



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0116628
(43) 공개일자 2024년07월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G08B 21/14 (2006.01) A42B 3/04 (2006.01)
A42B 3/30 (2021.01) G01D 21/02 (2006.01)
G01N 33/00 (2006.01) G08B 21/18 (2006.01)
G08B 25/10 (2006.01) G08B 3/10 (2006.01)
G08B 5/36 (2006.01) G08B 7/06 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G08B 21/14 (2013.01)
G01N 33/0031 (2024.05)

(21) 출원번호 10-2023-0008671

(22) 출원일자 2023년01월20일

심사청구일자 2023년01월20일

(71) 출원인

동아대학교 산학협력단

부산광역시 사하구 낙동대로550번길 37, 동아대학교 내 (하단동)

(72) 발명자

최재호

부산광역시 동구 중앙대로214번길 7-8, 1108

페름팔리 라자쿠마르 자나니 프리얀카

부산광역시 사하구 승학로17번길 82, 211

(74) 대리인

김권석, 채현경

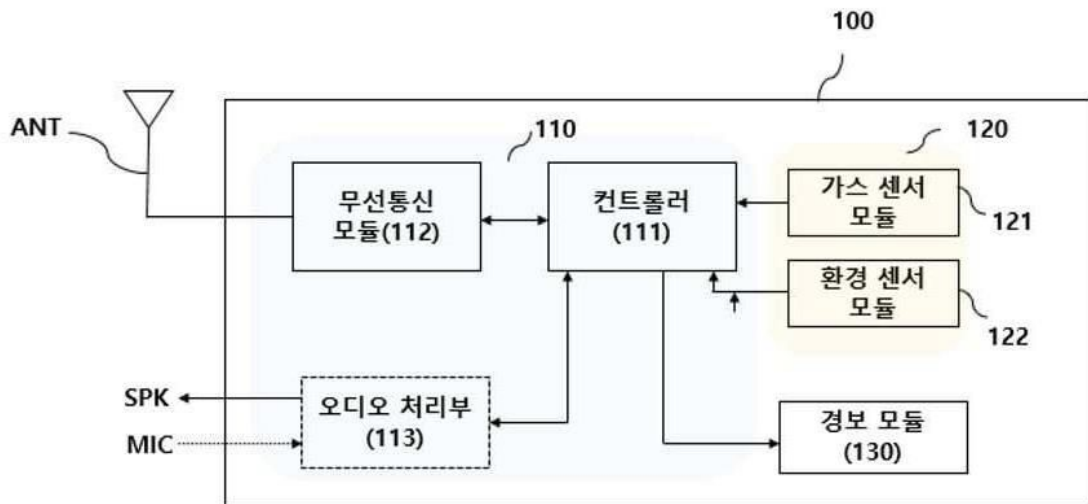
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 작업자의 머리에 착용 가능한 안전모에 장착되는 유해 가스 감시 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 작업자의 머리에 착용 가능한 안전모에 장착되는 유해 가스 감시 장치 및 방법에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 작업자의 머리에 착용 가능한 안전모에 장착되는 유해 가스 감시 장치는 적어도 하나 이상의 유해 가스의 농도 및 산소 농도를 측정하는 가스 센서 모듈; 상기 가스 센서 모듈로부터 측정된 상기 유해 가스 농도 및 상기 산소 농도를 수집하여, 상기 유해 가스 및 상기 산소 농도의 노출기준 레벨을 산출하고, 상기 유해 가스의 노출기준 레벨이 제 1 기준 임계치를 넘는지를 판단하고, 상기 산소 농도의 노출기준 레벨이 제 2 기준 임계치 범위를 벗어나는지를 판단하고, 상기 판단 결과에 기반하여 경고 신호를 생성하는 마이크로 컨트롤러; 및 상기 경고 신호에 따라 경고 알람을 출력하는 경고 모듈을 포함할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

G01N 33/0036 (2024.05)
 G01N 33/004 (2024.05)
 G01N 33/0044 (2024.05)
 G01N 33/0054 (2024.05)
 G08B 21/182 (2013.01)
 G08B 25/10 (2013.01)
 G08B 3/10 (2021.01)
 G08B 5/36 (2013.01)
 G08B 7/06 (2021.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345342014
과제번호	2016R1A6A1A03012812
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명	해양도시건설 · 방재연구소
기 여 율	1/2
과제수행기관명	동아대학교
연구기간	2016.05.01 ~ 2024.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615012273
과제번호	156208
부처명	국토교통부
과제관리(전문)기관명	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	스마트건설기술개발사업(R&D)
연구과제명	스마트 안전 통합 관제 시스템 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	국토안전관리원
연구기간	2020.04.28 ~ 2025.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

작업자의 머리에 착용 가능한 안전모에 장착되는 유해 가스 감시 장치로서,

상기 유해 가스 감시 장치는,

적어도 하나 이상의 유해 가스의 농도 및 산소 농도를 측정하는 가스 센서 모듈;

상기 가스 센서 모듈로부터 측정된 상기 유해 가스 농도 및 상기 산소 농도를 수집하여, 상기 유해 가스 및 상기 산소 농도의 노출기준 레벨을 산출하고, 상기 유해 가스의 노출기준 레벨이 제 1 기준 임계치를 넘는지를 판단하고, 상기 산소 농도의 노출기준 레벨이 제 2 기준 임계치 범위를 벗어나는지를 판단하고, 상기 판단 결과에 기반하여 경보 신호를 생성하는 마이크로 컨트롤러; 및

상기 경보 신호에 따라 경보 알람을 출력하는 경보 모듈을 포함하는 유해 가스 감시 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 경보 신호를 외부 장치로 전송하는 무선 통신 모듈을 포함하는 유해 가스 감시 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 유해 가스는 메탄(CH_4), 황화수소(H_2S), 암모니아(NH_3), 일산화탄소(CO) 및 산소(O_2) 중 적어도 하나 이상을 포함하는 유해 가스 감시 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 경고 알람은 경고음, LED 경고 조명, 경고 음성 또는 이들의 조합 중 어느 하나를 포함하는 유해 가스 감시 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 가스 센서 모듈과 상기 환경 센서 모듈 중 적어도 하나는 상기 안전모의 뒤편 상부면에 장착되고, 상기 경보 모듈은 상기 작업자의 시야 범위에 보이도록 상기 안전모의 뒤편 하부면에 장착되는 유해 가스 감시 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 유해 가스 농도가 제 1 기준 임계치보다 크고 상기 산소 농도가 제 2 기준 임계치 범위를 벗어나는 경우에, 상기 경보 알람이 출력되는 유해 가스 감시 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 노출기준 레벨은 TWA(Time Weighted Average), STEL(Short Term Exposure Limit) 및 IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health) 중 적어도 하나를 포함하고,

상기 제 2 기준 임계치 범위는 19.5 % 이하 또는 18% 내지 23.5% 범위를 갖는 유해 가스 감시 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 노출기준 레벨이 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H_2S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 10 ppm이고,

상기 노출기준 레벨이 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 30 ppm이고,

상기 노출기준 레벨이 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH_3)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 25 ppm인 것을 특징으로 하는 유해 가스 감시 장치.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H_2S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 15 ppm이고,

상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 메탄(CH_4)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 1000 ppm이고,

상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 200 ppm이고,

상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH_3)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 35 ppm인 것을 특징으로 하는 유해 가스 감시 장치.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 노출기준 레벨이 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H_2S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 100 ppm이고,

상기 노출기준 레벨이 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 1200 ppm이고,

상기 노출기준 레벨이 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH_3)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 300 ppm인 것을 특징으로 하는 유해 가스 감시 장치.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

온도 및 습도를 측정하는 환경 센서를 더 포함하며,

상기 마이크로 컨트롤러는 상기 측정된 온도 및 습도를 이용하여, 상기 제 1 기준 임계치 및 상기 제 2 기준 임계치 중 적어도 하나를 보정하는 유해 가스 감시 장치.

청구항 12

가스 센서 모듈을 통해 적어도 하나 이상의 유해 가스의 농도 및 산소 농도를 측정하는 단계;

마이크로 컨트롤러가 상기 가스 센서 모듈로부터 측정된 상기 유해 가스 농도 및 상기 산소 농도를 수집하여, 상기 유해 가스 및 상기 산소 농도의 노출기준 레벨을 산출하는 단계;

상기 유해 가스의 노출기준 레벨이 제 1 기준 임계치를 넘는지를 판단하고, 상기 산소 농도의 노출기준 레벨이 제 1 기준 임계치를 범위를 벗어나는지를 판단하는 단계;

상기 판단 결과에 기반하여 경보 신호를 생성하는 단계; 및

경보 모듈을 통해 상기 경보 신호에 따라 경보 알람을 출력하는 단계를 포함하는 유해 가스 감시 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

무선 통신 모듈을 통해 상기 경보 신호를 외부 장치로 전송하는 단계를 포함하는 유해 가스 감시 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 유해 가스는 메탄(CH_4), 황화수소(H_2S), 암모니아(NH_3), 일산화탄소(CO) 및 산소(O_2) 중 적어도 하나 이상을 포함하는 유해 가스 감시 방법.

청구항 15

제 12 항에 있어서,

상기 유해 가스 농도가 제 1 기준 임계치보다 크고 상기 산소 농도가 제 2 기준 임계치 범위를 벗어나는 경우에, 상기 경보 알람이 출력되는 유해 가스 감시 방법.

청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 노출기준 레벨은 TWA(Time Weighted Average), STEL(Short Term Exposure Limit) 및 IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health) 중 적어도 하나를 포함하고,

상기 제 2 기준 임계치 범위는 19.5% 이하 또는 18% 내지 23.5% 범위를 갖는 유해 가스 감시 방법.

청구항 17

제 12 항에 있어서,

환경 센서를 통해 온도 및 습도를 측정하는 단계;

상기 측정된 온도 및 습도를 이용하여, 상기 제 1 기준 임계치 및 상기 제 2 기준 임계치 중 적어도 하나를 보정하는 단계를 더 포함하는 유해 가스 감시 방법.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 노출기준 레벨이 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H_2S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 10 ppm이고,

상기 노출기준 레벨이 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 30 ppm이고,

상기 노출기준 레벨이 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH_3)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 25 ppm이고,

상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H_2S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 15 ppm이고,

상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 메탄(CH_4)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 1000 ppm이고,

상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 200

ppm이고,

상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH_3)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 35 ppm인 것을 특징으로 하는 유해 가스 감시 방법.

청구항 19

제 16 항에 있어서,

상기 노출기준 레벨이 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H_2S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 100 ppm이고,

상기 노출기준 레벨이 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 1200 ppm이고,

상기 노출기준 레벨이 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH_3)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 300 ppm인 것을 특징으로 하는 유해 가스 감시 장치.

청구항 20

제 1 항에 있어서,

상기 작업자가 안전모를 착용하기 전에, 상기 작업자의 식별자는 사용자 입력을 통해서 상기 마이크로 컨트롤러로 전달되어, 상기 안전모는 상기 작업자의 식별자와 매칭되고,

상기 작업자의 식별자를 기반으로, 상기 안전모를 착용하는 작업자에게 노출되는 상기 유해 가스의 농도 및 상기 산소 농도가 외부 장치로 제공되어 누적되는 유해 가스 감시 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 건설 분야 기술에 관한 것으로서, 상세하게는 작업자의 머리에 착용 가능한 안전모에 장착되는 유해 가스 감시 장치 및 이의 동작 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근에 밀폐된 작업장에서 건설 노동자의 사망률이 증가하고 있다. 밀폐된 공간은 작업자가 배수, 청소 또는 기타 유지 보수 작업을 수행할 수 있는 공간으로서 일반인에게는 출입이 제한되는 공간으로 분류된다. 작업장 사고는 유해 물질이나 환경에 대한 노출, 화재나 폭발, 낙상, 미끄러짐, 넘어짐과 같은 물리적 위험, 물체나 장비와의 접촉, 삼킴 같은 다양한 이유로 발생할 수 있다. 특히, 상기 밀폐된 공간 내에서 산소 농도가 낮고 각종 독성 가스가 포함되어 있어 일반 대기와 달리 위험할 수 있다. 구체적으로, 상기 작업자가 유독 가스를 흡입하게 되면 심각한 부상 또는 사망할 수 있다. 따라서, 상기 밀폐된 공간에서 독성 가스 흡입 및 사고로 인한 건강 영향을 줄이기 위해 적절한 유독 가스 모니터링 및 예방 조치가 필요하다.

[0003] 그러나, 종래에는 유해 가스 감시는 단순히 특정 온도 및 습도의 대기 환경에서 단일 유해 가스 농도를 측정하거나, 가스 센서의 제한된 선택성과 좁은 범위의 온도 및 습도로 인해서 부정확한 가스 검출이 수행되고 있다. 또한, 온도 및 습도 같은 중요한 작업 환경 요소 및 밀폐된 공간 환경을 고려하지 않고 유해 가스 검출이 수행되고 있다. 종래에는 유해 가스 검출을 위해 많은 전류 소모량을 요구하므로, 상기 작업자가 제한된 밀폐된 공간에서 작업을 하다가 중간에 배터리를 충전하거나 교환하기 위해서 상기 밀폐된 공간을 나와야 하는 불편이 존재한다.

