

A complex hazards detection system based on Eco-sensors pack

Jaechun Jang*, Eunhee Kim**, Lim Changmok***

Abstract

There are numerous hazards and toxins have been produced in many forms along with life and working environments. Nevertheless, to remove these hazards and toxins, there are many counteracting goods manufactured, but the result is limited in specific categories. Also it costs a lot of energy waste. In this paper, we propose a model that reduce wasting energy for detecting and getting rid of the harms. It adds a multi hazards auto-detection model for user friendly include the disable. It will be controlled the minimal sensed level of the harms by individuals through the proposed model. It can conduct detecting and eliminating the harms via eco-sensors pack which is adapted in different environments. As a result, the model works to produce only essential energy to clear the hazard and toxins as soon as the harms are generated and it leads to standby power.

▶ Keyword : IAQ, Hazards detection, Standby power, Sensing

1. Introduction

사람들은 하루 중 80% 이상의 시간을 실내에서 보내며 이로 인한 실내 공기질에 대한 문제가 최근 부각되어 오고 있다. 실내 공기질을 저하시키는 물질들은 200여종 이상으로 알려져 있으며, 이들 유해물질들은 외부의 공기가 실내로 유입될 때 들어오거나, 건축자재 및 사무기기와 집기 등으로부터의 누출, 실내에서의 인간 활동 등에 의하여 발생한다. 실내공기질의 저하가 실내 거주자들의 생명을 위협할 정도는 아닐지라도 장기적으로 볼 때 건강에 나쁜 영향을 미치고 있다. 일반적으로 실내 공기오염 정도는 농촌보다는 도시에서, 여름보다 겨울에, 건강한 성인보다는 노약자가, 실외에서 활동하는 사람보다는 실내에서 활동하는 사람(주부, 영유아, 노약자, 일반 사무직 등), 밤이나 주말보다는 근무시간에, 그리고 밀폐형 공간일수록 더 많은 영향을 받고 있다고 보고되었다[1].

실내 공기오염물질에 노출된 사람들은 오감과 신체의 자극에 의해서 이를 감지하게 되는데 인간의 신체 감각은 독성의 감지보다는 쾌적성을 감지하기가 더 쉽다. 특히 에너지 절약형 건물에 대한 관심이 높아지고, 도시 집중에 따른 고층화로 소음

방지를 위한 개폐기능 창문의 수가 적어지고 환기 횟수가 줄어들고 있으며 중앙 집중 냉난방 시스템 도입으로 실내 공기는 더욱 심해지고 있는 실정이다. 하지만 생활 중에 발생하는 다양한 종류의 오염물질들을 일일이 대응하다보면 일에 대한 집중력의 저하로 인하여 생산력과 효율성이 떨어지게 된다. 기존에는 공기청정기나 환풍기 등을 이용하여 실내 공기를 쾌적하게 하는 일부 가전제품들도 있지만 특정 유해물질에 한정되어 동시에 여러 유해물질을 관리할 수는 없으며, 사용자가 미리 설정한 환경에 대해서만 수동적으로 제품이 작동하기 때문에 이들 제품 사용에 필요한 에너지 소비가 많다. 또한 유해물질들을 측정하는 전문 장비들은 고가의 장비로 개별적으로 구매하기가 어렵고, 장비 사용에 필요한 전문 지식이 필요하다. 사무실이나 가정 등에서 생활하는 사람들 중에는 환경 및 관련 측정 장비에 대한 전문 지식이 없는 사람들이 대부분이며, 업무와 상관없는 고가의 유해물질 측정 장비를 구비할 필요가 없는 경우가 대다수이다.

따라서 다양한 환경에 적용가능하고 사용자 환경마다 다르게 발생하는 다양한 유해물질의 주기적인 모니터링을 통해 능동적으로 유해물질을 탐지 및 제거할 수 있는 자동화 모델을

• First Author: Jaechun Jang, Corresponding Author: Jaechun Jang
*Jaechun Jang(jcjang@gyc.ac.kr), Dept of Military Science, Gangneung Yeongdong College
**Eunhee kim(jenny0117@nate.com), Dept of Military Science, Gangneung Yeongdong College
***Lim changmok(cmlim@ireis.co.kr), CEO of IREIS
• Received: 2015. 08. 21, Revised: 2015. 09. 14, Accepted: 2015. 10. 24.

