

# ZIGBEE를 이용한 실내 환경 정화 시스템 구현

서형용\* · 이재홍\*\*

\*국립한밭대학교

## An Implementation of Inside Environment Purifying System Using ZIGBEE

Hyung-yong Seo\* · Jae-heung Lee\*\*

\*Hanbat National University

E-mail : shy2565\_95@nate.com

### 요 약

본 논문은 IEEE 802.15.4 표준안을 기반으로 하는 ZIGBEE 무선통신 기술을 이용하여 실내에서 발생하는 오염공기(담배연기, 연료용 가스, 유기용제 등)를 감지하고 실내 정화를 시켜줌으로써 피부 질환 및 호흡기 질환의 질병을 사전에 방지하기 위한 시스템 구현에 대하여 기술한다. ZIGBEE 무선통신 기술은 낮은 전력 소모, 저비용, 최대 256 노드 수용, 32 Kbyte 이하의 단순한 프로토콜 구조 등의 특징을 갖는다. 하드웨어 플랫폼은 ZIGBEE 무선통신 기술을 위해 ATmel사의 ATmega128L, Chipcon사의 2.4GHz RF-IC CC2420와 실내의 공기오염 정도를 확인하는 먼지 센서(GP2Y1010AU)와 가스 센서(GSBT11)로 구현하였다.

### ABSTRACT

This paper describes an implementation of system based on ZIGBEE wireless communication technique to prevent for diseases of skin ailments and respiratory ailments as sensing the air pollutions that breaks out in the inside and purifying. ZIGBEE wireless communication technique has features - low battery consumption, low cost, acceptance of the maximum 256 node and simple protocol structure of below 32Kbyte. Hardware platform is implemented by using ATmega128L in ATmel corporation and 2.4GHz RF-IC CC2420 in Chipcon corporation and dust sensor(GP2Y1010AU) and gas sensor(GSBT11) that confirm degree of inside air pollution for ZIGBEE wireless communication technique.

### 키워드

ZIGBEE, IEEE 802.15.4, Sensor network, purifying

## 1. 서 론

현대인들은 90% 이상의 시간을 주택, 사무실, 지하 공간 등의 실내공간에서 생활한다. 실내의 환경오염은 각종 피부질환이나 호흡기질환, 심한 경우 생명에 크게 영향을 미칠 수 있으므로 중요한 문제로 야기될 수 있다.

현재까지는 실내공간의 온·습도를 일정하게 유지하는 데에만 관심을 기울이고, 단순하게 온도나 습도와 같은 온열환경의 조절만 수행하는 시스템

위주로 연구가 진행되었으나, 최근 건물의 기밀화와 실외 공기 질 악화 등의 원인으로 실내에서 발생하는 오염물을 공기정화 장치를 통해 제어하는 것에 관심이 집중되고 있다.

본 논문에서는 실내 환경의 오염 상태를 원격으로 모니터링할 수 있고, 또한 공기정화 장치의 원격제어가 가능한 ZIGBEE 무선통신 기술을 이용하여 실내 환경 정화 시스템을 구현하였다.

## II. ZIGBEE 모듈의 구성

### 2-1 ZIGBEE(IEEE 802.15.4)

ZIGBEE는 LR-WPAN(Low Rate-Wireless Personal Area Network)의 표준인 IEEE 802.15.4의 프로토콜을 기반으로 PHY 계층과 MAC 계층의 구조를 이루고 상위의 네트워크 계층에서 응용 서비스까지 정의한 근거리 무선 네트워크이다.

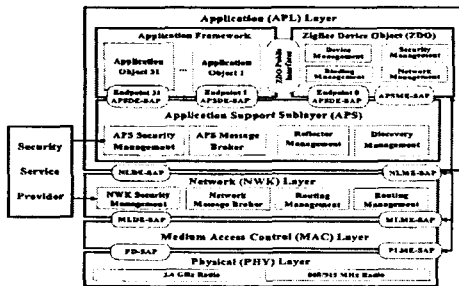
ZIGBEE는 낮은 전송속도와 매우 저렴한 가격, 그리고 매우 긴 배터리 수명과 간단한 구조 및 연결성의 특징을 가지고 있고, 10m이내의 작은 범위에서 무선 연결을 요구하는 분야에 적합하다.

ZIGBEE는 IEEE 802.15.4에서 정의한 세 가지 주파수대역을 사용하며 아래의 <표 1>에 나타났다.

