

# 실내 환경정보 모니터링시스템 설계 및 구현

예성현, 김지훈, 한순희  
전남대학교 디지털컨버전스 협동과정

e-mail : 96ysh007@naver.com, yahweh87@nate.com, shhan@jnu.ac.kr

## The Design and Implementation of Indoor Environmental Monitoring System

Seong-hyeon Ye, Ji-hoon Kim, Soon-hee Han

\*Interdisciplinary Program of Digital Convergence, Chonnam national University

### 요 약

대부분의 시간을 실내에서 보내는 사람들이 점점 많아짐에 따라서 안전한 실내 생활환경에 대한 관심이 높아지고 있고, 특히 실내 오염원을 감지하여 사전 조치를 취할 수 있는 측정 시스템에 대한 필요성이 점차 증대되고 있다. 이와 관련하여 본 논문에서는 다양한 환경 센서를 활용하여 가정이나 특정 실내공간의 환경정보를 측정하고 실내공기를 관리할 수 있는 '실내 환경정보 모니터링시스템'을 설계하고 구현하였다.

### 1. 서론

현대사회 구성원들은 일과 중 대부분의 시간을 가정, 차내, 사무실 및 실내작업장, 공공건물, 상가, 병원 등의 실내에서 생활하고 있으며, 이러한 실내 활동시간의 증가로 실내 공기오염으로부터 발생하는 많은 문제점에 대하여 관심이 증가하게 되었다. 이러한 실내 공기 질에 영향을 미치는 오염물질로는 CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, 오존, 미세먼지, 중금속, 석면, 라돈, 휘발성 유기화합물(VOCs), 포름알데히드, 병원성세균 등 다양한 원인 물질이 있다.[1,2,3,4]

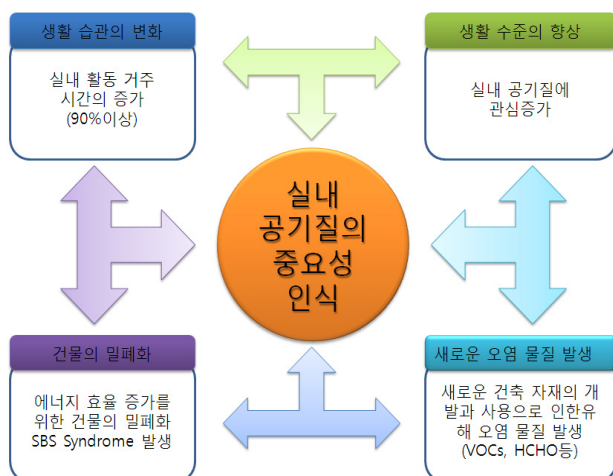
또한 (그림 1)에서와 같이 현대인들은 산업 활동 및 일상생활의 대부분을 실내공간에서 활동하고 있으므로 실내 공기 환경은 안전한 생활환경 또는 작업환경을 구성하는 요건 가운데 중요한 부분으로 인식되고 있다. 현재 이러한 실내 환경의 안전성을 평가할 수 있는 다양한 센서 기술들이 개발 중에 있으므로, 개발된 센서를 활용하여 실내 환경정보를 실시간으로 확인하고, 평가할 수 있는 정보처리기술의 개발이 필요하다.

본 논문에서는 다양한 환경 센서를 이용하여 실내 환경정보를 수집할 수 있는 '실내 환경정보 모니터링시스템'을 설계하고, 설계된 시스템을 구현하여 그 결과를 평가하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 주요국가의 실내 환경기준 및 오염원이 인체에 미치는 영향에 대한 측정기준을 제안하며 3장에서는 시스템의 구조와 데이터 처리방법에 대하여 서술한다. 4장에서는 효과적인 활용방법과 향후 연구방향을 제시한다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1. 실내공기 오염원

실내에서 발생하는 공기오염원인은 생물학적 요소와 화학적 요소가 동일 공간상에 존재하는 경우가 대부분으로 이를 종합하여 실내 환경에서 보편적으로 대표되는 오염물질을 발생원에 따라 <표 1>과 같이 자연발생적인 생활 활동과 건축자재, 외기 및 생활용품 등으로 구분할 수 있다.



(그림 1) 실내 공기질의 중요성

&lt;표 1&gt; 실내공기 오염원의 종류

발생원	발생 오염물질
인간 활동	세균, 바이러스, 암모니아, CO <sub>2</sub> , CO, NO, NO <sub>2</sub> , 곰팡이, 휘발성 유기화합물 등
건축자재	HCHO, 유리섬유, 석면, 라돈, 접착제, 진드기, 곰팡이 등
외기	CO <sub>2</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , 중금속 등
생활용품	세제, 살충제, 살균제 등

## 2.2. 주요국가의 실내 환경기준

미국 EPA(Environmental Protection Agency)에서는 실내 공기오염을 시급히 처리해야 할 5대 환경문제중의 하나로 판단하여 미국 환경부 산하에 실내 환경업무를 담당하는 부서(IED-Indoor Environment Division)를 두고 일반 대중에게 가정, 학교, 대형건물, 사무실에서의 실내 공기 질에 대한 다양한 정보를 제공하고 있다.