[0004] 따라서, 밀폐된 공간에서 유해 가스로 인한 사고를 줄이기 위해서는 정확하고 효율적인 유해 가스 감시를 통해 밀폐된 공간에 있는 작업자에게 표준 가스 노출 기준에 기초한 경보 알람 결정 기준에 따라 경보 알람을 제공하는 방안이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 밀폐된 공간에서 유해 가스를 효율적이고 정확하게 실시간 감시할 수 있으며, 온도 및 습도 같은 중요한 작업 환경 요소를 고려한 유해 가스 감시 장치를 제공하는 것이다.
- [0006] 또한, 밀폐된 공간에 있는 작업자에게 표준 가스 노출 기준에 기초한 경보 알람 결정 기준에 따라 경보 알람을 제공하는 유해 가스 감시 장치를 제공하는 것이다.
- [0007] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는, 전술한 이점을 갖는 유해 가스 감시 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명에 실시 예에 따르면, 작업자의 머리에 착용 가능한 안전모에 장착되는 유해 가스 감시 장치는 적어도 하나 이상의 유해 가스의 농도 및 산소 농도를 측정하는 가스 센서 모듈; 상기 가스 센서 모듈로부터 측정된 상기 유해 가스 농도 및 상기 산소 농도를 수집하여, 상기 유해 가스 및 상기 산소 농도의 노출기준 레벨을 산출하고, 상기 유해 가스의 노출기준 레벨이 제 1 기준 임계치를 넘는지를 판단하고, 상기 산소 농도의 노출기준 레벨이 제 2 기준 임계치 범위를 벗어나는지를 판단하고, 상기 판단 결과에 기반하여 경보 신호를 생성하는 마이크로 컨트롤러; 및 상기 경보 신호에 따라 경보 알람을 출력하는 경보 모듈을 포함할 수 있다.
- [0009] 일 실시예에서, 상기 경보 신호를 외부 장치로 전송하는 무선 통신 모듈을 포함할 수 있다. 상기 유해 가스는 메탄(CH_4), 황화수소(H_2S), 암모니아(NH_3), 일산화탄소(CO) 및 산소(O_2) 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다. 상기 경고 알람은 경고음, LED 경고 조명, 경고 음성 또는 이들의 조합 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 상기 가스 센서 모듈과 상기 환경 센서 모듈 중 적어도 하나는 상기 안전모의 쉼 상부면에 장착되고, 상기 경보 모듈은 상기 작업자의 시야 범위에 보이도록 상기 안전모의 쉼 하부면에 장착될 수 있다. 상기 유해 가스 농도가 제 1 기준 임계치보다 크고 상기 산소 농도가 제 2 기준 임계치 범위를 벗어나는 경우, 상기 경보 알람이 출력될 수 있다. 상기 노출기준 레벨은 TWA(Time Weighted Average), STEL(Short Term Exposure Limit) 및 IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health) 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 제 2 기준 임계치 범위는 19.5% 이상, 18% 내지 23.5% 범위를 갖는다. 상기 노출기준 레벨이 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H_2S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 10 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 30 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH_3)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 25 ppm일 수 있다. 상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H_2S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 15 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 메탄(CH_4)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 1000 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 200 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH_3)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 35 ppm일 수 있다. 상기 노출기준 레벨이 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H_2S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 100 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우 상기 제 1 기준 임계치는 1200 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH_3)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 300 ppm일 수 있다.
- [0010] 일 실시예에서, 상기 작업자가 안전모를 착용하기 전에, 상기 작업자의 식별자는 사용자 입력을 통해서 상기 마이크로 컨트롤러로 전달되어, 상기 안전모는 상기 작업자의 식별자와 매칭되고, 상기 작업자의 식별자를 기반으로, 상기 안전모를 착용하는 작업자에게 노출되는 상기 유해 가스의 농도 및 상기 산소 농도가 외부 장치로 제공되어 누적될 수 있다.
- [0011] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 가스 센서 모듈을 통해 적어도 하나 이상의 유해 가스의 농도 및 산소 농도를 측정하는 단계; 마이크로 컨트롤러가 상기 가스 센서 모듈로부터 측정된 상기 유해 가스 농도 및 상기 산소 농도를 수집하여, 상기 유해 가스 및 상기 산소 농도의 노출기준 레벨을 산출하는 단계; 상기 유해 가스의 노출기준 레벨이 제 1 기준 임계치를 넘는지를 판단하고, 상기 산소 농도의 노출기준 레벨이 제 2 기준 임계치 범위를 벗어나는지를 판단하는 단계; 상기 판단 결과에 기반하여 경보 신호를 생성하는 단계; 및 경보 모듈을 통해 상기 경보 신호에 따라 경보 알람을 출력하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 일 실시예에서, 무선 통신 모듈을 통해 상기 경보 신호를 외부 장치로 전송하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 유해 가스는 메탄(CH_4), 황화수소(H_2S), 암모니아(NH_3), 일산화탄소(CO) 및 산소(O_2) 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다. 상기 유해 가스 농도가 제 1 기준 임계치보다 크고 상기 산소 농도가 제 2 기준 임계치 범위를 벗어나는 경우에, 상기 경보 알람이 출력될 수 있다.

[0013] 일 실시예에서, 상기 노출기준 레벨은 TWA(Time Weighted Average), STEL(Short Term Exposure Limit) 및 IDLH(Immediately Dangerous to Life or Health) 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 제 2 기준 임계치 범위는 18% 내지 23.5% 범위를 갖는다. 상기 노출기준 레벨이 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H_2S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 10 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 30 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH_3)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 25 ppm일 수 있다. 상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H_2S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 15 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 메탄(CH_4)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 1000 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 200 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH_3)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 35 ppm일 수 있다. 상기 노출기준 레벨이 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H_2S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 100 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 1200 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH_3)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 300 ppm일 수 있다. 상기 작업자가 안전모를 착용하기 전에, 상기 작업자의 식별자는 사용자 입력을 통해서 상기 마이크로 컨트롤러로 전달되어, 상기 안전모는 상기 작업자의 식별자와 매칭되고, 상기 작업자의 식별자를 기반으로, 상기 안전모를 착용하는 작업자에게 노출되는 상기 유해 가스의 농도 및 상기 산소 농도가 외부 장치로 제공되어 누적될 수 있다.

발명의 효과

[0014] 본 발명의 실시예에 따르면, 적어도 하나 이상의 유해 가스의 농도 및 산소 농도를 측정하는 가스 센서 모듈, 온도 및 습도를 측정하는 환경 센서 모듈 그리고 상기 가스 센서 모듈로부터 측정된 상기 유해 가스 농도 및 상기 산소 농도를 수집하여, 상기 유해 가스 농도가 제 1 기준 임계치를 넘는지를 판단하고 상기 산소 농도가 제 2 기준 임계치 범위를 벗어나는지를 판단하고, 상기 환경 센서 모듈로부터 측정된 온도 및 습도에 대한 정보를 수집하여, 정상 환경인지 밀폐 공간의 대기 환경인지를 판단하고, 상기 판단 결과에 기반하여 경보 신호를 생성하는 마이크로 컨트롤러를 포함함으로써, 밀폐된 공간에서 유해 가스를 효율적이고 정확하게 실시간 감시하고, 온도 및 습도 같은 중요한 작업 환경 요소를 고려하며, 밀폐된 공간에 있는 작업자에게 표준 가스 노출 기준에 기초한 경보 알람 결정 기준에 따라 경보 알람을 제공하는 유해 가스 감시 장치를 제공할 수 있다.

[0015] 또한, 본 발명은 전술한 이점을 갖는 유해 가스 감시 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1a 내지 도 1c는 본 발명의 실시예에 따른 유해 가스 감시 장치를 포함하는 시스템 구성도를 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유해 가스 감시 장치를 설명하기 위한 블록도이다.

도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 일 실시예에 따른 각각 유해 가스 감시 장치가 장착되는 안전모의 정면도, 안전모의 측면도 그리고 안전모의 평면도이다.

도 4a 내지 도 4c는 본 발명의 실시예에 따른 유해 가스 감시 장치를 구성하는 구성 모듈간 연결을 나타내는 도면이다.

도 5a와 도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 유해 가스 감시 방법을 설명하기 위한 설명이다.

도 6는 본 발명의 실시예에 따른 정상 환경(normal environment)에서 유해 가스 감시 장치에서 측정된 단기 가스 노출의 실험 데이터이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 정상 환경에서 측정된 단기 가스 노출의 유해 가스 농도(a) 및 대기 매개 변수

(b)에 대한 실험 그래프이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 장립폐수처리시설(부산시 소재)내의 매립지(a), 1차 침전조(b), 2차 정화조(c) 및 슬러지 소화조(d)에서 각각 측정된 단기 가스 노출의 유해 가스 농도에 대한 실험 그래프이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 폐수 처리 구역에서 측정된 단기 가스 노출의 대기 조건 결과 그래프이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 장립폐수처리시설(부산시 소재)내의 (a) 매립지, (b) 소화조, (c) 침전조 및 (d) 2차 정화기에서 각각 측정된 장기 가스 노출의 유해 가스 농도에 대한 실험 그래프이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 폐수 처리 구역에서 측정된 장기 가스 노출의 산소 측정 결과 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0018] 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 당업자에게 본 발명의 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다.
- [0019] 또한, 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "및/또는"은 해당 열거된 항목 중 어느 하나 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.
- [0020] 본 명세서에서 사용된 용어는 특정 실시예를 설명하기 위하여 사용되며, 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 단수 형태는 문맥상 다른 경우를 분명히 지적하는 것이 아니라면, 복수의 형태를 포함할 수 있다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 경우 "포함한다(comprise)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급한 형상들, 숫자, 단계, 동작, 부재, 요소 및/또는 이들 그룹의 존재를 특정하는 것이며, 하나 이상의 다른 형상, 숫자, 단계, 동작, 부재, 요소 및 /또는 그룹들의 존재 또는 부가를 배제하는 것이 아니다.
- [0021] 도 1a 내지 도 1c는 본 발명의 실시예에 따른 유해 가스 감시 장치를 포함하는 시스템(10)의 구성도를 나타내는 도면이다. 도 1a는 시스템(10)을 구성하는 유해 가스 감시 장치를 포함하는 안전모(SC)와 모니터링 장치(200)가 중계기 없이 직접 무선통신 또는 P2P(peer to peer) 통신을 하는 실시 예이고, 도 1b는 안전관리 시스템(10)을 구성하는 스마트 안전모(SC)와 모니터링 장치(200)가 중계기(300)를 통해 무선통신을 하는 실시 예이며, 도 1c는 시스템(10)을 구성하는 안전모(SC)와 모니터링 장치(200)가 스마트 폰(410) 또는 스마트 워치 같은 웨어러블 장치(420)를 통해 무선통신 하는 실시 예이다.
- [0022] 도 1a는 참조하면, 모니터링 장치(200)는 메모리(미도시함), 저장 매체(미도시함), 및 프로세서(미도시함)를 포함하는 컴퓨터 본체(220), 컴퓨터 본체(220)와 연결되어 컴퓨터 본체(220)의 연산 결과를 출력하여 표시하는 모니터(210) 및 컴퓨터 본체(220)와 연결되어 입력 정보를 컴퓨터 본체(220)로 제공하는 키보드(230)를 포함하여 구성될 수 있다. 다른 구현에 있어서, 모니터(210) 컴퓨터 본체(220), 키보드(230) 중 일부 또는 전체는 일체형으로 구현될 수 있다. 더하여, 모니터링 장치(200)는 스마트 안전모(SC)과 직접 무선 통신을 수행하는 무선 통신 모듈(240)을 더 포함할 수 있다. 무선 통신 모듈(240)은 USB Dongle 타입으로 컴퓨터 본체(220)에 연결되거나 컴퓨터 본체(220) 내부에 다른 구성 요소들과 함께 내장될 수 있다. 또는 무선 통신 모듈(240)은 별도의 프로세서로 구현될 수 있다. 다른 실시예에서, 모니터링 장치(200)는 노트북, 태블릿 PC 또는 스마트 폰 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 그러나 본 발명은 이들에 제한되지 않으며, 연산을 수행하는 프로세서 및 스마트 안전모(SC)과 직접 무선 통신이 가능한 통신 모듈을 포함하는 전자 장치라면 모니터링 장치(200)로서 모두 사용 가능하다.
- [0023] 일 실시예에서, 안전모(SC)는 건설 현장에서 작업자들이 의무적으로 착용해야 하는 안전모로서, 평상시 사고로부터 상기 작업자들의 머리를 보호하는 용도로 사용된다. 더하여, 안전모(SC)는 작업자의 작업 공간, 특히 밀폐 공간에서 유해 가스를 감시하여 작업 환경의 위험 상황을 상기 작업자에게 경고 알람을 제공하며, 경고 알람 신호 또는 실시간 측정된 유해 가스의 농도 및 산소 농도에 대한 정보를 모니터링 장치(200)에 전송할 수 있다.
- [0024] 일 실시예에서, 스마트 안전모(SC)와 모니터링 장치(200)는 별도의 중계기 없이 직접 무선 통신(WL1)을 수행할 수 있다. 상기 무선 통신의 주파수 대역은 별도의 사용허가 없이 사용할 수 있는 주파수 대역인 ISM 대역(industrial scientific medical band)일 수 있으나 본 발명은 이에 제한되지 않는다. 안전모(SC)에 장착되는 유해 가스 감시 장치(100)에 대한 상세한 설명은 후술할 도 2의 설명을 참조할 수 있다.

- [0025] 모니터링 장치(200)는 안전모(SC)로부터 제공되는 작업자에게 노출된 실시간 유해 가스에 대한 정보를 수집하며, 유해 가스 감시 장치(100)로부터 제공되는 상기 작업자에 대한 경고 알람 신호를 통해 작업자가 유해 가스 노출에 대해 위험한 상태에 있음을 관리자나 감독관에게 제공한다. 상기 유해 가스는 황화수소(H_2S), 메탄(CH_4), 일산화탄소(CO) 및 암모니아(NH_3)를 포함할 수 있다. 상기 황화수소는 하수도, 폐수 처리 장치, 맨홀 및 기타 배수 구역과 같은 밀폐된 공간에서 "썩은 달걀" 냄새가 나는 중요한 독성 가스이다. 상기 암모니아도 자극적인 냄새가 나며 5ppm 농도에서 검출될 수 있다. 일산화탄소는 냄새가 나지 않는 '침묵의 살인자'로 알려진 유독 가스인 반면, 메탄은 인화성 폭발성 가스이다. 상기 메탄 가스는 무색이며 유기물 분해에 의해 생성될 수 있다. 이러한 유해 가스에 노출되거나 흡입되면 작업자의 장단기 건강 손상이 발생할 수 있다. 장기간에 걸쳐 소량의 유해 가스에 노출되거나 단기간에 많은 양에 노출되면 건강에 위험한 영향을 미칠 수 있다. 근로자의 주요 건강 영향에는 두통, 눈, 목, 폐 자극, 현기증, 메스꺼움, 구토, 기침, 흉통, 무의식, 경련, 졸도 또는 갑작스러운 쓰러짐, 심지어 사망할 수도 있다.
- [0026] 전술한 바와 같이, 상기 작업자가 상기 유해 가스에 단시간 또는 장시간에 걸쳐서 노출되는 경우, 작업자의 건강을 해칠 수 있으며 이로 인해 직간접으로 산업 사고가 발생할 수 있으므로, 상기 작업자가 작업하는 밀폐 공간의 유해 가스 농도 및 산소 농도 그리고 습도 및 온도 같은 환경 요인을 단기 및 장기적으로 모니터링하여 2차 사고를 예방할 필요가 있다.
- [0027] 다른 실시예에서, 모니터링 장치(200)는 유해 가스 감시 장치(100)로부터 실시간 수신하는 유해 가스 농도 및 산소 농도 그리고 온도 및 습도를 분석하여 상기 작업자에게 위험 상황을 알리는 경고 신호를 생성하고, 상기 경고 신호를 안전모(SC)로 송신할 수도 있다. 상기 경고 신호는 후술할 안전모(SC)에 구비된 경고음 또는 경고등을 구동시키는 제어 신호, 경고 음성 또는 이들의 조합 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0028] 도 1a의 경우, 안전모(SC)와 모니터링 장치(200) 사이의 거리가 장애물로 통신 장애가 발생할 수 있다. 이러한 통신 장애를 방지하기 위해서, 안전모(SC)와 모니터링 장치(200) 사이의 거리가 멀어 안전모(SC)와 모니터링 장치(200) 사이 직접 무선 통신이 어려운 환경에서는 도 1b와 같이 스마트 안전모(SC)와 모니터링 장치(200) 사이 중계기(300)를 배치하여 상기 통신 장애를 방지할 수 있다.
- [0029] 도 1b를 참조하면, 중계기(300)는 안전모(SC)로부터 경보 알람 신호 또는 측정된 가스 농도 및 온도 및 습도 정보를 수신한(WL3) 다음 상기 수신한 정보를 모니터링 장치(200)로 중계할 수 있다(WL2). 마찬가지로, 중계기(300)는 모니터링 장치(200)로부터 제어 신호를 수신한(WL2) 다음 상기 제어 신호를 안전모(SC)로 중계할 수 있다(WL3). 도 1b의 스마트 안전모(SC)와 모니터링 장치(200)는 도 1a의 안전모(SC)와 모니터링 장치(200)와 유사하며 모순되지 않는 한 도 1a의 안전모(SC)와 모니터링 장치(200)에 대한 설명을 참조할 수 있다.
- [0030] 다른 실시예에서, 도 1c와 같이, 안전모(SC)는 유무선 통신망(150)을 통해 모니터링 장치(200)와 통신할 수 있다.
- [0031] 도 1c를 참조하면, 안전모(SC)는 경보 알람 신호를 근거리 통신(WL6)을 통해 스마트폰(410) 또는 스마트 워치 같은 웨어러블 장치(420)로 전송할 수 있다. 상기 근거리 무선 통신은 저전력 블루투스(Bluetooth Low Energy: BLE), 지그비(Zigbee), 와이파이(Wifi), 저주파수(Low Frequency: LF), 초광대역 주파수(Ultra-Wide Band: UWB), 및 무선 인식(Radio Frequency IDentification: RFID) 방식 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 하지만 본 발명은 이들 통신 방식에 제한되지 않는다.
- [0032] 이후, 스마트폰(410) 또는 웨어러블 장치(420)는 WIFI, LTE 또는 5G로 연결(WL5)되어 있는 유무선 통신망(150)을 통해 안전모(SC)로부터 제공받은 경보 알람 신호를 모니터링 장치(200)로 제공할 수 있다. 모니터링 장치(200)는 유무선 통신망(150)에 유선 또는 무선으로 연결(L1)될 수 있다. 다음, 모니터링 장치(200)는 상기 경고 신호를 유무선 통신망(150)을 통해 스마트폰(410) 또는 웨어러블 장치(420)로 제공할 수 있으며(WL5), 스마트폰(410) 또는 웨어러블 장치(420)는 상기 근거리 통신(WL6)을 통해 안전모(SC)으로 제어 신호를 전달할 수 있다.
- [0033] 도 1c의 스마트 안전모(SC)와 모니터링 장치(200)는 도 1a의 스마트 안전모(SC)와 모니터링 장치(200)와 유사하며 모순되지 않는 한 도 1a의 스마트 안전모(SC)와 모니터링 장치(200)에 대한 설명을 참조할 수 있다.
- [0034] 또 다른 실시예에서, 안전모(SC)는 WIFI로 연결된 유무선 통신망(150)을 통해 상기 실시간 측정 신호를 모니터링 장치(200)로 송신하거나 모니터링 장치(200)로부터 제어 신호를 수신할 수 있다.
- [0035] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트 안전모를 설명하기 위한 블록도이다.

