



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0139068  
(43) 공개일자 2023년10월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 21/88 (2006.01) G01N 21/954 (2006.01)  
G06N 20/00 (2019.01) G06T 17/30 (2006.01)  
G06T 7/00 (2017.01) G06T 7/11 (2017.01)  
(52) CPC특허분류  
G01N 21/8851 (2013.01)  
G01N 21/954 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2022-0037221  
(22) 출원일자 2022년03월25일  
심사청구일자 2022년03월25일

(71) 출원인  
경상국립대학교산학협력단  
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)  
(72) 발명자  
최영환  
경상남도 진주시 사들로 13, 905동 1801호 (충무  
공동, 혁신도시엘에이치아파트)  
도재혁  
경상남도 진주시 진주대로930번길 12, 301호 (칠  
암동)  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
김종선

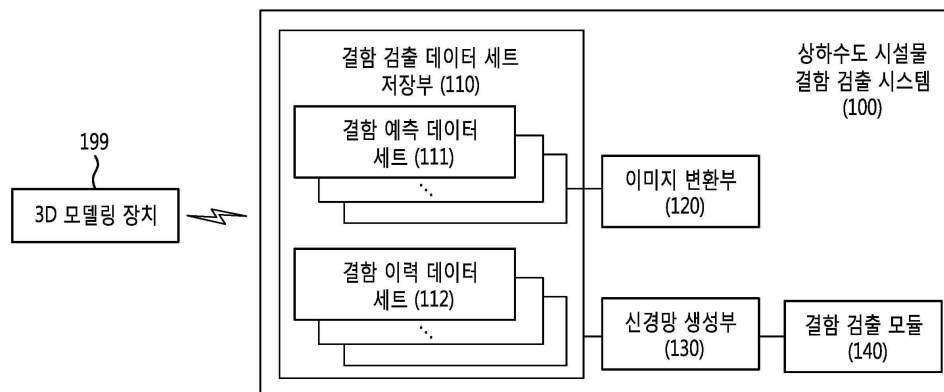
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 상하수도 시설물 결함 검출 방법 및 이를 지원하는 결함 검출 시스템

(57) 요약

상하수도 시설물과 관련된 적어도 하나의 결함 예측 데이터 및 적어도 하나의 결함 이력 데이터가 저장되는 결함 검출 데이터 세트 저장부, 상기 적어도 하나의 결함 예측 데이터에 대응하는 3D 모델 데이터에 기반하여, 적어도 하나의 예측 이미지 데이터를 생성하는 이미지 변환부, 상기 적어도 하나의 예측 이미지 데이터를 상기 적어도 하나의 결함 이력 데이터와 연관지어 기계 학습(machine learning)하는 신경망 생성부, 및 상기 상하수도 시설물로부터 획득되는 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되었는지 여부를 결정하는 결함 검출 모듈을 포함하는 상하수도 시설물 결함 검출 시스템이 개시된다. 이 외에도 본 문서를 통해 파악되는 다양한 실시 예가 가능하다.

대표도



(52) CPC특허분류

G06N 20/00 (2021.08)  
G06T 17/30 (2013.01)  
G06T 7/0004 (2013.01)  
G06T 7/11 (2017.01)  
G01N 2021/8864 (2013.01)  
G01N 2021/8883 (2013.01)  
G01N 2021/8887 (2013.01)  
G01N 2201/1296 (2013.01)

(72) 발명자

**박동채**

경상남도 진주시 충의로 146, 605동 205호 (충무공  
동, 혁신도시중흥에스-클래스더퍼스트)

**문현철**

경상남도 창원시 의창구 하남천동길44번길 10, 50  
2호 (도계동, 대도빌라)

**노우승**

경상남도 진주시 진주대로930번길 12-3, 303호 (칠  
암동)

**유현승**

경상남도 진주시 동진로50번길 6-1, 104호 (칠  
암동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|             |                                              |
|-------------|----------------------------------------------|
| 과제고유번호      | 1711131173                                   |
| 과제번호        | 2021R1G1A1003295                             |
| 부처명         | 과학기술정보통신부                                    |
| 과제관리(전문)기관명 | 한국연구재단                                       |
| 연구사업명       | 개인기초연구(과기정통부)(R&D)                           |
| 연구과제명       | 지속가능한 수자원 인프라 구축을 위한 결합형 그린-사이클 물 분배시스템 설계 및 |
| 운영 기술 개발    |                                              |
| 기 여 율       | 1/1                                          |
| 과제수행기관명     | 경상국립대학교                                      |
| 연구기간        | 2021.03.01 ~ 2024.02.29                      |

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

상하수도 시설물 결함 검출 시스템에 있어서,

상하수도 시설물과 관련된 적어도 하나의 결함 예측 데이터 및 상기 상하수도 시설물과 관련된 적어도 하나의 결함 이력 데이터가 저장되는 결함 검출 데이터 세트 저장부;

상기 적어도 하나의 결함 예측 데이터에 대응하는 3D 모델 데이터에 기반하여, 적어도 하나의 예측 이미지 데이터를 생성하는 이미지 변환부;

상기 적어도 하나의 예측 이미지 데이터를 상기 적어도 하나의 결함 이력 데이터와 연관지어 기계 학습(machine learning)하는 신경망 생성부; 및

