

---

# 임베디드 시스템을 활용한 무선 센서 노드 설계

차진만\* · 이영래\* · 박연식\*\*

## A Design of Wireless Sensor Node Using Embedded System

Jin-man Cha\* · Young-Ra Lee\* · Yeoun-sik Park\*\*

### 요 약

최근 정보화를 기반으로 급변하는 사회 현상과 함께 관심을 끌고 있는 USN프로젝트는 아직까지 미흡한 점들이 많이 존재하고 있는 상황이다. 현재의 연구 진행은 정보이용의 효율성을 추구하는 움직임이 주를 이루고 있으며, 네트워크 기술과 나노 기술의 발달 등으로 인하여 USN 시장의 확대와 활성화에 많은 영향을 끼치고 있다. 우리나라의 경우 USN 구축 계획의 시행과 급변하는 네트워크 시장 등의 영향으로 수많은 연구가 진행되고 있으며, 무선 센서를 이용한 분야의 확대 움직임이 활성화 되고 있다.

본 논문에서는 우리나라의 USN 프로젝트의 기반이 되는 센서 네트워크에 대한 연구를 위하여 일반적으로 구성 가능한 센서노드, 싱크노드와 임베디드 시스템을 이용한 무선 센서 네트워크의 모델을 설계하고 ST사의 STR711FR2 프로세서 칩과 Sensirion사의 SHT11센서 모듈 그리고 Chipcon사의 CC2420 통신모듈을 사용하여 센서 노드를 설계하였다. 이후 제작된 센서노드에 임베디드 시스템을 이용하여 목적에 맞는 프로그램을 탑재하고 이를 이용하여 센서네트워크를 구현하였으며, 센서노드와 호스트 PC간의 데이터 전송실험을 위하여 센서로부터 생성된 온도와 습도 데이터의 전송실험을 하였다.

### ABSTRACT

The emergence of compact and low-power wireless communication sensors and actuators in the technology supporting the ongoing miniaturization of processing and storage allows for entirely the new kinds of embedded systems. These systems are distributed and deployed in environments where they may have been designed into a particular control method, and are often very dynamic. Collection of devices can communicate to achieve a higher level of coordinated behavior. Wireless sensor nodes deposited in various places provide light, temperature, and activity measurements. Wireless sensor nodes attached to circuits or appliances sense the current or control the usage. Together they form a dynamic and multi-hop routing network connecting each node to more powerful networks and processing resources. Wireless sensor networks are a specific-application and therefore they have to involve both software and hardware. They also use protocols that relate to both applications and the wireless network. Wireless sensor networks are consumer devices supporting multimedia applications such as personal digital assistants, network computers, and mobile communication devices. Wireless sensor networks are becoming an important part of industrial and military applications. The characteristics of modern embedded systems are the capable of communicating adapting the different operating environments. In this paper, We designed and implemented sensor network system which shows through host PC sensing temperature and humidity data transmitted for wireless sensor nodes composed wireless temperature and humidity sensor and designs sensor nodes using embedded system with the intention of studying USN.

### 키워드

센서노드, STR711FR2, SHT11, 임베디드

---

\* 경상대학교 정보통신공학과

접수일자 2008. 09. 02

\*\* 경상대학교 해양산업연구소 교신저자

## I. 서 론

최근 정보화를 기반으로 급변하는 사회 현상과 함께 관심을 끌고 있는 USN(Ubiquitous Sensor Network) 프로젝트는 아직까지 미흡한 점들이 많이 존재하고 있어 활발히 연구가 진행되고 있는 상황이다. 현재의 연구 진행은 정보이용의 효율성을 추구하는 움직임이 주를 이루고 있으며, 네트워크 기술과 나노 기술의 발달 등으로 인하여 USN 시장의 확대와 활성화에 많은 영향을 끼치고 있다. 우리나라의 경우 USN 구축 계획의 시행과 급변하는 네트워크 시장 등의 영향으로 수많은 연구가 진행되고 있으며, 무선센서를 이용한 분야의 확대 움직임이 활성화 되고 있다.