제안한다. 제안한 모델은 기존 환기 시스템과의 연동이 가능하고 사람마다 다르게 느끼는 유해물질의 최소 감지 농도를 조절할 수 있고, 환경마다 다르게 발생하는 유해물질의 인지부터 제거까지 능동적으로 수행할 수 있다. 그 결과로서 무조건적이고 수동적인 유해물질의 탐지가 아니라 발생하는 순간부터 제거까지 능동적인 수행을 통해 유해물질 제거에 필요한 에너지를 최소화시킬 수 있으며, 불필요한 대기전력을 감소시킬 수 있다.

이 논문의 효율적인 전개를 위해 다음과 같이 구성한다. 2장에서는 유해물질 분석을 위해 수행된 기존의 연구 사례를 분석하고, 3장에서는 이 논문에서 제안하는 에코 센서팩을 이용한 복합 유해물질 탐지 시스템에 대해서 기술한다. 4장에서는 제안한 방법의 검증에 위한 실험 결과를 분석하고, 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 연구를 제시한다.

II. Hazards detection

실내 공기질이나 환경질을 개선하기 위해서는 공기중에 떠다니는 미립자와 초미립자를 감소하는 기술, 저전력 소비 여과 기술, 고성능 휴대용 공기 청정기, 공기중 발생하는 바이오에어로졸 제거 기술[4,6] 필터나 환기 시스템 표면에 부착된 미생물의 농도 감소 기술[2], Co₂, 유해가스 및 악취 환기 기술[3,5]들이 요구된다. 이런 기술들이 접목된 대표적인 제품들로는 HEPA 필터 휴대용 공기 청정기, 중성필터를 이용한 HVAC 또는 공기조화기, 정전집진기를 이용한 공기조화기, 항균 필터, UV 살균 발광기, 오존 멸균기, 항균 이온 생성기, 흡착 필터(활성탄 또는 비석 흡착제), 열 촉매 시스템 및 광촉매 시스템 등이 제품화되어 되어 있다. 하지만 이들 제품의 문제점은 실내 공간 면적을 고려한 휴대용 공기 청정기의 효율성, 유지비용, 필터 교환 비용, 운용 에너지 비용, 실내 공간 면적을 고려한 이온 생성 기술의 항균 효과에 대한 의혹 및 항균 필터의 효율성, 탈취 필터의 짧은 생명력, 광촉매 시스템의 저 효율성, 열 촉매 시스템의 높은 에너지 소비율과 안정성 등이 문제로 나타나고 있다. 이러한 문제점들 중에서 환기에 필요한 에너지 소비 문제와 실내 공간 면적에 대한 전체적인 환기가 이루어지지 않는 점, 그리고 기존 건축물에 추가적인 설비 및 고가의 비용을 들이지 않고도 적절한 곳의 환기를 수행하여 실내 공기질 및 환경의 질을 개선하기 위한 방안을 제시한다.

이 논문에서는 반도체 방식의 유해물질 탐지를 위한 센서들을 이용하여 구매비용을 감소하고, 사용자가 환기가 필요한 공간과 각 공간에서 발생하는 여러 가지 유형의 유해물질을 동시에 탐지할 수 있도록 여러 개의 센서들을 하나로 패키징화하고, 유해물질의 농도에 따라 환기장치의 작동을 자동으로 조절할 수 있도록 개발되어 있다. 이때 환기장치가 작동이 되지 않을 시에는 환기장치의 전원을 차단하고 작동 시에만 자동으로 전원을 공급할 수 있도록 되어 있기 때문에 대기전력 및 불필요한 환기장치의 작동으로부터 에너지를 절약할 수 있다.

III. complex hazards detection system based on Eco sensors pack

제안한 시스템은 사람들이 주로 시간을 많이 보내는 가정, 사무실, 작업장 등에서 주변 환경정보를 수집, 분석 및 환기까지 능동적으로 대응할 수 있도록 설계하였다. 사람들이 실내에서 느낄 수 있는 공기에 대한 불쾌감을 최소화 시키는 동시에 이 시스템 작동 시 소비되는 에너지를 줄이기 위해 무선통신 방식을 이용하여 시스템의 작동을 능동적으로 제어함으로써 대기전력을 최소화 시켰다.

