host : Personal Computer
- Sink Node : 1EA
- Sensor Node : 3EA (Node#1, Node#2, Node#3)
- Host vs Sink Node Interface : UART(Serial Interface)

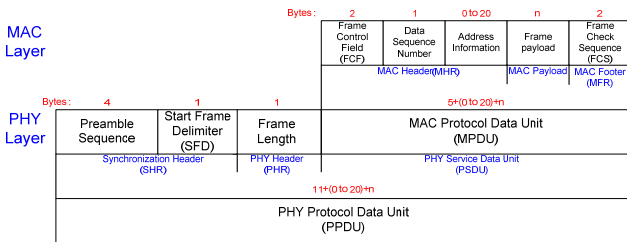


그림2 IEEE 802.15.4 프레임 포맷

센서 노드에서 보낸 IEEE802.15.4 패킷(그림 2)을 무선 통신을 통해 싱크 노드가 수집하여 싱크 노드 내의 UART 포트를 통해 호스트 서버 (현재 구현된 네트워크 상에서는 PC)가 취합하여 터미널 창으로 디스플레이 해 준다. 최종 목표는 각각의 센서 노드에 연결된 온도, 습도, 조도 센서들이 센싱 데이터를 수집하여 싱크 노드로 전달하며 최종 단인 호스트가 이를 취합 관리하는 것이 목적이나 본 논문에서 ST711FR2의 ADC를 이용한 센서들의 센싱 부분은 결과물에서 제외되어 있다. 센싱을 하는 센서 노드와 센싱된 정보를 취합하는 싱크 노드를 하나의 동일 PCB로 제작하여, 동일한 모듈로 센서 노드 및 싱크 노드를 겸용하여 사용할 수 있게 했다(그림 3). 즉, 센서 노드에서는 RS-232 Transceiver 인 MAX3232 혹은 USB 컨버터가 싱크 노드에서는 센싱을 담당하는 각종 센서들이 조립 시 제외하여 특정 기능을 수행할 수 있도록 구성하였다.



그림 3 제작된 하드웨어 플랫폼

4. 실험 결과

그림 4는 위에서 구성된 네트워크에서 센서 노드와 싱크 노드간의 통신 상태를 통신 프로그램을 통해서 모니터링 하는 상태를 나

타내며, 터미널 상에 디스플레이 되는 구성 내용은 다음 설명과 같다.

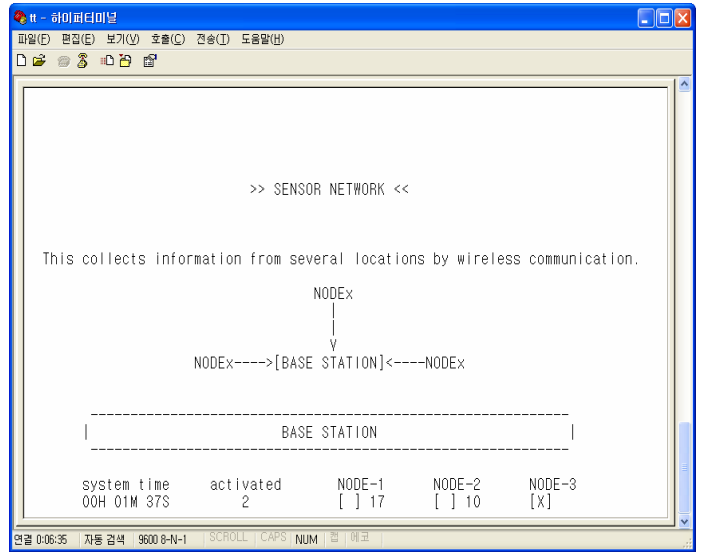


그림 4 호스트(PC)에서 수집된 각 노드별 통신현황

- System time : 싱크 노드가 Power On 되면서 동작하는 시간을 디스플레이 해주는 부분.
- Activated : 싱크 노드와 통신이 수행되는 센서 노드의 현재 개수를 디스플레이 해주는 부분.(그림 4에서는 NODE-1 과 NODE-2 만이 싱크 노드와 통신이 이루어지고 있음을 나타낸다.)
- NODE-1, NODE-2, NODE-3 : 각각의 센서 노드가 TX 한 패킷의 시퀀스 번호(Sequence Number) 이다. 각각의 센서 노드가 ON 되면 TX 하는 패킷의 시퀀스 번호는 0 ~ 255 까지 순차적으로 증가하며 255 이후는 다시 0 부터 시작된다. (그림 4에서 NODE-3은 통신이 이루어지지 않고 있기 때문에 [X]라 표시되며, NODE-1은 시퀀스 번호가 17 이고 NODE-2는 10 이다. 시퀀스 번호와 관련하여서는 IEEE 802.15.4 의 프레임 포맷인 그림 2 를 참조하기 바란다.

