

2011년 2월
석사학위 논문

디지털 가전기기를 위한 USN 모니터링 시스템 개발

조선대학교 대학원

디지털컨버전스공학과

박 창 진

디지털 가전기기를 위한 USN 모니터링 시스템 개발

Development of USN Monitoring System
for Digital Electric Home Appliances

2011년 2월 25일

조선대학교 대학원

디지털컨버전스공학과

박 창 진

디지털 가전기기를 위한 USN 모니터링 시스템 개발

지도교수 김 충 원

이 논문을 디지털컨버전스공학 석사학위신청 논문으로 제출함

2010년 10월

조선대학교 대학원

디지털컨버전스공학과

박 창 진

박창진의 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 조선대학교 교수 이 준 인

심사위원 조선대학교 교수 이 상 응 인

심사위원 조선대학교 교수 김 충 원 인

2010년 11월

조선대학교 대학원

목 차

도목차	iii
표목차	iv
ABSTRACT	v
제1장 서 론	1
제2장 이론적 배경	3
제1절 유비쿼터스 센서 네트워크(USN)	3
1. 센서 네트워크의 개요	3
2. 센서 네트워크의 특징	6
3. 센서 네트워크 프로토콜 스택	8
제2절 지그비(Zigbee) 시스템	13
1. 지그비(Zigbee) 기술의 특징	13
2. 지그비(Zigbee) 기술의 응용분야	14
3. 지그비(Zigbee) 기술의 국내·외 현황	16
제3장 실내 환경 모니터링시스템 설계 및 구현	20
제1절 실내 환경 모니터링 시스템 구성	20
제2절 실내 환경 모니터링을 위한 USN 통합센서 모듈 설계	21
1. 통합 센서 모듈 설계	21

2. Zigbee 통신 모듈 설계	24
3. 센서 데이터 변환함수	24
제3절 실험 및 고찰	26
제4장 결론	30
참고 문헌	31

도 목 차

그림 2.1	유비쿼터스 네트워크와 센서 네트워크 관계	5
그림 2.2	센서 네트워크의 기본 구성도	5
그림 2.3	센서 네트워크에서 네트워크 토폴로지	7
그림 2.4	센서 네트워크 프로토콜 스택	8
그림 3.1	USN 인사이드 블록 다이어그램과 USN 센서통합 모듈	20
그림 3.2	SHT71 온·습도 센서	21
그림 3.3	Sensor SS1118	21
그림 3.4	GHFS41-P1 센서	22
그림 3.5	SMBA-1000 대기압센서	22
그림 3.6	센서모듈 PCB Layout	23
그림 3.7	통합센서 모듈	23
그림 3.8	USN Zigbee 모듈	24
그림 3.9	실내 환경 공간 구성도	26
그림 3.10	O ₂ 센서 측정범위	26
그림 3.11	CO ₂ 센서 측정범위	27
그림 3.12	센서 측정값 모니터링 어플리케이션과 콘솔창	27
그림 3.13	O ₂ 센서 모니터링 그래프	28
그림 3.14	CO ₂ 센서 모니터링 그래프	28
그림 3.15	온·습도센서 모니터링 그래프	29
그림 3.16	대기압 센서 모니터링 그래프	29

표 목 차

표 2.1	물리 계층의 관리영역	9
표 2.2	데이터 계층의 관리영역	9
표 2.3	네트워크 계층의 관리영역	10
표 2.4	전송 계층의 관리영역	10
표 2.5	응용 계층의 관리영역	11
표 2.6	Zigbee Alliance 참여기업	17

ABSTRACT

Development of USN Monitoring System for Digital Electric Home Appliances

Park, Chang-Jin

Advisor: Prof. Kim, Choong-Won, Ph.D.

Department of Digital Conversions,

Graduate School of Chosun University

Because of the industrial development and the rapid advance of IT convergence technology, modern people's life environment is improved everyday. But, indiscriminate development increased many environmental dangerous fact like as anomaly climate, ozone layer destruction, air pollution, so comfortable life is damaged by those things.

In this thesis, we set a goal of a study on monitoring of indoor environmental at ubiquitous environments for more efficient management of electric home appliances, using Zigbee which is core of the USN technology and sensor network. we made an united sensor module, using sensors which can measure some environmental information. And after grafting an united sensor onto the Zigbee communication, we built indoor environment monitoring system, we can make comfortable and clean indoor environment. Also, with this monitoring system, providing environmental information to home network air convergence appliance, we can control indoor temperature, humidity, O_2 , CO_2

quantity. In this result, we can operate Electric home appliances more efficiently.

This system is applicable not only home area but vinyl greenhouse system, fire protection system, door lock, gate controller, air cleaning system, window switch system. So it is expected that we can make automated protection system. Only, we need more research for communication distance and operation stability of sensor for more extensive applicable range.

제1장 서론

최근 지구촌의 이상기온이나, 지진, 해일, 오존층 파괴, 대기오염 등 환경에 위협한 요소들이 늘어나면서 주변에서 일어나는 환경변화에 대한 정보들을 실시간으로 모니터링하여 급작스러운 상황에 대비를 하고자 하는 노력이 늘어나고 있다.

유비쿼터스 센서 네트워크(Ubiquitous Sensor Network) 기술이 정보통신 분야에서 뿐만 아니라, 의료, 교육, 물류, 관리, 건설, 환경 등 매우 다양한 분야에서 결합되어 사용되고 있다. 하지만, 사람의 생활과 가장 밀접한 관계가 있는 실내 가정환경에 관한 환경변화 정보는 높은 중요도에 비해 관심이 낮고 그 연구가 미흡하다. 실내 환경변화에 관한 정보들을 모니터링 하고 이들 정보를 관리하기 위해 센서네트워크 기술을 이용하여 온·습도, 대기압, O_2 , CO_2 데이터를 수집하고 활용한다면 보다 쾌적한 조건을 가진 가정환경을 조성할 수 있고, 여러 가지 재해를 방지할 수 있다. 또한 이러한 정보들을 수집, 분석하여 활용할 수 있는 응용분야들은 매우 넓다.

본 연구의 목적은 Zigbee 통신을 이용해서 센서 네트워크를 구축하고 디지털 가전기기들을 제어하여 환경변화에 즉각적인 상황대처를 할 수 있도록 정보를 수집, 분석하기 위한 실내 환경 모니터링 시스템을 구축하는 것이다.

USN은 각종 센서에서 감지한 정보를 무선으로 수집할 수 있도록 구성된 네트워크로, WPAN(Wireless Personal Area Network), ad-hoc Network등의 기술이 발전함에 따라 USN 기술이 매우 활성화 되고 있다. 이러한 USN 기술을 근거리 무선 네트워크의 하나인 Zigbee와 결합하여 네트워크를 구성할 수가 있다.

Zigbee는 저 전력, 저 가격, 사용의 용이성을 가진 근거리 무선 네트워크의 대표적인 기술 중의 하나로, 2003년 IEEE 802.15.4 작업분과위원회에서 표준화된 PHY/MAC 층을 기반으로 상위 프로토콜 및 애플리케이션을 규격화한 기술이다.

본 논문의 구성은, 다음과 같다. 2장에서 기존에 연구된 문헌들을 기반으로 하여 유비쿼터스 센서 네트워크(USN)와 Zigbee 시스템의 개념과 연구동향, 응용분야에 대해서 기술하고, 3장에서 실내 환경 모니터링을 위한 USN 통합센서 모듈과 시스

탐을 설계 및 구현하고 4장에서 결론을 맺는다.

제2장 이론적 배경

제1절 유비쿼터스 센서 네트워크(USN)

1. 센서 네트워크의 개요

센서 네트워크는 다양한 센서 노드로부터 수집된 사람 사물 및 환경 정보를 인식하고 저장, 가공, 융합하여 언제, 어디서, 누구나 이용할 수 있는 정보통신 인프라이다[1]. 센서 네트워크 기술은 외부 환경의 감지와 제어기능을 가지고 있어 넓은 범위에 분산되어 있는 센서들로부터 감지된 데이터들을 응용 서비스와 연동하는 기술로, 통신 기술의 발전 및 모바일 기기의 보편화와 함께 유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심기술로 주목받고 있다. 무선 센서 네트워크에서는 센서를 통하여 다양한 주변 환경 정보의 감지가 가능하고 프로세서가 달려 있어 감지된 정보를 가공 및 처리할 수 있다. 뿐만 아니라 송수신기를 갖추어 이를 전송할 수 있는 소형 장치로 이루어진 네트워크를 형성하고 있다. 무선 센서 네트워크의 가장 큰 목적은 각 단말에서의 에너지 소모를 최소화 하여 통신하므로, 전체 네트워크의 수명을 최대화하는 것이다. 이러한 관점에서 무선 통신을 위한 Mac 프로토콜에서의 에너지 낭비요인을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 전송된 패킷 또는 데이터가 hidden terminal 및 hidden exposed 문제로 인해 손상되어 재전송이 요구되는 충돌이 발생할 수 있다.

