

# 임베디드 시스템을 활용한 무선 센서노드 제어에 관한 연구

최신형<sup>1\*</sup>, 한군희<sup>2</sup>

## A Study on Wireless Sensor Node Control Using Embedded System

Sin-Hyeong Choi<sup>1\*</sup> and Kun-Hee Han<sup>2</sup>

**요 약** 최근 고성능 초소형 디바이스 설계 기술 및 무선 이동 통신 기술의 비약적인 발전으로 각 정보기기 및 디바이스들이 지능적으로 네트워크를 형성하여 사용자가 원하는 정보를 언제, 어디서나 쉽게 제공할 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅의 논의가 활발히 진행되고 있다. 유비쿼터스 센서 네트워크를 통해 센싱된 정보는 사용자가 원하는 서비스 및 주변 상황을 자동으로 인지하고 보다 편리하고 정확한 서비스를 제공할 수 있도록 도와준다. 본 논문에서는 센서 노드로부터 전송되는 센싱 정보를 호스트 PC가 아닌 임베디드 시스템에서 전송받아 TFT/LCD 디스플레이를 통해 실시간적으로 보여주는 시스템을 설계 및 구현한다.

**Abstract** Rapid development of high-micro device design and wireless mobile communication technique enables each information instrument and devices to form intelligent network. The discussion of ubiquitous computing that provide information when and where desired is advanced actively. Information collected through ubiquitous sensor network assists it will be able to provide a convenient and accurate service. In this paper, we design and implement system which shows in realtime through TFT/LCD display device sensing data transmitted in embedded system instead of host pc.

**Key Words** : Embedded System, USN(Ubiquitous Sensor Network), Qt, Embedded Linux

### 1. 서 론

일상생활에 산재한 사물과 물리적 대상이 점차 정보의 대상으로 확대됨에 따라 인간과 컴퓨터, 사물이 유기적으로 연계되어 다양하고 편리한 새로운 서비스를 제공하는 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)에 대한 관심이 고조되고 있다.

유비쿼터스 컴퓨팅 환경은 모든 사물에 컴퓨팅, 센싱, 그리고 통신 기능을 내장하는 것으로부터 출발하며, 특히 인간 외부 환경의 감지와 제어 기능을 수행하는 센서 네트워크 기술이 핵심 기술로서 각광받고 있다. 이와 같이 USN(Ubiquitous Sensor Network) 기술은 환경과 상황의 자동 인지를 통해 사용자에게 최적의 서비스를 가능하게 하는 기술로 산업계, 과학계, 정부 기관의 고객을 포함하여 광범위한 시장 세그먼트를 아우르는 사업 기회를 창출할 수 있게 한다.

우리나라의 IT 산업 경쟁력 강화 및 세계 시장 선도를 위해 정보통신부에서 추진중인 IT839 전략의 3대 첨단 인프라 중 하나인 RFID/USN은 미래의 유비쿼터스 사회 실현을 위한 핵심 기반구조이다.

본 논문에서는 센서 노드들을 임베디드 시스템을 활용하여 제어할 수 있는 시스템을 제안한다. 이를 위해 임베디드 리눅스 기반의 임베디드 시스템에서는 인터페이스 보드를 통해 무선으로 센서 노드들을 제어하고 센서 노드들로부터 각종 센싱 정보를 수집한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서 USN과 임베디드 시스템에 대해 설명하고, 3장에서는 임베디드 시스템을 활용한 무선 센서 네트워크 제어 시스템의 설계 및 구현을 나타낸다. 4장에서는 실험환경 및 결과에 대해 설명하고, 마지막으로 결론 및 향후 연구 과제를 기술한다.

### 2. 관련연구

#### 2.1 USN

유비쿼터스 센서 네트워크(USN)란 매우 작은 크기의

<sup>1</sup>강원대학교 제어계측공학과 교수

<sup>2</sup>백석대학교 정보통신학부 교수

\*교신저자: 최신형(cshinh@kangwon.ac.kr)

독립된 무선 센서들을 건물, 도로, 의복, 인체 등 물리적 공간에 배치하여 주위의 온도, 빛, 가속도, 자기장 등의 정보를 무선으로 감지, 관리할 수 있는 기술을 의미한다.

