



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년08월25일
(11) 등록번호 10-1771053
(24) 등록일자 2017년08월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06Q 50/26 (2012.01) G01N 1/22 (2006.01)
G01N 33/00 (2006.01) G06Q 50/10 (2012.01)

(52) CPC특허분류

G06Q 50/26 (2013.01)
G01N 1/2273 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0051112

(22) 출원일자 2016년04월26일

심사청구일자 2016년04월26일

(56) 선행기술조사문헌

JP2006046821 A*

KR101591735 B1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

(72) 발명자

황광일

인천광역시 연수구 아카데미로 119, 정보기술대학
328 (송도동, 인천대학교)

김민식

서울특별시 양천구 화곡로6길 14, 3층 (신월동)

(74) 대리인

특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 8 항

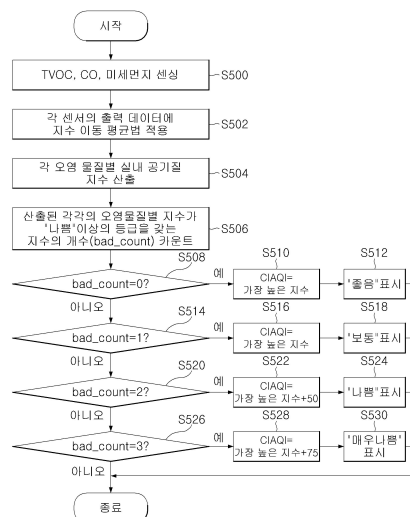
심사관 : 김일환

(54) 발명의 명칭 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법은, (a) 적어도 하나의 센서를 이용하여 실내 공기 오염 물질을 센싱하는 단계; (b) 상기 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하여 이상치를 제거하는 단계; (c) 상기 이상치가 제거된 데이터에 기반하여, 각 오염 물질별 실내 공기질 지수를 산출하는 단계; 및 (d) 상기 각 오염 물질별 실내 공기질 지수에 기반하여, 실내 공기질 상태를 나타내는 실시간 통합 실내 공기질 알람지수를 결정하는 단계를 포함하여, 실시간으로 실내 공기질을 나타내는데 적합한 알람지수를 제공할 수 있고, 처리시 오버헤드가 최소화되며, 메모리를 적게 사용하고, 이상치 또는 누락치를 처리할 수 있으며, 지수를 대표하는 통합 오염 물질을 지수 계산에 반영하고, 실시간 실내 공기질 변화에 대해 신속하게 반응할 수 있으며, 저가의 소형 실내 공기질 모니터링 시스템에 적용될 수 있다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

G01N 33/0004 (2013.01)

G06Q 50/10 (2015.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015R1D1A1A01059317

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기본연구지원사업

연구과제명 사용자 주거 행동패턴 피드백을 고려한 실시간 결로 탐지·예측 시스템에 관한 연구

기 여 율 1/1

주관기관 인천대학교

연구기간 2015.11.01 ~ 2018.10.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

(a) 제어부가, 실내 공기 오염 물질을 센싱하는 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하여 이상치를 제거하는 단계;

(b) 상기 제어부가, 상기 이상치가 제거된 데이터에 기반하여, 각 오염 물질별 실내 공기질 지수를 산출하는 단계; 및

(c) 상기 제어부가, 상기 각 오염 물질별 실내 공기질 지수에 기반하여, 실내 공기질 상태를 나타내는 실시간 통합 실내 공기질 알람지수를 결정하는 단계를 포함하고,

상기 적어도 하나의 센서는, 총 휘발성 유기 화합물 센서(TVOC), 일산화탄소 센서, 및 미세먼지 센서를 포함하며,

상기 단계 (b)는,

상기 제어부가, 상기 이상치가 제거된 데이터에 기반하여, [수학식 1] 및 [통합 실내 공기질 지수 테이블]에 따라 각 오염 물질별 실내 공기질 지수를 산출하는 단계를 포함하고, 수학식 1에서, I는 오염 물질의 실내 공기질 지수이며, C는 오염 물질의 농도이고, C_{low} 는 C가 속한 구간에서 C 이하인 농도 구분값(BP_{Lo})이며, C_{high} 는 C가 속한 구간에서 C 이상인 농도 구분값(BP_{Hi})이고, I_{low} 는 C_{low} 에 대응하는 지수 구분값(I_{Lo})이며, I_{high} 는 C_{high} 에 대응하는 지수 구분값(I_{Hi})이고,

[수학식 1]

$$I = \frac{I_{high} - I_{low}}{C_{high} - C_{low}} (C - C_{low}) + I_{low}$$

[통합 실내 공기질 지수 테이블]

지수		A		B		C		D	
지수 구분		좋음		보통		나쁨		매우 나쁨	
지수 구분값	I_{Lo}	0		51		101		251	
	I_{Hi}	50		100		250		400	
농도 구분값		BP_{Lo}	BP_{Hi}	BP_{Lo}	BP_{Hi}	BP_{Lo}	BP_{Hi}	BP_{Lo}	BP_{Hi}
TVOC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		0	200	201	350	351	500	501	757
Co(ppm)		0	4.99	5	9.99	10	14.99	15	2000
PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		0	30	31	90	91	140	141	750

상기 단계 (c)는,

(c-1) 상기 제어부가, 상기 산출된 각각의 오염 물질별 실내 공기질 지수가 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)를 카운트하는 단계; 및

(c-2) 상기 제어부가, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 1 이하인 경우, 상기 산출된 오염 물질별 실내 공기질 지수들 중 최대값을 실시간 통합 실내 공기질 알람지수로 결정하고, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 2인 경우, 상기 산출된 오염 물질별 실내 공기질 지수들 중 최대값에 50을 더한 값을 실시간 통합 실내 공기질 알람지수로 결정하며, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 3인 경우, 상기 산출된 오염 물질별 실내 공기질 지수들 중 최대값에 75를 더한 값을 실시간 통합 실내 공기질 알람지수로 결정하는 단계를 포함하는, 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 단계 (a)에서,

상기 제어부는, $S_{t,alternate} = \alpha \cdot Y_t + (1-\alpha) \cdot S_{t-1}$ 에 기반하여 상기 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하여 이상치를 제거하고,

$S_{t,alternate}$ 는 t 시점의 지수 이동 평균법이 적용된 데이터, Y_t 는 상기 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터 중 t 시점의 데이터, S_{t-1} 은 t 시점 직전의 데이터에 대한 지수 이동 평균, α 는 지수평활계수인, 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 지수평활계수(α)는 0.3인, 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 단계 (c) 이후에,

(d) 상기 제어부가, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 0인 경우, "좋음" 표시를 제공하고, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 1인 경우 "보통" 표시를 제공하며, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 2인 경우 "나쁨" 표시를 제공하고, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 3인 경우 "최고 나쁨" 표시를 제공하는 단계를 더 포함하는, 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법.

청구항 8

실내 공기 오염 물질을 센싱하기 위한 적어도 하나의 센서; 및

상기 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하여 이상치를 제거하는 동작, 상기 이상치가 제거된 데이터에 기반하여, 각 오염 물질별 실내 공기질 지수를 산출하는 동작, 및 상기 각 오염 물질별 실내 공기질 지수에 기반하여, 실내 공기질 상태를 나타내는 실시간 통합 실내 공기질 알람지수를 결정하는 동작을 수행하는 제어부를 포함하고,

상기 적어도 하나의 센서는, 총 휘발성 유기 화합물 센서(TVOC), 일산화탄소 센서, 및 미세먼지 센서를 포함하며,

상기 이상치가 제거된 데이터에 기반하여, 각 오염 물질별 실내 공기질 지수를 산출하는 동작은,

상기 이상치가 제거된 데이터에 기반하여, [수학식 1] 및 [통합 실내 공기질 지수 테이블]에 따라 각 오염 물질별 실내 공기질 지수를 산출하는 동작을 포함하고, 수학식 1에서, I는 오염 물질의 실내 공기질 지수이며, C는 오염 물질의 농도이고, C_{low} 는 C가 속한 구간에서 C 이하인 농도 구분값(BP_{L0})이며, C_{high} 는 C가 속한 구간에서 C 이상인 농도 구분값(BP_{H1})이고, I_{low} 는 C_{low} 에 대응하는 지수 구분값(I_{L0})이며, I_{high} 는 C_{high} 에 대응하는 지수 구분값(I_{H1})이고,

[수학식 1]

$$I = \frac{I_{high}-I_{low}}{C_{high}-C_{low}} (C - C_{low}) + I_{low}$$

[통합 실내 공기질 지수 테이블]

지수		A		B		C		D	
지수 구분		좋음		보통		나쁨		매우 나쁨	
지수 구분값	I _{LO}	0		51		101		251	
	I _{HI}	50		100		250		400	
농도 구분값		BP _{LO}	BP _{HI}	BP _{LO}	BP _{HI}	BP _{LO}	BP _{HI}	BP _{LO}	BP _{HI}
TVOC(ug/m³)		0	200	201	350	351	500	501	757
Co(ppm)		0	4.99	5	9.99	10	14.99	15	2000
PM10(ug/m³)		0	30	31	90	91	140	141	750

상기 실내 공기질 상태를 나타내는 실시간 통합 실내 공기질 알람지수를 결정하는 동작은,
상기 산출된 각각의 오염 물질별 실내 공기질 지수가 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)를 카운트하는 동작; 및
상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 1 이하인 경우, 상기 산출된 오염 물질별 실내 공기질 지수들 중 최대값을 실시간 통합 실내 공기질 알람지수로 결정하고, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 2인 경우, 상기 산출된 오염 물질별 실내 공기질 지수들 중 최대값에 50을 더한 값을 실시간 통합 실내 공기질 알람지수로 결정하며, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 3인 경우, 상기 산출된 오염 물질별 실내 공기질 지수들 중 최대값에 75를 더한 값을 실시간 통합 실내 공기질 알람지수로 결정하는 동작을 포함하는, 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 장치.