상기 신경망 생성부에 기반하여, 상기 상하수도 시설물로부터 획득되는 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되었는지 여부를 결정하는 결함 검출 모듈을 포함하는, 상하수도 결함 검출 시스템.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 결함 예측 데이터는 상기 상하수도 시설물의 결함과 관련된 위험도에 기반하여 적어도 하나의 데이터 세트로 상기 결함 검출 데이터 세트 저장부에 저장되는, 상하수도 결함 검출 시스템.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 이미지 변환부는 적어도 하나의 관심 영역(region of interest, ROI)을 포함하도록 상기 적어도 하나의 예측 이미지 데이터를 생성하는, 상하수도 결함 검출 시스템.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 신경망 생성부는 합성곱 신경망에 기반하여 상기 기계 학습을 수행하는, 상하수도 결함 검출 시스템.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 결함 이력 데이터는 지정된 시간 동안 상기 상하수도 시설물로부터 검출된 상기 상하수도 시설물의 결함 이미지 데이터를 포함하는 데이터이고,

상기 실시간 이미지 데이터는 상기 결함 이력 데이터가 상기 결함 검출 데이터 세트 저장부에 저장된 이후에 상기 상하수도 시설물로부터 획득되는 데이터인, 상하수도 결함 검출 시스템.

#### 청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 결함 검출 모듈은 상기 실시간 이미지 데이터에서 상기 적어도 하나의 관심 영역에 대응하는 영역을 상기 적어도 하나의 관심 영역과 비교한 결과에 기반하여, 상기 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되었는지 여부를 결정하는, 상하수도 결함 검출 시스템.

#### 청구항 7

제 1 항에 기재된 상하수도 시설물 결함 시스템에 기반하는 상하수도 시설물 결함 검출 방법에 있어서,

상하수도 시설물과 관련된 적어도 하나의 결함 예측 데이터 및 상기 상하수도 시설물과 관련된 적어도 하나의 결함 이력 데이터를 저장하는 단계;

상기 적어도 하나의 결함 예측 데이터에 대응하는 3D 모델 데이터에 기반하여, 적어도 하나의 예측 이미지 데이터를 생성하는 단계;

상기 적어도 하나의 예측 이미지 데이터를 상기 적어도 하나의 결함 이력 데이터와 연관지어 기계 학습(machine learning)하는 단계; 및

상기 신경망 생성부에 기반하여, 상기 상하수도 시설물로부터 획득되는 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되었는지 여부를 결정하는 단계를 포함하는, 상하수도 결함 검출 방법.

## 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 저장하는 단계는, 상기 상하수도 시설물의 결함과 관련된 위험도에 기반하여 상기 적어도 하나의 결함 예측 데이터를 적어도 하나의 데이터 세트로 저장하는, 상하수도 결함 검출 방법.

## 청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 생성하는 단계는, 적어도 하나의 관심 영역을 포함하도록 상기 적어도 하나의 예측 이미지 데이터를 생성하는, 상하수도 결함 검출 방법.

## 청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 기계 학습하는 단계는, 합성곱 신경망에 기반하여 상기 기계 학습을 수행하는, 상하수도 결함 검출 방법.

## 청구항 11

제 7 항에 있어서,

상기 결함 이력 데이터는 지정된 시간 동안 상기 상하수도 시설물로부터 검출된 상기 상하수도 시설물의 결함 이미지 데이터를 포함하는 데이터이고,

상기 실시간 이미지 데이터는 상기 결함 이력 데이터가 저장된 이후에 상기 상하수도 시설물로부터 획득되는 데이터인, 상하수도 결함 검출 방법.

## 청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 결정하는 단계는, 상기 실시간 이미지 데이터에서 상기 적어도 하나의 관심 영역에 대응하는 영역을 상기 적어도 하나의 관심 영역과 비교한 결과에 기반하여, 상기 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되었는지 여부를 결정하는, 상하수도 결함 검출 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 문서에서 개시되는 실시 예들은 상하수도 시설물 결함 검출 방법 및 이를 지원하는 결함 검출 시스템에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 상하수도 시설물은 주택 및 공장 등의 건물에 물을 공급하거나 상기 건물로부터 배출되는 물을 처리하는 시설을 일컫는다. 이러한 상하수도 시설물은 공급 또는 배출되는 물의 종류에 따라 서로 분리된 배관을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상하수도 시설물은 식용에 적합한 물을 공급하는 시설의 일부인 상수도관과 가정 오수, 공장

폐수 및 빗물 등을 배출하는 시설의 일부인 하수도관을 포함할 수 있다.

[0003] 상하수도 시설물은 상수를 공급하거나 하수를 배출하기 위하여 상수도관 및 하수도관과 같은 다양한 구성요소들을 포함할 수 있다. 상기 구성요소들을 포함하는 상하수도 시설물은 매설된 형태로써 외부에 노출되지 않을 수 있다.

[0004] 상하수도 시설물은 매설된 형태를 비롯하여 수많은 배관들을 통해 물이나 오수가 드나드는 기능적 특성 때문에, 관리자에 의하여 내부의 구조적 결함이 검출되기 어려울 수 있다. 상하수도 시설물의 결함을 검출하는 방법은 예컨대 상하수도 시스템을 급수 상태 및/또는 배수 상태에서 단수 상태 또는 무단수 상태로 전환한 이후 상수도관 및/또는 하수도관 내부를 촬영한 이미지를 통해 균열 등의 결함을 검출할 수 있다. 여기서, 상하수도 시설물의 결함을 검출하는 방법은 상수도관 및/또는 하수도관 내부에 해당하는 이미지를 획득하더라도 관리자에 의하여 일일이 관찰하는 작업을 필요로 하는 번거로움뿐만 아니라 관리자의 오관 가능성 또한 내포할 수 있다. 이러한 방법은 상하수도 시설물의 결함을 검출하는 시간을 더욱 지연시킬 수 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 이에 따라 본 문서에 개시되는 다양한 실시 예에서는, 상하수도 시설물 내부를 촬영한 이미지로부터 상하수도 시설물 내부의 구조적 결함을 실시간(real time)으로 검출할 수 있는 상하수도 시설물 결함 검출 방법 및 이를 지원하는 결함 검출 시스템을 제공할 수 있다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 일 실시 예에 따르면, 상하수도 시설물 결함 검출 시스템은 상하수도 시설물과 관련된 적어도 하나의 결함 예측 데이터 및 상기 상하수도 시설물과 관련된 적어도 하나의 결함 이력 데이터가 저장되는 결함 검출 데이터 세트 저장부, 상기 적어도 하나의 결함 예측 데이터에 대응하는 3D 모델 데이터에 기반하여, 적어도 하나의 예측 이미지 데이터를 생성하는 이미지 변환부, 상기 적어도 하나의 예측 이미지 데이터를 상기 적어도 하나의 결함 이력 데이터와 연관지어 기계 학습(machine learning)하는 신경망 생성부, 및 상기 신경망 생성부에 기반하여, 상기 상하수도 시설물로부터 획득되는 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되었는지 여부를 결정하는 결함 검출 모듈을 포함할 수 있다.