제안한 시스템은 3종류의 ESP(Eco-Sensors Pack), MC(Main Controller) 및 SDM(Status Display Module)으로 크게 구성되어 있다. ESP는 외장형으로 탐지를 원하는 곳의 모듈을 선택하여 MC에 부착하면 된다. 누구든지 손쉽게 부착할 수 있도록 작고 가볍게 개발하였다. 그리고 SDM은 MC와 별도로 무선통신이 가능하므로 사용자가 원하는 곳에 비치하여 현재 공기질의 상태를 모니터링 할 수 있도록 되어있다. Fig. 1에서는 제안한 시스템의 전체 프레임워크를 나타낸 것이다.

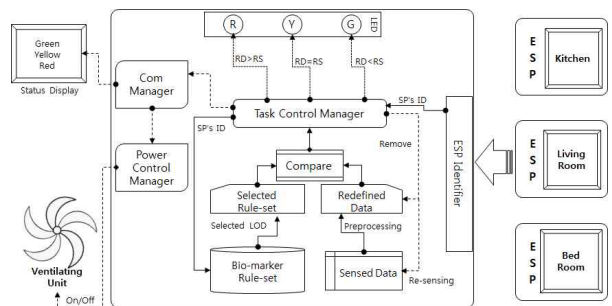


Fig. 1. Framework of complex hazards detection system

이 논문에서는 ESP 모듈을 먼저 가정용 기준으로 개발하였으며, 주방용(ESP-K), 거실 및 안방용(ESP-L&B), 화장실용(ESP-T) 세 공간으로 구분하였다. ESP의 센서 구성은 온습도 센서를 기본으로 각 공간에서 발생하는 유해물질을 선정하였으며 유해물질에 대한 기준은 Table 1과 같다. 통합된 센서들로부터 수집되는 유해물질의 측정 기준치는 “다중이용시설 실내 공기질관리법 시행규칙(Dec. 2011)”을 토대로 제안 시스템의 용도에 맞게 수정 하였다.

Table 1. Eco Sensors Pack

ESP type	sensors	detection hazards list	limits (ppm)	area
ESP-K	CO, Smoke, CNG	Carbon Monoxide	<=200	kitchen
		Methane	<=12,500	
		Butane	<=4,500	
		Acetaldehyde	<=0.03	
		Toluene	<=0.2435	

ESP -L&B	Co2, VoCs, Smoke	Carbon Dioxide	<=1,200	living & bed room
		Formaldehyde	<=0.1568	
		Benzene	<=0.0086	
		Acetaldehyde	<=0.03	
		Toluene	<=0.2435	
ESP -T	Nox, Co2, Smoke	Carbon Dioxide	<=1,200	toilet
		Nitrogen Dioxide	<=0.05	
		Acetaldehyde	<=0.03	
		Toluene	<=0.2435	

MC는 전체 시스템의 총괄 관리를 담당하며, 연결된 센서 팩의 종류를 식별하는 ESP Identifier, 탐지되는 유해물질의 농도를 판별할 기준치를 저장한 Bio-marker Rule-Set, Bio-marker Rule-Set과 입력된 데이터와의 처리를 수행하는 Task Control Manager, 처리된 결과를 사용자와 환기장치에 전달하는 Com Manager와 Power Control Manager로 이루어져 있다.

먼저 Task Control Manager 각 모듈의 세부 기능은 다음과 같다.

A. Data preprocessor module

이 모듈에서는 수집된 데이터의 전처리 과정으로서 수집된 센서 데이터의 정확도를 높이기 위해 센싱 주기 동안 수집된 데이터 중 중복된 데이터 및 오류 데이터 등을 제거하여 정상적인 데이터만을 추출하는 일을 담당한다.

센싱 주기 동안 수집된 데이터 중에서 오류 데이터나 잘못된 데이터를 제거하기 위해서 ESP에 통합된 각 센서의 탐지 범위 (min ~ max)에 포함되지 않는 데이터는 오류 데이터로 간주하여 제거한다. 그리고 센싱 주기 동안 동일한 값이 지속적으로 탐지가 된다면 이 또한 공기질의 변동이 없음을 의미하므로 중복된 데이터에 대해서는 중복제거를 수행하여 불필요한 데이터의 축적을 방지하도록 하였다.