청구항 9

청구항 8에 있어서,
상기 제어부는,

[수학식 2]

$S_{t,alternate} = \alpha \cdot Y_t + (1-\alpha) \cdot S_{t-1}$ 에 기반하여 상기 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하여 이상치를 제거하고,
 $S_{t,alternate}$ 는 t 시점의 지수 이동 평균법이 적용된 데이터, Y_t 는 상기 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터 중 t 시점의 데이터, S_{t-1} 은 t 시점 직전의 데이터에 대한 지수 이동 평균, α 는 지수평활계수인, 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 장치.

청구항 10

청구항 9에 있어서,
상기 지수평활계수(α)는 0.3인, 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 장치.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

청구항 8에 있어서,

실내 공기질 상태를 표시하는 표시부를 더 포함하고,

상기 제어부는, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 0인 경우, 상기 표시부를 통해 " 좋음" 표시를 제공하고, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 1인 경우 상기 표시부를 통해 "보통" 표시를 제공하며, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 2인 경우 상기 표시부를 통해 "나쁨" 표시를 제공하고, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 3인 경우 상기 표시부를 통해 "최고 나쁨" 표시를 제공하는 동작을 더 수행하는, 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 수십년에 걸쳐 실내 공기질(IAQ: Indoor Air Quality)에 대한 관심이 증가하고 있다. 이러한 관심은 점막의 자극 또는 건조, 버닝 아이(burning eyes), 피로로 인한 두통과 같은, 특정되지 않은 증상에 대해 불평하는 다양한 실내 환경의 거주자의 보고에 의해 초기에 촉발되었다. 어떤 경우에 이들 증상들은 포름알데히드와 같은, 실내 공기의 특정 오염 물질의 높은 농도와 관련될 수 있기 때문에, 사람들이 나쁜 실내 공기질에 대해 불평할 때마다 기후 조건 및 실내의 공기의 오염 물질을 측정하고 결정하는데 대한 관심이 증가하였다.

[0003] 현재 많은 국가에서 대기환경오염 만큼 실내 공기오염에도 관심이 증가하는 추세이고, 실내의 공기질 측정 및 각 플랫폼에서 측정한 데이터를 전송하는 사물 인터넷(IoT) 기반 기술과 데이터 분석 기술이 다양하게 연구되고 있다.

[0004] 그리고 이러한 기술을 바탕으로 사물 인터넷 기반 실내 공기질 측정 및 분석 플랫폼 또한 다양하게 개발되는 추세이다. 이러한 플랫폼은 수집된 공기질 데이터를 분석하여 사용자에게 분석 결과를 제공하는 것에 중점을 두고 있으며, 센서의 정확도가 조금 부족하더라도 사용자에게 실시간으로 현재 공기질에 대한 알람을 제공하여 환기 및 대처를 유도하는 것이 중요하다.

[0005] 실외의 경우 국내 및 국외 각각의 통합 공기질 지수로 대기 오염도의 측정치를 표현하며 1시간에서 24시간 주기의 측정 데이터를 기반으로 산출한다. 그러나 국내 및 국외에서 사용되는 통합대기환경지수는 공기질 변화에 대한 실시간 공기질지수 산출이 어렵다.

[0006] 그리고 이러한 플랫폼에서는 각 센서에 의해 이상치가 발생할 수 있기 때문에, 지수 산출 시 실제 측정값을 기반으로 이상치를 평활화하여 측정값을 보정할 필요가 있다. 또한 실내의 경우 통합된 공기질에 대해 아직 정해진 알람지수가 없고, 오염된 공기가 한정된 공간에서 순환하기 때문에 지속적인 오염도가 높으며 실외보다 더 빠른 실시간 실내 공기질 알람지수 산출이 필요하다. 그리고 기존 통합공기질 지수는 해당 시간 측정 데이터의 평균을 사용하여 지수를 산출하였으나 이는 실시간으로 공기질 지수를 표현하는데 한계가 있다.

[0007] 실내 공기질(IAQ)에 대한 관심이 증가하는 것에 부가하여, 사물 인터넷 및 센서 기술의 발전은 소형의 저가 실내 공기질 모니터링 시스템의 발전을 가능하게 하였다. 이들 시스템들은 실시간으로 다양한 실내 공기 오염 물질을 모니터링할 수 있어서 사람들이 실시간으로 현재의 공기질을 식별함으로써 배출 또는 공기 청정 시스템을 사용하여 실내 공기를 정화하게 할 수 있다. 하지만, 대부분의 실내 공기질 모니터링 시스템들은 대응하는 오염 물질의 센싱된 값의 양을 수치로서 제시하기 때문에, 전문가뿐만 아니라 일반 사용자들은 공기가 얼마나 오염되었는지 또는 각 오염 물질의 오염 기준이 무엇인지를 식별하기가 어렵다.

[0008] 앞서 언급한 바와 같이, 대기 품질에 대해, 공기의 오염된 레벨을 제시하기 위하여 통합 공기질 지수(AQI: Air Quality Index)가 이미 여러 국가에서 사용되고 있고, 그것에 의해 사람들은 현재의 공기질의 상태를 용이하게 식별할 수 있다.

[0009] 그럼에도 불구하고, 지수 계산은 대기 오염 물질에 기반하고, 상기 지수는 1시간 또는 24시간 동안 수집된 센싱

된 값들의 구간 평균을 나타내기 때문에, 대기질을 나타내는데 사용되는 공기질 지수는 실내 공기질 표현에 적합하지 않다.

[0010] 또한 소형 실내 공기질 모니터링 시스템은 다수의 이점들을 가질지라도, 빈번한 이상치 발생으로 인하여 낮은 센서 정확도 및 낮은 신뢰성의 문제가 존재한다. 더욱이, 센서 값들 및 이상치들을 보정하기 위하여 다수의 연구가 수행되었지만, 대부분의 연구는 상이한 센서들 및 애플리케이션들에 집중되었다. 더욱이, 그들 중 몇몇은 프로세서 및 메모리에서의 풍부한 자원에 기반하여 복잡한 계산을 필요로 한다. 그러므로, 이들 알고리즘들을 소형의 실내 공기질 모니터링 시스템에 적용하는 것은 힘들다.

[0011] 상기 소형 실내 공기질 모니터링 시스템은 저 성능을 갖는 저가 센서에 기반하므로, 센서들의 신뢰성을 개선하는 것과 이상치에 잘 대처하는 것이 실내 공기질 모니터링 시스템 설계에 중요한 도전 중 하나이다. 더욱이, 기존의 평활화 알고리즘들은 소형 실내 공기질 모니터링 시스템에 직접 적용될 수 없는데, 왜냐하면 기존의 평활화 알고리즘들은 상기 시스템에서 처리되기에 막대한 오버헤드를 필요로 하기 때문이다.

[0012] 따라서, 실시간으로 실내 공기질을 나타내는데 적합한 알람지수를 제공할 수 있고, 처리시 오버헤드가 최소화되며, 메모리를 적게 사용하고, 이상치 또는 누락치를 처리할 수 있으며, 지수를 대표하는 통합 오염 물질을 지수 계산에 반영하고, 실시간 실내 공기질 변화에 대해 신속하게 반응하며, 실내 공기질 지수 산출에 최적화된 실시간 통합 실내 공기질 알람지수를 결정하는 방법 및 장치가 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) KR 10-1591735 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 실시간으로 실내 공기질을 나타내는데 적합한 알람지수를 제공할 수 있고, 처리시 오버헤드가 최소화되며, 메모리를 적게 사용하고, 이상치 또는 누락치를 처리할 수 있으며, 지수를 대표하는 통합 오염 물질을 지수 계산에 반영하고, 실시간 실내 공기질 변화에 대해 신속하게 반응하며, 실내 공기질 지수 산출에 최적화된, 실시간 통합 실내 공기질 알람지수를 결정하는 방법을 제공하는 것이다.

[0015] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는 실시간으로 실내 공기질을 나타내는데 적합한 알람지수를 제공할 수 있고, 처리시 오버헤드가 최소화되며, 메모리를 적게 사용하고, 이상치 또는 누락치를 처리할 수 있으며, 지수를 대표하는 통합 오염 물질을 지수 계산에 반영하고, 실시간 실내 공기질 변화에 대해 신속하게 반응하며, 실내 공기질 지수 산출에 최적화된, 실시간 통합 실내 공기질 알람지수를 결정하는 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0016] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법은,

[0017] (a) 적어도 하나의 센서를 이용하여 실내 공기 오염 물질을 센싱하는 단계;

[0018] (b) 상기 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하여 이상치를 제거하는 단계;

[0019] (c) 상기 이상치가 제거된 데이터에 기반하여, 각 오염 물질별 실내 공기질 지수를 산출하는 단계; 및

[0020] (d) 상기 각 오염 물질별 실내 공기질 지수에 기반하여, 실내 공기질 상태를 나타내는 실시간 통합 실내 공기질 알람지수를 결정하는 단계를 포함한다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법에 있어서,

[0022] 상기 단계 (b)에서,

[0023] $S_{t,alternate} = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1}$ 에 기반하여 상기 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동

평균법을 적용하여 이상치를 제거하고,

[0024] 상기에서 $S_{t,alternate}$ 는 t 시점의 지수 이동 평균법이 적용된 데이터, Y_t 는 상기 각 센서에 출력되는 데이터 중 t 시점의 데이터, S_{t-1} 은 t 시점 직전의 데이터에 대한 지수 이동 평균, α 는 지수평활계수일 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법에 있어서, 상기 지수평활계수 (α)는 0.3일 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법에 있어서, 상기 적어도 하나의 센서는, 총 휘발성 유기 화합물 센서(TVOC), 일산화탄소 센서, 및 미세먼지 센서로 이루어진 그룹 중 선택된 적어도 하나의 센서를 포함할 수 있다.