센서 네트워킹 기술은 기존의 ad-hoc 네트워크 보다 더 많은 제약사항을 가지고 있으며, 독특하고 다양한 응용 분야를 대상으로 하고 있다. 이러한 이유로 기존의 방법들과는 다른 형태의 프로토콜을 필요로 하게 되었고, 센서 네트워킹 기술의 응용 분야가 광범위한 만큼 아직 모든 응용을 만족시키는 프로토콜은 나오지 않은 상태이며, 해결하고자 하는 문제는 여전히 존재하고 있다.

본 논문에서는 우리나라의 USN 프로젝트의 기반이 되는 센서 네트워크에 대한 연구로 일반적 구성이 가능한 센서노드, 싱크노드와 임베디드 시스템을 이용한 무선 센서 네트워크의 모델을 설계하고 이를 이용하여 온도센서와 상대습도 센서로 구성된 센서노드와 호스트 PC간의 데이터 송수신 실험을 하였다. 우선 임베디드 장비를 활용하기 위한 실험 기반 조성과 ST사의 STR711FR2 프로세서 칩과 Sensirion 사의 SHT11 센서 모듈 그리고 Chipcon 사의 CC2420 통신모듈을 사용하여 센서노드를 설계하였다. 이후 제작된 센서노드에 임베디드 시스템을 이용하여 목적에 맞는 프로그램을 탑재하고 이를 이용하여 센서네트워크를 구현하였으며, 센서노드와 호스트 PC간의 데이터 전송실험 실험을 위하여 센서로부터 센싱된 온도와 습도 데이터의 전송실험을 하였다.

## II. 센서 네트워크

무선 센서 네트워크는 넓은 영역에 설치되는 네트워크 인프라에서 다양한 센서 디바이스가 감지한 센서 데이터를 결합하여 응용 서비스에 전달하는 기술이다. 이처럼 물리 환경 혹은 상황 정보를 감지하기 위한 센서들과 무선통신, 네트워킹, 센싱 데이터 처리 등과 같은 기능들의 결합을 무선 센서 네트워크 기술이라 정의 할 수 있다. 단순하게 기존의 무선 네트워킹 기술과 센서 기술을 결합은 전혀 새로운 것이 없어 보이지만 무선 센서 네트워크는 단순히 몇 개의 센서를 네트워킹 하는 것이 아닌 저 전력을 소모하는 수백 혹은 수천 개의 센서 노드들로 네트워크를 형성한다[1].

또한 여러 환경에서 가능한 오랜 기간 동안 보다 정확하고 믿을 수 있는 정보를 수집하는 기능과 무선 통신과 네트워킹 기능이 있는 센서가 임의의 배치에도 불구하고 자율적으로 네트워크를 형성하는 것을 기본으로 하고 있으므로 지금까지와는 다른 고려사항을 가지고 있다[2].

센서 네트워크의 프로토콜은 저비용의 저 전력 무선 기술과 이를 위한 라우팅기술 그리고 다른 센서 네트워크나 상위 네트워크와의 상호 운용성 등을 고려하고 있다. 그림 1과 같이 센서 네트워크의 프로토콜은 물리, 데이터 링크, 네트워크, 응용 계층으로 구성된다.

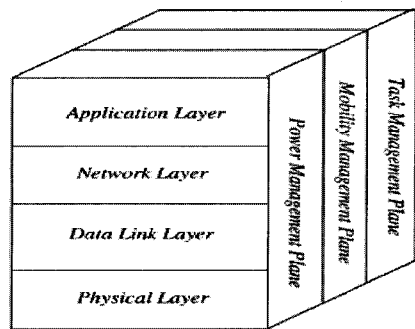


그림 1. 센서네트워크 프로토콜 스택  
Fig. 1. Protocol stack of sensor network

### III. 시스템 설계

#### 3.1 연구 범위

본 논문에서 구현한 무선센서 노드들을 제어하기 위한 임베디드 시스템용 프로그램은 RedHat Linux 9.0이 설치된 호스트 PC에서 LDS1000을 사용하여 구현 한다. 사용된 센서노드의 프로세서로는 256KB 프로그램 플래시 메모리를 가진 ST사의 STR711FR2칩을 사용하여 노드를 구성하였다[3]. 네트워크는 온도와 습도를 측정할 수 있는 센서를 탑재한 센서노드를 3개를 제작하고 싱크 노드를 추가하여, 호스트와 연계하는 좁은 범위의 네트워크를 설계하고 구성하였다.

