



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0124886
(43) 공개일자 2022년09월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06N 3/08 (2006.01) G06N 3/04 (2006.01)
G06Q 50/10 (2012.01) G06T 7/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G06N 3/08 (2013.01)
G06N 3/049 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0028543
(22) 출원일자 2021년03월04일
심사청구일자 2021년03월04일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
안윤규
서울특별시 동대문구 장안벚꽃로 167, 217동 130
2호 (장안동, 래미안장안2차아파트)
강만성
서울특별시 중랑구 사가정로45길 3-8 (면목동)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

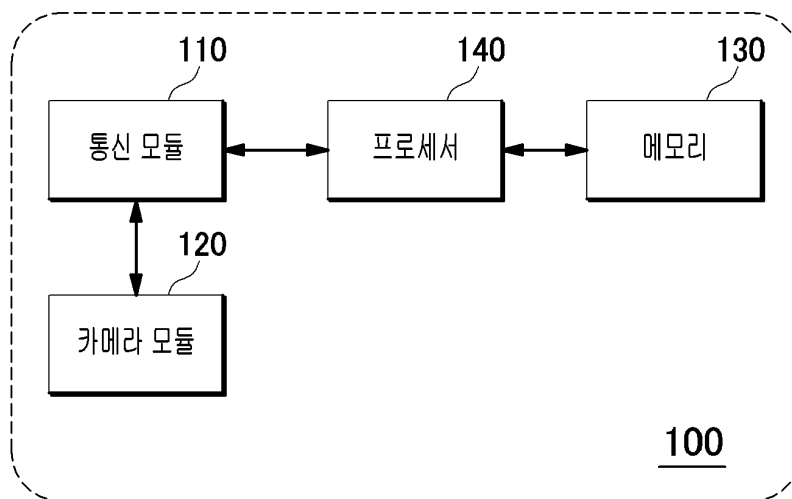
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 인공지능 학습 모델을 이용한 균열 성장 예측 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따르면, 대상 영역을 시계열적으로 촬영한 복수개의 시설물 이미지를 수신하는 통신 모듈, 상기 시설물 이미지를 분석하여 상기 시설물 이미지 내 균열 영역의 예측되는 성장 형태를 생성하는 균열 성장 예측 프로그램을 저장하는 메모리 및 상기 메모리에 저장된 균열성장 예측 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하는 균열 성장 예측 장치가 제공된다. 상기 균열 성장 예측 프로그램은, 딥러닝 기반의 균열 성장 예측 네트워크를 이용하여 시설물에 대한 이미지들로부터 분석 대상 균열 영역의 예측되는 성장 형태를 생성해 시설물의 관리 기준치에 도달하는 시점을 파악하여 시설물의 유지보수 및 관리 계획을 수립할 수 있으며, 상기 딥러닝 기반의 균열 성장 예측 네트워크는 대상체에 대하여 시간 순서에 따라 순차적으로 획득한 복수의 시계열적 균열 성장 데이터를 기초로 학습된다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06Q 50/10 (2015.01)

G06T 7/0002 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615011384
과제번호	152120
부처명	국토교통부
과제관리(전문)기관명	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	국토교통기술촉진연구(R&D)
연구과제명	인공지능 기반의 초고해상도 3D 디지털 외관조사망도 자동화 구축 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	세종대학교 산학협력단
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

인공지능 학습 모델을 이용하여 균열의 성장을 예측하는 장치에 있어서,

시설물의 대상 영역을 시계열적으로 촬영한 복수개의 시설물 이미지를 수신하는 통신 모듈;

상기 시설물 이미지를 분석하여 상기 시설물 이미지 내 균열 영역의 예측되는 성장 형태를 생성하는 균열 성장 예측 프로그램을 저장하는 메모리; 및

상기 메모리에 저장된 균열성장 예측 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하며,

상기 균열 성장 예측 프로그램은,

딥러닝 기반의 균열 성장 예측 네트워크를 이용하여 시설물에 대한 이미지들로부터 분석 대상 균열 영역의 예측되는 성장 형태를 생성하되,

상기 딥러닝 기반의 균열 성장 예측 네트워크는 대상체에 대하여 시간 순서에 따라 순차적으로 획득한 복수의 시계열적 균열 성장 데이터를 기초로 학습된 것인, 균열 성장 예측 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 균열 성장 예측 프로그램은,

