



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년06월02일  
(11) 등록번호 10-2539695  
(24) 등록일자 2023년05월30일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G21D 3/06 (2006.01) G01T 1/20 (2006.01)  
G06N 3/02 (2023.01) G08B 21/18 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
G21D 3/06 (2013.01)  
G01T 1/20 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-0169648  
(22) 출원일자 2020년12월07일  
심사청구일자 2020년12월07일  
(65) 공개번호 10-2021-0073468  
(43) 공개일자 2021년06월18일  
(30) 우선권주장  
1020190163906 2019년12월10일 대한민국(KR)  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020190074817 A\*  
KR1020190093890 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌
- (73) 특허권자  
연세대학교 원주산학협력단  
강원도 원주시 흥업면 연세대길 1
- (72) 발명자  
정용현  
강원도 원주시 개운로 30, 102동 904호 (개운동, 원주개운 휴먼시아 1단지)  
안재준  
서울특별시 동작구 보라매로5가길 7, 1903호(신대방동, 캐릭터 그린빌)  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
김보정

전체 청구항 수 : 총 8 항

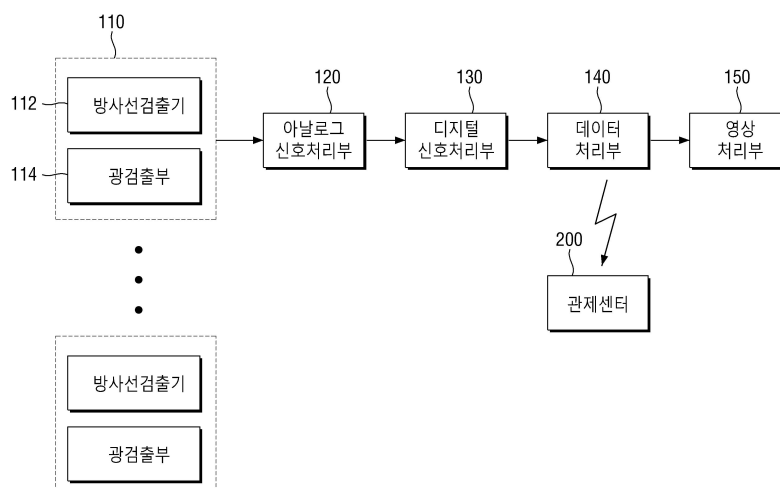
심사관 : 최우용

(54) 발명의 명칭 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템

(57) 요약

핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템이 개시된다. 본 발명의 자동경보시스템은 방사선 검출부와, 빛을 이용하여 전기적 신호로 변환하는 광학영상기기 검출부, 아날로그신호처리부, 다중화된 아날로그 신호처리부 출력신호를 특정 시간내에 획득된 데이터를 비교하여 동시계수를 측정하는 디지털신호처리부 및 NN알고리즘과 CNN 알고리즘을 이용해 특정 위치에서 벗어난 방사능을 식별하는 자동감시를 위한 인공지능 알고리즘(Convolution neural networks)을 수행하는 제어부를 포함하게 구성함으로써 원자력시설의 무인감시를 수행할 수 있으며 이를 통한 원자력발전소 및 방사능폐기물 처리시설의 관리를 용이하게 할 수 있는 효과가 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

**G06N 3/02** (2023.01)

**G08B 21/18** (2013.01)

(72) 발명자

**김규범**

경기도 고양시 일산서구 일산로635번길 21, 1404동 101호(대화동, 성저마을14단지)

**송한결**

부산광역시 해운대구 해운대로61번길 103-56(반여동)

**백민규**

경기도 부천시 부천로366번길 68, 102동 201호(도당동, 성원빌라)

**임진영**

강원도 원주시 흥업면 북원로 1412-11, 305호(휴먼스빌)

**최세환**

서울특별시 동대문구 답십리로63가길 5, 1층(장안동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호

1075000942

과제번호

1903013-0119-SB110

부처명

원자력안전위원회

과제관리(전문)기관명

(재단)한국원자력안전재단

연구사업명

원자력활동검증기반기술개발(R&D)

연구과제명

핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템 개발

기 여 율

70/100

과제수행기관명

연세대학교 원주산학협력단

연구기간

2019.04.01 ~ 2019.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호

1345280728

과제번호

2018R1A6A3A11050877

부처명

교육부

과제관리(전문)기관명

한국연구재단

연구사업명

이공학학술연구기반구축(R&D)

연구과제명

머신러닝 기반의 방사선 영상시스템 위치추적 및 위치오차 보정방법 개발

기 여 율

30/100

과제수행기관명

연세대학교(원주캠퍼스)

연구기간

2018.06.01 ~ 2021.05.31

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

대상체(방사성 물질)에서 방출된 방사선을 검출하여 변환된 한층 또는 다층 섬광결정의 출력신호인 섬광신호를 전기적인 신호로 변환하는 광센서를 포함하는 방사선 검출부;

상기 방사선 검출부로부터 다수의 광센서 출력신호를 다중화한 후 증폭하고, 신호 상승시간, 하강시간, 신호폭, 또는 오프셋 전압을 조절하는 신호증폭 및 비교기로 구성된 아날로그신호처리부;

다중화된 아날로그 신호처리부 출력신호를 ADC(analog-to-digital converter), TDC(time-to-digital converter) 또는 FPGA(Field programmable gate array)를 통하여 반응위치, 반응크기, 반응시간 정보를 획득하며, 특정 시간내에 획득된 데이터를 비교하여 동시계수를 측정하는 디지털신호처리부; 및

머신러닝 데이터처리부로 동작하며 상기 디지털신호처리부로부터 디지털화된 출력정보를 입력받아 인공지능 알고리즘인 NN(Neural networks)을 이용하여 방사선 반응 및 검출 위치를 판별하여 위치를 추적하는 데이터처리부;

를 포함하고,

상기 방사선 검출부는

대상체에서 방출된 방사선을 검출하여 섬광신호로 변환하는 방사선검출기와 상기 방사선검출기에서 출력되는 한층 또는 다층 섬광결정의 출력신호를 전기적인 신호로 변환하여 출력하는 광센서로 구성된 광검출부를 포함하여 구성되며,

섬광결정 및 광센서로 결합된 다수개의 방사선검출기를 통하여 검출되는 위치에 따른 방사선 계수 차이가 발생하도록 하고 각 방사선검출기에서 검출된 계수 비율을 이용하여 인공지능 기반의 알고리즘으로 분석하여 자동 추적 또는 경보를 발생시킬 수 있도록 하고,

필요한 장소에 근접 또는 원거리에 다수 개 설치하여 각각 식별코드를 부여하여 검출신호를 송출할 때 식별코드와 함께 관제센터로 전송하여 설치된 장소가 표시되게 하고, 이벤트 발생 시 관제센터에서 스크린을 통하여 위치를 쉽게 확인할 수 있도록 하는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

청구항 1에 있어서,

CCD(Charge Coupled Device) 영상을 입력받아 특정 위치에서 벗어난 방사능을 식별하여 각 방사선검출기의 검출된 계수 비율을 인공지능 기반의 CNN(Convolution neural networks) 알고리즘을 이용하여 조건에 따른 자동 추

적 및 경보를 발생시키는 영상처리부;

를 더 포함하는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템.

