



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0122589
(43) 공개일자 2018년11월13일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>F24F 11/30</i> (2018.01) <i>F24F 11/62</i> (2018.01)
 <i>F24F 110/00</i> (2018.01) <i>F24F 110/10</i> (2018.01)
 <i>F24F 110/20</i> (2018.01) <i>F24F 110/64</i> (2018.01)
 <i>F24F 110/66</i> (2018.01) <i>F24F 110/70</i> (2018.01)
 <i>F24F 110/72</i> (2018.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>F24F 11/30</i> (2018.01)
 <i>F24F 11/62</i> (2018.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2018-0136089(분할)
 (22) 출원일자 2018년11월07일
 심사청구일자 없음
 (62) 원출원 특허 10-2016-0051121
 원출원일자 2016년04월26일
 심사청구일자 2016년04월26일</p> | <p>(71) 출원인
 인천대학교 산학협력단
 인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)</p> <p>(72) 발명자
 황광일
 인천광역시 연수구 아카데미로 119,
 정보기술대학328 (송도동, 인천대학교)</p> <p>김민식
 서울특별시 양천구 화곡로6길 14, 3층 (신월동)</p> <p>(74) 대리인
 박상열, 최내윤</p> |
|---|---|

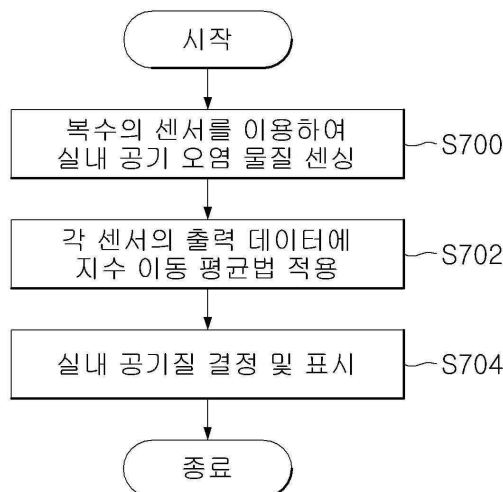
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법은, (a) 적어도 하나의 센서를 이용하여 실내 공기 오염 물질을 센싱하는 단계; 및 (b) 상기 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하여 이상치를 제거하는 단계를 포함하여, 이상치를 제거하기 위한 알고리즘이 덜 복잡하고, 메모리를 덜 사용하며, 신속하게 결과가 수렴되고, 합리적인 정확성을 갖기 때문에, 저가격의 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템에 적용될 수 있고, 센싱 값들이 다양한 분석 및 예측에 사용되는 경우, 신뢰성있는 분석 및 예측을 할 수 있다.

대표도 - 도7



(52) CPC특허분류

F24F 2110/00 (2018.01)

F24F 2110/10 (2018.01)

F24F 2110/20 (2018.01)

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

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 적어도 하나의 센서를 이용하여 실내 공기 오염 물질을 센싱하는 단계; 및
- (b) 상기 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하여 이상치를 제거하는 단계를 포함하며,

상기 단계 (b)에서,

[수학식 1]

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

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 지수평활계수인, 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 가정 또는 실내에서의 건강과 안락한 삶에 대한 관심이 증가함에 따라, 실내 공기질(IAQ: Indoor Air Quality)에 대한 관심도 증가하고 있다. 이는 실내 공기질이 우리의 건강과 생활에 영향을 미치는 중요한 요인들 중 하나이기 때문이다. 실내 공기질은 빌딩과 구조물 내의 공기의 질을 지칭한다. IAQ는 일산화탄소, 라돈, 휘발성 유기 화합물(VOC: Volatile Organic Compounds)을 포함하는 많은 가스, 입자상 물질, 미생물 오염 물질(곰팡이, 박테리아) 또는 유해한 건강 상태를 유도할 수 있는 어떤 매스(mass) 또는 에너지 스트레스 요인에 의해 영향을 받을 수 있다. 오염 물질을 희석하기 위한 소스 제어, 여과 및 환기를 사용하는 것은 대부분의 빌딩에서 실내 공기질을 개선하기 위한 주된 방법들이다.

[0003] 개발 도상국에서 실내 공기 오염의 주 소스는 난방과 요리를 위한, 예를 들어, 나무, 석탄, 분뇨, 또는 작물 잔해와 같은 바이오매스의 연소이다. 높은 레벨의 입자상 물질에 노출된 결과로 2000년에 150만명 내지 2백만명이 사망하였다.

