



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0102640
(43) 공개일자 2025년07월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01M 3/24 (2006.01) G01N 29/02 (2006.01)
G01N 29/44 (2006.01) G06N 3/08 (2023.01)
G06Q 50/10 (2012.01) G06T 7/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G01M 3/24 (2013.01)
G01N 29/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0194519
(22) 출원일자 2023년12월28일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국전자기술연구원
경기도 성남시 분당구 새나리로 25 (야탑동)
국립창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
구윤정
경기도 성남시 분당구 새나리로 25 (야탑동)
신준호
경기도 성남시 분당구 새나리로 25 (야탑동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인성암

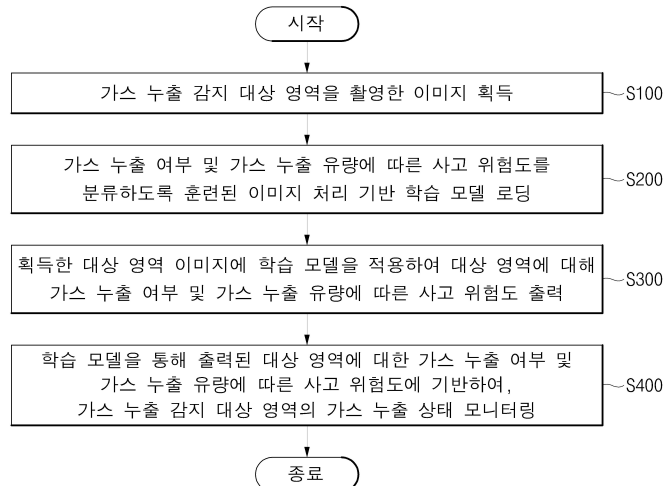
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 가스 누출 감지 방법 및 장치

(57) 요약

본 개시는 가스 누출 감지 방법 및 장치에 관한 것으로 해결하고자 하는 기술적 과제는 산업시설의 중저압 배관에서 발생할 수 있는 가스 누출을 실시간 모니터링하기 위해 초음파 이미지를 딥러닝 기반 이미지 처리 기술에 적용하여 가스 누출을 자동 탐지할 수 있도록 하는데 있다. 이를 위해 본 개시는 가스 누출 감지 대상 영역을 촬영한 이미지를 획득하는 단계와, 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도를 분류하도록 훈련된 이미지 처리 기반 학습 모델을 로딩하는 단계와, 획득한 대상 영역 이미지에 학습 모델을 적용하여 대상 영역에 대해 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도를 출력하는 단계와, 학습 모델을 통해 출력된 대상 영역에 대한 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도에 기반하여, 가스 누출 감지 대상 영역의 가스 누출 상태를 모니터링하는 단계를 포함하는 가스 누출 감지 방법을 제공한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

G01N 29/4481 (2013.01)
G06N 3/08 (2023.01)
G06Q 50/10 (2015.01)
G06T 7/001 (2013.01)
G01N 2291/021 (2013.01)

박광현

경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20 (퇴촌동)

(72) 발명자

이원희

경기도 성남시 분당구 새나리로 25 (야탑동)

홍정표

경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20 (퇴촌동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415184880
과제번호	20017259
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술기획평가원
연구사업명	주력산업 IT융합
연구과제명	생활속 안전시설을 위한 IT융합기술 기반 스마트 안전센서 및 운영 시스템 기술 개

발

기 여 율	1/2
과제수행기관명	한국엘피지배관망사업단, (주)영일메카텍, (주)그란코, 한국가스안전공사 가스안전연구
원, 인투카오스, 보난자팩토리, (주)구비트	
연구기간	2021.07.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	0312201002
과제번호	S0721-23-1010
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	(재)경남테크노파크
연구사업명	SW융합클러스터 2.0(특화산업 강화 분야)
연구과제명	기계설비 기반 SW융합 인적자원 생태계 조성
기 여 율	1/2
과제수행기관명	국립창원대학교
연구기간	2019.05.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

딥러닝 기반 이미지 처리 기술을 활용한 가스 누출 감지 방법으로서,

가스 누출 감지 대상 영역을 촬영한 이미지를 획득하는 단계;

가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도를 분류하도록 훈련된 이미지 처리 기반 학습 모델을 로딩하는 단계;

상기 획득한 대상 영역 이미지에 상기 학습 모델을 적용하여 상기 대상 영역에 대해 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도를 출력하는 단계; 및

상기 학습 모델을 통해 출력된 상기 대상 영역에 대한 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도에 기반하여, 상기 가스 누출 감지 대상 영역의 가스 누출 상태를 모니터링하는 단계를 포함하는 가스 누출 감지 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 학습 모델을 학습하는 단계를 더 포함하고,

상기 학습 모델을 학습하는 단계는,

가스 누출 유량별 및 측정 거리별 초음파 이미지를 수집하는 단계;

상기 초음파 이미지를 전처리하는 단계; 및

상기 초음파 이미지를 가스 누출 유량에 따라 라벨링하는 단계를 포함하는 가스 누출 감지 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 초음파 이미지를 수집하는 단계는,

주변 환경에 의해 초음파가 감지되는 초음파 이미지를 노이즈로 설정하여 수집하는 단계를 더 포함하는 가스 누출 감지 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 전처리하는 단계는,

상기 초음파 이미지의 크기를 설정 크기로 조정하는 단계; 및

상기 초음파 이미지의 전체 이미지에서 초음파 영역에 대한 바운딩 박스를 검출하는 단계를 포함하는 가스 누출 감지 방법.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 학습 모델을 학습하는 단계는,

상기 라벨링된 초음파 이미지를 학습 데이터와 검증 데이터로 구분하는 단계; 및

상기 학습 데이터를 이용하여 상기 학습 모델을 학습하는 단계를 포함하는 가스 누출 감지 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 학습 모델을 학습하는 단계 이후, 상기 검증 데이터를 이용하여 상기 학습 모델의 정확도 및 과적합 유무를 평가하는 단계를 더 포함하는 가스 누출 감지 방법.

청구항 7

제 2 항에 있어서,

상기 학습 모델을 학습하는 단계 이후, 상기 초음파 이미지의 특정 영역과 초음파 영역에 대한 바운딩 박스와의 매칭을 위한 후처리를 수행하는 단계를 더 포함하는 가스 누출 감지 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 후처리를 수행하는 단계는,

상기 초음파 이미지를 특정 영역별로 구분하는 단계;

상기 특정 영역별 중심 좌표값을 추출하는 단계;

상기 초음파 영역에 대한 바운딩 박스의 중심 좌표값을 추출하는 단계;

상기 바운딩 박스의 중심 좌표값과 상기 영역별 중심 좌표값 사이의 거리를 측정하는 단계; 및

상기 측정한 거리를 기반으로, 가장 가까운 특정 영역을 가스 누출 영역으로 출력하는 단계를 포함하는 가스 누출 감지 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 모니터링하는 단계는,

상기 가스 누출 감지 대상 영역에서 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도가 기준치 이상인 영역을 가스 누출 영역으로 출력하는 단계를 포함하는 가스 누출 감지 방법.