유비쿼터스 컴퓨팅을 구현할 때 특히 중요시되는 기술의 컨버전스로 다섯 가지 핵심기술인 센서, 프로세서, 커뮤니케이션, 인터페이스, 보안이다. 환경을 스스로 인지하고 판단하기 위해서는 센서, 프로세서, 커뮤니케이션이라는 세 가지 기술이 결합되어야 하며, 자연스런 커뮤니케이션을 위해서는 인터페이스 및 보안기술이 필요하다. 이 때문에 이 다섯 가지 기술은 유비쿼터스 컴퓨팅 구현에 있어 핵심요소라고 할 수 있다.

이 중에서 센서 노드는 마이크로 컨트롤러를 내장한 소형 컴퓨터 시스템으로 센싱 응용처리와 노드 간 통신 등을 위한 운영체제를 필수적으로 요구한다.

이와 같은 센서 운영체제는 자원이 제한적인 센서 노드 하드웨어에서 수행되어야 하므로 크기가 작고 전력 소모가 적어야 하며, 센서 노드 간에 저전력 통신을 제공하면서도 프로세스와 메모리를 효율적으로 관리하도록 설계되어야 한다. 또한 다수의 하위 레벨 이벤트 발생과 상위 레벨의 프로세싱이 상존하므로 이들을 동시에 처리할 수 있는 정밀한 프로세싱 동시성 기능이 요구된다.

또한, 무선 센서 네트워크는 많은 수의 작고 이질적인 센서 노드들 간의 네트워크를 의미하는데, 각 센서 노드들은 전원 유닛, 센싱 유닛, 컴퓨팅 유닛, 그리고 통신 유닛을 포함하고 있다. 이질적인 노드들 간의 무선 통신을 지원한다는 면에서 Ad-hoc 네트워크와 유사한 성격을 가진 센서 네트워크는 Ad-hoc 네트워크와 비교하여 각 노드들이 제한된 리소스의 단순한 구조를 가졌다는 점, 범용의 목적을 위한 네트워크가 아니라는 점, 그리고 통신에 있어서 데이터 중심이라는 점에서 차이점을 가지고 있다.

이와 같이 센서 네트워크가 기존의 네트워크와 구분되는 점은 기본 목적이 상호간의 정보 전달보다는 자동화된 원격 정보의 수집에 있다는 것이다. 즉, 각 센서 노드가 특정 목적을 위해 필요한 주변 정보를 센싱하고, 센싱된 정보를 센서노드 간의 무선통신을 이용하여 특정 지점으로 자동화된 방식으로 전달함으로써, 사용자가 센서 필드 주변의 정보를 원격으로 수집하여 활용할 수 있다는 것이다[1, 3, 4, 5].

본 논문에서 주변의 데이터 수집을 위해 모트(Mote)라는 센서 노드를 사용하였는데, USN을 위해 개발된 모트는 1999년 미국 버클리 대학에서 Wec라는 이름으로 첫 번째 모트가 개발되었다. 이후 매년 다양한 센서 노드 하드웨어가 버클리 대학에 의해서 공개되어왔고, 이들 하드웨어 플랫폼은 미국의 Crossbow에 의해 상업화되어 시장

에 공급되고 있다[2, 6].

모트 센서 시스템은 로컬 호스트 PC에서 센서 네트워크 게이트웨이로 시리얼이나 이더넷 인터페이스를 통하여 모트에 연결하여 사용하며, 센서 시스템에서 S는 센서와 데이터 획득보드이고, M은 프로세서와 무선 보드로써 일명 모트로 칭한다. G는 게이트웨이와 네트워크 인터페이스 보드를 의미한다. 그림 1은 센서 노드와 연결된 모트로부터 게이트웨이 보드에 연결된 모트에 무선으로 데이터를 전송하는 과정을 보여준다.