[0004] 지금까지, 실내 공기질 측정은 전문적인 장비를 사용하는 환경 전문가에 의한 측정 및 분석에 의존하였다. 하지만, 최근에 저가 센서 및 임베디드 시스템의 발전으로 인하여 초소형 저가 실내 공기질(IAQ) 모니터링 시스템의 개발이 가능해지고 있다. 다양한 저가의 환경 모니터링 센서들을 가질 수 있는 이들 시스템들의 주된 특징은, 사용자들에게 실시간으로 실내 공기질을 알릴 수 있고 특정 시간 동안 특정 장소의 실내 공기질의 변동을 관찰할 수 있다는 것이다.

[0005] 이들 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템이 다수의 이점들을 가질지라도, 그들은 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.

[0006] 상기 초소형 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 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템에 직접 적용될 수 없는데, 왜냐하면 기존의 평활화 알고리즘들은 상기 시스템에서 처리되기에 막대한 오버헤드를 필요로 하기 때문이다.

[0007] 따라서, 알고리즘이 덜 복잡하고, 메모리를 덜 사용하며, 신속하게 결과가 수렴되고, 합리적인 정확성을 갖는, 저가격의 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템을 위한 이상치 제거 방법 및 장치가 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) KR 10-1202783 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 알고리즘이 덜 복잡하고, 메모리를 덜 사용하며, 신속하게 결과가 수렴되고, 합리적인 정확성을 갖는, 저가격의 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템을 위한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는 알고리즘이 덜 복잡하고, 메모리를 덜 사용하며, 신속하게 결과가 수렴되고, 합리적인 정확성을 갖는, 저가격의 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템을 위한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법은,

[0012] (a) 적어도 하나의 센서를 이용하여 실내 공기 오염 물질을 센싱하는 단계; 및

[0013] (b) 상기 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하여 이상치를 제거하는 단계를 포함한다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법은, 상기 단계 (b) 이후에, 상기 지수 이동 평균법이 적용된 데이터에 기반하여 실내 공기질을 결정하여 표시하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0015] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법에 있어서, 상기 단계 (b)에서, [수학식 1] $S_{t,alternate} = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1}$ 에 기반하여 상기 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하고, 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 지수평활 계수일 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법에 있어서, 상기 지수평활계수(α)는 0.3일 수 있다.

[0017] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법에 있어서, 상기 적어도 하나의 센서는, 휘발성 유기 화합물 센서(VOC), 일산화탄소 센서, 이산화탄소 센서, 미세먼지 센서, 온도 센서, 및 습도 센서로 이루어진 그룹 중 선택된 적어도 하나의 센서를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 다른 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 장치는,

[0019] 실내 공기 오염 물질을 센싱하기 위한 적어도 하나의 센서; 및

[0020] 상기 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하여 이상치를 제거하기 위한 제어부를 포함한다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 장치는, 실내 공기질을 표시하는 표시부를 더 포함하고, 상기 제어부는, 상기 지수 이동 평균법이 적용된 데이터에 기반하여 실내 공기질을 결정하고, 결정된

실내 공기질을 상기 표시부에 표시할 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 장치에 있어서, 상기 제어부는, [수학식 1]

$$S_{t,alternate} = \alpha \cdot Y_t + (1-\alpha) \cdot S_{t-1}$$
에 기반하여 상기 적어도 하나의 센서 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하고, 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 지수평활계수 일 수 있다.

[0023] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 장치에 있어서, 상기 지수평활계수(α)는 0.3일 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 장치에 있어서, 상기 적어도 하나의 센서는, 휘발성 유기 화합물 센서(VOC), 일산화탄소 센서, 이산화탄소 센서, 미세먼지 센서, 온도 센서, 및 습도 센서로 이루어진 그룹 중 선택된 적어도 하나의 센서를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법 및 장치에 의하면, 이상치를 제거하기 위한 알고리즘이 덜 복잡하고, 메모리를 덜 사용하며, 신속하게 결과가 수렴되고, 합리적인 정확성을 갖기 때문에, 저가격의 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템에 적용될 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법 및 장치에 의하면, 각 센서에서 출력되는 데이터에서 비정상적인 이상치들이 평활화되어 제거되기 때문에, 센싱 값들이 다양한 분석 및 예측에 사용되는 경우, 신뢰성있는 분석 및 예측을 할 수 있다.

[0027] 특히, 실내 공기질 데이터를 서버에서 수집하는 서버 수집 모델의 경우, 각 실내 공기질 모니터링 시스템 자체가 이상치들을 처리하는 능력을 갖기 때문에, 서버가 데이터를 처리하는 부담이 상당히 감소할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법 및 장치가 적용될 수 있는, 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템 및 테스트-베드를 도시한 도면.

도 2a 내지 도 2d는 각 센서로부터의 데이터 수집 결과를 도시한 그래프.

도 3a 내지 도 3d는 각 센서로부터 출력된 데이터에 단순 이동 평균(SMA)을 적용한 결과를 도시한 그래프.