상기 시설물 이미지 내 균열 부분을 포함하는 분석 대상 균열 영역을 설정하고, 상기 시설물 이미지로부터 상기 분석 대상 균열 영역에 대한 시계열적 균열 정보를 추출하고, 그리고, 상기 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크를 이용하여 상기 시계열적 균열 정보에 따라 예측되는 상기 분석 대상 균열 영역의 성장 형태를 생성하는 것을 수행하도록 구성되는, 균열 성장 예측 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 균열 성장 예측 프로그램은,

시설물에 대한 이미지들로부터 이미지 내 균열 부분을 추출하도록 학습된 인공지능 모델을 통해, 상기 복수의 시계열적 균열 성장 데이터를 기초로 학습된 상기 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크를 생성하는 것을 더 수행하도록 구성되는, 균열 성장 예측 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 균열 성장 예측 프로그램은,

상기 시설물 이미지 내 균열 부분을 포함하는 복수개의 균열 영역들을 설정하고, 상기 복수개의 균열 영역들 중 기설정된 두께값 이상의 두께를 갖는 균열 부분을 포함하는 균열 영역을 상기 분석 대상 균열 영역으로 설정하는 것을 더 수행하도록 구성되는, 균열 성장 예측 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 시계열적 균열 정보는 상기 분석 대상 균열 영역이 포함하는 균열 부분의 시계열적 외형 정보, 두께 정보 및 길이 정보 중 적어도 하나를 포함하는, 균열 성장 예측 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크는 순환 신경망 구조를 갖는, 균열 성장 예측 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 시설물 이미지는 제1 시점에 촬영된 제1 시설물 이미지와 제1 시점으로부터 일정 시간 이후의 제2 시점에 촬영된 제2 시설물 이미지를 포함하고,

상기 시계열적 균열 정보는 상기 제1 시설물 이미지로부터 추출되는 상기 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 제1 두께 및 상기 제2 시설물 이미지로부터 추출되는 상기 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 제2 두께를 포함하며,

상기 균열 성장 예측 프로그램은,

상기 제1 두께로부터 상기 제2 시점에 예측되는 상기 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 예측 두께를 산출하고, 상기 제2 두께와 상기 예측 두께 간의 차이를 이용하여 상기 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크를 학습시키는 것을 더 수행하도록 구성되는, 균열 성장 예측 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 균열 성장 예측 프로그램은,

상기 분석 대상 균열 영역의 예측되는 성장 형태 중 상기 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 예측되는 두께가 기설정된 임계값 이상이 되는 시점을 산출하는 단계를 것을 더 수행하도록 구성되는, 균열 성장 예측 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 균열 성장 예측 프로그램은,

상기 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 시점별 예측되는 두께에 대한 데이터 정량화를 더 수행하도록 구성되는, 균열 성장 예측 장치.

청구항 10

인공지능 네트워크를 이용하여 균열의 성장을 예측하는 방법에 있어서,

(a) 시설물의 대상 영역을 시계열적으로 촬영한 복수개의 시설물 이미지 내 균열 부분을 포함하는 분석 대상 균열 영역을 설정하는 단계;

(b) 상기 시설물 이미지로부터 상기 분석 대상 균열 영역에 대한 시계열적 균열 정보를 추출하는 단계; 및

(c) 대상체에 대하여 시간 순서에 따라 순차적으로 획득한 복수의 시계열적 균열 성장 데이터를 기초로 학습된 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크를 이용하여, 상기 시계열적 균열 정보에 따라 예측되는 상기 분석 대상 균열 영역의 성장 형태를 생성하는 단계를 포함하는, 균열 성장 예측 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 (a) 단계 이전에,