- [0036] 도 2를 참조하면, 작업자의 머리에 착용 가능한 안전모(SC)에 장착되는 유해 가스 감지 장치(100)는 제어 모듈(110), 센서 모듈(120) 및 경보 모듈(130)을 포함할 수 있다. 제어 모듈(110)은 마이크로 컨트롤러(111), 무선 통신 모듈(112)으로 구성될 수 있고, 센서 모듈(120)은 가스 센서 모듈(121) 및 환경 센서 모듈(122)로 구성될 수 있다. 선택적으로 제어 모듈(110)은 오디오 처리부(113)를 더 포함할 수 있다. 가스 센서 모듈(121)은 비제한적으로 메탄(CH_4), 황화수소(H_2S), 암모니아(NH_3), 일산화탄소(CO) 및 산소(O_2) 같은 유해 가스들을 검출하는 복수의 가스 센서들로 구성될 수 있다.
- [0037] 구체적으로, 가스 센서 모듈(121)은 적어도 하나 이상의 유해 가스의 농도 및 산소 농도를 측정하고, 환경 센서 모듈(122)은 온도 및 습도를 측정할 수 있다. 마이크로 컨트롤러(111)는 상기 가스 센서 모듈로부터 측정된 상기 유해 가스 농도 및 상기 산소 농도를 수집하여, 상기 유해 가스 및 상기 산소 농도의 노출기준 레벨을 산출하고, 상기 유해 가스의 노출기준 레벨이 제 1 기준 임계치를 넘는지를 판단하고, 상기 산소 농도의 노출기준 레벨이 제 2 기준 임계치 범위를 벗어나는지를 판단할 수 있다. 또한, 마이크로 컨트롤러(111)는 상기 산소 농도가 제 2 기준 임계치 보다 크지 아니면 위험 범위를 벗어나는지를 판단하고, 환경 센서 모듈(122)로부터 측정된 온도 및 습도에 대한 정보를 수집하여, 정상 환경인지 밀폐 공간의 대기 환경인지를 판단하고, 상기 판단 결과에 기반하여 경보 신호를 생성할 수 있다. 경보 모듈(130)은 마이크로 컨트롤러(111)의 상기 경보 신호에 따라 경보 알람을 출력할 수 있다. 경보 모듈(130)의 경고 알람은 경고음, LED 경고 조명, 경고 음성 또는 이들의 조합 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 바람직하게, 경보 모듈(130)은 LED 모듈로서, 마이크로 컨트롤러(111)의 상기 경보 신호에 따라 LED 활성화되어 동작할 수 있다. LED가 활성화되면 작업자가 후술할 유해 가스 노출의 기준치를 초과하고 산소 농도가 낮은 상태에 있어서 작업자에게 위험 상황에 놓여 있음을 지시하는 것이다. 또한, 상기 작업자 외에 주변에 있는 다른 작업자들도 LED 빛을 확인할 수 있기 때문에 주변 작업자들도 위험 상황을 인지할 수 있다. 더하여, 유해 가스 종류 별로 서로 다른 LED 색상의 빛이 출력하여, 작업자가 어떤 유해 가스에 노출되고 있는지를 인식할 수 있다.
- [0038] 일 실시예에서, 무선 통신 모듈(112)은 경보 신호를 외부 장치로 전송할 수 있다. 상기 외부 장치는 작업 관리자 또는 감독관이 사용하는 컴퓨터 또는 스마트폰일 수 있다. 무선 통신 모듈(112)은 저전력 블루투스(Bluetooth Low Energy: BLE) 모듈, 지그비(zigbee) 모듈, 와이파이(Wifi) 모듈, 저주파수(Low Frequency: LF) 모듈, 초광대역 주파수(Ultra-Wide Band: UWB) 모듈, 및 무선 인식(Radio Frequency Identification: RFID) 방식 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 하지만 본 발명은 이들 무선 통신 방식에 제한되지 않는다. 무선 통신 모듈(112)은 경보 신호 및 센서 모듈(120)로부터 검출된 유해 가스의 농도, 산소 농도 그리고 온도 및 습도에 대한 정보를 모니터링 장치(200)로 송신할 수 있다. 상기 경고 신호는 단시간 및 장기간에 걸쳐서 검출된 유해 가스 농도에 대한 노출기준 레벨(TWA(Time Weighted Average), STEL(Short Term Exposure Limit) 및 IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health))으로부터 결정될 수 있다. 상기 경고 신호는 경고음 또는 경고등을 구동시키는 제어 신호, 경고 음성 또는 이들의 조합 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 모니터링 장치(200)는 작업자별로 누적되는 유해 가스 노출 정보를 데이터베이스에 저장하고 필요 시 관련 병원으로 정보를 제공할 수 있다.
- [0039] 일 실시예에서, 환경 센서 모듈(122)은 상기 작업자가 있는 내부 공간의 대기 온도 및 대기 습도를 측정하는 센서로서, 정전식 습도센서와 서미스터(thermistor)로 구현될 수 있다. 상기 습도 센서는 습도에 따라 저항 값이 변하며, 상기 서미스터는 온도에 따라 저항 값이 변하는 소자이다. 습도를 측정할 때 두 전극 사이의 저항 변화를 측정함으로써 공기 중의 습도 변화를 측정할 수 있고, 온도에 따라서 물질의 저항 값이 변하는 소재의 특성을 이용하여 저항 변화를 측정할 수 있다.
- [0040] 일 실시예에서, 제어 모듈(110)은 상기 경고음을 울리는 부저(미도시함), 상기 경고등을 포함하는 LED 유닛(미도시함), 상기 경고 음성을 출력하는 스피커(SPK)를 포함하는 오디오 처리부(113) 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다. 또한, 제어 모듈(110)은 전원을 공급하는 배터리(미도시함) 및 배터리(미도시함)를 충전시키는 충전 포트(미도시함)를 더 포함할 수 있다. 마이크로 컨트롤러(111)의 펌웨어를 업데이트하기 위한 외부 인터페이스(미도시함)를 더 포함할 수 있다. 외부 인터페이스(미도시함)는 적어도 하나의 USB 포트를 포함할 수 있다.
- [0041] 일 실시예에서, 상기 유해 가스의 노출기준 레벨이 제 1 기준 임계치보다 크고 상기 산소 농도의 노출기준 레벨이 제 2 기준 임계치 범위를 벗어나는 경우에, 마이크로 컨트롤러(111)는 상기 경보 알람이 출력되도록 경보 모듈(130)을 제어할 수 있다. 상기 제 1 기준 임계치는 TWA(Time Weighted Average), STEL(Short Term Exposure Limit) 및 IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health) 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 제 2 기준 임계치 범위는 19.5% 또는 18% 내지 23.5% 범위를 갖는다. 우리나라의 안전보건공단은 산소 농도가 18% 미만이거나

23.5% 이상인 공기를 위험 공기로 정의하고 있어서, 산소 농도가 18% 내지 23.5% 범위를 벗어나는 경우 경보가 울릴 수 있다. 하기 표 1은 유해 가스 노출 제한을 위한 제 1 기준 임계치 및 제 2 기준 임계치 값을 나타낸다.

표 1

가스 종류	TWA(ppm)	STEL(ppm)	IDLH(ppm)
황화수소(H ₂ S)	10	15	100
일산화탄소(CO)	30	200	1200
암모니아(NH ₃)	25	35	300
산소(O ₂)		19.5%	
메탄(CH ₄)		1000	

노출기준이란 근로자가 유해인자에 노출되는 경우 노출기준 이하 수준에서는 거의 모든 근로자에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 아니하는 기준을 말하며, 1일 작업시간 동안의 시간가중평균노출기준(Time Weighted Average, TWA), 단시간노출기준(Short Term Exposure Limit, STEL) 또는 최고노출기준(Ceiling, C)으로 표시될 수 있다. 구체적으로, TWA는 시간가중평균농도로서, 1일 8시간 또는 주 40시간(5일) 동안 평균 가스 농도를 나타낸다. 생명이나 건강에 즉시 위험(Immediately Dangerous to Life or Health: IDLH) 노출 기준은 작업자가 충분한 호흡 보호 장치를 갖추고 있지 않은 경우 노출이 치명적일 수 있는 최고 농도이다. STEL은 근무일 중 언제든지 증가해서는 안 되는 15분 노출이다. 단시간노출농도로서 1회 15분간 연속하여 노출되는 최고 농도이다. IDLH는 미국 작업안전보건청에서 제안하고 있는 농도 값으로 30분 이내에 구출되지 않으면 건강상태를 회복할 수 없는 직접 위험 농도를 의미한다. TWA와 STEL은 하기 수학적 1과 수학적 2과 같이 평균이동에 기반하여 산출될 수 있다. STEL은 15분 동안 얻은 최대 값이고, 반면 TWA는 누적 노출량으로서 감소하지 않는다.

[수학적 1]

$$TWA = \text{Previous TWA} + \frac{\text{maximum value} * \text{period (sec)}}{\text{total time period}}$$

여기서, total time period는 1일 근무시간이고, period는 측정 주기이고, maximum value는 측정 주기(period)에 측정된 최대 값이고, Previous TWA는 이전 측정 주기(period)에 산출된 TWA 값이다. 바람직하게, total time period는 8시간으로서 초로 환산하면 28800(=8*60*60)초이고, period는 N sec 일 수 있다. N은 정수 값이며, 바람직하게 N 값은 60일 수 있다. 초기 TWA 값은 0일 수 있다.

[수학적 2]

$$STEL = \frac{\text{Sum of avg concentration in last 15 minutes (ppm)} * \text{period (sec)}}{15 * 60}$$

여기서, Sum of avg concentration in last 15 minutes은 이전 15분 동안의 평균 농도 합계이고, period는 측정 주기로서, N sec 일 수 있다. N은 정수 값이며, 바람직하게 N 값은 60일 수 있다. 즉, STEL은 60초 동안에 평균 값을 산출하고 이 값들을 15분 동안 누적한 값을 15로 나누어서 산출될 수 있다.

구체적으로, 상기 노출기준 레벨이 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H₂S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 10 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 30 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH₃)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 25 ppm이다. 또한, 상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H₂S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 15 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 메탄(CH₄)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 1000 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 200 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH₃)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 35 ppm이다. 상기 노출기준 레벨이 IDLH를

포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H_2S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 100 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 1200 ppm이고, 상기 노출기준 레벨이 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH_3)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 300 ppm일 수 있다.

[0051] 이하 설명에서, STEL를 위한 기준 임계치는 TH_1 , TWA를 위한 기준 임계치는 TH_2 , IDLH를 위한 기준 임계치는 TH_3 으로 지칭한다.

[0052] 제 1 실시예에서, 마이크로 컨트롤러(111)는 후술할 4가지 조건 중 어느 하나라도 만족하는 경우, 경보 알람 동작이 수행될 수 있다. $STEL > TH_1$, $TWA > TH_2$, $IDLH > TH_3$, 또는 산소 농도 < 19.5 ppm (또는 산소 농도 < 18 ppm or 산소 농도 > 23.5 ppm) 중 어느 하나라도 만족하는 경우, 경보 알람이 동작하도록 제어할 수 있다.

[0053] 제 2 실시예에서, 순차적인 조건 만족에 의해서 경보 알람이 수행될 수 있다. 구체적으로, 먼저 산소 농도가 19.5% 이하 (또는 18% 내지 23.5% 범위를 벗어나는 경우)인 경우에, $STEL > TH_1$, $TWA > TH_2$, $IDLH > TH_3$ 비교가 수행될 수 있다. 반면, 산소 농도가 19.5% 이상 (또는 18% 내지 23.5% 범위)일 경우에, $STEL > TH_1$, $TWA > TH_2$, $IDLH > TH_3$ 비교가 수행되지 않을 수 있다. 이와 같이, 순차적인 조건에 따라서 가스 센서를 활성화시켜서 위험 공기 내에서 유해 가스를 실시간 검출할 수 있다. 이처럼, 위험 공기 여부에 따라 선택적으로 유해 가스를 실시간 검출하므로, 가스 센서의 불필요한 동작을 최소화하여 전력 소모를 줄일 수 있다. 또 다른 실시예에서, 산소 농도가 19.5% 이상이거나, 18% 내지 23.5% 범위에 있는 경우에 후술한 제 1 기준 임계치($STEL(TH_1)$, $TWA(TH_2)$, $IDLH(TH_3)$) 값을 더 높은 값으로 설정할 수도 있다.

[0054] 일 실시예에서, 상기 작업자가 유해 가스 감시 장치를 포함하는 안전모를 착용하기 전에, 사용자 입력을 통해서 마이크로 컨트롤러(111)는 상기 작업자의 식별자를 수신하고, 상기 안전모와 상기 작업자의 식별자를 매칭시켜, 상기 작업자의 식별자를 기반으로, 상기 안전모를 착용하는 작업자에게 노출되는 상기 유해 가스의 농도 및 상기 산소 농도가 외부 장치로 제공되어 누적될 수 있도록 제어할 수 있다. 따라서, 작업자별로 수집된 유해 가스 노출 정도를 기반으로 상기 작업자의 건강 검진 시 이들 데이터를 활용할 수 있다. 본 발명에서 밀폐 공간은 비제한적으로 재해 발생 빈도가 높은 정화조, 저수조, 맨홀, 상하수도 및 저장탱크를 포함할 수 있다.

