

# 다양한 실내 환경에서의 CO<sub>2</sub> 농도 변화 분석 연구

## A Study on the Analysis of CO<sub>2</sub> Concentration Variation According to the Indoor Space Condition Changes

안광훈, 권종원, 김규식, 김희식

Gwanghoon Ahn\*, Jongwon Kwon, Gyu-Sik Kim, Hiesik Kim

**Abstract** - Air quality of indoor space environment is affected by various pollutants like as particles and chemical stuffs. The indoor air pollution affects directly the human respiration organs to cause consequently unpleasant mental status. The CO<sub>2</sub> concentration level is one of the harmful components of air pollutants. Major factor to increase the CO<sub>2</sub> concentration level is the people's breath amount in indoor. The car exhaust gas diffused from the around road also has strong affect on CO<sub>2</sub> concentration. There are some other reasons to affect the CO<sub>2</sub> concentration change, such as, real-time change of the population movement, closeness to the indoor air flow inlet window and changes in road car traffic amount. A remote monitoring system to measure environmental indoor air pollution concerning on the CO<sub>2</sub> concentration was studied and installed realized set-up model. Zigbee network configuration was applied for this system and the CO<sub>2</sub> concentration data were collected through USN network. A software program was developed to assure systematic analysis and to display real-time data on web pages. For the experimental test various condition was set up, like as, window opening, stopping air condition operation and adjusting fan heater work, etc. The analysis result showed the relation of various environmental conditions to CO<sub>2</sub> concentration changes. The causes to increase CO<sub>2</sub> concentration were experimentally defined as windows closing, the stopping air condition system, fan heater operation. To keep the CO<sub>2</sub> concentration under the legally required ppm level in public access indoor space, the developed remote measurement system will be usefully applied.

**Key Words** : CO<sub>2</sub>, Concentration, Indoor, Pollutant, Zigbee

### 1. 서론

실내 공기질 분석 장치 개발의 필요성은 우리가 생활하는 공간이 대부분 실내이며 공기질이 인체의 건강에 직접 영향을 미치게 되므로 측정 및 관리가 필요하다. 이들 중 가장 기본이 되는 것이 온도와 습도 및 CO<sub>2</sub> 농도이다. 특히 CO<sub>2</sub> 농도의 경우 인원수, 냉난방기의 동작유무에 따라 농도의 변화에 큰 영향을 미친다. 이와 같은 실내 공기질 환경 측정은 우리의 건강과 밀접한 관계를 가지기 때문에 매우 중요하다.


본 논문에서는 유동인구의 실시간 변화 및 공조기 작동 유무 등의 환경조건에 따라 변화하는 CO<sub>2</sub> 농도의 변화량을 측정하기 위해 실내공간에 Zigbee 네트워크를 구성한 후 3초마다 변화되는 실내 환경 정보를 수집하여 다양한 환경 및 실내 환경 변화에 따라 실내 거주자의 호흡기능에 영향을 미치는 CO<sub>2</sub> 농도 측정값의 변화를 분석할 필요가 있다.

### 2. CO<sub>2</sub> 측정 기술

기존의 실내 공기질 환경 측정 방법은 한 곳에서 CO<sub>2</sub> 농도 데이터를 수집하는 방식이다. 그러나 본 논문에서는 다수의 CO<sub>2</sub> 농도 데이터를 동시에 수집한 후 실시간으로 확인하였다. 분산된 공간의 CO<sub>2</sub> 농도 데이터를 동시에 수집하기 위해 Zigbee 통신을 사용하였다.

Zigbee는 ISM Band(Industrial, Scientific and Medical Band) 대역인 2.4GHz를 사용한다. 또한 Zigbee의 장점은 저전력, 저가격으로 근거리 무선센서 네트워크를 구성하는데 적합하며 IEEE 802.15.4 작업분과위원회에서 표준화된 PHY/MAC 층을 기반으로 상위 protocol 및 application을 규격화한 기술이기 때문에 연구결과의 상업화, 기술이전, 또는 경제성측면에서 유리하다.