#### 3.2 설계 노드의 제원

##### 1) 센서

센서는 SHT11을 이용하여 온도와 습도를 동시에 측정할 수 있는 모델을 사용하여 실제 구현을 조금 더 쉽게 하였다. 표 6은 SHT11의 스펙을 나타내며, 센서 모듈은 다음과 같은 특성과 제원을 가진다[4].

- 상대습도와 기온을 측정하는 센서를 가짐
- 기존의 모듈보다 작은 사이즈
- 저 전력을 소비함
- 평면형으로 구성할 수 있으며, SHT71 모듈은 4핀으로 구성 가능함
- Automatic power down 기능을 가짐

##### 2) 노드

설계한 노드의 세부 제원은 다음과 같다.

- (1) 프로세서 : ST STR711FR2
- (2) 통신모듈 : Chipcon CC2420 2.4GHz의 RF Module
- (3) 변조방식 : O-QPSK
- (4) 전원 : 3.0V(typical)
- (5) 기타 제원
  - 256KB Program Flash Memory
  - 250kbps Data Rate
  - 15~20m Range
  - Interface : USB, RS232c
  - 신호출력: 5wire(자체로거 RT6 사용시)
  - Resolution : ±0.002%

#### 3.3 노드 설계

노드는 기후와 습도를 측정하는 센서와 센서에서 측정된 데이터를 디지털 신호로 변환해주는 A/D변환기를 SHT11센서를 이용하여 배치하였다. 이후 이 데이터를 처리할 수 있는 프로세서와 메모리를 추가하고 통신 모듈을 추가로 장착하여 구성하였다. 그 이외의 구성으로는 노드 전체를 구동하기 위한 전원부와 프로세서를 구동하기 위한 임베디드 소프트웨어가 포함되어 있다.

설계한 노드의 구성은 그림 2와 같은 전체구성을 가지고 있으며, 그림 3은 센서 노드에 사용된 센서의 다이어그램을 나타내고 있다.

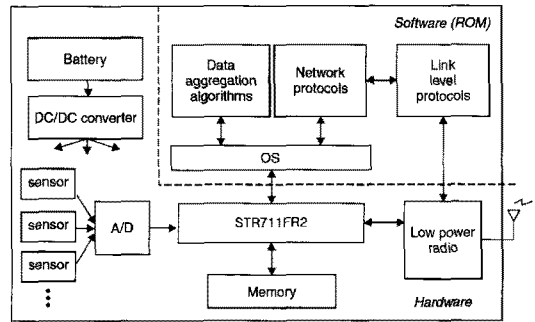


그림 2. 센서노드 구성도  
Fig. 2. Simplified block diagram of sensor node

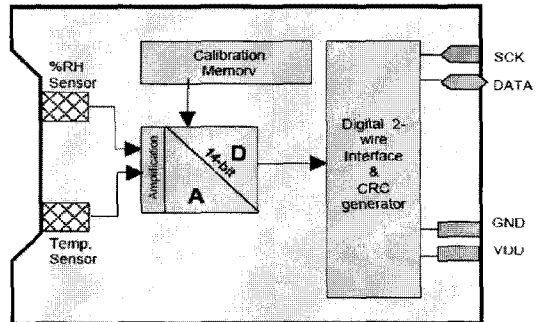


그림 3. 센서 구성도  
Fig. 3. Block diagram of sensor

## IV. 구현

### 4.1 노드 구현

센서노드는 앞에서 설계한 노드를 기준으로 실제 구현하였다. 중앙 프로세서로는 ST사의 STR711FR2 칩을 사용하였으며, 통신 모듈로는 Chipcon CC2420 2.4GHz의 RF 모듈을 사용하였다. 센서는 그림 4와 같이 SHT11 센서모듈을 사용하였다. 변조 방식은 O-QPSK 방식을 사용하였으며 3V이하의 전원에서 동작할 수 있도록 구현하였다[5]. 사용된 메모리는 256Kbyte의 program flash 메모리를 사용하였으며, 외부 인터페이스는 USB와 RS232c를 같이 사용할 수 있도록 구현하였다.