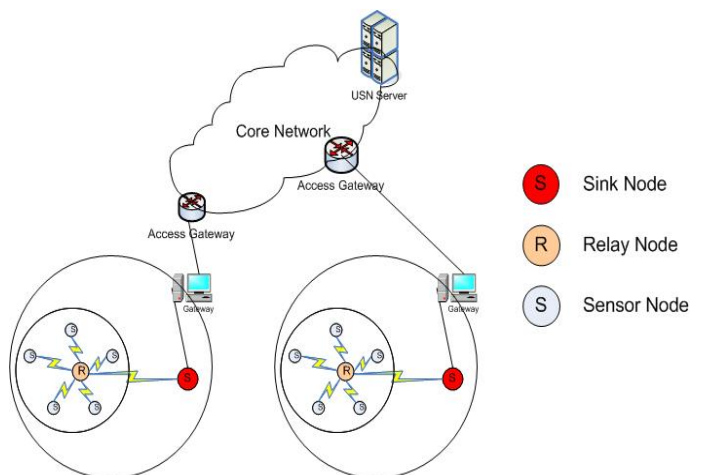


그림 5 센서 네트워크 구성도

상기 그림 5 가 싱크 노드와 센서 노드로 본 논문에서 구현, 실험한 구성도이며 구성도 상의 Relay Node 구성은 생략한다. 즉 센서 노드와 싱크 노드의 1 Hop 통신으로 구성하였으며, 중계 노드(Relay Node)는 RF Transceiver의 통신 거리상 제약 등으로 인해 2 Hop 통신으로 구성할 시에 혹은 클러스터 베이스로 네트워크를 구성할 경우에 그림 5 와 같은 방식으로 구성할 수 있다.

즉 센서 노드는 기본적으로 주변환경으로부터 각 환경에 대한 환경정보를 노드에 장착되어 있는 다양한 센서들을 통하여 수집하며 이렇게 수집된 정보를 각 센서 노드가 위치한 장소로부터 근접한 중계노드로 정보를 전송한다. 중계 노드는 센서 노드로부터 전달받은 환경정보 및 위치정보를 외부망과 연결되어 있는 싱크 노드까지 데이터를 전송하는 역할을 담당한다. 싱크 노드는 크게 두 가지 역할을 수행하며 구성된 센서 네트워크를 외부망과 연결하는 기능과 수집된 데이터를 서비스 제공자에게 전송하는 역할을 담당한다.

5. 결론 및 향후 과제

무선 센서 네트워크 기술이 사회전반에 걸쳐 다양하게 이용 되어짐에 따라 유한한 배터리 수명이 큰 문제로 대두되지 않을 수 없으며, 이는 저전력 센서 및 유연한 센서 노드들의 관리가 필수적인 기술로 떠오르게 되었음을 알 수 있다. 이를 위해 본 논문에서는 다양한 Power Saving Mode를 지원하며, 프로세싱 성능이 향상된 ARM core를 내장한 ST사의 ST711FR2를 이용, 센서 노드를 제작해 보았으며 이를 이용해 무선 센서 네트워크 통신의 구현을 실시해 보았다.

최근 이러한 센서 네트워크에 사용되는 MCU 및 RF 디바이스들은 기술의 발달로 인해 더욱 더 원칩화, 저가격 추세에 있으며 이에 따라 노드의 소형화가 이루어지고 있는 추세이다. 이러한 추세에 발맞추어 향후 보다 저비용, 저전력의 설계를 해야하며 이러한 하드웨어 플랫폼을 기반으로 효율적 MAC 관리 프로토콜 등의 개발로 보다 에너지 효율적인 센서 네트워크 구현을 위한 추가 연구 [7,8, 9]가 필요하다.

참고문헌

[1]J. M. Kahn, R. H. Katz, and K. S. J. Pister, "Mobile Networking for Smart Dust", In Proceedings of 5th ACM/IEEE Mobicom Conference, 1999.
 [2]R. Min, M. Bhardwaj, S.H. Cho, A. Sinha, E. Shih, A. Wang, and A.P. Chandrakasan, "Low-Power Wireless Sensor Networks", In VLSI Design, 2001.
 [3]J. Rabaey, J. Ammer, J.L. da Silva Jr, and D. Patel, "PicoRadio: Adhoc Wireless Networking of Ubiquitous Low-Energy Sensor/Monitor Nodes", In Proceedings of the IEEE Computer Society Annual Workshop on VLSI, 2000.
 [4]Ralph M. Kling, "Intel Mote : An Enhanced Sensor Network Node," Intel Workshop on Advanced Sensors, Structural Health

Monitoring, and Smart Structures, Nov.2003.

[5]I.Akyildiz, W.Su,Y.Sankarasubramaniam, and E.Cayirci, "A survey on sensor networks," IEEE Commun. MAG., 40(8), 102-114, August 2002
 [6]Malik Tubaishat, Sanjay Madria, "Sensor Networks : An overview." IEEE Potentials Apr-may 2003.
 [7]Samuel R. Madden, Michael J. Franklin, Joseph M. Hellerstein, Wei Hong, "TAG: Tiny AGgregation service for ad-hoc sensor networks", OSDI, December 2002
 [8]Koustuv Dasgupta, Konstantinos Kalpakis, Parag Namjoshi, "An Efficient Clustering-based Heuristic for Data Gathering and Aggregation in Sensor Networks", , In Proc. Of WCNC, 2003.
 [9]W. B. Heinzelman, A. P. Chandrakasan, H. Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 1, No. 4, October 2002.