

CO₂, NO₂, CO, PM_{2.5}, PM₁₀에 대한 대기 오염 측정 시스템 설계에 관한 연구

송제호*, 르민득**

*전북대학교 융합기술공학부(IT응용시스템공학), 스마트 그리드 연구센터

**전북대학교 IT응용시스템공학과

e-mail:songjh@jbnu.ac.kr

Study on the design of the air pollution measurement system for CO₂, NO₂, CO, PM_{2.5} and PM₁₀

Je-Ho Song*, Le Minh Duc**

*Dept. of Convergence Technology Engineering(IT Applied System Engineering), Smart Grid Research Center, Chonbuk National University

**Dept. of IT Applied System Engineering, Chonbuk National University

요약

산업용 유해물질 유출사고, 고농도의 미세먼지, 악취물질발생, 강, 하천, 바다 등의 수질오염 등 인체나 생태계에 악영향을 주는 환경문제들을 사전에 방지하거나 줄이기 위해 필요한 요소 중 하나인 환경 센서기술에 대한 내용이다. 대기 오염이 인간의 건강에 미치는 영향은 각국에서 큰 문제로 떠오른다. 호흡기 질환 등 대기오염 관련 질환의 발생 건수가 늘고 있다. 이 논문은 낮은 제조, 설치 및 운영 비용으로 소형 크기의 새로운 센서 기술을 사용하여 공기 중의 흔한 오염물질의 농도를 측정할 수 있는 장치를 설계하는 것을 목표로 한다. 장치로부터 측정된 결과는 대기질을 계산하고 평가하는 데 사용될 수 있어 시민에게 추천권을 제시할 수 있다.

1. 서론

대기 오염물질 농도 측정 장치의 설계 및 제작을 목표로, 이 장치의 타당성 및 적용 가능성을 평가하고, 합리적인 가격으로 소형 공기질 관측 장치의 설계, 제작 및 설계 솔루션을 구축하고자 한다. 이 솔루션은 현재 대기 관측 시스템의 부족을 개선하는 IoT 기반 대기 관측 시스템 네트워크를 개발할 수 있다.

본 논문은 세계에서 사용되고 있는 대기질 지수(AQI: Air Quality Index, 이하 AQI) 계산법을 탐구하는 데 초점을 맞추고 있다. 대기질 지수 또는 공기질 지수는 정부기관이 사용하는 수치의 하나로서 현재 공기가 얼마만큼 오염되었고 앞으로 오염 정도가 어떻게 될지에 대한 정보를 대중에게 제공한다. AQI가 증가할수록 더 많은 수의 인구가 심각한 건강상의 악영향을 받을 가능성이 높다.

현재 일반적으로 사용되는 공기 오염물질의 농도를 측정하는 센서 라인의 구성, 작동 원리 및 사용 방법에 대해 알아본다. 이를 바탕으로 공기질지수 AQI를 산출하기 위해 PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, SO_x와 같은 대기 오염물질의 농도를 측정하는 장치를 설계 및 제작하고자 한다. 기기에 사용되는 센서는 비용, 크기 및 목표 기체의 적합도를 고려하여 선택한다. 이 장치는 소형 관측 장치의 응답성 및 공기질 관측에 대한 새로운

센서 기술의 적용 가능성을 조사 및 평가하는 것을 목적으로 설계되었다.

2. 본론

2.1 연구 내용

- AQI 개요: 대기질 지수(AQI)는 대기 오염 물질의 모니터링 매개변수로부터 계산된 지표로, 대기의 질 상태와 그것이 인간의 건강에 미치는 영향의 정도를 보여준다. AQI는 대기 오염을 흡입한 후 몇 시간 또는 며칠 내에 경험할 수 있는 건강 문제에 중점을 둔다. 일반적으로 AQI는 NO₂, SO₂, O₃, CO, PM₁₀, PM_{2.5} 요인으로 계산된다.