청구항 10

딥러닝 기반 이미지 처리 기술을 활용한 가스 누출 감지 장치로서,

메모리; 및

상기 메모리와 연결되고, 상기 메모리에 포함된 컴퓨터 판독 가능한 명령들을 실행하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서를 포함하고,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

가스 누출 감지 대상 영역을 촬영한 이미지를 획득하고,

가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도를 분류하도록 훈련된 이미지 처리 기반 학습 모델을 로딩하며,

상기 획득한 대상 영역 이미지에 상기 학습 모델을 적용하여 상기 대상 영역에 대해 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도를 출력하고,

상기 학습 모델을 통해 출력된 상기 대상 영역에 대한 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도에 기반하여, 상기 가스 누출 감지 대상 영역의 가스 누출 상태를 모니터링하도록 설정된 가스 누출 감지 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는,
상기 학습 모델을 학습하기 위해, 가스 누출 유량별 및 측정 거리별 초음파 이미지를 수집하고,
상기 초음파 이미지를 전처리하며,
상기 초음파 이미지를 가스 누출 유량에 따라 라벨링하도록 설정된 가스 누출 감지 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
주변 환경에 의해 초음파가 감지되는 초음파 이미지를 노이즈로 설정하여 상기 초음파 이미지를 수집하도록 더 설정된 가스 누출 감지 장치.

청구항 13

제 11 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
상기 전처리를 위해, 상기 초음파 이미지의 크기를 설정 크기로 조정하고,
상기 초음파 이미지의 전체 이미지에서 초음파 영역에 대한 바운딩 박스를 검출하도록 설정된 가스 누출 감지 장치.

청구항 14

제 11 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
상기 라벨링된 초음파 이미지를 학습 데이터와 검증 데이터로 구분하고,
상기 학습 데이터를 이용하여 상기 학습 모델을 학습하도록 설정된 가스 누출 감지 장치.

청구항 15

제 14 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
상기 학습 모델을 학습한 이후, 상기 검증 데이터를 이용하여 상기 학습 모델의 정확도 및 과적합 유무를 평가하도록 더 설정된 가스 누출 감지 장치.

청구항 16

제 11 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
상기 학습 모델을 학습한 이후, 상기 초음파 이미지의 특정 영역과 초음파 영역에 대한 바운딩 박스와의 매칭을 위한 후처리를 수행하도록 더 설정된 가스 누출 감지 장치.

청구항 17

제 16 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
상기 후처리를 수행하기 위해, 상기 초음파 이미지를 특정 영역별로 구분하고,
상기 특정 영역별 중심 좌표값을 추출하며,
상기 초음파 영역에 대한 바운딩 박스의 중심 좌표값을 추출하고,

상기 바운딩 박스의 중심 좌표값과 상기 영역별 중심 좌표값 사이의 거리를 측정하며,

상기 측정한 거리를 기반으로, 가장 가까운 특정 영역을 가스 누출 영역으로 출력하도록 설정된 가스 누출 감지 장치.

청구항 18

제 10 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 가스 누출 감지 대상 영역에서 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도가 기준치 이상인 영역을 가스 누출 영역으로 출력하도록 설정된 가스 누출 감지 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 딥러닝 기반 이미지 처리 기술을 기반으로 초음파 이미지를 이용하여 가스 누출을 감지하는 가스 누출 감지 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 가스는 산업 및 가정 등 여러 환경에서 사용되고 있는 만큼 가스 누출과 같은 안전사고를 예방하기 위한 체계적인 관리가 요구된다. 특히, 가스는 눈에 보이지 않기 때문에 배관 또는 탱크의 압력유량 센서 모니터링 및 시설 내 부착된 가스 감지 센서를 이용하여 가스 누출을 관리하고 있다.

[0003] 그러나 중저압 가스배관에서 공급압력 대비 발생하는 미세한 누출은 압력유량 센서로 감지하기 어렵다. 또한, 산업에서 주로 사용하는 접촉식 및 비접촉식 가스 감지 센서는 국부적인 영역 내에서만 가스를 감지할 수 있으므로 가스 누출원에서 센서의 감지 영역까지 가스가 도달하는 시간이 소요되어 즉각적인 대응을 할 수 없다.

[0004] 초음파 카메라는 가스 누출 시 발생하는 음파를 측정 및 시각화하여 기존 가스 감지 센서 방식보다 빠르게 가스 누출을 감지할 수 있고 원거리 측정이 가능한 장점이 있으나, 현재까지 상용화된 초음파 카메라는 가스를 자동으로 탐지하는 기술이 없어 실시간 모니터링이 어렵다.

[0005] 따라서, 가스 누출을 자동으로 탐지하고, 가스 누출 유량 및 누출 위치 정보를 추가적으로 학습하여 가스 누출 사고 발생 시 상황별 대응을 제안할 수 있는 모델 개발이 요구되고 있다.

[0006] 이러한 발명의 배경이 되는 기술에 개시된 상술한 정보는 본 발명의 배경에 대한 이해도를 향상시키기 위한 것 뿐이며, 따라서 종래 기술을 구성하지 않는 정보를 포함할 수도 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 개시는 산업시설의 중저압 배관에서 발생할 수 있는 가스 누출을 실시간 모니터링하기 위해 초음파 이미지를 딥러닝 기반 이미지 처리 기술에 적용하여 가스 누출을 자동 탐지할 수 있는 가스 누출 감지 방법 및 장치를 제공한다.

[0008] 다만, 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 상술한 과제에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래에 기재된 발명의 설명으로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 감지 방법은 딥러닝 기반 이미지 처리 기술을 활용한 가스 누출 감지 방법으로서, 가스 누출 감지 대상 영역을 촬영한 이미지를 획득하는 단계; 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도를 분류하도록 훈련된 이미지 처리 기반 학습 모델을 로딩하는 단계; 상기 획득한 대상 영역 이미지에 상기 학습 모델을 적용하여 상기 대상 영역에 대해 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도를 출력하는 단계; 및 상기 학습 모델을 통해 출력된 상기 대상 영역에 대한 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도에 기반하여, 상기 가스 누출 감지 대상 영역의 가

