



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0070843
(43) 공개일자 2023년05월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21D 3/04 (2006.01) G01J 5/00 (2022.01)
G06N 3/08 (2023.01) G21C 17/017 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G21D 3/04 (2013.01)
G06N 3/08 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2021-0156839
(22) 출원일자 2021년11월15일
심사청구일자 2021년11월15일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
방인철
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과
학기술원
진익재
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과
학기술원
임도영
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과
학기술원
(74) 대리인
특허법인지원

전체 청구항 수 : 총 15 항

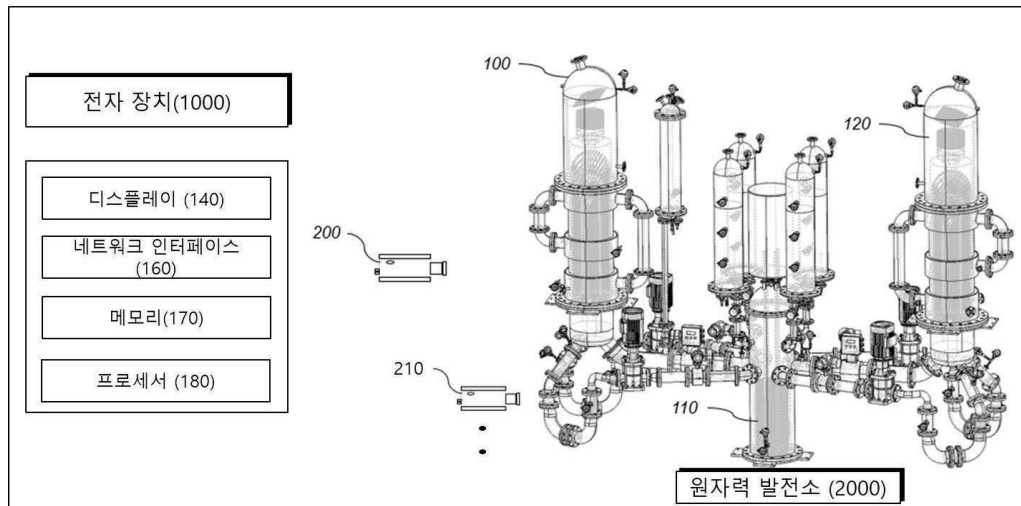
(54) 발명의 명칭 열화상 심층학습 객체 자동 추적 기반 원전 안전 진단 시스템 및 이의 동작 방법

(57) 요약

본 개시는 원자력 발전소 안전 진단 시스템 및 이의 동작 방법에 관한 것이다. 일 실시 예에 따른 열화상 심층학습 객체 자동 추적 기반 원자력 발전소 안전 진단 시스템의 동작 방법은 상기 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지를 획득하는 단계; 상기 열화상 이미지가 입력되면 원자력 발전소의 이상 여부에 관한 진단 정보를 출력하는 인공지능 모델에, 상기 열화상 이미지를 입력함으로써, 상기 인공지능 모델로부터 진단 정보를 획득하는 단계; 및 상기 획득된 진단 정보를 출력하는 단계; 를 포함할 수 있다.

대표도

10



(52) CPC특허분류

G21C 17/017 (2013.01)

G01J 2005/0077 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

열화상 심층학습 객체 자동 추적 기반 원자력 발전소 안전 진단 시스템의 동작 방법에 있어서,

상기 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지를 획득하는 단계;

상기 열화상 이미지가 입력되면 원자력 발전소의 이상 여부에 관한 진단 정보를 출력하는 인공 지능 모델에, 상기 열화상 이미지를 입력함으로써, 상기 인공 지능 모델로부터 진단 정보를 획득하는 단계; 및

상기 획득된 진단 정보를 출력하는 단계; 를 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 방법은

상기 원자력 발전소에 대한 열화상 학습 이미지를 획득하는 단계; 및

상기 획득된 열화상 학습 이미지에 기초하여, 상기 인공 지능 모델을 학습시키는 단계; 를 포함하는, 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 학습 시키는 단계는

상기 획득된 열화상 학습 이미지상에서 온도 분포 정보를 추출하는 단계; 및

상기 추출된 온도 분포 정보에 기초하여, 상기 열화상 이미지가 입력되면, 상기 인공 지능 모델로부터 상기 진단 정보가 출력되도록 상기 인공 지능 모델을 학습시키는 단계; 를 포함하는, 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 방법은 상기 열화상 이미지를 획득하는 단계 이후,

상기 열화상 이미지에서 온도 분포 정보를 추출하는 단계;

상기 추출된 온도 분포 정보를 시각화함으로써 상기 원자력 발전소의 컴포넌트 영역 별 온도 값이 미리 설정된 색상으로 표시되는 온도 분포 이미지를 생성하는 단계; 및

상기 온도 분포 이미지를 상기 진단 정보와 함께 출력하는 단계; 를 포함하는, 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 열화상 이미지를 획득하는 단계는

상기 발전소 안전 진단 시스템 내 열화상 카메라를 이용하여, 기 설정된 거리에서 상기 원자력 발전소를 실시간으로 촬영함으로써 상기 열화상 이미지를 획득하는 단계; 를 포함하는, 방법.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 진단 정보를 획득하는 단계는

상기 인공 지능 모델로부터 상기 원자력 발전소의 이상 여부를 나타내는 상태 정보를 획득하는 단계;

상기 상태 정보가 이상 상태인 경우, 상기 인공 지능 모델로부터, 상기 이상이 발생한 상기 원자력 발전소 내 컴포넌트 정보를 획득하는 단계; 및

상기 상태 정보가 이상 상태인 경우, 상기 인공 지능 모델로부터, 이상 발생에 따른 사고 상황에 대한 특징 정보를 획득하는 단계; 를 포함하는, 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 컴포넌트 정보를 획득하는 단계는
 상기 인공 지능 모델로부터, 상기 컴포넌트의 식별 정보를 획득하는 단계; 및
 상기 원자력 발전소 내에서 상기 컴포넌트의 위치 정보를 획득하는 단계; 를 포함하는, 방법.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 특징 정보를 획득하는 단계는
 상기 인공 지능 모델로부터, 상기 사고 상황에 대한 사고 종류 정보를 획득하는 단계; 및
 상기 인공 지능 모델로부터, 상기 온도 분포 정보에 따른 사고 세부 정보를 획득하는 단계; 를 포함하는, 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 세부 정보를 획득하는 단계는
 상기 원자력 발전소 내 컴포넌트에서 정상적으로 냉각재가 냉각되지 않거나 국부적으로 열을 받는 영역에서 높은 온도가 발생하는 컴포넌트 문제 정보를 획득하는 단계;
 상기 원자력 발전소 내 균열이 발생한 영역에서 급격한 온도가 발생하는 균열 영역 문제 정보를 획득하는 단계;
 상기 원자력 발전소 내 증기 발생기 2차 측의 수위가 변하는 것에 따라 상기 열화상 이미지를 촬영하는 열화상 카메라의 촬영영역 감소 문제 정보를 획득하는 단계;
 상기 원자력 발전소 내 펌프 또는 밸브의 오작동으로 인한 온도 변화 문제 정보를 획득하는 단계; 및
 상기 원자력 발전소 내 컴포넌트 내부의 유동 이상 상태 정보를 획득하는 단계; 를 포함하는, 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 인공 지능 모델은
 합성곱 신경망 모델을 포함하는 것을 특징으로 하는, 방법.