구현된 센서 네트워크는 센서노드 2개, 싱크노드 1개, 호스트 PC 1개로 구현된 간단한 구성으로, 싱크노드는 게이트웨이의 역할도 겸하고 있다.

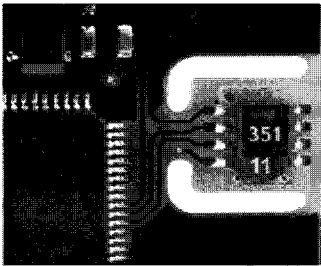


그림 4. PCB에 결합된 SHT11 센서모듈  
Fig. 4. SHT11 PCB mounting

### 4.2 환경 설정

센서노드에 필요한 프로그램을 탑재하기 위하여 임베디드 시스템인 LDS1000을 위한 설정으로 호스트 PC에 관한 설정을 우선적으로 하였다.

일반적으로 컴파일이라고 하는 것은 소스 코드를 컴퓨터가 이해할 수 있는 기계어로 변환하는 것을 말한다. CPU의 종류에 따라서 고유의 코드를 가지고 있기 때문에 서로 다른 CPU에서 컴파일된 내용은 서로 호환이 되지 않는다. 이를 해결하기 위해서 크로스 컴파일이라는 소프트웨어를 이용하였다.

본 논문에서 사용되는 PC(호스트)는 Intel 계열의 CPU를 사용하고 LDS1000(타깃)은 PowerPC 계열의 CPU를 사용하였으며, Redhat 9.0과 임베디드 시스템 S/W에서 제공하는 kernel-2.4.4 버전을 설치하여 활용하였다. 개발과정 중에는 NFS 방식을 사용하기 위해

NFS방식을 위한 변수들을 설정하였으며, 그림 5와 같이 부트로더 프롬프트 상에서 명령어를 입력하여 설정하였다.

```
[LDS1000] printenv
[LDS1000] setenv target_ip 203.255.52.87
[LDS1000] setenv host_ip 203.255.52.92
[LDS1000] setenv setenv bootargs root=/dev/nfs rw
nfsroot=203.255.52.92:/home/LDS
/LDS1000/NFS nfsaddr=
203.255.52.87:203.255.52.92
[LDS1000] saveenv
```

그림 5. 매개변수 설정  
Fig. 5. Settings of parameters

센서노드와의 통신을 위한 구성은 그림 6에서 보이는 것과 같이 학과 네트워크 환경에 맞게 PC(호스트)의 IP 주소는 203.255.52.92로, 타깃(LDS1000)은 203.255.52.87로 할당했다. 이 경우에 NFS/etc에 있는 rc.sysinit 파일을 확인하고 다음과 같이 수정하였다. 램 디스크를 이용할 경우에도 ramdisk/etc에 있는 rc.sysinit 파일을 다음과 같이 수정해 주어야 한다.

```
#cd /hoem/LDS/LDS1000/NFS/etc
#vi rc.sysinit
ifconfig eth0 203.255.52.87 netmask 255.255.255.0
broadcast 169.254.242.255 up
route add - host 203.255.52.87 eth0
route add default gw 169.254.242.1
```

그림 6. 수정된 변수  
Fig. 6. modified parameters

## V. 실험 및 평가

### 5.1 센서 노드

구현한 센서 노드를 이용한 네트워크에서 센서노드와 호스트간의 동작 실험은 하이퍼터미널을 이용하여 호스트PC에서 센서노드와 통신을 실시하였다. 실험에

나타난 내용은 그림 7과 같이 동작함을 확인하였다. 제작된 센서노드와 호스트 간의 통신가능 유무를 확인하여 제작된 센서노드를 이용한 네트워크 구현 가능유무를 확인하였다.