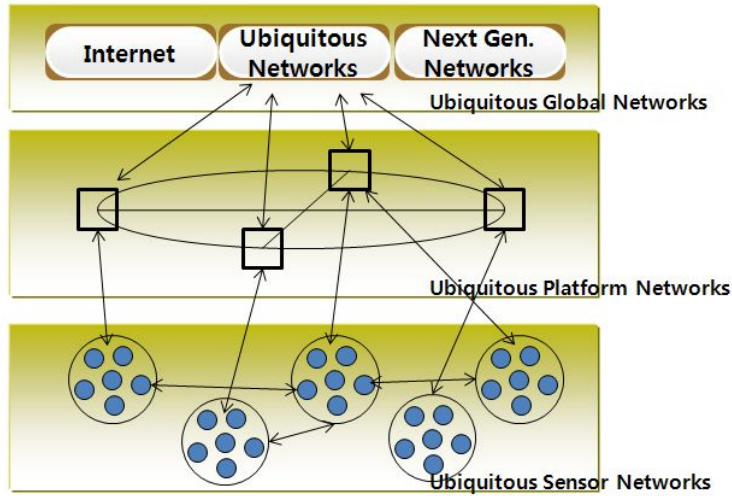
둘째, 다른 노드를 목적지로 하는 패킷을 엿듣게 되는 overhearing 문제이다.

셋째, 불필요한 제어 패킷 전송에 따른 오버헤드가 발생하는 것이다. 마지막으로 자신은 전송할 데이터가 없음에도 불구하고 이웃 노드가 언제 데이터를 전송할지 모르기 때문에 자신의 전원을 항상 수신 모드로 유지해야 하므로 발생하는 idle listening이 있다.

이러한 Idle listening으로 인한 에너지 낭비 문제를 해결하기 위한 센서 네트워크의 MAC 프로토콜 방식으로는 센서 노드에게 duty cycle을 적용하여 주기적으로 sleep 모드를 사용하는 기법이 최근에 연구되고 있는 추세이다. Idle listening으로 인한 에너지 낭비 문제를 해결하기 위한 전통적인 기법으로는 duty cycle이 내장되어 노드의 패킷 전송 시 충돌을 피할 수 있으므로 에너지가 보존되는 TDMA(time division multiple access) 기반의 MAC 프로토콜이 있다[1-3].

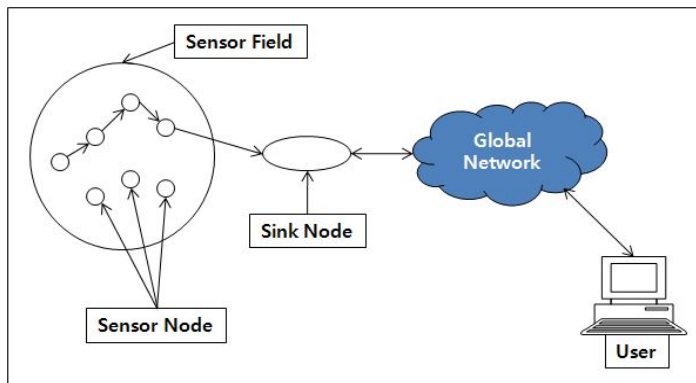
그러나 이 기법에서 센서 노드는 타임 스케줄을 유지해야 하므로 추가적인 메모리가 요구되며, 시간을 매우 작은 슬롯 단위로 할당함으로 clock drift 문제가 발생한다. 경쟁기반의 CSMA(Carrier Sense Multiple Access) 기법을 사용하는 IEEE 802.11 MAC 프로토콜은 에너지를 절감하는 특성을 갖고 있지만, 노드가 하나의 동일한 네트워크 셀에 위치하여 1홉 범위에서만 통신이 가능하게 설계된 반면, 멀티-홉 통신이 요구되는 센서 네트워크에 적용하기에는 부적절하다.

센서 네트워크에서 에너지를 절감하기 위한 다른 방법은 노드 간 통신을 위해 사용되는 무선통신과 분리된 'wake-up' 제어 신호를 사용하는 방법이다. 이 신호는 duty cycle을 사용하지 않고 무선 통신을 꺼둔 상태에서 이웃 노드로 전송할 데이터가 발생할 경우 이 신호를 이용하여 이웃 노드를 통신이 가능한 모드로 전환하여 통신을 수행 한다. 이 때 사용되는 신호는 별도의 프로세싱이 없으므로 소모되는 에너지는 매우 미약하다. 따라서 일반적으로 duty cycle을 사용하여 송수신 전원을 주기적으로 켜두어야 하는 방식과 달리 데이터 전송이 필요한 시점에서만 전원을 사용하므로 에너지 효율성 측면에서 매우 뛰어나다. 그러나 이런 기법을 적용 시 센서 노드에 추가적인 장치 및 데이터 송·수신용 주파수와 다른 별도의 주파수 사용이 요구된다. 현재까지 연구된 무선 센서 네트워크를 위한 에너지효율적인 MAC프로토콜은 duty cycle을 적용한 Sensor-MAC과 Timeout-MAC 프로토콜이 있다.



<그림 2.1> 유비쿼터스 네트워크와 센서 네트워크 관계

센서네트워크는 유비쿼터스 컴퓨팅 구현을 위한 기반 네트워크로 초경량, 저 가격, 저 전력의 많은 센서들로 구성된 무선네트워크이다[4-5]. 센서네트워크는 각각의 센서 노드들은 멀티 홉 무선 네트워크를 기본적으로 센서노드(Sensor Node), 싱크노드(Sink Node) 또는 게이트웨이(Gateway)로 구성된다. 각각의 센서노드에서 센싱된 데이터들은 싱크노드에 의하여 수집되어 특정상황에서 유용한 정보를 요구하는 싱크 노드에게 인터넷 등의 외부 네트워크를 통하여 제공한다.



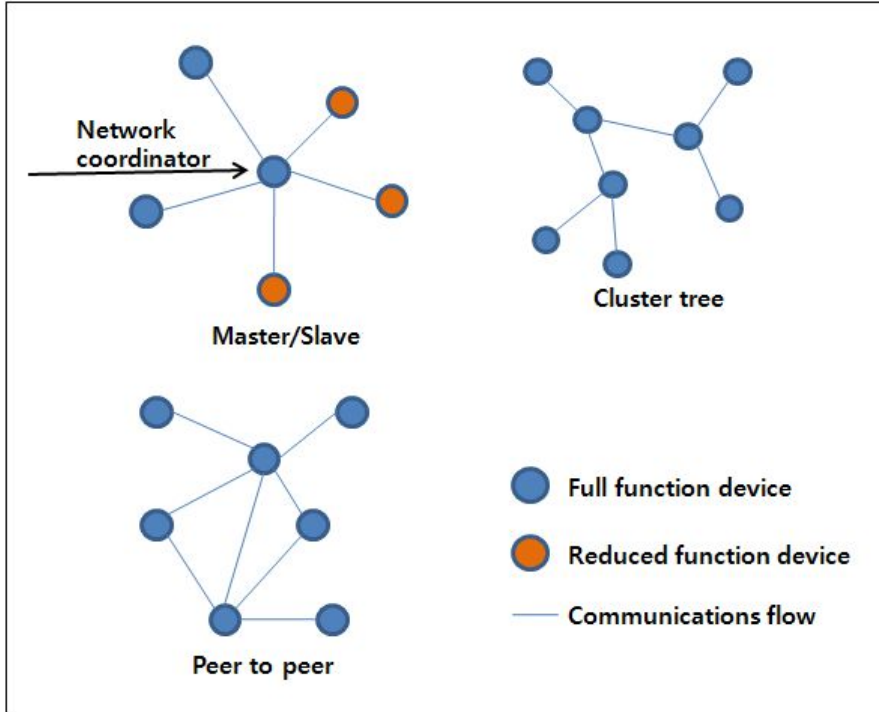
<그림 2.2> 센서네트워크의 기본 구성도

센서 네트워크가 흥미로운 연구 분야로 등장한 것은 저가의 센서 장치가 무선 네트워크 인터페이스를 갖출 정도로 뛰어난 기술 발전이 원동력으로 작용하고 있기 때문이며, 수백 수천의 센서 노드를 상호 연결시키는 대규모 센서 네트워크를 형성하기 위해서는 다양한 기술적 도전과 무한한 응용 가능성이 자리하고 있기 때문이기도 하다. 산업적으로 센서 네트워크는 군사, 경제, 생활, 환경 모니터링 및 보건, 제조, 자산 관리, 교통 자동화, 건강/의료관련 산업 등의 다양한 분야에서 관심을 받고 있으며, 이는 여러 영역에서 변화의 잠재력과 아울러 연구 영역에서 상용화 영역으로 이전을 준비하고 있음을 의미한다[7].

센서 네트워크는 다양한 분야에 응용될 수 있는데 아군의 움직임 모니터 및 전장의 감시 등 군사 작전용, 그리고 산불 및 홍수 감지, 화산 활동 감시 등과 같은 환경 분야, 환자의 상태 모니터링, 병원의 약물 관리 등과 같은 의료 분야, 가정 자동화 시스템, 교통 시스템, 자동차 감시, 박물관 관리 등 가정 및 기타 산업 전반에 응용될 수 있다. 현재 센서 네트워크의 개발은 미국의 대학 및 연구소를 중심으로 센서 노드, 센서 OS등의 H/W 및 S/W 분야의 프로젝트가 진행 중이다. 센서 노드는 보다 작은 크기, 적은 전력으로 오랜 시간동안 감지, 정보처리 및 네트워크 기능을 수행하도록 연구가 이루어지고 있으며 특히 UC Berkeley의 MICA는 공개 H/W, S/W 정책으로 다른 연구 개발 그룹에 영향을 미치고 있다. 센서 네트워크의 운영 체제로는 Tiny-OS가 대표적이다.