B. Initial Config Set module

이 모듈에서는 탐지 공간의 환경에 대한 초기 값 설정을 자동으로 인지하여 결정하는 일을 담당한다. 모든 주거환경에서 발생하는 유해물질들은 집의 건축년도, 시공재료, 집의 위치(도시, 시골), 거주자의 연령 및 생활 패턴 등 여러 가지 요소에 따라 다르게 발생한다. 따라서 아무리 한 아파트 건물 내의 공간이라고 하더라도 집집마다 거주자의 연령 및 생활 패턴 등에 따라서도 거주공간의 환경 질은 다를 수 있기 때문에 MC에게 각 거주공간에 맞추어 스스로 초기 값을 결정하여 제공하도록 하였다.

그리고 탐지 환경의 초기 값 설정을 위한 데이터 수집 주기를 최초 10분으로 설정하였다. 처음 10분 동안 수집된 데이터는 수집되는 동안 Data Preprocessor()에 의해 데이터의 1차 정제과정을 거친다. 처리된 데이터는 환경의 기준치 설정을 위

해 3단계로 분류한다. 1단계(Green)는 안전한 단계로 실내 공기질 권고 기준이하의 수치로서 green_value 값으로 저장하고, 2단계(Yellow)는 주의 단계로 권고기준에서 지정한 위험수치와 안전 수치 사이의 값으로서 yellow_value로 저장한다. 마지막 3단계(Red)는 위험 단계로 권고기준치를 넘어선 수치는 모두 red_value로 분류한다. 이렇게 분류된 green_value, yellow_value, red_value의 값들은 MC에서 유해물질을 탐지하기 위한 기준치 값으로 사용되도록 저장된다.

C. Warning Level Decision module

이 모듈에서는 탐지 환경의 공기질 수준이 어느 정도인지를 결정하여주고, 결정된 공기질 레벨에 따라 환기장치의 작동 여부를 판단해 주게 된다. 주변 환경에 대한 공기질은 Initial Config Set()에 의해 처리된 결과 값 (green_value, yellow_value, red_value)에 따라 3단계로 결정된다. green_level은 설정된 green_value의 범위에 포함된 값으로 현재의 공기질이 안전한 상태를 의미하며, yellow_level은 green_value와 red_value 사이의 값으로 아주 위험한 상태는 아니지만 주의를 요하는 상태를 의미한다. yellow_level이라고 결정되면 센싱은 기존에 설정된 센싱주기와는 별도로 좀 더 정확한 값을 구하기 위해 다시 데이터를 수집하여 확정된 값을 계산하게 된다. 이때, 재검사를 통해 결정된 값을 현재의 공기질로 판단한다. 마지막으로 red_level은 현재 공기질이 위험한 상태를 의미한다. Initial Config Set module과 Warning Level Decision module의 수행과정을 통해서 주방, 거실, 화장실 구역에 대한 기준치 값을 Table 2와 같이 설정하였다.

Table 2. ESP warning level

E C O type	sensor	warning level (output voltage, v)		
		Green	Yellow	Red
ESP -K	Co	0.72~3.06	3.07~4.08	4.09~
	Smoke	0.65~1	1.1~2	2~
	CNG	0.58~1.73	1.74~4.25	4.26~
ESP -L&B	VoCs	1~1.2	1.2~1.5	1.5~
	Smoke	0.65~1	1.1~2	2~
	Co2	~1.08	1.08~1.71	1.71~
ESP -T	Nox	1~1.5	1.6~2	2~
	Smoke	0.65~1	1.1~2	2~
	Co2	~1.08	1.08~1.71	1.71~

D. Dynamic Sensing period controller

이 모듈에서는 센싱 주기를 환경의 상황에 따라 다르게 조절해 가면서 주변 환경의 공기질을 관리하기 위한 역할을 담당한다. 아울러 환기장치의 자동제어를 위해 센싱 주기를 유동적으로 운영함으로써 공기질이 변경되었을 때 자동으로 환기장치의 작동도 멈추게 된다. 센싱 주기는 두 가지로 구분하였다. 첫 번째는 ESP에서 탐지 환경에 대한 초기 값 설정을 위한 First Time(FT), 탐지 환경 정보를 수집하기 위해 실질적으로 ESP이 작동하는 Working Time으로 구분한다. 이때 FT는 10분동

안 탐지 환경 값을 수집하여 초기 값 설정에 사용된다. 그 이후 부터는 warning level의 값에 따라 유동적으로 수행한다. Warning level에 의해 결정된 값이 green 이면 공기질이 안전한 상태를 나타내므로 환기장치역시 작동이 되지 않는다. 따라서 이 경우 다음 센싱 주기는 10분으로 설정된다. 만약 warning level 이 yellow 나 red 라면 환기장치가 작동하게 되고, 이것은 공기질이 오염되어 있다는 의미이므로 다음 센싱 주기는 1초 간격으로 정보를 수집한다. 1초 단위로 정보를 수집하는 이유는 환기장치가 작동 중이기 때문에 공기질의 오염도에 변동이 있을 수 있고, 공기질이 green 으로 바뀌기 전까지 환기장치를 계속 작동하기 위해서 1초마다 센싱을 수행하도록 하였다.