청구항 11

열화상 심층학습 객체 자동 추적 기반 원자력 발전소 안전 진단 시스템에 있어서,
 열화상 카메라;
 디스플레이;
 네트워크 인터페이스;
 하나 이상의 인스트럭션을 저장하는 메모리; 및
 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행하는 적어도 하나의 프로세서; 를 포함하고,
 상기 적어도 하나의 프로세서는
 상기 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지를 획득하고,
 상기 열화상 이미지가 입력되면 원자력 발전소의 이상 여부에 관한 진단 정보를 출력하는 인공 지능 모델에, 상기 열화상 이미지를 입력함으로써, 상기 인공 지능 모델로부터 진단 정보를 획득하고,
 상기 획득된 진단 정보를 출력하는, 안전 진단 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는
 상기 원자력 발전소에 대한 열화상 학습 이미지를 획득하고,
 상기 획득된 열화상 학습 이미지에 기초하여, 상기 인공 지능 모델을 학습시키는, 안전 진단 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는

상기 획득된 열화상 학습 이미지상에서 온도 분포 정보를 추출하고,

상기 추출된 온도 분포 정보에 기초하여, 상기 열화상 이미지가 입력되면, 상기 인공 지능 모델로부터 상기 진단 정보가 출력되도록 상기 인공 지능 모델을 학습시키는, 안전 진단 시스템.

청구항 14

제11항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는

상기 열화상 이미지를 획득하는 단계 이후, 상기 열화상 이미지에서 온도 분포 정보를 추출하고,

상기 추출된 온도 분포 정보를 시각화함으로써 상기 원자력 발전소의 컴포넌트 영역 별 온도 값이 미리 설정된 색상으로 표시되는 온도 분포 이미지를 생성하고,

상기 온도 분포 이미지를 상기 진단 정보와 함께 출력하는, 안전 진단 시스템.

청구항 15

열화상 심층학습 객체 자동 추적 기반 원자력 발전소 안전 진단 시스템의 동작 방법에 있어서,

상기 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지를 획득하는 단계;

상기 열화상 이미지가 입력되면 원자력 발전소의 이상 여부에 관한 진단 정보를 출력하는 인공 지능 모델에, 상기 열화상 이미지를 입력함으로써, 상기 인공 지능 모델로부터 진단 정보를 획득하는 단계; 및

상기 획득된 진단 정보를 출력하는 단계; 를 포함하는, 방법을 수행하도록 하는 프로그램이 저장된 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 원전 안전 진단 시스템 및 이의 동작 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지에 인공지능 알고리즘을 적용함으로써 원전의 상태를 분석하는 방법 및 이를 수행하는 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 원자력 발전소의 이상 상태를 쉽고 직관적으로 빠르게 진단하는 것은 원전 안전성 강화에 매우 중요한 부분이다. 열적인 관점에서 원자력 발전소의 안전성은 냉각수를 통한 열제거 능력에 의해 결정되며, 기존 상용 계측 기술(온도, 압력, 유량, 중상자속 계측 값)으로 안전 한계점인 임계값을 예측하여 안전성을 판단한다.

[0003] 그러나, 종래 원자력 관리 기술들은 원자력 발전소의 내부 현상을 관찰할 수 없는 환경 때문에 육안 관찰 또는 모니터상의 데이터 값에 의존하여 원전 상태를 감시하는 한계가 있었다.

[0004] 종래 원전 관리 방법들은, 다양한 인자들 및 데이터에 대한 전문가의 해석을 요구하며, 이러한 방법들은 사고 판단과 대처에 오랜 시간이 걸리는 한계가 있다.

[0005] 또한, 데이터에 의존한 원전 상태 판단은 원자력 발전소 이상 상태를 진단할 수는 있으나, 시각화가 되어 있지 않아 내부 현상을 정확하게 판단할 수 없고, 이상 상태가 발생한 위치를 파악하는데 많은 어려움이 따를 수 있다.

[0006] 따라서, 원자력 발전소를 보다 안전하고 효과적으로 관리하기 위한 기술 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제0798006호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 일 실시 예에 따르면, 열화상 심층학습 객체 자동 추적 기반 원자력 발전소 안전 진단 시스템의 동작 방법이 제공될 수 있다.

[0009] 일 실시 예에 의하면, 열화상 이미지를 분석함으로써 원전의 이상 상태, 원전 이상이 발생한 위치, 사고에 대한 정보를 효과적으로 분석하는 원자력 발전소 안전 진단 시스템 및 이의 동작 방법이 제공될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 열화상 심층학습 객체 자동 추적 기반 원자력 발전소 안전 진단 시스템의 동작 방법에 있어서, 상기 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지를 획득하는 단계; 상기 열화상 이미지가 입력되면 원자력 발전소의 이상 여부에 관한 진단 정보를 출력하는 인공 지능 모델에, 상기 열화상 이미지를 입력함으로써, 상기 인공 지능 모델로부터 진단 정보를 획득하는 단계; 및 상기 획득된 진단 정보를 출력하는 단계; 를 포함하는, 방법이 제공될 수 있다.

[0011] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 또 다른 실시 예에 의하면, 열화상 심층학습 객체 자동 추적 기반 원자력 발전소 안전 진단 시스템에 있어서, 열화상 카메라; 디스플레이; 네트워크 인터페이스; 하나 이상의 인스트럭션을 저장하는 메모리; 및 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행하는 적어도 하나의 프로세서; 를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는 상기 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지를 획득하고, 상기 열화상 이미지가 입력되면 원자력 발전소의 이상 여부에 관한 진단 정보를 출력하는 인공 지능 모델에, 상기 열화상 이미지를 입력함으로써, 상기 인공 지능 모델로부터 진단 정보를 획득하고, 상기 획득된 진단 정보를 출력하는, 안전 진단 시스템이 제공될 수 있다.

[0012] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 또 다른 실시 예에 의하면, 열화상 심층학습 객체 자동 추적 기반 원자력 발전소 안전 진단 시스템의 동작 방법에 있어서, 상기 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지를 획득하는 단계; 상기 열화상 이미지가 입력되면 원자력 발전소의 이상 여부에 관한 진단 정보를 출력하는 인공 지능 모델에, 상기 열화상 이미지를 입력함으로써, 상기 인공 지능 모델로부터 진단 정보를 획득하는 단계; 및 상기 획득된 진단 정보를 출력하는 단계; 를 포함하는, 방법을 수행하도록 하는 프로그램이 저장된 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체가 제공될 수 있다.

발명의 효과

[0013] 본 개시의 일 실시 예에 의하면, 원전 내부 현상을 관찰할 수 없고 육안 관찰 또는 모니터상의 데이터 값에만 의존하여 상태를 감시하는 기존 해석 기구를 보완하여, 열화상 이미지를 이용하여 원전 내부 현상을 확인하고 정확한 결함의 위치를 찾을 수 있다.

[0014] 또한, 일 실시 예에 의하면 사고 상황과 위치를 정확하게 인지하여 원자력 발전소를 더 효율적으로 진단할 수 있으며 문제 해결에 있어 오류를 줄일 수 있다.

[0015] 또한, 일 실시 예에 의하면 시각적인 이미지에 의한 실시간 이상 상태를 나타냄으로써 원전 상태를 직관적으로 감시할 수 있고, 열화상을 이용한 시스템의 현상 진단과 상태 판별 기술 개발의 연구 자료로 활용 할 수 있다.

[0016] 또한, 일 실시 예에 의하면, 심층학습 기술을 통해 원자력 발전소의 사고 상황과 문제가 생긴 위치를 전문가의 판단 없이 정확하고 빠르게 식별함으로써 사고 상황 대처 능력이 향상될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 일 실시 예에 따른 열화상 심층학습 객체 자동 추적 기반 원자력 발전소 안전 진단 시스템의 동작 과정을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 2는 일 실시 예에 따른 열화상 심층학습 객체 자동 추적 기반 원자력 발전소 안전 진단 시스템의 동작 방법의 흐름도이다.

도 3은 일 실시 예에 따른 정상 상태의 원자력 발전소의 열화상 이미지를 나타내는 도면이다.

도 4는 일 실시 예에 따른 급수 펌프의 고장으로 2차측에 물이 들어오지 않은 이상 상태에서의 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지를 나타내는 도면이다.

도 5는 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템이 인공 지능 모델을 학습시키는 과정을 나타내는 도면이다.

도 6은 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템이 인공 지능 모델을 학습시키는 과정을 나타내는 도면이다.

도 7은 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템이 열화상-심층 학습 방법을 통해 원자력 발전소의 정상 상태 및 이상 상태를 구분하는 개념도를 나타내는 도면이다.

