

공기청정기용 적용 센서 및 Big Data 활용현황

○ 이경환 | 코웨이(주) 연구부문
1급 연구원
E-Mail : Lkh251@coway.co.kr

1. 서론

현대인의 실내공간에서의 생활하고 그 중 14시간 이상을 주택 내에서 생활하고 있는 것으로 국립환경과학원 조사결과가 보고되었다. 이렇게 많은 시간을 보내는 실내공간에서의 실내공기질 오염 문제는 대기오염의 문제 못지않게 우리의 일상생활과 건강에 직접적으로 큰 영향을 미치고 있다. 이러한 문제에 따라서 우리나라 환경부에서도 2004년 5월 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법을 제정 공포하여 많은 사람들이 이용하는 시설에 대하여 실내공기질 기준을 설정하여 관리를 하도록 하였으며, 최근 어린이, 노인, 임산부 등 취약계층이 주로 이용하는 다중이용시설에 대하여 측정기기 부착을 권고하고, 실내공기질이 적절하게 유지·관리 및 개선될 수 있도록 컨설팅, 기술 및 자금 지원 등을 지원하고 있다. 이와 같이 실내공간은 일상생활에서 가장 사람과 밀접한 공간이기 때문에 국민의 건강 보호를 위하여 실내공기질 관리 및 모니터링은 매우 중요하다고 할 수 있다.

현재 널리 쓰이는 대기 중 미세먼지 측정방법으로는 중량법, 광산란법 등이 있으며, 중량법은 가장 전통적인 부유분진 측정방법으로써 대기 중에 부유하는 입자상 물질을 등축 채취를 통하여 필터에 일정 시간동안 포집한 뒤, 채취 공기의 체적과 포집된 입

자의 질량을 측정하여 입자무게를 구하는 방식이다. 측정값이 정확하고 측정원리가 간단하여 보편적으로 사용하는 방식이지만, 일반적으로 하루에 필터사용이 제한되어 있어 시간대별 농도를 구하기 힘들고, 필터 사용 전 후의 처리 및 입자 포집 후 질량측정 등 번거로움이 많으며, 실시간 측정이 불가능하다.

따라서 이러한 문제성이 대두되고 있는 실내공기질 관리에 관하여 지속적인 모니터링이 필요한 실정이며, 실시간으로 분석할 수 있는 광산란법을 이용한 미세먼지 센서를 실내공기질 모니터링을 하고자 한다.

2. 본론

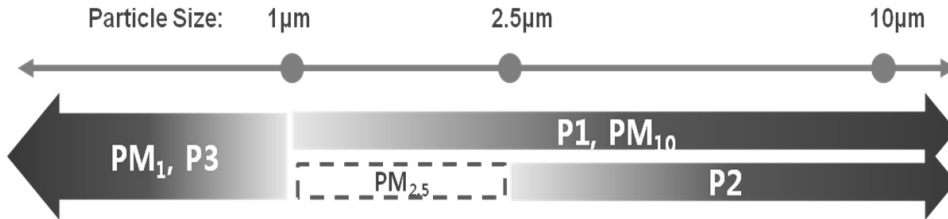
2.1 먼지센서 보정

광산란식 먼지센서 신뢰도를 높이기 위하여 챔버 및 10평형 Size 공간, 24평형 공간에서 먼지센서의 측정값과 미세먼지 측정기기를 이용하여 아래의 보정식을 이용하여 센서가 측정한 값을 PM10, PM2.5로 구분하여 보정하였다.

30m³ 챔버내에서 Arizona Dust를 분사하여 미세먼지 계측장비 2대와 먼지센서 4대의 실시간 미세먼지 농도를 측정하였다. 보정한 식을 적용하여 계측기와 센서의 측정을 실시하였으며, PM2.5, PM10

의 각각의 비교를 하였다. 또한 10평형 공간에서 식 용유를 끓여 계측장비와 먼지센서의 측정 비교를

하였다. 계측기와 센서의 값을 측정한 결과 신뢰성 에서 유의한 값을 나타내고 있다(R=0.8064).