[0055] 도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 일 실시예에 따른 각각 유해 가스 감시 장치가 장착되는 안전모의 정면도, 안전모의 측면도 그리고 안전모의 평면도이다.

[0056] 도 3a 내지 도 3c를 참조하면, 비제한적으로, 유해 가스 감시 장치(100)을 구성하는 제어 모듈(110), 센서 모듈(120) 그리고 경보 모듈(130)은 서로 분리되어 각각 안전모(SC)에 장착될 수 있다. 제어 모듈(110), 센서 모듈(120) 그리고 경보 모듈(130)은 서로 분리되더라도 전기적으로 케이블로 연결되어 서로 데이터 또는 신호를 송수신할 수 있다.

[0057] 도 3a를 참조하면, 가스 센서 모듈(121)과 환경 센서 모듈(122)을 포함하는 센서 모듈(120)은 안전모(SC)의 챔(B) 부분에 지지되어 장착될 수 있다. 구체적으로, 센서 모듈(120)의 제 1 면(또는 상부면)은 챔(B)에 지지되고 센서 모듈(120)의 제 1 면과 수직하는 제 2 면(또는 측면)은 안전모(SC)의 정면 부분과 밀착되어 고정될 수 있다. 센서 모듈(120)의 장착 위치는 안전모(SC)를 착용하고 작업하는 작업자가 실질적으로 코 또는 입으로 공기 또는 유해 가스 흡입하는 위치와 가장 가까워 좀더 정확하게 작업자에게 노출된 유해 가스 또는 산소 농도를 측정할 수 있다.

[0058] 즉, 센서 모듈(120)은 안전모(SC)의 전면에 배치된다. 작업자는 호흡 구역 근처에서 유해 가스에 직접 노출될 수 있으며, 안전한 호흡 수준과 관련하여 센서는 일반적인 호흡 영역 근처, 즉 지면에서 4-6피트 떨어진 곳에 배치하는 바람직하다. 따라서 가스 센서 유닛을 안전모 전면에 배치하여 가스 노출 농도를 지속적이고 정확하게 측정할 수 있다.

[0059] 도 3b를 참조하면, 작업자가 밀폐된 공간에 유해 가스의 농도에 노출되어 있음을 지시하는 경고 알람 신호가 경보 모듈(130)로 전달되어 LED가 동작할 수 있다. 이때 작업자가 작업중일 때 즉시 경고 알람을 인식할 수 있도록 경보 모듈(130)은 작업자 시야에 들어오는 안전모(SC)의 챔(B)의 하부면에 위치하는 것이 바람직하다.

[0060] 도 3c를 참조하면, 컨트롤러(111), 무선 통신 모듈(112) 그리고 선택적으로 오디오 처리부(113)를 포함하는 제어 모듈(110)은 안전모(SC)의 후면 부분에 배치되어 센서 모듈(120) 및 경보 모듈(130)과 안정적으로 분산 배치

될 수 있다. 다른 실시예에서, 제어 모듈(110), 센서 모듈(120) 그리고 경고 모듈(130)은 일체형으로 구성되어 안전모(SC)의 일부분에 결합될 수 있다.

[0061] 도 4a 내지 도 4c는 본 발명의 실시예에 따른 유해 가스 감시 장치를 구성하는 구성 모듈간 연결을 나타내는 도면이다.

[0062] 도 4a를 참조하면, 가스 센서 모듈(121)은 가스는 메탄(CH_4), 황화수소(H_2S), 암모니아(NH_3), 일산화탄소(CO) 및 산소(O)를 포함하는 복수의 가스를 측정해야 하므로 복수의 가스 센서들을 포함할 수 있다. 본 발명에서는 복수의 가스 센서들을 단일 장치로 결합하기 위해 제 1 인쇄 회로 기판(PCB1)에 복수의 가스 센서들(A1, A2, A3, A4)을 배치한다. 구체적으로, 제 1 가스 센서(A1)는 NH_3 를 검출하는 센서이고, 제 2 가스 센서(A2)는 O_2 를 검출하는 센서이고, 제 3 가스 센서(A3)는 CO 와 H_2S 를 검출하는 센서이고, 제 4 가스 센서(A4)는 CH_4 를 검출하는 센서로서, 제 1 인쇄 회로 기판(PCB1) 상에 배치될 수 있다. 제 1 인쇄 회로 기판(PCB1)과 제 2 인쇄 회로 기판(PCB2)는 하나의 PCB로서, 제 1 인쇄 회로 기판(PCB1)은 PCB의 제 1 면에 대응하고, 제 2 인쇄 회로 기판(PCB2)는 전기 회로 패턴을 포함하는 PCB의 제 2 면에 대응할 수 있다.

[0063] 다른 실시예에서, 가스 센서들(A1, A2, A3, A4)를 통해 측정된 가스의 농도에 비례하는 전기 신호를 변환하는 반도체 칩들은 제 2 인쇄 회로 기판(PCB2)에 배치될 수 있으며, 제 1 인쇄 회로 기판(PCB1)은 제 2 인쇄 회로 기판(PCB2)는 전기적으로 연결되어, 복수의 가스 센서들(A1, A2, A3, A4)로부터 검출된 가스 농도에 비례하는 출력 전류를 제 2 인쇄 회로 기판(PCB2)의 변환 칩으로 전달될 수 있다.

[0064] 또한, 가스 센서의 출력 전류는 가스 센서와 제어 모듈(110)의 마이크로 컨트롤러 간의 신호 통신을 돕고 출력 전압에 비례하는 출력 셀 전류를 변환하는 칩을 사용하여 변환될 수 있다. 또한, 본 발명에서 가스 센서는 비제한적으로 전기화학 가스 센서로서 프로그래밍을 지원하며, 0.5~9500nA/ppm의 가스 감도 범위 및 -40° 내지 85°C 의 작동 온도, 그리고 2.7V 내지 5.25V의 전압 공급을 갖는다.

[0065] 일 실시예에서, 제어 모듈(110)은 Arduino Mega 보드로 구현될 수 있으며, 센서 모듈(120)을 포함하는 인쇄 회로 기판(PCB)의 핀과 Arduino Mega의 기 정의된 포트와 연결될 수 있다. 도 4a의 우측은 서로 연결되는 인쇄 회로 기판(PCB)의 핀 번호와 Arduino Mega의 포트 번호를 나타낸다.

[0066] 도 4b를 참조하면, 환경 센서 모듈(122)과 제어 모듈(110)의 마이크로 컨트롤러(111) 간의 연결을 나타낸다. 환경 센서 모듈(122)은 온도 및 습도 측정이 가능한 DHT11를 사용하였고, DHT11의 포트는 총 4개의 포트를 가지며, 제1 포트는 Vcc 입력 포트이고, 제 2 포트는 데이터 포트로서 마이크로 컨트롤러(111)와 연결 포트이고, 제 3 포트는 사용하지 않은 포트(No Connection)이고, 제 4 포트는 접지 포트이다.

[0067] 밀폐된 환경의 온도와 습도는 유해 가스 감시 장치(100)에서 고려해야 할 필수 요소로서, 온도 및 습도 센서는 이러한 목적을 위해 선택될 수 있다. 온도 및 습도 측정의 정확도는 각각 $\pm 2^\circ\text{C}$ 및 $\pm 5\%\text{RH}$ 이다. 일 실시예에서, 8비트 마이크로컨트롤러로 구성된 환경 센서 모듈(122)은 보정된 디지털 출력, 정확한 온도 및 습도 값을 제공하고 노출 조건에 빠르게 반응한다. 특히, DHT11 센서는 저비용, 간단한 인터페이스, 소형화, 신뢰성 및 안정성과 같은 장점이 있다. 작업자가 경험하는 대기 매개변수를 동시에 측정해야 하므로 가스 센서 장치와 유사하게 DHT11 센서를 헬멧 전면 근처에 장착될 수 있다.

[0068] 도 4c를 참조하면, 무선 통신 모듈(112)과 제어 모듈 (110) 간 연결을 나타낸다. 비제한적으로, 무선 통신 모듈 (112)은 블루투스 모듈이며 제어 모듈 (110)은 상업용 Arduino Mega 보드일 수 있다.

[0069] 일 실시예에서, 노출 조건 및 해당 경고 알람 신호는 작업자의 위험을 피하기 위해 밀폐된 장소의 외부에서 작업하는 다른 작업자에게 전달될 수 있다. 이를 위해 SPP(Serial Port Protocol)에서 작동하는 HC-05 블루투스 모듈이 사용될 수 있다. 상기 블루투스 모듈에는 2.4GHz 내장 안테나가 있으며 $-25\sim 75^\circ\text{C}$ 에서 작동하며, 콤팩트한 크기, Bluetooth 지원 장치와의 쉬운 연결, 더 나은 작동 수명 및 낮은 전력 소비로 인해 무선 통신에 적합하다. 또한, 상기 블루투스 모듈은 비용 효율적이며 신호를 빠르고 더 나은 품질로 전송할 수 있다. Wi-Fi 모듈의 경우 상기 블루투스 모듈보다 더 많은 전류의 사용으로 인해 작동 수명이 짧을 수 있다. 상기 블루투스 모듈의 변조 및 전송 전력은 각각 3Mbps 및 +4dBm RF일 수 있다.

[0070] 도 5a와 도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 유해 가스 감시 방법을 설명하기 위한 설명이다.

[0071] 도 5a를 참조하면, 유해 가스 감시 방법은 가스 센서 모듈을 통해 적어도 하나 이상의 유해 가스의 농도 및 산소 농도를 측정하는 단계(S100); 환경 센서 모듈을 통해 온도 및 습도를 측정하는 단계(S110); 마이크로 컨트롤러

러가 상기 가스 센서 모듈로부터 측정된 상기 유해 가스 농도 및 상기 산소 농도를 수집하여, 상기 유해 가스 및 상기 산소 농도의 노출기준 레벨을 산출하는 단계(S120); 상기 유해 가스 농도 및 상기 산소 농도의 노출기준 레벨이 기준 임계치 범위를 벗어나는지를 판단하는 단계(S130); 및 경보 모듈을 통해 상기 경보 신호에 따라 경보 알람을 출력하는 단계(S140)를 포함할 수 있다.

[0072] 선택적으로, 상기 환경 센서 모듈로부터 측정된 온도 및 습도에 대한 정보를 수집하여, 정상 환경인지 밀폐 공간의 대기 환경인지를 판단하는 단계가 더 포함될 수 있다. 정상 환경인지 밀폐 공간의 대기 환경에 따라서, 상기 유해 가스의 노출기준 레벨(STEL, TWA, IDLH) 값 또는 STEL, TWA, IDLH의 정의된 노출 시간을 보정할 수 있다.

[0073] 또한, 무선 통신 모듈을 통해 상기 경보 신호 또는 유해 가스의 농도 및 산소 농도에 대한 정보 그리고 온도 및 습도에 대한 정보를 외부 장치로 전송하는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 경보 신호를 외부 장치로 전송함으로써, 해당 작업자뿐만 아니라 관리자나 감독관 같은 제3자에게도 밀폐 공간에서 유해 가스가 임계치보다 커서 작업자가 유해 가스 위험에 노출되어 있음을 알릴 수 있다.

[0074] 일 실시예에서, 상기 유해 가스의 노출기준 레벨(STEL, TWA, IDLH)이 제 1 기준 임계치보다 크고 상기 산소 농도의 노출기준 레벨이 제 2 기준 임계치 범위를 벗어나는 경우에, 상기 경보 알람이 출력될 수 있다. 상기 노출기준 레벨은 TWA(Time Weighted Average), STEL(Short Term Exposure Limit) 및 IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health) 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 제 2 기준 임계치 범위는 19.5% 또는 18% 내지 23.5% 범위를 갖는다. 우리나라의 한국산업안전보건공단은 산소 농도가 18% 미만이거나 23.5% 이상인 공기를 위험 공기로 정의하고 있어서, 산소 농도가 18% 내지 23.5% 범위를 벗어나는 경우 경보가 울릴 수 있다.

[0075] 제 1 실시예에서, 4가지 조건 중 어느 하나라도 만족하는 경우, 경보 알람 동작이 수행될 수 있다. $STEL > TH_1$, $TWA > TH_2$, $IDLH > TH_3$, 또는 산소 농도 $< 19.5 \text{ ppm}$ (또는 산소 농도 $< 18 \text{ ppm}$ or 산소 농도 $> 23.5 \text{ ppm}$) 중 어느 하나라도 만족하는 경우, 경보 알람이 동작할 수 있다.

[0076] 제 2 실시예에서, 도 5b와 같이, 순차적인 조건 만족에 의해서 경보 알람이 수행될 수 있다. 구체적으로, 먼저 산소 농도가 19.5% 이하이거나, 18% 내지 23.5% 범위를 벗어나는 경우에, $STEL > TH_1$, $TWA > TH_2$, $IDLH > TH_3$ 비교가 수행될 수 있다. 반면, 산소 농도가 19.5% 이상이거나, 18% 내지 23.5% 범위에 있는 경우에, $STEL > TH_1$, $TWA > TH_2$, $IDLH > TH_3$ 비교가 수행되지 않을 수 있다. 이와 같이, 순차적인 조건에 따라서 가스 센서를 활성화 시켜서 위험 공기 내에서 유해 가스를 실시간 검출할 수 있다. 이처럼, 위험 공기 여부에 따라 선택적으로 유해 가스를 실시간 검출하므로, 가스 센서의 불필요한 동작을 최소화하여 전력 소모를 줄일 수 있다.

[0077] 도 5b를 참조하면, 산소 농도를 측정하는 단계(S100), 환경 센서 모듈을 통해 온도 및 습도를 측정하는 단계(S101); 상기 산소 농도의 노출기준 레벨이 제 2 기준 임계치 범위를 벗어나는지를 판단하는 단계(S103); 상기 산소 농도의 노출기준 레벨이 제 2 기준 임계치 범위를 벗어나는 경우 가스 센서 모듈을 활성화하여 적어도 하나 이상의 유해 가스의 농도를 측정하는 단계(S104); 유해 가스의 노출기준 레벨이 제 1 기준 임계치를 넘는지를 판단하는 단계(S132, 133, 134); 및 경보 모듈을 통해 상기 경보 신호에 따라 경보 알람을 출력하는 단계(S140)를 포함할 수 있다. 유해 가스의 노출기준 레벨이 제 1 기준 임계치를 넘는지를 판단하는 단계(S132, 133, 134) 및 경보 모듈을 통해 상기 경보 신호에 따라 경보 알람을 출력하는 단계(S140)는 전술한 도 5a의 S132, 133, 134, S140 단계와 동일하므로 모순되지 않는 한 도 5a의 S132, 133, 134, S140 단계에 대한 설명을 참조할 수 있다.