2. 센서 네트워크의 특징

센서 네트워크는 특정 현상을 감지하기 위한 많은 수의 센서 노드들로 이루어진 네트워크로서 정보 가전, 의학, 환경 감시, 군사 목적 등의 넓은 범위에서 사용이 가능하다. 센서 노드는 초소형, 저가격, 저 전력의 특성이 요구되며 센서 네트워크의 설계 시 주요한 고려 대상으로 에너지 효율성, 확장성, 자가 구성 능력, 장애 허용성을 들 수 있다[11-12].



<그림 2.3> 센서 네트워크에서 네트워크 토폴로지

그림 2.3에서와 같이 센서 네트워크는 다수의 센서 노드들로 구성되며 응용 목적에 따라 수백에서 수만에 이르는 노드들로 운영된다. 노드의 단가는 네트워크의 비용에 영향을 주게 된다[10]. 따라서 노드의 단가는 충분히 낮아져야 한다. 또한 네트워크에 노드의 추가나 위치의 이동 등이 일어나더라도 네트워크에 영향을 주지 않고 적용할 수 있도록 확장성이 보장되어야 한다. 센서 노드는 사람이 접근하기 힘든 장소나 감지하고자 하는 넓은 범위에 뿌려지는 형태로 배치하여 운영된다. 이러한 상황에서 배터리로 동작하는 센서 노드는 동작 시간에 제약을 받게 된다. 따라서 최소의 에너지로 동작하여 네트워크 생존 시간을 늘릴 수 있도록 저 전력의 특성이 요구된다. 또한 사용자나 관리자의 간섭 없이 이웃노드들과의 협력을 통하여 스스로 네트워크를 구성 할 수 있는 자가 구성 능력을 갖추어 네트워크의 변화에 적응 할 수 있어야 한다.

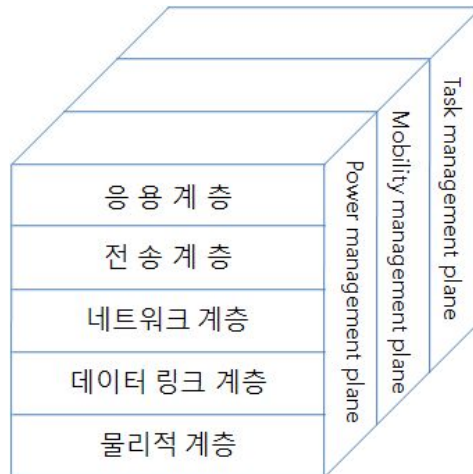
또한 센서 노드는 물리적 환경이 열악한 곳에 배치되어 운영 될 수 있다. 이러한

환경 요인은 노드의 파괴나 고장 등이 빈번하게 일어나게 한다. 따라서 특정노드가 동작 불능의 상태에 빠지더라도 네트워크의 동작에 영향을 미치지 않도록 장애 허용성이 보장되어야 한다.

이러한 특성들로 인하여 센서 네트워크는 기존의 무선 네트워크와는 달리 단일 센서 노드 하나 뿐만이 아닌 어느 한 지역의 노드들이 집중적으로 사용 불가능의 상태에 빠지지 않도록 하는 것이 중요하다[8]. 따라서 전체 네트워크 측면까지 고려한 에너지 사용의 효율성 및 균형 잡힌 노드의 운영이 가장 중요한 목표 중에 하나가 된다.

3. 센서 네트워크 프로토콜 스택

센서 네트워크의 계층적 접근 방법은 그림 2.4과 같이 기존의 계층적인 OSI 계층 모델 접근 방법으로 진행되어 왔다[9].



<그림 2.4> 센서 네트워크 프로토콜 스택

센서 네트워크 프로토콜 스택은 그림 2.4에서 보는 바와 같이, 물리 계층부터 응용 계층까지 계층에 따른 역할 구분이 되어 있으며, 전력, 이동성, 작업 제어 평면으로 나뉘어져 있다. 각 계층 및 제어 평면에서의 요구 사항을 살펴보면 다음과 같

다. 전력 제어 평면 영역에서 물리 계층의 요구 사항은 에너지 효율을 고려한 매체 접근 방식 및 변조 방식이 요구되며 데이터 링크 계층에서는 센서 노드의 파워 상태의 sleep/active 모드 제어와 전송 프레임의 오버헤드의 최소화로 인한 에너지 절감이 요구된다[10]. 또한 전송 중의 충돌 및 중복 수신으로 인한 전력의 손실을 고려한 라우팅 알고리즘의 개발이 요구되며 전송 계층에서는 센서 노드와 싱크 노드 사이에 최소의 에너지 소비 및 메모리 사용을 위한 트래픽 알고리즘이 요구된다.

이동성 제어 평면에서는 각 계층에서 센서 노드들이 제한적으로 이동될 최소의 토폴로지 변화와 최대한으로 지속적인 흐름을 유지하기 위한 노력 및 이동시 주변의 노드 발견, 동기화 등을 위한 알고리즘이 필요하다. 작업 제어 평면에서는 센서 네트워크의 작업 유형에 따른 매체 접근 방식, 스케줄링, 라우팅 및 트래픽 특성을 고려한 흐름 제어 등이 각 계층에서 필요한 알고리즘이다.

가. 물리적 계층

물리 계층은 데이터 전송을 위한 매체 접근 기능을 담당하는 계층으로서 표 2.1과 같은 영역을 관리한다. 저 전력 에너지 소비 기법과 효율적인 변조 기술이 요구되는 통신 프로토콜의 최하위 계층이다. 센서 네트워크의 물리적인 신호 전송을 위한 주파수 대역은 송수신 형태 및 기능에 따라 다양한 형태로 이루어져 있으며 국가(지역)별로 주파수 분배를 달리 사용하고 있다. 국내에서는 900MHz, 2.4GHz 무허가주파수 대역인 ISM (Industrial Scientific Medical) 주파수들이 많이 사용되고 있다.

관리영역	내 용
전력 관리 평면	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 효율적인 에너지 매체 선택 ◦ 적절한 변조 선택
이동성 관리 평면	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 전송 매체에 따른 제한적 이동
작업 관리 평면	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 태스크 요구사항을 고려한 매체 선택

<표 2.1> 물리계층의 관리영역

나. Data Link 계층

데이터 계층에서는 데이터 스트림 멀티플렉싱, 데이터 프레임 검출, Data stream multiplexing, data frame detection, 중계자 접근과 에러제어를 수행한다. 또한 통신망에서 신뢰성 있는 point-to-point 와 point-to-multi point 연결을 보장한다. MAC(Medium Access Control) 과 LLC(Logical Link Control)로 구성되며 MAC 은 매체 접근 및 에러 제어를 담당하는 계층으로 데이터 전송을 위한 통신 링크의 구성과 한정된 자원의 효율적인 공유를 목적으로 하며, LLC는 상위계층, 즉 네트워크 계층에게 여러 다른 종류의 매체 접근 방식들에 대한 일관된 인터페이스를 제공하기 위해 사용된다.

관리영역	내 용
전력 관리 평면	<ul style="list-style-type: none"> ◦ On/Off 모드 ◦ Frame over head 최소화 ◦ Collision & Overhearing avoid
작업 관리 평면	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 태스크에 따른 스케줄 테이블 형성

<표 2.2> 데이터 계층의 관리영역

다. 네트워크 계층

네트워크 계층에서는 표 2.3에서 보는 바와 같이 서로 다른 종류의 센서 네트워크로 구성된 외부네트워크와 통신할 수 있는 인터 네트워크를 제공하고, 전달되는 데이터의 라우팅을 담당하는 계층이다.

관리영역	내 용
전력 관리 평면	◦ 에너지 효율성을 고려한 라우팅
이동성 관리 평면	◦ 위치 정보에 의한 네트워크 토폴로지 정보 유지
작업 관리 평면	◦ 태스크 요구사항을 고려한 라우팅

<표 2.3> 네트워크 계층의 관리 영역

라. 전송 계층

전송 계층에서는 응용계층으로 데이터 전송 시 데이터 흐름 유지 및 신뢰성 있는 전송을 담당하는 계층이다.