Corrected Equations:

$$PM_{10} = \{(P1 - P2) + \alpha\} \times \beta + (P2 \times \varphi) + P3;$$

$$PM_{2.5} = \{(P1 - P2) + \alpha\} \times \beta + P3;$$

$$\text{Where } P3 = \{(P1 - P2 + \alpha) \times \beta\} + (P2 \times \varphi) \times \lambda$$

그림 1. 미세먼지 센서 보정식

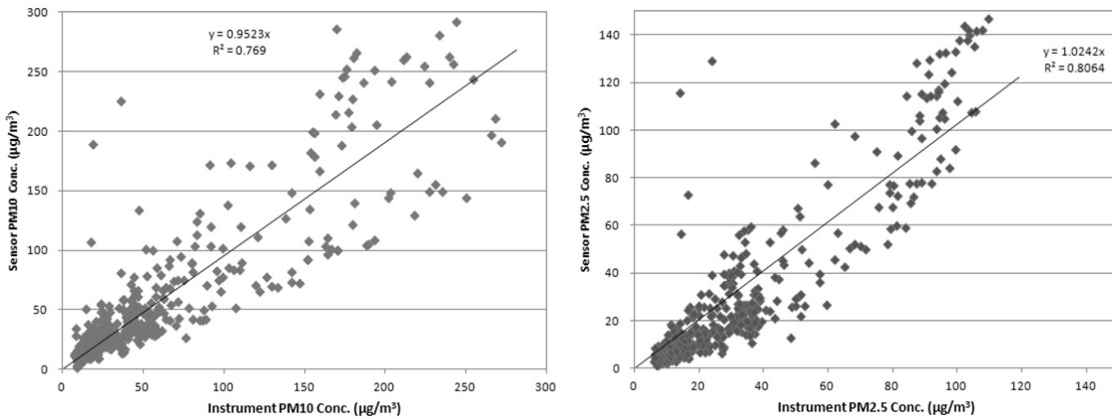


그림 2. 계측기 미세먼지간 측정 신뢰도

2.2 먼지센서 활용한 실내 미세먼지 특성 모니터링

① 가구별 실내 생활 패턴에 따른 PM10 농도 추이 변화

미세먼지 센서를 휴대용 실내공기 측정기로 제

작하여 실내 미세먼지 농도 분포를 확인하였다. 측정기를 제작하여 공기청정기를 보유 유무에 따른 1100가구에 휴대용 측정기를 설치하여 가구에 따른 실내공기 질 생활 패턴 분석을 하였으며, 공기청정기 사용에 따른 실내공기질 개선에 대한 효과를 아래에 절차에 따른 분석을 하였다.

1100가구
측정기 설치

실내공기질측정

공기청정기 사용 유/무

1100가구 DATA 분석

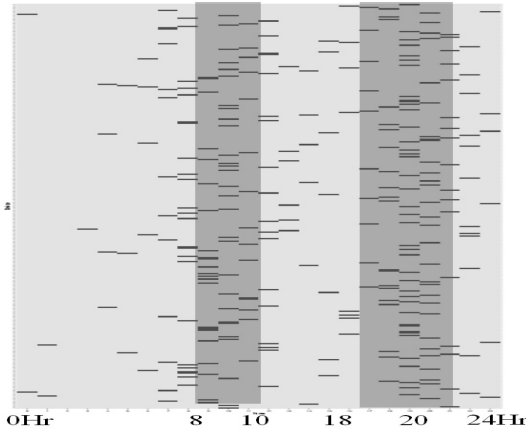


그림 3. 시간대별 PM10 농도 MAX값 분포도

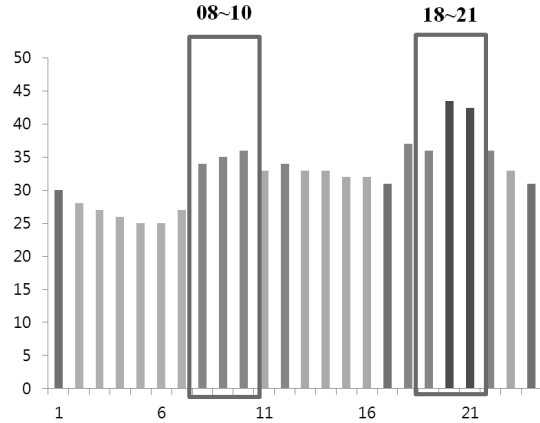


그림 4. 시간대별 PM10 평균 농도

그림 3.은 각 가구당 PM10의 Max 분포도를 나타내고 있다. 미세먼지(PM10) 농도가 시간대별로 차이를 보인다. 특히 집안에서의 주요 활동시간인 오전 08~10시, 저녁 18~21시에 높은 미세먼지의 농도 분포를 보이고 있다.

그림 4. 시간대별 미세먼지(PM10)의 농도는 최대 $19\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 차이가 나타났으며, 내부활동이 가장 활발한 19시에는 $43.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 상대적으로 내부활동이 가장 낮은 시간인 새벽 5시에는 $24.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미세먼지의 농도를 보이고 있다. 이에 따라서 미세먼지에 의한 실내공기질 오염을 최소화 하기 위해서는 실시간 모니터링에 따른 공기질 관리와 활동, 습관의 변화가 필요한 것을 의미할 수 있다.