시설물에 대한 이미지들로부터 이미지 내 균열 부분을 추출하도록 학습된 인공지능 모델을 통해, 상기 복수의 시계열적 균열 성장 데이터를 기초로 학습된 상기 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크를 생성하는 단계를 더

포함하는, 균열 성장 예측 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 (a) 단계는,

상기 시설물 이미지 내 균열 부분을 포함하는 복수개의 균열 영역들을 설정하는 단계; 및

상기 복수개의 균열 영역들 중 기설정된 두께값 이상의 두께를 갖는 균열 부분을 포함하는 균열 영역을 상기 분석 대상 균열 영역으로 설정하는 단계를 포함하는, 균열 성장 예측 방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 (b) 단계에서, 상기 시계열적 균열 정보는 상기 분석 대상 균열 영역이 포함하는 균열 부분의 시계열적 외형 정보, 두께 정보 및 길이 정보 중 적어도 하나를 포함하는, 균열 성장 예측 방법.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크는 순환 신경망 구조를 갖는, 균열 성장 예측 방법.

청구항 15

제10항에 있어서,

상기 시설물 이미지는 제1 시점에 촬영된 제1 시설물 이미지와 제1 시점으로부터 일정 시간 이후의 제2 시점에 촬영된 제2 시설물 이미지를 포함하고,

상기 시계열적 균열 정보는 상기 제1 시설물 이미지로부터 추출되는 상기 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 제1 두께 및 상기 제2 시설물 이미지로부터 추출되는 상기 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 제2 두께를 포함하며,

상기 (c) 단계는,

상기 제1 두께로부터 상기 제2 시점에 예측되는 상기 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 예측 두께를 산출하는 단계; 및

상기 제2 두께와 상기 예측 두께 간의 차이를 이용하여 상기 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크를 학습시키는 단계를 포함하는, 균열 성장 예측 방법.

청구항 16

제10항에 있어서,

(d) 상기 분석 대상 균열 영역의 예측되는 성장 형태 중 상기 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 예측되는 두께가 기설정된 임계값 이상이 되는 시점을 산출하는 단계를 더 포함하는, 균열 성장 예측 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 (d) 단계는,

상기 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 시점별 예측되는 두께에 대한 데이터 정량화를 수행하는 단계를 더 포함하는, 균열 성장 예측 방법.

청구항 18

제10항 내지 제17항 중 어느 한 항에 따른 균열 성장 예측 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 기록된 비

일시적 컴퓨터 판독가능 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 인공 지능 학습 모델을 이용한 균열 성장 예측 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 유지 보수 대상 지역의 이미지 데이터로부터 균열 정보를 추출하여 균열의 성장을 예측하고 유지 보수 시기를 계획할 수 있도록 하는 균열 성장 예측 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 시설물의 유지 관리는 국가의 주요 자산 중 하나인 사회간접자본(SOC)의 수명을 늘려 효율적인 사용을 가능하게 하고, 미래의 경제적 부담을 줄일 수 있으며, 폐기물을 줄여 환경보전에도 이바지할 수 있다. 시설물의 유지보수에 필요한 예산과 인력은 제한적이므로 관리주체의 입장에서 효율적인 유지보수를 위한 계획 수립은 매우 중요하다.

[0003] 일반적으로 시설물 안전관리에 관한 특별법에 정한 주기나 수준에 의해 시설물의 점검 및 진단이 수행된다. 이러한 과정에서 시설물의 균열을 확인하는 외관조사는 육안에 의존하여 수행되고 있는 실정이다. 그러나, 육안에 의한 조사는 시설물 점검자의 주관에 따라 상이한 결과를 나타내어 부정확할 뿐만 아니라, 진단 항목 누락, 오류 등의 문제점을 갖는다.

[0004] 특히, 육안에 의한 시설물 조사의 경우 관리기준치에 미달하는 미세한 균열은 정상으로 판단하는 경우가 빈번해, 그 균열의 크기가 결국 증대해져서 대형사고로 이어질 수 있다. 따라서, 시설물의 균열을 주기적으로 관찰하고, 균열의 성장을 예측하여 유지보수 시기를 계획할 수 있으며, 객관성이 담보되는 방법이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 유지 보수 대상 지역의 이미지 데이터로부터 균열 정보를 추출하여 균열의 성장을 예측하고 유지 보수 시기를 계획할 수 있도록 하는 균열 성장 예측 장치 및 방법에 관한 것이다.