[0007] 일 실시 예에 따르면, 상기 적어도 하나의 결함 예측 데이터는 상기 상하수도 시설물의 결함과 관련된 위험도에 기반하여 적어도 하나의 데이터 세트로 상기 결함 검출 데이터 세트 저장부에 저장될 수 있다.

[0008] 일 실시 예에 따르면, 상기 이미지 변환부는 적어도 하나의 관심 영역(region of interest, ROI)을 포함하도록 상기 적어도 하나의 예측 이미지 데이터를 생성할 수 있다.

[0009] 일 실시 예에 따르면, 상기 신경망 생성부는 합성곱 신경망에 기반하여 상기 기계 학습을 수행할 수 있다.

[0010] 일 실시 예에 따르면, 상기 결함 이력 데이터는 지정된 시간 동안 상기 상하수도 시설물로부터 검출된 상기 상하수도 시설물의 결함 이미지 데이터를 포함하는 데이터이고, 상기 실시간 이미지 데이터는 상기 결함 이력 데이터가 상기 결함 검출 데이터 세트 저장부에 저장된 이후에 상기 상하수도 시설물로부터 획득되는 데이터일 수 있다.

[0011] 일 실시 예에 따르면, 상기 결함 검출 모듈은 상기 실시간 이미지 데이터에서 상기 적어도 하나의 관심 영역에 대응하는 영역을 상기 적어도 하나의 관심 영역과 비교한 결과에 기반하여, 상기 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되었는지 여부를 결정할 수 있다.

[0012] 일 실시 예에 따르면, 상술한 상하수도 시설물 결함 시스템에 기반하는 상하수도 시설물 결함 검출 방법은 상하수도 시설물과 관련된 적어도 하나의 결함 예측 데이터 및 상기 상하수도 시설물과 관련된 적어도 하나의 결함 이력 데이터를 저장하는 단계, 상기 적어도 하나의 결함 예측 데이터에 대응하는 3D 모델 데이터에 기반하여, 적어도 하나의 예측 이미지 데이터를 생성하는 단계, 상기 적어도 하나의 예측 이미지 데이터를 상기 적어도 하나의 결함 이력 데이터와 연관지어 기계 학습(machine learning)하는 단계, 및 상기 신경망 생성부에 기반하여, 상기 상하수도 시설물로부터 획득되는 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되었는지 여부를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 일 실시 예에 따르면, 상기 저장하는 단계는, 상기 상하수도 시설물의 결함과 관련된 위험도에 기반하여 상기

적어도 하나의 결함 예측 데이터를 적어도 하나의 데이터 세트에 저장할 수 있다.

- [0014] 일 실시 예에 따르면, 상기 생성하는 단계는, 적어도 하나의 관심 영역을 포함하도록 상기 적어도 하나의 예측 이미지 데이터를 생성할 수 있다.
- [0015] 일 실시 예에 따르면, 상기 기계 학습하는 단계는, 합성곱 신경망에 기반하여 상기 기계 학습을 수행할 수 있다.
- [0016] 일 실시 예에 따르면, 상기 결함 이력 데이터는 지정된 시간 동안 상기 상하수도 시설물로부터 검출된 상기 상하수도 시설물의 결함 이미지 데이터를 포함하는 데이터이고, 상기 실시간 이미지 데이터는 상기 결함 이력 데이터가 저장된 이후에 상기 상하수도 시설물로부터 획득되는 데이터일 수 있다.
- [0017] 일 실시 예에 따르면, 상기 결정하는 단계는, 상기 실시간 이미지 데이터에서 상기 적어도 하나의 관심 영역에 대응하는 영역을 상기 적어도 하나의 관심 영역과 비교한 결과에 기반하여, 상기 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되었는지 여부를 결정할 수 있다.