관리영역	내 용
전력 관리 평면	◦ 센서 노드와 싱크 사이의 제한적인 파워와 메모리를 고려한 UDP 타입 프로토콜 요구
이동성 관리 평면	◦ 이동 특성을 고려한 데이터의 흐름 유지
작업 관리 평면	◦ 응용 분야에 따른 데이터의 흐름 유지

<표 2.4> 전송 계층의 관리 영역

마. 응용 계층

응용 계층에서는 사용자 서비스를 제공하기 위한 응용 및 센서 네트워크의 효율적인 운영을 위한 관리를 담당한다. 감지되는 작업에 따라 여러 종류의 응용 소프트웨어가 형성될 수 있고, 이러한 소프트웨어들은 응용계층 위에 사용될 수 있다. 실질적으로 센서 네트워크 프로토콜은 무선 ad-hoc 네트워킹 기술을 필요로 한다. 비록 많은 프로토콜과 알고리즘이 기존의 무선 ad-hoc 네트워킹를 위하여 제안되었지만[11], 센서 네트워크에 적용하기는 그리 적합하지 않다. 센서 네트워크의 효율적인 데이터 통합을 위한 규칙의 관리, 클러스터의 관리, 센서 노드의 위치를 찾기 위한 알고리즘에 관련한 데이터의 교환, 센서 노드간의 시간 동기 기능, 센서 노드의 상태 및 네트워크 구성에 대한 조회 및 센서 네트워크의 재구성 기능, 센서 네트워크의 보안 관련 기능 등과 같은 기능이 필요하다.

관리영역	내용
전력 관리 평면	◦ 에너지 효율성을 고려한 응용 프로토콜
이동성 관리 평면	◦ 센서 노드들의 이동관련 태스크 관리
작업 관리 평면	◦ 응용 분야에 따른 센싱 태스크 동작 관리

<표 2.5> 응용 계층의 관리 영역

제2절 지그비(Zigbee) 시스템

1. 지그비(Zigbee) 기술의 특징

지그비(Zigbee)란 대용량 데이터 전송에 목적을 둔 블루투스과 달리, 저용량 데이터 전송과 저 전력을 특징으로 하는 WPAN 통신규격의 하나이다. 이는 단거리 라디오 커뮤니케이션 규격의 하나이며, 저속으로 전송거리도 짧지만 전력 절약으로 비용이 저렴하다는 것이 특징이다[12]. Zigbee는 가정 사무실 등의 무선네트워킹에서 10-20m 내외의 근거리 통신시장과 최근 주목받고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 기술로써 무선통신 분야에서 IEEE 802.11 이나 다른 802.15와는 달리 단순기능이 요구되는 매우 작은 사이즈, 저 전력, 저가격 시장을 목표로 하고 있다. 이러한 Zigbee 기술은 지능형 홈 네트워크, 빌딩 및 산업용기기 자동화 물류, 환경모니터링, 휴먼 인터페이스, 텔레메틱스, 군사 등 다양한 유비쿼터스 환경에 응용될 수 있다.

최근 Zigbee 기술은 저가, 저 전력의 빠른 데이터 전송 기술을 특징으로 잠재 고객들의 주목을 받고 있다. 비록 IEEE가 빠른 속도로 여러 무선 표준들을 발표하고 있지만, Zigbee는 저 전력소모, 시스템 구성의 저비용, 많은 네트워크 노드 수용, 단순한 프로토콜 구조 등을 특징으로 무선 센서 및 제어 분야에서 굳건한 자리를 차지할 것으로 예상된다.

Zigbee/802.15.4의 가장 큰 특징은 저 전력 소모이다. 초기 Zigbee 칩의 동작시 전력소모는 대체로 20 mA 내외의 전력소모가 200 mW, 무선랜의 전력 소모가 1W정도임을 감안할 때 낮은 전력을 소모함을 알 수 있다. Zigbee 네트워크에서 하위 기기들은 한번 배터리를 장착하면 최대 2-3년 정도 사용할 수도 있으며, 통신 빈도가 낮은 응용분야에서는 더 오래 동작될 수도 있다[16][17].

2. 지그비(Zigbee) 기술의 응용분야

Zigbee는 무선 센서 네트워크, 공장자동화, 홈 오토메이션 등을 주요 응용분야로 목표하고 개발이 추진된 표준 기술이다. 최근에는 장난감, 게임기, 가전제품 및 PC 주변기기, 핸드폰 등으로 그 응용분야가 넓혀지고 있다.

가. 무선 센서 네트워크

무선 센서 네트워크에서 소형화, 우수한 센싱 능력, 신뢰성 있는 네트워크 관리, 효율적인 라우팅, 오작동 수용(fault-tolerance) 등이 요구된다. 즉 소규모 컴퓨터 환경에서 센서를 통한 상황인지, 네트워크 내 다른 센서의 오류보상, 가변적인 네트워크 작용, 효율적인 라우팅을 지원하는 단순한 네트워크 프로토콜 소프트웨어의 개발이 중요하다. 무선 센서 네트워크는 일반적인 ad-hoc 네트워크와는 많은 차이점이 있다.

- 센서 네트워크의 센서 노드의 수가 ad-hoc 네트워크에서 사용하는 노드 수의 수배
- 센서 노드 분포의 밀집도가 높다.
- 센서 노드의 오동작을 수용하여야 한다.
- 센서 네트워크의 네트워크 방식이 매우 가변적이다.
- 브로드캐스트 통신 모드 지원이 필요하다.
- 저 전력 소모, 소형 컴퓨팅, 단순한 프로토콜 구조가 필수

나. 무선 홈 네트워크

무선 홈 네트워크는 정보기기 및 가전기기들을 무선으로 연결하여 편리한 생활 환경을 제공하고 이동 중 또는 다른 방에서 서로 정보를 공유할 수 있게 하는 Home Area Network 이라 할 수 있다. 무선 홈 네트워크의 특징을 살펴보면 무엇

보다도 사용자의 편리성이 중요하며, 가정 내 전파간섭 수준이 보통이고, 이웃집과의 간섭을 회피할 수 있어야 한다. 통신거리는 비교적 짧으며 전력소모는 매우 낮아야 한다. 데이터 전송속도는 서비스에 따라 초고속에서 저속까지 편차가 크며, 출입통제 및 자산 관리와 관련하여 높은 수준의 보안이 요구된다. 편리한 유지보수를 위해서 설치가 편리하여야 하고 설치비용 및 서비스 이용료가 매우 낮아야 한다. Zigbee로 무선 홈 네트워크를 구현하기 위해서는 다음과 같은 기술적 과제가 충족되어야 할 것이다.

- 신뢰성 있는 네트워크 프로토콜 구현 기술
- 이종기기 및 동종기기간의 호환성을 보장하는 네트워크 인터페이스 기술
- 지능형 Human-machine 인터페이스 기술
- 저 전력 소모 및 초소형 반도체 설계기술
- 소형화된 자율 컴퓨팅 기술, 지능형 능동 센서기술, 이동성을 보장하는 네트워킹 기술
- 사용이 편리한 미들웨어 기술

다. 핸드폰

국내 주요 핸드폰 제조업체에서 Zigbee를 검토하고 있다. 주요 응용분야는 게임 컨트롤러 및 홈 네트워크의 주요 단말 등이며 저 전력 소모와 저가 솔루션 구성이 핸드폰 업체들이 Zigbee 적용을 검토하는 주요 이유이다. 핸드폰 제조업체의 Zigbee에 대한 기대는 bluetooth가 적용된 핸즈프리 및 헤드셋 응용을 지원할 수 있는 수준의 데이터 전송속도 갖기를 기대하고 있다. 그러나, 현재의 기술규격에서는 오디오를 지원하는 데에는 무리가 있고 응용분야의 적합성 측면에서도 이의가 있다. 핸드폰은 크기에 민감하기 때문에 요구되는 모든 무선방식을 지원하기 위해 모든 모듈 또는 칩을 실장 할 수는 없다. 따라서 전력소모와 함께 다양한 서비스가 제공되는 무선 솔루션에 대한 기대가 매우 높다. 핸드폰에 Zigbee가 적용되기 위해서는 칩 및 모듈의 크기, 소프트웨어의 독립적 운용 및 효과적인 인터페이스, 네트워크의 저변확대, 낮은 전력소모, bluetooth 수준의 데이터 전송 속도, 음성 및 오

디오 코덱지원, 낮은 동작전압 및 저 전력 소모 등의 기술요건을 충족시켜야 한다 [16][17][20].

3. 지그비(Zigbee) 기술의 국내·외 현황

가. Zigbee 기술동향

Zigbee는 IEEE 802.15.4를 기반으로 하는 WPAN 기술로 낮은 전력을 소모하며, 초저가의 센서 네트워크를 구현하기에 최적의 방안을 제공하는 기술이다. Zigbee에서는 PHY와 MAC은 IEEE 802.15.4 WPAN 기술의 PHY와 MAC을 사용하고 있으며, 네트워크 계층과 응용계층과 같은 상위 계층에서의 프로토콜은 Zigbee Alliance에서 정의하고 있다.

IEEE 802.15.4에서는 두 가지 물리계층(Multi-band Multi-rate)을 지원하며, 이들 물리 계층은 Low-duty-cycle과 Low-power-operation)을 위해 동일한 패킷구조를 갖는다. 두 물리 계층사이의 근본적인 차이는 주파수 대역으로 일반적으로 널리 활용되는 ISM 대역인 2.4 GHz와 유럽과 미국의 868/915 MHz 대역으로 유럽에서는 868 Mhz대역을 미국에서는 915 Mhz 대역을 사용한다. 그리고 물리계층의 사용 대역에 따라 전송속도가 다르며, 2.4 Ghz 대역에서는 O-QPSK 변조방식에 의해 250 Kbps의 전송속도를 제공하고, 869/915 MHz 대역은 BPSK 변조방식에 의해 각각 20 Kbps와 40 Kbps 전송속도를 제공한다. 응용분야에 따라 처리지역 시간이 짧아야 되는 서비스에 적용할 수 있도록 IEEE 802.15.4 WPAN에서는 선택적으로 슈퍼프레임 모드를 운용할 수 있도록 하고 있다.