#### 청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 CNN(Convolution neural networks)알고리즘은

2-Dimensional 형태의 영상과 같은 비정형데이터에서 영상의 특징(feature)을 파악하고 분류하는 알고리즘으로, 정답 영상(특정 위치에서 벗어나지 않음)과 정답이 아닌 영상(특정 위치에서 벗어난 방사능이 존재)으로 영상을 분류하기 위하여 선행적으로 정답과 정답이 아닌 영상을 학습하여 특정 위치에서 벗어난 방사능을 식별하는 자동감시를 위한 인공지능 알고리즘인 것을 특징으로 하는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템.

#### 청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 인공지능 알고리즘은

심층신경망에서 하나의 입력층과 출력층을 통해서 데이터를 학습하고 패턴을 인식하거나 추론하고 방사선검출기에서 판별되는 방사선 신호의 개수를 입력층 데이터로 모델에 적용하는 인공신경망모델을 이용하여 방사선 물질이 어떠한 위치에서 검출되는지를 판별한 결과를 출력층에서 값으로 산출하는 것을 특징으로 하는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템.

#### 청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 인공지능 알고리즘은

이미지를 인식하고 패턴을 찾기 위하여 CCD(Charge Coupled Device) 이미지를 입력데이터로 받아서 이미지의 픽셀을 통해 합성곱 연산을 거치고 해당 이미지를 인식하며 패턴을 찾는방식으로 모델의 학습을 통해 기존 위치에서 방사선 물질이 드럼통의 위치가 이동이 있을 때에 패턴을 학습하고 움직임을 감지하도록 동작하는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템.

#### 청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 인공지능 알고리즘은

인공신경망 모델 분류 결과 및 CNN(Convolution neural networks) 모델 학습 결과를

모델의 예측 값이 실제와 얼마나 차이가 있는지를 보여주는 손실함수 그래프와 목표 값을 보여주는 정분류율 그래프로 표시하는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템.

#### 청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 인공지능 알고리즘은

측정공간에 따른 센서 네트워크의 수를 운용하고, 방사선 반응 특성과 검출기 크기 및 위치에 따른 반응 특성을

분석하고 데이터베이스로 구축하여 인공지능을 이용한 DB(DataBase) 학습으로 시스템의 위치분해능을 향상시키는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템.

## 청구항 12

청구항 1에 있어서,

상기 데이터처리부는

각 검출기의 검출된 계수 비율을 인공지능 기반의 알고리즘을 이용하여 조건에 따른 자동추적 및 경보를 발생시키는 것을 특징으로 하는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 방사선 자동 경보 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 방사선검출기를 이용하여 미확인 핵물질을 탐지하거나 핵폐기물 저장고 및 핵물질 누출사고 감시 등을 위하여 실시간, 자동으로 방사선의 분포를 정확하게 측정하고 자동경보를 발령할 수 있는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 현재 방사능 물질의 탐지 및 추적을 위해 이용되고 있는 기술로는 방사선장의 2차원적 분포를 측정하는 감마카메라 및 컴프턴카메라, 공간 내의 유효선량을 감시하는 선량 검출기, 방사능 물질에서 방출되는 방사선의 에너지를 측정하는 스펙트로스코피, CCD(Charge Coupled Device) 카메라 등을 이용한 광학영상 획득 등이 있다.

[0003] 감마카메라의 경우, 방사능 물질의 위치를 탐지할 수 있으나 콜리메이터(조준기) 사용으로 인한 민감도 저하 문제가 발생하며, 민감도와 유효시야가 검출기의 면적에 비례하므로 대면적의 공간을 감시하기 위해서는 검출기의 비대화 및 제작비용이 증가하는 한계점을 가지고 있다.

[0004] 또한, 컴프턴 카메라는 감마카메라보다 넓은 면적을 대상으로 측정할 수 있으나, 입사된 방사선이 두 층으로 구성된 검출기에 모두 반응해야 하는 구조적 문제점과 동시계수를 판별하는 전기적 콜리메이터의 사용으로 인한 민감도 저하가 발생한다.

[0005] 또한, 선량 검출기는 선량 측정을 통해서 기준치를 초과하는 경우 경보 발생 용도로 사용하고 있으나, 단순히 측정된 방사선을 선량으로 변화시키는 기능만 가지고 있으므로 방사능 물질의 유입 및 유출에 따른 위치구분 및 추적이 불가능하며, 발생된 방사선의 종류 및 핵종을 구분할 수 없는 한계점을 가지고 있다.

[0006] 또한, 스펙트로스코피는 입사된 방사선의 에너지를 통해서 비교적 간단한 알고리즘을 이용하여 방사선원의 핵종 등을 구분할 수 있으나, 선량 검출기와 유사하게 입사되는 방사선의 방향성을 고려하지 않으므로 방사능 물질 추적 용도로 사용할 수 없는 문제가 있다.

[0007] 한편, 국내 원자력 및 방사선 이용 산업이 발전함에 따라 원자력발전소나 방사선 사용시설에서 발생되고 취급되는 방사성 물질의 안전한 관리가 필수적이거나, 원자력 시설 무인 감시의 경우, 주요 장소에 설치된 선량계를 이용한 알람 시스템으로 이루어지고 있기 때문에 문제가 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) KR 등록특허 제10-1675733호(2016.11.08)

## 발명의 내용

## 해결하려는 과제

- [0009] 이러한 문제점을 해결하기 위한 본 발명은 방사능 물질의 보관 및 관리를 위하여 보관용기에 부착된 통신단말을 이용한 감시 시스템을 이용하여 인공지능 기반의 방사능 물질 추적 및 알람 기능을 갖는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0010] 또한, 본 발명은 실시간 자동으로 방사선의 분포를 정확하게 측정하고 자동경보를 발령할 수 있는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템을 제공하는 것을 다른 목적으로 한다.
- [0011] 그리고 본 발명은 위치검출이 불가능한 종래의 스펙트로스코피 시스템의 한계를 극복하고자 센서 네트워크와 인공지능을 결합하여 대면적의 공간의 무인감시 및 방사능 물질의 유입을 탐지할 수 있는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템을 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.

## 과제의 해결 수단

- [0012] 이러한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템은 대상체(방사성 물질)에서 방출된 방사선을 검출하여 변환된 섬광신호를 전기적인 신호로 변환하는 광센서를 포함하는 방사선 검출부와 상기 방사선 검출부로부터 다수의 광센서 출력신호를 다중화한 후 증폭하고, 신호 상승시간, 하강시간, 신호폭, 또는 오프셋 전압을 조절하는 신호증폭 및 비교기로 구성된 아날로그신호처리부와 다중화된 아날로그 신호처리부 출력신호를 ADC(analog-to-digital converter), TDC(time-to-digital converter) 또는 FPGA(Field programmable gate array)를 통하여 반응위치, 반응크기, 반응시간 정보를 획득하며, 특정 시간내에 획득된 데이터를 비교하여 동시계수를 측정하는 디지털신호처리부 및 머신러닝 데이터처리부로 동작하며 상기 디지털신호처리부로부터 디지털화된 출력정보를 입력받아 인공지능 알고리즘인 NN(Neural networks)을 이용하여 방사선 반응 및 검출 위치를 판별하여 위치를 추적하는 데이터처리부를 포함함으로써 달성할 수 있다.