E. Com Manager

이 모듈에서는 ITU-T에서 통신용도가 아닌 산업, 과학, 의료 분야를 위해 예약이나 사전 허가 없이도 사용이 가능한 공용 주파수 대역인 ISM(Industrial Science Medical) band를 이용하여 무선으로 각 모듈간의 통신을 제어할 수 있도록 개발하였다. 이 기법은 환경적인 측면에서는 공용 주파수 허용대역으로 사용료가 없고, 제도권에 사전 신고를 하지 않고 사용이 가능하기 때문에 자유롭게 신기술 개발 대역에 활용이 용이한 특징이 있으며, 2.4GHz 대역을 이용하여 무선제어를 수행하고 있다. CM은 MCU(Micro Control Unit) 과 RF (Radio Frequency) 컴포넌트로 구성되어있다. MCU에서는 RF 컴포넌트를 제어하기 위한 프로세서로서 현재 전원의 상태정보를 기억하여 특정 값을 입력 받아 특정 장치의 제어를 통해 전원의 입력과 출력을 제어한다. 그리고 RF 컴포넌트에서는 무선 주파수 방식을 지원하는 RF chip을 이용하였다.

F. Power Control Manager

Power Control Manager (PCM)은 무선 통신 프로토콜을 기반으로 기존 환기장치의 전원장치를 자동으로 제어함으로써 대기전력 및 전력낭비를 최소화하는 것을 목적으로 한다. PCM은 전원 콘센트를 탑재한 Power부와 고전압과 저전압 사이의 전원을 조절하여 무선으로 신호를 보내는 Connector 부분으로 나뉘어져 있다. Connector부분은 MC에 설치가 되어 있으며 Com Manager로부터 전달된 신호를 PCM의 Power부로 전달하여 실제 Power부의 전원을 ON/OFF 하도록 되어 있다. 환기장치는 PCM의 Power부에 직접 전원을 연결해 놓기만 하면 되고 환기장치의 작동은 PCM에 의해서 평상시에는 전원이 OFF 상태를 유지하다가 작동이 필요할 경우 Connector로부터 전달된 신호에 의해 환기장치로 전원이 공급되어 작동되며, 환기가 끝나면 자동으로 전원을 차단하여 환기장치의 전원을 OFF시킴으로서 대기전력을 최소화하게 된다. 아울러 기존 환기장치는 수동으로 전원을 켜고 끄으로써 불필요한 전력 소모가 계속 되었으나 제안한 방식에서는 필요한 만큼만 전력을 소모하기 때문에 에너지 절약에도 많은 도움을 주게 된다.

IV. Evaluation

차체 성능을 평가하기 위해 주요 가스에 대한 반응을 실험하였다. 각 가스별 실험결과 출력전압이 기저전압에서 변화가 있는지를 토대로 감응유무를 판단하였다. 실험을 위해 실제 가정이나 사무실이 아닌 Fig. 2와 같이 실험용 장치를 따로 구성하였다. 주변 온도는 $(24.0 \pm 1.0)^\circ\text{C}$, 습도는 $(40 \pm 1)\% \text{R.H}$ 로 설정하고, 가스주입유무와 관계없이 온도와 습도의 출력상태를 확인하였다.

실험을 위해 실험용 장치에 10ℓ의 무취공기를 채운 후 충전된 공기는 펌프를 이용하여 완전히 빼냈다. 그리고 시험용 가스는 $\text{CO}=500\text{ppm}$, $\text{CH}_4=1007\text{ppm}$, $\text{NO}_x=51.2\text{ppm}$, $\text{VOCs}=5\text{ppm}$, $\text{CO}_2=1990\text{ppm}$ 정도씩 각각 주입하였고 Smoke의 경우 담배연기를 3회 흡연 후 주입하였다. 데이터로거를 통해 수집된 결과를 컴퓨터를 통해 실시간으로 확인하여 가스주입에 따른 출력전압의 차이를 모니터링 하였다.