스 누출 상태를 모니터링하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0010] 또한, 상기 학습 모델을 학습하는 단계를 더 포함하고, 상기 학습 모델을 학습하는 단계는, 가스 누출 유량별 및 측정 거리별 초음파 이미지를 수집하는 단계; 상기 초음파 이미지를 전처리하는 단계; 및 상기 초음파 이미지를 가스 누출 유량에 따라 라벨링하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 초음파 이미지를 수집하는 단계는, 주변 환경에 의해 초음파가 감지되는 초음파 이미지를 노이즈로 설정하여 수집하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 전처리하는 단계는, 상기 초음파 이미지의 크기를 설정 크기로 조정하는 단계; 및 상기 초음파 이미지의 전체 이미지에서 초음파 영역에 대한 바운딩 박스를 검출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 학습 모델을 학습하는 단계는, 상기 라벨링된 초음파 이미지를 학습 데이터와 검증 데이터로 구분하는 단계; 및 상기 학습 데이터를 이용하여 상기 학습 모델을 학습하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 학습 모델을 학습하는 단계 이후, 상기 검증 데이터를 이용하여 상기 학습 모델의 정확도 및 과적합 여부를 평가하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 학습 모델을 학습하는 단계 이후, 상기 초음파 이미지의 특정 영역과 초음파 영역에 대한 바운딩 박스와의 매칭을 위한 후처리를 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 후처리를 수행하는 단계는, 상기 초음파 이미지를 특정 영역별로 구분하는 단계; 상기 특정 영역별 중심 좌표값을 추출하는 단계; 상기 초음파 영역에 대한 바운딩 박스의 중심 좌표값을 추출하는 단계; 상기 바운딩 박스의 중심 좌표값과 상기 영역별 중심 좌표값 사이의 거리를 측정하는 단계; 및 상기 측정한 거리를 기반으로, 가장 가까운 특정 영역을 가스 누출 영역으로 출력하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 모니터링하는 단계는, 상기 가스 누출 감지 대상 영역에서 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도가 기준치 이상인 영역을 가스 누출 영역으로 출력하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 감지 장치는 딥러닝 기반 이미지 처리 기술을 활용한 가스 누출 감지 장치로서, 메모리; 및 상기 메모리와 연결되고, 상기 메모리에 포함된 컴퓨터 판독 가능한 명령들을 실행하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 가스 누출 감지 대상 영역을 촬영한 이미지를 획득하고, 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도를 분류하도록 훈련된 이미지 처리 기반 학습 모델을 로딩하며, 상기 획득한 대상 영역 이미지에 상기 학습 모델을 적용하여 상기 대상 영역에 대해 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도를 출력하고, 상기 학습 모델을 통해 출력된 상기 대상 영역에 대한 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도에 기반하여, 상기 가스 누출 감지 대상 영역의 가스 누출 상태를 모니터링하도록 설정될 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 상기 학습 모델을 학습하기 위해, 가스 누출 유량별 및 측정 거리별 초음파 이미지를 수집하고, 상기 초음파 이미지를 전처리하며, 상기 초음파 이미지를 가스 누출 유량에 따라 라벨링하도록 설정될 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 주변 환경에 의해 초음파가 감지되는 초음파 이미지를 노이즈로 설정하여 상기 초음파 이미지를 수집하도록 더 설정될 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 상기 전처리를 위해, 상기 초음파 이미지의 크기를 설정 크기로 조정하고, 상기 초음파 이미지의 전체 이미지에서 초음파 영역에 대한 바운딩 박스를 검출하도록 설정될 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 상기 라벨링된 초음파 이미지를 학습 데이터와 검증 데이터로 구분하고, 상기 학습 데이터를 이용하여 상기 학습 모델을 학습하도록 설정될 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 상기 학습 모델을 학습한 이후, 상기 검증 데이터를 이용하여 상기 학습 모델의 정확도 및 과적합 여부를 평가하도록 더 설정될 수 있다.
- [0024] 또한, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 상기 학습 모델을 학습한 이후, 상기 초음파 이미지의 특정 영역과 초음파 영역에 대한 바운딩 박스와의 매칭을 위한 후처리를 수행하도록 더 설정될 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 상기 후처리를 수행하기 위해, 상기 초음파 이미지를 특정 영역별로 구분하고, 상기 특정 영역별 중심 좌표값을 추출하며, 상기 초음파 영역에 대한 바운딩 박스의 중심 좌표값을 추출하고, 상기 바운딩 박스의 중심 좌표값과 상기 영역별 중심 좌표값 사이의 거리를 측정하며, 상기 측정한 거

리를 기반으로, 가장 가까운 특정 영역을 가스 누출 영역으로 출력하도록 설정될 수 있다.

[0026] 또한, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 상기 가스 누출 감지 대상 영역에서 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도가 기준치 이상인 영역을 가스 누출 영역으로 출력하도록 설정될 수 있다.

발명의 효과

[0027] 본 개시의 실시예에 따른 가스 누출 감지 방법 및 장치는 초음파 이미지를 이용하여 딥러닝 기반 이미지 처리 기술 기반 가스 누출 탐지 모델을 통해 산업시설의 중저압 배관에서 발생할 수 있는 가스 누출을 실시간으로 자동 탐지할 수 있도록 함으로써, 산업현장에서 가스 누출 관리의 효율성 및 안전성을 향상시킬 수 있다. 이에, 원격 및 실시간 모니터링을 통해 가스 누출로부터 작업자 안전을 확보할 수 있고, 초음파 이미지 기반 가스 누출 탐지 모델을 통해 가스 누출 관리를 위한 운영 데이터로 활용할 수 있다.

[0028] 다만, 본 개시를 통해 얻을 수 있는 효과는 상술한 효과들에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적인 효과들은 아래에 기재된 발명의 설명으로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 감지 시스템의 개략적인 예시도이다.
 도 2는 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 감지 장치를 개략적으로 나타낸 블록도이다.
 도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 감지 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
 도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 탐지를 위한 학습 모델의 모식도이다.
 도 5는 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 탐지를 위한 학습 모델의 학습 과정을 설명하기 위한 흐름도이다.
 도 6은 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 탐지를 위한 학습 모델의 수집 초음파 이미지의 예시도이다.
 도 7은 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 탐지를 위한 학습 모델의 학습 결과의 예시도이다.
 도 8은 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 탐지를 위한 학습 모델의 후처리 과정을 설명하기 위한 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 개시의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0031] 본 개시의 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 개시의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 당업자에게 본 발명의 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다.

[0032] 또한, 이하의 도면에서 각 층의 두께나 크기는 설명의 편의 및 명확성을 위하여 과장된 것이며, 도면상에서 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "및/또는"은 해당 열거된 항목 중 어느 하나 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다. 또한, 본 명세서에서 "연결된다"라는 의미는 A 부재와 B 부재가 직접 연결되는 경우뿐만 아니라, A 부재와 B 부재의 사이에 C 부재가 개재되어 A 부재와 B 부재가 간접 연결되는 경우도 의미한다.

[0033] 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.

[0034] 본 명세서에서 제1, 제2 등의 용어가 다양한 부재, 부품, 영역, 층들 및/또는 부분들을 설명하기 위하여 사용되지만, 이들 부재, 부품, 영역, 층들 및/또는 부분들은 이들 용어에 의해 한정되어서는 안 됨은 자명하다. 이들 용어는 하나의 부재, 부품, 영역, 층 또는 부분을 다른 영역, 층 또는 부분과 구별하기 위하여만 사용된다. 따라서, 이하 상술할 제1부재, 부품, 영역, 층 또는 부분은 본 발명의 가르침으로부터 벗어나지 않고서도

제2부재, 부품, 영역, 층 또는 부분을 지칭할 수 있다.