표1. Zigbee 모듈 사양

	ATmega128L과 RF칩인 CC2420 및 각종 센서 장착
	PCB 안테나, 120m까지 통신가능
	50핀 커넥터 이용하여 외부 확장 가능
	사용온도 : 5 ~ 40℃
	온도범위 : -40 ~ 120℃
크기(L×W×H) : 140×80×100 mm	

#### 저자 소개

- \* 안 광 훈 : 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 석사과정
- \* 권 종 원 : 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 박사과정
- \* 김 규 식 : 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수
- \* 김 희 식 : 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수

본 연구에서 Zigbee 모듈을 적용한 장점은 표2의 CO<sub>2</sub> 센서를 장착하여 정밀한 CO<sub>2</sub> 농도값을 필요한 주기마다 전송할 수 있도록 구성할 수 있었다.

논문 2에서는 공기질의 좋고 나쁨을 판단하는 요소를 미세 먼지로 보았다. 그러나 본 논문에서는 CO<sub>2</sub>에 초점을 맞추고 있다. 실내에는 미세먼지 보다 CO<sub>2</sub> 농도에 의해 불쾌해지고, 메스꺼움이 나타나기 때문이다.

표2. CO<sub>2</sub> 센서 사양

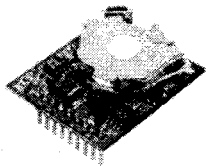
	측정방식 : NDIR
	측정범위 : 0 ~ 10,000 ppm
	측정오차 : ±5%
	측정주기 : 3초
	스텝 응답 시간 : 30초
	크기(L×W×H) : 38×32×12 mm

표2의 CO<sub>2</sub> 센서는 비분산 적외선(NDIR:Non-Dispersive InfraRed)방식을 사용하고 있다. NDIR 방식은 기존의 접촉식(화학식) 센서에 비해 수명이 길고 정밀도가 높다.

### 3. CO<sub>2</sub> 농도 측정 분석 시스템 구성

#### 3.1 CO<sub>2</sub> 농도 측정 실험 장치

CO<sub>2</sub> 농도의 변화량을 원격 측정하기 위해 사무실 6곳에 걸쳐 Zigbee 네트워크를 구성하였다. CO<sub>2</sub> 농도 측정높이는 앉은 상태에서의 사람의 호흡선 높이인 1.1m로 설정했다.

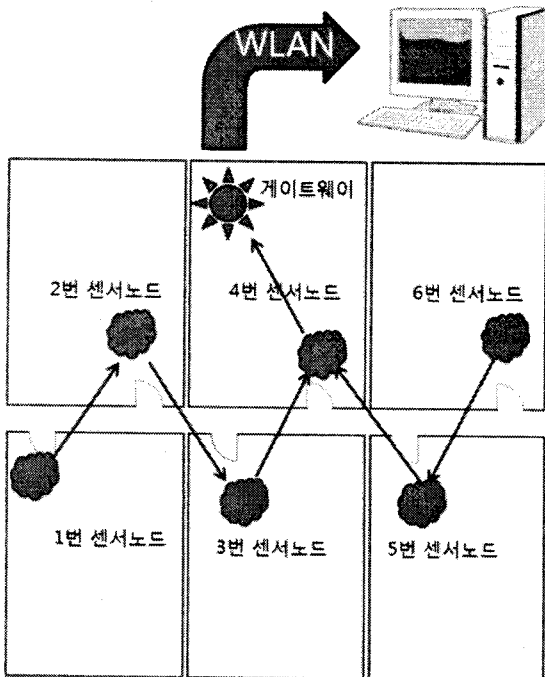


그림1. 네트워크 구성도

Zigbee 네트워크는 센서 노드 6개와 게이트웨이 1개, 중앙 서버컴퓨터 1대로 구성되어 있다. 각 센서 노드와 게이트웨

이는 Zigbee 네트워크로 연결되어 있고 multi-hop이 가능하며, auto-configuration 기능을 가지고 있다. 게이트웨이와 서버PC는 TCP/IP socket 으로 연결되어 있으며, 게이트웨이는 임베디드 리눅스를, 데이터 수집하는 중앙서버컴퓨터는 윈도우 XP를 운영체제로 사용하고 있다.