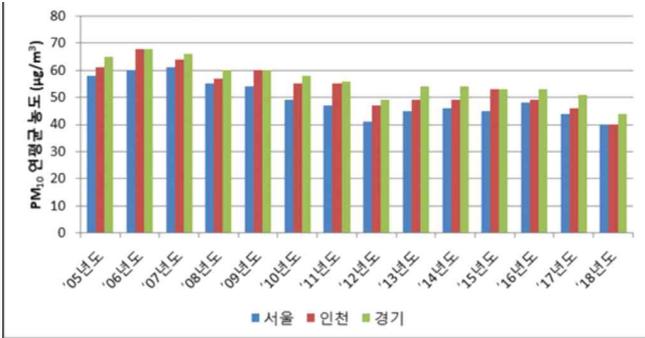
- 대기오염도:

미세먼지는 공기 중 고체 상태와 액적 상태의 입자의 혼합물을 말한다. 이러한 입자들은 자연배출원 뿐만 아니라 여러 종류의 고정배출원이나 이동배출원으로부터 배출되며 다양한 모양과 크기를 가지고 있다. 미세먼지는 배출원으로부터 직접 배출되거나 이산화황이나 질소산화물(NO_x)과 같은 가스상 물질에 의해 2차적으로 생성된다.

미세먼지는 천식과 같은 호흡기계 질병을 악화시키고, 폐기능의 저하를 초래한다. 또한 미세먼지는 시정을 악화시키

고, 식물의 잎 표면에 침적되어 신진대사를 방해하며, 건축물에 퇴적되어 조각된 유적물이나 동상 등에 부식을 일으킨다.

수도권의 연평균 PM10 농도는 '06년 최고수준을 보였으며, '07년이후 점차 감소추세를 보였으며, '18년에는 경기가 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 수도권지역 중 가장 높은 농도수준을 보였다.[1]



[그림 1] PM10 연평균 농도도

공기질 관찰은 오염을 억제하는 중요한 역할을 하며, 현상에 대한 명확한 정보를 관련 당사자들이 적시에 조치를 취할 수 있는 근거로 제공한다. 기술이 크게 발전함에 따라 전통적인 관측소의 데이터 보완 해결책으로 센서들이 등장하게 되었다. 감지기의 장점은 크기가 작고, 설치, 운영 및 유지보수가 비교적 간단하고 비용이 적게 들기 때문에 여러 곳에 설치할 수 있고 많은 사람들이 사용할 수 있다는 것이다.

센서로부터 측정되는 데이터는 한 번에 1~5분 간격으로 실시간으로 표시되므로 하루 동안의 공기질 변화를 모니터링하거나 오염 핫스팟을 빠르게 감지하는 데 도움이 될 수 있다.

공기질 측정 센서로부터의 데이터는 또한 여러 위험과 오염원을 추적하는데 사용된다. 사람들은 실내와 실외 공기의 질을 비교하기 위해 휴대용 측정기를 사용할 수 있다. 대기질 측정 데이터를 정기적으로 모니터링하는 것은 개인이 그 측정지점을 둘러싼 몇 가지 오염원들을 파악하는 데 도움이 될 수 있다.

2.2 대기오염 측정기기의 센서 선택

장치에서 측정 및 계산해야 하는 값은 다음과 같은 오염물질의 농도이다: SO₂, CO, NO_x, O₃, PM₁₀, TSP.

- Nova SDS011 먼지 측정 센서: 레이저 산란 원리를 사용하는 SDS011은 공기 중 0.3~10 μm 사이의 입자 농도를 얻을 수 있다. 디지털 출력 및 내장 팬으로 안정적이고 신뢰할 수 있다.

특성

+ 정확하고 신뢰할 수 있는 레이저 감지, 안정적이고 좋은 일관성;

+ 빠른 반응: 화면 변경시 응답 시간은 10 초 미만.

+ 통합: UART 출력 (또는 IO 출력 맞춤형), 팬 내장;

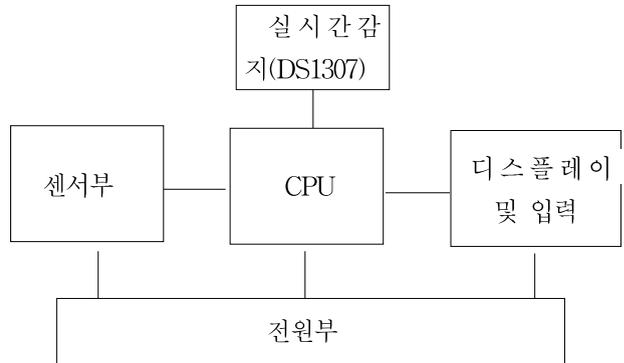
+ 고해상도: 0.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

- CO 농도 측정 센서(MQ7): MQ-7 센서는 일산화탄소(CO), 수소(H₂), LPG, 메탄(CH₄), 알코 (Alcohol)을 측정할 수 있다. 센서는 대기 중 20~2,000ppm의 CO를 감지한다.