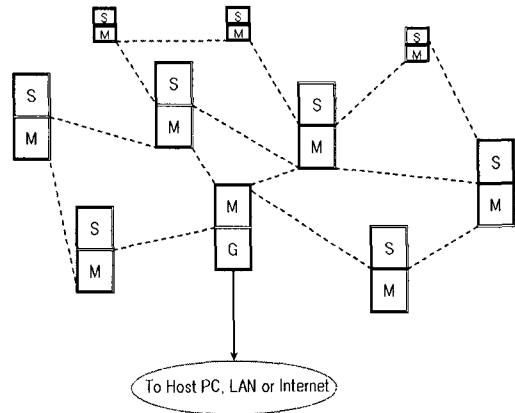


그림 1. 모트 센서 시스템 구성

## 2.2 임베디드 시스템

임베디드 시스템은 특정 기능을 수행하는 하드웨어 시스템으로, 보통 특정 기능 수행에 필요한 컴퓨팅 자원만으로 구성된다. 그리고 독자적으로 필요한 프로그램을 개발하는 것이 거의 불가능하기 때문에 자원이 풍부한 컴퓨팅 환경의 도움을 받아야 한다.

임베디드 시스템의 개발환경은 일반적으로 호스트 시스템(Host System), 타겟 시스템(Target System), 백엔드(Backend)와 같이 세 가지로 구분된다. 즉, 호스트 시스템에서 타겟 시스템을 위한 부트로더, 커널 이미지, 응용 소프트웨어 등을 개발하고, 이를 케이블 등을 통해 타겟 시스템으로 다운로드하여 사용한다.

호스트 시스템은 임베디드 시스템을 개발하기 위한 자원, 즉 컴퓨팅 환경을 제공하는 시스템이다. 보통 개인용 컴퓨터를 호스트 시스템으로 사용한다.

타겟 시스템은 개발된 임베디드 소프트웨어가 실제 수행되는 시스템으로 개발 중인 프로그램을 테스트하고 구동할 수 있는 시스템이다.

마지막으로 백엔드란 호스트 시스템과 타겟 시스템 간에 통신하기 위한 매개체라고 할 수 있으며, 직렬 포트, 병렬 포트, LAN 등이 이에 해당한다. 직렬 포트는 저속

통신 채널을 제공하며, 병렬 포트는 JTAG를 통해 플래시에 퓨징(fusing)할 수 있는 통신 채널을 제공하며, LAN은 고속 통신 채널을 제공한다[7].

기존의 소프트웨어 개발과정과 비교하여 임베디드 시스템의 개발 환경의 차이는 소프트웨어 개발 환경의 차이와 소프트웨어 개발 범위의 차이 등이 있다. 현재까지 대부분의 소프트웨어 개발자들은 PC에서 작업을 수행하여 왔다. 즉, 기존의 소프트웨어 개발과정은 소스 코딩을 하고 컴파일을 수행한 후 실행하는 형태가 모두 PC 환경에서 이루어졌다.

하지만 임베디드 시스템 소프트웨어 개발 과정은 소스 코딩을 하고 컴파일을 수행한 후 이를 타겟 시스템으로 전송한다. 그리고 전송된 실행 코드를 호스트가 아닌 타겟 시스템에서 실행한다. 다시 말하면, 임베디드 시스템에서 프로그램의 대상이 PC가 아닌 타겟 보드라는 것이다. PC 소프트웨어 개발은 별도의 보드가 필요 없이 PC 상에서 모든 것이 이루어지기 때문에 보드가 없어도 개발이 진행된다. 그러나 임베디드 시스템의 소프트웨어 개발은 타겟 보드가 필요하다. 그러므로 개발 보드가 없는 임베디드 환경에서 소프트웨어 개발이 불가능하다.

### 3. 시스템 설계 및 구현

본 장에서는 임베디드 시스템을 활용한 무선 센서 노드 제어 시스템의 구조와 제어를 위한 모듈들에 대해서 기술한다.

#### 3.1 시스템 구조

전체적인 시스템 구조는 그림 2와 같다.