[0027] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법에 있어서, 상기 단계 (c)는, 상기 이상치가 제거된 데이터에 기반하여, [수학식 1] 및 [통합 실내 공기질 지수 테이블]에 따라 각 오염 물질 별 실내 공기질 지수를 산출하는 단계를 포함하고,

[0028] 수학식 1에서, I는 오염 물질의 실내 공기질 지수이며, C는 오염 물질의 농도이고, C_{low} 는 C가 속한 구간에서 C 이하인 농도 구분값(BP_{Lo})이며, C_{high} 는 C가 속한 구간에서 C 이상인 농도 구분값(BP_{Hi})이고, I_{low} 는 C_{low} 에 대응하는 지수 구분값(I_{Lo})이며, I_{high} 는 C_{high} 에 대응하는 지수 구분값(I_{Hi})일 수 있다.

[0029] [수학식 1]

$$I = \frac{I_{high} - I_{low}}{C_{high} - C_{low}} (C - C_{low}) + I_{low}$$

[0030]

[0031] [통합 실내 공기질 지수 테이블]

지수		A		B		C		D	
지수 구분		좋음		보통		나쁨		매우 나쁨	
지수 구분값	I_{Lo}	0		51		101		251	
	I_{Hi}	50		100		250		400	
농도 구분값		BP_{Lo}	BP_{Hi}	BP_{Lo}	BP_{Hi}	BP_{Lo}	BP_{Hi}	BP_{Lo}	BP_{Hi}
TVOC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		0	200	201	350	351	500	501	757
Co(ppm)		0	4.99	5	9.99	10	14.99	15	2000
PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		0	30	31	90	91	140	141	750

[0032]

[0033] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법에 있어서, 상기 단계 (d)는,

[0034] (d-1) 상기 산출된 각각의 오염 물질별 실내 공기질 지수가 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)를 카운트하는 단계; 및

[0035] (d-2) 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 1 이하인 경우, 가장 높은 실내 공기질 지수를 실시간 통합 실내 공기질 알람지수로 결정하고, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 2인 경우, 가장 높은 실내 공기질 지수에 50을 더한 값을 실시간 통합 실내 공기질 알람지수로 결정하며, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 3인 경우, 가장 높은 실내 공기질 지수 점수에 75를 더한 값을 실시간 통합 실내 공기질 알람지수로 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0036] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법은, 상기 단계 (d) 이후에,

[0037] (e) 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 0인 경우, "좋음" 표시를 제공하고, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 1인 경우 "보통" 표시를 제공하며, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 2인 경우 "나쁨" 표시를 제공하고, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 3인 경우 "매우 나쁨" 표시를 제공하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0038] 상기 다른 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 장치는,

[0039] 실내 공기 오염 물질을 센싱하기 위한 적어도 하나의 센서; 및

[0040] 상기 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하여 이상치를 제거하는 동작, 상기 이상치가 제거된 데이터에 기반하여, 각 오염 물질별 실내 공기질 지수를 산출하는 동작, 및 상기 각 오염 물질별 실내 공기질 지수에 기반하여, 실내 공기질 상태를 나타내는 실시간 통합 실내 공기질 알람지수를 결정하는 동작을 수행하는 제어부를 포함한다.

[0041] 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 장치에 있어서, 상기 제어부는,

[0042] [수학식 2]

[0043] $S_{t,alternate} = \alpha \cdot Y_t + (1-\alpha) \cdot S_{t-1}$ 에 기반하여 상기 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하여 이상치를 제거하고,

[0044] 상기에서 $S_{t,alternate}$ 는 t 시점의 지수 이동 평균법이 적용된 데이터, Y_t 는 상기 각 센서에 출력되는 데이터 중 t 시점의 데이터, S_{t-1} 은 t 시점 직전의 데이터에 대한 지수 이동 평균, α 는 지수평활계수일 수 있다.

[0045] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 장치에 있어서, 상기 지수평활계수 (α)는 0.3일 수 있다.

[0046] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 장치에 있어서, 상기 적어도 하나의 센서는, 총 휘발성 유기 화합물 센서(TVOC), 일산화탄소 센서, 및 미세먼지 센서로 이루어진 그룹 중 선택된 적어도 하나의 센서를 포함할 수 있다.

[0047] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 장치에 있어서, 상기 이상치가 제거된 데이터에 기반하여, 각 오염 물질별 통합 실내 공기질 지수 점수를 산출하는 동작은,

[0048] 상기 이상치가 제거된 데이터에 기반하여, [수학식 1] 및 [통합 실내 공기질 지수 테이블]에 따라 각 오염 물질별 실내 공기질 지수 점수를 산출하는 동작을 포함하고, 수학식 1에서, I는 오염 물질의 실내 공기질 지수 점수이며, C는 오염 물질의 농도이고, C_{low} 는 C가 속한 구간에서 C 이하인 농도 구분값(BP_{LO})이며, C_{high} 는 C가 속한 구간에서 C 이상인 농도 구분값(BP_{HI})이고, I_{low} 는 C_{low} 에 대응하는 지수 구분값(I_{LO})이며, I_{high} 는 C_{high} 에 대응하는 지수 구분값(I_{HI})일 수 있다.

[0049] [수학식 1]

$$I = \frac{I_{high} - I_{low}}{C_{high} - C_{low}} (C - C_{low}) + I_{low}$$

[0050]

[0051] [통합 실내 공기질 지수 테이블]

지수		A		B		C		D	
지수 구분		좋음		보통		나쁨		매우 나쁨	
지수 구분값	I_{LO}	0		51		101		251	
	I_{HI}	50		100		250		400	
농도 구분값		BP_{LO}	BP_{HI}	BP_{LO}	BP_{HI}	BP_{LO}	BP_{HI}	BP_{LO}	BP_{HI}
TVOC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		0	200	201	350	351	500	501	757
CO(ppm)		0	4.99	5	9.99	10	14.99	15	2000
PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		0	30	31	90	91	140	141	750

[0052]

[0053] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 장치에 있어서, 상기 실내 공기질 상태를 나타내는 실시간 통합 실내 공기질 알람지수를 결정하는 동작은,

[0054] 상기 산출된 각각의 오염 물질별 통합 실내 공기질 지수가 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)를 카운트하는 동작; 및

[0055] 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 1 이하인 경우, 가장 높은 통합 실내 공기질 지수 점수를 실시간 통합 실내 공기질 알람지수로 결정하고, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 2인 경우, 가장 높은 통합 실내 공기질 지수 점수에 50을 더한 점수를 실시간 통합 실내 공기질 알람지수로 결정하며, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 3인 경우, 가장 높은 통합 실

내 공기질 지수 점수에 75를 더한 점수를 실시간 통합 실내 공기질 알람지수로 결정하는 동작을 포함할 수 있다.

[0056] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 장치는 실내 공기질 상태를 표시하는 표시부를 더 포함하고,

[0057] 상기 제어부는, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 0인 경우, 상기 표시부를 통해 "좋음" 표시를 제공하고, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 1인 경우 상기 표시부를 통해 "보통" 표시를 제공하며, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 2인 경우 상기 표시부를 통해 "나쁨" 표시를 제공하고, 상기 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 3인 경우 상기 표시부를 통해 "매우 나쁨" 표시를 제공하는 동작을 더 수행할 수 있다.

발명의 효과

[0058] 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법 및 장치에 의하면, 실시간으로 실내 공기질을 나타내는데 적합한 알람지수를 제공할 수 있고, 프로세싱 오버헤드가 최소화되며, 메모리를 적게 사용하고, 이상치 또는 누락치를 처리할 수 있으며, 지수를 대표하는 통합 오염 물질을 지수 계산에 반영할 수 있고, 실시간 실내 공기질 변화에 대해 신속하게 반응할 수 있으며, 저가의 소형 실내 공기질 모니터링 시스템에 적용될 수 있다.

[0059] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법 및 장치에 의하면, 각 센서에서 출력되는 데이터에서 비정상적인 이상치들이 평활화되어 제거되기 때문에, 신뢰성 있게 실시간으로 실내 공기질을 나타낼 수 있다.

[0060] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법 및 장치에 의하면, 공기질 변화가 외적 요인(환기, 공기 청정기 등)에 의해 급속도로 변화하는 경우 실시간으로 공기질이 어떻게 변화하는지를 사용자에게 즉각 알려줄 수 있고, 사용자가 실내 공기질의 상태를 용이하게 인지할 수 있다.

[0061] 특히, 실내 공기질 데이터를 서버에서 수집하는 서버 수집 모델의 경우, 각 실내 공기질 모니터링 시스템 자체가 이상치들을 처리하는 능력을 갖기 때문에, 서버에서 데이터를 처리하는 부담이 상당히 감소할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0062] 도 1은 대한민국에서 사용되는 공기질 지수를 설명하기 위한 도면.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법 및 장치가 적용될 수 있는, 실시간 실내 공기질 모니터링 시스템의 프로토타입을 도시한 도면.

도 3a 및 도 3b는 실내 공기질에 대한 공기질 지수(AQI) 표현 결과를 도시한 도면.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 장치의 블록도.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법의 흐름도.

도 6a 내지 도 6d는 평활화 방법에 따라 산출된 지수들의 비교 결과를 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0063] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다.

[0064] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.

[0065] 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다.