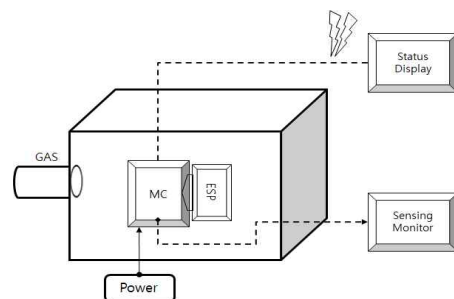


Fig. 2. Test bed

실험을 위해 ESP-K와 ESP-L&B 두 개의 센서 팩을 실험하였고, 실험을 통해 수집된 결과는 Fig. 3과 4에서처럼 나타났다. 우리 주변에서 가장 탐지되는 유해물질을 탐지하기 위해 두 종류의 센서 팩을 선택하였고, 내부적으로 탐지하고자 하는 물질은 CNG, CO, CO₂, VOCs, Smoke 이렇게 5개의 물질을 탐지하였다. 각 센서 별 측정 기준은 표 2를 기준으로 하였고, 각 센서들은 출력 전압(v)으로 측정되기 때문에 각 센서별 3단계 기준을 전압으로 변환하였다.

Fig. 3에서 보이는 결과와 같이 먼저 ESP-K 센서 팩을 실험하였다. 실험은 3분동안 Co, Smoke, CNG 가스의 반응을 측정하였다.

Co는 기준치에서 주어진 시간 동안 안전치에 해당하였고, CNG 역시 1v를 넘었지만 비교적 안전치의 범위에서 측정되었다. 하지만 Smoke센서는 담배연기를 주입하였기 때문에 1.68v의 반응을 보이며 주의 상태를 알려 주었다. 실험장치에서 가스를 서서히 빼자 각 센서의 반응 값도 떨어짐을 확인할 수 있었다.

두 번째로 VoCs, Co₂ 그리고 Smoke 센서의 반응을 측정하였다. Fig. 4에서처럼 VoCs는 2.1v로 주입된 가스에서는

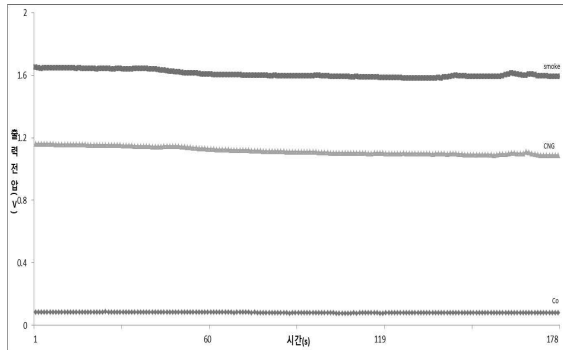


Fig. 3. ESP-K response result

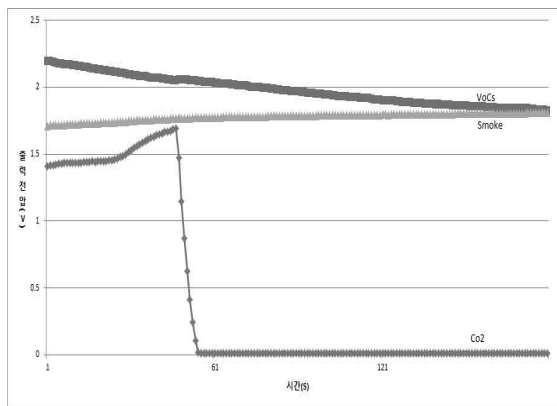


Fig. 4. ESP-L&B response result

VoCs가 위험치에 속한 것으로 반응이 나왔으며 시간이 지나면서 전압이 조금씩 떨어지긴 하였으나 완전히 가스를 제거하기 전까지는 계속 주의 정도까지 반응을 보이는 것을 알 수 있었다. Co2 역시 주의치에서 반응을 하였으며 시간이 지남에 따라 안전치까지 떨어지는 것을 알 수 있었다. Smoke 센서는 Fig. 3에서와 같이 동일한 반응을 보여주었다. 하나의 팩에 삽입된 3가지 센서는 주입한 물질에서 각각 반응을 보임을 알 수 있었다.