Zigbee 네트워크는 Star형, Cluster Tree형, 그리고 Mesh형으로 구분할 수 있다. Star형에서 노드는 PAN 코디네이터에게 모든 패킷을 전달하여 통신이 이루어지며, 네트워크 구성이 간단하지만 노드간의 경로가 하나만 존재한다는 단점이 있다.

Mesh형은 노드간 여러 개의 경로가 존재하고 하나의 경로가 실패시 다른 경로로 전달하지만, 구현이 보다 복잡하고 보다 많은 메모리를 사용하며 전원을 항상 공급해야 한다. Cluster Tree형은 Parent Node, Child Node으로 구성되어 Child Node는 상위 패킷 Parent Node에게 패킷을 전달하고, Parent Node는 자신의 Child node테이블을 검색한 후 일치한 테이블이 존재하면 해당 Child node에게 전달하고 일치하지 않으면 Tree 경로에 따라 coordinator에게 패킷을 전달하게 된다. 유연한 네트워크 구성과 복잡한 알고리즘의 장단점을 포함하고 있다.

Zigbee coordinator는 네트워크 당 1개가 존재하고 네트워크를 형성하는 기초가 되고 FFD이며 Zigbee Router로도 동작하고, Network address를 할당하는 역할을 한다. Zigbee Router는 Zigbee 네트워크의 구성요소로 FFD이며 Multi-hop 라우팅메시지를 전달하는 역할을 한다[16-20].

나. Zigbee 표준화 동향

Zigbee관련 기술표준은 IEEE 802.15.4 그룹과 Zigbee Alliance(국제표준단체)가 표준화를 주도하고 있다. IEEE 802.15.4 그룹은 하드웨어 규격인 PHY와 MAC 표준을 담당하며 2003년 5월에 표준화 작업이 완료되었다.

IEEE 802.15.4 표준규격에서는 800 Mhz(BPSK/1채널/유럽), 902-928 Mhz(BPSK/10채널/미국), 2.4 GHz(OQPSK/16채널/전 세계) 등 3개 주파수 대역에서 DSSS 변조 방식으로 최대 250 kbps의 데이터 전송속도를 지원하며, 네트워크 액세스 방법으로 충돌 회피를 지원하는 CSMA-CA(carrier sense multiple access with collision avoidance)를 사용한다. 또한 무선 네트워크에서 문제점으로 거론되고 있는 QoS를 보장하기 위해 GTS(Guaranteed Time Slot)데이터 전송 메커니즘을 지원한다.

구분	해외 업체	국내 업체	계
표준주도社	필립스, 모토로라, 허이웰, 엠버 프리스케일, 미씨비시, Invensys	삼성전자	8
회원社	TI, 실리콘웨이브, 시스코, NEC 등	코원, 오렌지로직, LG전자, KETI, ETRI, TSC 등	111

<표 2.6> Zigbee Alliance 참여기업

(1) 국내 Zigbee 기술표준화 동향

국내 Zigbee 기술표준화의 경우 2.4Ghz 대역에 대해서는 IEEE 802.15.4의 표준을 그대로 준용할 것으로 보이며, 이와는 달리 900 Mhz 대역은 2.4 Ghz 대역에 비해 통신거리 및 주파수 간섭으로부터 다소 여유가 있기 때문에 사업자들은 900 Mhz대역을 선호하고 있다. 908.5-914 Mhz 대역은 현재 RFID에 할당되어 있으므로 RFID와 주파수를 공유하는 방안이 논의 중이다. 이 대역은 IEEE 802.15.4에서 정의된 2 Mhz 대역폭을 적용하게 되면 가능한 채널수가 2개 밖에 되지 않으므로 IEEE 802.15.4b에서 제안한 600Khz 대역폭으로 표준화를 진행 중이다.

2.4 Ghz 대역의 Zigbee에 대해서는 IEEE 802.15.4 표준에 따라 국내업체들이 제품을 개발하였고, 사업자의 수요도 있으나, 2.4 Ghz 대역에 대한 국내 표준 및 기술 기준이 마련되지 않았으므로 이에 대한 표준화가 시급하다[16][19][20].

(2) 국외 표준화 동향

저속 개인용 무선네트워크(Low Rate-Wireless Personal Area Network) 인 IEEE 802.15.4는 무선 통합 리모컨, 가전기기 컨트롤러, 빌딩제어, 장난감 등에 사용하기 위한 저속, 저가격, 저소비 전력의 무선전송기술 표준을 제정하기 위한 그룹으로 2003년에 물리계층(PHY) 및 매체제어접근계층(MAC)의 표준화를 마무리한 상태이다. 표준안에는 전송속도를 주파수에 따라 듀얼 모드로 250 kbps, 40 kbps, 20 kbps로 정하고 있으며, CSMA-CA 메커니즘을 사용해 무선 채널을 액세스 하도록 하였다. 또한 255개의 기기를 연결할 수 있고 도달거리는 (1 - 100) m로 설

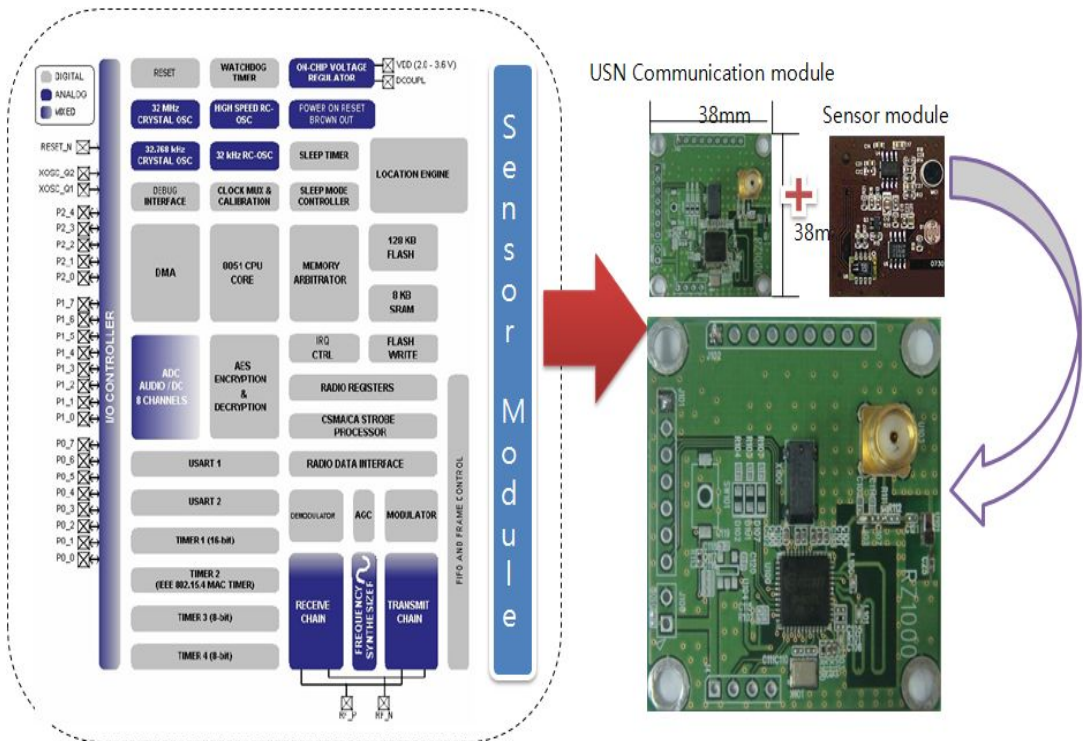
정할 수 있게 되어 있다. IEEE 802.15.4b는 IEEE 802.15.4의 MAC 등 몇몇 모호한 규격에 대한 구체화와 유럽과 중국의 새로운 주파수(862-868 Mhz) 대역 채택에 관련된 표준화 활동을 진행하고 있다.

비영리 조직인 지그비 얼라이언스(Zigbee Alliance)는 IEEE 802.15.4의 상위 계층 설계를 위하여 결성되었다. 표 2.6의 참여기업으로 구성된 지그비 얼라이언스에서는 표준화 기반의 안정적 데이터 전송을 위해 IEEE 802.15.4의 PHY와 MAC를 기반으로 그 상위에 IEEE 802.15.4의 PHY와 MAC을 기반으로 그 상위에 네트워크 구조, 라우팅, 시큐리티 등을 추가하였다. 이를 이용하여 지그비 프로파일은 서로 다른 생산자가 만든 비슷한 기기들 사이의 상호 운용성과 호환성을 제공하게 된다. 지그비 얼라이언스에서는 다양한 응용 분야에 활용될 수 있도록 응용 프로파일의 정의 및 개발에 역점을 두고 있다. 지그비 얼라이언스는 아키텍처, 애플리케이션 프레임워크, 네트워크, 보안, 게이트웨이 워킹그룹 및 마케팅, 인증 워킹그룹으로 구성되어 있다[16].