② 공기청정기 사용 유무에 따른 실내공기질 모니터링

1100가구에 청정기를 보유하고 있는 가구수는 396가구와 보유하지 않은 가구수는 669가구에서 1달동안의 미세먼지 농도를 모니터링 하였다. 실내 환경과 주변 환경에 따라서 가구마다의 미세먼지

농도의 차이를 보일 수는 있지만 전가구수의 미세먼지 평균 농도와 생활 패턴에 따른 농도 추이 변화를 모니터링 하였다.

그 결과 청정기 보유가구의 PM10의 농도는 $29.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 미보유 가구의 $34.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 비하여 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 만큼 통계적으로 유의하게 차이를 보이고 있다($p\text{-value} < 0.0001$).

공기청정기의 보유여부에 따른 PM10의 농도 변화를 모니터링 하였다. 그 결과 그림5에서와 같이 실내 주요 활동 시간인 07시~23시 사이에 청정기의 보유 유무에 따른 미세먼지(PM10)의 차이가 상대적으로 비활동 시간에 비해 더 큰 차이를 보인다. 주요 활동시간 중 청정기 보유여부에 따른 미세먼지 평균 농도의 차이는 평균 $7.3(\pm 1.7)$, 최소 5.5, 최대 $11.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타내고 있으며, 이러한 결과에 따르면 주요활동 시간에 공기청정기를 사용함에 있어 실내공기질 개선에 더욱 큰 영향을 보이고 있다.

미세먼지 센서를 이용하여 가구별(1100가구) 실내 생활 패턴에 따른 PM농도 추이 및 분석 결과

PM10의 시간대별 분석결과 주요 활동시간 동안 미세먼지 농도가 높게 측정 되었으며 특히 비교적 활동성이 많은 18~21시에 집중적인 고농도 오염패턴 분석을 보이고 있다. 또한 가구별, 환경적인 차이가 있을수는 있지만 청정기 사용가구는 미사용 가구에 비하여 미세먼지의 농도가 낮게 보여지고 있으며, 주요활동시간(07~23시)동안에 그 차이가 두드러짐을 빅데이터 분석을 통하여 모니터링 하였다.

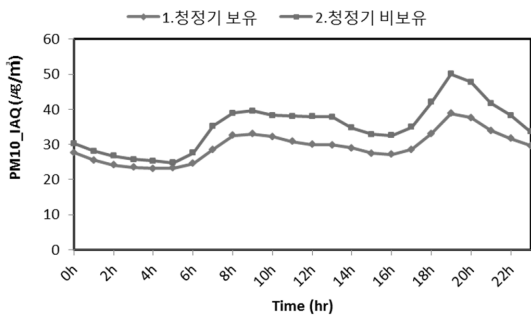


그림 5. 청정기 보유 유무에 따른 PM10 시간별 추이

2.3 센서의 활용(Big Data)

① 센서를 활용한 BIG DATA 분석

센서 기반의 측정장치를 공기청정기에 적용하여 실내에서 발생할 수 있는 미세먼지 및 오염물질을

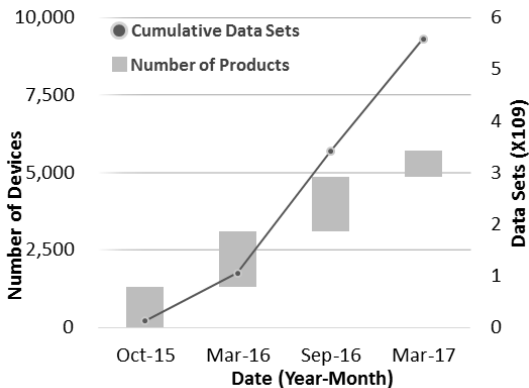


그림 6. 제품에 따른 BIG DATA 누적현황

모니터링 하여 정보 및 실내공기질 관리방안에 대한 조언을 할 수 있다.

현재 센서를 제품에 적용하여 그림 6.에서와 같이 55억개 이상의 DATA를 수집중에 있으며, 이러한 Big Data는 Cloud 시스템을 통하여 관리되어지고 data를 활용하여 실내공기질에 대한 분석 및 진단을 통하여 정보를 제공하여 관리 및 실내공기질 개선 방법등을 제안 할 수 있다.