도 4a 내지 도 4d는 각 센서로부터 출력된 데이터에 지수 이동 평균(EMA)을 적용한 결과를 도시한 그래프.

도 5a 내지 도 5d는 지수 이동 평균과 단순 이동 평균을 비교하기 위한 그래프.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 장치를 포함하는 실시간 실내 공기질 모니터링 시스템을 도시한 블록도.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법의 흐름도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다.

[0030] 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.

[0031] 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.

[0032] 또한, "제1", "제2", "일면", "타면" 등의 용어는, 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다.

[0033] 이하, 본 발명을 설명함에 있어, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0034] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.

[0035] 우선 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템을 가지고 수행한 실험을 통해 몇몇 이상치 문제를 확인하였고, 이에 기반하여 본 발명의 일 실시예에서 지수 이동 평균 알고리즘에 기반한 경량의 인-시스템(in-system) 평활화 알고리즘이 제안된다.

[0036] 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에서, VOC 센서, CO 센서, CO2 센서, PM10 센서, 온도 센서 및 습도 센서를 포함하여 다수의 실내 공기질 센서를 초소형 실시간 실내 공기질 모니터링 시스템이 소개되고, 이상치들에 의해 발생하는 몇몇 문제들을 보여주는 실험 결과들이 논의된다. 그 결과에 기반하여, 실시간 실내 공기질 모니터링 시스템을 위한 설계 요건이 정의되고, 상기 시스템에 2가지 평활화 방법(단순 이동 평균 및 지수 이동 평균)이 적용되며, 그 결과가 분석된다. 부가적인 중요한 측정 실험을 통해, 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템을 위한 가장 적합한 인-시스템(in-system) 실시간 이상치 제거 방법 및 파라미터들이 최종적으로 제안된다.

[0038] 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템의 개요

[0039] 도 1은, 실내 공기질 정보를 수집하기 위하여, VOC, CO, CO2, PM10, 온도 및 습도를 각각 센싱할 수 있는 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템 및 테스트-베드(Test-bed)를 도시한 것이다. 수집된 데이터 세트는 와이파이를 통해 서버(미도시)로 주기적으로 전송된다. 상기 시스템을 사용하여, 실내 공기질 데이터가 수집되고, 상기 데이터에 기반하여 각 센서 데이터의 분포가 분석되었다.

[0040] 실시간 실내 공기질을 모니터링하기 위한 실험 환경은 표 1에 기재된 바와 같다.

[0041] 표 1에 기재된 실험 환경 하에서, 각 센서의 데이터가 수집되었고, 실내 공기질 값 분포가 관찰되었다.

표 1

실험 환경	
위치	임베디드 네트워크 시스템 구조 랩, INU
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

[0043] 도 2a 내지 도 2d는 실험 기간 동안 수집된 각 센서의 변동을 보여준다. 센서들은 저가이고 소형이지만, 실내 공기질의 변동 및 경향을 확인할 수 있다. 하지만, 상기 결과가 어떤 경우에 몇몇 이상치들(outlier)(빨간 박스) 또는 누락 값들을 보여준다는 것은 주목할 필요가 있다. 대부분의 모든 이상치들은 다시 회복될 수 있기 때문에, 도 2a 내지 도 2d와 같은 그래프를 사용하여 센싱 값들의 전체 변동을 직관적으로 식별할 때 그것은 덜 중요한 것으로 여겨질 수 있다. 하지만, 센싱 값들이 다양한 분석 및 예측에 사용되는 경우, 이상치들은 신뢰할 수 없는 결과를 야기할 수 있다. 특히, 서버 수집 모델의 경우, 모든 처리 오버헤드가 서버에 집중되기 때문에, 서버의 오버헤드는 상당히 증가할 것이다. 그러므로, 각 실내 공기질 모니터링 시스템 자체가 이상치들을 처리하는 능력을 갖는 것이 바람직하다.

[0044] 실내 공기질 모니터링 시스템의 각 센서는 몇몇 이상치들을 가지고 있고 불행하게도 그들은 예기치 않게 발생한다. 그러므로, 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템을 위한 인-시스템 이상치 제거 방법을 개발할 필요가 있다. 우선, 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템에 적용가능한 대표적인 평활화 알고리즘들이 제시되고, 또한 다른 이상치 검출 알고리즘이 간략하게 소개된다. 더욱이, 저 가격의 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템을 위한 인-시스템 이상치 평활화 설계시 중요한 요건이 제시된다.