도 8은 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템이 인공 지능 모델을 이용하여 진단 정보를 획득하는 구체적인 방법의 흐름도이다.

도 9는 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템이 진단 정보를 획득하는 구체적인 방법의 흐름도이다.

도 10은 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템이 인공 지능 모델을 이용하여, 정상 상태의 원자력 발전소의 열화상 이미지를 분석한 결과이다.

도 11은 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템이 인공 지능 모델을 이용하여 이상 상태의 원자력 발전소의 열화상 이미지를 분석한 결과이다.

도 12는 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템이 열화상 카메라와 인공 지능 모델을 이용하여 미세한 온도 변화에 의한 내부 이물질 여부 혹은 내부 유동 이상 상태를 진단한 결과를 나타내는 도면이다.

도 13은 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 본 개시에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.

[0019] 본 개시에서 사용되는 용어는 본 개시에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 개시에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 개시의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

[0020] 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 있음을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0021] 아래에서는 첨부한 도면을 참고하여 본 개시의 실시 예에 대하여 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 개시는 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 개시를 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0022] 도 1은 일 실시 예에 따른 열화상 심층학습 객체 자동 추적 기반 원자력 발전소 안전 진단 시스템의 동작 과정을 개략적으로 나타내는 도면이다.

[0023] 도 1을 참조하여, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)의 동작 과정을 개략적으로 설명한다. 일 실시 예에 의하면, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 열화상 심층학습 객체 자동 추적 알고리즘을 수행하고, 이를 기초로 원자력 발전소의 안전을 관리할 수 있다. 예를 들어, 원자력 발전소 안전 진단 관리 시스템(10)은 관리 대상 원자력 발전소(2000)에 대한 열화상 이미지를 획득하고, 획득된 열화상 이미지에 대해 인공 지능 모델을 적용함으로써, 인공 지능 모델로부터 원자력 발전소의 이상 상태에 관한 진단 정보를 획득할 수 있다.

- [0024] 원자력 발전소는 환경 특성상 내부 현상을 관찰하기가 어렵고, 육안 관찰 또는 모니터상의 데이터 값에만 의존하여 관리되는데, 기존의 해석 방법을 통해 사고를 판단하기 위해서는 다양한 인자들에 대한 전문가의 해석이 요구되고 있다. 따라서, 종래 원자력 발전소 관리 기술은 사고 판단과 대처에 오랜 시간이 걸리는 한계가 있다. 그러나, 본 개시에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 원거리 열화상 이미지를 통한 분석을 수행함으로써, 원거리에서 실시간 온도 분포를 통해 원전의 전반적인 상태나 결함 위치를 용이하게 파악할 수 있다. 또한, 본 개시에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 원거리 열화상 이미지 분석을 통해 원전 이상 상태를 실시간으로 감시하며, 인공 지능 기술을 이용하여 운전원의 인적 오류 저감과 쉽고 정확한 원전 안전 관리를 수행할 수 있는 장점이 있다.
- [0025] 일 실시 예에 의하면, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 전자 장치(1000), 적어도 하나의 열화상 카메라(200, 210) 및 원자력 발전소(2000)를 포함할 수 있다. 일 실시 예에 의하면, 전자 장치(1000)는 디스플레이(140), 네트워크 인터페이스(160), 하나 이상의 인스트럭션을 저장하는 메모리(170) 및 하나 이상의 인스트럭션을 실행하는 적어도 하나의 프로세서(180)를 포함할 수 있다. 또 다른 실시 예에 의하면 열화상 카메라(200)는 전자 장치(1000)와 별도로 마련될 수도 있으나, 또 다른 실시 예에 의하면 전자 장치(1000)는 열화상 카메라(200)를 포함할 수도 있다.
- [0026] 일 실시 예에 의하면, 전자 장치(1000)는 적어도 하나의 열화상 카메라(200, 201)와 연결됨으로써, 열화상 카메라로부터 미리 설정된 주기로 원자력 발전소(2000)에 대한 열화상 이미지를 획득할 수 있고, 획득된 열화상 이미지를 미리 학습된 인공 지능 모델에 입력함으로써, 현재 원자력 발전소의 이상 상태에 관한 진단 정보를 획득하며, 획득된 진단 정보를 관리자에게 제공함으로써 원자력 발전소의 관리를 용이하게 할 수 있다.
- [0027] 또한, 일 실시 예에 의하면 전자 장치(1000)는 적어도 하나의 열화상 카메라로부터 획득된 열화상 이미지들에 기초하여, 원자력 발전소 시스템 전체에 대한 열화상 이미지를 획득하고, 획득된 열화상 이미지에 대해 심층 학습 기술을 적용함으로써, 원자력 발전소에 대한 안전 관리를 효과적으로 할 수 있다.
- [0028] 일 실시 예에 의하면, 전자 장치(1000)는 열화상 카메라들의 식별 정보 및 열화상 카메라들이 원자력 발전소 내에서 배치된 위치 정보를 획득할 수 있으며, 식별 정보 및 위치 정보에 기초하여 각 열화상 카메라들로부터 획득된 열화상 이미지를 구분할 수 있다. 전자 장치(1000)는 열화상 카메라들로부터 열화상 이미지를 획득하고, 이와 함께 획득된 식별 정보 및 위치 정보에 기초하여 시스템 스케일의 전체 열화상 이미지를 생성할 수도 있다. 본 개시에 따른 전자 장치(1000)는 적어도 하나의 열화상 카메라들로부터 획득된 열화상 이미지들을 구분 식별함으로써 원자력 발전소에 대한 세밀한 모니터링이 가능하다.
- [0029] 일 실시 예에 의하면, 원자력 발전소(2000)는 복수의 증기 발생기(100, 120), 노심(110)를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며 원자력 발전소 구동에 필요한 압력 조절기, 안전 주입 탱크, 증기, 냉각재 순환 펌프 등의 구성을 더 포함할 수 있음은 물론이다. 원자력 발전소(2000)는 정상 상태에서는 온도 변화에서 큰 변화를 나타내지 않으나, 이상 상태가 발생할 경우 열화상 이미지에서 변화가 나타날 수 있다. 예를 들어, 국부 과열, 균열, 냉각재 상실 등이 이상 상태가 발생할 경우, 열화상 이미지는 가열되거나, 열적 손실에 따른 현상이 나타날 수 있다.
- [0030] 또한, 본 개시에 따른 전자 장치(1000)는 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지에 기초하여 정상 상태, 과도 상태 또는 설계 기준 사고와 같은 안전 상태에 관한 정보들을 진단 정보로 획득할 수 있으며, 열화상 이미지에서 나타나는 온도 분포 패턴에 기초하여, 소정의 진단 정보를 출력하도록 인공 지능 모델을 학습시킬 수도 있다. 본 개시에 따른 전자 장치(1000)는 안전 상태 분석 기술 및 심층 학습 기술을 통하여 관리 대상 원자력 발전소(2000)를 적은 비용으로 효과적으로 감시할 수 있다.
- [0031] 또한, 본 개시에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템은 원전 내부 현상을 관찰할 수 없고 육안 관찰 또는 모니터상의 데이터 값에만 의존하여 상태를 감시하는 기존 해석 기구를 보완하여, 열화상 이미지를 사용해 원전 내부 현상을 확인하고 정확한 결함의 위치를 찾을 수 있게 하며, 사고 상황과 위치를 정확하게 인지하여 원자력 발전소를 더 효율적으로 진단할 수 있으며 문제 해결에 있어 오류를 줄일 수 있다.
- [0032] 또한, 본 개시에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템은 시각적인 이미지에 의한 실시간 이상 상태를 보여줌으로써 원전 상태를 직관적으로 감시할 수 있고, 열화상을 이용한 시스템의 현상 진단과 상태 판별 기술 개발에 기초 연구 자료로 활용 가능한 장점이 있다. 또한, 원자력 발전소 안전 진단 시스템은 심층학습 기술을 통해 원자력 발전소의 사고 상황과 문제가 생긴 위치를 전문가의 판단 없이 정확하고 빠르게 판단하기 때문에 사고 상황 대처 능력을 강화할 수 있으며, 심층학습 기반 진단 기술을 통해 실시간으로 원전 상태를 확인하고 적절한

대응을 수행할 수 있는 자동 대응 체계를 수립하는 것에 기초 연구로 활용 가능한 장점이 있다.