모트와 센서 보드로 구성된 무선 센서 노드들로부터 전송되는 센싱정보는 베이스 스테이션이라 할 수 있는 인터페이스 보드와 연결된 모트로 전송되며, 이 데이터는 시리얼 케이블을 통해 임베디드 시스템에 전달된다.

본 논문에서는 센서 노드로 Crossbow사의 MTS310과 MPR400을, 그리고 인터페이스 보드로 MIB510을 사용하였다. MTS310은 센서 보드로서 조도, 온도, 가속도 및 자기장 센서로 구성되며, 실내 온도 및 조도 감지 등에 다양하게 응용될 수 있다. MPR400은 MICA2 시리즈로서 일반적으로 모트라 불리며, 저전력, 무선 센서 네트워크를 구현한다. MIB510은 게이트웨이 보드로서 MICA 패밀리를 플랫폼을 장착하여 사용하는 일종의 인터페이스 보드라고 할 수 있다.

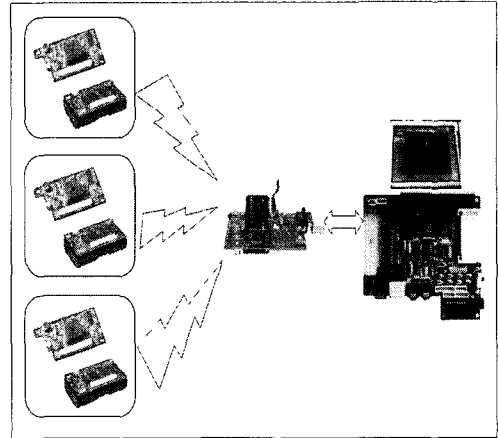


그림 2. 전체 시스템 구조도

또한, 제어 시스템이 탑재되는 임베디드 시스템은 하이버스의 X-Hyper255B를 사용하였다.

X-Hyper255B는 32bit Intel Xscale PXA255 프로세서와 64MB SDRAM과 32MB Flash Memory, 그리고 시리얼, 이더넷 등 다양한 포트로 구성된다.

#### 3.2 시스템 구현

본 논문에서 구현한 무선 센서 노드들을 제어하기 위한 임베디드 시스템용 프로그램은 RedHat Linux 9.0이 설치된 호스트 PC에서 Qt를 사용하여 개발하였다[8, 9].

Qt란 Trolltech사에서 만든 크로스 플랫폼 킷으로서 임베디드 리눅스 환경에서 GUI 프로그래밍을 가능하게 한다. 또한, Qt/Embedded란 Qt의 임베디드 버전으로서 호스트에서 개발된 프로그램을 임베디드 시스템에 포팅하기 위해 필요하다. 현재 임베디드 시스템에서 가장 많이 사용되며, X 윈도우 없이 커널에서 제공하는 프레임 버퍼를 이용해 그래픽 장치에 접근하는 방식을 사용한다.

### 4. 실험

본 논문에서 개발한 프로그램은 그림 3과 같이 세 부분으로 나눌 수 있다.

모트와 연결된 센서 노드에서 수집한 센싱 정보를 모트가 연결된 인터페이스 보드에 무선으로 전송하는 모듈과, 무선으로 전송받은 데이터를 인터페이스 보드와 시리얼 케이블로 연결된 임베디드 시스템에서 입력받기 위한 시리얼 통신 모듈, 마지막으로 입력받은 데이터를 TFT/LCD 상의 GUI 환경에서 디스플레이 해주는 모듈로 구성된다.

