

대기질 센서를 이용한 환경 측정 및 무선 네트워킹 설계

이석환 (하이버스㈜)

I. 요약

본 논문은 2.4GHz기반의 RF트랜시버를 이용하여, 대기질 센서로부터 획득한 정보를 전송하기 위한 하드웨어 및 펌웨어의 설계에 대해 제안한다. 하드웨어를 구성하는 대기질 센서는 CO₂, Dust, CO, NO₂, VCO 등의 환경 센서와 온/습도를 센싱할 수 있는 센서로 구성이 된다. 각각의 센서는 하나의 보드에 탑재되며, 무선 플랫폼과 어댑터로부터 필요한 전원을 공급받게 된다. 펌웨어는 응용 및 확장이 용이한 TinyOS를 사용한다. 펌웨어의 기능은 타이머, 센싱, RF전송 등이며, 타이머 분할 및 완료 함수 등을 이용한 각각의 센서 데이터 수집이 가능하도록 설계해야 한다. 또한 RF 전송은 멀티 홉(Multi-Hop)이 지원되도록 설계하여, 수신부까지의 거리가 미치지 못하는 노드의 데이터를 받을 수 있도록 함으로서, 지능형 네트워크의 개념을 부가한다.

II. 서론

대기오염이란 실외의 대기 중에 인위적으로 방입된 물질의 농도나, 지속 시간이 어떤 지역의

주민 중에서 상당히 많은 사람들에게 불쾌감을 일으키거나, 넓은 지역에 걸쳐 공중보건상의 위해나 동식물의 생활에 방해가 되는 상태라고 정의된다. 우리나라 이황산가스 오염도는 저황유공급 서울 이외의 대부분의 도시도 1996년 이후 WHO 권고기준(0.019 ppm)을 달성하였고, 단기 환경기준을 초과한 지역이 없는 것으로 나타나고 있다. 우리나라 주요 도시지역의 경우, 먼지 오염도(총부유분진 : TSP)는 매년 감소 추세에 있으나, 미세먼지오염도(PM10)는 갈수록 심각하다. 먼지는 대기 중의 이황산가스와 복합적으로 작용하여 호흡기질환을 유발하며 대기 중 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도가 존재할 때 시정거리를 8km 정도까지 감소시킨다. 서울의 경우 먼지오염도(총부유분진)는 1986년 183 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 계속 감소하여 1990년에는 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1997년에는 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1999년에는 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 연간 환경기준치인 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하를 달성했다. 기타 도시의 먼지오염도(1997년)를 보면, 부산 84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 대구 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 대전 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 등으로 환경기준치보다 적은 오염도를 나타냈다. 지하 내부시설인 지하철의 경우 환경부가 지하철 역사내 미세먼지를 측정 한 결과, 1호선 시청역이 작년 3월과 5월 각각

157 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 169 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 모두 서울시 환경 기준치인 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (하루동안 1입방m에서 검출된 미세 먼지량)를 초과했다. 종각역도 각각 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 184 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 기준치를 넘었고, 2호선도 측정대상 4개역 중 신촌역(201 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 등 2개역이 기준치를 넘었다.

미세 먼지는 공기 중에 부유 상태로 존재하면서 호흡에 의하여 인체에 침입해 기관지 및 폐에 부착된다. 이들 입자 중 일부는 기침, 재채기, 섬모운동 등에 의하여 제거되나 일부는 폐포 등에 침착 및 축적되어 인체 유해한 영향을 미친다.

그 외에, 실내 공기질을 결정하는 인자들이 인체에 미치는 영향은 라돈, 석면,ETS 등이 일으키는 발암작용에서부터 알데하이드나 알코올류의 미세한 자극 반응까지 매우 다양하다. 이들 중 실내공기오염은 건물 내부에 노출원이 존재하는 화학물질과 생물학적 오염물질에 기인하고 있다. 현재 지하철 내부에는 환기 덕트가 설치되어 있지만, 청소 시에 역사당4,000만원의 고비용이 들고 법적 강제사항이 아닌데다가 지하공간 대기오염 방지를 위한 예산 확보가 어려운 실정이라서 주기적인 교체와 청소를 실시하는데 어려움이 많다고 해명했다. 지하철 역사 내에 실시간으로 대기질 상태를 모니터링하는 시스템이 도입된다면, 오염도가 높은 부분만 청소를 하면 되므로 비용절감 효과를 볼 수 있다. 또한 지능형 환기 시스템 및 차단 시스템을 구축하는 기술적 기반이 될 수도 있다.