## 발명의 효과

- [0013] 따라서, 본 발명의 일실시예에 의한 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템에 의하면, 방사선장의 분포 측정 및 사물인식을 이용한 자동경보 기술을 이용하여 원자력시설의 무인감시를 수행할 수 있으며 이를 통한 원자력발전소 및 방사능폐기물 처리시설의 관리를 용이하게 할 수 있는 효과가 있다.
- [0014] 또한, 본 발명의 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템에 의하면, 재개발된 센서 네트워크 및 인공지능을 이용한 위치추적 시스템을 사용하기 때문에 최근 주목받고 있는 무인이동장치를 이용함으로써 작업자가 직접적으로 접근하기 난해한 장소의 다목적 환경감시 용도로 활용될 수 있다.
- [0015] 또한, 본 발명의 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템에 의하면 실시간 자동으로 방사선의 분포를 정확하게 측정하고 자동경보를 발령할 수 있기 때문에 미확인 핵물질 탐지, 핵폐기물 저장고 및 핵물질 누출사고를 감시할 수 있는 효과가 있다.
- [0016] 그리고 본 발명의 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템에 의하면, 위치검출이 불가능한 종래의 스펙트로스코피 시스템의 한계를 극복하고자 센서 네트워크와 인공지능을 결합하여 대면적의 공간의 무인감시 및 방사능 물질의 유입을 탐지할 수 있는 방사선 무인감시 및 자동경보 시스템 개발하여 측정공간 내의 민감도 균일성 특성이 개선 및 위치추적 정확도 향상 및 외곽에서의 분해능을 향상시켜 자동으로 실시간 사물의 이동경로를 추적 및 감시가 가능하다.

## 도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템의 주요 구성도,  
 도 2는 핵시설 무인감시를 위한 인공지능 기반의 방사선 무인감시 및 자동경보 시스템을 예시한 도면,  
 도 3은 검출기 데이터를 이용한 방사능의 변화 탐지 모델 및 CCD 영상을 이용한 방사능의 위치변화 감시 모델 예시도,  
 도 4는 인공신경망 모델 분류 결과 및 CNN 모델 학습 결과(손실함수와 정분류율 그래프)도면,  
 도 5는 핵시설 무인감시를 위한 인공지능 기반의 방사선 무인감시 및 자동경보 방법을 설명하기 위한 흐름도,

도 6은 방사선 검출기의 영역 공유를 예시한 도면,  
 도 7은 인공지능학습을 통한 움직임 감지를 예시한 도면,  
 도 8은 데이터셋을 구성하는 과정을 설명하기 위한 참고도면,  
 그리고  
 도 9는 데이터셋들이 자동으로 GUI창에 입력되는 예시 화면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정 해석되지 아니하며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.
- [0019] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "장치" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 및/또는 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0020] 명세서 전체에서 "및/또는"의 용어는 하나 이상의 관련 항목으로부터 제시 가능한 모든 조합을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 예를 들어, "제1 항목, 제2 항목 및/또는 제3 항목"의 의미는 제1, 제2 또는 제3 항목뿐만 아니라 제1, 제2 또는 제3 항목들 중 2개 이상으로부터 제시될 수 있는 모든 항목의 조합을 의미한다.
- [0021] 명세서 전체에서 각 단계들에 있어 식별부호(예를 들어, a, b, c, ...)는 설명의 편의를 위하여 사용되는 것으로 식별부호는 각 단계들의 순서를 한정하는 것이 아니며, 각 단계들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않은 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 단계들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.
- [0022] 이하, 도면을 참고하여 본 발명의 일실시예에 대하여 설명한다.
- [0023] 먼저 본 발명은 다수개로 이루어진 방사선 검출기와 검출기를 통해 나오는 신호를 획득하고 분석하는 신호처리 부분 및 자동으로 실시간 이동경로 추적 및 감시를 위한 인공지능 기술을 이용하여 방사성 물질의 이동경로 및 감시를 자동으로 추적 및 감시 판별하는 것을 특징으로 한다
- [0024] 이를 위하여 본 발명은 방사선 검출부(110)와, 아날로그신호처리부(120)와, 디지털신호처리부(130) 그리고 알고리즘을 수행하는 데이터 처리부(140) 그리고 영상 처리부(150)를 포함하여 구성한다.
- [0025] 도 1의 본 발명의 일실시예에 의한 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템의 주요 구성도를 참고하면, 도시된 바와 같이 방사선 검출부(110)는 대상체(방사성 물질)에서 방출된 방사선을 검출하여 전기적인 신호로 변환하여 출력한다.
- [0026] 이를 위하여 방사선 검출부(110)는 대상체(방사성 물질)에서 방출된 방사선을 검출하여 섬광신호로 변환하는 방사선검출기(112)와 방사선검출기(112)에서 출력되는 한층 또는 다층 섬광결정의 출력신호를 전기적인 신호로 변환하여 출력하는 광센서로 구성된 광검출부(114)를 포함하여 구성한다.
- [0027] 광검출부(114)는 방사능 물질에서 방출된 방사선에 의해 섬광결정에서 빛이 발생하며, 그 빛 신호를 이용하여 전기적 신호로 변환하는 것으로, 빛의 신호를 전기적 신호로 변환하도록 동작한다.
- [0028] 구체적으로 이러한 방사선 검출부(110)는 핵물질 또는 대상체에서 방출된 방사선 또는 상기 대상체로 조사되어 투과된 방사선을 다수 개의 방사선검출기(112)에서 검출신호를 생성한 후 출력하도록 동작된다.
- [0029] 방사선 검출부(110)는 섬광결정 및 광센서로 결합된 다수개의 검출기를 통하여 검출되는 위치에 따른 방사선 계수 차이가 발생하도록 하고 각 방사선검출기에서 검출된 계수 비율을 이용하여 인공지능 기반의 알고리즘으로 분석하여 자동 추적 또는 경보를 발생시킬 수 있도록 하는 것이다.
- [0030] 도 2의 핵시설 무인감시를 위한 인공지능 기반의 방사선 무인감시 및 자동경보 시스템을 예시한 도면을 참고하면, 방사선 검출부(110)는 필요한 장소에 근접 또는 원거리에 다수 개 설치가능하므로 각각 식별코드를 부여하여 검출신호를 송출할 때 식별코드와 함께 전송하면 설치된 장소를 파악할 수 있을 뿐만 아니라 이벤트 발생 시



관제센터(200)에서 스크린을 통하여 위치를 쉽게 확인할 수 있도록 할 수 있다.