[0045] 이상치 검출에는 일반적으로 KNN(K-Nearest Neighbor), SVM(Support Vector Machine) 및 K-Means 방법이 있다. KNN은 최근접 접근법으로 새로운 객체가 나타났을 때 각 기존의 객체들과의 거리를 계산하여 분류하는 분류 기

법이다. SVM은 임의의 객체가 나타났을 때 두 개의 다른 클래스를 구분해주는 직선을 찾는 모델이다. K-Means는 N개의 객체들의 집합을 K개의 군집으로 분해하는 거리에 기반을 둔 클러스터링 기법이다.

[0046] 상기 이상치 검출 알고리즘들이 양호한 성능을 나타낼지라도, 이들 대부분은 고유한 가정을 가지고 있고 사용하는 센서의 유형에 제한이 있기 때문에, 광범위한 센서 유형에서 사용될 수 있고 각각의 실내 공기질 모니터링 시스템이 아니라 서버에서 실행하기에 낮은 오버헤드에서 사용될 수 있는 평활화 방법들이 개발되어야 한다.

[0047] 다수의 이상치 검출 알고리즘들이 존재할지라도, 단순한 평활화 알고리즘에 대한 대표적인 방법으로 알려진 3가지 이동 평균들에 집중한다: 단순 이동 평균(SMA: Simple Moving Average), 지수 이동 평균(EMA: Exponential Moving Average), 그리고 가중 이동 평균(WMA: Weighted Moving Average).

[0048] 수학적 식 1에 기재된 SMA는 이동 윈도우를 사용하여 동적으로 평균값을 계산함으로써 이력 데이터셋으로부터 경향을 분석하는 것에 기반하여 다음 데이터를 예측하는 단순하지만 강력한 기능을 제공한다. 특정 기간의 평균을 사용하는 SMA와 달리, EMA와 WMA는 모든 데이터에 대해 평균값을 계산하지만 시계열에서 최근 데이터가 더 가중된다. 시계열에서의 모든 데이터가 수학적 식 2에 나타난 바와 같이 상이한 가중치를 가져야 하는 WMA와 달리, EMA는 수학적 식 3을 사용하여 더 단순하게 획득될 수 있다.

수학적 식 1

$$SMA = \frac{P_M + P_{M-1} + \dots + P_{M-(n-1)}}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} P_{M-i}$$

[0049]

수학적 식 2

$$WMA_M = \frac{nP_M + (n-1)P_{M-1} + \dots + 2P_{(M-n+2)} + P_{(M-n+1)}}{n + (n-1) + \dots + 2 + 1}$$

[0050]

수학적 식 3

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

[0051]

[0052] 수학적 식 3에서, $S_{t, alternate}$ 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.

[0053] 기존의 평활화 및 이상치 검출 방법들에 기반하여 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템을 위한 새로운 인-시스템 이상치 평활화를 설계하는데 있어서 중요한 요건들은 하기와 같다.

- [0054] - 낮은 알고리즘 복잡성
- [0055] - 낮은 메모리 사용
- [0056] - 신속한 수렴
- [0057] - 합리적인 정확성

[0059] 실험 결과

[0060] 제안된 평활화 알고리즘들의 효과를 검사하기 위하여, 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템에 적용되는 SMA와

EMA를 가지고 실험이 수행되었다. 도 3a 내지 도 3d는 상이한 윈도우 크기인 12-26을 사용하여 SMA가 원시(raw) 센싱 데이터에 적용된 관찰 결과를 도시한 것이고, 도 4a 내지 도 4d는 상이한 지수평활계수인 0.1 및 0.3을 사용하여 EMA가 적용된 결과를 도시한 것이다.

[0061] 실험 결과에 의하면, SMA에 대한 최선의 윈도우 크기는 12이고 EMA에 대한 최선의 지수평활계수는 0.3이다. 그러므로, 2가지 평활 방법을 직접 비교하기 위하여 도 5는 SMA(윈도우 크기=12)와 EMA(α=0.3)의 비교 결과를 보여준다.

[0063] 성능 평가

[0064] 사실상, 단지 도 5에 도시된 비교 결과만을 가지고, 어떤 평활화 방법이 더 나은 성능을 보여주는지를 결론짓기는 어렵다. 그러므로, 더 구체적이고 객관적인 성능을 평가하기 위하여, 추가적인 평가 요소(metrics)가 채택된다: 제곱근오차평균(RMSE: Root Mean Square Error), 변동성(Variability) 그리고 메모리 사용량. 이들 평가 요소는 각 알고리즘이 얼마나 많이 설계 요건을 충족시키는지 평가하는데 유용할 것이다.

[0065] 수학적 식 4에 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 의미를 갖는다. ,

[0066] 수학적 식 5에 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.

[0067] 추가적으로 실행시간 동안 각 알고리즘의 요구되는 메모리 사용량이 검사된다.