[0066] 또한, "제1", "제2", "일면", "타면" 등의 용어는, 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다.

- [0067] 이하, 본 발명을 설명함에 있어, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0068] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.
- [0069] 공기질 지수(AQI: Air Quality Index)는 공기가 현재 얼마나 오염되었고 앞으로 어떻게 될 것인지를 공중에게 전달하기 위하여 정부 기관에 의해 사용되는 수치이다. 높은 공기질 지수(AQI) 값은 공기질이 나쁘다는 것을 의미하고 따라서 높은 공기질 지수값을 갖는 공기는 사람들의 건강에 나쁜 영향을 줄 수 있다.
- [0070] 캐나다, 홍콩, 중국, 인도, 싱가포르, 대한민국, 영국, 유럽 및 미국과 같은 국가들은 각각 다른 국가 공기질 표준에 대응하는, 자체의 공기질 지수를 가지고 있다. 비록 각 국가의 특정 표준이 다소 다를지라도, 계산 및 표현 방법들은 유사하다. 이해를 돕기 위하여, 대한민국에서 사용되는 공기질 지수의 예가 도 1에 도시된다.
- [0071] 공기질 지수(AQI)의 계산은 공기 모니터 또는 모델로부터 획득된, 특정의 평균 주기에 걸친 공기 오염 물질 농도를 필요로 한다. 함께 취해질 때, 농도 및 시간은 공기 오염 물질의 양(dose)을 나타낸다. 주어진 양에 대응하는 건강에 대한 영향은 역학 연구에 의해 설정된다. 공기 오염 물질은 효력(potency)이 가지각색이고, 공기 오염 물질 농도를 공기질 지수로 변환하는데 사용되는 함수는 오염 물질에 따라 변한다.
- [0072] 공기질 지수값들은 전형적으로 범위들로 그룹화된다. 각 범위에는 지수 구분(Description), 컬러 코드 및 표준화된 공중 건강 조언이 부여된다. 도 1에 도시된 바와 같이, 대한민국은 공기질 지수 레벨을 4개의 범주로 나눈다: 좋음(Good), 보통(Moderate), 나쁨(Unhealthy), 매우 나쁨(Very Unhealthy).
- [0073] 공기질 지수의 계산은 하기의 수학적 식 1에 의해 획득된다.

수학적 식 1

$$I = \frac{I_{high} - I_{low}}{C_{high} - C_{low}} (C - C_{low}) + I_{low}$$

- [0074]
- [0075] 수학적 식 1에서, I는 오염 물질의 실내 공기질 지수이며, C는 오염 물질의 농도이고, C_{low} 는 C가 속한 구간에서 C 이하인 농도 구분값(BP_{L0})이며, C_{high} 는 C가 속한 구간에서 C 이상인 농도 구분값(BP_{H1})이고, I_{low} 는 C_{low} 에 대응하는 지수 구분값(I_{L0})이며, I_{high} 는 C_{high} 에 대응하는 지수 구분값(I_{H1})이다.
- [0076] 실시간 환경정보 데이터 수집과 결과를 통해 데이터를 어떻게 분석할 것이며 이에 따른 요구사항이 무엇인지를 파악하기 위하여, 공기질 지수(AQI)를 직접 실내 공기질 모니터링 시스템에 적용한 실험이 수행되었다. 실시간으로 공기질 상태를 측정하여 기존 지수 산출 방법과 비교하는 실험을 위해 약 355시간 동안 5분 간격으로 4006회의 실시간 데이터를 측정하였다. 그 후 측정된 결과를 통해 기존 공기질 지수를 산출하고 실시간 데이터와 비교하여 실시간 실내 공기질 표현에 적합한 실시간 공기질 데이터 분석을 위한 요구사항을 정리하였다.
- [0077] 도 2에 도시된 바와 같이, 실내 공기질 정보를 수집하기 위하여, 휘발성 유기 화합물(VOC: Volatile Organic Compounds), 일산화탄소(Co), 이산화탄소(Co2), 먼지로 알려진 입자상물질(PM: Particle Materials) 10, 온도, 및 습도를 각각 센싱할 수 있는, 소형 실내 공기질 모니터링 시스템이 개발되었다. 수집된 데이터 세트는 와이파이를 통해 주기적으로 서버로 전송된다. 이 플랫폼을 사용하여, 실내 공기질 데이터가 수집되었고, 상기 데이터에 기반하여 각 센서 데이터의 분포가 분석되었다. 표 1은 실내 공기질 실험 환경을 나타낸다.

표 1

[0078]	기준	서브-기준
	위치	인천대학교 임베디드 네트워크 시스템 구조 랩

센서 유형	VOC Co PM10 Co2 온도 습도
수집 주기	5분
수집 기간	355시간(약 2주)
수집된 데이터의 수	4006
데이터 분석 툴	R Studio
플롯팅 툴	Plotly
데이터베이스	MySQL Workbench 5.1 CE

- [0079] 분석에는 다양한 툴과 연동이 가능한 R Studio를 활용하였고, 결과 플로팅을 위해 plotly를 사용하였다. 또한 실험을 통해 획득한 데이터 세트를 이용하여 각 데이터의 시간적 정보를 효율적으로 처리하기 위하여 실험 기간에 대한 시간 정보 대신 인덱스를 사용하여 순차적인 시간의 흐름을 표현하였다. 도 3a와 도 3b에 도시된 결과 그래프의 x축은 한 칸에 실제 시간 5분을 의미한다.
- [0080] 공기질 지수(AQI)는 대기에 영향을 미치는 몇몇 오염 물질에 기반하기 때문에, 공기질 지수(AQI)를 실내 공기질(IAQ)에 적용하기 위하여 단지 2개의 센서들(Co 센서 및 PM 센서)만이 고려되어야 한다.
- [0081] 도 3a 및 도 3b는 공기질 지수(AQI)를 Co 센서 및 PM 센서에 각각 적용한 결과를 보여준다. 측정 간격은 5분이고, 공기질 지수(AQI)는 1시간 동안 수집된 값들을 평균함으로써 제시된다. 그 결과는 공기질 지수(AQI)의 변동성이 공기질의 신속한 변화에 대해 즉각적으로 반응하지 못하고 상당히 느리게 반응하는 것을 보여준다. 공기질이 심지어 아주 악화되는 경우, 공기질 지수(AQI)는 최근의 변화에 반응하지 않고 이전의 값들에 수렴하는 것을 확인할 수 있다.
- [0082] 즉, 실시간 측정 데이터를 기반으로 분석한 결과 기존 지수 산출 방법은 실시간 공기질 변화를 정확하게 반영하지 못하고 대부분의 지수값에서 시간 지연이 발생하는 것을 볼 수 있다.
- [0083] 실외의 경우 대기의 순환에 의해 오랜 시간 평균을 낸 데이터로 표현을 해도 실내보다 표현되는 범위가 넓기 때문에 지수값을 활용하는 측면에서 시간 지연이 심각한 문제를 일으키지는 않는다. 그렇기 때문에 실외의 경우 기존 지수 산출 방식을 적용한 대표 지수값을 사용하는 것이 가능하다.
- [0084] 하지만 실내의 경우 공간이 한정되어 있어 공기질 변화가 외적 요인(환기, 공기 청정기 등)에 의해 급속도로 변화할 수 있기 때문에 실시간으로 공기질이 어떻게 변화하는지를 사용자에게 즉각적으로 알려줄 필요가 있다.
- [0085] 따라서 기존의 공기질 지수(AQI)는 실시간 실내 공기질(IAQ)을 나타내는데 적합하지 않음을 확인할 수 있다.
- [0087] **통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI: Comprehensive Indoor Air Quality Index) 설계**
- [0088] 상기 실험 결과를 통해, 기존의 공기질 지수(AQI)는 실시간 실내 공기질 표현에 적합하지 않음을 확인하였다. 그러므로, 본 발명에서 실시간으로 실내 공기질을 나타내기 위한 새로운 실내 공기질 알람지수가 제안되고, 실시간 능력을 증강하기 위하여 새로운 지수 산출 방법이 제안된다. 본 발명에서 제안되는 실시간 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)는 국내 실내 공기질 유지 기준 및 권고 기준, 신축 공동 주택의 실내 공기질 권고 기준 등에 기반한다. 새로운 실내 공기질 알람지수 및 알람지수 산출 방법에 대한 요건은 하기와 같다.
- [0089] - 최소한의 프로세싱 오버헤드
- [0090] - 적은 메모리 사용량
- [0091] - 이상치 또는 누락치 처리 능력
- [0092] - 통합 오염 물질들을 나타내는 지표
- [0093] - 실시간 실내 공기질(IAQ) 변화에 대한 신속한 반응
- [0094] 상기한 실시간 통합 실내 공기질 데이터 분석을 위한 요건을 하기에 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0095] 첫 번째로 실내 환경에서 규제 대상이 되는 추가적인 오염 물질에 대한 지수가 포함된 통합 실내 공기질 알람지

수가 필요하다. 대기와 달리 실내 환경에서 노출될 수 있는 오염 물질들이 존재하지만 아직 이러한 오염 물질들을 위한 통합 공기질 지수가 존재하지 않는 상황이다. 따라서 실내 환경에 적합한 오염 물질 측정 및 통합 실내 공기질 알람지수 개발이 필요하다.

[0096] 두 번째로 실시간 공기질 변화를 정확히 알리기 위한 효율적인 통합 실내 공기질 알람지수 산출 방법이 필요하다. 현재의 통합 공기질 지수 산출 방법을 사용할 때 실측 데이터와 통합 공기질 지수의 차이가 눈에 띄게 나타나는 경우가 있는데 이를 보완하기 위하여 실내 환경에 맞는 통합 실내 공기질 알람지수는 실외보다 더 즉각적으로 반응하도록 적용되어야 한다.