국내에서는 1990년 이전에는 실내공기오염의 측정이 주로 이산화질소 농도의 측정방법이 주를 이루었으나, 현재는 기술의 발달과 사회적 관심의 고조로 실내 환경의 중요성이 부각되어 다양한 공기오염 물질에 대한 인식제고와 함께 다중이용시설 등의 실내공기질관리법이 2004년에 제정 및 공포되었다.

<표 2>는 주요국가의 오염물질에 대한 실내 환경기준이다.[5]

&lt;표 2&gt; 주요국가의 실내공기환경 기준

오염물질	실내 환경(Indoor Air)
이산화탄소 CO <sub>2</sub>	1,000 ppm(일본 건축기준법) 1,000 ppm(ASHRAE)
일산화탄소 CO	10 ppm(일본 건축기준법) 10 ppm(WHO EUROPE : 8시간) 9 ppm(ASHRAE : 8시간 평균)
이산화질소 NO <sub>2</sub>	0.1 ppm(WHO EUROPE : 1시간) 3 ppm(미국 ACGIH)
휘발성 유기화합물 VOC	0.2~0.6mg/m <sup>3</sup> (핀란드 FISIAQ)
부유분진 TSP	0.15mg/m <sup>3</sup> (일본 건축기준법) 50μg/m <sup>3</sup> (영국/미국 : 1시간)

<표 3>은 실내 환경에서 오염물질에 지속노출 시 인체에 미치는 영향이다.[6]

&lt;표 3&gt; 오염물질의 농도별 인체 영향

오염물질	농도(ppm)	지속노출 시 인체영향
이산화탄소 CO <sub>2</sub>	1,000 2,000 이상	환기계산 기준 두통, 호흡곤란 등
일산화탄소 CO	5 100 이상	신경계 반사작용 변화 두통, 시력장애, 사망
이산화질소 NO <sub>2</sub>	5 5 이상	산업안전 허용기준 눈/코 자극, 기관지 영향
휘발성 유기화합물 VOC	.	물질에 따라 발암성을 보임.
부유분진 TSP	.	심폐질환, 시력감소

## 2.3. 오염물질의 농도별 측정기준 안

실내 환경정보 수집은 수분석(직접채취)과 간이시험방법으로 크게 분류할 수 있다. 현장 계측기기를 이용하는 방법은 간이시험방법에 속하며, 이러한 현장 계측기기는 일정 수준 이상의 신뢰도, 정확성, 소형, 경량, 편리성 등이 요구된다. 본 논문에서는 가스센서를 사용하여 실내 오염물질을 측정하며 측정된 센서정보의 처리기준 안은 실내공기환경 기준에 따라 <표 4>와 같이 설정하였다.

&lt;표 4&gt; 측정된 센서정보의 처리기준 안

오염물질	농도(ppm)		상태
이산화탄소 CO <sub>2</sub>	1000 이하		정상
	1000 이상		환기
	2000 초과		경고
일산화탄소 CO	5 이하		정상
	5~10(8시간)		환기
	10 이상(8시간)		경고
이산화질소 NO <sub>2</sub>	3이하		정상
	3~5이하(8시간)		환기
	5이상(8시간)		경고
휘발성 유기화합물 VOC	0.2~0.6mg/m <sup>3</sup>	이하	정 상
		이상	환기
부유분진 TSP	50μg/m <sup>3</sup> (1시간)	이하	정 상
		이상	환기

## 2.4. 가스 센서

가스센서는 대기, 수질, 토양 등 인체에 유해한 물질을 화학적, 물리학적, 생물학적 및 기계적 방법을 이용하여 전기적 신호로 검출한다. 이러한 센서는 측정방식에 따라 <표 5>과 같이 구분할 수 있다.[7]

&lt;표 5&gt; 가스 오염원 측정방식

측정 방식	대상 가스
반도체식	H <sub>2</sub> , CO, NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> , NO <sub>x</sub> , VOC 등
접촉 연소식	가연성가스, 알코올, 케톤, 할로젠 등
열선식	NO <sub>x</sub> , CO, CH계, 액화석유가스
고체 전해질식	O, CO <sub>2</sub> , CO 등
정전위 전해식	CO, NO <sub>x</sub> , H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> , Cl <sub>2</sub> , SiH <sub>4</sub> 등
비분산 적외선식	CO, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> 등
SAW 방식	NO <sub>x</sub> , CH <sub>4</sub> , HCN, DMMP 등
열전 방식	H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , 기타 가연성가스 등
화학발광 방식	NO, NO <sub>2</sub> 등
아크 자외광 분광 방식	F, 염화메틸린, CCl <sub>4</sub> , 염화메틸 등