제3장 실내 환경 모니터링 시스템 설계 및 구현

제1절 실내 환경 모니터링 시스템 구성

실내 환경 모니터링 시스템은 온·습도 센서, 대기압 센서, O_2 , CO_2 를 하나로 모듈화 시킨 센서 모듈과, 이 센서 모듈로부터 측정된 데이터를 무선으로 송·수신하기 위한 Zigbee 통신모듈을 하나로 통합한 통합센서 모듈, 그리고 통합센서 모듈로부터 데이터를 받아 모니터링 하기 위한 PC 서버로 구성되어 있다. 그림 3.1에서는 전체적인 USN 모듈을 보여주고 있다.

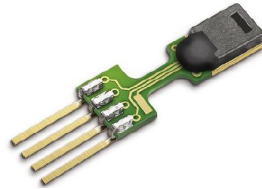


<그림 3.1> USN 인사이드 블록 다이어그램과 USN 센서통합 모듈

제2절 USN 통합센서 모듈 설계 및 구현

1. 통합 센서 모듈 설계

쾌적한 실내 환경 모니터링과 타 홈 네트워크의 효율적인 연동을 위한 통합 센서 모듈은 온·습도, O_2 , CO_2 , 대기압센서로 이루어져 있다. 센서의 선정은 상용화 되었을 때를 예상하여 센서의 성능과 일반적으로 판매되고 있는 센서를 선정하였다. 먼저 온·습도 센서는 그림 3.2에서와 같이 센서리온 社의 SHT7x 계열을 사용하였다.



<그림 3.2> SHT71 온·습도 센서

평균 80 μW 의 에너지 소비율을 보이며 $-40\text{ }^{\circ}C$ 에서 $+125\text{ }^{\circ}C$ 까지 온도측정이 가능하고 $0.01\text{ }^{\circ}C$ 의 해상도와 $\pm 0.3\text{ }^{\circ}C$ 의 정확도를 가진다. 습도는 $-20\text{ }^{\circ}C$ 에서 $+80\text{ }^{\circ}C$ 까지 동작가능하며 0 % R.H.에서 100 % R.H.까지의 습도 측정이 가능하다.

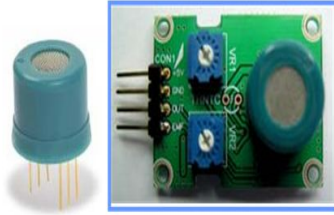
O_2 센서는 SS1118로 그림 3.3와 같다.



<그림 3.3> O_2 Sensor SS1118

SS1118 O_2 센서는 $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 범위 내에서 동작하며, $0 \sim 100\%$ 까지의 O_2 측정범위를 가지고, $\pm 1.0\%$ 이하의 정확도를 가지고 있다.

CO_2 센서는 GHFS41-PIXX를 사용하였고, 그림 3.4와 같다.



<그림 3.4> GHFS41-P1 CO_2 센서

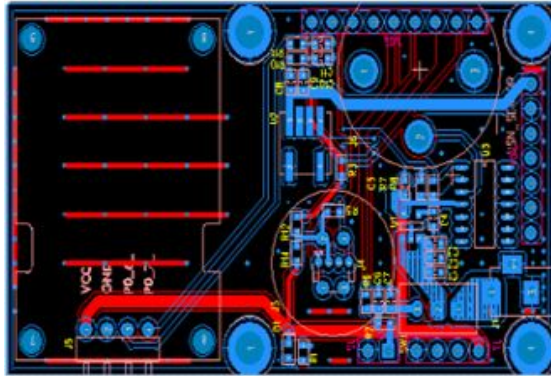
GHFS41-P1 CO_2 센서는 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 까지의 동작온도를 가지며, $200 \sim 30,000\text{ ppm}$ 까지 측정이 가능하고 정확도는 $\pm 10\%$ 이하를 갖는다.

마지막으로 대기압 센서는 SMBA-1000모델로 그림 3.5와 같다.



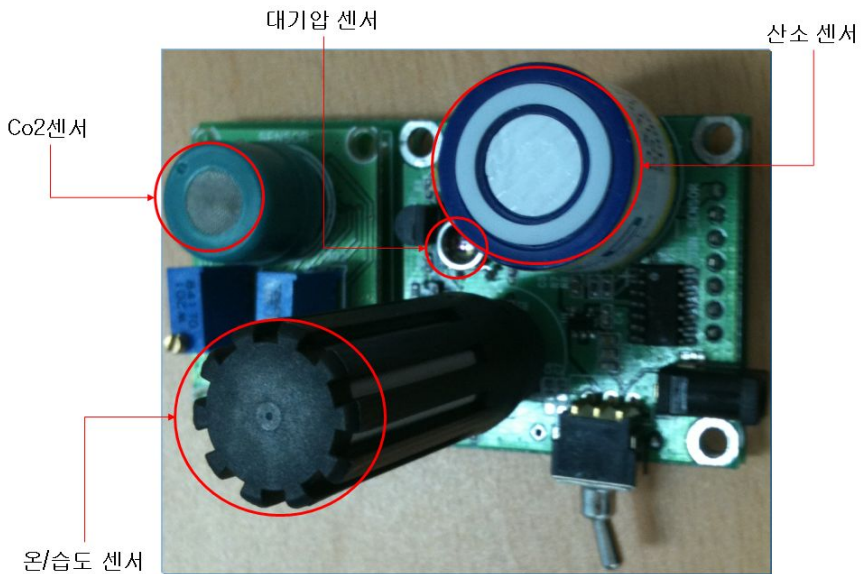
<그림 3.5> SMBA-1000 대기압센서

대기압 센서 SMBA-1000의 동작온도는 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 까지 이며 300 mbar 에서 $1,100\text{ mbar}$ 까지 측정이 가능하다. 실내 환경 모니터링을 통해 쾌적한 환경을 꾸미는데 목적이 있지만, 온도, 습도, O_2 , CO_2 , 그리고 대기압 센서를 통해 화재 예방과 침입탐지에도 활용할 수 있다. 그림 3.6은 설계한 센서모듈의 PCB 레이아웃 모습이다.



<그림 3.6> 센서모듈 PCB Layout

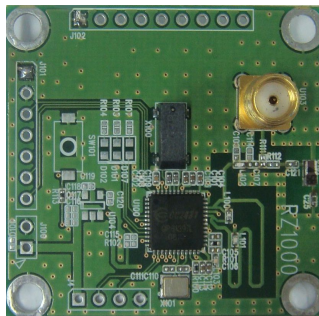
제작이 완성된 통합센서 모듈은 그림 3.7과 같다.



<그림 3.7> 통합센서 모듈

2. Zigbee 통신모듈 설계

본 논문에서는 USN 환경을 조성하여 센서에서 센싱된 정보를 PC의 서버로 보내기 위해 Zigbee 통신을 이용하는데, 통신 Chip은 TI(Texas Instrument)사의 CC2431 2.4 GHz IEEE 802.15.4 RF Chip을 사용하여 Zigbee 통신 모듈을 제작하였다. 그림 3.8에서 소형 Zigbee 통신 모듈을 보여주고 있다. CC2431는 8051 코어 내장에 128 Kb in-system 플래시 메모리를 내장하고 있는 On-Chip으로, 별도의 MCU가 필요하지 않아 통신모듈의 소형화가 가능하다.



<그림 3.8> USN Zigbee 모듈

기본적으로 USN 모듈 사이즈는 38×38 mm 크기의 초소형으로 제작 하였으며 평균 출력은 32 MHz에서 Rx가 27 mA, Tx가 25 mA로 저 전력으로 구성하였다. 또한 배터리 모니터와 온도 센서가 자체 내장 되어 있고 로케이션 엔진 내장으로 잔류 배터리와 내부 온도 점검 및 위치파악에 효율적으로 제작했다.

3. 센서 데이터 변환함수

O_2 센서 SS1118와 대기압센서 SMBA-1000으로부터 데이터를 수신했을 경우, 데이터가 16진수 값으로 나오기 때문에, 10진수로의 변환이 필요한데, 변환 함수는 아래와 같다.

```

//-----
void calc_sth11(float *p_humidity,float *p_temperature)
//-----
// calculates temperature [°C] and humidity [%RH]
// input: humi [Ticks] (12 bit)
//      temp [Ticks] (14 bit)
// output: humi [%RH]
//      temp [°C]
{
    const float C1=-4.0;          // for 12 Bit
    const float C2=+0.0405;      // for 12 Bit
    const float C3=-0.0000028;  // for 12 Bit
    const float fT1=+0.01;      // for 14 Bit @ 5V
    const float fT2=+0.00008;   // for 14 Bit @ 5V

    float rh=*p_humidity;       // rh: Humidity [Ticks] 12 Bit
    float t=*p_temperature;     // t: Temperature [Ticks] 14 Bit
    float rh_lin;               // rh_lin: Humidity linear
    float rh_true;             // rh_true: Temperature compensated humidity
    float t_C;                 // t_C : Temperature [°C]

    t_C=t*0.01 - 39.60;        //calc. temperature from ticks to [°C]
    rh_lin=C3*rh*rh + C2*rh + C1; //calc. humidity from ticks to [%RH]
    rh_true=(t_C-25)*(fT1+fT2*rh)+rh_lin; //calc. temperature compensated humidity [%RH]
    if(rh_true>100)rh_true=100; //cut if the value is outside of
    if(rh_true<0.1)rh_true=0.1; //the physical possible range

    *p_temperature=t_C;        //return temperature [°C]
    *p_humidity=rh_true;       //return humidity[%RH]
}