[0097] 마지막으로 로컬 저장 공간 사용 및 프로세싱 오버헤드가 최소화되어야 한다. 기존 통합 공기질 지수를 산출할 때는 1시간 간격과 평균을 이용하여 계산하는데 소형의 실내 공기질 모니터링 시스템은 저사양의 마이크로 컨트롤러를 사용하기 때문에 통합 공기질 지수 산출시 저장 공간 사용 및 프로세싱 오버헤드가 최소화되어야 한다.

[0098] 한편, 센서들을 통해 센싱된 데이터에 기반하여 사용자가 실시간 공기질 상태를 쉽게 확인할 수 있는 방법으로, 사용자가 스마트폰 앱(App)에서 확인하는 실내 공기질 알람지수와 각 플랫폼에서 LED(발광 다이오드)를 통해 공기질을 표현하여 육안으로 확인하는 2가지 방법이 있다.

[0099] LED의 경우 공기질의 상태에 따라 나누어진 구간별 색깔을 통해 확인이 가능하며, 알람지수의 경우 사용자의 스마트폰 앱에서 확인 가능하다.

[0100] 지수의 경우 다양한 센서를 이용하여 오염 물질을 측정하고 실제 측정값을 사용하면, 일반적인 사용자 입장에서 어떠한 상황인지 판단하기가 힘들기 때문에 각각의 오염 물질 종류에 대해 오염 정도를 구간으로 나누고, 사용자 입장에서 알기 쉽게 표현되어야 한다. 따라서 본 발명의 실시예에서는 각각의 오염 정도를 지수값으로 표현한 알람지수를 제안한다.

[0101] 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법 및 장치에서는, 표 2에 도시된 바와 같이 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI) 테이블에 기반하여, 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)를 결정한다.

표 2

지수		A		B		C		D	
지수 구분		좋음		보통		나쁨		매우 나쁨	
지수 구분값	I _{Lo}	0		51		101		251	
	I _{Hi}	50		100		250		400	
농도 구분값		BP _{Lo}	BP _{Hi}	BP _{Lo}	BP _{Hi}	BP _{Lo}	BP _{Hi}	BP _{Lo}	BP _{Hi}
TVOC(ug/m ³)		0	200	201	350	351	500	501	757
Co(ppm)		0	4.99	5	9.99	10	14.99	15	2000
PM10(ug/m ³)		0	30	31	90	91	140	141	750

[0102]

[0103] 각각의 결과는 좋음, 보통, 나쁨의 3개의 경계선으로 공기질의 상태가 구분되며, 공기질 지수가 0-50은 "좋음", 51-100은 "보통", 101-250은 "나쁨" 상태이며, 그 이상은 "매우 나쁨" 상태이다.

[0104] 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)는 실내 공기질(IAQ)에 대한 기본 오염 물질인, 총 휘발성 유기 화합물(TVOC), 일산화탄소(Co), 및 미세먼지(PM10)의 농도 레벨에 기반하고, 각 오염 물질의 농도 레벨은 실내 공기질 유지 및 권고 레벨과 실험에 기반한다. 더욱이, 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI) 계산은 상기한 수학적 1과 동일한 방법을 사용하여 계산된다.

[0105] 이를 다시 기재하면 다음과 같다.

[0106] [수학적 1]

$$I = \frac{I_{high} - I_{low}}{C_{high} - C_{low}} (C - C_{low}) + I_{low}$$

[0107]

[0108] 수학적 1에서, I는 오염 물질의 실내 공기질 지수이며, C는 오염 물질의 농도이고, C_{low}는 C가 속한 구간에서 C 이하인 농도 구분값(BP_{Lo})이며, C_{high}는 C가 속한 구간에서 C 이상인 농도 구분값(BP_{Hi})이고, I_{low}는 C_{low}에 대응하

는 지수 구분값(I_{LO})이며, I_{high} 는 C_{high} 에 대응하는 지수 구분값(I_{HI})이다.

- [0109] 한편, 사물 인터넷 기반의 환경정보 측정 플랫폼에서 사용되는 사물 인터넷 기반의 소형의 저가 실내 공기질 모니터링 시스템은 정확하고 정밀한 측정을 요구하는 전문 공기질 측정기와는 달리 실시간 공기질의 변화를 사용자가 쉽게 인지하는 것에 더 중점을 두기 때문에, 일반적으로 고성능, 고가의 센서 및 부품 대신에 저가의 센서와 부품을 사용한다. 그렇기 때문에 측정된 센서값은 불규칙적인 측정 오차 또는 값이 갑자기 0으로 떨어지거나 치솟는 등 이상치가 발생할 수 있다.
- [0110] 이러한 이상치를 제거하기 위한 평활 기법으로 단순 이동 평균(SMA: Simple Moving Average)법, 지수 이동 평균(Exponential Moving Average)법 및 가중치 이동 평균(Weighted Moving Average)법 등이 있다.
- [0111] 단순 이동 평균법은 과거로부터 현재까지의 시계열 자료를 대상으로 일정기간별 이동 평균을 계산하고 이들의 추세를 파악하여 다음 기간의 데이터를 예측하는 방법이다.
- [0112] 지수 이동 평균법은 일정 기간의 평균을 이용하는 단순 이동 평균법과 달리 모든 시계열 자료를 사용하여 평균을 구하며, 시간의 흐름에 따라 최근 시계열에 더 많은 가중치를 부여하여 미래 데이터를 예측하는 방법이다.
- [0113] 가중치 이동 평균법은 오래된 자료보다 최신의 자료에 더 많은 가중치를 두어 영향력을 다르게 함으로써 최신 데이터 반응이 더 잘되는 장점이 있다.
- [0114] 구간 평균에 기반하는 공기질 지수(AQI)는 실시간 실내 공기질(IAQ) 데이터를 나타내는데 몇몇 문제점을 가지고 있다. 그러므로 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법 및 장치에서는, 더 동적인 이동 평균 방법이 실시간 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)를 결정하는데 사용된다.
- [0115] 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법 및 장치는, 이상치들을 평활화하는데 최적의 성능을 보여주고, 메모리 사용량이 적으며 프로세싱 오버헤드가 작은 지수 이동 평균(EMA: Exponential Moving Average)법을 이용하여 이상치들을 평활화하여 제거함으로써 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)의 실시간 능력을 향상시킨다.
- [0116] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 장치의 블록도이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법의 흐름도이다.
- [0117] 도 4에 도시된 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 장치는, 실내 공기 오염 물질을 센싱하기 위한 센서들(400, 402, 404), 및 상기 센서들(400, 402, 404) 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하여 이상치를 제거하는 동작, 상기 이상치가 제거된 데이터에 기반하여, 각 오염 물질별 통합 실내 공기질 지수를 산출하는 동작, 및 상기 통합 실내 공기질 지수에 기반하여, 실내 공기질 상태를 나타내는 실시간 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)를 결정하는 제어부(406)를 포함한다.
- [0118] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 장치는, 실내 공기질 상태를 표시하는 표시부(416) 및 외부와 통신하기 위한 통신부(418)를 더 포함한다.
- [0119] 상기 제어부(406)는, 상기 결정된 실시간 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)에 기반하여 실내 공기질 상태를 결정하고, 결정된 실내 공기질 상태를 상기 표시부(416)를 통해 표시하는 동작을 더 수행할 수 있고, 상기 결정된 실시간 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)와 실내 공기질 상태를 통신부(418)를 통해 외부에 전송하는 동작을 더 수행할 수 있다.
- [0120] 상기 센서들(400, 402, 404)은 총 휘발성 유기 화합물(TVOC) 센서(400), 일산화탄소(Co)(402) 센서, 및 미세먼지(PM) 센서(404)를 포함하고, 상기 표시부(416)는 블루 LED(408), 그린 LED(410), 옐로우 LED(412) 및 레드 LED(414)를 포함한다.
- [0121] 상기와 같이 구성된 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 장치의 동작을 도 4 및 도 5를 참조하여 설명하기로 한다.
- [0122] 단계 S500에서, 제어부(406)는 센서들(400, 402, 404)을 이용하여 실내 공기 오염 물질인 총 휘발성 유기 화합물(TVOC), 일산화탄소(Co) 및 미세먼지(PM)를 센싱한다.
- [0123] 단계 S502에서, 제어부(406)는 상기 센서들(400, 402, 404) 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하여 신뢰할 수 없는 결과를 야기할 수 있는 비정상적인 이상치들을 평활화하여 제거한다.
- [0124] 구체적으로, 제어부(406)는 하기의 수학적 2에 기재된 지수 이동 평균법을 상기 센서들(400, 402, 404) 각각에

서 출력되는 데이터에 적용함으로써, 이상치들을 평활화하여 제거한다.

수학식 2

$$S_{t, \text{alternate}} = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1}$$

[0125]

[0126]

수학식 2에서, $S_{t, \text{alternate}}$ 는 t 시점의 지수 이동 평균법이 적용된 데이터, Y_t 는 각 센서에 출력되는 데이터 중 t 시점의 데이터, S_{t-1} 은 t 시점 직전의 데이터에 대한 지수 이동 평균, α 는 지수평활계수이다. 본 발명의 일 실시예에서, 상기 지수평활계수(α)는 0.3이다. 지수평활계수(α)가 0.3인 경우, 산출되는 지수의 정확도 및 신뢰성이 향상된다.

[0127]

단계 S504에서, 제어부(406)는 상기 이상치가 제거된 데이터에 기반하여, 각 오염 물질별 실내 공기질 지수를 산출한다.