&lt;표 6&gt; 모니터링 모듈 하드웨어 사양

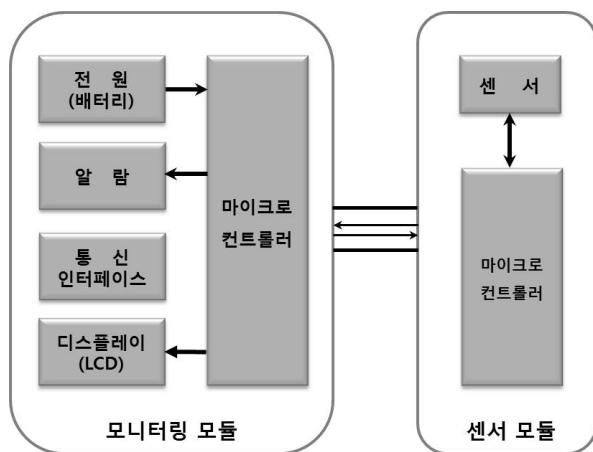
구분	규격
MCU	SAMSUNG S3c2440A-40
LCD	3.5" TFT Touch
Buzzer	PWM Control
Power	DC 5V
Interface	RS-232c, TTL Level

모니터링 모듈의 동작은 (그림 3)과 같이 센서모듈로부터 수신되는 데이터에 대하여 프로토콜 규격 준수 여부를 검사하여 정상 수신 데이터로 판정된 데이터만을 연산 처리한다. 처리된 데이터는 <표 7>과 같이 설정된 임계값과 비교하여 임계값 범위 내에 있을 경우에는 결과를 디스플레이로 출력하며, 임계값을 초과하는 경우에는 결과를 디스플레이와 알람으로 동시에 출력한다.

### 3. 설계 및 구현

#### 3.1. 시스템 설계

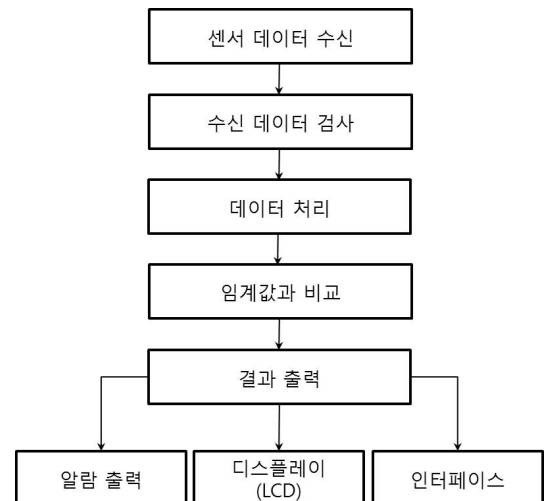
실내 환경정보 모니터링시스템은 (그림 2)와 같이 모니터링모듈과 센서모듈로 구분하고, 모니터링모듈과 센서모듈은 정의된 데이터 프로토콜을 사용하여 데이터를 교환함으로써 다양한 센서를 이용하여 사용자 목적에 따라 편리하게 측정할 수 있도록 설계하였다.



(그림 2) 시스템 구성

#### 3.2. 모니터링 모듈

모니터링모듈은 센서모듈로부터 수신되는 데이터를 처리하는 마이크로컨트롤러와 정보를 표시하는 디스플레이, 시스템 고장 및 임계값 범위 초과를 사용자에게 소리로 알려주는 알람, 시스템 동작 전원용 배터리로 구성되며, 모니터링 모듈의 하드웨어 사양은 <표 6>과 같다.



(그림 3) 모니터링모듈의 데이터 처리

&lt;표 7&gt; 센서별 임계값 및 ID

가스 구분	임계값	ID
CO	5 ppm	01
CO <sub>2</sub>	1,000 ppm	02
NO <sub>2</sub>	3 ppm	03
VOC	0.6 mg/m <sup>3</sup>	04

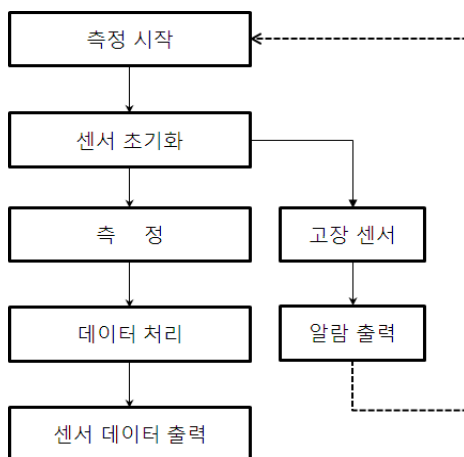
#### 3.3. 센서 모듈

센서모듈은 다양한 센서 가운데 CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, VOC 센서를 이용하여 각각 8-bit AVR® MCU를 이용하여 구성하였으며, 센서의 하드웨어 사양은 <표 8>과 같다.[8,9,10,11]