센서 노드는 CO<sub>2</sub> 센서로부터 3초마다 데이터를 읽어서 게이트웨이로 전송한다. 이때 Zigbee 통신을 사용하는데, Multi-Hop(중간 노드들이 패킷을 전송해 주는 것) 기능을 이용하여 CO<sub>2</sub> 농도 값을 전송한다. 게이트웨이는 전송 받은 데이터를 버퍼에 저장하고 1분 간격으로 평균을 내서 중앙서버 컴퓨터로 전송한다. 중앙서버컴퓨터는 전송 받은 데이터를 데이터베이스에 삽입하며, WAS(Web Application Server)를 구동하고 있다.

다양한 실내 환경을 만들기 위해 실내 인원수, 창문 개폐, 공기조, 냉 · 온풍기 작동유무 등에 조건을 설정했다. 한 조건으로 5시간씩 데이터를 수집하였다.

네트워크를 구성하여 5시간 이상 데이터를 수집 해 본 결과, 1시간 이내로 데이터를 수집 할 때는 발생하지 않았던 문제를 발견했다. 게이트웨이에서 1번 센서 노드가 보낸 데이터와 6번 센서 노드가 보낸 데이터가 중간 중간 섞여서 들어오는 문제가 있었다. 섞인 데이터는 정상적으로 사용할 수 없기 때문에 필터링 과정이 필요하다. 비정상적인 데이터를 찾기 위해 센서 노드에서 보낸 데이터와 게이트웨이에서 받은 데이터를 비교 분석하였다. 그 결과 비정상적인 데이터들 사이에서 정상적인 데이터를 구별해 낼 수 있었다.

보다 안정된 실험값을 얻기 위해 무선 통신 Zigbee 모듈 상에서 신호를 증폭하여 송신하는 Power Amp 이용 방안 또는 기존 사용한 모듈의 안테나 송신 전력 보다 강한 전력을 갖는 모듈을 적용하면 보다 넓고 복잡한 구조에서 안정적으로 통신이 가능하다.

#### 3.2 CO<sub>2</sub> 농도 측정값의 변화

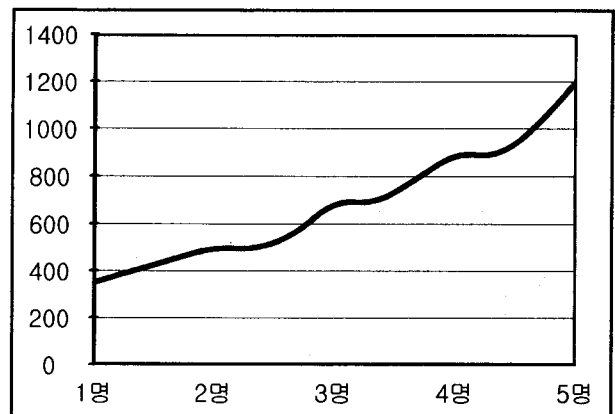


그림2. 인원별 CO<sub>2</sub> 농도

CO<sub>2</sub> 농도를 증가시키는 가장 큰 요인이 사람의 호흡이므로 실내 인원수를 조절하여 실험을 한 결과, CO<sub>2</sub> 농도가 실내 인구 숫자에 선형적으로 증가하며 인원수가 증가할 때 CO<sub>2</sub> 농도가 약간 줄어들었다가 다시 증가되는 증세를 보였다.

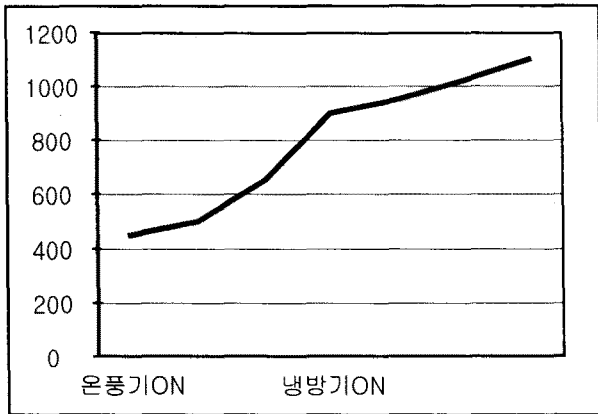


그림3. 냉 · 온풍기 작동유무 별 CO<sub>2</sub> 농도

냉 · 온풍기 작동유무에 따라서 체온의 변화가 생기고 이로 인해 호흡 횟수에 변화가 생겨 결국 실내 CO<sub>2</sub> 농도가 변하게 된다. 냉방기를 작동시켰을 때는 평소보다 조금 낮게, 온풍기를 가동시켰을 때는 평소보다 높게 측정 되었다