수학적 식 4

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

[0068]

수학적 식 5

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

[0069]

[0070] 표 2는 각 평가 요소에 대한 SMA와 EMA의 비교 결과를 나타낸 것이다. 결과에 의하면, EMA는 모든 센싱 값에 대해 SMA를 능가하는 더 나은 성능을 보여준다. 특히, RMSE의 경우, EMA는 SMA를 약 0.5배 더 나은 결과를 보여주고, 또한 EMA의 변동성은 SMA보다 더 나은 신뢰성을 보여준다. 더욱이, EMA의 메모리 사용은 SMA보다 6배만큼 더 양호하다.

표 2

[0071]

평가요소 (Metric)	SMA(윈도우=12)				EMA(α=0.3)			
	TVOC	Co	Dust	Average	TVOC	Co	Dust	Average
RMSE	12.2403	0.6664	12.0798	8.3288	4.3033	0.3777	8.6568	4.4459
Variability	0.9801	0.9338	0.8141	0.9093	0.9975	0.9788	0.9045	0.9603

Memory Usage (bytes)	180	180	180	540 (Total Required Memory)	30	30	30	90 (Total Required Memory)
-------------------------	-----	-----	-----	--------------------------------------	----	----	----	-------------------------------------

[0072]

결론

[0073]

실내 공기질은 우리의 건강과 삶에 영향을 미치는 중요한 요인들 중 하나이기 때문에, 최근에 초소형 저가격 실내 공기질 모니터링 시스템이 개발되고 있다. 특히, 초소형의 실내 공기질 모니터링 시스템은 성능이 낮은 저가격 센서에 기반하기 때문에, 센서들의 신뢰성을 개선하고 이상치들에 잘 대처하는 것이 실내 공기질 모니터링 시스템 설계에 중요한 도전 중 하나이다. 더욱이, 기존의 이상치 검출 알고리즘들은 초소형의 실내 공기질 모니터링 시스템에 직접 적용될 수 없는데, 이것은 그들이 시스템에서 처리되기 위하여 막대한 오버헤드를 필요로 하기 때문이다. 그러므로, 몇몇 이상치 문제들이 식별되었고, 지수 이동 평균 알고리즘에 기반하여 경량의 인-시스템 평활화 알고리즘이 제안된다. 실험 결과는 제안된 인-시스템 이상치 평활화 알고리즘이 높은 정확도, 신뢰성 및 낮은 메모리 사용량을 가지고 이상치들을 잘 평활화할 수 있음을 보여준다. 더욱이, 평가를 통해, EMA 기반의 인-시스템 평활화 알고리즘이 SMA 기반 방법을 능가한다는 것이 증명되었다.

[0074]

상기한 실험 결과에 기반하여, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법 및 장치는, 각 센서에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균을 적용하여 이상치들을 평활화함으로써 이상치들을 제거한다.

[0075]

도 6은 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 장치를 포함하는 실시간 실내 공기질 모니터링 시스템을 도시한 블록도이다.

[0076]

도 6을 참조하면, 사물인터넷 기반 환경정보수집 플랫폼에서의 실시간 실내 공기질 이상치 제거 장치인, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 장치는, 실내 공기 오염 물질을 센싱하기 위한 복수의 센서(600, 602, 604, 606, 608, 609), 및 상기 복수의 센서(600, 602, 604, 606, 608, 609) 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용하여 이상치를 제거하기 위한 제어부(610)를 포함한다.

[0077]

상기 복수의 센서(600, 602, 604, 606, 608, 609)는, 휘발성 유기 화합물 센서(VOC)(600), 일산화탄소 센서(602), 이산화탄소 센서(604), 미세먼지 센서(606), 온도 센서(608), 및 습도 센서(609)를 포함한다.

[0078]

또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 장치는, 실내 공기질을 표시하는 표시부(614) 및 서버(미도시)와 통신하고 서버로 실내 공기질 관련 데이터를 전송하기 위한 통신부(612)를 더 포함한다.

[0079]

상기와 같이 구성된 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 장치의 동작을 하기에 설명하기로 한다.

[0080]

제어부(610)는 복수의 센서(600, 602, 604, 606, 608, 609) 각각에서 출력되는 데이터를 수신하고, 수신된 데이터에 지수 이동 평균법(EMA)을 적용한다.

[0081]

즉, 상기 제어부(610)는, $S_{t,alternate} = \alpha \cdot Y_t + (1-\alpha) \cdot S_{t-1}$ 에 기반하여 상기 복수의 센서(600, 602, 604, 606, 608, 609) 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용한다.

[0082]

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 지수평활계수이다.

[0083]

앞선 실험 결과에서 지수평활계수가 0.3일 때, RMSE, 변동성 및 메모리 사용이 SMA보다 월등하였기 때문에, 본 발명의 일 실시예에 의한 실내 공기질 이상치 제거 장치에서 제어부(610)는 지수평활계수를 0.3으로 설정한 상태에서 복수의 센서(600, 602, 604, 606, 608, 609) 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용한다.