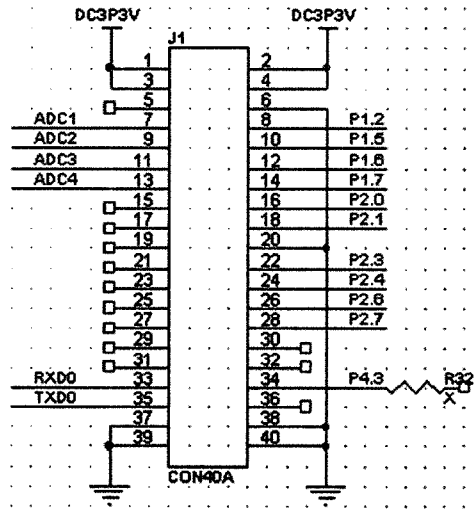
III. 본 문

1. 하드웨어

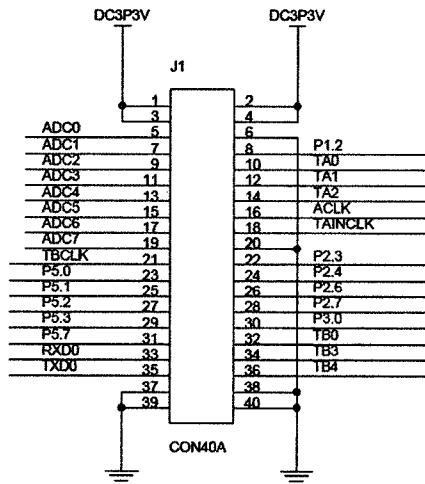
무선 플랫폼과의 통신을 위해 다음과 같은 외

부 커넥터가 부착되어 있어야 한다. 외부 커넥터는 4개의 ADC채널과 1개의 USART 및 I2C를 사용하기 위한 핀이 나와있다. 또한 11개의 GPIO핀이 나와 있어서 센서들의 전원을 인가받을 수 있게 된다.

외부 인터페이스의 구성은 다음과 같다.



이와 연결되는 무선 플랫폼의 외부 커넥터는 다음과 같다.



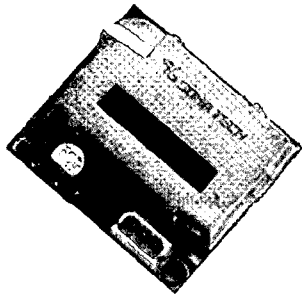
위의 그림과 같이 무선 플랫폼의 외부 커넥터와 호환성이 있도록 대기질 센서의 외부 커넥터를 연결한다.

대기질 센서는 CO₂, Dust, CO, NO₂, VCO 등의 환경 센서와 온/습도를 센싱할 수 있는 센서로 구성이 된다. CO₂와 CO, NO_x, VCO는 각각 ADC 채널에 연결이 되며, 온/습도 센서는 I²C, 먼지 센서는 GPIO와 연결이 되어 있다.

대기질 센서를 구성하는 센서는 다음과 같다.

<그림 1>은 CO₂ 센서로 0~3000ppm까지를 측정할 수 있고, 정밀도는 2%ppm인 센서이다. 특징으로는 공기 중의 이산화탄소를 검출하는 첨단 NDIR(Non-dispersive Infrared) 방식을 채택하여, 보다 더 정밀한 데이터를 얻을 수 있는 것이 특징이다. 컨트롤러와는 ADC 채널에 연결이 되어 있다.