[0078] 질식 가스에 의한 사망은 가스의 독성이 아니라 산소 부족에 인한 것이다. 이산화탄소와 메탄은 가장 흔한 질식 가스로서, 무독성이며 무취 특성을 갖는다. 특히, 이산화탄소 및 메탄과 같은 불활성 기체에 의한 산소 대체에 의해 대기 산소가 정상치의 25% 미만(산소 부피의 5-6%)으로 감소하면 몇 초 안에 의식을 잃고 몇 분 안에 사망할 수 있다. 예컨대, 메탄 농도가 60% 이상이고 산소 농도가 8% 이하이면, 40초 안에 혼수 상태, 경련, 호흡 정지, 몇 분 안에 사망에 이르고, 메탄 농도가 52-60%이고 산소 농도가 10-8%이면, 메스꺼움, 구토, 실신 또는 쓰러짐, 무의식 증상이 나타나고, 메탄 농도가 33-52%이고 산소 농도가 14-10%이면, 비정상적인 피로, 정서 장애, 호흡 곤란, 초조 증상이 나타나고, 메탄 농도가 23-33%이고 산소 농도가 16-14%이면, 호흡 빈도와 맥박수 증가, 불안 증상이 나타날 수 있다. 전술한 바와 같이, 유해 가스의 누출은 공기 중 산소를 부족하게 하며, 이는 대기 중에 유독 가스가 축적되기 때문이다. 이와 더불어, 공기 이동 부족, 장비 사용, 유기 물질 분해 및 기타 화학 반응으로 인해 산소 결핍이 증가할 수도 있다.

- [0079] 또한, 유해 가스의 온도 및 습도 변화에 따라 검출되는 각각의 유해 가스 농도의 크기가 상이할 수 있으므로, 온도 및 습도 변화에 따라 제 1 기준 임계치(STEL(TH_1), TWA(TH_2), IDLH(TH_3)) 값을 보정할 수 있다. 구체적으로, 온도 및 습도가 증가함에 따라 반응 속도가 높아져서 출력되는 유해 가스 농도의 커질 수 있고 반대로 온도 및 습도가 감소함에 따라 반응 속도가 낮아져서 출력되는 유해 가스 농도의 낮아질 수 있다. 따라서, 온도 및 습도의 크기에 반비례하여 제 1 기준 임계치(STEL(TH_1), TWA(TH_2), IDLH(TH_3)) 값을 보정할 수 있다.
- [0080] 또 다른 실시예에서, 산소 농도가 19.5% 이상이거나, 18% 내지 23.5% 범위에 있는 경우에 후술한 제 1 기준 임계치(STEL(TH_1), TWA(TH_2), IDLH(TH_3)) 값을 더 높은 값으로 설정할 수 있다.
- [0081] 더하여, 선택적으로, 밀폐 공간이 정화조, 저수조, 맨홀, 상하수도 및 저장탱크인지에 따라서, 복수의 가스 센서들의 활성화 순서를 제어할 수 있다. 예컨대, 해당 밀폐 공간에서 많이 발생하는 유해 가스 종류별로 유해 가스를 검출하도록 가스 센서를 활성화할 수도 있다.
- [0082] 일 실시예에서, 상기 제 1 기준 임계치가 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H_2S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치(TH_2)는 10 ppm이고, 상기 제 1 기준 임계치가 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치(TH_2)는 30 ppm이고, 상기 제 1 기준 임계치가 TWA를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH_3)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치(TH_2)는 25 ppm일 수 있다. 상기 제 1 기준 임계치가 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H_2S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치(TH_1)는 15 ppm이고, 상기 제 1 기준 임계치가 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 메탄(CH_4)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치는 1000 ppm이고, 상기 제 1 기준 임계치가 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치(TH_1)는 200 ppm이고, 상기 제 1 기준 임계치가 STEL를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH_3)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치(TH_1)는 35 ppm이다. 상기 제 1 기준 임계치가 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 황화수소(H_2S)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치(TH_3)는 100 ppm이고, 상기 제 1 기준 임계치가 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치(TH_3)는 1200 ppm이고, 상기 제 1 기준 임계치가 IDLH를 포함하고 상기 유해 가스가 암모니아(NH_3)인 경우, 상기 제 1 기준 임계치(TH_3)는 300 ppm이다.
- [0083] 일 실시예에서, 상기 작업자가 유해 가스 감시 장치를 포함하는 안전모를 착용하기 전에, 상기 작업자의 식별자는 사용자 입력을 통해서 마이크로 컨트롤러(111)로 전달되어, 상기 안전모는 상기 작업자의 식별자와 매칭되고, 상기 작업자의 식별자를 기반으로, 상기 안전모를 착용하는 작업자에게 노출되는 상기 유해 가스의 농도 및 상기 산소 농도가 외부 장치로 제공되어 누적될 수 있다. 따라서, 작업자별로 수집된 유해 가스 노출 정도를 기반으로 상기 작업자의 건강 검진 시 이들 데이터를 활용할 수 있다.
- [0085] 안전모에 장착된 유해 가스 감시 장치의 실험 데이터
- [0086] 안전모에 장착된 유해 가스 감시 장치는 폐수 처리장과 센서 판독 값의 변동을 비교하기 위해 정상 환경 및 밀폐 환경에서 테스트되었다. 부산 장림하수처리장은 약 450톤의 폐수를 집수하여 처리하는 국내 주요 도시 및 산업 폐수 처리장이다. 산업 폐수 처리장은 매립지, 1차 침전조, 2차 정화기 및 슬러지 소화조로 구분된다.
- [0087] 정상 가스 환경과 독성 가스 환경 모두에서 1초의 시간 간격으로 10분 동안 모니터링을 수행하였다. 대기 상태가 위험할 경우 "Alert ON/danger"가 모바일 장치로 전송되고 안전 상태인 경우 "Alert OFF/Safe"로 표시된다. 따라서 밀폐 공간 밖에 있는 작업자는 그에 따라 상황을 적절하게 평가할 수 있다.
- [0088] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 정상 환경(normal environment)에서 유해 가스 감시 장치에서 측정된 실험 데이터이고, 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 정상 환경에서 측정된 유해 가스 농도(a) 및 대기 매개 변수(b)에 대한 실험 그래프이다. 도 6과 도 7은 검출된 유해 가스에 대한 데이터와 정상 대기에서의 노출 조건을 나타낸다.
- [0089] 도 7을 참조하면, 기록된 평균 및 최대 농도는 H_2S 의 경우 대략 평균 0.28ppm 및 최대 0.36ppm이고, CO의 경우 대략 평균 0.29ppm 및 최대 0.35ppm, NH_3 의 경우 대략 평균 0.19ppm 및 최대 0.26ppm이며, CH_4 의 경우 대략 평균 0.07 및 최대 0.1ppm이다. 모든 유해 가스 수준은 임계값 한계에 따라 안전하다고 간주되는 1ppm 미만이다

(도 7의 (a)). 평균 습도와 온도는 각각 약 41%와 25.2° C였으며 최대 수준은 각각 대략 42%와 25.6° C이다. 40~70%의 습도 범위는 밀폐된 장소에서 작업자에게 덜 위험한 것으로 간주될 수 있다. 작업 조건의 최적 온도는 30° C 미만으로서 30° C 이상의 작업장 온도는 작업자가 불편함과 열 스트레스를 유발할 수 있다. 따라서, 정상적인 환경의 온도와 습도는 이러한 한계 내에 있는 것으로 나타난다. 정상적인 환경에서 평균 산소 농도는 대략 20.15%로 권장 최소 수준인 19.5%보다 높다(도 7의 (b)).

[0090] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 장립폐수처리시설(부산시 소재)내의 매립지(a), 1차 침전조(b), 2차 정화조(c) 및 슬러지 소화조(d)에서 각각 측정된 유해 가스 농도에 대한 실험 데이터이고, 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 폐수 처리 구역에서 측정된 대기 조건 결과이다.

[0091] 도 8을 참조하면, 폐수 처리 구역에서 가스 농도의 증가 추세가 얻어졌고 일정 시간 후에 안정적인 값에 도달했다. 유해 가스 데이터는 초기에 기울어져 안정적인 값을 얻기 위해 10분 동안 측정되었다. 폐수 처리장에서 폐수는 먼저 플라스틱, 형철, 쓰레기와 같은 큰 물체를 특수 필터 스크린을 사용하여 제거하는 예비 처리를 거친다. 이 폐기물은 매립지에서 수거될 수 있다. 유기물의 자연적인 박테리아 분해로 인해 매립지에서 고농도의 CH₄가 생성될 수 있다. CH₄의 평균 및 최대 레벨은 각각 평균 8.21ppm 및 최대 12.22ppm이다. CH₄ 다음으로 H₂S는 4.15ppm과 5.72ppm의 평균 및 최대 노출 농도를 나타냈고, NH₃ 농도는 각각 3.53ppm과 4.62ppm이다(도 8의 (a)).

[0092] 일 실시예에서, 여과 후, 폐수는 1차 침전조, 침전조 또는 정화기로 통과하여 폐수에서 입자를 제거하고 슬러지는 탱크 바닥에 침전될 수 있다. 침전조에서 1차 침전 후 폐수에서 나오는 부유 슬러지는 2차 침전지에서 모아지고 전체 슬러지는 슬러지 처리장으로 보내진다. H₂S는 두 장치 모두에서 가장 높은 농도를 나타낸다(도 8의 (b) 및 도 8의 (c)). 평균 및 최대 노출 값은 1차 침전조에서 각각 9.27ppm 및 13ppm, 2차 침전조에서 각각 4.22ppm 및 7ppm이다. 2 번째로 높은 평균 및 최대 수준은 CH₄에 대한 것으로, 1차 정화기의 값은 8.15ppm 및 10.5ppm, 2차 정화기의 값은 2.53ppm 및 4.3ppm이다. NH₃는 1차 및 2차 정화제에 대해 각각 5.25ppm 및 2.08ppm의 최대 농도를 나타낸다(도 8의 (b) 및 도 8의 (c)).

[0093] 슬러지 처리는 박테리아에 의한 혐기성 소화가 이루어지는 소화조에서 이루어진다. CH₄는 매립지에서 얻은 결과와 유사한 혐기성 소화 과정에서 생성된 1차 가스이다. CH₄의 평균 및 최대 농도는 각각 9.47ppm 및 13ppm이다. NH₃와 H₂S의 경우 기록된 평균 농도는 2.5ppm과 1.97ppm이고 최대 농도는 각각 3.36ppm과 2.42ppm이다(도 8의 (d)). CO 농도는 모니터링된 4개 장치 모두에서 가장 낮았다. 최대 노출 값은 매립지, 1차 침전조, 2차 정화조, 소화조에서 각각 2.24ppm, 2.52ppm, 1, 1.25ppm이다. 그러나 모든 가스 노출은 관련 설정한 임계값 범위 내에 있다.

[0094] 도 9를 참조하면, 폐수 처리 및 유해 가스 환경의 대기 조건에서 습도는 대략 평균 33%, 온도는 19.17°C로 전술한 정상 대기조건의 온도 및 습도보다 낮았다. 또한 얻어진 평균 산소 수준은 18.2%로 최소 필요 수준인 19.5%보다 낮다. 폐수 처리 및 유해 가스 환경의 대기 조건에서 습도는 전술한 정상적인 환경에서의 온도와 습도보다 낮게 나타나므로, 온도 및 습도와 산소 농도를 고려하여, 환경에 따라 파라미터를 조절하여 가스 검출이 정확하게 수행되도록 할 수 있다.

[0095] 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 장립폐수처리시설(부산시 소재)내의 (a) 매립지, (b) 소화조, (c) 침전조 및 (d) 2차 정화기에서 각각 측정된 장기 가스 노출의 유해 가스 농도에 대한 실험 그래프이다. 가스 농도는 이동 평균 분석을 기반으로 8시간 동안 측정되었으며, 8시간 평균 가스 농도는 임계 한계(TWA)와 비교될 수 있다.

[0096] 도 10을 참조하면, H₂S, CO, NH₃, CH₄의 8시간 평균 농도는 매립지(a)에서 8.71 ppm, 3.13 ppm, 7.79 ppm, 24.03 ppm로 측정되었으며, 소화조(b)에서는 3.48 ppm, 1.95 ppm, 4.57 ppm, 19.3 ppm로 측정되었다. 모든 농도는 매립지(a)와 소화조(b)에서 노출 한계 이내인 것으로 나타났다.

[0097] 또한, H₂S, CO, NH₃, CH₄의 8시간 평균농도는 침전조(c)에서 19.08 ppm, 3.88 ppm, 8.56 ppm, 16.53 ppm로 측정되었으며, 2차 정화조(d)에서 11.16 ppm, 1.43 ppm, 3.06 ppm, 7.11ppm로 측정되었다. 침전조(c)와 2차 정화기(d)의 H₂S 평균 농도는 TWA보다 각각 1.91배와 1.116배 높은 것으로 나타났다. 다른 평균 독성 수준(CO, NH₃, CH₄)은 안전하다고 간주될 수 있는 임계값 한계 미만으로 측정되었다.

[0098] 도 8과 도 10을 비교하면, 유독가스 농도는 장기 가스 노출 측정 결과가 단기 가스 노출 측정보다 높게 나타났

다.

- [0099] 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 폐수 처리 구역에서 측정된 장기 가스 노출의 산소 측정 결과 그래프이다.
- [0100] 도 11을 참조하면, 폐수 처리 장치의 산소 농도는 시간이 지남에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 평균 산소는 17.16%로 나타났으며 최소값은 15.06%로 최소 요구 산소 수준인 19.5%보다 낮게 측정되었다. 이러한 결과는 시간이 증가함에 따라 밀폐된 공간에 독성 가스가 축적되어 대기 중 산소 수준이 감소한 것으로 판단된다.
- [0101] 전술한 바와 같이, 건설 산업은 작업장 사고 및 위험한 노출 사망의 주요 원인으로 확인되었다. 물리적 위험, 독성 대기 및 삼킴은 직업 건강 및 안전 위협으로 나타날 수 있다. 위험 가스는 밀폐된 대기에 유입될 때 치명적일 수 있다. 밀폐 공간은 지정된 활동을 수행하기 위해 제한된 수의 작업자만 들어갈 수 있는 완전히 또는 부분적으로 밀폐된 공간이다. 독성 가스 축적, 산소 결핍, 환기 불량, 기계 장비 사용 및 인화성 대기는 밀폐된 대기를 정상 환경보다 더 위험할 수 있다. 구체적으로, 유해 가스에 단기 및 장기 노출되면 두통, 구토, 의식 불명, 갑작스러운 쓰러짐, 심지어 사망까지 다양한 건강 문제가 발생할 수 있다. 종래에서는 유해 가스로 인한 위험이 대부분의 밀폐된 장소에서 사망하는 것으로 나타났다. 따라서 이 문제를 적절하게 완화하려면 더 많은 주의가 필요하다.
- [0102] 본 발명에서는 복수의 가스 센서를 이용하여 H_2S , NH_3 , CH_4 , CO 와 같은 밀폐된 공간에서 1차 유독 가스를 측정할 수 있는 안전모에 장착되는 유해 가스 감시 장치 및 방법을 제안한다. 이러한 가스 센서는 저비용, 정확하고 안정적이며 빠른 응답, 저전력 및 휴대용 직업 및 환경 모니터링에 적합하다. 공기 중 산소 수준도 밀폐된 공간에서 고려해야 할 중요한 매개변수이다. 실험 예에서, Alphasense CO/H_2S D2, CH_4 -D3, NH_3 -B1 및 O_2 -A3를 사용하여 이러한 가스의 농도를 측정하는 데 사용되었다. 습도 및 온도와 같은 다른 노출 조건도 DHT11 센서를 사용하여 평가했다. 본 발명의 유해 가스 감시 장치는 작업자 호흡 구역 근처의 농도 수준을 1 초마다 측정하기 위해 안전모 전면에 배치하였고, HC-05 블루투스 모듈로 구성되어 밀폐된 공간 밖에 있는 작업자 또는 감독자에게 실시간 알림을 제공하고, 전술한 임계치에 따라 밀폐된 공간 내부의 작업자에게 LED 경고를 제공한다. 반복적으로, 경보가 발령되기 때문에 적절한 구조 장비를 사용하면 원활하고 신속하게 구조 작업을 수행할 수 있다.
- [0103] 또한, 실험의 데이터는 폐수 처리장의 4개 장치(매립지, 1차 침전조, 2차 정화조 및 소화조)에서 수행되었다. CH_4 농도는 매립지와 슬러지 소화조에서 더 높게 나타났고, H_2S 함량은 1차 및 2차 정화기에서 더 높았다. 가스는 주로 분해 및 혐기성 소화 과정에서 생성되었다. 그러나 모든 가스 수준은 안전하고 임계값 한계 미만이었으며 CO 농도는 모든 장치에서 가장 낮았다. 매립지와 소화조의 CH_4 최대 농도는 일반 환경보다 각각 122배, 130배 높았다. 대조적으로, H_2S 수준은 1차 침전조와 2차 침전조에서 각각 36배와 19배 더 높았다. 폐수 처리 장치의 산소 수준과 습도(각각 18.2% 및 33%)는 권장 최소 한계보다 낮았다. 따라서 이러한 결과는 일반 환경과 비교하여 제한된 대기의 가스 농도 및 기타 노출 조건(온도 및 습도)의 변동을 나타낸다.
- [0104] 더하여, 본 발명은 밀폐된 공간에 관련된 작업자의 유해 가스 노출에 대한 안전 모니터링이 포함되어, 맥박수, 혈중산소농도, 체온, EEG 또는 뇌파 분석 등 작업자의 건강 상태를 통합하여 안전 모니터링 시스템을 건강 및 안전 모니터링 시스템으로 확장할 수 있다. 센서 판독 값과 단기 및 장기 노출 평가에 대한 습도와 온도의 영향은 유해 가스 감시 장치의 성능과 효율성을 향상시킬 수 있다. 유해 가스 감시와 미립자 물질과 같은 건설 산업의 다른 주요 오염 물질 측정을 결합하여 경고 알람을 제공한다면 건설 현장에서 직업 건강에 미치는 영향을 완화할 수 있다.
- [0105] 이상에서 설명한 본 발명이 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