<표 1> ZIGBEE 주파수대역 및 데이터 전송속도

	band	coverage	data rate	channel(s)
2.4 GHz	ISM	World wide	250 Kbps	16
868 MHz		Europe	20 Kbps	1
915 MHz	ISM	America	40 Kbps	10

ZIGBEE 프로토콜 스택은 IEEE 802.15.4 PHY 계층과 MAC 계층 위에 ZIGBEE Alliance가 정의하는 네트워크 계층과 지원 부 계층, 응용 프레임워크와 ZDO(ZIGBEE Device Object) 및 이들 사이의 인터페이스를 정의하는 응용 계층으로 구성된다. <그림 1>은 ZIGBEE의 프로토콜 스택 구조를 나타낸 것이다.



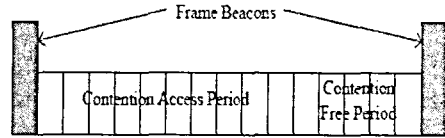
<그림 1> ZIGBEE 프로토콜 스택 구조

PHY 계층은 MAC 계층과 RF 펌웨어와 하드웨어의 사이에 위치하며, RF 트랜시버의 활성화 및 비활성화, 에너지 감지, 링크 품질 설정, 채널 선택, 채널 클리어, RF 상에서의 데이터 송신 기능을 담당한다.

MAC 계층은 물리 계층과 상위 네트워크 계층 사이에 위치하며 Beacon 관리, 채널 접근 제어, QoS를 위한 보장형 타임 슬롯 제어, 동적 채널 선택, 프레임 검증, ACK 프레임 전송, PAN에 Association과 Disassociation, 보안 제어, 효율적인 전력 소모를 위한 메커니즘을 구현한다.

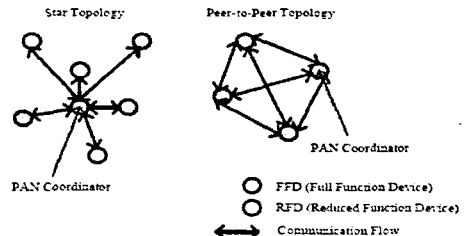
LR-WPAN 표준안에서는 부가적인 기능으로 Superframe 구조를 사용함으로써, 경쟁기반에서의 채널 접근과 비경쟁기반의 채널 접근 제어를 모두 제공할 수 있다.

Superframe 구조는 Coordinator에 의해 그 형식이 결정되며, <그림 2>와 같이 총 16개의 슬롯으로 나누어져 있으며, Beacon이 첫 번째 슬롯에 위치한다. 그 다음 슬롯들은 PAN 디바이스들이 서로 경쟁할 수 있는 CAP로, CSMA-CA 방식을 사용하여 채널에 접근한다.



<그림 2> Superframe 구조

LR-WPAN을 구성하는 디바이스는 네트워크를 컨트롤하는 PAN Coordinator 기능을 할 수 있는 FFD(Full Functional Device)와 제한된 자원을 가지고 단지 통신 기능을 구현하는 RFD(Reduced Functionality Device)로 나눌 수 있다. 이들은 LR-WPAN에서 <그림 3>과 같이 Star형과 Peer-to-Peer형의 네트워크를 구성한다.



<그림 3> LR-WPAN 네트워크 토폴로지

Star형의 네트워크에서 LR-WPAN을 구성하는 디바이스들은 오직 PAN Coordinator를 통하여 서로 통신하는 형태이다. Peer-to-Peer형의 네트워크는 PAN Coordinator가 존재하지만, 이는 하나의 PAN을 구성하고 디바이스들을 관리하는 역할만을 하며, LR-WPAN 디바이스들은 직접 통신할 수 없다. 여기서 FFD와 RFD는 PAN Coordinator, Coordinator, 디바이스의 세 가지 동작을 하는 Device Type이다.

### 2-2 TinyOS

TinyOS는 센서 네트워크와 같은 임베디드 네트워크 시스템을 위해 특별히 고안되어진 이벤트 기반의 애플리케이션, 소형의 코어 OS(400 byte 정도), 작은 데이터 메모리를 갖는 초소형 용량의 OS이다. 이와 같은 TinyOS는 컴포넌트 기반의 구조와 태스크, 이벤트 기반의 동시성, 구분된 동

작의 세 가지 특성을 갖는다. 특성들에 대해 각각 살펴보면, TinyOS는 재사용이 가능한 시스템 컴포넌트를 기반으로 한 구조로 이루어져 있다. 즉, 애플리케이션들이 구현에 필요한 각각의 컴포넌트들을 Wiring Specification을 연결하여 구성한다. TinyOS의 동시성을 확보하기 위해 태스크(Task)와 이벤트(Event)가 사용된다. 이 두 가지의 차이는 태스크나 이벤트들에 대한 선점가능 여부이다. 즉, 태스크들은 서로를 선점하지 않는 반면, 이벤트들은 태스크들이나 이벤트들의 실행에 대한 선점이 가능하다. 마지막으로, 구분된 동작의 특성은 태스크들의 특성을 통해 그 의미를 찾을 수 있다. 즉, 태스크들은 선점하여 실행되지 않기 때문에 TinyOS의 경우에는 Blocking 동작이 없다. 따라서 긴 시간동안 잠재적으로 동작하는 모든 작용들은 구분되어져 작동을 하게 되며, 이와 같은 동작에 대한 요구와 완성은 각각 구분되어진 함수들이다.