- [0031] 이러한 식별코드는 IP 어드레스가 될 수도 있고, 제품코드나 설치 주소, 관리자 성명 등이 될 수 있음은 물론이다.
- [0032] 도 2를 참고하면, 좌측그림은 방사선 검출전의 상황을 그리고 우측그림은 방사선 검출 후의 상황을 예시한 것으로, 각각의 그림에서 상단의 좌측은 핵폐기물 저장시설 감시공간을 우측은 공항터미널 감시 공간을 예시한 것이다.
- [0033] 방사선 검출전의 핵폐기물 저장시설의 상시 방사선장 측정 화면을 보면 방사능이 검출되지 않고 있다가 우측의 방사선장 변화를 보면 감시공간의 좌측 중앙부분에 핵물질 누출사고가 발생한 것을 그리고 자동 추적을 통하여 경보를 발생하고 있음을 알 수 있다.
- [0034] 그리고 방사선 검출전의 공항 터미널 감시공간에 대한 미확인 핵물질 유입전의 감마선계수율이 그래프로 표시되고 있다가 우측의 핵물질이 유입된 경우를 보면 감마선 계수율에 변화가 발생하고 자동 경보를 발생하고 있음을 알 수 있다.
- [0035] 아날로그신호처리부(120)는 신호증폭 및 비교기를 포함한 구성으로 다수의 광검출부(114) 출력신호를 다중화한 후 증폭하여, 출력신호의 상승시간, 하강시간, 신호폭, 또는 오프셋 전압을 조절하도록 구성한다.
- [0036] 즉, 아날로그신호처리부(120)는 방사선 검출부(110)에서 출력된 복수의 방사선 검출기별 방사선 검출신호를 입력받아 신호를 증폭 및 정형하는 것이다.
- [0037] 디지털신호처리부(130)는 다중화된 아날로그 신호처리부(120)의 출력신호를 ADC(analog-to-digital converter), TDC(time-to-digital converter) 또는 FPGA(Field programmable gate array)를 통하여 반응위치, 반응크기, 반응시간 정보를 획득하며, 특정 시간내에 획득된 데이터를 비교하여 동시계수를 측정하도록 동작한다.
- [0038] 데이터처리부(140)는 머신러닝 데이터처리부로 동작하며 디지털신호처리부(130)로부터 디지털화된 출력정보를 입력받아 NN(Neural networks)인공지능 알고리즘을 이용해서 방사선 반응 및 검출 위치를 판별위치추적한다.
- [0039] 방사선 검출부(110)는 다채널의 검출기를 구성하고 있으며, 각각의 검출기는 일정 영역을 감시하는 동시에 근접한 검출기부와 일정 감시 영역을 공유하고 있으므로, 단일 검출기에서 획득된 방사선 측정 계수는 데이터화되어 인공지능 알고리즘 수행을 위한 데이터로 활용된다. 이때, 각각의 검출기에서 획득된 방사선 측정 계수의 비율로 방사능 물질의 위치를 추적할 수 있는 것이다.
- [0040] 도 6의 방사선 검출기의 영역 공유를 예시한 도면을 참고하면, 각각의 방사선 검출기가 일정 영역을 공유하고 있는 것을 알 수 있다.
- [0041] 영상처리부(150)는 광학영상을 이용하여 특정 위치에서 벗어난 물질을 식별하도록 동작한다.
- [0042] 구체적으로 감시구역에 설치된 CCD(Charge Coupled Device) 영상을 입력받아 CNN(Convolution neural networks) 알고리즘을 이용해 특정 위치에서 벗어난 방사능을 식별하는 자동감시를 위한 인공지능 알고리즘(Convolution neural networks)을 수행한다.
- [0043] 인공지능 기반 알고리즘 중 하나인 CNN(Convolution neural networks)은 2-Dimensional 형태의 영상과 같은 비정형데이터에서 영상의 특징(feature)을 파악하고 분류하는데 최적화되어 있는 알고리즘으로, CNN(Convolution neural networks)을 적용하면 정답 영상(특정 위치에서 벗어나지 않음)과 정답이 아닌 영상(특정 위치에서 벗어난 방사능이 존재)으로 영상을 분류할 수 있는데, 이를 위해서는 선행적으로 정답과 정답이 아닌 영상을 인공지능이 학습하는 과정이 필요하다.
- [0044] 다시 말하면, 특정 위치에서 벗어난 방사능을 식별하는 자동감시를 위하여 인공지능 알고리즘을 수행하는 것이다.
- [0045] 해당 학습 과정을 시뮬레이션 또는 최소의 영상으로 학습 완료 후에, 실시간적으로 받아지는 영상을 기존에 학습하였던 인공지능으로 특정 위치에서 움직임이 존재하는지 판단하는 것이다.
- [0046] 도 7의 인공지능학습을 통한 움직임 감지를 예시한 도면을 참고하면, 학습을 통하여 움직임이 없음은 "0"으로 그리고 특정위치에서 벗어난 경우는"1"로 표시하여 학습을 통하여 움직임을 감지하는 것이다.
- [0047] 그리고 영상처리부(150)는 각 검출기의 검출된 계수 비율을 인공지능 기반의 알고리즘을 이용하여 조건에 따른



자동추적 및 경보를 발생시키도록 동작한다.