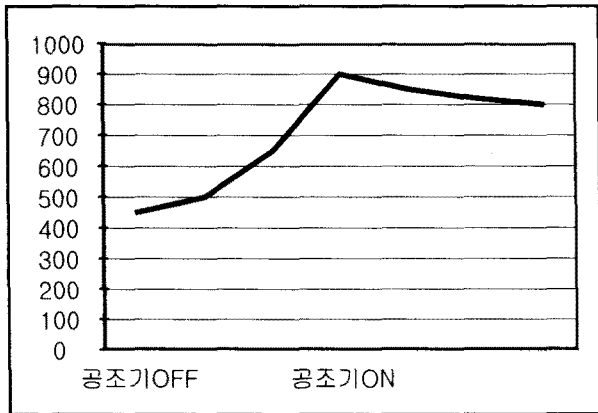


그림4. 공조기 작동 유무별 CO<sub>2</sub> 농도

공조기를 켜다가 새로 작동을 시키면 환기효과에 의하여 약간에 CO<sub>2</sub> 농도 감소 효과가 있다. 공조기가 호흡에 의하여 인체에서 배출되는 CO<sub>2</sub>를 부분적으로 감소시키지만, 외부 공기를 유입시키는 환기시스템의 효과에 비하여 낮은 편이다.

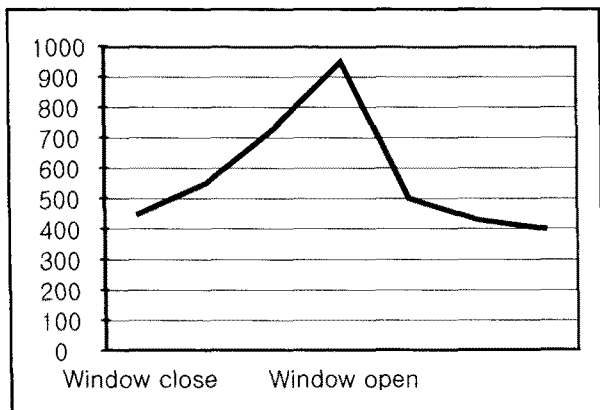


그림5. 창문 개폐별 CO<sub>2</sub> 농도

창문을 닫고 있다가 열어두면 외부공기와 내부공기가 순환이 되기 때문에 CO<sub>2</sub> 농도가 급격하게 감소하는 것을 볼 수 있다. 위에 환경 조건 차트들을 비교 해 봤을 때, CO<sub>2</sub> 농도를 가장 효과적으로 줄이는 방법은 창문을 열어두어 외부의 공기유입을 일정하게 유지하는 환기 시스템 작동이 실내 CO<sub>2</sub> 농도 증가를 방지하는 방법으로 분석되었다.

#### 4. 결론

다양한 실내 조건에서의 CO<sub>2</sub> 농도 측정 및 분석하였다. 각 실험 조건으로만 실험하기 위해 실내로 유입되는 공기 흐름 및 환경 조건을 변화시키면서 측정하였다. 그러나 일상적인 실내 환경에서는 위에서 실험했던 조건들이 복합적으로 작용하며 각 조건들이 서로 영향을 미친다.

실내의 CO<sub>2</sub> 농도를 높이는 주요 원인이 사람의 호흡이며 실내 온도가 높아지거나 산소 농도가 낮은 경우에 호흡이 빨라지면서 CO<sub>2</sub> 농도값이 증가되는 현상이 있었다. CO<sub>2</sub> 농도 증가가 측정되는 경우에는 공기질 제어를 위하여 환기시스템을 공기질 감시 장치에 연동하여 작동되어야 한다.

#### 감 사 의 글

본 논문은 2007년도 서울시 산학연 협력사업의 지원으로 연구되었습니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 권중원, 오드케렐, 박용만, 구상준, 김희식, "Zigbee를 이용한 실시간 임베디드 리눅스 기반의 저전력형 U-Health 시스템 구현", 2007 정보 및 제어 심포지움, pp. 436-438, 2007. 4
- [2] 김규식, 나형욱, 강상혁, "레이저 광산란식 미세먼지 측정 시스템의 실현", 2008 정보 및 제어 학술대회 논문집, pp. 365-366, 2008. 10