- [0033] 즉, 본 개시에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템은 열화상-심층학습 객체 자동 추적 기반 원전 안전진단 기술을 통해 인적오류 저감, 원전 안전성, 사고 대처 능력을 강화할 수 있다.
- [0034] 도 2는 일 실시 예에 따른 열화상 심층학습 객체 자동 추적 기반 원자력 발전소 안전 진단 시스템의 동작 방법의 흐름도이다.
- [0035] S210에서, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지를 획득할 수 있다. 예를 들어, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)내 열화상 카메라는 미리 설정된 주기 또는 소정의 프레임 간격으로 원자력 발전소(2000)에 대한 열화상 이미지들을 획득할 수 있다. 또한, 일 실시 예에 의하면 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 관리 대상이 되는 원자력 발전소에서 기 설정된 거리만큼 떨어진 곳에 설치된 열화상 카메라를 이용하여, 원자력 발전소를 실시간으로 촬영함으로써, 미리 설정된 프레임 간격의 열화상 이미지들을 획득할 수 있다.
- [0036] S220에서, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 열화상 이미지가 입력되면 원자력 발전소의 이상 여부에 관한 진단 정보를 출력하는 인공 지능 모델에, 열화상 이미지를 입력함으로써 인공 지능 모델로부터 진단 정보를 획득할 수 있다. 일 실시 예에 의하면, 인공 지능 모델은 열화상 이미지에서 나타나는 온도 분포 정보에 기초하여, 소정의 진단 정보를 출력하도록 미리 학습되는 인공 지능 모델일 수 있다.
- [0037] S230에서, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 인공 지능 모델로부터 출력된 진단 정보를 출력할 수 있다. 예를 들어, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)내 출력부를 통해 진단 정보를 출력할 수도 있고, 진단 정보를 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)과 연결된 외부 디바이스로 전송함으로써, 외부 디바이스를 통해 진단 정보를 제공할 수도 있다.
- [0038] 또한, 도 2에는 도시되지 않았지만, 일 실시 예에 의하면 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 S210에서 획득된 열화상 이미지로부터 온도 분포 정보를 추출하고, 추출된 온도 분포 정보를 시각화함으로써, 원자력 발전소의 컴포넌트 영역 별 온도 값이 미리 설정된 색상으로 도시되는 온도 분포 이미지를 생성할 수 있다. 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 온도 분포 이미지를 진단 정보와 함께 출력할 수도 있다. 일 실시 예에 의하면 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 진단 정보를 획득하는 단계 이후, 온도 분포 이미지를 생성하고, 생성된 온도 분포 이미지 및 진단 정보를 함께 출력할 수도 있다.
- [0039] 도 3은 일 실시 예에 따른 정상 상태의 원자력 발전소의 열화상 이미지를 나타내는 도면이다.
- [0040] 도 3의 그림 (310)을 참조하면 정상 상태의 원자력 발전소의 열화상 이미지가 도시된다. 정상 상태의 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지는 전체적으로 온도 분포가 고르고, 국부적으로 가열되거나 열적 손실을 나타내는 부분이 없는 것을 볼 수 있다.
- [0041] 도 4는 일 실시 예에 따른 급수 펌프의 고장으로 2차측에 물이 들어오지 않은 이상 상태에서의 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지를 나타내는 도면이다.
- [0042] 그림 (410)을 참조하면 이상 상태의 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지가 도시된다. 그림 (410)을 참조하면, 원자력 발전소에서 증기 발생기 하나의 2차측이 정상적으로 작동하지 않음에 따라, 그림 (310)에 도시된 온도 분포가 변화된 것을 볼 수 있다. 본 개시에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 그림 (410)에 도시된 바와 같이, 인공지능 모델을 이용하여 열화상 이미지를 분석함으로써, 열화상 이미지상의 온도 분포에 따른 이상 상태에 관한 정보를 정확하게 식별할 수 있다.
- [0043] 도 5는 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템이 인공 지능 모델을 학습시키는 과정을 나타내는 도면이다.
- [0044] S510에서, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 원자력 발전소에 대한 열화상 학습 이미지를 획득할 수 있다. 예를 들어, 열화상 학습 이미지에는 이상 상태에 따른 열화상 이미지상 온도 분포 변화에 따른 온도 분포 패턴 정보들이 포함될 수 있다.
- [0045] S520에서, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 열화상 학습 이미지에 기초하여 인공 지능 모델을 학습시킬 수 있다. 예를 들어, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 열화상 학습 이미지에 기초하여, 인공 지능 모델을 학습시킴으로써, 열화상 이미지 상에 나타나는 온도 분포 정보에 기초하여 원자력 발전소에 대한 소정의 이상 상태에 관한 진단 정보가 출력되도록 인공 지능 모델을 학습시킬 수 있다. S530 내지 S550은 도 2에 도시된

S210 내지 S230에 대응될 수 있으므로 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

- [0046] 도 6은 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템이 인공 지능 모델을 학습시키는 과정을 나타내는 도면이다.
- [0047] S610에서, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 열화상 학습 이미지상에서 온도 분포 정보를 추출할 수 있다. 예를 들어, 온도 분포 정보는 온도 구간에 따라 픽셀 별 소정의 픽셀 값들이 할당되는 패턴을 의미할 수 있다. S620에서, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 열화상 학습 이미지 내 온도 분포 정보에 기초하여 열화상 이미지가 입력되면, 인공 지능 모델로부터 진단 정보가 출력되도록 인공 지능 모델을 학습시킬 수 있다.
- [0048] 도 7은 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템이 열화상-심층 학습 방법을 통해 원자력 발전소의 정상 상태 및 이상 상태를 구분하는 개념도를 나타내는 도면이다.
- [0049] 그림 (710)을 참조하면, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)이 이용하는 인공 지능 모델의 예가 도시된다. 일 실시 예에 의하면 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)이 이용하는 인공 지능 모델은 획득한 손실(loss) 값 또는 코스트(cost) 값이 감소 또는 최소화되도록 복수의 가중치들이 수정 및 갱신되는 신경망 모델일 수 있다. 일 실시 예에 따른 인공 신경망 모델은 심층 신경망(DNN:Deep Neural Network)을 포함할 수 있으며, 예를 들어, CNN (Convolutional Neural Network), DNN (Deep Neural Network), RNN (Recurrent Neural Network), RBM (Restricted Boltzmann Machine), DBN (Deep Belief Network), BRDNN(Bidirectional Recurrent Deep Neural Network) 또는 심층 Q-네트워크 (Deep Q-Networks) 등이 있으나, 전술한 예에 한정되지 않는다.
- [0050] 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)이 이용하는 인공 지능 모델은 심층 학습 방법에 기초하여 학습됨으로써, 학습될 수 있으며, 학습 결과, 열화상 이미지가 입력되면, 원자력 발전소의 이상 상태에 관한 진단 정보를 출력할 수 있다. 일 실시 예에 의하면, 인공 지능 모델은 정상 상태 정보, 이상 상태 정보 중 적어도 하나를 포함하는 진단 정보를 출력할 수 있다. 또한, 일 실시 예에 의하면, 진단 정보 내 이상 상태 정보는 소내외 전원 상실 사고 정보, 냉각재 상실 사고 정보와 같은 사고 유형 정보, 사고 발생 위치 정보 중 적어도 하나를 포함할 수도 있다.
- [0051] 일 실시 예에 의하면 인공 지능 모델은 합성곱신경망 기법을 통해 열화상 이미지를 정보로 입력하고 입력된 열화상 이미지에서 보여주는 온도분포 영역을 토대로 해당하는 데이터를 입력값으로 설정하는 기술과 합성곱신경망 기법 내부에 포함되어 다층 인공 신경망과 Error Back-propagation 기법을 통하여 열화상 이미지로 도출된 정상 온도분포를 기준으로 입력받은 열화상 이미지를 활용하여 원자력 발전소의 정상 상태와 이상 상태를 판별해 내도록 학습하는 심층학습 기술을 수행할 수 있다.
- [0052] 보다 상세하게는, 인공 지능 모델은 분석 기술 결과로부터 도출된 결과들을 활용하는데, 열화상 이미지를 통해 진단된 원자력 발전소의 열화상 이미지들을 특성으로 하여 해당하는 사고 상황에 대해 데이터를 분류할 수 있고, 사고 상황이나 정상 상태에서 표현되는 온도 장을 기준으로 정보를 입력 값으로 받아, 원자력 발전소 이상 상태에서 특징되는 온도장 변화와 그에 해당하는 사고 상황을 기준으로 특징을 선정할 수 있다.
- [0053] 또한, 선정된 특징을 활용하여 정상 상태 혹은 이상 상태(예컨대 사고 상황)으로 결과 값을 분류하고, 사고 상황에 대해서는 어떤 사고인지 분류할 수 있다. 인공 지능 모델은 원자력 발전소를 열화상 이미지에 따라 분류하기 위해 합성곱 신경망 기법을 활용할 수 있으며, 그림 (710)에 도시된 바와 같이, 이미지를 나누어 데이터를 입력하고 입력된 값을 다층 신경망 기법을 통해 원자력 발전소 이상 상태에서 변하는 온도 변화에 대한 정보에 대하여 각 위치에 해당하는 정상 상태 온도를 기준으로 삼아 숨겨진 신경망을 통하여 온도변화를 확인하여 원전 상태를 판단하고 온도변화가 생긴 곳과 온도변화를 기준으로 사고 상황을 분류해 원전을 진단할 수 있다.
- [0054] 또한, 인공 지능 모델은 사고 상황을 사고 상황을 진단할 뿐만 아니라 원전에서 사고가 발생한 부분도 분류한다. 또한, 인공 지능 모델은 열화상 카메라와 인공지능을 활용하여 미세한 온도변화 측정을 통해 내부의 이물질 여부를 파악하고 내부 유동의 이상 상태를 진단할 수도 있다.
- [0055] 도 8은 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템이 인공 지능 모델을 이용하여 진단 정보를 획득하는 구체적인 방법의 흐름도이다.
- [0056] S810에서, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 인공 지능 모델로부터 원자력 발전소의 이상 여부를 나타내는 상태 정보를 획득할 수 있다. 일 실시 예에 의하면 상태 정보는 이상 상태 정보 또는 정상 상태 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0057] S820에서, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 상태 정보가 이상 상태인 경우, 인공 지능 모델로부터 이상이