- [0048] 예를 들면, 5 X 5 격자 패턴에서 결손 위치에 따라 각 검출기에서 검출되는 계수량은 미묘한 차이를 보입니다. 그 차이를 보이는 패턴을 통해 먼저 데이터셋을 구성하게 된다.
- [0049] 도 8의 데이터셋을 구성하는 과정을 설명하기 위한 참고도면을 보면, 위치 1번이 결손이 되었을 경우 구성되는 데이터로서, v1부터 v6는 각각의 검출기를 나타내고 y는 해당 row의 정보로 1번 위치가 결손되어 있음을 나타내는 지(이 경우 1) 그렇지 않은 경우(이 경우 0)를 판단하는 정답데이터를 의미한다.
- [0050] 다음으로 위의 구성된 데이터에서 각각의 row마다 비율 값으로 데이터를 처리해 주고, 그 후에 인공지능 기반 알고리즘을 25개의 자리 각각에 적용하게 되면서 해당 위치가 결손이 되었는지 그렇지 않은지를 판단해 주는 것이다.
- [0051] 즉, 학습한 인공지능 알고리즘이 ‘해당 위치에 결손이 있다’ 라고 판단되면 결손이 있다라는 표시를 해주게 되는 것이다.
- [0052] 상술한 구성을 이용하여 본 발명의 방사선 무인감시 및 자동경보 방법을 설명한다.
- [0053] 도 5는 핵시설 무인감시를 위한 인공지능 기반의 방사선 무인감시 및 자동경보 방법을 설명하기 위한 흐름도로써 도시된 바와 같이, 방사선 검출부(110)에서 핵물질 또는 대상체에서 방출된 방사선 또는 상기 대상체로 조사되어 투과된 방사선을 다수 개의 검출기에서 검출신호를 생성한 후 출력하도록 동작된다(S110).
- [0054] 단계 S110은 먼저 방사선을 검출하는 단계(S112)와 검출신호를 출력하는 단계(S114)로 구성된다.
- [0055] 도 2의 핵시설 무인감시를 위한 인공지능 기반의 방사선 무인감시 및 자동경보 시스템을 예시한 도면을 참고하면, 방사선 검출기(112)가 감시공간으로 핵폐기물 저장시설과 공항 터미널에 하나 이상 설치되고, 상시 방사선장을 측정하고, 미확인 핵물질 유입전의 감마선 계수율을 감시하고 있다가, 방사선장에 변화가 생기고 미확인 핵물질의 유입 후 감마선 계수율 변화가 발생한 것으로 판단하는 것이다(S112).
- [0056] 즉 방출된 방사선을 방사선검출기(112)에서 검출하는 단계(S112)와 광센서로 구성된 광검출부(114)를 이용하여 방사선검출기(112)에서 출력되는 한층 또는 다층 섬광결정의 출력신호를 전기적인 신호로 변환하여 출력하는 단계(S114)로 구성한다.
- [0057] 단계 S110에서 방사선 검출기에서 검출신호가 생성되어 출력되면 아날로그신호처리부(120)에서 방사선 검출부(110)에서 출력된 각 채널별 복수의 방사선 검출신호를 입력받아 신호를 증폭 및 정형한다(S120).
- [0058] 이후 단계 S130에서는 디지털신호처리부(130)에서 아날로그신호처리부(120)에서 출력된 아날로그 신호를 입력받아 ADC(analog-to-digital converter), 또는 TDC(time-to-digital converter)를 이용하여 디지털 값으로 변환하고 그에 입력받은 상기 신호에 응답하여 에너지 및 위치정보를 출력한다.
- [0059] 디지털신호처리부(130)에서 에너지 및 위치정보가 출력되면, 데이터처리부(140)는 디지털신호처리부(130)로부터 디지털화된 출력정보를 입력받아 neural networks 알고리즘을 이용해서 방사선 반응 및 검출 위치를 판별위치추적을 위한 NN(Neural networks)인공지능 알고리즘과 CCD(Charge Coupled Device) 영상을 입력받아 CNN(Convolution neural networks) 알고리즘을 이용해 특정 위치에서 벗어난 방사능을 식별하는 자동감시를 위한 CNN(Convolution neural networks)을 수행한다(S140).
- [0060] 에너지 및 위치정보를 이용해 검출위치를 판별하고 위치를 추적할 수 있는지는 앞선 질문에서 자세히 작성하였으나 알고리즘 적용 이후를 작성하자면, GUI를 통해 검출위치를 판별하고 위치추적이 가능하다(S150).
- [0061] 즉, 검출신호를 송출할 때 식별코드와 함께 전송하면 설치된 장소를 파악할 수 있을 뿐만 아니라 이벤트 발생시 관제센터(200)에서 스크린을 통하여 위치를 쉽게 확인할 수 있도록 할 수 있다.
- [0062] 학습한 알고리즘은 저장되어 있고, 그 후 실시간적으로 생성되는 새로운 데이터셋들이 존재하게 된다. 해당 데이터셋들은 자동으로 GUI창으로 입력되게 되고, GUI창에서는 실시간적으로 입력되는 데이터들을 통해 결손 위치를 판별하면서 병행적으로 움직임 또한 감지 가능한 것이다.
- [0063] 도 9에 데이터셋들이 자동으로 GUI창에 입력되는 화면이 예시되어 있다.
- [0064] CNN 역시 구체적으로 도 7에 나와있는 모델구조의 가운데에 존재하는 layer들을 거치면서 영상이 가지고 있는 특징(edge, line, point, object ....)들을 학습하게 되고, 층을 거칠수록 좀더 세분화된 특징들을 뽑아서 학습

하게 되고, 학습되는 영상은 정답영상과 정답이 아닌 영상으로 나뉘게 되는 것이다.

- [0065] 그 후 학습된 알고리즘에 test 영상으로 실시간 영상이 알고리즘에 들어가게 되면 이미 학습된 알고리즘을 통해 test 영상을 정답과 정답이 아닌 영상으로 분류하게 되며 움직임을 감지하며 추적하게 되는 것이다.
- [0066] 도 3의 검출기 데이터를 이용한 방사능의 변화 탐지 모델 및 CCD 영상을 이용한 방사능의 위치변화 감시 모델 예시도를 참고하면, 좌측의 인공신경망모델을 보면, 심층신경망은 하나의 입력층과 출력층을 통해서 데이터를 학습하고 패턴을 인식하거나 추론한다. 검출기에서 판별되는 방사선 신호의 개수를 입력층 데이터로 모델에 적용한다. 이를 통해 방사선 물질이 어떠한 영역에서 검출되는지를 판별한 결과를 출력층에서 값으로 산출되는 것이다.
- [0067] 우측도면은 이미지를 인식하고 패턴을 찾는 데 유용한 CNN(Convolutional Neural Network)구조 예시이다. 이미지를 입력데이터로 받아서 이미지의 픽셀을 통해 합성곱 연산을 거치고 해당 이미지를 인식하며 패턴을 찾는다. CNN 모델의 입력 이미지로서 CCD(Charge Coupled Device) 이미지가 사용되고, CCD 이미지를 이용해 방사선 물질이 들어있는 드럼통의 위치변화를 감지하기 위해서 CNN 모델을 사용하는 것이다. 모델의 학습을 통해 기존 위치에서 드럼통의 위치가 이동이 있을 때에 패턴을 학습하고 움직임을 감지할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0068] 도 4는 인공신경망 모델 분류 결과 및 CNN 모델 학습 결과(손실함수와 정분류율 그래프)도면으로, 해당 그래프는 모델이 학습이 안정성 및 정확하게 되었는지를 보여주는 그래프이다. 왼쪽 그래프는 손실함수 그래프이고, 오른쪽 그래프는 정분류율 그래프이다. 두 그래프에 X 축은 학습 횟수를 나타낸다.
- [0069] 손실함수 그래프란 모델의 예측 값이 실제와 얼마나 차이가 있는지를 보여준다. 학습이 잘 이루어진 모델의 손실함수 그래프는 지수함수와 같이 학습 횟수가 증가할 때마다 감소하는 모습을 보인다. 본 발명에서 개발한 인공지능도 학습 횟수가 증가함에 따라 예측 값과 실제 값의 차이는 줄어드는 형태를 보여 학습이 잘 이루어진 모델임을 알 수 있다.
- [0070] 정분류율 그래프는 본 발명의 목표 값을 보여주는 그래프로써, 모델이 학습이 잘 이루어져 횟수가 증가함에 따라 목표 값(정분류율)이 높아지는 것을 볼 수 있다. 그리고 학습 횟수가 200이 넘어가면서 목표 값이 특정 값으로 수렴하는 것으로 보아 안정화된 모델임을 알 수 있다.
- [0071] 상술한 바와 같이 본 발명에서는 측정공간에 따른 최적화된 센서 네트워크의 수를 운용하고, 방사선 반응 특성과 검출기 크기 및 위치에 따른 반응 특성을 분석하고 데이터베이스로 구축하여 인공지능을 이용한 DB(DataBase) 학습으로 시스템의 위치분해능을 향상시킬 수 있다.
- [0072] 또한, 다양한 감시공간으로의 확장성이 우수하며 빠른 시간안에 대상을 탐지할 수 있어 자동경보 시스템을 개발하고자 함. 기존의 방사선 감시시스템은 방사선 영상과 광학 영상의 단순 융합 영상만을 제공하였으나, 본 발명에서는 광학 영상에 인공지능 기반의 사물인식 알고리즘을 적용하여 방사선과 광학의 융합 영상뿐만 아니라 자동으로 사물의 이동경로를 추적 및 감시를 할 수 있는 것이다.
- [0073] 기존의 감시 시스템에서의 방사능 물질의 위치를 탐지할 수 있으나 콜리메이터(조준기) 사용으로 인한 민감도 저하 문제, 민감도와 유효시야가 검출기의 면적에 비례하므로 대면적의 공간을 감시하기 위해서는 검출기의 비대화 및 제작비용이 증가하는 한계점 등을 극복하고자, 다양한 감시공간의 확장성이 우수하도록 여러개의 센서를 갖는 센서 네트워크와 빠른 시간안에 대상의 특성을 분석할 수 있는 인공지능을 결합하여 대면적의 공간에서 무인감시 및 방사능 물질의 유입을 탐지할수 있는 방사선 무인감시 및 자동경보 시스템을 설계한 것이다.
- [0074] 그리고 기존의 방사선 감시시스템은 방사선 영상과 광학 영상의 단순 융합 영상만을 제공하였으나, 제안하는 무인감시 및 자동경보 시스템은 광학 영상에 인공지능 기반의 사물인식 알고리즘을 적용하여 방사선과 광학의 융합 영상뿐만 아니라 자동으로 사물의 이동경로를 추적 및 감시가 가능하다.
- [0075] 그리고 본 발명은 센서 네트워크와 인공지능을 결합하여 대면적의 공간의 무인감시 및 방사능 물질의 유입을 탐지할 수 있는 방사선 무인감시 및 자동경보 시스템이기 때문에 측정공간 내의 민감도 균일성 특성이 개선 및 위치추적 정확도 향상 및 외곽에서의 분해능을 향상시켜 자동으로 실시간 사물의 이동경로를 추적 및 감시가 가능한 것이다.
- [0076]
- [0077] 이상에서 본 발명은 기재된 구체예에 대하여 상세히 설명되었지만 본 발명의 기술사상 범위 내에서 다양한 변형 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허 청구범위에 속함은