### 발명의 효과

- [0018] 본 문서에 개시되는 다양한 실시 예에 따른 상하수도 시설물 결함 검출 방법 및 이를 지원하는 결함 검출 시스템은 상하수도 시설물 내부를 촬영한 이미지로부터 상하수도 시설물 내부의 구조적 결함을 실시간으로 검출함으로써, 사후 결함 검출에 따른 사용자 의존도를 줄일 수 있다.
- [0019] 또한 본 문서에 개시되는 다양한 실시 예에 따르면, 상하수도 시설물 내부를 촬영한 이미지 중 결함이 예측되는 부분을 학습 모델에 기반하여 능동적으로 검출함으로써, 인건비 감소 및 시간 단축 등 상하수도 시설물 관리의 효율성을 높일 수 있을 뿐만 아니라 상하수도 시설물 내부의 구조적 결함을 검출하는 기능에 대한 높은 신뢰성을 제공할 수 있다.
- [0020] 이 외에도 본 문서를 통해 직접적 또는 간접적으로 파악되는 다양한 효과가 제공될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 일 실시 예에 따른 상하수도 시설물 결함 검출 시스템의 블록도이다.
  - 도 2는 일 실시 예에 따른 상하수도 시설물 결함 검출 방법을 도시한 흐름도이다.
  - 도 3은 다양한 실시 예에 따른 상하수도 시설물 결함 검출 방법을 구성요소들 간의 데이터 송수신 관계에 따라 도시한 도면이다.
  - 도 4는 다양한 실시 예에 따른 상하수도 시설물 결함 검출 방법과 관련된 일련의 과정을 예시적으로 도시한 도면이다.
- 도면의 설명과 관련하여, 동일 또는 대응되는 구성요소에 대해서는 동일한 참조 번호가 부여될 수 있다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 이하에서 동일한 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.
- [0023] 비록 제1, 제2 등이 다양한 소자, 구성요소 및/또는 섹션들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 소자, 구성요소 및/또는 섹션들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 소자, 구성요소 또는 섹션들을 다른 소자, 구성요소 또는 섹션들과 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 소자, 제1 구성요소 또는 제1 섹션은 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 소자, 제2 구성요소 또는 제2 섹션일 수도 있음은 물론이다.
- [0024] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다

(comprises)" 및/또는 "이루어지다(made of)"는 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

- [0025] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0026] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 구성에 대하여 상세히 설명한다.
- [0028] 도 1은 일 실시 예에 따른 상하수도 시설물 결함 검출 시스템의 블록도이다.
- [0029] 도 1을 참조하면, 일 실시 예에 따른 상하수도 시설물 결함 검출 시스템(100)(이하, 결함 검출 시스템(100))은 상하수도 시설물의 배관 등에 발생한 구조적 결함을 검출하기 위하여, 결함 검출 데이터 세트 저장부(110), 이미지 변환부(120), 신경망 생성부(130) 및 결함 검출 모듈(140)을 포함할 수 있다. 이러한 결함 검출 시스템(100)은 네트워크(예: 근거리 무선 통신 네트워크 또는 원거리 무선 통신 네트워크)를 통하여 3D 모델링 장치(199)와 연결될 수 있다. 다양한 실시 예에서, 결함 검출 시스템(100)은 3D 모델링 장치(199)와 통합되어 하나의 시스템으로 구성될 수도 있다. 다양한 실시 예에서, 결함 검출 시스템(100)은 "상하수도"의 표현에 기능 및/또는 활용 범위가 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 결함 검출 시스템(100)은 지정된 구조의 형상을 포함하는 다양한 시설물 또는 매설물 등의 구조적 결함을 검출하기 위하여 이용될 수 있다.
- [0030] 일 실시 예에 따르면, 결함 검출 데이터 세트 저장부(110)(이하, 저장부(110))(예: 메모리)에는 상하수도 시설물에 발생한 구조적 결함을 검출하기 위한 다양한 데이터가 저장될 수 있다. 예를 들어, 저장부(110)에는 결함 예측 데이터 세트(111) 및 결함 이력 데이터 세트(112)가 저장될 수 있다.
- [0031] 일 실시 예에서, 결함 예측 데이터 세트(111)에는 상하수도 시설물의 결함 예측과 관련된 데이터가 포함될 수 있다. 예를 들어, 결함 검출 시스템(100)은 상하수도 시설물의 결함 상태(예: 균열 및/또는 관 이탈)를 가정한 다양한 시나리오들을 선정하고, 선정된 시나리오들을 평가 기준(예: 시설물 성능 평가 및/또는 정밀안전진단 평가)에 따라 분류하여, 각각의 평가 기준과 이에 해당하는 결함 예측 데이터를 결함 예측 데이터 세트로써 매핑(mapping)할 수 있다. 이러한 매핑 결과에 따라, 결함 예측 데이터 세트(111)에는 복수의 평가 기준(예: 위험도 상중하 기준) 각각에 대응하는 결함 예측 데이터가 포함될 수 있다.
- [0032] 일 실시 예에서, 결함 이력 데이터 세트(112)에는 상하수도 시설물의 결함 이력과 관련된 데이터가 포함될 수 있다. 예를 들어, 결함 이력 데이터 세트(112)에는 상하수도 시설물의 운용 기간 동안 상기 상하수도 시설물로부터 검출된 결함 이미지 데이터가 포함될 수 있다. 상기 검출된 결함 이미지 데이터는 상술한 결함 예측 데이터 세트(111)에서 활용된 상기 시나리오들의 결함 상태와 지정된 유사도를 가질 수 있다.
- [0033] 다양한 실시 예에 따르면, 저장부(110)는 적어도 하나의 프로세서(미도시)와 전기적으로 연결될 수 있다. 저장부(110)에는 결함 검출 시스템(100)을 동작시키기 위한 다양한 프로그램들, 적어도 하나의 프로세서를 동작시키기 위한 다양한 명령 및/또는 인스트럭션들이 저장될 수 있다.
- [0034] 일 실시 예에 따르면, 이미지 변환부(120)는 결함 예측 데이터에 대응하는 3D 모델 데이터에 기반하여, 예측 이미지 데이터를 생성할 수 있다. 예를 들어, 이미지 변환부(120)는 3D 모델링 장치(199)를 이용하여 제작된 결함 예측 데이터 세트(111)의 3D 모델 데이터를 기반으로, 객체 좌표를 입력시키는 전처리 과정을 통해 상하수도 시설물의 결함을 예측하는 예측 이미지 데이터를 생성할 수 있다. 일 실시 예에서, 이미지 변환부(120)는 상기 전처리 과정을 수행할 때, 예측 이미지 데이터에 적어도 하나의 관심 영역(region of interest, ROI)이 포함되도록 할 수 있다. 상기 적어도 하나의 관심 영역은 예컨대 상하수도 시설물의 배관에서 균열이 발생한 것으로 가정한 특정 영역을 포함할 수 있다.
- [0035] 일 실시 예에 따르면, 신경망 생성부(130)는 결함 검출 데이터 세트(111) 및 결함 이력 데이터 세트(112)에 기반하여 기계 학습(machine learning)할 수 있다. 예를 들어, 신경망 생성부(130)는 이미지 변환부(120)를 통해 생성된 예측 이미지 데이터를 결함 이력 데이터 세트(112)에 포함된 결함 이미지 데이터와 연관지어 상기 기계 학습을 수행할 수 있다. 일 실시 예에서, 신경망 생성부(130)는 합성곱 신경망에 기반하여 상기 기계 학습을 수행할 수 있다.
- [0036] 다양한 실시 예에서, 신경망 생성부(130)의 기계 학습 알고리즘은 예컨대, 지도형 학습(supervised learning),