- [0035] "하부(beneath)", "아래(below)", "낮은(lower)", "상부(above)", "위(upper)"와 같은 공간에 관련된 용어가 도면에 도시된 한 요소 또는 특징과 다른 요소 또는 특징의 용이한 이해를 위해 이용된다. 이러한 공간에 관련된 용어는 본 발명의 다양한 공정 상태 또는 사용 상태에 따라 본 발명의 용이한 이해를 위한 것이며, 본 발명을 한정하기 위한 것은 아니다. 예를 들어, 도면의 요소 또는 특징이 뒤집어지면, "하부" 또는 "아래"로 설명된 요소는 "상부" 또는 "위"로 된다. 따라서, "아래"는 "상부" 또는 "아래"를 포괄하는 개념이다.
- [0036] 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있을 정도로 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명하면 다음과 같다.
- [0037] 여기서, 명세서 전체를 통하여 유사한 구성 및 동작을 갖는 부분에 대해서는 동일한 도면 부호를 붙였다. 또한, 어떤 부분이 다른 부분과 전기적으로 연결(electrically coupled)되어 있다고 할 때, 이는 직접적으로 연결되어 있는 경우뿐만 아니라 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 연결되어 있는 경우도 포함한다.
- [0038] 도 1은 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 감지 시스템의 개략적인 예시도이다.
- [0039] 도 1에 도시된 바와 같이, 가스 누출 감지 시스템(1)은 가스 누출 감지 장치(100), 사용자 단말(200), 서버(300) 및 네트워크(400)를 포함할 수 있다.
- [0040] 가스 누출 감지 시스템(1)은 딥러닝 기반 이미지 처리 기술을 이용하여 물체 감지 및 객체 인식을 수행하는 것으로, 예를 들어, 초음파 카메라를 이용하여 가스 누출로 인해 발생하는 초음파 이미지를 자동으로 감지 및 사고 위험도를 예측하고자 하는 것이다. 즉, 가스 누출 감지 시스템(1)은 산업시설의 중저압 배관에서 발생할 수 있는 가스 누출을 실시간 모니터링하기 위해 초음파 이미지를 이용하는 가스 누출 탐지 모델을 통해, 가스 누출 유량 및 측정 거리에 따른 초음파 이미지를 학습하여 실시간으로 가스 누출을 자동 탐지할 수 있다.
- [0041] 한편 일 실시예에서는, 사용자들이 사용자 단말(200)에서 구현되는 어플리케이션 또는 웹사이트에 접속하여, 가스 누출 감지를 위한 학습 모델의 학습을 위해 필요한 데이터를 입력하거나, 가스 누출 감지 결과를 확인하는 등의 과정을 수행할 수 있다. 일 실시예에서, 사용자는 가스 누출 감지를 위한 현장(예를 들어, 산업 현장)을 관리하는 관리자, 현장에서 근무하는 근무자 등을 포함할 수 있다.
- [0042] 일 실시예에서, 사용자 단말(200)은 사용자가 조작하는 데스크 탑 컴퓨터, 스마트폰, 노트북, 태블릿 PC, 스마트 TV, 휴대폰, PDA(personal digital assistant), 랩톱, 미디어 플레이어, 마이크로 서버, GPS(global positioning system) 장치, 전자책 단말기, 디지털방송용 단말기, 네비게이션, 키오스크, MP3 플레이어, 디지털 카메라, 가전기기 및 기타 모바일 또는 비모바일 컴퓨팅 장치일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 또한, 사용자 단말(200)은 통신 기능 및 데이터 프로세싱 기능을 구비한 시계, 안경, 헤어 밴드 및 반지 등의 웨어러블 단말기 일 수 있다. 사용자 단말(200)은 상술한 내용에 제한되지 아니하며, 웹 브라우징이 가능한 단말기는 제한 없이 채용될 수 있다.
- [0043] 한편, 일 실시예에서 가스 누출 감지 시스템(1)은 가스 누출 감지 장치(100) 및/또는 서버(300)에 의해 구현될 수 있다.
- [0044] 서버(300)는 가스 누출 감지 장치(100)가 포함되는 가스 누출 감지 시스템(1)을 운용하기 위한 서버일 수 있다. 또한 서버(300)는 각종 인공 지능 알고리즘을 적용하는데 필요한 빅데이터와, 가스 누출 감지 장치(100)를 동작시키는 데이터를 제공하는 데이터베이스 서버일 수 있다. 그 밖에 서버(300)는 가스 누출 감지 시스템(1)이 구현될 수 있도록 하는 웹 서버 또는 어플리케이션 서버, 그리고 딥러닝 등의 인공지능 프로세스를 수행하는 학습 서버 등을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 서버(300)는 상술하는 서버들을 포함하거나 이러한 서버들과 네트워킹 할 수 있다.
- [0045] 네트워크(400)는 가스 누출 감지 시스템(1)에서 가스 누출 감지 장치(100), 사용자 단말(200) 및 서버(300)를 연결하는 역할을 수행할 수 있다. 이러한 네트워크(400)는 예컨대 LANs(local area networks), WANs(Wide area networks), MANs(metropolitan area networks), ISDNs(integrated service digital networks) 등의 유선 네트워크나, 무선 LANs, CDMA, 블루투스, 위성 통신 등의 무선 네트워크를 망라할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다. 또한 네트워크(400)는 근거리 통신 및/또는 원거리 통신을 이용하여 정보를 송수신할 수 있다. 여기서 근거리 통신은 블루투스(bluetooth), RFID(radio frequency identification), 적외선 통신(IrDA, infrared data association), UWB(ultra-wideband), ZigBee, Wi-Fi(Wireless fidelity) 기술을 포함할 수 있고, 원거리 통신은 CDMA(code division multiple access), FDMA(frequency division multiple access),

TDMA(time division multiple access), OFDMA(orthogonal frequency division multiple access), SC-FDMA(single carrier frequency division multiple access) 기술을 포함할 수 있다. 네트워크(400)는 허브, 브리지, 라우터, 스위치 및 게이트웨이와 같은 네트워크 요소들의 연결을 포함할 수 있다. 네트워크(400)는 인터넷과 같은 공용 네트워크 및 안전한 기업 사설 네트워크와 같은 사설 네트워크를 비롯한 하나 이상의 연결된 네트워크들, 예컨대 다중 네트워크 환경을 포함할 수 있다. 네트워크(400)에의 액세스는 하나 이상의 유선 또는 무선 액세스 네트워크들을 통해 제공될 수 있다. 더 나아가 네트워크(400)는 사물 등 분산된 구성 요소들 간에 정보를 주고받아 처리하는 IoT(Internet of Things, 사물인터넷) 망 및/또는 5G 통신을 지원할 수 있다.

- [0046] 도 2는 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 감지 장치(100)를 개략적으로 나타낸 블록도이다.
- [0047] 도 2에 도시된 바와 같이, 가스 누출 감지 장치(100)는 카메라(110), 사용자 인터페이스(120), 통신부(130), 메모리(140) 및 프로세서(150)를 포함할 수 있다.
- [0048] 카메라(110)는 가스 누출 감지를 위한 공간(예를 들어, 산업 현장 내 특정 공간)에 설치될 수 있다. 카메라(110)는 초음파 카메라일 수 있으며, 360도 카메라나 고정식 카메라 등으로 구성될 수 있다. 카메라(110)는 초음파 이미지 촬영이 가능한 카메라라면 모두 적용될 수 있다. 이러한 카메라(110)는 특정 공간 내에 복수 개 구비될 수 있으며, 각 카메라들의 촬영 범위는 다를 수 있다. 또한 카메라(110)는 초음파 이미지를 촬영하여 실시간 이미지를 서버(300) 및/또는 메모리(140)에 전송할 수 있다.
- [0049] 사용자 인터페이스(120)는 가스 누출 감지를 위한 사용자 요청 및 명령들이 입력되는 입력 인터페이스를 포함할 수 있다. 또한, 사용자 인터페이스(120)는 가스 누출 감지를 위해 가스 누출 감지 장치(100)에 적용되는 초음파 이미지들이 획득 및 수집될 수 있는데, 이 경우 상술한 카메라(110)가 사용자 인터페이스(120)에 포함되거나 별도로 구비되어 각각 초음파 이미지를 획득할 수 있다.
- [0050] 그리고 사용자 인터페이스(120)는 가스 누출 감지 장치(100)에서 수행된 결과가 출력되는 출력 인터페이스를 포함할 수 있다. 예를 들어, 가스 누출 감지 결과에 따른 가스 누출 영역, 가스 누출 정도, 위험 알림 등이 출력될 수 있다. 즉 사용자 인터페이스(120)는 가스 누출 감지를 위한 사용자 요청 및 명령에 따른 결과를 출력할 수 있다. 이러한 사용자 인터페이스(120)의 입력 인터페이스와 출력 인터페이스는 동일한 인터페이스에서 구현될 수 있다.
- [0051] 통신부(130)는 네트워크(400)와 연동하여 외부 장치(서버를 포함) 간의 송수신 신호를 패킷 데이터 형태로 제공하는 데 필요한 통신 인터페이스를 제공할 수 있다. 또한 통신부(130)는 다른 네트워크 장치와 유무선 연결을 통해 제어 신호 또는 데이터 신호와 같은 신호를 송수신하기 위해 필요한 하드웨어 및 소프트웨어를 포함하는 장치일 수 있다. 이러한 통신부(130)는 각종 사물 지능 통신을 지원할 수 있다.
- [0052] 메모리(140)는 가스 누출 감지 장치(100)의 동작에 필요한 각종 정보들을 저장하고, 가스 누출 감지 장치(100)를 동작시킬 수 있는 제어 소프트웨어를 저장할 수 있는 것으로, 휘발성 또는 비휘발성 기록 매체를 포함할 수 있다.
- [0053] 메모리(140)는 적어도 하나 이상의 프로세서(150)와 연결되는 것으로, 프로세서(150)에 의해 실행될 때, 프로세서(150)로 하여금 가스 누출 감지 장치(100)를 제어하도록 야기하는(cause) 코드들을 저장할 수 있다.
- [0054] 여기서, 메모리(140)는 자기 저장 매체(magnetic storage media) 또는 플래시 저장 매체(flash storage media)를 포함할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다. 이러한 메모리(140)는 내장 메모리 및/또는 외장 메모리를 포함할 수 있으며, DRAM, SRAM, 또는 SDRAM 등과 같은 휘발성 메모리, OTPROM(one time programmable ROM), PROM, EPROM, EEPROM, mask ROM, flash ROM, NAND 플래시 메모리, 또는 NOR 플래시 메모리 등과 같은 비휘발성 메모리, SSD, CF(compact flash) 카드, SD 카드, Micro-SD 카드, Mini-SD 카드, Xd 카드, 또는 메모리 스틱(memory stick) 등과 같은 플래시 드라이브, 또는 HDD와 같은 저장 장치를 포함할 수 있다.
- [0055] 특히, 일 실시예에서, 메모리(140)에는 신경망 모델, 신경망 모델을 이용하여 본 개시의 다양한 실시 예를 구현할 수 있도록 구현된 모듈이 저장될 수 있다. 그리고, 메모리(140)에는 본 개시에 따른 학습을 수행하기 위한 알고리즘에 관련된 정보가 저장될 수 있다. 그 밖에도 본 개시의 목적을 달성하기 위한 범위 내에서 필요한 다양한 정보가 메모리(140)에 저장될 수 있으며, 메모리(140)에 저장된 정보는 서버 또는 외부 장치로부터 수신되거나 사용자에 의해 입력됨에 따라 갱신될 수도 있다.
- [0056] 프로세서(150)는 가스 누출 감지 장치(100)의 전반적인 동작을 제어할 수 있다. 구체적으로, 프로세서(150)는 상술한 바와 같은 메모리(140)를 포함하는 가스 누출 감지 장치(100)의 구성과 연결되며, 상술한 바와 같은 메