<그림 2>는 먼지 센서로 특징 및 동작원리는



<그림 1> SH-300-ND

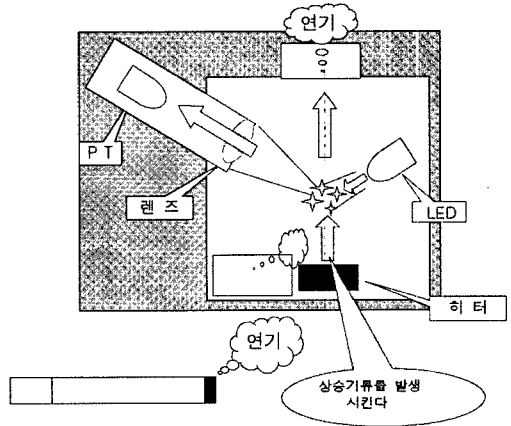


<그림 2> PPD4NS

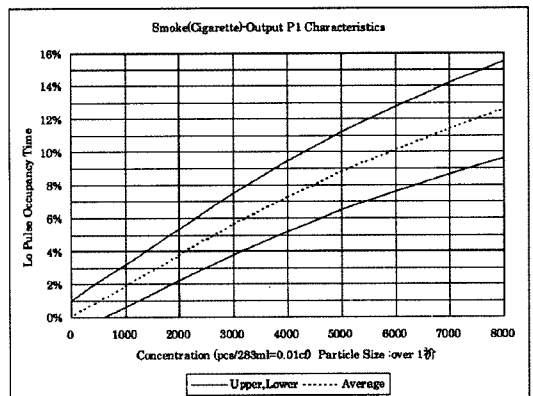
다음과 같다.

만약 흡입구로 먼지가 들어오게 되면 이 먼지가 조명영역을 통과하게 되어 산란광이 발생하게 된다. 수광이 되면 출력용 핀에 low 신호를 보

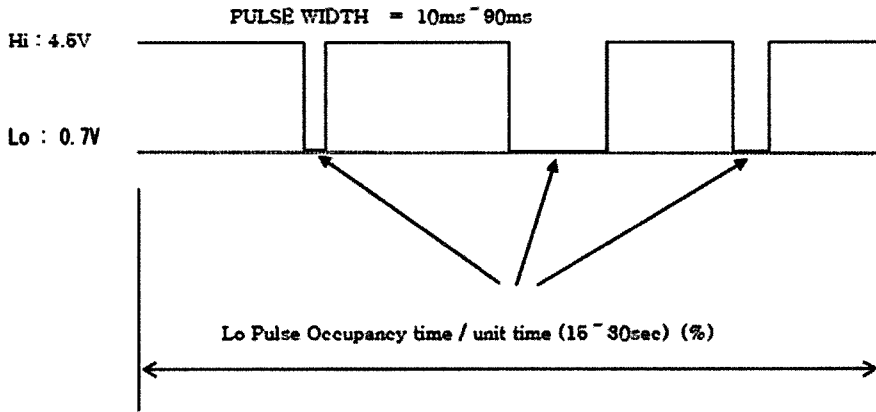
Detectable particle size:	approx. 1 μm (minimum.)
Detectable range of concentration:	0~28,000 pcs/liter (0~8,000pcs/0.01 CF=283ml)
Supply Voltage:	DC5V +/- 10% (CN1: Pin1=GND, Pin3=+5V) Ripple Voltage within 30mV
Power consumption:	90mA
Operating condition range	
Temperature:	0~45°C
Humidity:	under 95%RH max. (without dew condensation)
Recommended storage condition:	-30~60°C
Time for stabilization:	1 minute after power turned on
Dimensions:	59(W) × 45(H) × 22(D) [mm]
Weight:	24g(approx.)
Output Method:	Negative Logic, Digital output, Hi : over 4.5V Lo : under 0.7V (As Input impedance : 200k Ω) Op-Amp output, Pull-up resistor : 10k Ω



<그림 3> PPD4NS 동작 원리



<그림 4> low신호에 따른 먼지밀도



〈그림 5〉 먼지 센서 timing

내게 된다.

지정된 시간에 low신호가 된 시간을 측정하여 퍼센티지로 환산하면 위와 같은 공식으로 먼지 농도 데이터를 구할 수 있다.