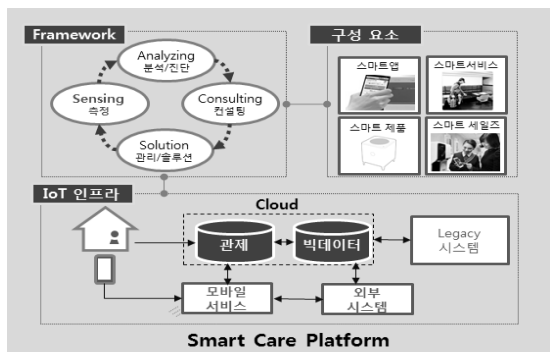


그림 7. Smart Care System

공기청정기 제품에 미세먼지, CO2, 온도습도 센서를 적용하여 공기청정기를 설치한 가구와 제품을 사용하지 않은 가구를 구별하여 실내공기질을 측정하여 가구에 따른 실내공기질 유형 분석을 하였다. 공기청정기를 설치한 가구는 5700여가구 미설치한 가구는 600여가구의 DATA를 분석을 하였다.

가구에 따른 내부영향 요인과 외부 환경요인이 다르기 때문에 그림 8.에서와 같이 미세먼지관련한 유형은 65.8%로 분석되고 있으며 이외에 습도 및 환기 강화형등의 유형으로 분류가 되어진다.



그림 8. 공기청정기 설치가구 실내공기질 유형

아래 공기청정기를 설치하지 않은 가구는 대부분의 유형이 미세먼지 관련 유형으로 분석이 되고 있으며, 이는 실내공기질 관리가 필요함을 알 수 있다.

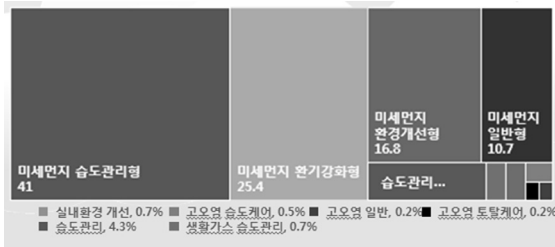


그림 9. 공기청정기 미설치가구 실내공기질 유형

공기청정기의 설치 유무에 따라서 공기질 진단 유형은 다른 양상으로 분석되고 있으며 미세먼지 관련 유형은 공기청정기 보유가구에서 65.8% 보유하지 않은 가구는 93.5%로 상대적으로 적게 나타남을 보이고 있다.

실내공기질에 영향을 미치는 미세먼지, CO₂, TVOC, 온도, 습도 등을 고려하여 실내공기질 지수를 평가를 하였다. 각각의 항목에 따른 가산점을 고려하여 공기청정기가 설치되어 있는 가구를 기준으로 IAQ 지수를 평가한 결과 공기청정기를 보유한 가구에서 보통(62.8%), 좋음(35.7%), 나쁨(1.6%), 매우나쁨(0.2%) 순서로 분석되었다.

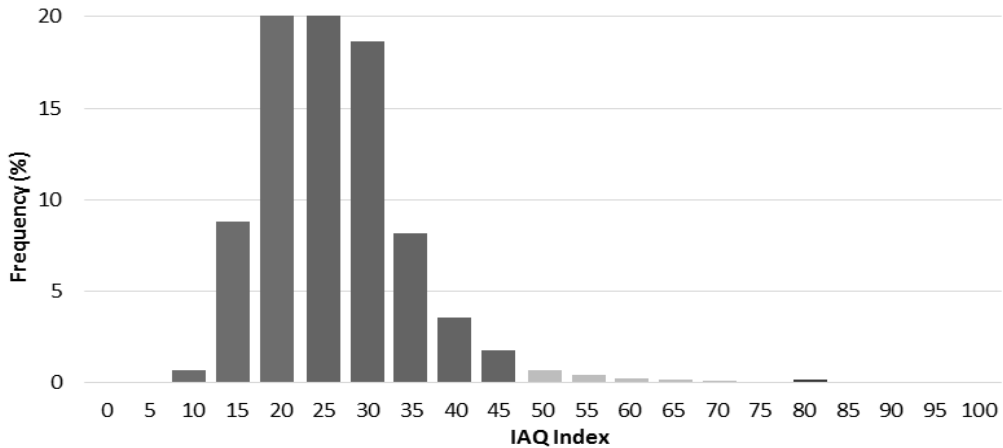


그림 10. 공기청정기 설치가구 실내공기질 지수 분석

실내공기질 지수에 영향을 미치는 항목의 비율은 실내공기질 지수가 좋은 가구와 좋지않은 가구가 다르게 보이고 있으며, 공기질 수준이 나쁜 경우(Bottom 10%)는 좋은 경우(Top 10%)에 비해 온/습도, 이산화탄소가 상대적으로 많은 영향을 주는 것으로 보인다. 공기질 수준이 좋은 가구와 나쁜 가구의 미세먼지의 농도는 각각 11.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 80.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

로 나타나고 있다.