```

<온습도 변환함수>

```

//-----
float calc_pressure(float *p_sov,float *p_sop,float *p_cvdd)
//-----
{
    float sop_v;

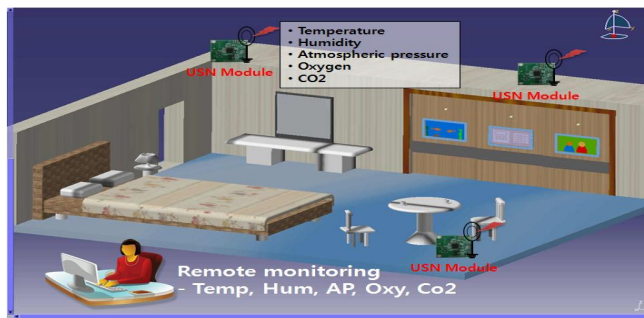
    sop_v = *p_sop + (*p_cvdd-128)*(3000-*p_sov)/128;
    return (float)(10000 + sop_v*1000/512);
}

```

<대기압 변환함수>

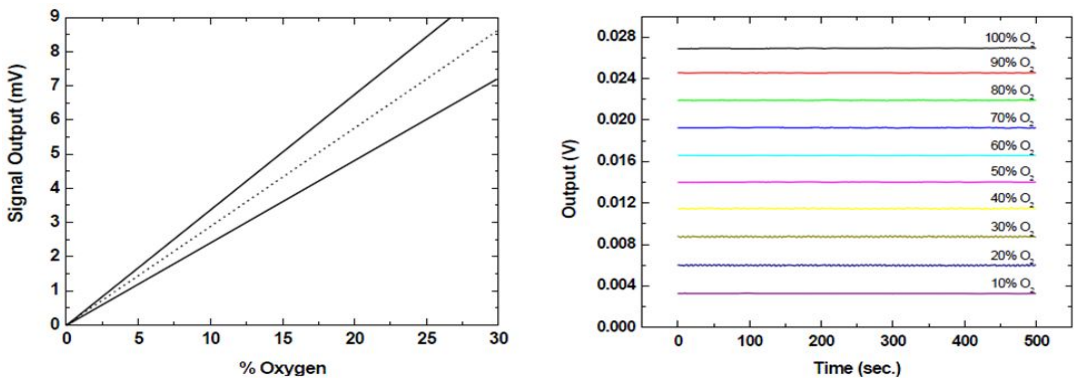
제3절 실험 및 고찰

실험을 위해 USN 실내 환경을 위한 세트장 구성은 다음 그림 3.9과 같이 하였다. 실제 가정이나 사무실 등의 환경을 고려하여 가상의 공간을 구성한 후, 온도, 습도, 대기압, O_2 , CO_2 센서들로 구성된 10개의 센서 모듈을 세트장 내부에 설치하고 각각의 센서 모듈로부터 센싱되는 값을 구축된 Zigbee 통신모듈을 통해 전달 받는다. 측정된 값들을 센서별로 각각의 변환 과정을 거쳐서 모니터링 하는 방법으로 실험을 진행했다.

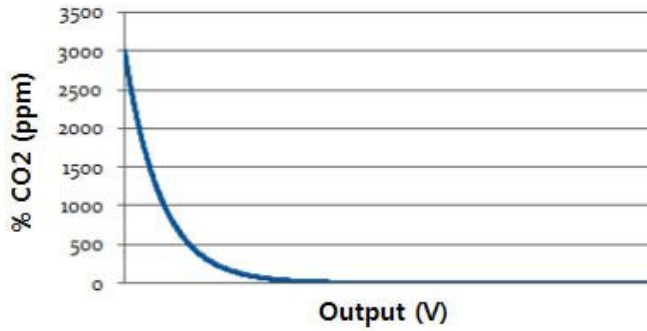


<그림 3.9> 실내 환경 공간 구성도

실험 전 센서들의 성능을 테스트하기 위한 목적으로, 산소 챔버에 센서 모듈을 설치하고 산소의 농도를 0 %에서 100 %까지 10 %씩 증가시키면서 설정한 후, 센서에서 출력하는 전압 값을 측정 실험한 결과, O_2 센서에서 측정된 데이터의 범위는 그림 3.10과 같았고, CO_2 센서에서 측정된 값은 CO_2 농도 측정기와 비교 실험을 진행한 결과 데이터 범위는 그림 3.11과 같았다.

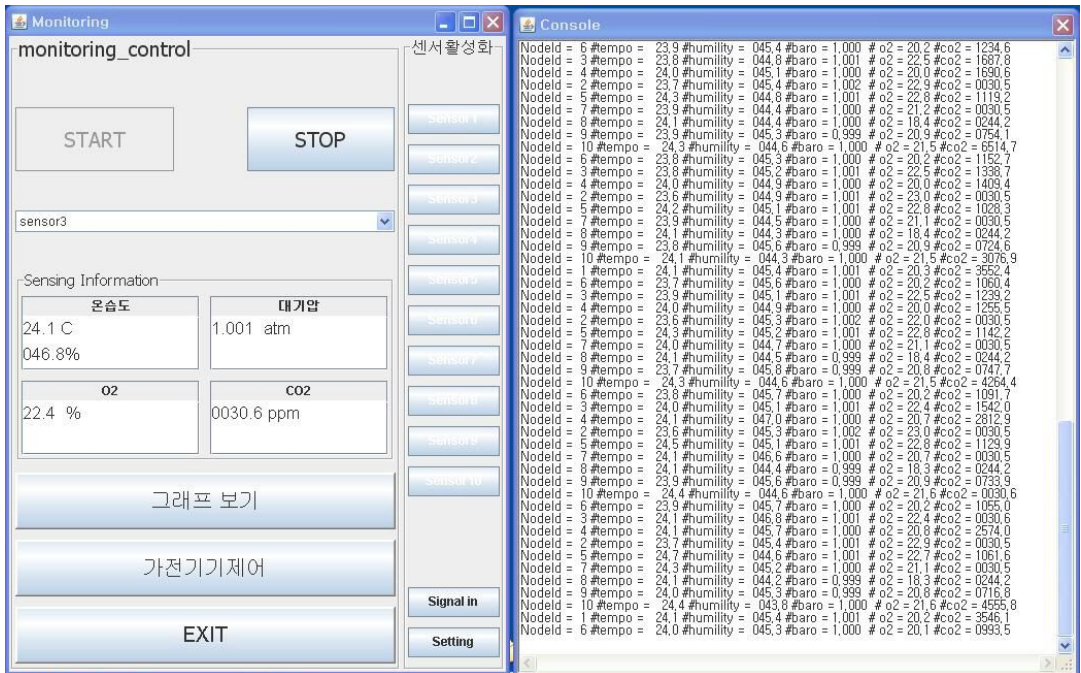


<그림 3.10> O_2 센서 측정범위



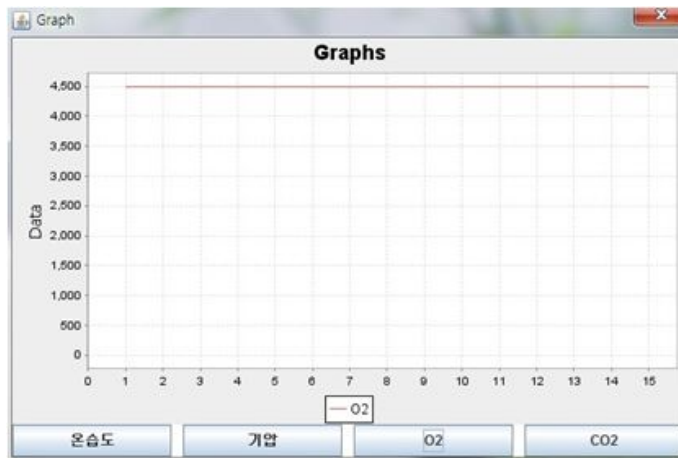
<그림 3.11> CO₂센서 측정범위

각 센서들로부터 측정된 값들은 각각의 변환과정을 거쳐서 PC의 서버에 그림 3.12와 같이 모니터링 프로그램과 콘솔창에 디스플레이 되어 통합센서들이 설치된 각각의 장소에 대한 실내 환경조건을 실시간으로 모니터링이 가능하다.