[0006] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제들은 상기한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 이하의 설명으로부터 본 발명의 또 다른 기술적 과제들이 도출될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상술한 기술적 과제를 해결하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 제1 측면에 따른 인공지능 학습 모델을 이용하여 균열의 성장을 예측하는 장치는, 시설물의 대상 영역을 시계열적으로 촬영한 복수개의 시설물 이미지를 수신하는 통신 모듈, 상기 시설물 이미지를 분석하여 상기 시설물 이미지 내 균열 영역의 예측되는 성장 형태를 생성하는 균열 성장 예측 프로그램을 저장하는 메모리 및 상기 메모리에 저장된 균열성장 예측 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함한다. 상기 균열 성장 예측 프로그램은, 딥러닝 기반의 균열 성장 예측 네트워크를 이용하여 시설물에 대한 이미지들로부터 분석 대상 균열 영역의 예측되는 성장 형태를 생성하되, 상기 딥러닝 기반의 균열 성장 예측 네트워크는 대상체에 대하여 시간 순서에 따라 순차적으로 획득한 복수의 시계열적 균열 성장 데이터를 기초로 학습된다.

[0008] 또한, 본 발명의 제2 측면에 따른 인공지능 네트워크를 이용하여 균열의 성장을 예측하는 방법은, 시설물의 대상 영역을 시계열적으로 촬영한 복수개의 시설물 이미지 내 균열 부분을 포함하는 분석 대상 균열 영역을 설정하는 단계, 상기 시설물 이미지로부터 상기 분석 대상 균열 영역에 대한 시계열적 균열 정보를 추출하는 단계, 그리고, 대상체에 대하여 시간 순서에 따라 순차적으로 획득한 복수의 시계열적 균열 성장 데이터를 기초로 학습된 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크를 이용하여, 상기 시계열적 균열 정보에 따라 예측되는 상기 분석 대상 균열 영역의 성장 형태를 생성하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0009] 진술한 본 발명의 과제 해결 수단에 의하면, 시설물의 균열에 대한 예측되는 성장 형태를 생성하여, 시설물 내 균열의 크기 및 두께를 정량적으로 예측할 수 있고, 예측된 균열의 크기가 시설물의 관리 기준치에 도달하는 시

점을 파악할 수 있으며, 이를 통해 시설물의 유지보수 및 관리 계획을 수립할 수 있다.

[0010] 본 발명의 효과들은 상술한 효과들로 제한되지 않으며, 이하의 기재로부터 이해되는 모든 효과들을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 균열 성장 예측 장치의 구성을 도시한 블록도이다.

도 2 내지 도 6은 도 1에 도시된 균열 성장 예측 장치를 통해 균열의 성장을 예측하는 과정을 설명하기 위해 도시한 도면들이다.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 균열 성장 예측 방법의 순서를 도시한 흐름도이다.

도 8 내지 도 10은 도 7에 도시된 균열 성장 예측 방법의 일부 단계들에 대한 세부 과정들을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다. 다만, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 여기에서 설명하는 실시예들로 한정되는 것은 아니다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 도면에 나타난 각 구성요소의 크기, 형태, 형상은 다양하게 변형될 수 있다. 명세서 전체에 대하여 동일/유사한 부분에 대해서는 동일/유사한 도면 부호를 붙였다.

[0013] 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부" 등은 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에 개시된 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략하였다.

[0014] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결(접속, 접촉 또는 결합)"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결(접속, 접촉 또는 결합)"되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 "간접적으로 연결(접속, 접촉 또는 결합)"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함(구비 또는 마련)"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 "포함(구비 또는 마련)"할 수 있다는 것을 의미한다.