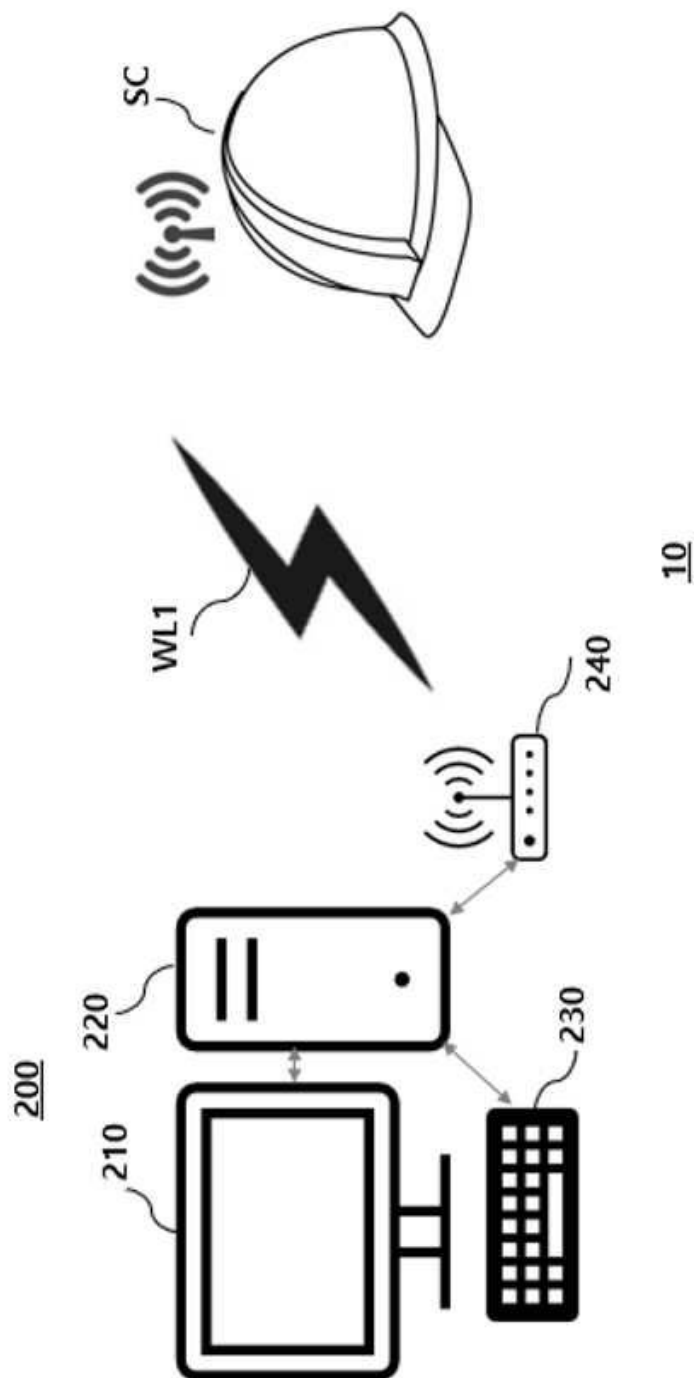
부호의 설명

- [0106] 100: 안전모
200: 모니터링 장치
300: 중계기
410: 스마트 폰
420: 스마트 워치

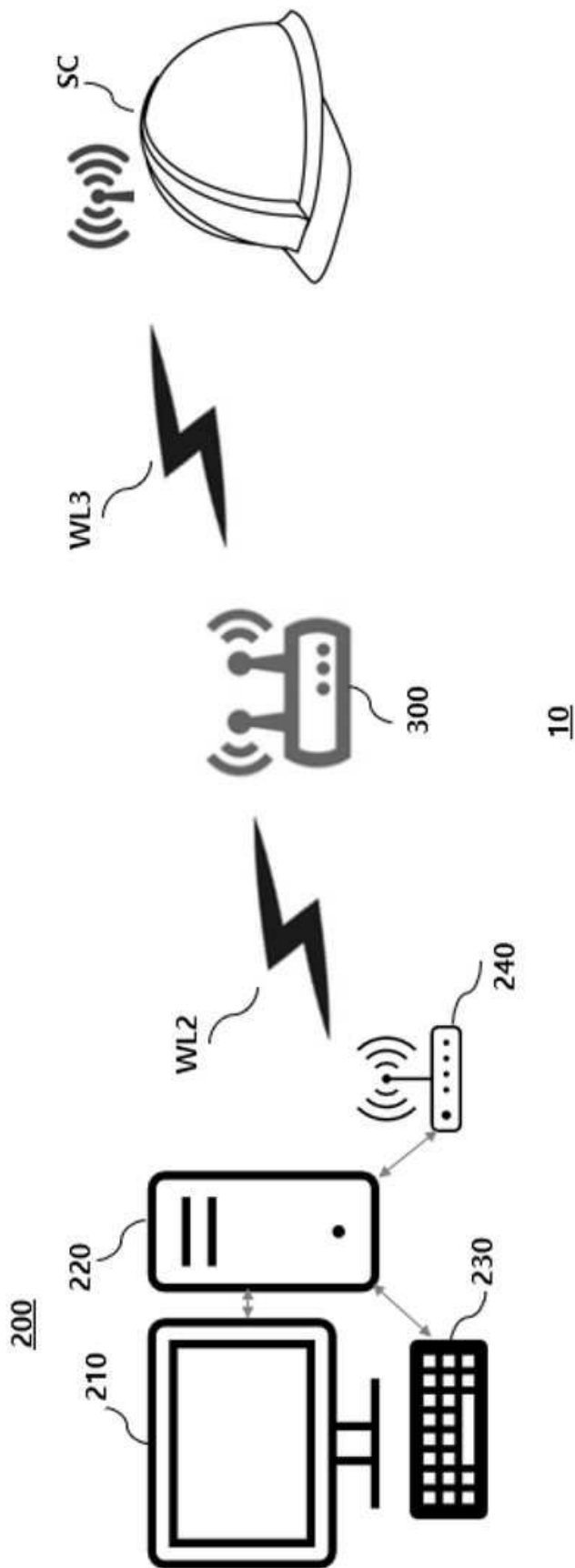
- 110: 제어 모듈
- 111: 마이크로 컨트롤러
- 112: 무선 통신 모듈
- 113: 오디오 처리부
- 120: 센서 모듈
- 121: 가스 센서 모듈
- 122: 환경 센서 모듈
- 130: 경보 모듈