모리(140)에 저장된 적어도 하나의 명령을 실행하여 가스 누출 감지 장치(100)의 동작을 전반적으로 제어할 수 있다.

[0057] 프로세서(150)는 다양한 방식으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 프로세서(150)는 주문형 집적 회로(Application Specific Integrated Circuit, ASIC), 임베디드 프로세서, 마이크로 프로세서, 하드웨어 컨트롤 로직, 하드웨어 유한 상태 기계(Hardware Finite State Machine, FSM), 디지털 신호 프로세서(Digital Signal Processor, DSP) 중 적어도 하나로 구현될 수 있다.

[0058] 프로세서(150)는 일종의 중앙처리장치로서 메모리(140)에 탑재된 제어 소프트웨어를 구동하여 가스 누출 감지 장치(100) 전체의 동작을 제어할 수 있다. 프로세서(150)는 데이터를 처리할 수 있는 모든 종류의 장치를 포함할 수 있다. 여기서, '프로세서(processor)'는, 예를 들어 프로그램 내에 포함된 코드 또는 명령어로 표현된 기능을 수행하기 위해 물리적으로 구조화된 회로를 갖는, 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치를 의미할 수 있다. 이와 같이 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치의 일 예로써, 마이크로프로세서(microprocessor), 중앙처리장치(central processing unit: CPU), 프로세서 코어(processor core), 멀티프로세서(multiprocessor), ASIC(application-specific integrated circuit), FPGA(field programmable gate array) 등의 처리 장치를 망라할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.

[0059] 일 실시예에서, 프로세서(150)는 가스 누출 감지 장치(100)가 최적의 가스 누출 감지 결과를 출력하도록, 획득된 초음파 이미지에 대하여 딥러닝(Deep Learning) 등 머신 러닝(machine learning)을 수행할 수 있고, 메모리(140)는, 머신 러닝에 사용되는 데이터, 결과 데이터 등을 저장할 수 있다.

[0060] 도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 감지 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 이하에서는 도 3을 참조하여, 프로세서(150)의 가스 누출 감지 과정을 설명하도록 한다.

[0061] 프로세서(150)는 카메라(110)로부터 가스 누출 감지 대상 영역을 촬영한 이미지를 획득한다(S100). 이때 카메라(110)는 현장에 적어도 하나 구비된 것으로 초음파 이미지를 획득할 수 있는 카메라일 수 있다. 즉, 프로세서(150)는 가스 누출 감지 대상 영역이 촬영 영역에 포함되는 카메라(110)로부터 가스 누출을 감지하고자 하는 영역의 초음파 사진을 획득할 수 있다. 이때 카메라(110)의 식별 정보 및 위치 정보도 함께 획득되어, 카메라(110)에 대한 정보 및 카메라(110)와 가스 누출 감지 대상 영역 사이의 거리 등도 획득될 수 있다.

[0062] 그리고 프로세서(150)는 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도를 분류하도록 훈련된 이미지 처리 기반의 학습 모델을 로딩한다(S200). 일 실시예에서, 학습 모델은 객체 검출 알고리즘으로, 물체 감지와 객체 인식에 대한 딥러닝 기반 알고리즘일 수 있다. 예를 들어, 학습 모델은 YOLO(You Only Look Once) 알고리즘일 수 있다. YOLO는 입력된 이미지를 일정 분할로 그리드한 다음, 신경망을 통과하여 바운딩 박스와 클래스 예측을 생성하여 최종 감지 출력을 결정할 수 있다. 이러한 YOLO는 R-CNN, Fast R-CNN의 two-stage detection과 다르게 one-stage detection 방식을 이용하여 객체의 bounding box 좌표(x, y) 및 크기(width, height) 값과 class 확률을 동시에 계산하므로 기존 객체 검출 모델과 비교했을 때 속도가 빠른 특징이 있다. 또한, 기존 객체 검출 모델과 비교했을 때 약 2배 높은 mAP(mean Average Precision)을 나타내어 검출 정확도가 높다.

[0063] 프로세서(150)는 획득한 대상 영역 이미지에 학습 모델을 적용하여 대상 영역에 대해 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도를 출력한다(S300). 그리고 프로세서(150)는 학습 모델을 통해 출력된 대상 영역에 대한 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도에 기반하여, 가스 누출 감지 대상 영역의 가스 누출 상태를 모니터링한다(S400).

[0064] 즉, 프로세서(150)는 획득한 대상 영역에 대한 초음파 이미지를 학습 모델에 입력할 수 있다. 이때, 초음파 이미지를 분석하여 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도를 출력하도록 학습된 학습 모델에서, 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도가 출력될 수 있다. 이때, 후술하는 후처리 과정에 의해, 가스 누출 여부 및 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도와, 해당 영역의 구역이 어떤 구역인지도 함께 제공할 수 있다.

[0065] 또한, 프로세서(150)는 가스 누출 감지 대상 영역에서 가스 누출 유량에 따른 사고 위험도가 기준치 이상인 영역을 가스 누출 영역으로 출력할 수 있으며, 이 경우 위험 알람 등도 함께 제공할 수 있다.

[0066] 도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 탐지를 위한 학습 모델의 모식도이다. 도 5는 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 탐지를 위한 학습 모델의 학습 과정을 설명하기 위한 흐름도이다. 도 6은 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 탐지를 위한 학습 모델의 수집 초음파 이미지의 예시도이다. 도 7은 본 개시의 일 실시예에 따른 가스 누출 탐지를 위한 학습 모델의 학습 결과의 예시도이다. 도 8은 본 개시의 일 실시예에 따른 가

스 누출 탐지를 위한 학습 모델의 후처리 과정을 설명하기 위한 모식도이다.