[0084]

상기와 같이 복수의 센서(600, 602, 604, 606, 608, 609) 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법이 적용되기 때문에, 복수의 센서(600, 602, 604, 606, 608, 609) 각각에서 이상치들이 출력되더라도, 이상치들이 평활화됨으로써 제거된다.

[0085]

상기와 같이, 제어부(610)는 복수의 센서(600, 602, 604, 606, 608, 609) 각각에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용함으로써 이상치들을 평활화하여 제거하기 때문에, 이상치들이 제거된 데이터에 기반하여 실내

공기질을 정확하게 결정할 수 있고, 정확하게 결정된 실내 공기질을 표시부(614)에 표시할 수 있다.

- [0086] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 의한 실내 공기질 이상치 제거 방법의 흐름도이다.
- [0087] 도 6 및 도 7을 참조하면, 단계 S700에서, 제어부(610)는 복수의 센서(600, 602, 604, 606, 608, 609)를 이용하여 실내 공기 오염 물질을 센싱한다.
- [0088] 다음, 단계 S702에서, 제어부(610)는 각 센서(600, 602, 604, 606, 608, 609)의 출력 데이터에 지수 이동 평균법을 적용한다.
- [0089] 제어부(610)는 $S_{t,alternate} = \alpha \cdot Y_t + (1-\alpha) \cdot S_{t-1}$ 에 기반하여 각 센서(600, 602, 604, 606, 608, 609)에서 출력되는 데이터에 지수 이동 평균법을 적용한다.
- [0090] 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 지수평활계수이다. 본 발명의 일 실시예에서, 상기 지수평활계수(α)는 0.3이다.
- [0091] 다음, 단계 S704에서, 제어부(610)는 상기 지수 이동 평균법이 적용된 데이터에 기반하여 실내 공기질을 정확하게 결정하고, 결정된 실내 공기질을 표시부(614)에 표시한다.
- [0092] 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법 및 장치에 의하면, 이상치를 제거하기 위한 알고리즘이 덜 복잡하고, 메모리를 덜 사용하며, 신속하게 결과가 수렴되고, 합리적인 정확성을 갖기 때문에, 저가격의 초소형 실내 공기질 모니터링 시스템에 적용될 수 있다.
- [0093] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 실시간 실내 공기질 이상치 제거 방법 및 장치에 의하면, 각 센서에서 출력되는 데이터에서 비정상적인 이상치들이 평활화되어 제거되기 때문에, 센싱 값들이 다양한 분석 및 예측에 사용되는 경우, 신뢰성있는 분석 및 예측을 할 수 있다.
- [0094] 특히, 실내 공기질 데이터를 서버에서 수집하는 서버 수집 모델의 경우, 각 실내 공기질 모니터링 시스템 자체가 이상치들을 처리하는 능력을 갖기 때문에, 서버가 데이터를 처리하는 부담이 상당히 감소할 수 있다.
- [0095] 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.
- [0096] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속하는 것으로, 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

부호의 설명

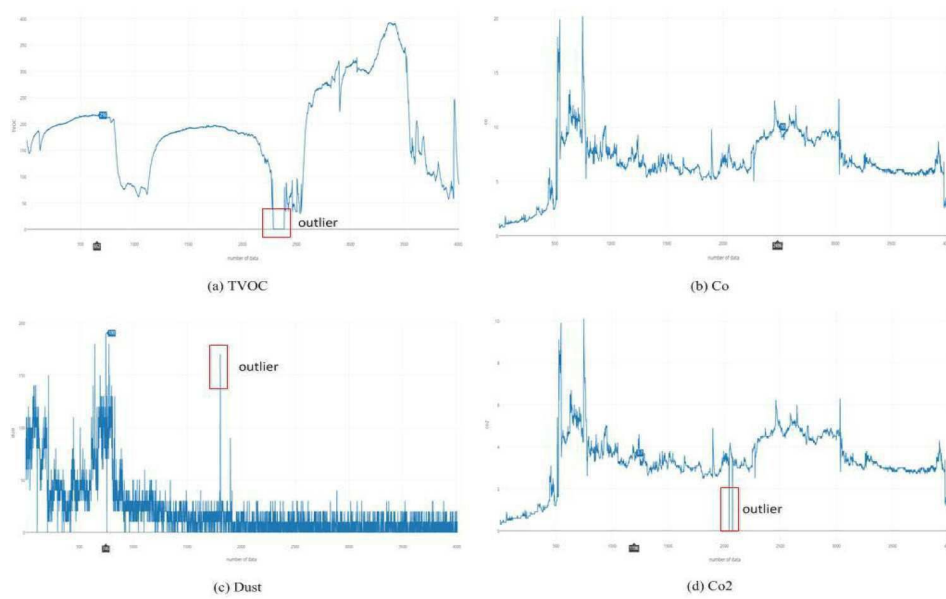
- [0097] 600 : VOC 센서 602 : CO 센서
604 : CO2 센서 606 : 미세먼지 센서
608 : 온도 센서 609 : 습도 센서
610 : 제어부 612 : 통신부
614 : 표시부