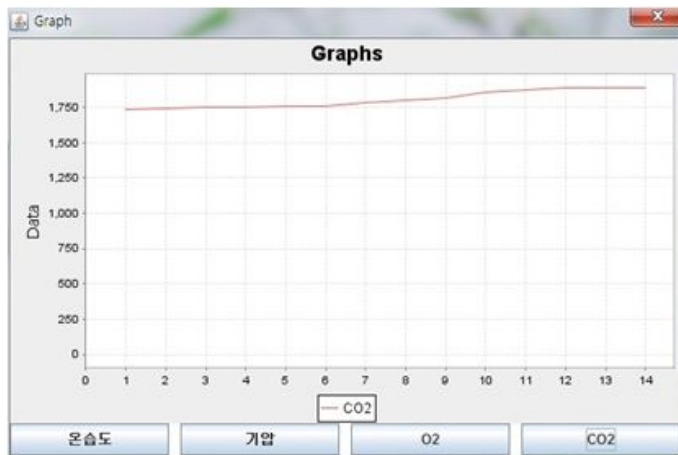


<그림 3.12> 센서 측정값 모니터링 어플리케이션과 콘솔창

실내 환경 모니터링을 위해 10개의 센서에 각각 전원을 인가하고, 데이터 센싱을 시작한 후, 그 중의 한 개의 센서로부터 측정된 데이터들을 각각의 변환 과정을 거쳐서 모니터링 화면의 그래프로 나타내면 아래와 같다. 그림 3.13과 그림 3.14는 각각 O_2 , CO_2 센서로부터 받은 데이터를 시간에 따른 그래프로 나타내고 있다.

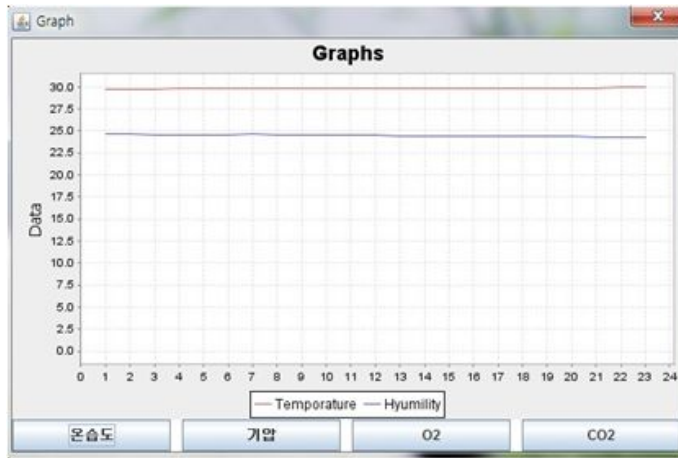


<그림 3.13> O_2 센서 모니터링 그래프

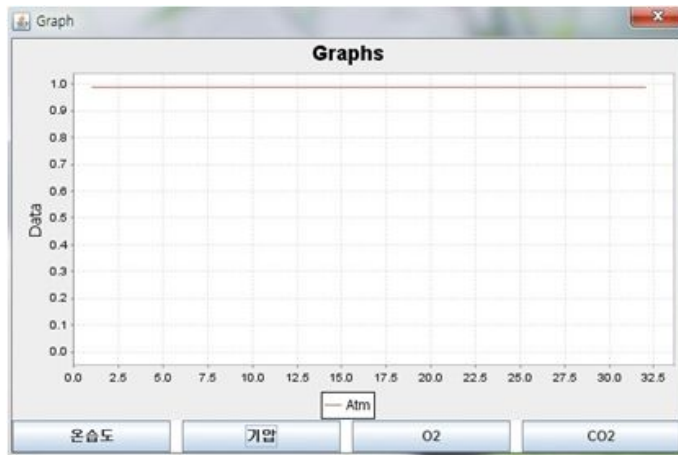


<그림 3.14> CO_2 센서 모니터링 그래프

그림 3.15는 센서 모듈이 설치된 장소의 온·습도 데이터를 그래프로 나타낸 것이며, 그림 3.16의 대기압센서 모니터링 그래프는 대기압 데이터를 나타내고 있다.



<그림 3.15> 온·습도센서 모니터링 그래프



<그림 3.16> 대기압 센서 모니터링 그래프

제4장 결 론

산업이 발달하고 IT 융합기술의 비약적인 발전으로 인해 현대인들의 생활환경이 날로 향상되어가고 있다. 하지만, 무분별한 개발과 발전은 엘리뇨와 라니뇨 등의 이상기후 현상과 오존층 파괴, 대기오염 등의 환경적인 위험 요소들을 증가시켜, 쾌적한 생활에 여러 가지 타격을 주게 되었다. 본 논문에서는 USN 기술의 핵심인 지그비(Zigbee)와 센서네트워크를 이용하여 보다 효율적인 디지털 가전기기의 관리를 위한 유비쿼터스 환경에서의 실내 환경 모니터링 시스템의 연구를 목표로 하였다. 환경정보를 측정할 수 있는 센서들을 이용하여 하나의 통합 모듈로 만들고, 이들을 지그비(Zigbee) 통신과 접목시켜 실내 환경 모니터링 시스템을 구축, 쾌적하고 깨끗한 실내 환경을 조성할 수 있도록 하였다. 또한 홈 네트워크 가전기기 제품들에 환경정보를 제공함으로써 실내의 온도와 습도, O_2 , CO_2 량을 조절할 수 있는 기반을 만들어 실내 환경을 위한 가전제품들의 효율적인 운영 및 절전 효과를 바라볼 수 있게 하였다.

향후에 실내 환경 모니터링 시스템의 적용을 가정 내에서 뿐만 아니라, 비닐하우스 시스템, 소방 방재 시스템, 도어락(Door Lock), 출입문 통제기, 실내 공기청정 시스템, 창문 개폐기 등에 까지 넓힐 수 있어 자동화 된 방재 시스템의 구현이 가능 할 것으로 기대된다. 다만, 시스템이 커지고 적용 범위가 넓어질수록 통신 거리와 센서모듈의 동작 안정성 등에 대한 연구가 더 필요하고, 온·습도, 대기압, O_2 , CO_2 센서 외에 먼지센서, 조도센서, 풍속센서 등의 모듈 추가 또한 필요하다.

참고 문헌

- [1] P. Havinga and G. Smit, “*Energy-efficient TDMA Medium Access Control Protocol Scheduling*,” In Asian International Mobile Computing Conference (AMOC 2000), pp.1-9, Nov. 2000.
- [2] D. Estrin, J. Heidemann, and W. Ye, “*An energy-efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks*,” in proceeding of the IEEE INFOCOM, pp.1567-1576, 2002.
- [3] H. Karl, M. Kubisch, J. Rabaey, A. Wolisz, and S. Zhong, “*Distributed Algorithms for Transmission Power Control in Wireless Sensor Networks*,” in Proceeding of IEEE Wireless Communications and Networking. vol.1, pp.58-563, Mar. 2003.
- [4] K. Romer, T. Schoch, F. Mattern and T. Dubendorfer, “*Smart Identification Frameworks for Ubiquitous Computing Application*,” IEEE Intl. Conf. on Pervasive Computing & Comm. PerCom’03, IEEE Computer Society, pp. 253 - 262, Mar. 2003.
- [5] I. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, “*A Survey on Sensor Networks*,” IEEE Communications. Magazine, Volume: 40 Issue: 8, pp.102-114, Aug. 2002.
- [6] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, “*A Survey on Sensor Networks*,” IEEE Communications Magazine, Vol.40, No.8, pp.102-114, August 2002
- [7] 채동근, “*센서 네트워크의 개요 및 기술동향*”, 정보과학회지, 제22권 제12호 통권 제187호, pp.5-12, 2004.12
- [8] 노귀용, “*RFID/USN 환경에서 유비쿼터스 위치 기반 참고관리 시스템*”, 순천대학교 석사학위논문, 2008.
- [9] 염세경, “*효과적인 RFID 시스템 구축을 위한 방법론적 모형개발*”, 동국대

- 학교 박사학위 논문, 2007.
- [10] 이선현, “유비쿼터스를 이용한 대학의 자산관리 시스템 모델”, 경기대학교 박사학위논문, 2004.
- [11] 신용태 외, “센서 네트워크 식별체계동향 분석 및 관리방안 연구”, 한국인터넷진흥원 연구보고서, 2007.
- [12] 정보통신부 MIC, “u-센서네트워크(USN) 구축기본계획”, 2004.
- [13] 통신정보연구, “신 물류정보시스템으로의 활용을 위한 RFID의 산업화 방안”, 통산정보연구 Vol.2 No.2, 2004.
- [14] 최석배, “USN을 이용한 무인기계경비 시스템 구현에 관한 연구”, 광운대학교 석사학위 논문, 2007.
- [15] 최현호, “홈네트워크에서의 ZigBee 프로토콜에 관한 연구”, 세종대학교 석사학위논문, 2005.
- [16] 박재성, “Zigbee 기술 및 시장동향”, 전자정보센터 EIC, 2007.
- [17] 박승현, “Zigbee 기술 적용 현황”, 한국 저전력산업협회, 2006
- [18] 조인영, “Zigbee 응용 시스템의 개발동향 및 발전방향”, 레이디오피스(주)
- [19] 이형수, “Zigbee 시스템에 대한 기술 동향”, ETRI
- [20] 정보통신연구진흥원, “RFID/USN을위한 무선통신 기술, Zigbee”, 2006
- [21] 남상엽 외, 유비쿼터스 센서 네트워크 응용, 성학당
- [22] 이윤철, RFID, 정보통신연구진흥원_IT신성장동력 Brief, 7월호, 2005
- [23] 김성운, 센서 네트워크 기술, 정보통신 시험 및 표준화 동향 워크샵, 2003