발생한 원자력 발전소 내 컴포넌트 정보를 획득할 수 있다. 일 실시 예에 의하면, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 이상 상태를 야기한 원자력 발전소 내 컴포넌트의 식별 정보, 해당 식별 정보에 따른 컴포넌트의 위치 정보 중 적어도 하나를 컴포넌트 정보로 획득할 수 있다.

[0058] S830에서, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 상태 정보가 이상 상태인 경우, 인공 지능 모델로부터 이상 발생에 따른 사고 상황에 대한 특징 정보를 획득할 수 있다. 예를 들어, 특징 정보는 원자력 발전소의 상태가 이상 상태인 경우, 특정 사고 유형을 식별할 수 있는 구체적인 사고 원인 정보, 상기 특정 사고 유형에 따른 온도 분포 정보, 상기 온도 분포 정보에 따른 기타 구체화된 사고 정보를 더 포함할 수 있다.

[0059] 도 9는 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템이 진단 정보를 획득하는 구체적인 방법의 흐름도이다.

[0060] 일 실시 예에 의하면 인공 지능 모델이 출력하는 진단 정보는 상태 정보, 컴포넌트 정보 또는 특징 정보를 포함할 수 있고, 상기 특징 정보는 사고 종류 정보 또는 온도 분포에 따른 사고 세부 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, S910에서, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 인공 지능 모델로부터 사고 상황에 대한 사고 종류 정보를 획득하고, S920에서, 인공 지능 모델로부터 온도 분포 정보에 따른 사고 세부 정보를 획득할 수 있다.

[0061] 일 실시 예에 의하면, 사고 종류 정보는 특정 사고의 유형을 구분하기 위한 단위가 되는 정보로써, 사고의 유형에 대한 명칭을 의미할 수 있고, 사고 세부 정보는 상기 특정 사고 유형에 따른 온도 분포 정보, 상기 온도 분포 정보에 따른 기타 구체화된 사고 정보를 더 포함할 수 있다.

[0062] 일 실시 예에 의하면, 사고 세부 정보는 원자력 발전소 컴포넌트에서 정상 적으로 냉각제가 냉각되지 않는 냉각되지 않거나, 국부적으로 열을 받는 영역에서 높은 온도가 발생하는 컴포넌트 문제 정보, 원자력 발전소에 균열이 생긴 영역에서 급격한 온도 변화가 발생하는 균열 영역 문제 정보, 증기 발생기 2차 측의 수위가 변하는 것에 따라 열화상 카메라의 촬영되는 영역이 감소하는 촬영영역 감소 문제 정보, 원자력 발전소 내 펌프 또는 밸브의 오작동으로 인한 온도 변화 문제 정보, 원자력 발전소 내 컴포넌트 내부의 유동 이상 상태 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0063] 도 10은 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템이 인공 지능 모델을 이용하여, 정상 상태의 원자력 발전소의 열화상 이미지를 분석한 결과이다.

[0064] 도 10의 그림 (1010)을 참조하면, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)이 인공 지능 모델을 이용하여 분석한, 정상 상태의 원자력 발전소에 대한 진단 결과가 도시된다. 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 정상 상태의 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지를 획득하고, 획득된 열화상 이미지를 인공 지능 모델에 입력함으로써, 그림 (1010)에 도시된 바와 같은 진단 정보를 획득할 수 있다.

[0065] 도 11은 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템이 인공 지능 모델을 이용하여 이상 상태의 원자력 발전소의 열화상 이미지를 분석한 결과이다.

[0066] 도 11의 그림 (1020)을 참조하면, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)이 인공 지능 모델을 이용하여 분석한, 이상 상태의 원자력 발전소에 대한 진단 결과가 도시된다. 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 이상 상태의 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지를 획득하고, 획득된 열화상 이미지를 인공 지능 모델에 입력함으로써 그림 (1020)에 도시된 바와 같은 진단 정보를 획득할 수 있다.

[0067] 도 12는 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템이 열화상 카메라와 인공 지능 모델을 이용하여 미세한 온도 변화에 의한 내부 이물질 여부 혹은 내부 유동 이상 상태를 진단한 결과를 나타내는 도면이다.

[0068] 도 12의 그림 (1030)을 참조하면, 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)이 열화상 카메라와 인공 지능 모델을 이용하여 미세한 온도 변화에 따른 내부 이물질 여부 또는 내부 유동 이상 상태를 진단한 결과가 도시된다. 본 개시에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 인공 지능 모델에서 획득된 진단 정보와 함께, 상기 인공 지능 모델에서 출력된 진단 정보 및 열화상 이미지상의 온도 분포 정보에 기초하여 시각화된 진단 결과를 함께 출력할 수 있다.

[0069] 도 13은 일 실시 예에 따른 원자력 발전소 안전 진단 시스템의 블록도이다.

[0070] 일 실시 예에 의하면 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)은 전자 장치(1000), 열화상 카메라(1800) 및 원자력 발전소(2000)를 포함할 수 있다. 그러나 상술한 예에 한정되는 것은 아니며 원자력 발전소의 상태를 분석하고,

분석 결과에 기초하여 원자력 발전소를 관리하기 위한 기타 필요한 구성들을 더 포함할 수 있음은 물론이다.