도면

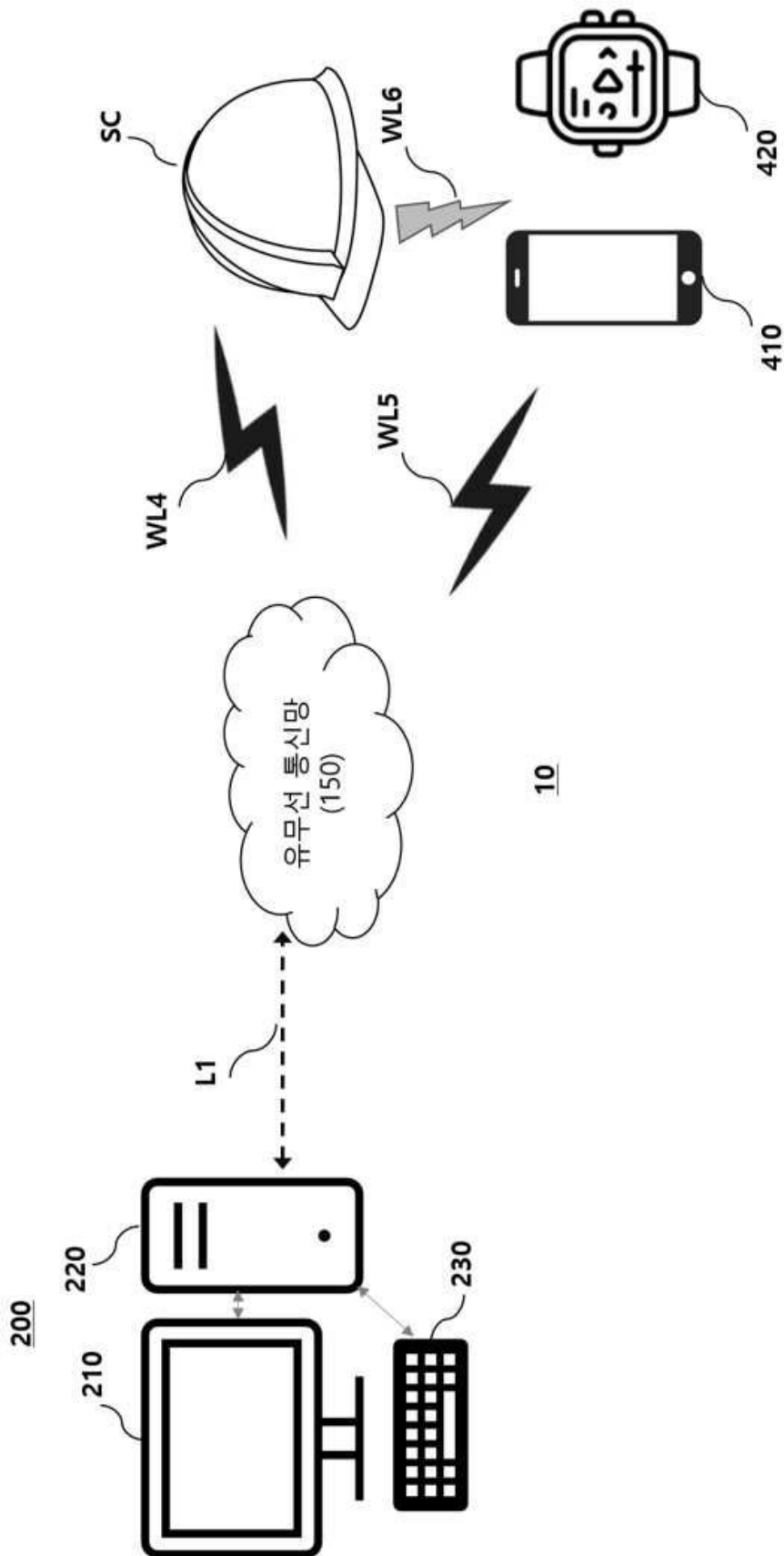
도면1a



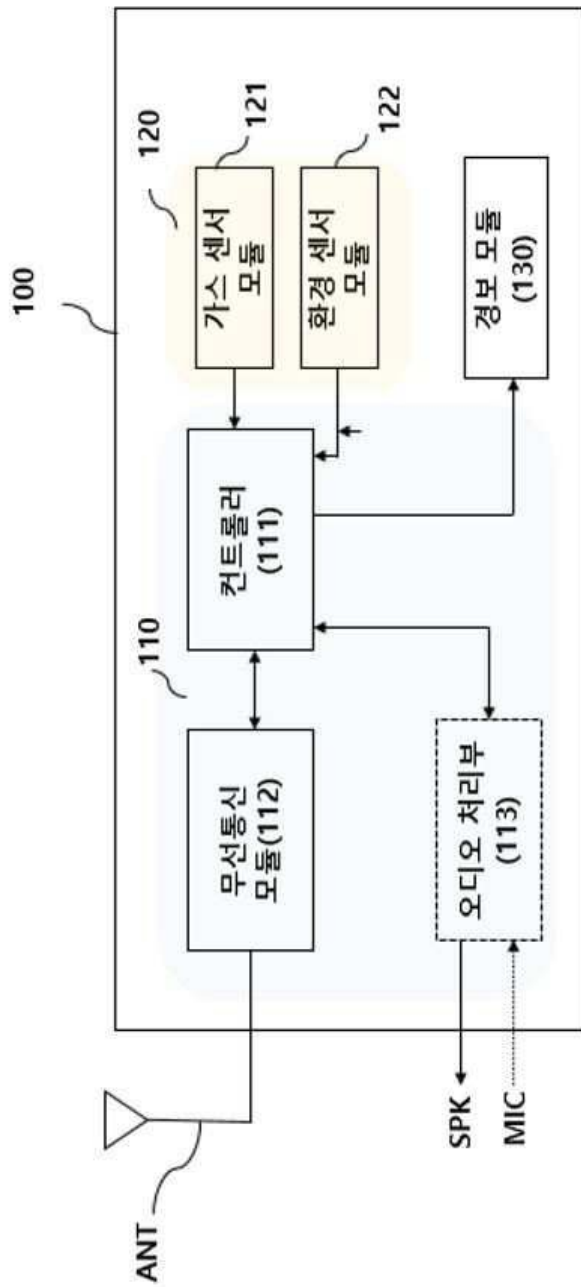
도면 1b



도면1c



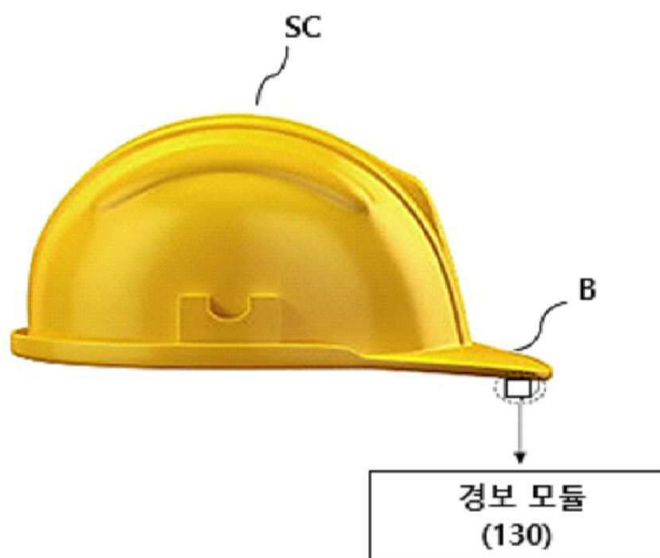
도면2



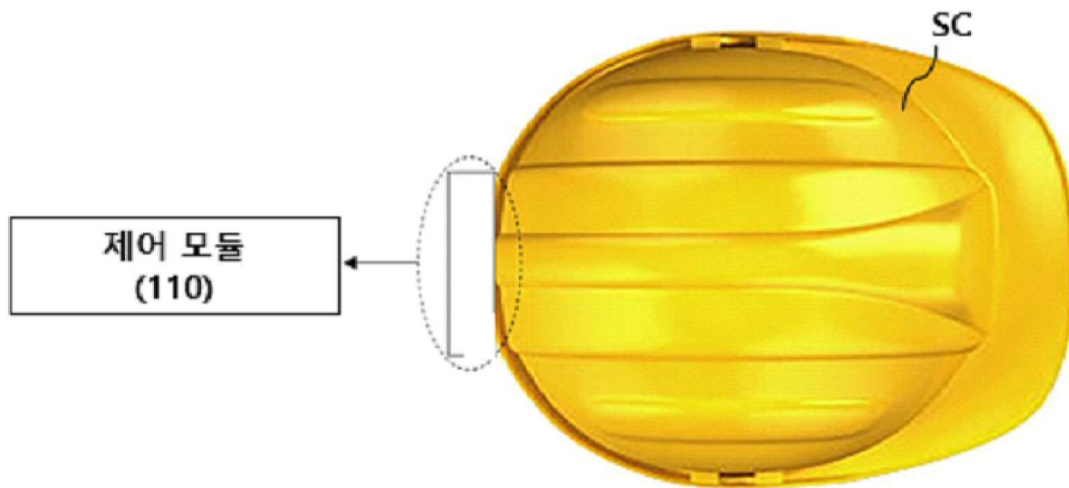
도면3a



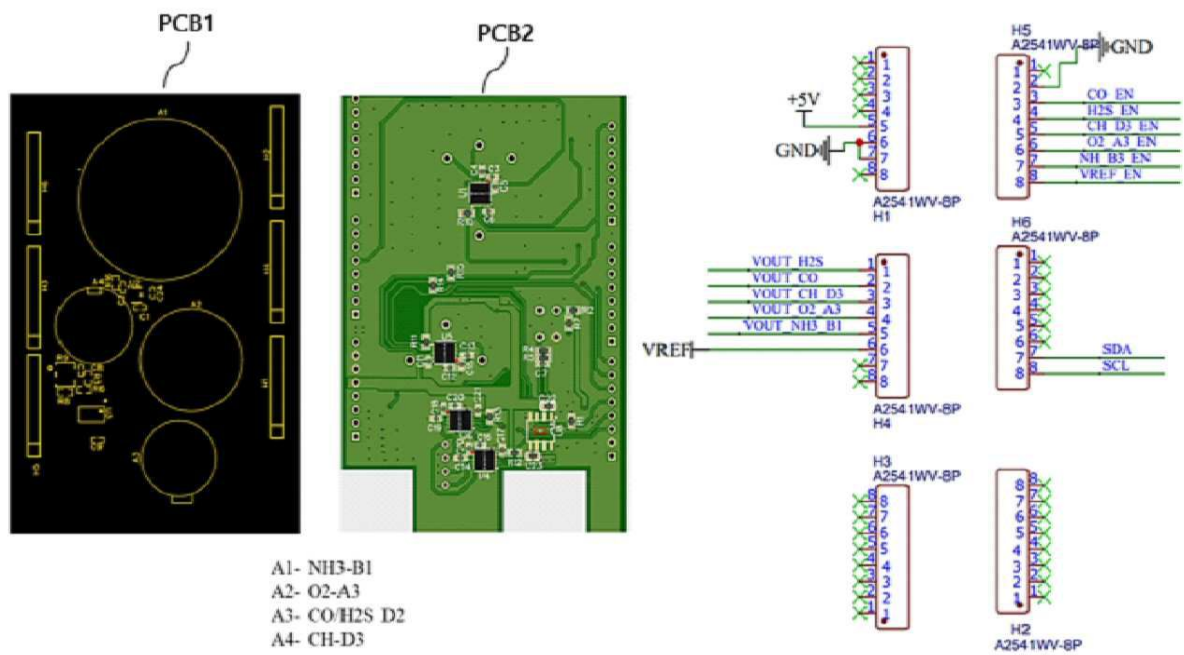
도면3b



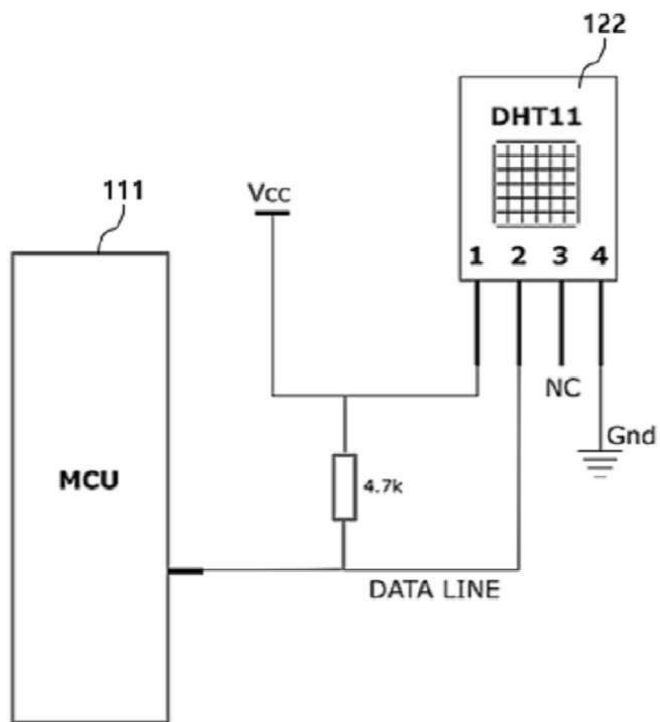
도면3c



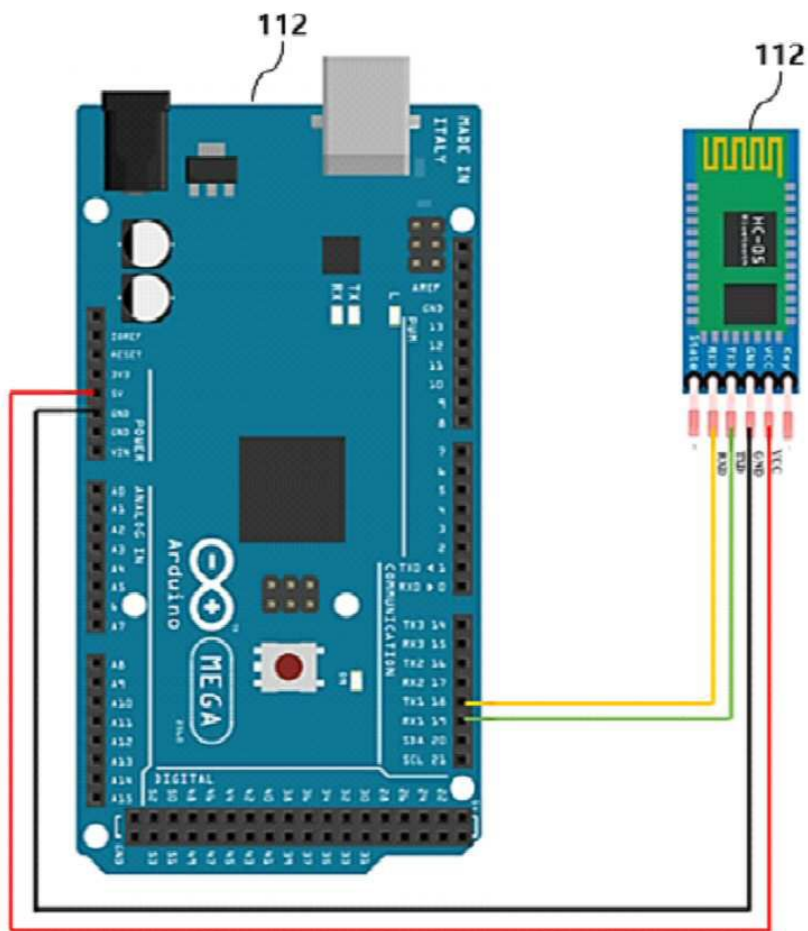
도면4a



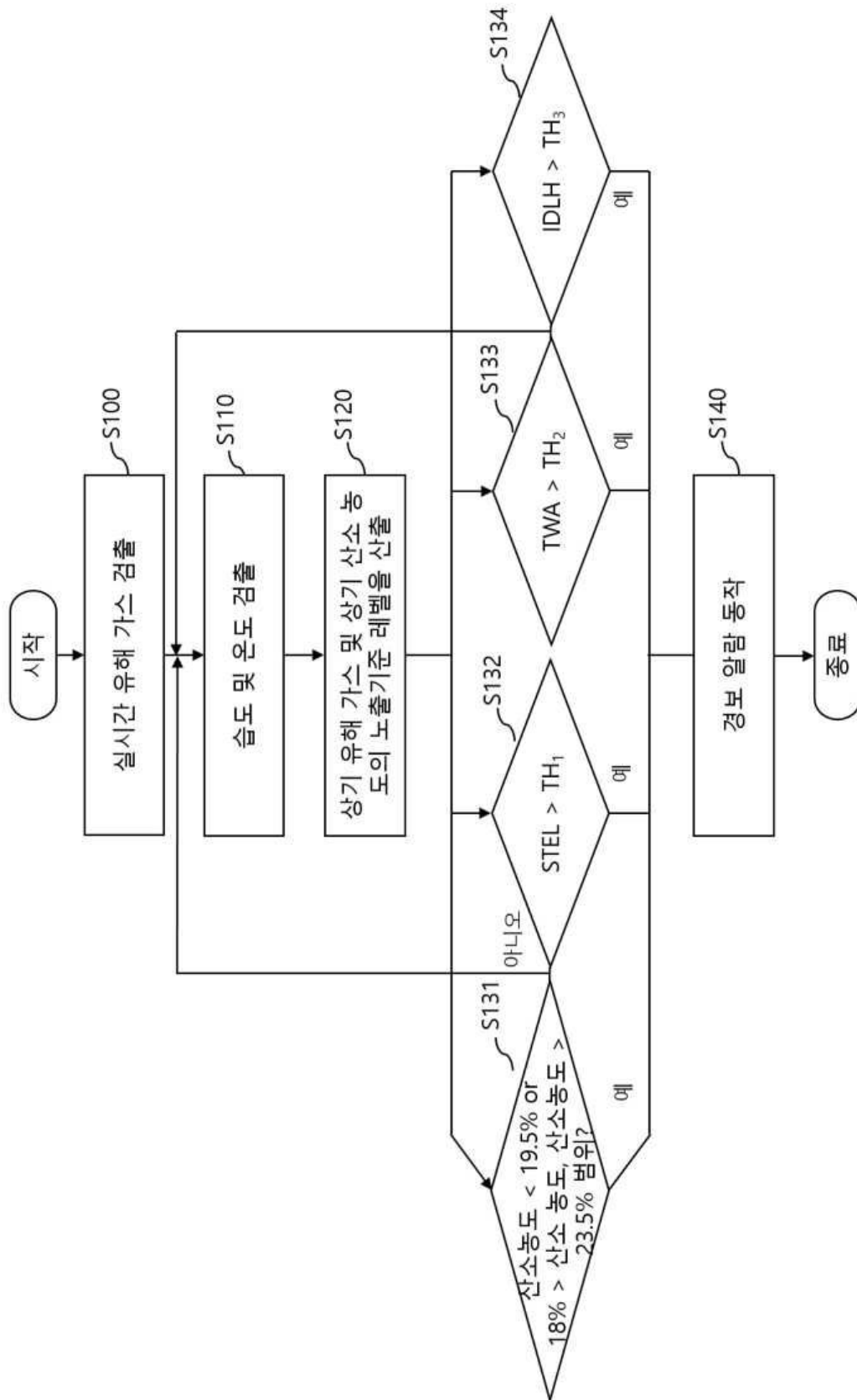
도면4b



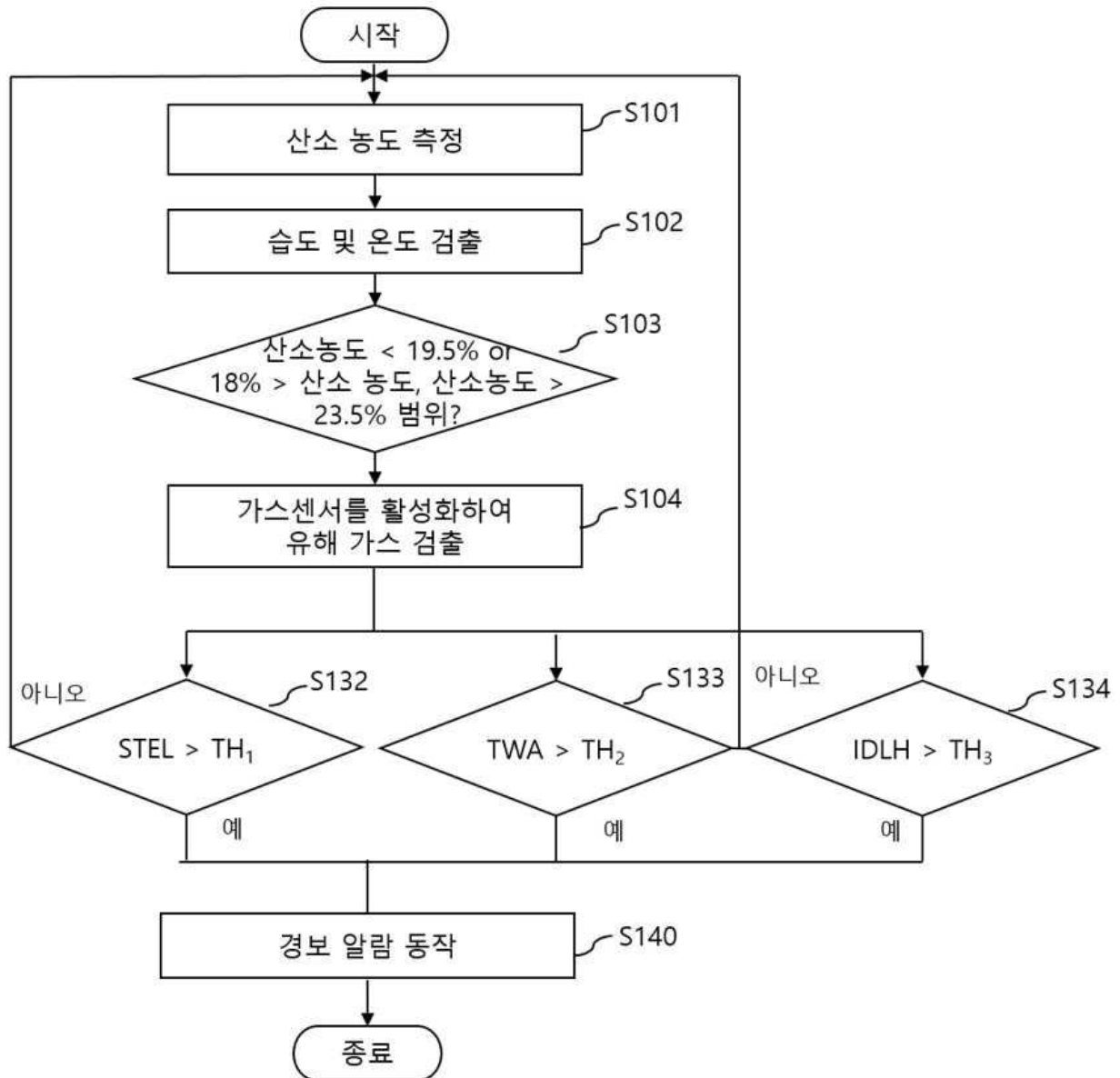
도면4c



도면5a



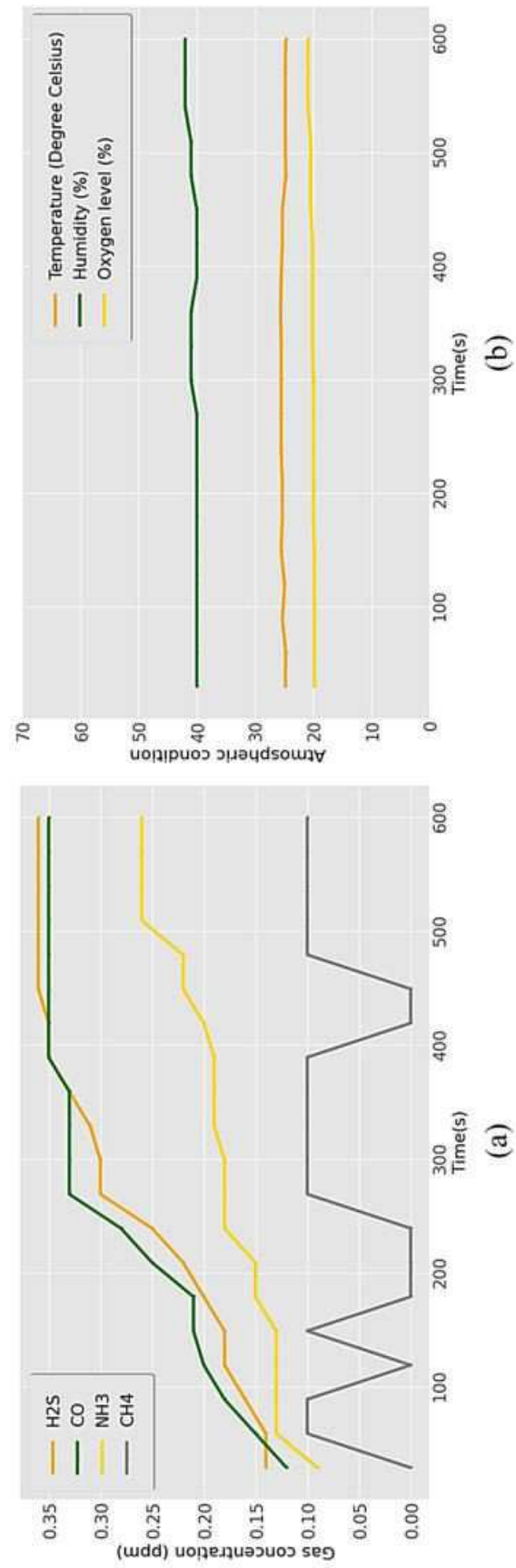
도면5b



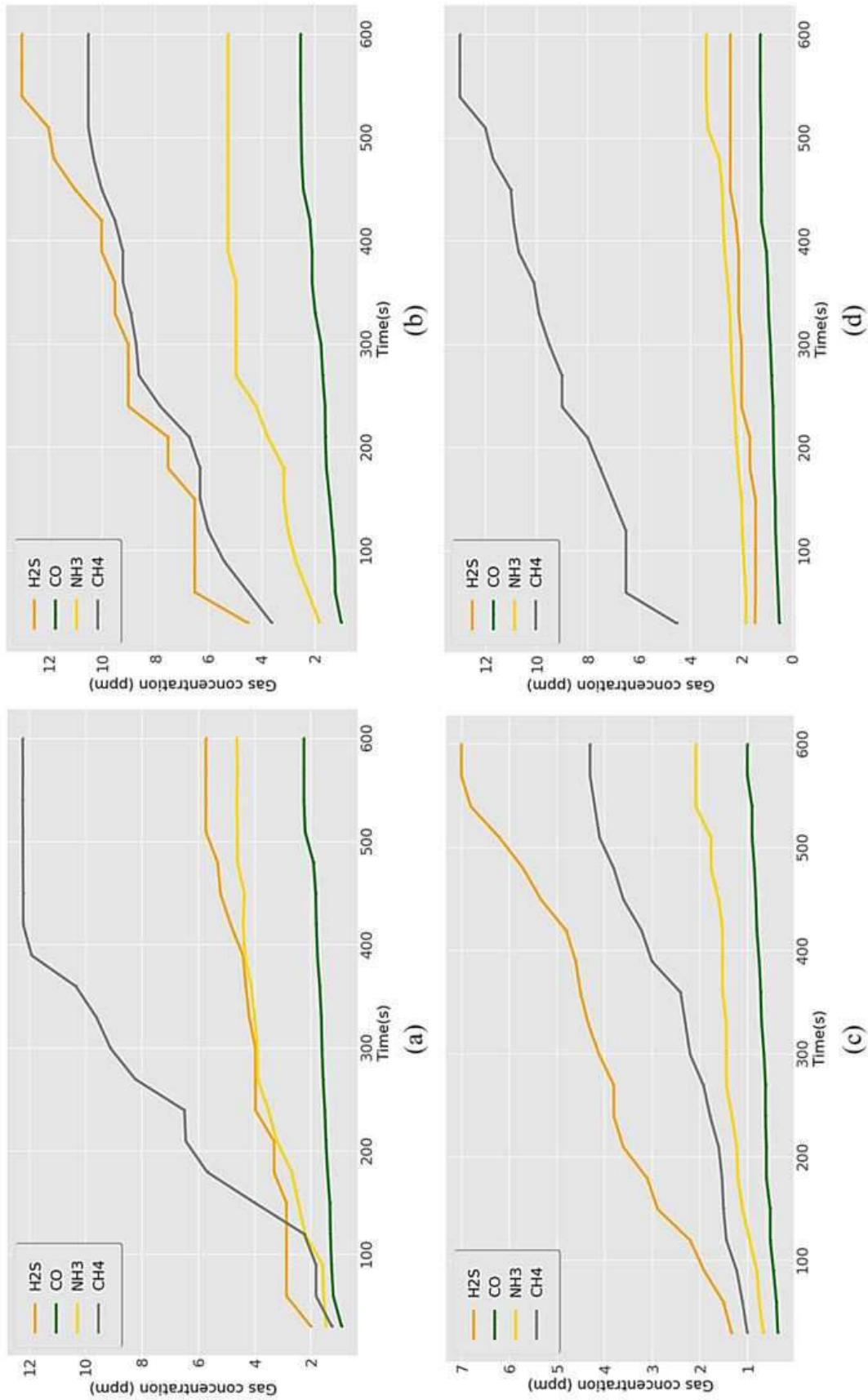
도면6

Time (sec)	Toxic gas concentration (ppm)				Temperature (°C)	Humidity (%)	Oxygen (%)
	H ₂ S	CO	NH ₃	CH ₄			
30	0.14	0.12	0.09	0	24.8	40	19.78
60	0.14	0.15	0.13	0.10	24.7	40	19.78
90	0.16	0.18	0.13	0.10	25.3	40	19.78