컨트롤러쪽에서는 일정 시간 안에 발생된 low 신호의 시간을 구해 농도를 구할 수 있다. 30초 동안 low가 된 시간을 구해 위 공식을 대입하여 먼지 농도를 구하게 된다.

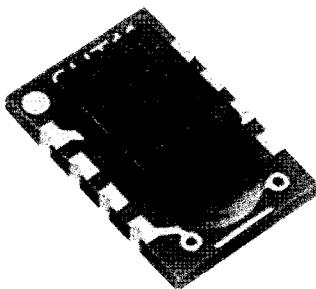
〈그림 6〉은 온/습도 센서로 I2C로 데이터를 주고 받게 된다. 무선 플랫폼과는 다음과 같이 연결이 된다.

VCC는 무선 플랫폼의 전원과 연결이 되어 있어 전원 인가가 되고, SCLK는 클럭핀과 연결이

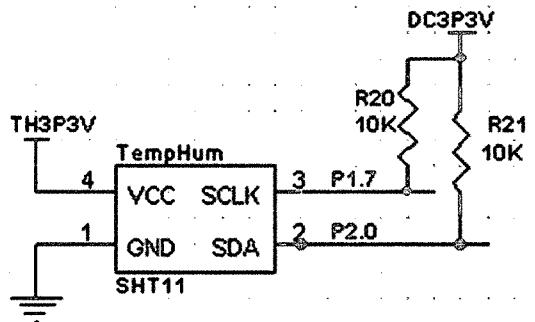
되어 있다. SDA는 SCLK에 입력되는 클럭신호에 따라 데이터를 주고 받게 된다.

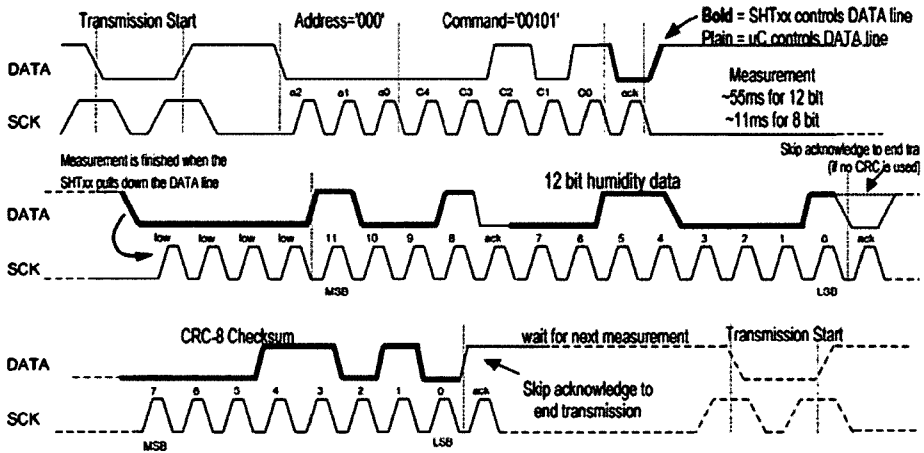
이 밖의 CO, NO2, VCO등은 모두 화학반응식인 아날로그 센서를 사용하였다.

온/습도 센서와 CO,NO2,VCO등의 아날로그 센서는 12V를 사용하는 CO2가 구동될 때, PCB로 전도되는 온도의 영향을 받지 않기 위해 CO2 센서와 어느 정도의 거리를 유지해야 한다. 인터페이스 구성은 무선 플랫폼과 호환이 가능하도록 ADC, I2C 및 GPIO등의 핀이 커넥터에 연결되어 있어야 하며, 무선 플랫폼의 RF성능에 영향을 끼치지 않도록, 트랜시버의 안테나를 가리지 않게끔 설계해야 한다.



〈그림 6〉 SHT11





〈그림 7〉 SHT11 Timing

2. 소프트웨어

무선 플랫폼에 퓨징되는 펌웨어는 TinyOS-1.x로 작성된 프로그램으로, 타이머, 센서 인터페이스, RF등의 컴포넌트가 포함되어 있다. 프로그램이 시작되면 센서의 초기화를 하게 된다.