### 2-3 NesC

NesC는 TinyOS의 특성들을 지원하기 위해 고안된 프로그래밍 언어이다, 즉, NesC 애플리케이션들은 컴포넌트와 양방향의 인터페이스들로 구성되고, 태스크와 이벤트들에 기반한 동시성 모델을 제공한다라는 점이 특징이다.

NesC는 C언어의 확장 언어로 볼 수 있다. 이처럼 C 언어에 근거를 둔 이유는, C 언어가 마이크로 컨트롤러들을 위한 효율적인 코드 생성이 가능하고, 하드웨어에 액세스하기 위해 필요한 기본적인 특성들의 지원이 가능하며, 기존의 C코드와의 상호 작용이 단순하다는 장점 때문이다.

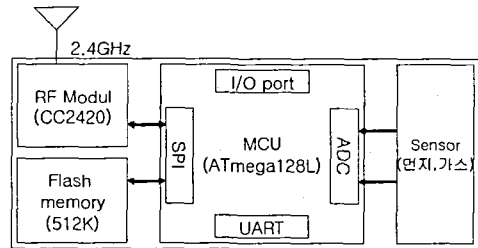
NesC는 인터페이스들을 제공하거나 사용하는 컴포넌트로 구성되는데, 이러한 컴포넌트는 Module과 Configuration이라는 두 개의 타입으로 존재한다. 모듈은 애플리케이션의 코드를 제공하거나, 한 개 이상의 인터페이스를 수행하며, Configuration은 컴포넌트가 사용하는 인터페이스들을 연결하는데 사용된다. 인터페이스는 양방향이라는 특성을 갖는데, 이는 커맨드와 이벤트를 포함함으로써 가능하다. NesC의 또 다른 큰 특징은 동시성이다. 이러한 동시성을 확보하기 위해서 두 가지의 방법을 사용한다. 즉, 태스크와 Atomic 구문이다. 태스크의 경우에는 동시성 위반 예상 코드 부분을 태스크로 따로 설정한 후 Post를 이용하여 연기함으로 동시성을 보장할 수 있고, Atomic의 경우에는 동시성 위반 예상 부분을 Atomic구문 내로 삽입하여 사용하면 NesC에서 동시성을 보장받을 수 있다.

## III. 실내 환경 정화 시스템

### 3-1 시스템 구성도

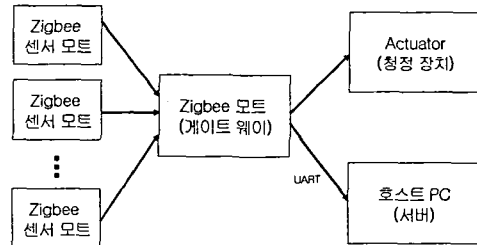
이 연구에서 구현한 ZIGBEE Device는 Chipcon

사의 2.4GHz RF-IC CC2420, ATmel사의 ATmega128L, 실내의 공기오염 정도를 확인하는 먼지 센서(GP2Y1010AU)와 가스 센서(GSBT11)로 회로를 구성하였고, 반도체 설계교육센터(IDEC)에서 지원 받은 qurtus 2.2 버전을 사용하여 센서 모드의 동작 시뮬레이션을 해보았으며 실제 PCB로 설계하여 보드를 구현하였다.



<그림 4> 센서 모드 구성도

<그림 5>는 실내 환경 정화 시스템의 전체 구성도이다.



<그림 5> 실내 환경 정화 시스템 구성도

#### 1) 게이트웨이 mote

ZIGBEE 네트워크의 coordinator로 동작하는 이 mote는 센서 mote에서 전송된 센싱 데이터를 받아서 서버와 UART로 통신을 하고 실내 공기가 기준값보다 높을 경우 공기정화 장치를 제어하도록 Actuator에게 데이터를 전송한다.

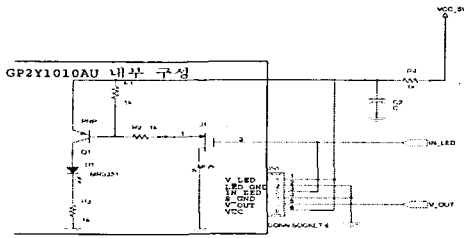
#### 2) 센서 mote

ZIGBEE 네트워크에서 End node로 동작하는 이 mote는 실내 공기 상태를 점검하는 가스 센서와 먼지 센서가 연결되어 센서에서 센싱된 데이터를 게이트웨이 mote로 전송하는 역할을 한다.