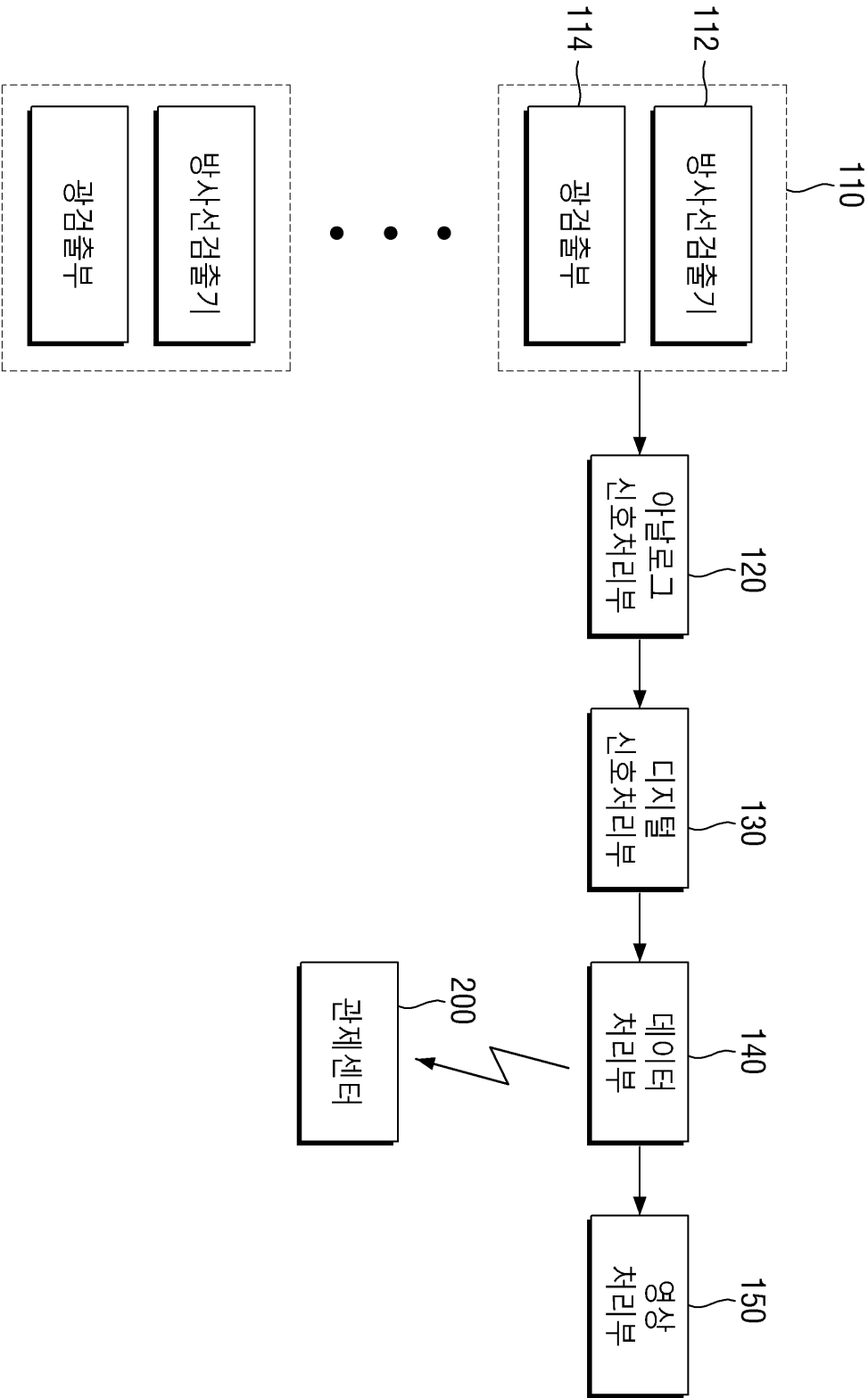
당연한 것이다.