[0015] 본 명세서에서 사용되는 제1, 제2 등과 같이 서수를 나타내는 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용되며, 구성 요소들의 순서나 관계를 제한하지 않는다. 예를 들어, 본 발명의 제1구성요소는 제2구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2구성요소도 제1구성 요소로 명명될 수 있다.

[0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 균열 성장 예측 장치(100)의 구성을 도시한 도면이다. 도 1을 참조하면, 균열 성장 예측 장치(100)는 인공지능 학습 모델을 이용하여 균열의 성장을 예측하는 장치로서, 통신 모듈(110) 및 프로세서(140)를 포함하여 구성되며, 카메라 모듈(120) 및 메모리(130)를 더 포함할 수 있다.

[0017] 균열 성장 예측 장치(100)는 네트워크를 통해 서버나 타 단말에 접속할 수 있는 컴퓨터나 휴대용 단말기로 구현될 수 있다. 여기서, 컴퓨터는 예를 들어, 웹 브라우저(WEB Browser)가 탑재된 노트북, 데스크톱(desktop), 랩톱(laptop) 등을 포함하고, 휴대용 단말기는 예를 들어, 휴대성과 이동성이 보장되는 무선 통신 장치로서, 여러 종류의 통신 기반 단말, 스마트폰, 태블릿 PC 등과 같은 모든 종류의 핸드헬드(Handheld) 기반의 무선 통신 장치를 포함할 수 있다. 또한, 네트워크는 근거리 통신망(Local Area Network; LAN), 광역 통신망(Wide Area Network; WAN) 또는 부가가치 통신망(Value Added Network; VAN) 등과 같은 유선 네트워크나 이동 통신망(mobile radio communication network) 또는 위성 통신망 등과 같은 모든 종류의 무선 네트워크로 구현될 수 있다.

[0018] 통신 모듈(110)은 시설물의 대상 영역을 시계열적으로 촬영한 복수개의 시설물 이미지를 수신한다. 복수개의 시설물 이미지는 카메라 모듈(120)로부터 촬영된 이미지일 수 있다. 통신 모듈(110)은 다른 네트워크 장치와 유무선 연결을 통해 제어 신호 또는 데이터 신호와 같은 신호를 송수신하기 위해 필요한 하드웨어 및 소프트웨어를 포함하는 장치를 포함할 수 있다.

[0019] 카메라 모듈(120)은 시설물의 대상 영역을 시계열적으로 촬영하여 복수개의 시설물 이미지를 획득하며, 획득한 이미지를 통신 모듈(110)로 전송한다. 시설물의 대상 영역이란 균열 성장 예측 장치(100)에 의해 설정되는 시설

물의 내부 또는 외부 벽면, 시설물 내부에 위치한 기둥 등 시설물과 관련된 구조물 일체를 의미하는 것으로 해석되어야 한다. 시계열적으로 촬영한 복수개의 시설물 이미지란 시간의 흐름에 따른 여러 시점들마다 대상 영역에 대해 동일한 각도와 거리에서 촬영된 이미지일 수 있다. 예컨대, 카메라 모듈(120)은 균열이 발생한 시설물의 중요도가 높은 부위를 특정 시간 간격마다 촬영하여 균열의 이미지를 획득할 수 있다. 이 때 획득된 이미지는 통신 모듈(110)로 전송될 수 있다.

[0020] 메모리(130)는 프로세서(140)에 의해 실행되는 균열 성장 예측 프로그램을 저장한다. 또한, 메모리(130)는 통신 모듈(110)로 입력되는 데이터, 프로세서(140)에 의해 수행되는 기능에 필요한 데이터 및 프로세서(140)의 실행에 따라 생성된 데이터 중 적어도 어느 하나를 저장하도록 구성된다. 메모리(130)는 전원이 공급되지 않아도 저장된 정보를 계속 유지하는 비휘발성 저장장치 및 저장된 정보를 유지하기 위하여 전력을 필요로 하는 휘발성 저장장치를 통칭하는 것으로 해석되어야 한다. 메모리(130)는 프로세서(140)가 처리하는 데이터를 일시적 또는 영구적으로 저장하는 기능을 수행할 수 있다. 메모리(130)는 저장된 정보를 유지하기 위하여 전력이 필요한 휘발성 저장장치 외에 자기 저장 매체(magnetic storage media) 또는 플래시 저장 매체(flash storage media)를 포함할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.