- [0067] 이하에서는, 도 4 내지 도 8을 참조하여, 가스 누출 감지 장치(100)에 적용되는 학습 모델의 학습 과정에 대해 설명하도록 한다.
- [0068] 먼저 도 5를 참조하면, 프로세서(150)는 가스 누출 유량별 및 측정 거리별 초음파 이미지를 수집한다(S10). 이때, 프로세서(150)는 가스 누출 유량별 및 측정 거리별 초음파 이미지 이외에도, 주변 환경에 의해 초음파가 감지되는 초음파 이미지를 노이즈로 설정하여 수집할 수 있다.
- [0069] 일 실시예에서, 프로세서(150)는 동일한 조건에서 측정 거리에 따라 초음파 이미지가 다르게 나타나므로 측정 거리에 따른 초음파 이미지를 수집할 수 있다. 예를 들어, 1m, 3m 및 5m 거리에서 가스 누출 유량에 따른 초음파 이미지 데이터를 수집할 수 있다. 그리고 프로세서(150)는 가스 누출 유량에 따라 초음파 이미지의 모양과 색상이 다르게 나타나므로 가스 누출 유량에 따른 초음파 이미지를 수집할 수 있다. 이와 같이 수집한 초음파 이미지를 포함하는 수집 데이터는 가스 누출 감지 외 누출 유량 추정 및 가스 누출로 인한 사고 위험도를 예측할 수 있는 학습 모델 학습에 활용될 수 있다.
- [0070] 또한, 프로세서(150)는 카메라(110)를 통해 가스 누출 외에 주변 환경에 의한 초음파 이미지를 노이즈로 설정하여 초음파 이미지 데이터를 수집할 수 있다.
- [0071] 도 6은 가스 누출 유량 및 거리별 수집한 초음파 이미지를 나타낸 것으로, 초음파 카메라 측정 거리를 각각 1, 3, 5m로 설정한 것이다. 학습을 위한 초음파 이미지는 질소가스를 이용하여 S자 형태의 배관 구조에 연결된 불유량계(불밸브)를 이용하여 가스 누출 실험을 진행하면서 수집할 수 있다(도 8 참조). 이때 학습 모델의 정확도를 높이기 위해 수집한 초음파 이미지는 가스 누출 유량을 (A) 0~2L/min, (B) 2~4L/min, (C) 4~7L/min, (D) 7~8L/min로 구분할 수 있다. 초음파 이미지는 가스 누출이 발생하는 지점을 중심으로 초음파 이미지가 주황색 또는 빨간색의 원 형태로 나타나며, 가스 누출 유량이 증가할수록 주황색에서 빨간색으로 색상이 진하게 나타난다. 그러나 가스 누출을 촬영하는 거리가 멀어질수록 가스 누출에 따른 초음파 이미지 간 색상 차이가 없으며 초음파 이미지의 선명도도 다소 감소한다. 또한, 가스 누출을 나타내는 초음파 이미지는 거리가 멀어질수록 원의 크기가 더 넓게 퍼져서 나타난다. 실제 산업현장에서 도 6과 같은 초음파 이미지로 가스 누출을 감지하는 경우 가스 누출 유무 확인은 가능하지만, 가스 누출 유량 추정 또는 가스 누출에 의한 위험도를 판단하기 어렵다.
- [0072] 이에, 일 실시예에서는 초음파 이미지 기반 딥러닝 학습 모델을 통해 정확한 가스 누출 감지 외에도 누출 사고와 관련된 다양한 정보를 습득할 수 있다. 추가로 노이즈는 주변 소음으로 인해 발생하는 초음파 이미지이다. 도 6의 오른쪽에 도시된 바와 같이, 가스 누출에 의해 나타나는 초음파 이미지와 비슷한 모양과 색상을 띄는 경우 오 탐지할 수 있으므로 노이즈 이미지 데이터를 함께 수집하여 학습을 수행할 수 있다.
- [0073] 다음으로, 프로세서(150)는 초음파 이미지를 전처리한 후(S20), 초음파 이미지를 가스 누출 유량에 따라 라벨링한다(S30).
- [0074] 이때, 프로세서(150)는 초음파 이미지의 크기를 설정 크기로 조정할 수 있다. 예를 들어, 수집한 초음파 이미지의 크기를 640X640으로 동일하게 조정할 수 있다. 그리고 프로세서(150)는 초음파 이미지의 전체 이미지에서 초음파 영역에 대한 바운딩 박스를 검출할 수 있다.
- [0075] 예를 들어, 가스 누출 유량은 0~8L/min이며, 모델 학습의 정확도를 높이기 위해 0~2L/min, 2~4L/min, 4~7L/min, 7~8L/min으로 초음파 이미지를 분류할 수 있다. 프로세서(150)는 딥러닝 기반 학습 모델을 학습하기 위하여 각각의 초음파 이미지 데이터에 라벨링을 진행할 수 있다. 라벨링은 전체 이미지에서 배경 이미지와 학습하고자 하는 초음파 이미지를 구분하기 위한 작업으로 초음파를 나타내는 이미지를 바운딩 박스(Bounding box)로 표시할 수 있다. 바운딩 박스는 2차원 좌표를 통해 이미지 상에서 초음파의 위치를 확인할 수 있다.
- [0076] 예를 들어, 라벨링을 위한 클래스는 다음 표와 같이 가스 누출 유량에 따라 초음파 이미지를 분류한 것과 같이 0to2(0~2L/min), 2to4(2~4L/min), 4to7(4~7L/min), 7to8(7~8L/min)으로 설정할 수 있다.

표 1

Class	Precision	Recall	mAP (IoU 50%)	mAP (IoU 50 ~95%)
Total	0.960	0.967	0.987	0.814
1m	0.971	0.984	0.994	0.866
3m	0.939	0.967	0.977	0.812
Noise	0.993	1.000	0.995	0.614

[0077]

[0078]

프로세서(150)는 라벨링된 초음파 이미지를 학습 데이터와 검증 데이터로 구분하고, 학습 데이터를 이용하여 학습 모델을 학습할 수 있다. 예를 들어, 프로세서(150)는 수집한 데이터를 학습(train) 데이터 80%와 검증(validation) 데이터 20%로 구분할 수 있다. 이후 프로세서(150)는 학습 데이터를 이용하여 epoch 및 batch 등의 파라미터를 설정하여 딥러닝 기반 학습 모델의 학습을 진행할 수 있다. 예를 들어, epoch는 50, batch는 16으로 설정될 수 있다. 또한 가중치 감소(weight decay)는 0.0005로 설정할 수 있다. 즉, 일 실시예에서 적용되는 딥러닝 기반 이미지 처리 학습 모델은 YOLO를 기반으로 epochs, batch, weight decay 등의 파라미터를 설정하여 초음파 이미지에 따른 가스 누출 유량을 학습할 수 있다.

[0079]

프로세서(150)는 검증 데이터를 이용하여 학습 모델의 정확도 및 과적합 유무를 평가한다(S40). 예를 들어, 학습이 완료된 모델에 대한 정확도 및 과적합 유무(성능)는 정밀도(precision), 재현율(recall), 평균정밀도(AP, Average Precision) 및 정밀도-재현율 곡선(RP curve, Precision-Recall curve)으로 평가할 수 있다. 여기서, 정밀도는 수학적 식 1과 같이 모델이 객체로 예측한 정답(TP + FP, True Positive + False Positive) 중 실제 정답(TP, True Positive)의 비율이며, 재현율은 수학적 식 2와 강티 실제 객체 수(TP + FN, True Positive + False Negative) 중에서 모델이 객체로 예측한 비율을 의미한다. 그리고 AP는 1개의 객체 클래스에 대한 정밀도의 평균값을 의미한다. 일반적으로 이미지 학습에서 객체를 탐지하는 실제 바운딩 박스에 대한 예측 바운딩 박스의 중첩 비율을 나타내는 IoU(Intersection over Union) 값에 따른 AP의 변화를 비교하여 모델의 성능을 분석할 수 있다.