- [0071] 일 실시 예에 의하면, 전자 장치(1000)는 열화상 카메라(1800)로부터 원자력 발전소(2000)에 대한 열화상 이미지를 획득하고, 획득된 열화상 이미지를 인공 지능 모델에 입력함으로써, 원자력 발전소(2000)의 이상 상태에 관한 진단 정보를 획득한다. 일 실시 예에 의하면, 전자 장치(1000)는 디스플레이(1310), 메모리(1700), 네트워크 인터페이스(1500) 및 프로세서(1300)를 포함할 수 있다.
- [0072] 일 실시 예에 의하면 디스플레이(1310)는 비디오 신호를 출력한다. 예를 들어, 디스플레이(1310)는 진단 정보, 열화상 이미지, 진단 정보 및 온도 분포 정보에 기초하여 시각화된 진단 결과를 화면상에 출력할 수 있다. 또한, 일 실시 예에 의하면 디스플레이는 진단 정보 내 컴포넌트 정보, 컴포넌트 위치 정보, 사고 종류 정보 또는 세부 정보 중 적어도 하나를 함께 표시할 수 있다.
- [0073] 네트워크 인터페이스(1500)는 전자 장치(1000)와 연결된 외부 디바이스 또는 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)과 연결된 외부 디바이스와의 사이에 데이터를 송수신할 수 있다.
- [0074] 네트워크 인터페이스(1500)는 열화상 카메라(1800)로부터 열화상 이미지를 획득할 수 있고, 전자 장치(1000)가 결정한 진단 정보를 외부 디바이스로 전송할 수도 있다. 또한, 네트워크 인터페이스(1500)는 전자 장치(1000)와 연결된 서버로 진단 정보를 전송하고, 진단 정보 수신에 따른 서버의 응답에 기초하여, 서버로부터 진단 정보상에서 나타나는 사고 상황을 해결하기 위한 대책 정보를 더 수신할 수도 있다.
- [0075] 사용자 단말이 연결된 측정기로부터 획득된 환경 오염 정보를, 서버로 전송하거나, 서버로부터 환경 오염 관리 서비스에 대한 데이터들을 수신할 수 있다. 또한, 네트워크 인터페이스(1500)는 측정기와와의 사이에 환경 오염 정보 및 상기 환경 오염 정보를 송수신하기 위해 필요한 다양한 데이터들을 송수신할 수 있다.
- [0076] 프로세서(1300)는, 통상적으로 전자 장치(1000) 및 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)의 전반적인 동작을 제어한다. 예를 들어, 프로세서(1300)는 메모리(1700)에 저장된 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써, 디스플레이, 메모리, 네트워크 인터페이스, 열화상 카메라 및 원자력 발전소 내 기타 구성들의 전반적인 동작을 제어할 수 있다. 또한, 프로세서(1300)는 메모리(1700)에 저장된 프로그램들을 실행함으로써, 도 1 내지 도 12에 기재된 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)의 기능을 수행할 수 있다. 또한, 도 13에는 도시되지 않았지만, 열화상 카메라(1800)는 전자 장치(1000)내에 포함될 수 있음은 물론이다.
- [0077] 일 실시 예에 의하면, 프로세서(1300)는 상기 원자력 발전소에 대한 열화상 이미지를 획득하고, 상기 열화상 이미지가 입력되면 원자력 발전소의 이상 여부에 관한 진단 정보를 출력하는 인공 지능 모델에, 상기 열화상 이미지를 입력함으로써, 상기 인공 지능 모델로부터 진단 정보를 획득하고, 상기 획득된 진단 정보를 출력할 수 있다.
- [0078] 일 실시 예에 의하면, 프로세서(1300)는 상기 원자력 발전소에 대한 열화상 학습 이미지를 획득하고, 상기 획득된 열화상 학습 이미지에 기초하여, 상기 인공 지능 모델을 학습시킬 수 있다.
- [0079] 일 실시 예에 의하면, 프로세서(1300)는 상기 획득된 열화상 학습 이미지상에서 온도 분포 정보를 추출하고, 상기 추출된 온도 분포 정보에 기초하여, 상기 열화상 이미지가 입력되면, 상기 인공 지능 모델로부터 상기 진단 정보가 출력되도록 상기 인공 지능 모델을 학습시킬 수 있다.
- [0080] 일 실시 예에 의하면, 프로세서(1300)는 상기 열화상 이미지를 획득하는 단계 이후, 상기 열화상 이미지에서 온도 분포 정보를 추출하고, 상기 추출된 온도 분포 정보를 시각화함으로써 상기 원자력 발전소의 컴포넌트 영역별 온도 값이 미리 설정된 색상으로 도시되는 온도 분포 이미지를 생성하고, 상기 온도 분포 이미지를 상기 진단 정보와 함께 출력할 수 있다.
- [0081] 메모리(1700)는 원자력 발전소 안전 진단 시스템(10)이 이용하는 인공 지능 모델에 대한 정보, 인공 지능 모델에서 출력된 진단 정보, 열화상 카메라로부터 획득된 열화상 이미지 정보를 저장할 수 있다. 또한, 일 실시 예에 의하면 원자력 발전소의 안전 관리를 위한 기타 솔루션 또는 대책에 대한 정보를 더 저장할 수도 있음은 물론이다.
- [0082] 메모리(1700)는 플래시 메모리 타입(flash memory type), 하드디스크 타입(hard disk type), 멀티미디어 카드 마이크로 타입(multimedia card micro type), 카드 타입의 메모리(예를 들어 SD 또는 XD 메모리 등), 램(RAM, Random Access Memory) SRAM(Static Random Access Memory), 롬(ROM, Read-Only Memory), EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), PROM(Programmable Read-Only Memory), 자기

메모리, 자기 디스크, 광디스크 중 적어도 하나의 타입의 저장매체를 포함할 수 있다.

[0083] 일 실시 예에 의하면 열화상 카메라(1800)는 복수로 마련될 수 있고, 원자력 발전소(2000) 내 복수 위치에 배치됨으로써, 원자력 발전소에 대한 세밀한 열화상 이미지를 획득하고, 획득된 열화상 이미지들을 프로세서(1300)로 전송할 수 있다.

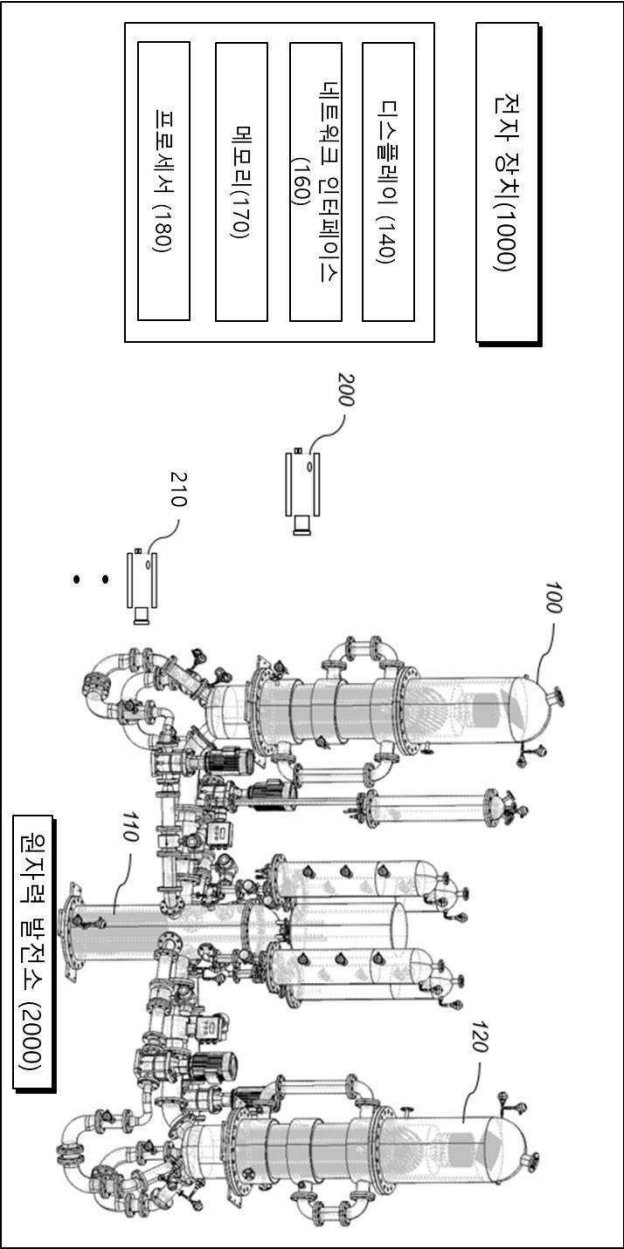
[0084] 일 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 개시를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