비지도형 학습(unsupervised learning), 준지도형 학습(semi-supervised learning), 강화 학습(reinforcement learning), 또는 회귀 학습(regression learning)을 포함할 수 있으나, 전술한 예에 한정되지 않는다. 상기 신경망 생성부(130)의 기계 학습 알고리즘은 복수의 인공 신경망 레이어들을 포함할 수 있다. 인공 신경망은 심층 신경망(DNN: deep neural network), CNN(convolutional neural network), RNN(recurrent neural network), RBM(restricted boltzmann machine), DBN(deep belief network), BRDNN(bidirectional recurrent deep neural network), 심층 Q-네트워크(deep Q-networks) 또는 상기 중 둘 이상의 조합 중 하나일 수 있으나, 전술한 예에 한정되지 않는다. 신경망 생성부(130)는 하드웨어 구조 이외에, 추가적으로 또는 대체적으로, 소프트웨어 구조를 포함할 수 있다.

[0037] 일 실시 예에 따르면, 결함 검출 모듈(140)은 상하수도 시설물로부터 획득되는 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되었는지 여부를 결정할 수 있다. 예를 들어, 결함 검출 모듈(140)은 탐사 장치(예: 인텔리전트 피그)를 이용하여 실시간 이미지 데이터를 수신하면, 상기 실시간 이미지 데이터에서, 결함 예측 이미지의 관심 영역에 대응하는 영역을 상기 관심 영역과 비교한 결과에 기반하여, 상기 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되었는지 여부를 결정할 수 있다. 상기 실시간 이미지 데이터는 결함 이력 데이터 세트(112)가 저장부(110)에 저장된 시점 이후에 상하수도 시설물로부터 획득되는 데이터일 수 있다.

[0038] 다양한 실시 예에 따르면, 상술한 결함 검출 시스템(100) 내 적어도 하나의 구성요소들의 동작(또는 기능)은 적어도 하나의 프로세서에 의하여 수행될 수 있다.

[0039] 다양한 실시 예에 따르면, 적어도 하나의 프로세서는 메모리(미도시)로부터 명령(command) 또는 인스트럭션들(instructions)을 수신하고, 수신된 명령 또는 인스트럭션들에 따라 각 구성요소들을 제어하여, 다양한 기능들을 수행할 수 있다. 적어도 하나의 프로세서는 중앙 처리 장치(central processing unit, CPU), 마이크로 컨트롤 유닛(micro control unit, MCU), 마이크로 프로세서 유닛(micro processor unit, MPU) 등으로 구현될 수 있다.

[0041] 도 2는 일 실시 예에 따른 상하수도 시설물 결함 검출 방법을 도시한 흐름도이다.

[0042] 단계 S210을 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 상하수도 시설물과 관련된 적어도 하나의 결함 예측 데이터 및 적어도 하나의 결함 이력 데이터가 저장부(110)에 저장될 수 있다. 예를 들어, 상기 저장부(110)에는 결함 예측 데이터 세트(111) 및 결함 이력 데이터 세트(112)가 저장될 수 있다. 결함 예측 데이터 세트(111)는 복수의 평가 기준(예: 위험도 상중하 기준) 각각에 대응하는 결함 예측 데이터가 포함될 수 있다. 결함 이력 데이터 세트(112)에는 상하수도 시설물의 운용 기간 동안 상기 상하수도 시설물로부터 검출된 결함 이미지 데이터가 포함될 수 있다.

[0043] 단계 S210을 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 적어도 하나의 결함 예측 데이터에 대응하는 3D 모델 데이터에 기반하여 적어도 하나의 예측 이미지 데이터를 생성할 수 있다. 예를 들어, 이미지 변환부(120)는 3D 모델링 장치(199)를 이용하여 제작된 결함 예측 데이터 세트(111)의 3D 모델 데이터를 기반으로, 객체 좌표를 입력시키는 전처리 과정을 통해 상하수도 시설물의 결함을 예측하는 예측 이미지 데이터를 생성할 수 있다. 일 실시 예에서, 이미지 변환부(120)는 상기 전처리 과정을 수행할 때, 예측 이미지 데이터에 적어도 하나의 관심 영역(region of interest, ROI)이 포함되도록 할 수 있다. 상기 적어도 하나의 관심 영역은 예컨대 상하수도 시설물의 배관에서 균열이 발생된 것으로 가정한 특정 영역을 포함할 수 있다.