[0128]

즉, 제어부(406)는 이상치가 제거된 각 오염 물질의 농도와 표 2에 도시된 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)를 위한 레벨 카테고리 테이블 및 수학식 1에 기반하여 각 오염 물질별 실내 공기질 지수를 산출한다.

[0129]

단계 S506에서, 제어부(406)는 산출된 각각의 오염 물질별 지수가 "나쁨(Unhealthy)" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)를 카운트한다.

[0130]

단계 S508에서 제어부(406)는 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 0인지를 판단하고, "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 0인 경우, 단계 S510에서 가장 높은 지수를 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)로 결정한 후, 단계 S512에서 블루 LED(408)를 온(on)시킴으로써 "좋음(Good)" 표시를 제공한다.

[0131]

단계 S514에서 제어부(406)는 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 1인지를 판단하고, "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 1인 경우, 단계 S516에서 가장 높은 지수를 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)로 결정한 후, 단계 S518에서 그린 LED(410)를 온(on)시킴으로써 "보통(Moderate)" 표시를 제공한다.

[0132]

단계 S520에서 제어부(406)는 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 2인지를 판단하고, "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 2인 경우, 단계 S522에서 가장 높은 지수에 50을 더한 값을 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)로 결정한 후, 단계 S524에서 옐로우 LED(412)를 온(on)시킴으로써 "나쁨(Unhealthy)" 표시를 제공한다.

[0133]

단계 S526에서 제어부(406)는 "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 3인지를 판단하고, "나쁨" 이상의 등급을 갖는 지수의 개수(bad_count)가 3인 경우, 단계 S528에서 가장 높은 지수에 75를 더한 값을 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)로 결정한 후, 단계 S530에서 레드 LED(414)를 온(on)시킴으로써 "매우 나쁨(Very Unhealthy)" 표시를 제공한다.

[0135]

평가

[0136]

본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법 및 장치의 성능 및 실시간 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)의 성능을 평가하기 위하여, 대기질 지수(AQI)에서 사용되는 구간 평균(AVG)과 슬라이딩 윈도우를 사용하는 이동 평균(SMA)을 가지고 비교 실험이 수행되었다. 더욱이, 실내 공기질 알람지수(CIAQI)를 구성하는 오염 물질에 대해, 총 휘발성 유기 화합물(TVOC), 일산화탄소(Co), 및 미세먼지(PM 10) 값들이 실시간으로 수집되었다. 실험 환경의 나머지는 표 1에서와 동일하다.

[0137]

도 6a 내지 도 6c는 센서 당 단일 오염 물질 지수의 변동을 보여준다: (a) TVOC, (b) Co, 그리고 (c) PM10, 그리고 도 6d는 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)의 변동을 보여준다. 직관적으로, 이 결과는 지수 이동 평균법을 적용한 본 발명의 방식(EMA)이 다른 방식들인 구간 평균(AVG12)과 단순 이동 평균(SMA12)보다 실시간 공기질의 변동에 관해 더 빨리 반응하는 것을 보여준다.

[0138]

도 6을 참조하면, 실시간 측정 지수값과 구간 평균(AVG12), 본 발명의 실시에서 사용되는 지수 이동 평균(EMA0.3), 단순 이동 평균(SMA12) 세 가지 모두 다른 값을 나타내는 것을 볼 수 있다. 각각 지수를 산출하는 방법이 다르므로 당연할 결과이다. 하지만 경계선을 기준으로 실시간 공기질 상태와 다른 상태를 나타내고 있다면

사용자에게 정확한 피드백을 줄 수 없게 된다.

[0139] 예를 들어 지수 100(보통과 나쁨의 경계선)을 기준으로 실시간 지수 값과 EMA0.3은 동일하게 나쁨을 나타내고 있는 반면, AVG12와 SMA12는 보통을 나타내고 있는 상황에서는 실제 공기질 상태는 "나쁨"이지만, AVG12와 SMA12를 사용할 경우 "보통"이라는 상태를 사용자에게 알리게 된다.

[0140] 사실상, 도 6에 도시된 비교 만을 가지고 어떤 방식이 최선인지를 확인하는 것은 어렵다. 그러므로, 더 구체적이고 객관적인 성능을 평가하기 위하여, 부가적인 평가 요소(metrics)가 채택된다: 제곱근오차평균(RMSE: Root Mean Square Error), 변동성(Variability) 그리고 메모리 사용량.

[0141] 이들 평가 요소는 각 방식이 얼마나 다양한 요건들을 충족시키는지에 대한 정량적인 분석을 수행하는데 유용하다.

[0142] 수학적 식 3에 기재된 제곱근오차평균(RMSE)은 가장 직관적이면서도 의미 있는 정확도 평가 방법으로서, 원시 데이터(raw data)와 비교하여 평활된 데이터의 정확성을 측정하는데 사용된다. 제곱근오차평균(RMSE)은 실제 데이터와 모델링 데이터의 차의 제곱합에 대해 평균 계산하는 것으로 측정한다. 데이터의 수가 많을수록 더 정확한 정확도 평가가 가능하며 0에 가까울수록 정확하다는 것을 의미한다.

[0143] 수학적 식 4에 기재된 변동성(Variability)은 데이터들의 평균값과 얼마나 떨어져 있는지 측정하는 방법이며 데이터의 신뢰성을 평가하는데 사용된다. 실제 데이터와 모델링 데이터의 차의 분산을 실제 데이터의 분산으로 나눈 후 1에서 뺀으로써 측정한다. 1에 가까울수록 신뢰도가 좋다는 의미이며 일반적으로 0.8 이상이면 신뢰성이 있는 데이터라고 판단한다. 부가적으로 실행시간 동안 각 알고리즘의 요구되는 메모리 사용량이 검사되었다.

수학적 식 3

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [y(k+1) - \hat{y}(k+1)]^2}$$

[0144]

수학적 식 4

$$R^2 = 1 - \frac{var(y-\hat{y})}{var(y)}$$

[0145]

[0146] 표 3은 각 평가 요소에 대한 성능 평가의 요약이다. 이 결과는 지수 이동 평균(EMA)법에 기반한 본 발명의 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)가 다른 방식들인 구간 평균(AVG) 및 단순 이동 평균(SMA)보다 실시간 실내 공기질의 변화에 가장 적응적인 것을 보여준다.

[0147] 더욱이, 본 발명의 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)는 다른 방식들보다 계산시 메모리 사용량이 더 적기 때문에, 사물 인터넷 기반의 소형, 저가 실내 공기질 모니터링 시스템을 위한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수에 가장 적합하다.

표 3

[0148]

	TVOC			Co			Dust			CIAQI		
평활 방법	AVG12	SMA12	EMA 0.3	AVG12	SMA12	EMA 0.3	AVG12	SMA12	EMA 0.3	AVG12	SMA12	EMA 0.3
RMSE	1.6785	3.2993	1.2296	8.8225	11.0439	5.7809	18.2461	19.3337	14.7557	13.7972	16.3289	10.8457
변동성	0.9963	0.9857	0.9980	0.9118	0.8619	0.9621	0.7758	0.7510	0.8549	0.7798	0.7194	0.8762
메모리 사용량	180 바이트	180 바이트	30 바이트	180 바이트	180 바이트	30 바이트	180 바이트	180 바이트	30 바이트	180 바이트	180 바이트	30 바이트

- [0149] 본 발명의 실시예에 의하면, 통합 실내 공기질 알람지수를 위한 레벨 카테고리 테이블이 제안되었고, 지수 이동 평균(EMA)법을 사용함으로써 통합 실내 공기질 알람지수의 실시간 능력이 향상되었다. 부가적인 실험 결과는 지수 이동 평균법에 기반하는 본 발명의 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)가 다른 방식들인 구간 평균(AVG) 및 단순 이동 평균(SMA)을 능가하여 이상치들을 평활화함에도 불구하고 실시간 실내 공기질의 변화에 가장 적응적임이 증명되었다. 더욱이, 제안된 통합 실내 공기질 알람지수(CIAQI)는 다른 방식들보다 계산시 더 적은 메모리를 사용하기 때문에, 사물 인터넷 기반의 소형, 저가 실내 공기질 모니터링 시스템을 위한 통합 실내 공기질을 나타내는 지표로서 가장 적합하다.
- [0150] 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법 및 장치에 의하면, 실시간으로 실내 공기질을 나타내는데 적합한 알람지수를 제공할 수 있고, 프로세싱 오버헤드가 최소화되며, 메모리를 적게 사용하고, 이상치 또는 누락치를 처리할 수 있으며, 지수를 대표하는 통합 오염 물질을 지수 계산에 반영할 수 있고, 실시간 실내 공기질 변화에 대해 신속하게 반응할 수 있으며, 저가의 소형 실내 공기질 모니터링 시스템에 적용될 수 있다.
- [0151] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법 및 장치에 의하면, 각 센서에서 출력되는 데이터에서 비정상적인 이상치들이 평활화되어 제거되기 때문에, 신뢰성 있게 실시간으로 실내 공기질을 나타낼 수 있다.
- [0152] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 통합 실내 공기질 알람지수 결정 방법 및 장치에 의하면, 공기질 변화가 외적 요인(환기, 공기 청정기 등)에 의해 급속도로 변화하는 경우 실시간으로 공기질이 어떻게 변화하는지를 사용자에게 즉각 알려줄 수 있고, 사용자가 실내 공기질의 상태를 용이하게 인지할 수 있다.
- [0153] 특히, 실내 공기질 데이터를 서버에서 수집하는 서버 수집 모델의 경우, 각 실내 공기질 모니터링 시스템 자체가 이상치들을 처리하는 능력을 갖기 때문에, 서버에서 데이터를 처리하는 부담이 상당히 감소할 수 있다.
- [0154] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세하게 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함은 명백하다고 할 것이다.
- [0155] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속하는 것으로, 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