도면

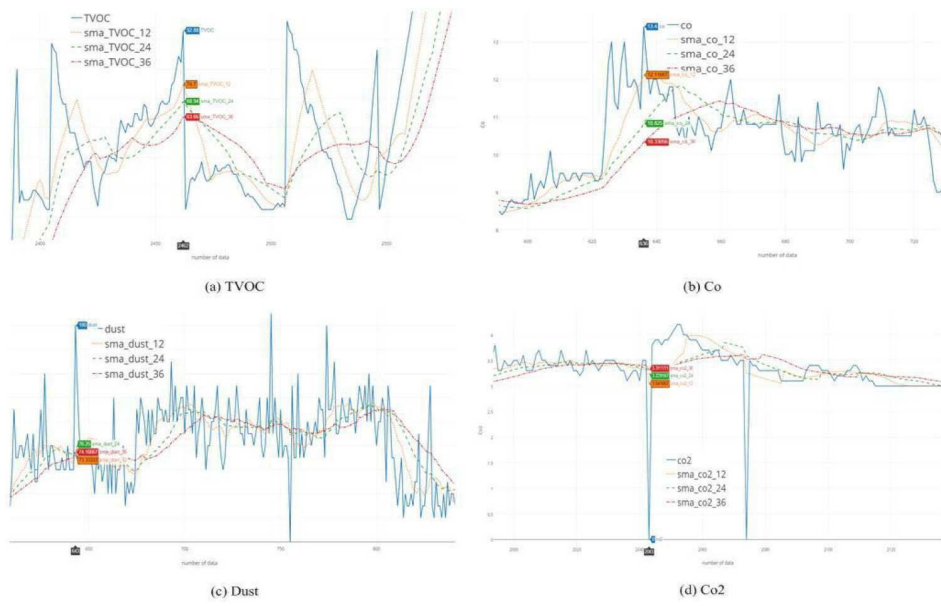
도면1



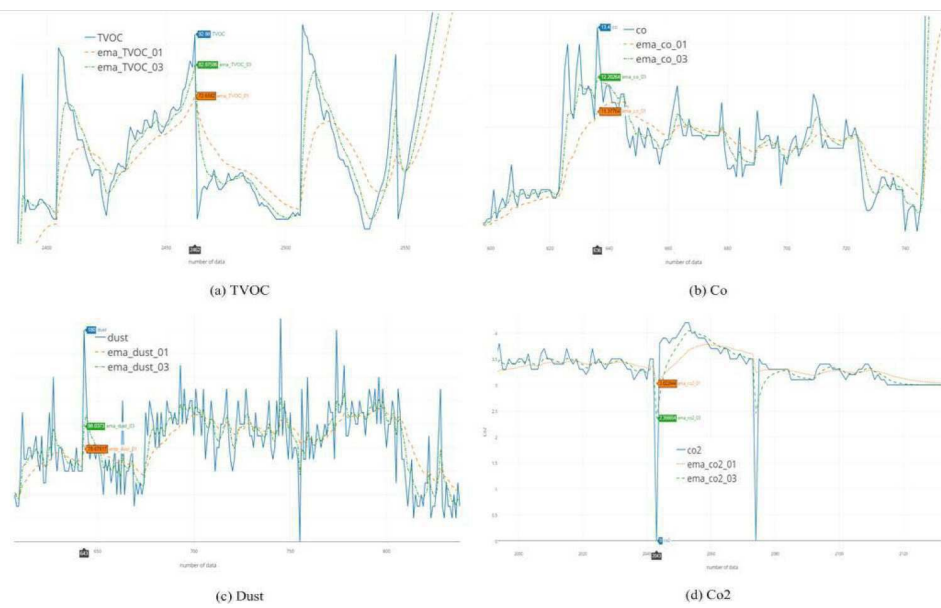
도면2