[0085] 또한, 상기 일 실시 예에 다른 방법을 수행하도록 하는 프로그램이 저장된 기록매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 장치가 제공될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

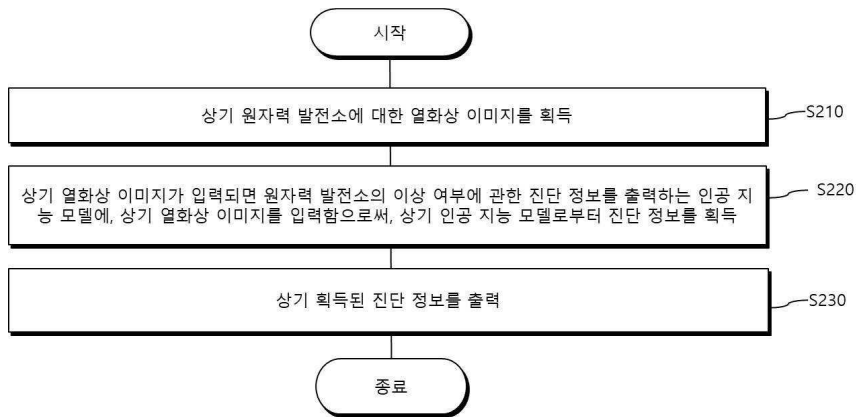
[0086] 이상에서 본 개시의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 개시의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 개시의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 개시의 권리범위에 속한다.

도면

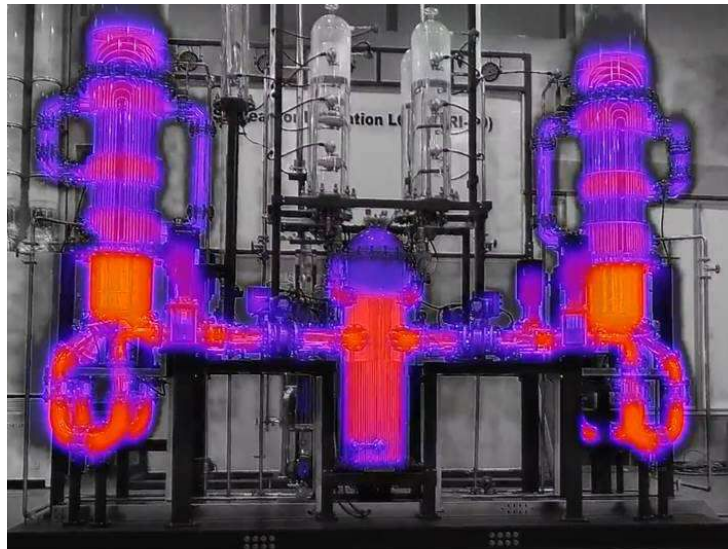
도면1



도면2

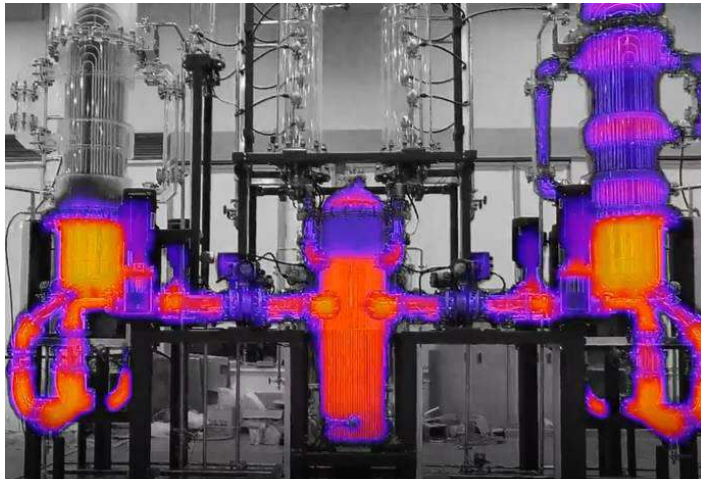


도면3



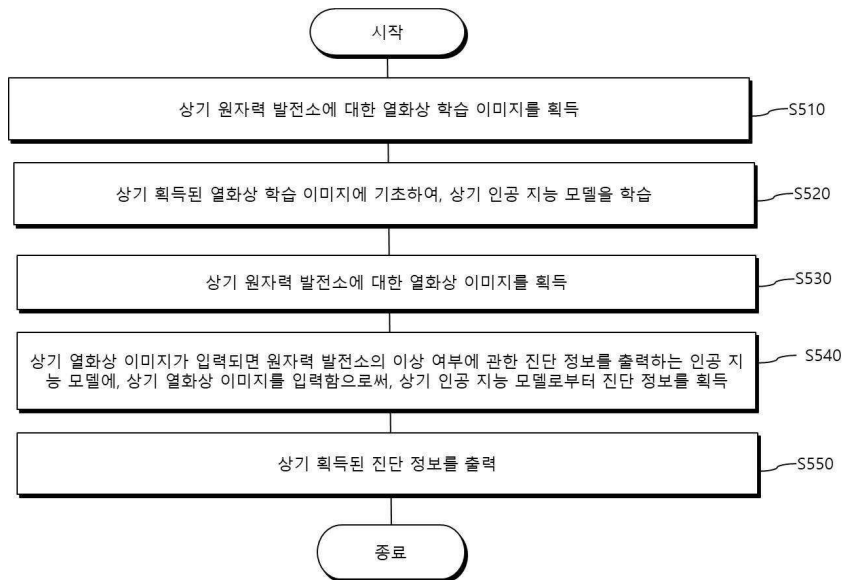
(310)

도면4

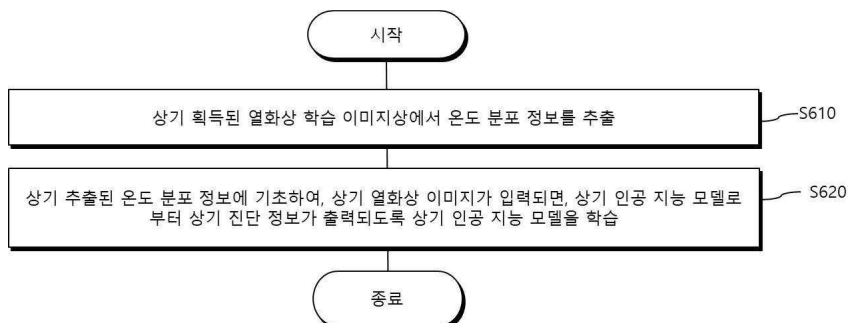


(410)