부호의 설명

- [0156]
- | | |
|----------------------|----------------|
| 400 : 총 휘발성 유기화합물 센서 | 402 : 일산화탄소 센서 |
| 404 : 미세먼지 센서 | 406 : 제어부 |
| 408 : 블루 LED | 410 : 그린 LED |
| 412 : 옐로우 LED | 414 : 레드 LED |
| 416 : 표시부 | |

도면

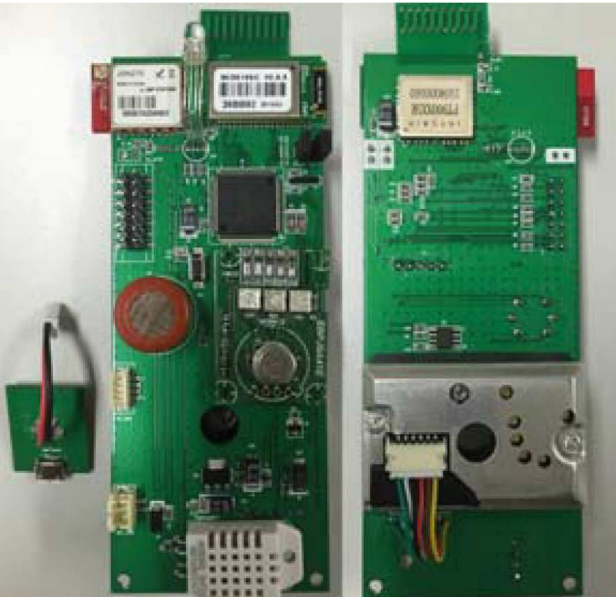
도면1

Category		A		B		C		D	
Description		Good		Moderate		Unhealthy		Very unhealthy	
Values	I _{LO}	0		51		101		251	
	I _{HI}	50		100		250		500	
Concentration		BP _{LO}	BP _{HI}	BP _{LO}	BP _{HI}	BP _{LO}	BP _{HI}	BP _{LO}	BP _{HI}
SO ₂ (ppm)	1hr	0	0.020	0.021	0.050	0.051	0.150	0.151	1
NO ₂ (ppm)	1hr	0	0.030	0.031	0.060	0.061	0.200	0.201	2
CO (ppm)	1hr	0	2	2.01	9	9.01	15	15.01	50
O ₃ (ppm)	1hr	0	0.030	0.031	0.090	0.091	0.150	0.151	0.600
PM _{1.0} (μ g/m ³)	24hr	0	30	31	80	81	150	151	600
PM _{2.5} (μ g/m ³)	24hr	0	15	16	50	51	100	101	500

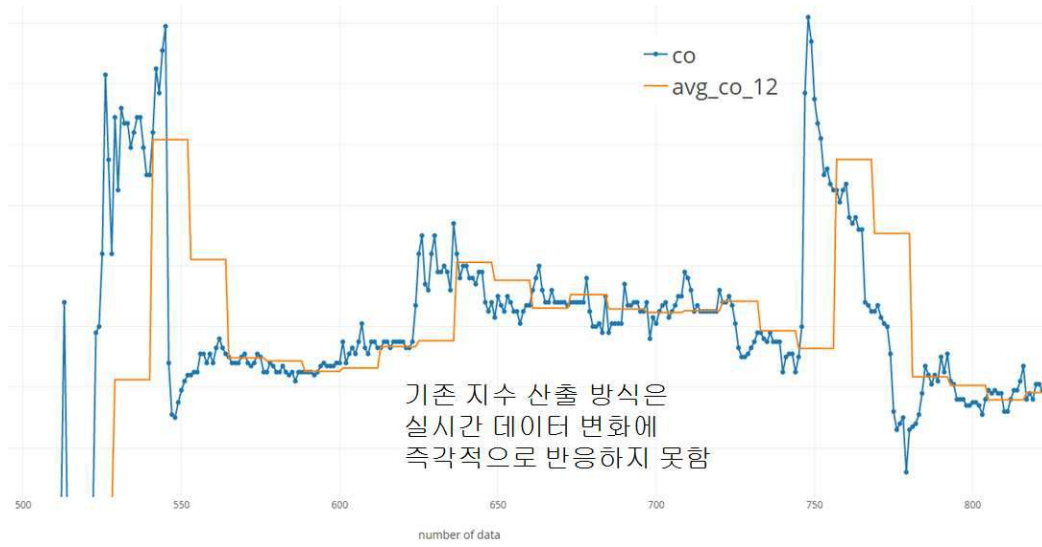
Category	Description	Health Effects
A	Good	A level that will not impact patients suffering from diseases related to air pollution
B	Moderate	A level which may have a meager impact on patients in case of chronic exposure
C	Unhealthy	A level that may have harmful impacts on patients and members of sensitive groups (children, aged or weak people), and also cause the general public unpleasant feelings
D	Very unhealthy	A level which may have a serious impact on patients and members of sensitive groups in case of acute exposure
E		A level which may need to take emergency measures for patients and members of sensitive groups and have harmful impacts on the general public

	GOOD	Moderate	Unhealthy	Very Unhealthy
Colors	Blue	Green	Yellow	Red
RGB Code	0000FF	00FF00	FFFF00	FF0000
Pictogram				