[0044] 단계 S230을 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 적어도 하나의 예측 이미지 데이터를 적어도 하나의 결함 이력 데이터와 연관지어 기계 학습할 수 있다. 예를 들어, 신경망 생성부(130)는 이미지 변환부(120)를 통해 생성된 예측 이미지 데이터를 결함 이력 데이터 세트(112)에 포함된 결함 이미지 데이터와 연관지어 상기 기계 학습을 수행할 수 있다.

[0045] 단계 240을 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 상하수도 시설물로부터 획득되는 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되었는지 여부를 결정할 수 있다. 예를 들어, 결함 검출 모듈(140)은 탐사 장치(예: 인텔리전트 피그)를 이용하여 실시간 이미지 데이터를 수신하면, 상기 실시간 이미지 데이터에서, 결함 예측 이미지의 관심 영역에 대응하는 영역을 상기 관심 영역과 비교한 결과에 기반하여, 상기 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되었는지 여부를 결정할 수 있다.

- [0046] 다양한 실시 예에 따르면, 단계 S210 내지 단계 S240은 지정된 주기(예: 10분)마다 반복적으로 수행될 수 있다.
- [0048] 도 3은 다양한 실시 예에 따른 상하수도 시설물 결함 검출 방법을 구성요소들 간의 데이터 송수신 관계에 따라 도시한 도면이다.
- [0049] 도 3을 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 상하수도 시설물(101) 및 3D 모델링 장치(199)(예: 3D 프린터) 사이에서 데이터들을 송신 및/또는 수신하여, 상하수도 시설물(101)의 구조적 결함을 검출할 수 있다.
- [0050] 단계 S311을 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 상하수도 시설물과 관련된 다양한 결함 시나리오를 설정할 수 있다. 예를 들어, 결함 검출 시스템(100)은 상하수도 시설물의 결함 상태(예: 균열 및/또는 관 이탈)를 가정한 다양한 시나리오들을 선정할 수 있다.
- [0051] 단계 S312를 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 결함 예측 데이터 세트(111)를 저장부(110)에 저장할 수 있다. 예를 들어, 결함 검출 시스템(100)은 상기 단계 S311에서 선정된 시나리오들을 평가 기준(예: 시설물 성능 평가 및/또는 정밀안전진단 평가)에 따라 분류하여, 각각의 평가 기준과 이에 해당하는 결함 예측 데이터를 결함 예측 데이터 세트로써 매핑(mapping)할 수 있다. 이러한 매핑 결과에 따라, 결함 예측 데이터 세트(111)에는 복수의 평가 기준(예: 위험도 상중하 기준) 각각에 대응하는 결함 예측 데이터가 포함될 수 있다.
- [0052] 단계 S313을 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 상기 단계 S312에서 저장부(110)에 저장된 결함 예측 데이터를 3D 모델링 장치(199)로 전송할 수 있다.
- [0053] 단계 S314를 참조하면, 3D 모델링 장치(199)는 결함 검출 시스템(100)으로부터 결함 예측 데이터를 수신할 수 있다.
- [0054] 단계 S315를 참조하면, 3D 모델링 장치(199)는 상기 단계 S314에서 수신된 결함 예측 데이터에 기반하여 3D 모델을 생성할 수 있다. 상기 생성된 3D 모델은 컴퓨터 프로그램에 의하여 설계된 3D 도면 또는 실제 출력된 3D 모형 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0055] 단계 S316을 참조하면, 3D 모델링 장치(199)는 상기 단계 S315에서 생성된 3D 모델에 해당하는 3D 모델 데이터를 결함 검출 시스템(100)으로 전송할 수 있다.
- [0056] 단계 S317을 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 3D 모델링 장치(199)로부터 3D 모델 데이터를 수신할 수 있다.
- [0057] 단계 S318을 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 상기 단계 S317에서 수신된 3D 모델 데이터에 기반하여 예측 이미지 데이터를 생성할 수 있다. 예를 들어, 이미지 변환부(120)는 3D 모델링 장치(199)를 이용하여 제작된 결함 예측 데이터 세트(111)의 3D 모델 데이터를 기반으로, 객체 좌표를 입력시키는 전처리 과정을 통해 상하수도 시설물의 결함을 예측하는 예측 이미지 데이터를 생성할 수 있다.
- [0058] 단계 S319를 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 기계 학습을 통한 신경망에 기반하여 결함 검출 모듈(140)을 생성할 수 있다. 예를 들어, 신경망 생성부(130)는 이미지 변환부(120)를 통해 생성된 예측 이미지 데이터를 결함 이력 데이터 세트(112)에 포함된 결함 이미지 데이터와 연관지어 상기 기계 학습을 수행함으로써, 결함 검출 모듈(140)을 설계할 수 있다.
- [0059] 단계 S320을 참조하면, 상하수도 시설물(101)은 시설물 내부의 실시간 이미지 데이터를 획득할 수 있다. 상기 실시간 이미지 데이터는 예컨대 탐사 장치(예: 인텔리전트 피그)를 이용하여 촬영된 이미지일 수 있다.
- [0060] 단계 S321을 참조하면, 상하수도 시설물(101)은 상기 단계 S321에서 획득된 실시간 이미지 데이터를 결함 검출 시스템(100)으로 전송할 수 있다.
- [0061] 단계 S322를 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 상하수도 시설물(101)로부터 실시간 이미지 데이터를 수신할 수 있다.
- [0062] 단계 S323을 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 상기 단계 S322에서 수신된 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되어있는지 여부를 결정할 수 있다. 예를 들어, 결함 검출 모듈(140)은 상기 실시간 이미지 데이터에서, 결함 예측 이미지의 관심 영역에 대응하는 영역을 상기 관심 영역과 비교한 결과에 기반하여, 상기 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되어있는지 여부를 결정할 수 있다. 상기 비교의 기준은 지정된 유사도(예: 70% 이상의 유사도)를 벗어나는지 여부를 포함할 수 있다.