우리가 제시한 기술은 기존 연구 중에서도 공기 중에 포함된 다양한 종류의 Co2 및 유해가스 제거를 능동적으로 수행할 수 있는 기술로서 환기장치와의 연동을 통해 대기전력 감소 및 에너지 절약에 기여하고자 한다.

V. Conclusions

이 논문에서는 실내공기질을 개선하고, 더불어 공기질 개선에 소비되는 에너지를 줄이는 데 도움을 줄 수 있도록 복합 유해물질 탐지 시스템을 제안 및 구현하였다. 제안한 시스템에서는 세부공간으로 나누어 복합 유해물질을 탐지 할 수 있도록 3종류의 ESP를 구성하였고, 탐지된 결과는 사용자와 환기장치 모두에게 통보하여 현재의 실내공기질 상태를 확인 하고 조치할 수 있는 메인 시스템으로 구성되어있다. 아울러 기존에 설치된 환기장치의 전원을 제안한 시스템의 MC부의 전원부와 연결하면 환기장치는 시스템의 Power Control Manager의 통제를

받게 된다. 따라서 별도의 추가 설치비용이 없고, 환기장치를 작동하기위해 소비되는 대기전력 또한 필요시에만 작동하므로 에너지 절약에도 기여할 것이다. 아울러 우리는 제안한 시스템의 안정성을 위한 연구를 지속적으로 수행하며, 가정 내 환기장치와 연결하여 사용할 경우 환기 장치가 사용자의 의도와 상관없이 능동적으로 작동을 하기 때문에 2차로 발생하는 환기장치 작동 소음을 줄이기 위한 연구를 진행할 예정이다. 환기장치 소음은 오염도의 농도에 따라 위험수준이 위험부터 안전까지 변경되는 과정에서 발생하는 소음의 세기도 능동적으로 감소할 수 있도록 능동 소음조절이 가능한 연구를 수행할 예정이다.

REFERENCES

- [1] Harriet Burger, "Bioaerosols: Prevalence and health effects in the indoor environment", The Journal of Allergy and clinical immunology, Volume 86, Issue 5, pp. 687-701, November 1990.
- [2] Bae, G.N., "Reduction and removal technologies for indoor bioaerosols, Air Cleaning Technology, 23(3), pp. 10-22, 2010.
- [3] Jung, S.G, Bae, G.N, Jeong, J.Y, and Kim, S.D, "Characteristics on the adsorption and photocatalytic degradation by an air filter coated with TiO2 for hazardous air pollutants", Journal of Korean Society for indoor environment, 2(2), pp.138-150, Jan. 2006.
- [4] Kim, H.Y, Kim, Y.J and Han, B, "Performance of high efficiency electret polypropylene filter and its application to an indoor air cleaner", Journal of Korean society for indoor environment, 4(1), pp. 23-33, Mar. 2007.
- [5] Kim, H.K, Lee, K.M and Jo, Y.M, "Assessment of adsorption capacity of sorbents for low level indoor CO2 with preparation process", Journal of Korean society for indoor environment, 5(4), pp.319-328, Dec. 2008.
- [6] Park, J.H, Byeon, J.H, Yoon, K.Y, and Hwang, J, "Ventilation system comprising a dielectric barrier discharger and UV-TiO2 photocatalyst filters for simultaneous removal of gaseous and particulate contaminants in the test chamber", Journal of Korean society for indoor environment, 2(1), pp.35-45, Oct. 2005.

Authors



Jae Chun Jang received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science and Engineering from Gwandong University, Korea, in 1992, 1994 and 2001, respectively. He is currently a Professor

in the Department of Military Science, Gangneung Yeongdong College. He is interested in compiler, internet and mobile computing, and Internet of Things.



Eun Hee Kim received the B.S. and M.S. degrees in Information Communication and Engineering from Kangwon National University and Chungbuk National University, Korea, in 2001 and 2003, respectively. And I completed the Ph.D course in

Computer Science from Chungbuk National University, Korea, in 2005. She is currently a visiting professor in the Department of Military Science, Gangneung Yeongdong College. She is interested in internet and mobile computing, and wireless sensor network.



Lim Changmok received the B.S degrees in Computer Science from Seoul National University of Science and Technology, Korea, in 1999. He is currently a CEO of IREIS company. He is interested in

Internet of Things.