수학적 식 1

$$Precision = \frac{TruePositive(TP)}{TruePositive(TP) + FalsePositive(FP)}$$

[0080]

수학적 식 2

$$Recall = \frac{TruePositive(TP)}{TruePositive(TP) + FalseNegative(FN)}$$

[0081]

[0082]

상술한 바와 같이, 초음파 이미지 기반 학습 모델의 학습이 완료되면, 도 7에 도시된 바와 같이, 초음파 이미지에 대한 예측 결과가 출력될 수 있다. 프로세서(150)는 이와 같이 예측한 누출 유량에 따라 사고위험도를 분류할 수 있도록 시뮬레이션 기반 사고위험도 데이터 수집 및 학습을 계속 진행할 수 있다.

[0083]

또한, 프로세서(150)는 초음파 이미지의 특정 영역과 초음파 영역에 대한 바운딩 박스와의 매칭을 위한 후처리를 수행한다(S50). 이때, 프로세서(150)는 초음파 이미지를 특정 영역별로 구분하고, 특정 영역별 중심 좌표값을 추출할 수 있다. 그리고 프로세서(150)는 초음파 영역에 대한 바운딩 박스의 중심 좌표값을 추출할 수 있다. 프로세서(150)는 바운딩 박스의 중심 좌표값과 영역별 중심 좌표값 사이의 거리를 측정하고, 측정된 거리를 기반으로, 가장 가까운 특정 영역을 가스 누출 영역으로 출력할 수 있다.

[0084]

즉, 프로세서(150)는 가스 누출 위치를 감지하기 위해 초음파 이미지에 바운딩 박스 좌표값을 추출하여 좌표값에 따라 어느 구역에 속하는지 반환하는 후처리 작업을 진행할 수 있다. 이러한 방법을 통해 모델의 복잡도를

높이지 않고 가스 누출 위치를 확인할 수 있다. 예를 들어, 도 8을 참조하면, 프로세서(150)는 전체 이미지를 6등분하여 각각 A ~ F로 구역을 정의하고 예측한 바운딩 박스의 중심점 사이 간 거리를 측정하여 가장 가까운 구역을 반환할 수 있다. 이에, 프로세서(150)는 가스 누출 유량 측정과 동시에 가스 누출 위치를 텍스트로 표시할 수 있다.

[0085] 이상에서 설명한 것은 본 개시에 의한 가스 누출 감지 방법 및 장치를 실시하기 위한 하나의 실시예에 불과한 것으로서, 본 개시는 상기한 실시예에 한정되지 않고, 이하의 특허청구범위에서 청구하는 바와 같이 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변경 실시가 가능한 범위까지 본 발명의 기술적 정신이 있다고 할 것이다.

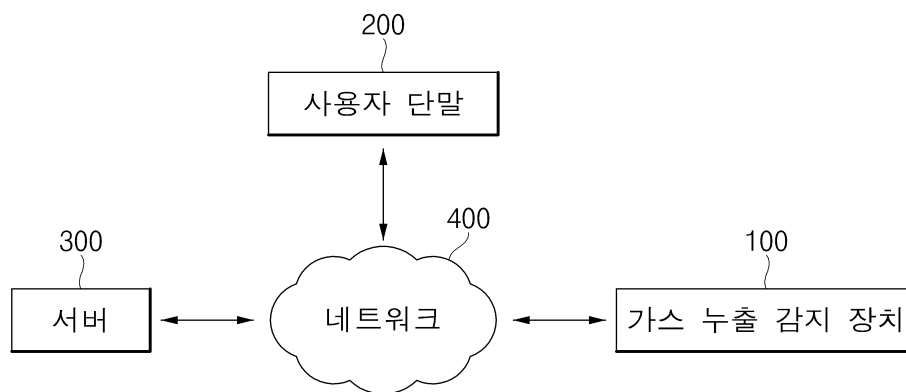
부호의 설명

[0086] 1 : 가스 누출 감지 시스템
100 : 가스 누출 감지 장치
110 : 카메라
120 : 사용자 인터페이스
130 : 통신부
140 : 메모리
150 : 프로세서
200 : 사용자 단말
300 : 서버
400 : 네트워크