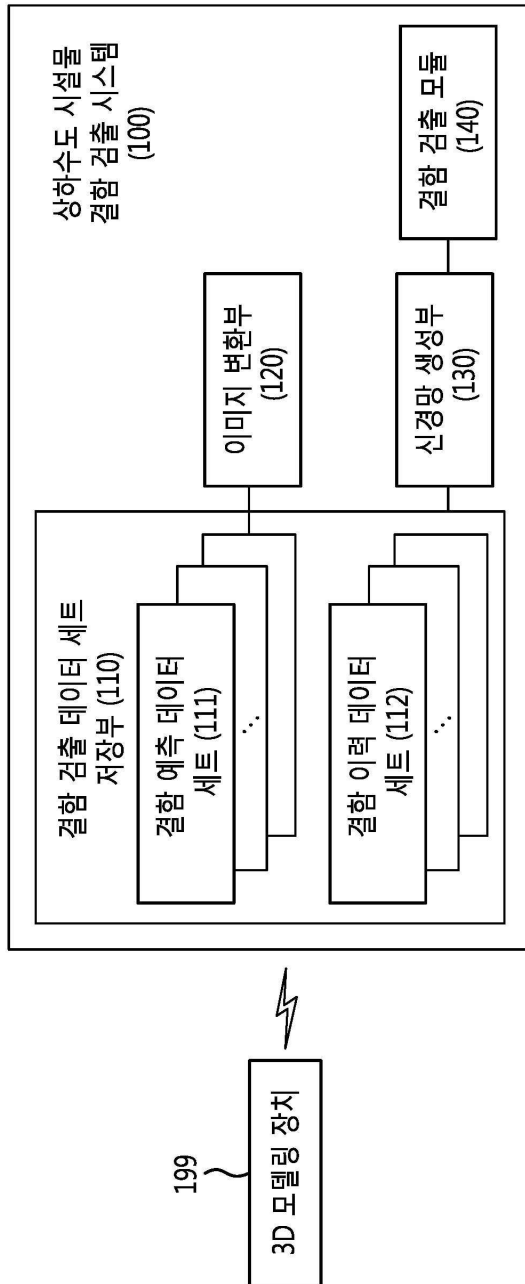
- [0064] 도 4는 다양한 실시 예에 따른 상하수도 시설물 결함 검출 방법과 관련된 일련의 과정을 예시적으로 도시한 도면이다.
- [0065] 제1 상태(400a)를 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 상하수도 시설물의 결함 상태(예: 균열 및/또는 관 이탈)를 가정한 다양한 시나리오들을 선정할 수 있다. 상기 시나리오들은 예컨대 제1 크기(또는 길이)의 제1 균열 상태(401a) 및 제1 크기보다 큰 제2 크기(또는 길이)의 제2 균열 상태(401b) 등 다양한 결함 상태를 포함할 수 있다.
- [0066] 제2 상태(400b)를 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 3D 모델링 장치(199)를 이용하여 3D 모델을 생성할 수 있다. 예를 들어, 3D 모델링 장치(199)는 제1 상태(400a)에서 선정된 시나리오들 중 적어도 하나에 대응하는 결함 예측 데이터(402a)에 기반하여 3D 모델(402b)을 생성할 수 있다. 상기 생성된 3D 모델은 컴퓨터 프로그램에 의하여 설계된 3D 도면 또는 실제 출력된 3D 모형 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0067] 제3 상태(400c)를 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 결함 예측 데이터에 대응하는 3D 모델 데이터에 기반하여, 예측 이미지 데이터를 생성할 수 있다. 예를 들어, 이미지 변환부(120)는 3D 모델링 장치(199)를 이용하여 제작된 결함 예측 데이터 세트(111)의 3D 모델 데이터를 기반으로, 객체 좌표를 입력시키는 전처리 과정(403a)을 통해 상하수도 시설물의 결함을 예측하는 예측 이미지 데이터를 생성할 수 있다.
- [0068] 제4 상태(400d)를 참조하면, 결함 검출 시스템(100)은 상하수도 시설물(101)로부터 획득되는 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되었는지 여부를 결정할 수 있다. 예를 들어, 결함 검출 모듈(140)은 탐사 장치(예: 인텔리전트 피그)를 이용하여 실시간 이미지 데이터를 수신하면, 상기 실시간 이미지 데이터에서, 결함 예측 이미지의 관심 영역(404a, 404b)에 대응하는 영역을 상기 관심 영역과 비교한 결과에 기반하여, 상기 실시간 이미지 데이터에 결함이 포함되었는지 여부를 결정할 수 있다.
- [0070] 이상과 같이 본 발명의 도시된 실시 예를 참고하여 설명하고 있으나, 이는 예시적인 것들에 불과하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 요지 및 범위에 벗어나지 않으면서도 다양한 변형, 변경 및 균등한 다양한 타 실시 예들이 가능하다는 것을 명백하게 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적인 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