[0021] 프로세서(140)는 메모리(130)에 저장된 균열 성장 예측 프로그램을 실행한다. 프로세서(140)는 데이터를 제어 및 처리하는 다양한 종류의 장치들을 포함할 수 있다. 프로세서(140)는 프로그램 내에 포함된 코드 또는 명령으로 표현된 기능을 수행하기 위해 물리적으로 구조화된 회로를 갖는, 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치를 의미할 수 있다. 일 예에서, 프로세서(140)는 마이크로프로세서(microprocessor), 중앙처리장치(central processing unit: CPU), 프로세서 코어(processor core), 멀티프로세서(multiprocessor), ASIC(application-specific integrated circuit), FPGA(field programmable gate array) 등의 형태로 구현될 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.

[0022] 균열 성장 예측 프로그램은 딥러닝 기반의 균열 성장 예측 네트워크를 이용하여 시설물에 대한 이미지들로부터 분석 대상 균열 영역의 예측되는 성장 형태를 생성한다. 상기 딥러닝 기반의 균열 성장 예측 네트워크는 대상체에 대하여 시간 순서에 따라 순차적으로 획득한 복수의 시계열적 균열 성장 데이터를 기초로 학습된 모델이다.

[0023] 구체적으로, 균열 성장 예측 프로그램은 다음과 같은 기능들을 수행한다. 균열 성장 예측 프로그램은 통신 모듈(110)이 수신한 복수개의 시설물 이미지 내 균열 부분을 포함하는 분석 대상 균열 영역을 설정한다. 시설물 이미지에는 복수개의 균열 부분이 포함될 수 있고, 균열 부분 각각에 대하여 분석 대상 균열 영역이 설정될 수 있다.

[0024] 보다 상세하게는, 먼저, 균열 성장 예측 프로그램은 복수개의 시설물 이미지 내 균열 부분을 포함하는 복수개의 균열 영역들을 설정한다. 다음, 균열 성장 예측 프로그램은 복수개의 균열 영역들 중 기설정된 두께값 이상의 두께를 갖는 균열 부분을 포함하는 균열 영역을 분석 대상 균열 영역으로 설정할 수 있다. 일 예에서, 균열 성장 예측 프로그램은 두께가 1mm 이상인 균열 부분을 갖는 균열 영역을 분석 대상 균열 영역으로 설정할 수 있다. 다른 예에서, 균열 성장 예측 프로그램은 균열 부분들 중 가장 큰 두께를 갖는 균열 부분을 포함하는 균열 영역과 두번째로 큰 두께를 갖는 균열 부분을 포함하는 균열 영역 모두를 분석 대상 균열 영역으로 설정할 수 있다.

[0025] 균열 성장 예측 프로그램은, 시설물 이미지로부터 분석 대상 균열 영역에 대한 시계열적 균열 정보를 추출한다. 시계열적 균열 정보는 분석 대상 균열 영역이 포함하는 균열 부분의 시계열적 외형 정보, 두께 정보 및 길이 정보 중 적어도 하나를 포함한다. 여기서, 외형은 균열 부분의 전체 윤곽을 의미할 수 있다. 두께는 균열 부분 중 가장 큰 균열의 두께를 의미할 수 있다, 길이는 균열 부분의 일단과 끝단 사이의 길이를 의미할 수 있다. 일 예에서, 시계열적 균열 정보는 시설물의 특정 균열 부분에 대해 특정 시간 간격으로 촬영한 복수개의 이미지들로부터 획득한 특정 균열 부분에 대한 두께 및 길이를 포함할 수 있다.