센서의 초기화 과정은 Power Enable과 ADC 바인드 과정이 포함된다. SHT11같은 I2C인터페이스 센서를 위해 클럭과 데이터 핀을 초기화

```

event result_t Timer.fired()
{
    if(ticks % 4 == 1)
        call VOCADC.getData();
    else if(ticks % 4 == 2)
        call NOXADC.getData();
    else if(ticks % 4 == 3)
        call COADC.getData();
    else
        call CO2ADC.getData();
    ticks++;
    return SUCCESS;
}

```

한다. 각각의 센서가 초기화 되면 타이머를 실행한다. 타이머는 프로그래밍에 의해 조절이 될 수 있으며, 타이머가 실행될 때마다 해당 센서에서 데이터를 가져오게 된다. 패킷에는 모든 센서의 데이터가 담겨있어야 하므로, 이를 위해서 타이

```

async event CO2ADC.dataReady(uint16_t data)
{
    msg_radio -> data[6] = data & 0xff;
    msg_radio -> data[7] = data >> 8;
    call VOCADC.getData();
}

async event VOCADC.dataReady(uint16_t data)
{
    msg_radio -> data[8] = data & 0xff;
    msg_radio -> data[9] = data >> 8;
    call NOXADC.getData();
}

async event NOXADC.dataReady(uint16_t data)
{
    msg_radio -> data[10] = data & 0xff;
    msg_radio -> data[11] = data >> 8;
    return call DataMsg.send(msg_radio);
}

```

머를 분할하여 데이터를 가져올 수 있다.

센싱을 위한 두번째 방법은 완료 함수에 의한 센싱을 하는 것이다. 예를 들어 CO2의 데이터를 가져와 버퍼에 저장한 후에, NOx의 데이터를 가져오는 방식이다. 마지막 센서에 의해 모든 데이터가 버퍼에 채워지게 되면, RF로 패킷을 전송하도록 한다.

먼지 센서의 경우, 센서에 연결된 핀의 레벨이 low가 되면 타이머를 시작하고, 다시 High가 되었을 때는 타이머를 멈춰, 지정된 시간의 카운트 값을 계산하도록 한다.

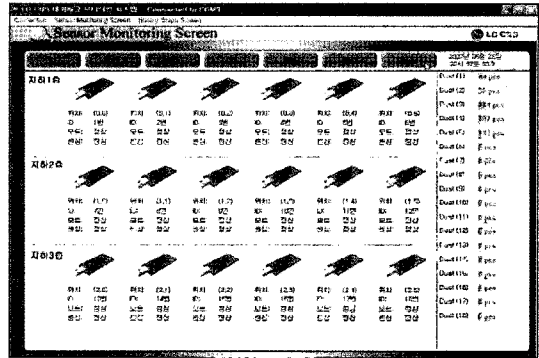
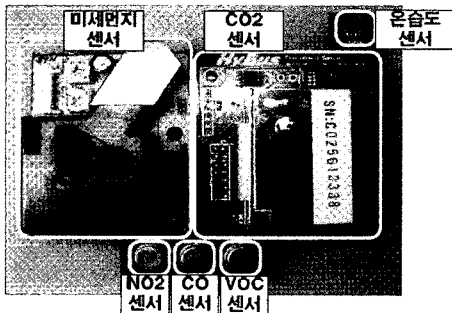
IV. 실험 및 결론

제작된 하드웨어는 12V 어댑터에 연결되며, 외부 인터페이스에 무선 플랫폼을 연결하면 모든 센서가 초기화 된다. 무선 플랫폼은 하이비스(사)의 Hmote2420을 사용하였다.

수집된 센서 데이터를 효과적으로 모니터링 및 관리하기 위해 응용 프로그램을 제작하였다.

노드로부터 전송된 정보는 사용자의 요구에 맞춰 다른 형태로 출력될 수 있다. <그림 8>은 개별 센서를 기준으로 대기 환경을 모니터링하는 모습이다.