도면

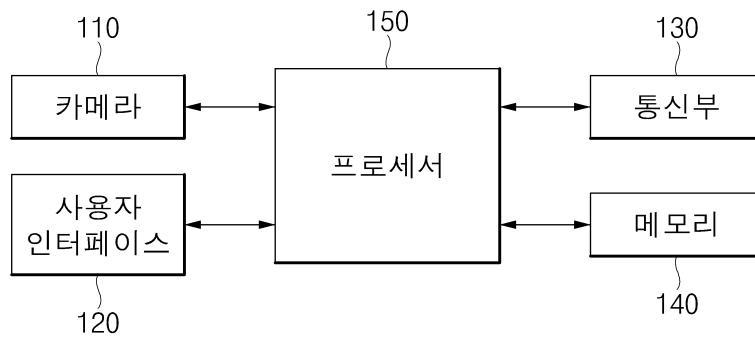
도면1

1

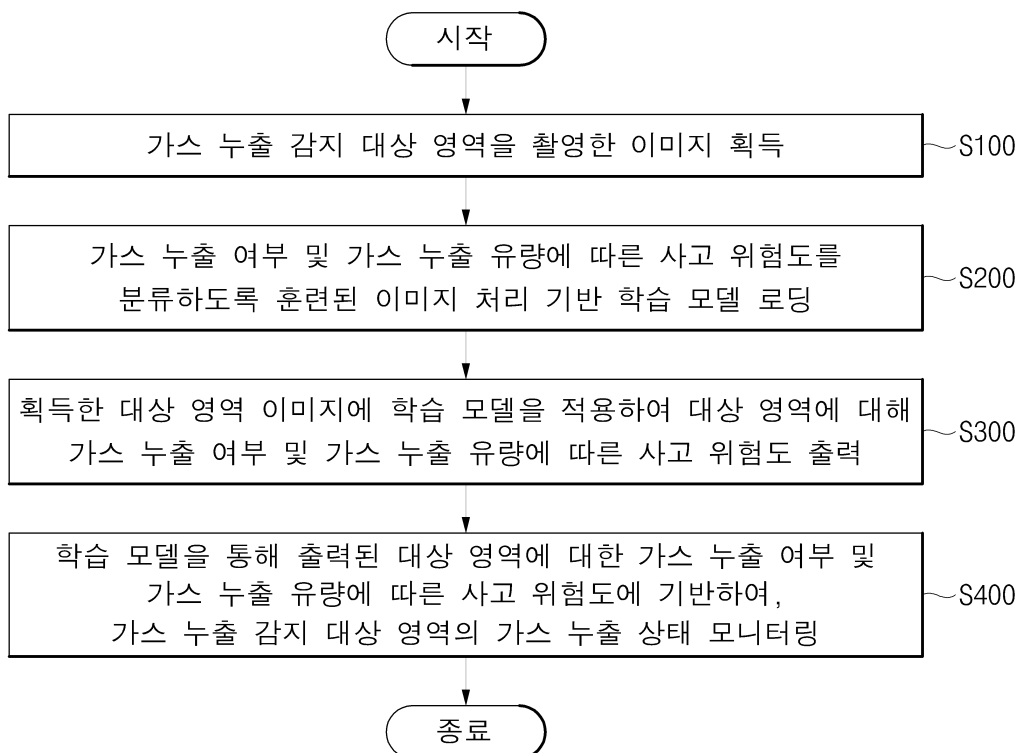


도면2

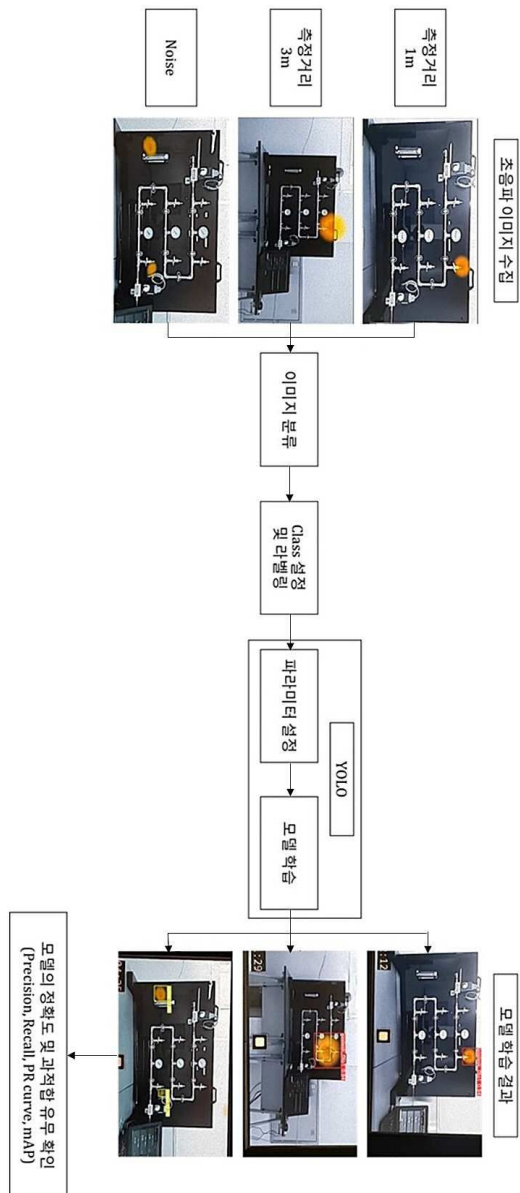
100



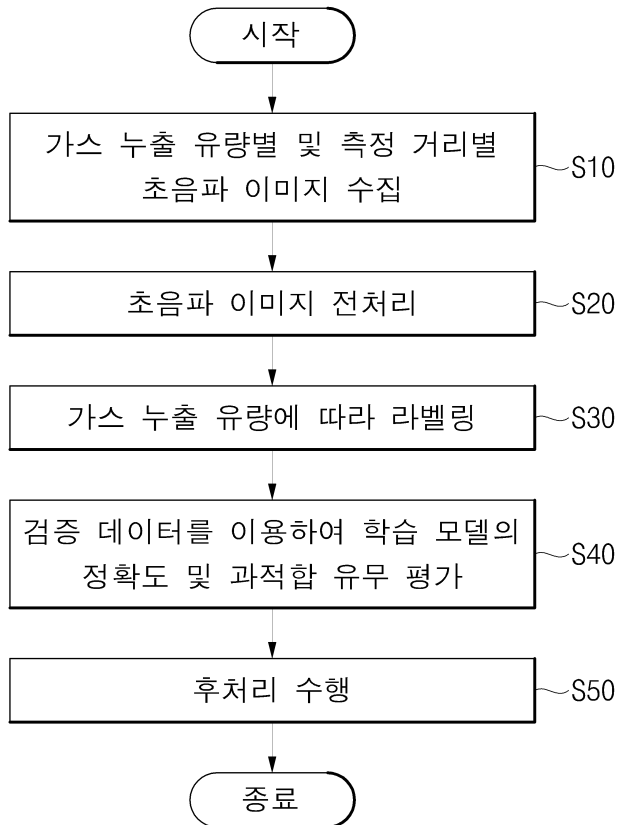
도면3



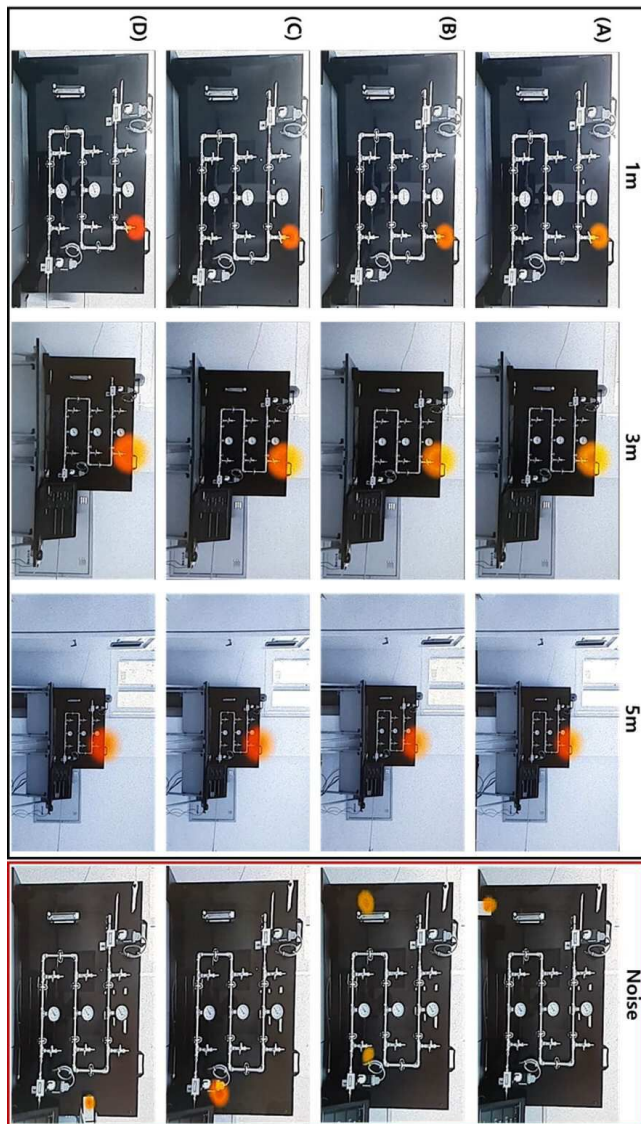
도면4



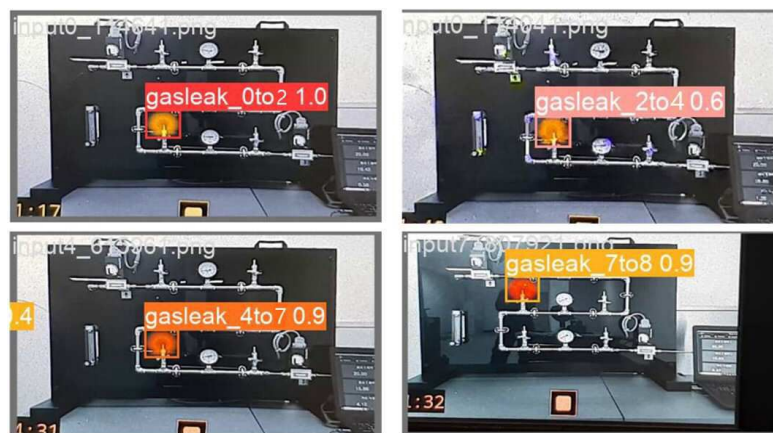
도면5



도면6



도면7



도면8