[0026] 균열 성장 예측 프로그램은 시설물에 대한 이미지들로부터 이미지 내 균열 부분을 추출하도록 학습된 인공지능 모델을 생성할 수 있다. 균열 성장 예측 프로그램은 본 인공지능 모델을 이용하여 상술한 분석 대상 균열 영역을 설정하는 것과 시계열적 균열 정보를 추출하는 것을 수행할 수 있다.

[0027] 균열 성장 예측 프로그램은 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크를 이용하여 상기 시계열적 균열 정보에 따라 예측되는 분석 대상 균열 영역의 성장 형태를 생성한다. 상술한 바와 같이, 대상체에 대하여 시간 순서에 따라 순차적으로 획득한 복수의 시계열적 균열 성장 데이터를 기초로 학습된 딥러닝 기반의 균열 성장 예측 네트워크는 상기 시계열적 균열 정보 역시 학습하여 이에 따라 예측되는 분석 대상 균열 영역의 성장 형태를 생성할 수

있다. 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크는, 딥러닝 기반의 데이터 학습, 객체 분류, 이미지 데이터 분석, 특히 이미지 데이터로부터 객체 탐지를 위한 다양한 인공 신경망 모델을 포함하는 것으로 해석되어야 한다. 일 예에서, 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크는 순환 신경망 구조(RNN, Recurrent Neural Network)를 가질 수 있다.

[0028] 예컨대, 복수개의 시설물 이미지는 제1 시점에 촬영된 제1 시설물 이미지와 제1 시점으로부터 일정 시간 이후의 제2 시점에 촬영된 제2 시설물 이미지를 포함하고, 시계열적 균열 정보는 제1 시설물 이미지로부터 추출되는 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 제1 두께 및 제2 시설물 이미지로부터 추출되는 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 제2 두께를 포함하는 경우를 설명하도록 한다. 본 예에서, 균열 성장 예측 프로그램은, 제1 두께로부터 제2 시점에 예측되는 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 예측 두께를 산출하고, 제2 두께와 예측 두께 간의 차이를 이용하여 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크를 학습시킬 수 있다. 이와 같이, 균열 성장 예측 프로그램은 시계열적으로 획득한 균열 부분에 대한 이미지로부터 미래 시점의 균열 부분에 대해 예측되는 두께를 산출할 수 있다. 또한, 균열 성장 예측 프로그램은 실제로 해당 미래 시점의 균열 부분에 대한 이미지를 획득하고, 이로부터 추출된 균열의 두께와 기 예측한 두께를 비교하여 균열의 두께의 성장을 예측하는 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크를 생성할 수 있다.

[0029] 나아가, 균열 성장 예측 프로그램은, 분석 대상 균열 영역의 예측되는 성장 형태 중 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 예측되는 두께가 기설정된 임계값 이상이 되는 시점을 산출할 수 있다. 예컨대, 균열 성장 예측 프로그램은, 약 3개월 후 균열 부분의 두께가 관리기준치인 2mm 이상에 해당한다는 정보를 생성할 수 있다. 또한, 균열 성장 예측 프로그램은, 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 시점별 예측되는 두께에 대한 데이터 정량화를 수행할 수 있다. 데이터 정량화는 균열 부분의 이미지에 대한 이진화 처리를 통해 수행될 수 있다. 이 때, 균열 성장 예측 프로그램은 정량화된 예측 두께의 데이터를 시간별 그래프 형태로 나타낼 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 제한되는 것은 아니다. 일 예에서, 기설정된 임계값은 시설물의 관리기준치에 해당할 수 있다. 시설물 관리자는, 균열 성장 예측 프로그램에 의해 산출된 시점을 이용하여 시설물의 유지보수 및 관리 계획을 설정할 수 있다.

[0030] 도 2 내지 도 6은 도 1에 도시된 균열 성장 예측 장치를 통해 균열의 성장을 예측하는 과정을 설명하기 위해 도시한 도면들이다. 이하에서 앞서 설명한 도 1의 내용과 함께 도 2내지 도 6을 참조하여, 균열 성장 예측 장치(100)를 통해 균열의 성장을 예측하는 과정의 일 예를 설명하도록 한다.