&lt;표 8&gt; 센서 하드웨어 사양

센서	측정범위	출력형식
CO	0~250ppm	V
CO <sub>2</sub>	200~30,000ppm	V
NO <sub>2</sub>	0~200ppm	V
VOC	0~350ppm	V

센서모듈은 모니터링 모듈로부터 센서 데이터 요구 명령어에 따라 (그림 4)와 같이 센서 초기화 동작을 수행한다. 센서 초기화 이후 센서의 측정값 출력이 아날로그 형식일 경우에는 ADC 처리를 수행하며, 디지털 형식일 경우에는 데이터 연산 처리를 수행하여 정의된 데이터 프로토콜 형식으로 변환하여 모니터링 모듈로 전송한다. 센서의 측정 주기는 센서 특성에 따라서 미리 설정된 주기로 반복 측정을 할 수 있도록 구성 하며, 모니터링 모듈로부터 송신된 중지 명령을 수신할 때 까지 측정을 반복 한다.



(그림 4) 센서모듈의 데이터 처리

### 3.4. 데이터 프로토콜

센서 모듈과 모니터링 모듈 사이의 데이터 교환은 (그림 5)와 같은 구조로 정의하고 각 필드는 ‘;’로 구분하여 총 18byte로 구성한다.

<STX> 1byte	,	<ID> 2byte	,	<State> 1byte	,	<DATA> 10byte	,	<ETX> 1byte
----------------	---	---------------	---	------------------	---	------------------	---	----------------

(그림 5) 송수신 데이터 구조

- STX : 센서 데이터의 시작(특정 문자 지정)
- ID : 센서모듈 확인 ID(센서별 ID부여)
- State : 센서 상태(이상여부)
- DATA : 측정데이터
- ETX : 데이터의 끝(특정 문자 지정)

## 4. 결론

본 논문에서는 실내 환경정보를 측정하기 위하여 다양한 센서를 사용자 목적에 따라 편리하게 조합할 수 있도록 모니터링 모듈과 센서모듈로 구분하여 실내 환경 정보 모니터링 시스템을 설계하고 설계된 시스템을 마이크로프로세서를 이용하여 (그림 6)과 같이 구현하였다. 구현된 시스템에서는 센서 모듈에서 측정한 데이터를 모니터링 모듈에서 실시간으로 수신하여 설정된 임계값에 따라 현재 실내 환경 정보가 임계값을 초과할 경우 사용자에게 알람으로 경고함으로써 실내 환경에서 작업자의 안전성을 확보할 수 있는 방법을 제공하도록 하였다. 향후에는 외부 데이터 표준 인터페이스를 이용하여 원격지의 관제시스템으로 데이터를 송수신할 수 있는 시스템을 개발할 예정이다.

### 감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연공동기술개발사업(No.공동기술-2011-46285)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

### 참고문헌

- [1] 심순섭, "실내 공기질 계측기기의 개발과 적용", 환경정책과 계측기기의 기술동향 및 활용, 월간자동계측제어, pp.13-17, 2004.
- [2] 한국산업기술진흥원, 나노선 가스센서, 2008
- [3] 전자부품연구원, 환경 센서, 2008.07
- [4] 전자부품연구원, 센서 개황 및 바이오칩, 2008
- [5] 국립환경과학원, 실내공기질정보센터, 실내공기질 관련 기준 및 제도([http://www.iaqinfo.org/02/02\\_02.htm](http://www.iaqinfo.org/02/02_02.htm))
- [6] 국립환경과학원, 실내공기질정보센터, 오염원의 특성 및 영향([http://www.iaqinfo.org/01/01\\_05.htm](http://www.iaqinfo.org/01/01_05.htm))
- [7] 중소기업청, "가스센서의 시장·기술 보고서", 2009.10
- [8] Ogam Technology, CO Sensor(<http://d.ogamtech.com/upload/CMO.pdf>)
- [9] Ogam Technology, CDO Sensor([http://d.ogamtech.com/upload/100125\\_SUM-GHFS41\\_Kc.pdf](http://d.ogamtech.com/upload/100125_SUM-GHFS41_Kc.pdf))
- [10] Ogam Technology, NOX Sensor(<http://d.ogamtech.com/upload/NOx.pdf>)
- [11] Ogam Technology, VOCs Sensor([http://d.ogamtech.com/upload/100515\\_SUM-GSBT11\\_Ec.pdf](http://d.ogamtech.com/upload/100515_SUM-GSBT11_Ec.pdf))