**부호의 설명**

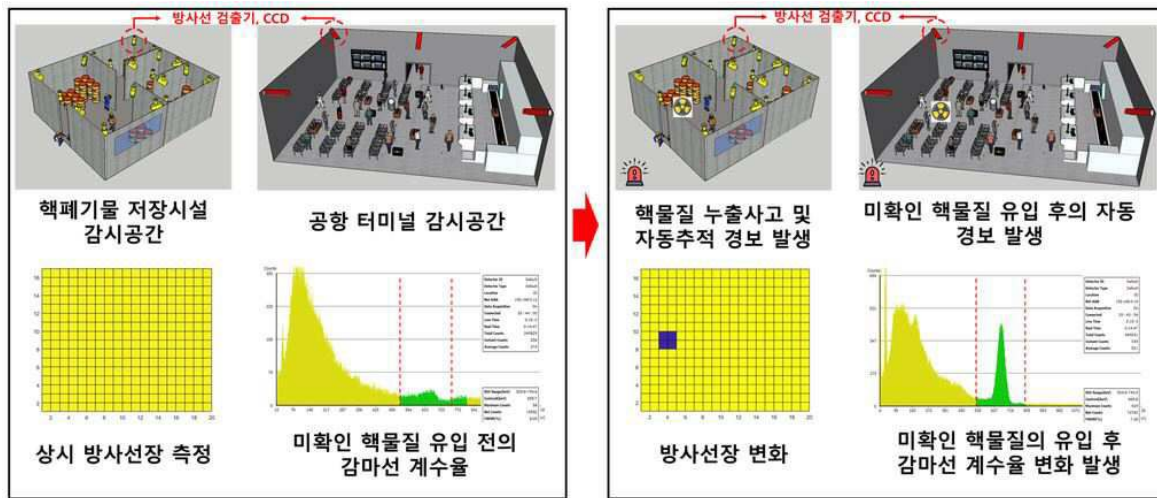
[0078]	110 : 방사선 검출기	120 : 아날로그신호처리부
	130 : 디지털 신호처리부	140 : 제어부
	150 : 영상처리부	