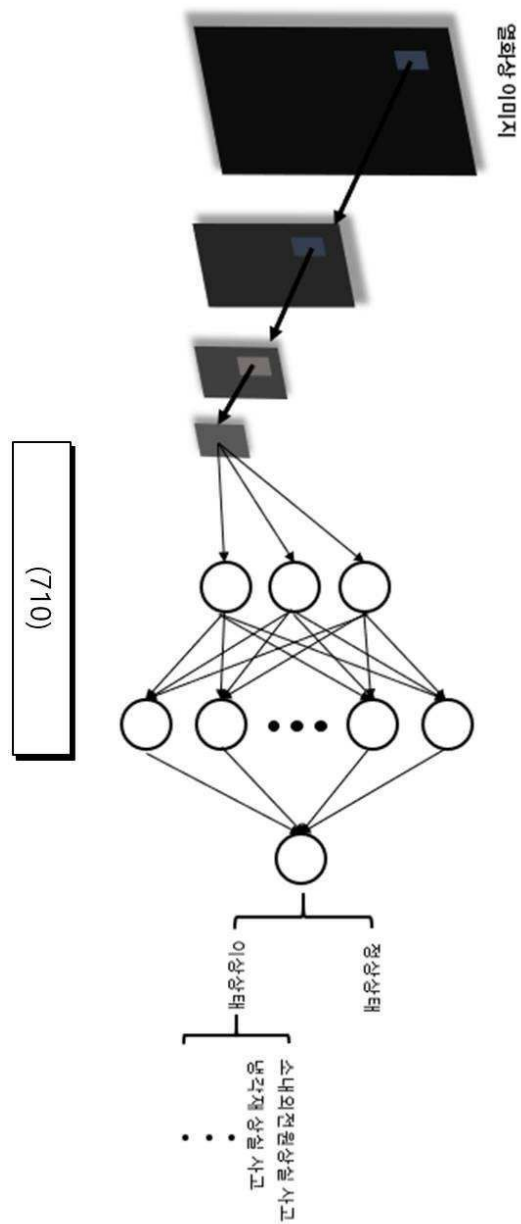
도면5



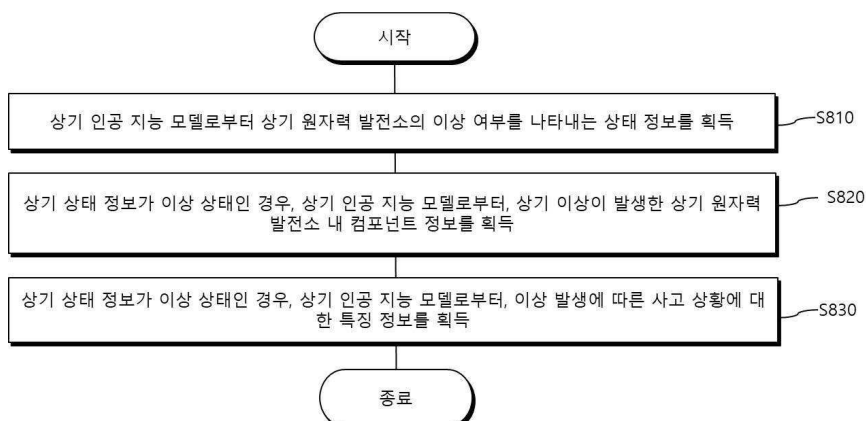
도면6



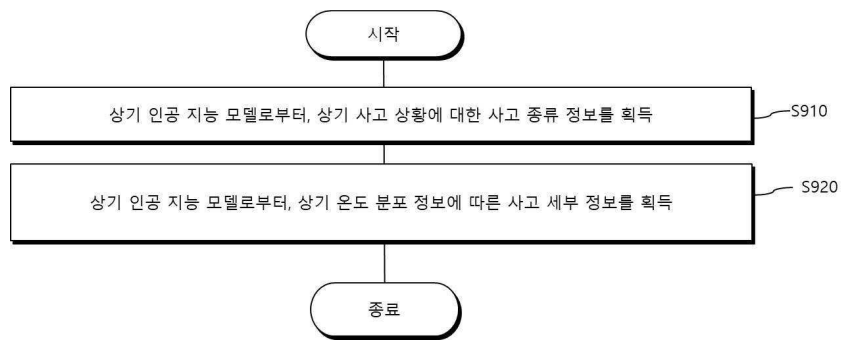
도면7



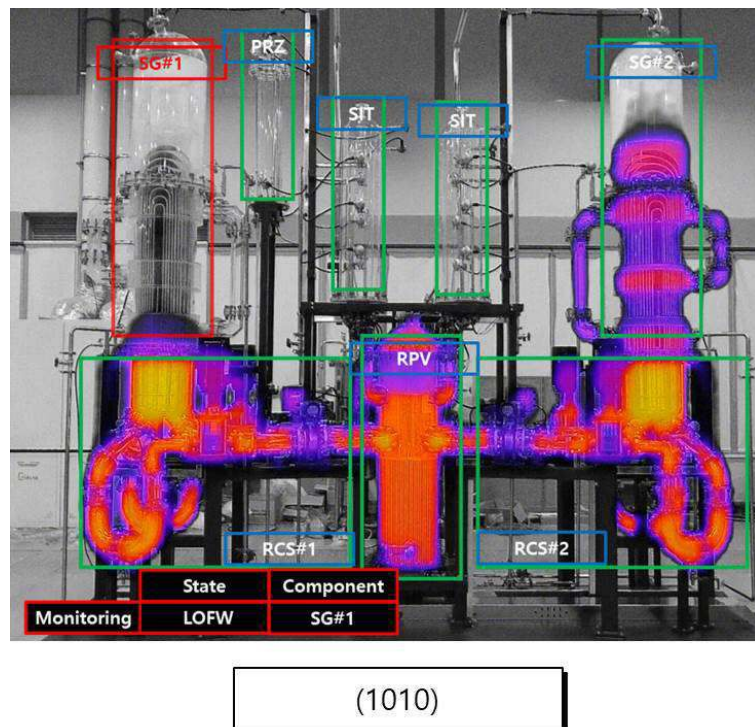
도면8



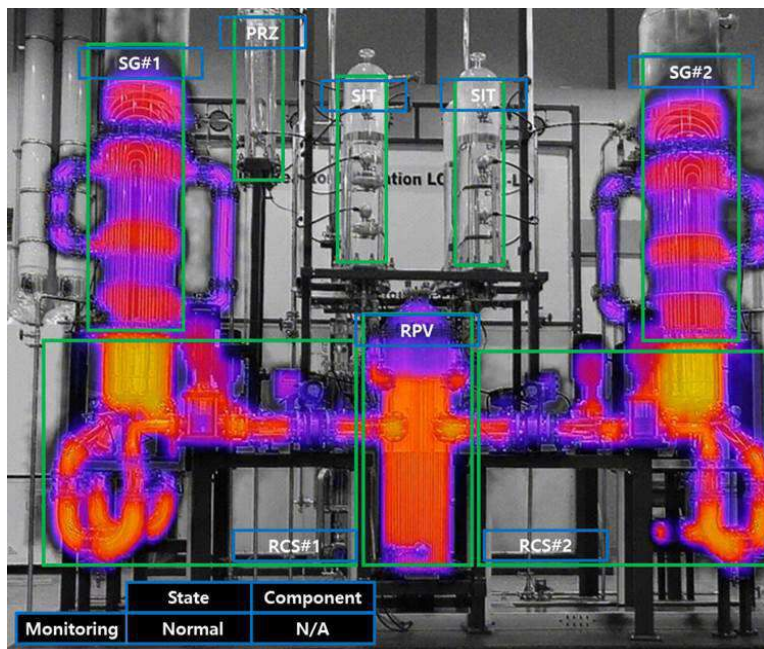
도면9



도면10

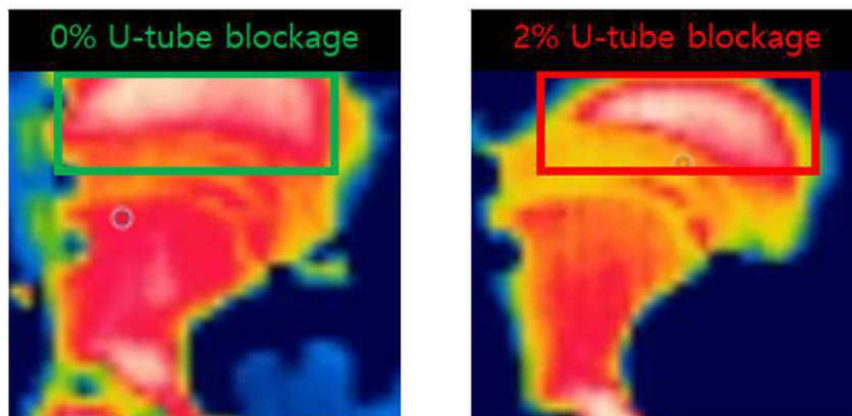


도면11



(1020)

도면12



(1030)

도면13