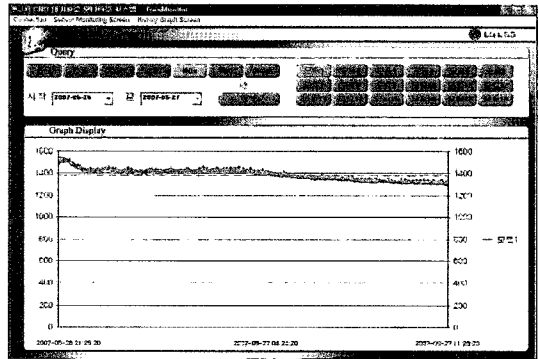
노드로부터 수집된 대기환경 정보는 데이터베이스에 기록되고 사용자의 요구에 맞춰 열람이



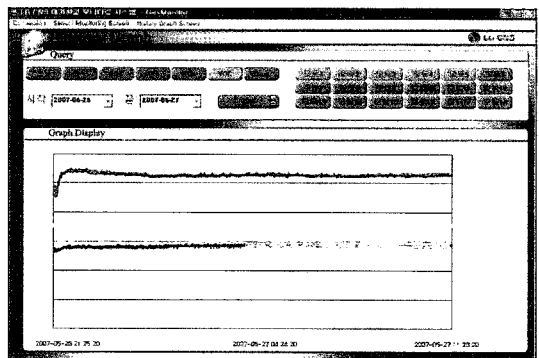
<그림 8> 응용프로그램 -1

가능하다. <그림 9>은 저장된 대기환경 정보를 개별 노드로 열람하는 모습이다.

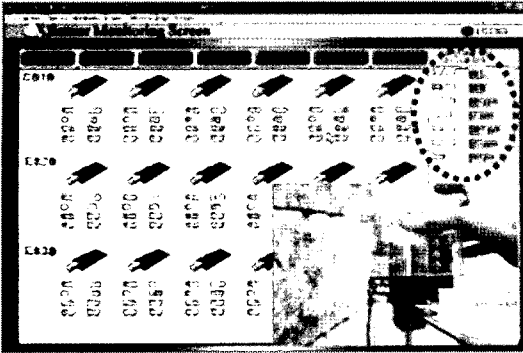
<그림 10>는 저장된 대기환경 정보를 다중 노드로 비교하며 열람하는 모습이다.



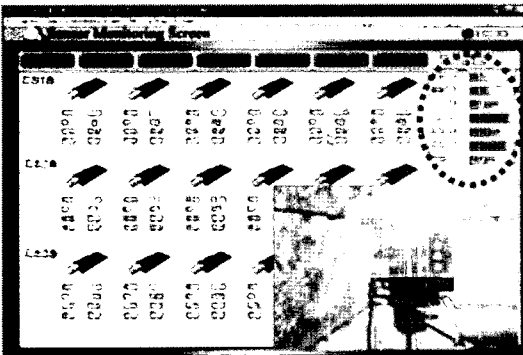
<그림 9> 응용프로그램 -2



<그림 10> 응용프로그램 -3



〈그림 11〉 응용프로그램 -4



〈그림 12〉 응용프로그램 -5

대기 환경을 변화시키는 요소로 담배연기를 이용하였으며, 담배연기로 인해 일산화탄소, 이산화질소, 휘발성 유기화합물, 그리고 미세먼지의 농도가 크게 증가하는 것을 볼 수 있다.〈그림 11〉

참고문헌

- [1] John Deegan, Jr., (1987), Looking back at Love Canal, Env.Sci.Tech., Vol.21, No.4, No.5
- [2] Superfund Record of Decision, (1987), Love Canal, NY, Second Remedial

Action,PB89-117428

- [3] Superfund Record of Decision, (1991), Love Canal(93rd StreetSchool), NY, Third Remedial Action, PB92-963805
- [4] SHINYEI KAISHA "PPD4DNS" DATA-SHEET
- [5] SOHA-TECH "SH-300ND" DATASHEET

저자소개



이 석 환

1998년 2월 상계고등학교
2005년 2월 상명대학교 소프트웨어 학과
2005년 2월~현재 하이비스 재직중

주관심 분야 : 임베디드 S/W 및 H/W, 마이컴 펌웨어