도면

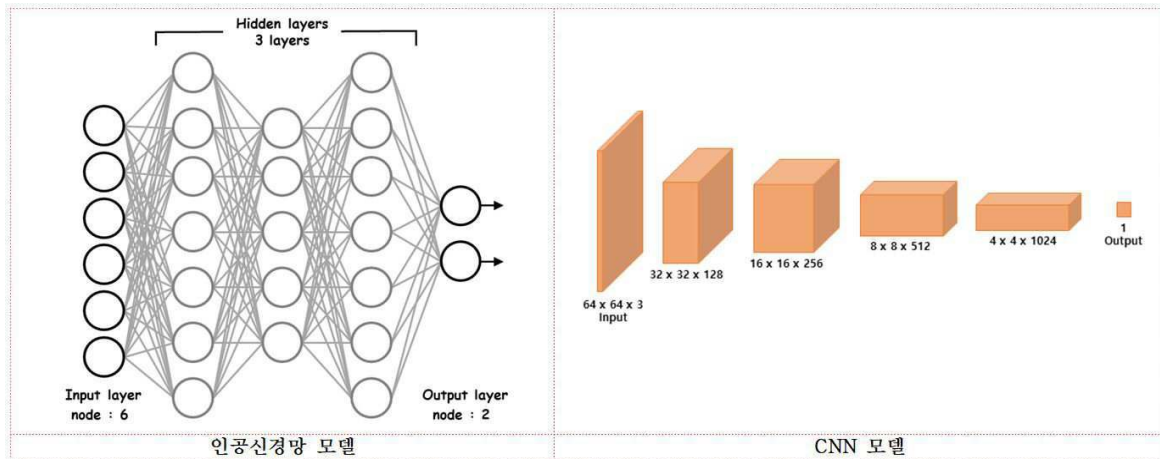
도면1



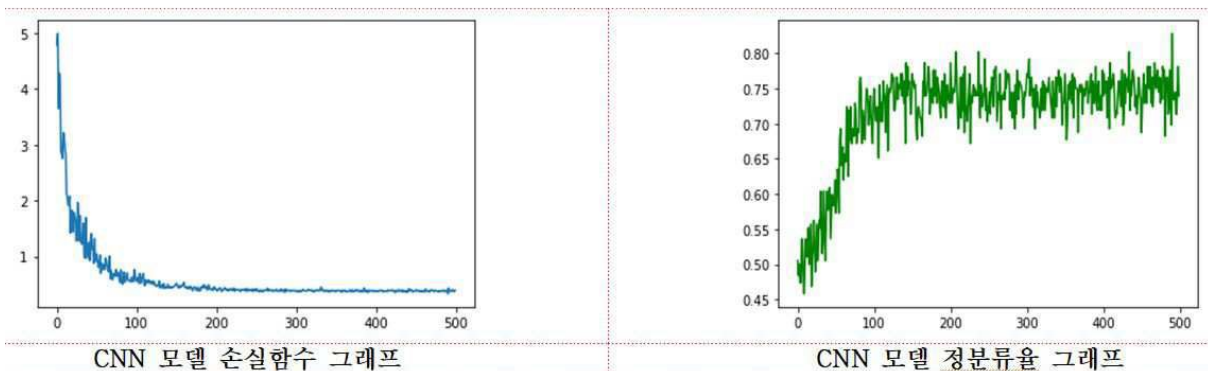
도면2



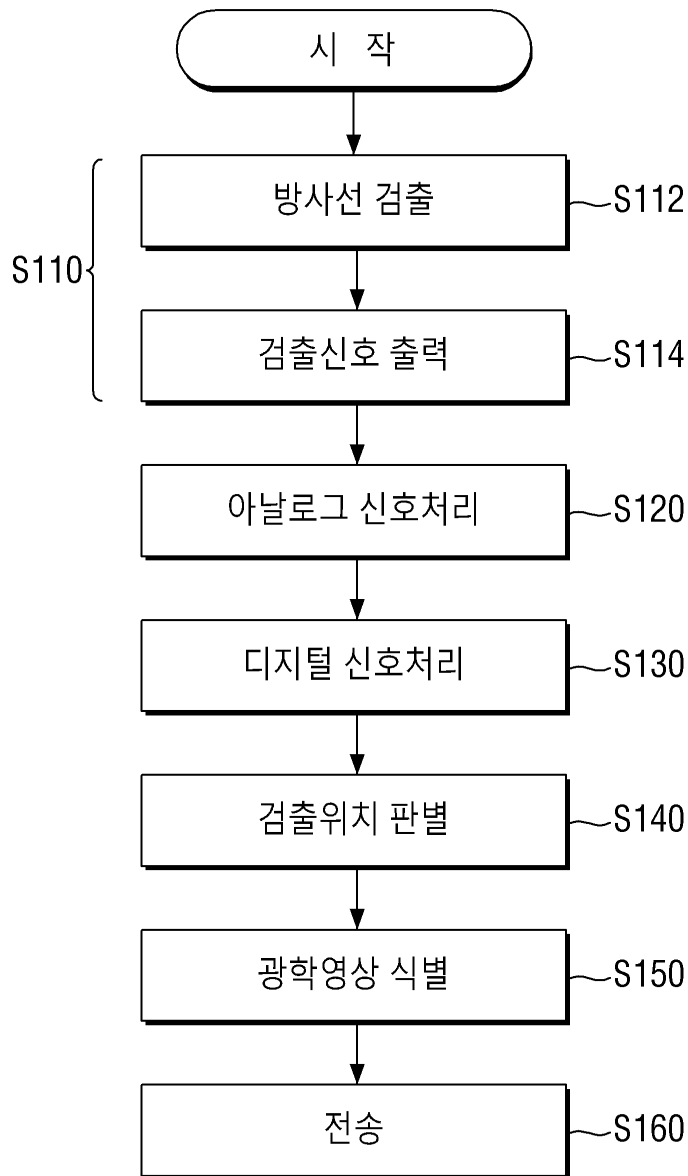
도면3



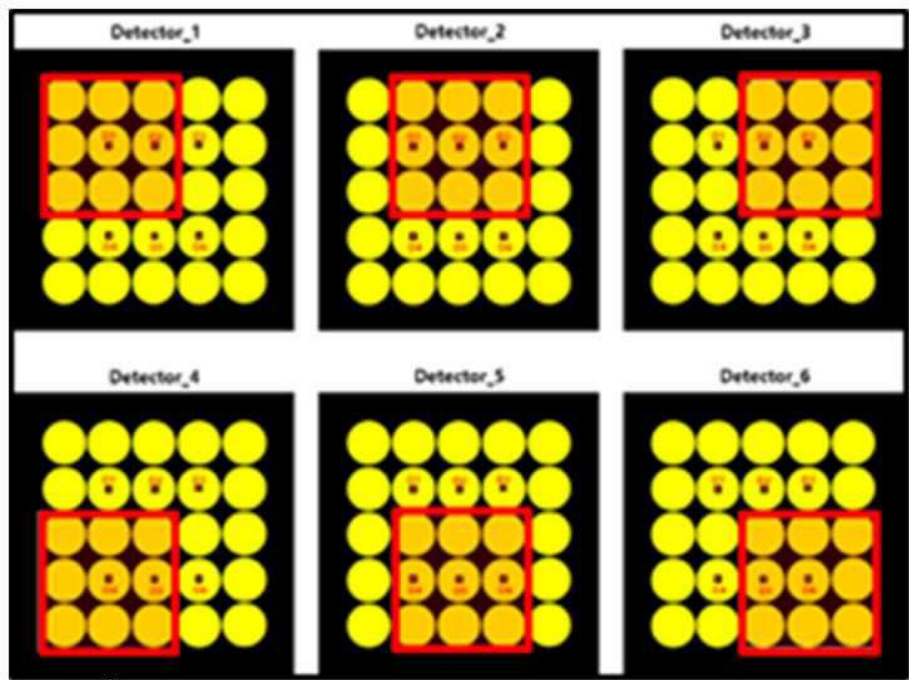
도면4



도면5



도면6

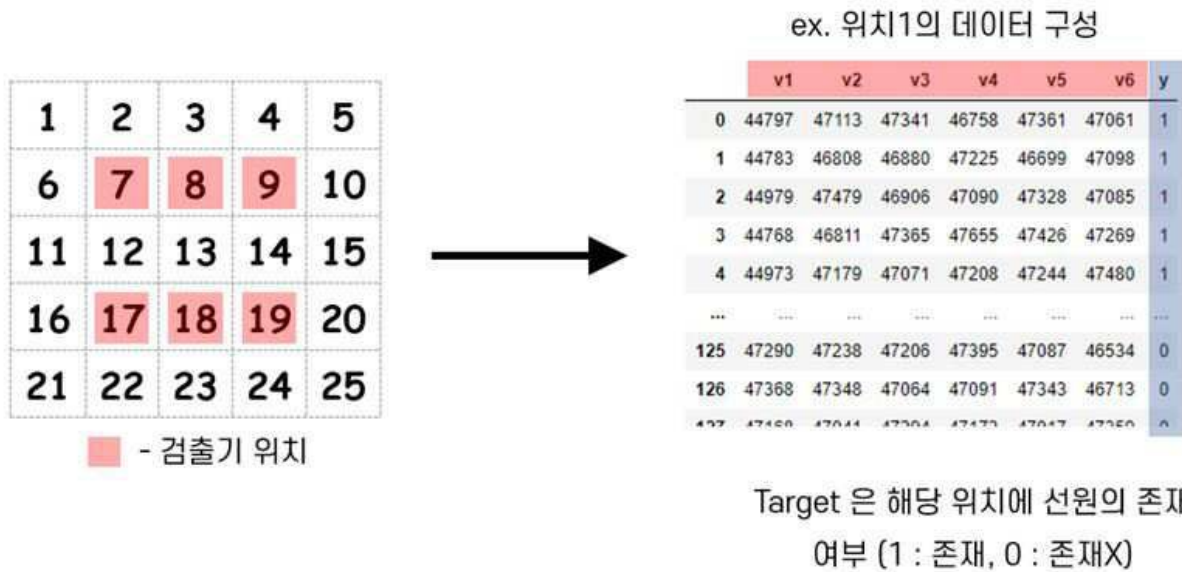


도면7





도면8



도면9



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 9

【변경전】

청구항 8에 있어서,

상기 인공지능망 알고리즘은

이미지를 인식하고 패턴을 찾기 위하여 CCD(Charge Coupled Device) 이미지를 입력데이터로 받아서 이미지의 픽셀을 통해 합성곱 연산을 거치고 해당 이미지를 인식하며 패턴을 찾는방식으로 모델의 학습을 통해 기존 위치에 방사선 물질이 드럼통의 위치가 이동이 있을 때에 패턴을 학습하고 움직임을 감지하도록 동작하는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템.

【변경후】

청구항 8에 있어서,

상기 인공지능 알고리즘은

이미지를 인식하고 패턴을 찾기 위하여 CCD(Charge Coupled Device) 이미지를 입력데이터로 받아서 이미지의 픽셀을 통해 합성곱 연산을 거치고 해당 이미지를 인식하며 패턴을 찾는방식으로 모델의 학습을 통해 기존 위치에

서 방사선 물질이 드럼통의 위치가 이동이 있을 때에 패턴을 학습하고 움직임을 감지하도록 동작하는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템.

**【직권보정 2】**

**【보정항목】** 청구범위

**【보정세부항목】** 청구항 10

**【변경전】**

청구항 9에 있어서,

상기 인공지능망 알고리즘은

인공신경망 모델 분류 결과 및 CNN(Convolution neural networks) 모델 학습 결과를

모델의 예측 값이 실제와 얼마나 차이가 있는지를 보여주는 손실함수 그래프와 목표 값을 보여주는 정분류율 그래프로 표시하는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템.

**【변경후】**

청구항 9에 있어서,

상기 인공지능 알고리즘은

인공신경망 모델 분류 결과 및 CNN(Convolution neural networks) 모델 학습 결과를

모델의 예측 값이 실제와 얼마나 차이가 있는지를 보여주는 손실함수 그래프와 목표 값을 보여주는 정분류율 그래프로 표시하는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템.

**【직권보정 3】**

**【보정항목】** 청구범위

**【보정세부항목】** 청구항 11

**【변경전】**

청구항 10에 있어서,

상기 인공지능망 알고리즘은

측정공간에 따른 센서 네트워크의 수를 운용하고, 방사선 반응 특성과 검출기 크기 및 위치에 따른 반응 특성을 분석하고 데이터베이스로 구축하여 인공지능을 이용한 DB(DataBase) 학습으로 시스템의 위치분해능을 향상시키는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템.

**【변경후】**

청구항 10에 있어서,

상기 인공지능 알고리즘은

측정공간에 따른 센서 네트워크의 수를 운용하고, 방사선 반응 특성과 검출기 크기 및 위치에 따른 반응 특성을 분석하고 데이터베이스로 구축하여 인공지능을 이용한 DB(DataBase) 학습으로 시스템의 위치분해능을 향상시키는 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템.