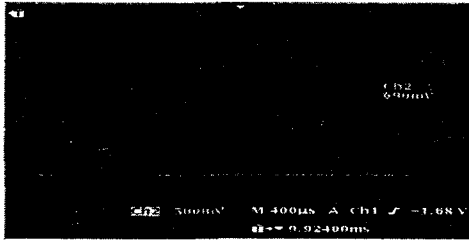
### 3-2 실험 결과

<그림 6>은 실내의 먼지 농도를 측정하는 먼지 센서를 사용하기 위한 회로 구성도이다.

IN\_LED 신호로 센서의 동작 제어를 하며 V\_OUT의 출력 데이터를 읽어 게이트웨이 mote에 전송하고 기준 전압 2V보다 높을 경우 공기정화 장치가 동작한다.

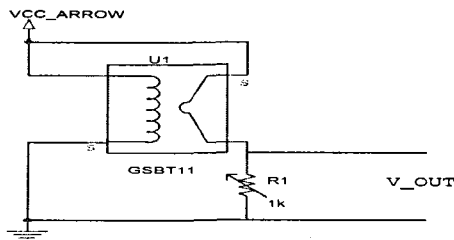


<그림 6> 먼지 센서의 회로 구성도



<그림 7> 먼지 센서의 출력 데이터

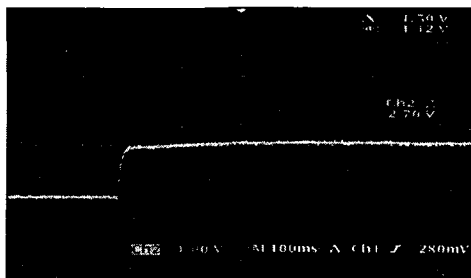
<그림 7>은 먼지 센서에서 감지한 먼지의 농도를 나타낸다. 센서는 0.1mg/m<sup>3</sup> 당 0.5V의 전압이 출력되는데, <그림 6>과 같은 경우 출력 전압이 약 0.7V이므로 먼지의 농도는 약 0.1mg/m<sup>3</sup> 정도가 발생한 것이다.



<그림 8> 가스 센서의 회로 구성도

<그림 8>은 건축자재에서 발생하는 오염공기를 감지하는 가스 센서(GSBT11)를 사용하기 위한 회로 구성도이다.

가스 센서의 출력 단자 V\_OUT으로부터 출력된 데이터를 게이트웨이 mote에 전송한다.



<그림 9> 가스 센서의 출력 데이터

<그림 9>는 가스를 감지한 출력 데이터이다. <그림 8>에서 보는 바와 같이 센서의 기본 출력이 약 1.2V이고, 공기정화 장치를 동작시키는 기준 전압을 2V로 하여, 센서에서 그 이상의 전압이 출력될 경우, 인체에 해롭다고 판단하여 Actuator는 공기정화 장치를 동작시킨다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 실내 환경의 오염 상태를 원격으로 모니터링할 수 있고, 또한 공기정화 장치의 원격제어가 가능한 ZIGBEE 무선통신 기술을 이용하여 실내 환경 정화 시스템을 구현하였다.

실내 환경 정화 시스템은 낮은 전송속도, 작은 양의 데이터, 저렴한 가격, 근거리 통신 등의 ZIGBEE 프로토콜의 특성에 적합함을 보였다.

향후 과제로는 ZIGBEE 프로토콜을 정보 가전이나 의학, 군용, 환경 등의 다양한 응용 분야에 적용함으로써 차세대 무선통신 기술인 유비쿼터스 센서네트워킹 구현이 가능하다.

#### 참고문헌

- [1] ZIGBEE Alliance, <http://www.zigbee.org/>
- [2] IEEE 802.15.4-2003 IEEE Standard for Information Technology-Part 15.4: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANS),2003
- [3] TinyOS: An Operating System for the Wireless Sensor Regime. <http://www.tinyos.net>
- [4] David Gay, Philip Levis, David Culler, Eric Brewer. *NesC 1.1 Language Reference Manual*. May 2003.
- [5] 김진태, 이훈, 황대환, 김봉태 "Development Trend of Standards for Low-Rate, Low-Cost, and Low-Power Wireless PAN"
- [6] Ed Callaway, Paul Gorday and Lance Hester, "Home Networking with IEEE 802.15.4: A Developing Standard for Low-Rate Wireless Personal Area Network", in IEEE Communications Magazine, August 2002.