터미널 창에 나타난 항목은 기본적으로 3개의 노드로 구성되었는데 이중 임의로 한 개의 노드를 power down 시킴으로서 센서가 연결되었는지를 확인하였다. System time 은 싱크 노드가 Power On 되면서 동작하는 시간을 나타내어 주는 부분이며, Activated 항목은 싱크 노드와 통신이 수행되는 센서 노드의 현재 개수를 디스플레이 해주는 부분이다. NODE항목은 각각의 노드와의 연결로 인해 획득된 주소를 표시해 준다. NODE-1과 NODE-2 만이 싱크 노드와 통신이 이루어지고 있음을 확인하였고, 임의로 전원을 차단한 NODE-3의 동작까지 확인하였다.

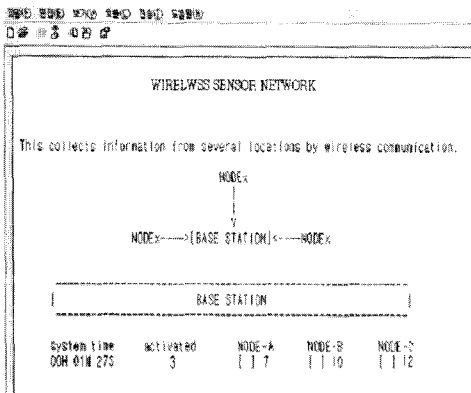


그림 7. 호스트에서 점검한 노드별 통신상태  
Fig. 7. Activated node checking

센서에서 센싱 된 데이터를 수신을 위해 첫 번째 센서와 두 번째 센서를 각각 양지와 음지에 설치하고 설치된 센서로부터 센싱 된 데이터를 수신하도록 설정하였다.

### 5.2 평가

임베디드 시스템을 활용해서 제작된 센서노드의 마이크로프로세서는 데스크 탑의 프로세서와는 달리 저전력, 고성능, 소형의 프로세서가 필요하므로 이에 적합한 프로세서를 사용하여야 한다. 프로세서를 구성하는 것 등 중, 가장 핵심적인 부분을 Core라고 하는데 이 Core가 레지스터, ALU, CU, 버스 등의 기능을 수행한다. 센서 노드 제작에 사용된 프로세서인 ST사의 STR711FR2

칩을 이용하여 센서노드를 제작함에 따라 센서노드에서 지원되지 않던 ARM core를 내장한 칩을 사용하여 구현하였다.

과거 사용되어 왔던 ATMEL이나 MOTOROLA 계열의 프로세서들의 재원 부분에서 주파수 대역이 12~20MHz정도이고, 플래쉬 메모리 크기가 128KB, 램의 크기가 4KB, 소비전력이 5.5V 정도 이었던 것에 비해 ARM core를 내장한 ARM 프로세서 계열인 ST사의 STR711FR2칩의 경우에는 Frequency가 48MHz이고, Flash가 최대 256KB이며, Ram이 최대 128KB까지 지원하고, 소비전력이 3.3V 이기 때문에 성능의 확장 폭이 더 넓다. 또한 ST사의 STR711FR2 칩은 slow, wait, lpwait, stop, standby 등의 다양한 Power Saving Mode를 지원함으로써 제작 센서 노드들의 가장 큰 문제점인 전력 소비 문제에서 이점이 있는 센서를 제작하였다.

이와 함께 Chipcon사의 2.4GHz의 RF Module을 단일 칩인 CC2420칩을 사용함으로써 노드 설계에 있어 노드의 크기를 줄이는 이점을 획득할 수 있었다. 구현된 센서 노드에서 송신한 IEEE802.15.4 패킷이 호스트로 정확히 전송되는 것 또한 확인하였다. 다른 사항으로는 싱크 노드 내의 UART 포트를 통해 호스트 서버에서 터미널 창으로 디스플레이 되어 제작된 센서노드가 정상적으로 작동함을 확인하였다. 센서노드에 대한 명령어들이 사용됨으로서 센서노드가 작동하고, 센서 노드에 연결된 센서모듈의 온도, 습도 센서가 데이터를 수집하고, 이를 싱크 노드를 통해 호스트PC로 전달됨을 3차에 걸친 실험의 수신된 데이터로서 확인하였다.