120	0.18	0.20	0.13	0	24.9	40	19.80
150	0.18	0.21	0.13	0.10	25.5	40	19.80
180	0.20	0.21	0.15	0	25.3	40	19.95
210	0.22	0.25	0.15	0	25.3	40	19.95
240	0.25	0.28	0.18	0	25.5	40	19.95
270	0.30	0.33	0.18	0.10	25.5	40	19.95
300	0.30	0.33	0.18	0.10	25.5	41	19.95
330	0.31	0.33	0.19	0.10	25.5	41	20.10
360	0.33	0.33	0.19	0.10	25.6	41	20.10
390	0.35	0.35	0.19	0.10	25.5	40	20.10
420	0.35	0.35	0.20	0	25.3	40	20.10
450	0.36	0.35	0.22	0	25.3	40	20.40
480	0.36	0.35	0.22	0.10	24.7	41	20.40
510	0.36	0.35	0.26	0.10	24.8	41	20.40
540	0.36	0.35	0.26	0.10	24.8	42	20.90
570	0.36	0.35	0.26	0.10	24.8	42	20.90
600	0.36	0.35	0.26	0.10	24.7	42	20.90

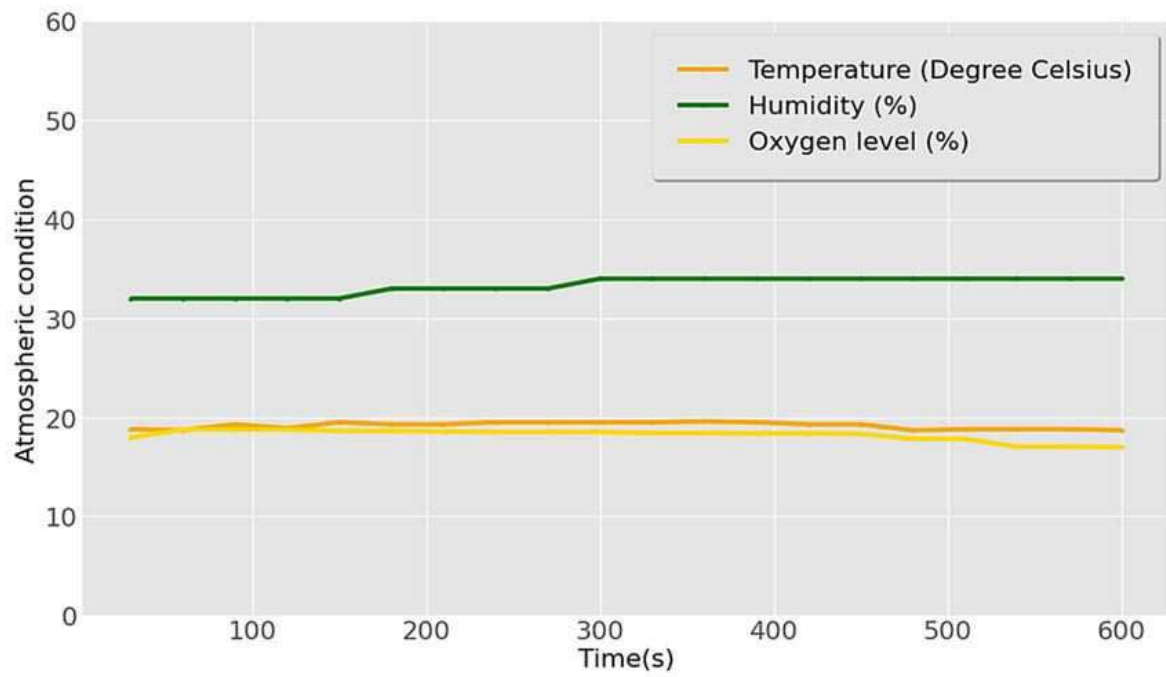
도면7



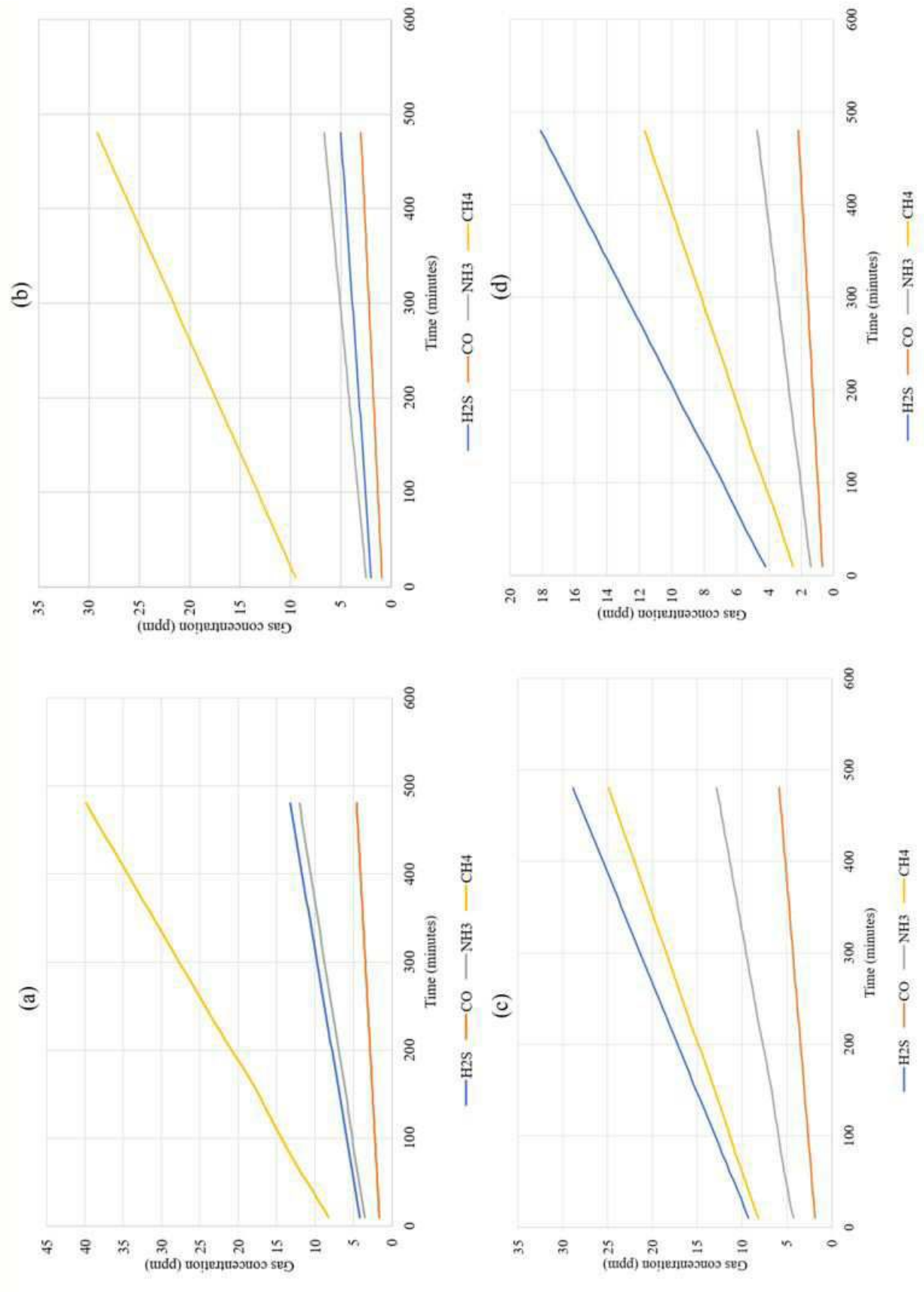
도면8



도면9



도면10



도면11