실내공기질 지수의 비교 분석 결과 실내공기질 개선에 있어 미세먼지의 기여도가 가장 높은 영향을 미치고 있으며, 실내공기질을 개선하기 위하여 미세먼지 제어가 가장 중요한 인자로 분석되고 있다.

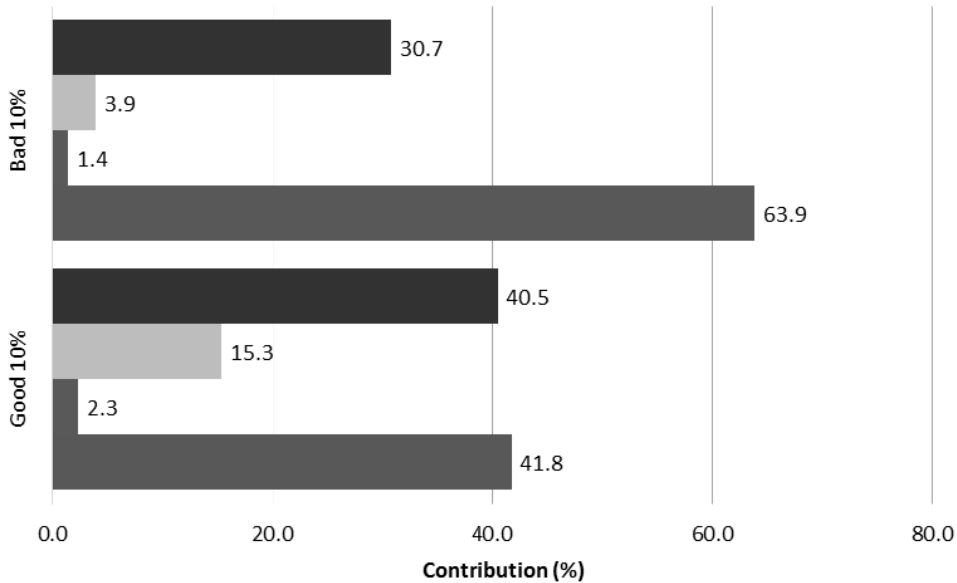


그림 11. 실내공기질 지수 영향인자 분석

3. 맺음말

실내공기질 관리는 점점 중요한 사항으로 대두되고 있으며, 실내공기질의 모니터링이 중요한 이유는 건축물이 기밀화됨에 따라 실내 밀폐율이 강력해지고 실내외 공기교환이 어려워졌고 예전에는 없었던 오염원(가구, 전자제품, 방향제등)이 추가로 등장하면서 황사나 중국발 미세먼지등 외부공기보다 실내공기가 더 좋지 않을 수도 있기 때문이다. 따라서 미세먼지 농도가 높은 시간대에는 가급적 환기를 자제해야 한다. 다양하게 움직이는 공기의 특성 상 무작정인 환기나 실외 공기 차단보다는 실내외 공기 상황에 따라 적절한 대처가 중요하는데, 이를 위해 꼭 필요한 것이 바로 실내 공기 모니터링이다. 실내 공기 모니터링을 위해서 센서를 활용한 모니터링을 하고, 관련하여 Big Data 축적을 통한 실내공기질 연구가 이뤄지고 있으며, Data를 기반으로 올바른 실내공기질 관리가 필요한 실정이다.

- 참고문헌 -

1. 한국환경산업기술원, “2015년 대기환경 이슈 분석 및 적시기술 동향보고서(초미세먼지, 석면, 라돈, 고병원성바이러스),” 한국환경산업기술원(2014).
2. 김운수, “서울시 초미세먼지(PM2.5)관리방안,” 서울연구원 정책리포트(2014)
3. 봉춘근, “미세먼지 실시간 측정을 위한 광학입자 측정기 간의 상호비교” 서울대학교(2015)
4. 권명희, “주거 공간별 실내공기질 관리 방안 연구” 국립환경과학원(2009)
5. Kin-Fai Ho, Indoor Air Monitoring Platform and Personal Health Reporting System: Big Data Analytics for Public Health Research, Chine Univ.
6. Mui Kwok-Wai, Big Data Analysis and Data Mining, Thehong Kong Polytechnic Univ.