### 부호의 설명

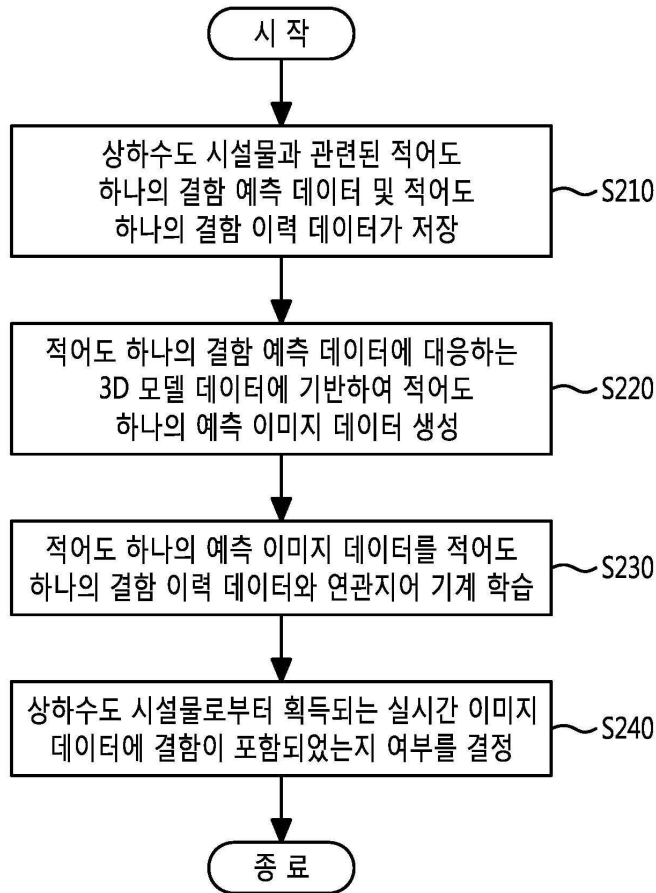
- [0071] 100: 상하수도 시설물 결함 검출 시스템
- 110: 결함 검출 데이터 세트 저장부
- 120: 이미지 변환부
- 130: 신경망 생성부
- 140: 결함 검출 모듈
- 199: 3D 모델링 장치

도면

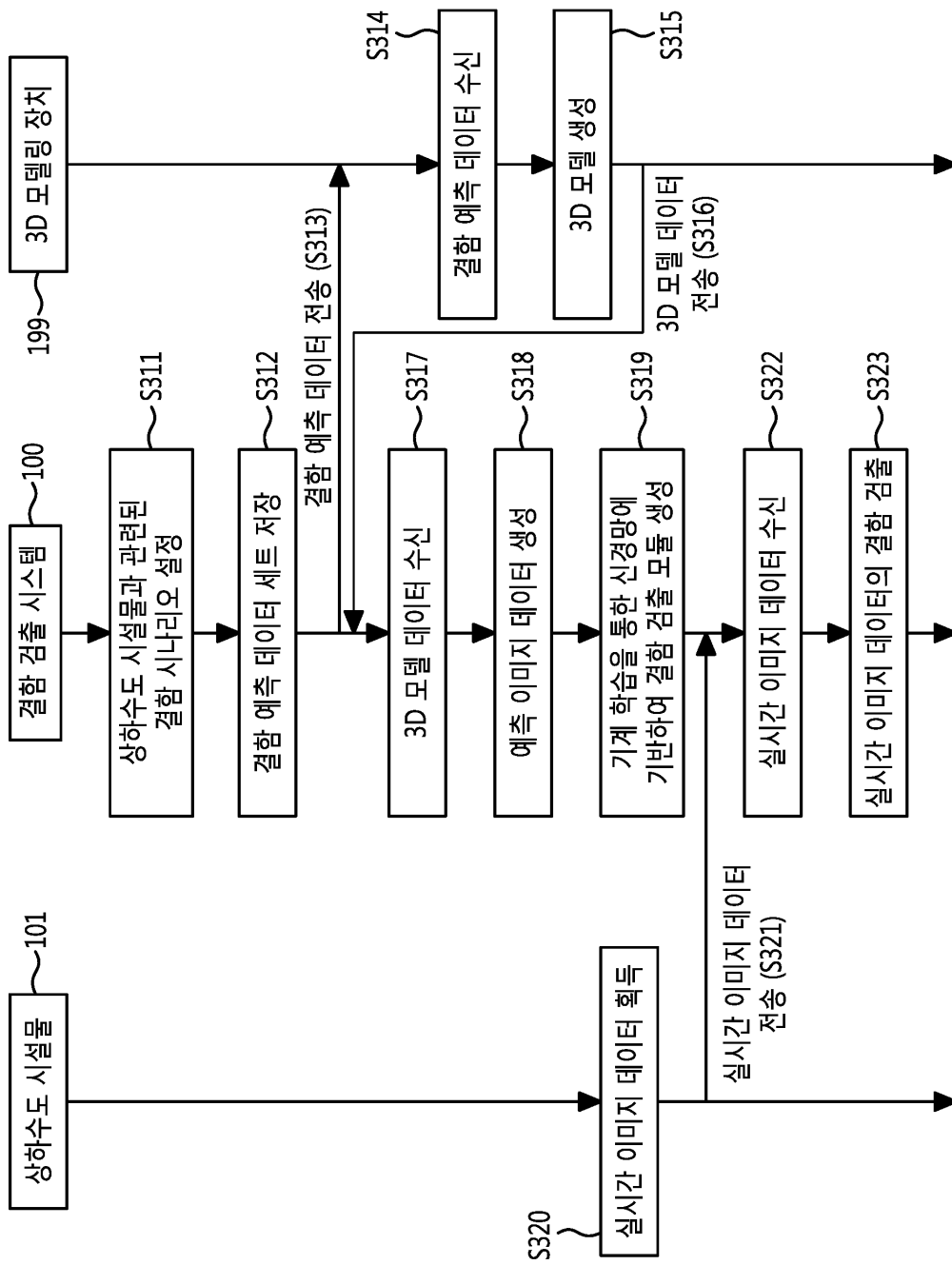
도면1



도면2



도면3



도면4