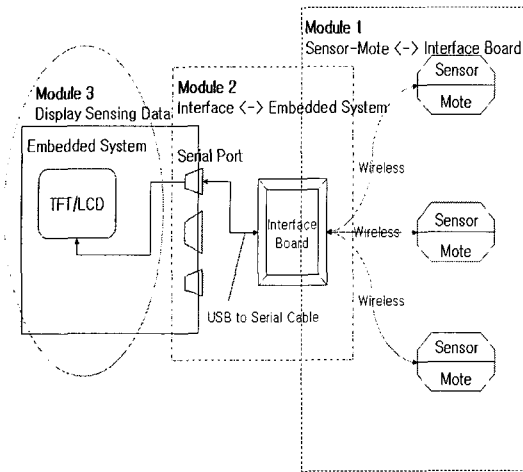


그림 3. 전체 시스템의 모듈 구성

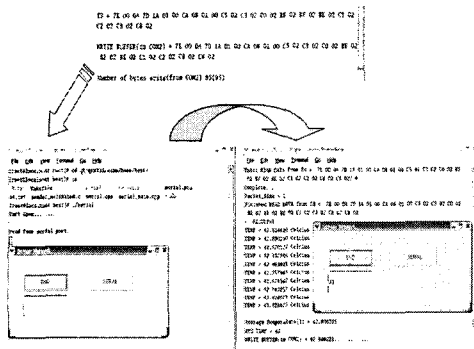


그림 3. TFT/LCD 상의 실행화면

그림 4는 센서 노드로부터 무선으로 전송되는 센싱 데이터를 수집하여 분석한 다음 임베디드 시스템의 TFT/LCD 상에서 사용자에게 디스플레이 해주는 화면이다.

### 5. 결론

본 연구에서는 센서 노드로부터 전송되는 센싱 정보를 호스트가 아닌 임베디드 시스템에서 전송받아 TFT/LCD 디스플레이를 통해 실시간적으로 보여주는 시스템을 개발하였다. 이를 통해 호스트와 같은 데스크탑이나 노트북 없이도 센서 노드들을 제어할 수 있다. 즉, 고가의 장비를 사용함으로써 발생할 수 있는 기기 도난이나 관리 등의 문제점을 해소할 수 있을 것이라 사료된다.

향후 연구과제로는 모뎀과 연결된 센서 노드로부터 전송되는 데이터에 대한 보안 기술이 필요할 것이며, 물리

적 또는 논리적 공격을 받는 개별 노드에 대한 모니터링 모듈의 추가가 필요하다.

### 참고문헌

- [1] D. Estrin, et al., "Next Century Challenges: Scalable Coordination in Sensor Networks," Proc. of Mobocom'99, Seattle, August 1999.
- [2] David Gay, et al., "The nesC Language: A Holistic Approach to Networked Embedded Systems," Proceedings of the ACM SIGPLAN 2003 Conference on Programming Language Design and Implementation, 2003.
- [3] I. F. Akyildiz, et al., "Wireless Sensor Networks: a survey," Computer Networks, Vol. 38, pp. 393-422, March 2002.
- [4] I. F. Akyildiz, et al., "Survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, August 2002.
- [5] J. Shneidman, et al., Hourglass: An Infrastructure for Connecting Sensor Networks and Applications, Havard Technical Report TR-21-04,2004.
- [6] <http://www.xbow.com>
- [7] <http://www.hybus.net>
- [8] <http://www.trolltech.com>
- [9] 이연조, "임베디드 리눅스 프로그래밍", PC-BOOK, 2002.

### 최 신 형(Sin-Hyeong Choi)

[중심회원]



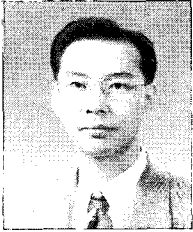
- 1993년 2월 : 울산대학교 전자계산학과 (공학사)
- 1995년 2월 : 경남대학교 전자계산학과 (공학석사)
- 2002년 8월 : 경남대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 1995년 7월 ~ 1998년 6월 : 해군사관학교 전산학과와 전임강사
- 2003년 8월 ~ 현재 : 강원대학교 제어계측공학과 조교수

#### <관심분야>

임베디드 시스템, 무선센서네트워크, 분산시스템 보안, 테스트 및 품질평가

한 군 희(Kun-Hee Han)

[종신회원]



- 1989년 2월 : 충북대학교 컴퓨터학과 (공학사)
- 1994년 8월 : 경남대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2000년 8월 : 충북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수

<관심분야>

콘텐츠 보호, 웹 시스템 개발, 임베디드 시스템, USN