## VI. 결론 및 향후과제

본 논문은 현재 우리나라에서 추진하고 있는 USN 프로젝트의 기반이 되는 센서 네트워크를 여러 분야에 적용시킬 수 있도록 센서노드를 설계하고, 임베디드 시스템을 활용하여 구현한 센서노드와 싱크노드 사용하는 네트워크를 구성하였다. ARM계열의 ST사의 STR711FR2 마이크로프로세서를 사용하고, Chipcon사의 CC2420 통신 모듈 칩과 Sensirion사 SHT11센서 모듈을 이용하여 센서노드를 제작함으로써 센서노드의 구성을 단순화하고 센서 노드의 크기를 줄일 수 있음을 확인하였다. 또한 센서 노드의 설계에서 특정 목적을 위한

단일 칩 센서를 탑재하여 센서의 교체만으로 여러 환경에 적용 가능하도록 센서노드를 설계하여 앞으로 여러 환경에의 적용 가능성을 획득하게 되었다.

이번 연구 실험을 통하여 제기된 문제점으로는 제작된 센서노드에서 센싱된 데이터를 호스트PC에서 수신하였으나, 수신한 데이터를 관리하기 위한 프로그램의 부재로 인하여 데이터를 활용함에 많은 취약점을 드러내었다. 이와 함께 구현한 센서노드의 성능을 평가하기 위한 기준 등이 미흡했음을 확인할 수 있었고, 센서 네트워크의 효율성을 높일 수 있는 효율적인 MAC의 관리에 대한 필요성 또한 확인할 수 있었다.

향후 과제로는 계속적인 연구를 통한 개량된 센서노드의 설계와 여러 기능이 통합된 마이크로프로세서와 단일 칩으로 구성된 센서모듈을 활용하여 기존에 구현되었던 노드들보다 비용과 전력소비의 측면 그리고 크기 면에서 향상된 센서노드를 설계하고자 한다. 또한 데이터의 안정성과 보안 문제를 위한 보안 모듈의 개발, 이를 위한 전용 운영체제 개발 그리고 각 센서 노드에 최적화된 프로세서의 설계 등에 관한 연구를 진행해 나가고, 제작된 노드를 활용하여 군 경계 임무의 보조수단으로의 활용과 계량을 위한 방향으로의 연구도 진행해 나가 고자 한다.

### 참고문헌

- [1] 김대영, 양진영, 이인선, 유성은, 성중우, Tomas Sanchez Lopez, 도윤미, 2004. 11, 무선 센서 네트워크를 위한 임베디드 소프트웨어 기술, 전자공학회지 제 31권 11호 : 1441
- [2] 이상학, 김대환, 유준재, 2005, 유비쿼터스 센서네트워크 기술 개발 동향, 한국인터넷정보학회지 6권 3호 : 1~2
- [3] ST®, "STR71x Micro-controller Reference Manual", p18, Jan. 2005
- [4] Sensirion, July. 2004, SHT1x / SHT7x Relative Humidity & Temperature Sensor System, Sensirion : 1~2
- [5] Chipcon AS SmartRF®, "CC2420 Preliminary Datasheet", p15, 2003. 11. 17

### 저자소개

차진만 (Jin-man Cha)



2005년 경상대학교  
정보통신공학과 공학사  
2005~2008 경상대학교  
정보통신공학과 석·박사  
통합과정 수료

※관심분야: 네트워크 제어, 센서기술, RFID, 홈 네트워크

이영래 (Young-Ra Lee)

2008년 경상대학교  
정보통신공학과 석사졸업

박연식 (Yeoun Sik Park)



1971년 광운대학교 무선  
통신공학과 공학사  
1980년 건국대학교 행정대학원  
행정학석사

1995년 경상대학교 전자계산학과 공학석사  
1999년 해양대학교 전자통신공학과 공학박사  
1979~ 현 경상대학교 정보통신공학과 교수, 해양산업  
연구소 연구원  
※관심분야: 수중화상통신, 컴퓨터 네트워크, 센서네트워크