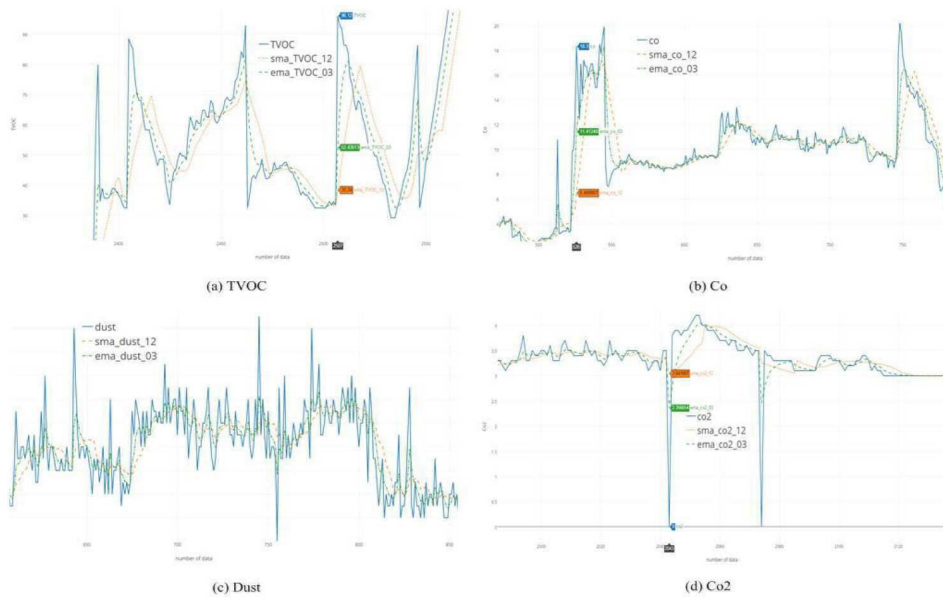
도면3



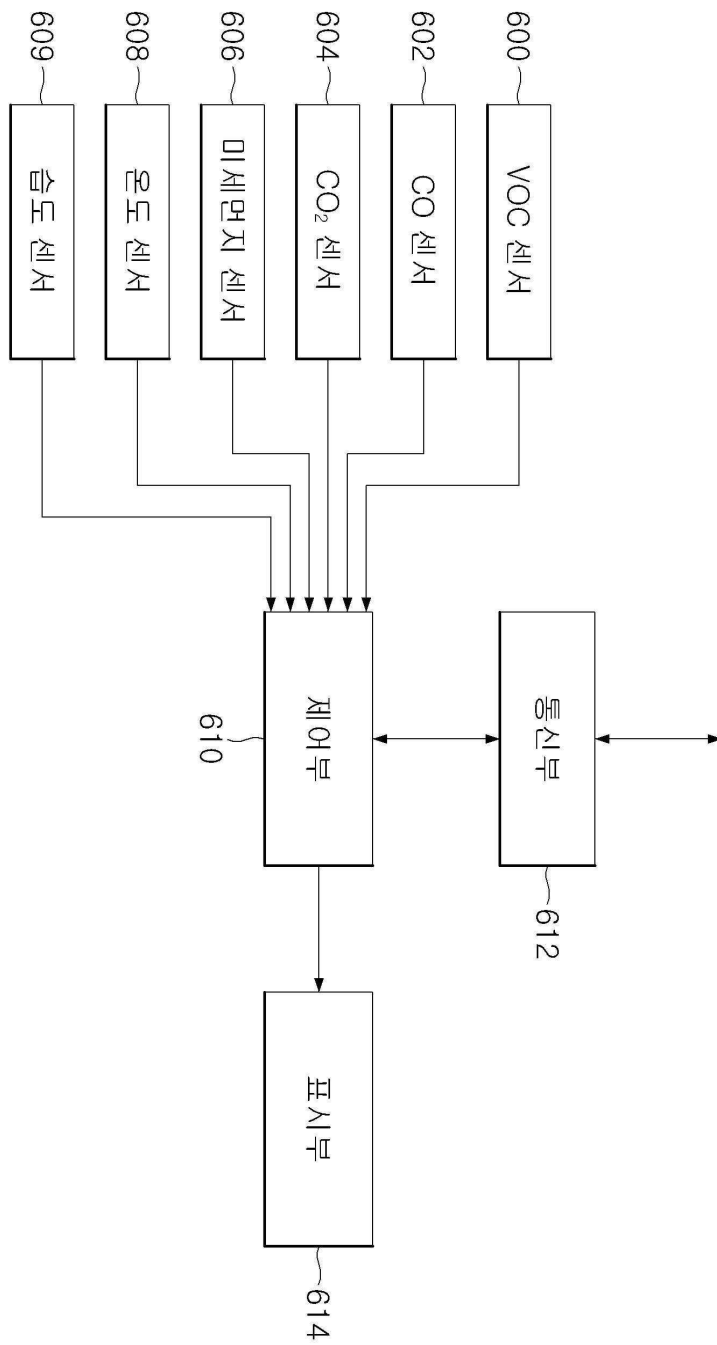
도면4



도면5



도면6



도면7