- NO₂ 농도 센서(SPEC 3SP_NO2): 전기화학적 센서 라인에 속하는 센서이지만 센서 설계가 축소되어 휴대용 측정 장치에 최적화할 수 있다.

- CO₂ 농도 측정 센서(MH Z19B): 공기 중에 CO₂가 존재하는 것을 감지하기 위해 공기 중에 산소 농도와 수명에 의존하지 않는 비분산 적외선(NOIR)을 사용한다.

2.3 CO₂, CO, PM_{2.5}, PM₁₀에 대한한대기 오염 측정 시스템 설계 및 개발



[그림 2] 대기 오염 측정 시스템의 블록도

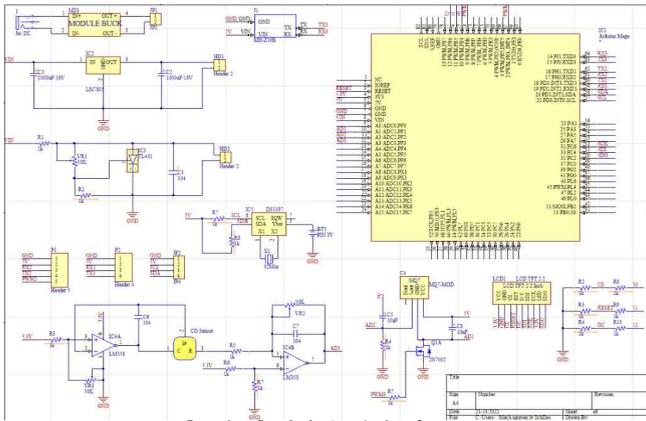
그림 2에 대기 오염 측정 시스템의 블록도를 나타내었다. 중앙 처리 블록은 센서로부터 측정값을 전송받아 계산하여 오염물질 농도에 대한 결과를 도출하는 역할을 한다.

실시간감지 블록은 측정 및 계산 결과를 업데이트하고 저장하는 과정을 위한 실시간 값을 제공한다.

센서와 통신하는 블록은 반도체 센서, 전기화학적 센서, PWM 출력이 있는 센서 모듈, I2C 출력이 있는 센서 모듈 등 각종 가스 측정 센서에 연결된 회로를 포함한다.

디스플레이 블록은 계산 결과를 표시하고 장치에 대한 매개변수 입력을 만드는 역할을 한다. 전원부 블록은 다른 기능 블록에 인가되는 서로 다른 전압 레벨을 생성한다.

2.4 회로 설계



[그림 3] 제안된 원리 회로도

OPAMP LM358은 ADC 핀을 통해 아두이노 보드에 연결된다. 반도체 센서와 통신하는 회로는 PWM 신호를 통해 센서 필라멘트에 전압을 조정할 수 있다. 회로의 출력은 아두이노의 ADC 핀에 연결된다. 센서에 연결하기 위한 커넥터는 I2C 통신을 하고, 센서는 PWM 출력을 갖는다. 전원 블록은 입력 안정화를 위해 IC LM2596을 사용하고, 아두이노에 부양 전압을 생성하며, IC TL431은 저전압 레벨을 사용하는 변수에 3.3V, 2.5V 전압을 생성하며, IC LM7805는 다른 범용 센서에 5V 전압을 생성한다. 또한 회로에는 IC DS1307을 사용하여 관측에 참조 시간을 제공하는 실시간 모듈이 있다.

3. 결론

최근 인구증가와 인류에 의한 산업의 고도화로 인해 당면한 환경문제는 더욱 늘어나고 있으며, 해결하기 쉽지 않은 난제들이 증가되고 있는 것으로 보인다. 이러한 상황에서 안전하고, 쾌적한 삶을 살기 위한 인류의 욕망을 충족하기 위해서는 환경으로부터 우리 스스로를 보호할 수 있는 시스템을 구축하는 것이며, 이를 위해서는 우선적으로 주변 환경 정보를 실시간으로 지속적으로 측정모니터링하는 기술이 필요하다.

논문 표제의 목표로 설계, 제작 및 평가 과정을 통해 대형 관측 시스템 사이의 पै가 데이터의 신뢰성을 높이고 내추럴 모델의 정확도를 향상시키는 것을 소형 관측소 작업에 사용하는 소형 관측기 모델의 타당성을 보여주었다.

참고문헌

[1] 2009 수도권대기환경청