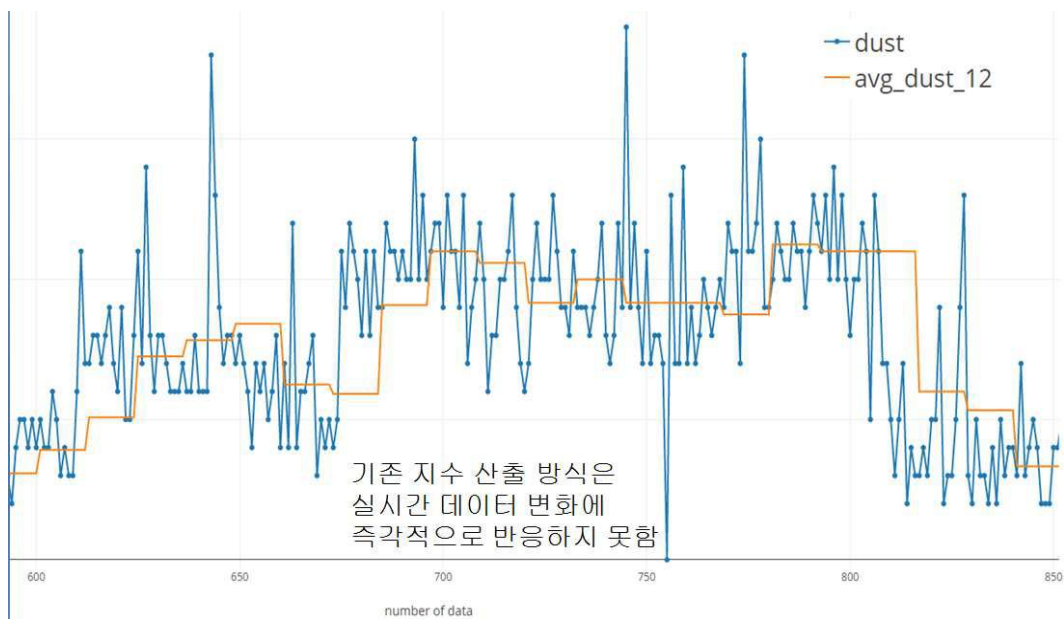
도면2



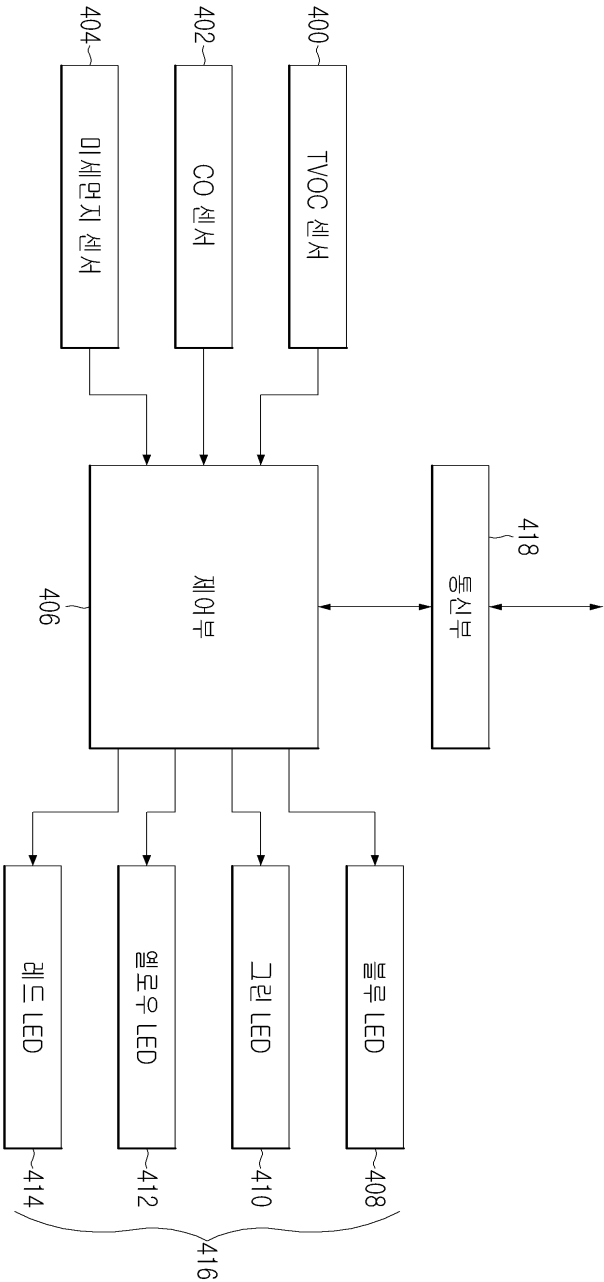
도면3a



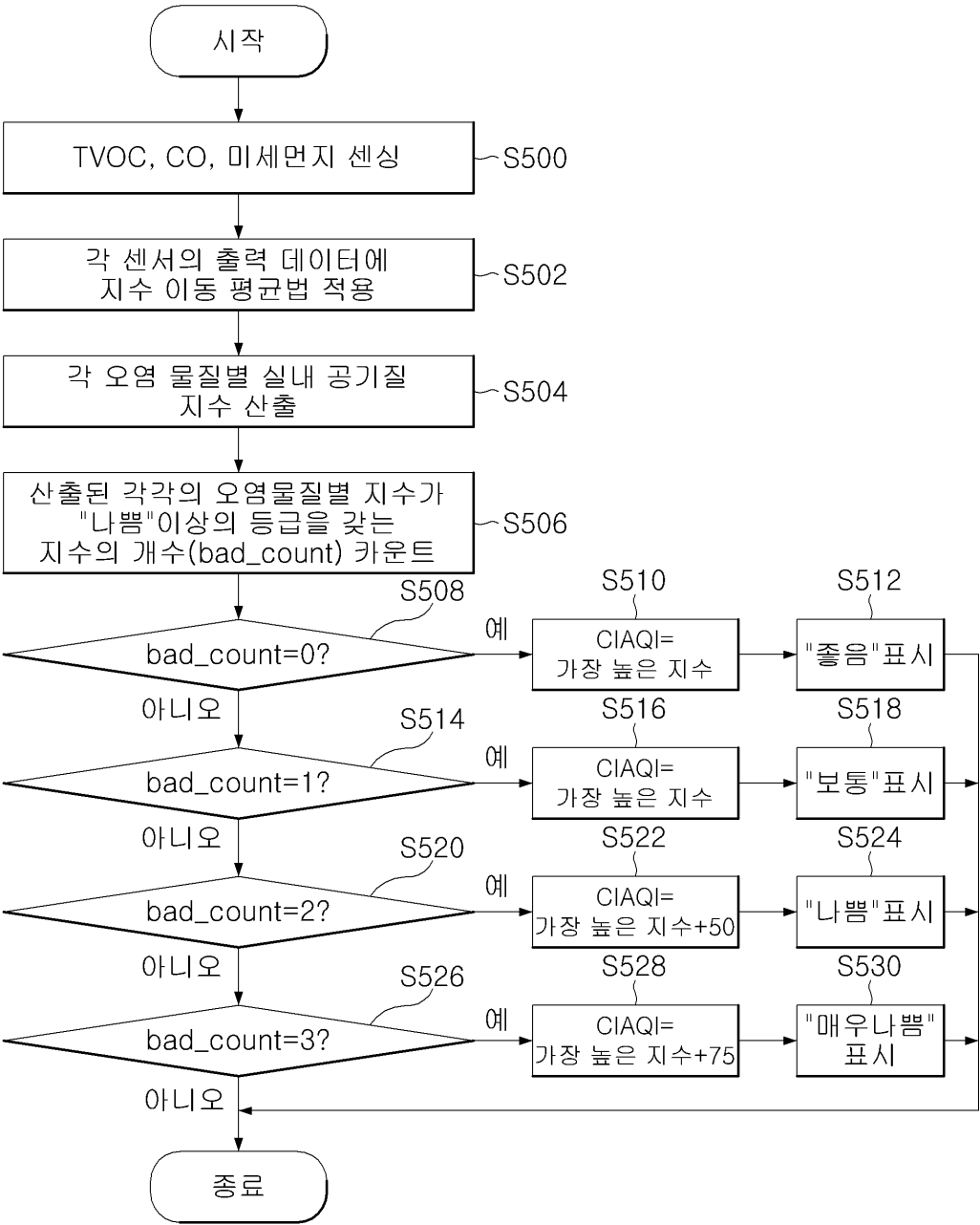
도면3b



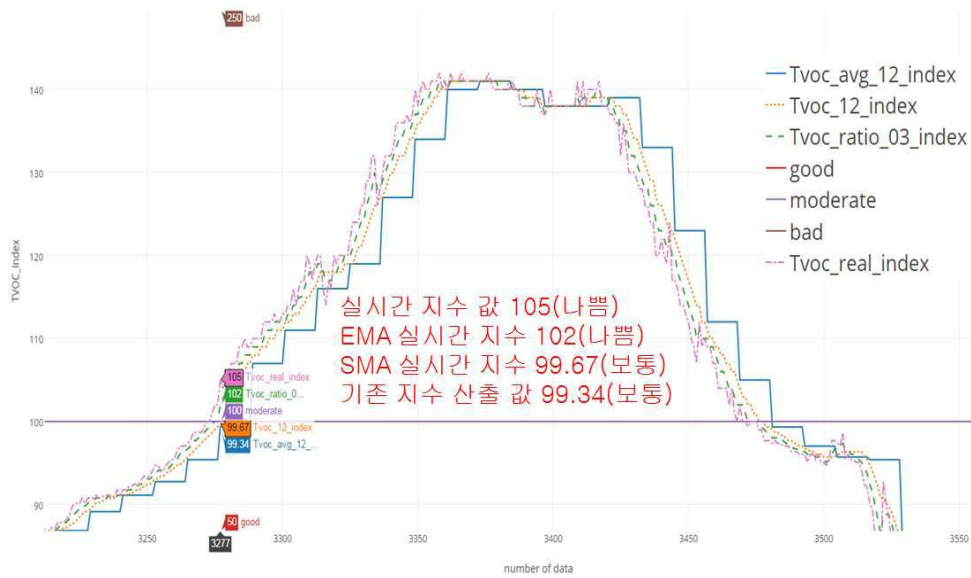
도면4



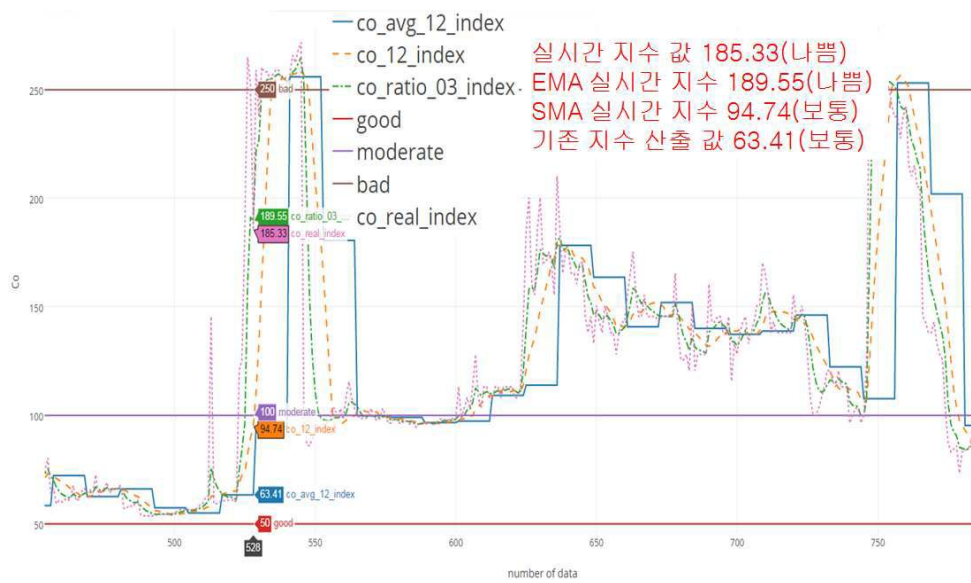
도면5



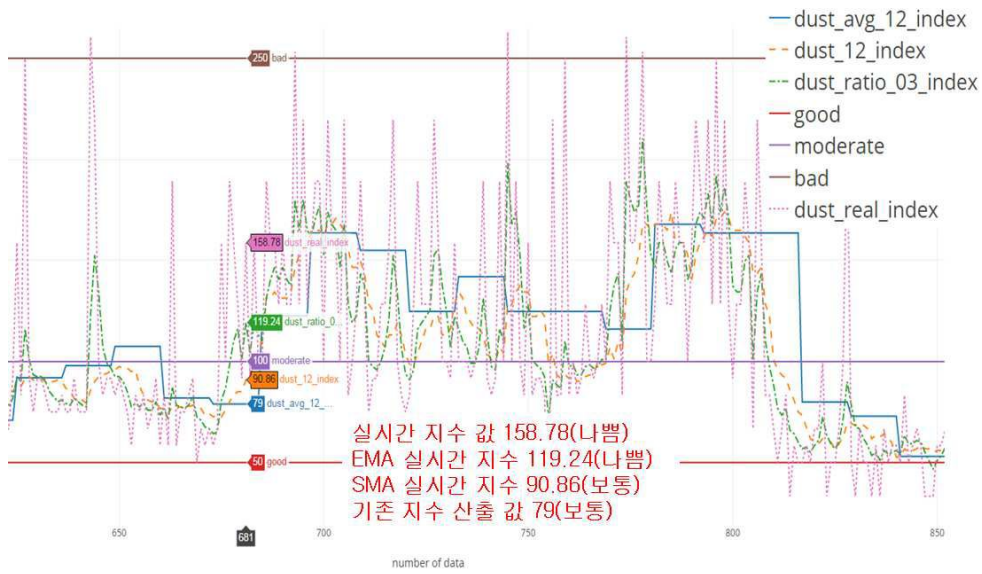
도면6a



도면6b



도면6c



도면6d