[0031] 도 2에는 상술한 균열 성장 예측 장치(100)가 시계열적으로 시설물을 촬영하여 획득한 복수개의 시설물 이미지의 예시가 도시되어 있다. 균열 성장 예측 장치(100)는 카메라 모듈(120)을 이용하여 동일한 각도와 거리에서 균열 부분을 포함하는 시설물의 대상 영역에 대하여 일정 시간 간격마다 이미지를 획득할 수 있다. 일정 시간 간격은 1일로 설정될 수 있다. 210은 첫번째 시점($t=1$)에 획득된 이미지이고, 220은 첫번째 시점($t=1$)에 획득된 이미지로부터 하루가 지난 두번째 시점($t=2$)에 획득된 이미지이며, 230은 두번째 시점($t=2$)에 획득된 이미지로부터 하루가 지난 세번째 시점($t=3$)에 획득된 이미지이며 240은 세번째 시점($t=3$)에 획득된 이미지로부터 하루가 지난 네번째 시점($t=4$)에 획득된 이미지이다.

[0032] 도 3에는 상술한 균열 성장 예측 장치(100)가 기획득된 시설물 이미지로부터 균열 영역을 설정하고 균열 부분을 추출한 이미지의 예시가 도시되어 있다. 균열 성장 예측 장치(100)는 시설물 이미지(310)로부터 균열 부분을 포함하는 하나 이상의 균열 영역(311, 312)을 설정할 수 있다. 시설물 이미지(310)는 RGB의 형태로 균열 정보외에 발생할 수 있는 명암, 조도 그리고 휘도 변화 등 다양한 불확실성을 내포하고 있으므로, 균열 성장 예측 장치(100)는 불확실성을 줄이기 위해 딥러닝 기반의 네트워크를 적용하여 시설물 이미지(310)로부터 균열 정보만을 추출한 균열 이미지(320)를 생성할 수 있다. 구역 1(330) 및 구역 2(340)은 각각 균열 이미지(320)로부터 균열 영역(311, 312)을 확대하여 나타낸 그림이며, 상술한 균열 정보에 해당할 수 있다.

[0033] 이 때, 균열 성장 예측 장치(100)는 시맨틱 세그멘테이션(Semantic segmentation) 네트워크 기반의 세그넷(SegNet)을 활용하여 시설물 이미지(310)로부터 균열 부분만을 추출할 수 있다. 균열 성장 예측 장치(100)는 균열과 비균열 구간을 이진 분류하기 위하여, 기존 세그넷(SegNet)의 13개의 컨볼루션 레이어들(Convolutional layers)과 5개의 맥스-풀링 레이어들(Max-pooling layers)로 구성된 인코더(Encoder)와 13개의 컨볼루션 레이어들(Convolutional layers)과 5개의 업샘플링 레이어들(Upsampling layers)로 구성된 디코더(Decoder)를 각각 10개의 컨볼루션 레이어들(Convolutional layers), 4개의 맥스-풀링 레이어들(Max-pooling layers) 그리고 10개의 업샘플링 레이어들(Upsampling layers)로 수정하여 구축된 균열 검출 네트워크를 이용할 수 있다.

[0034] 도 4에는 상술한 균열 부분의 두께를 포함하는 시계열적인 균열 정보와 예측되는 균열 부분의 두께의 예시가 도

시되어 있다. 410은 균열 성장 예측 장치(100)가 도 3의 구역 1(330)에 대해 시계열적으로 획득한 이미지로부터 추출한 균열 부분의 두께를 나타낸다. 430은 균열 성장 예측 장치(100)가 도 3의 구역 2(340)에 대해 시계열적으로 획득한 이미지로부터 추출한 균열 부분의 두께를 나타낸다. 추출된 데이터는 균열 성장 예측을 위한 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크에 순차적으로 입력되면서 네트워크 내의 에러 파라미터가 업데이트를 거치며 결과값을 예측하는데 사용된다. 이에 따라 생성되는, 420은 균열 성장 예측 장치(100)가 구역 1(330)에 예측한 미래 시점의 두께를 나타낸다. 440은 균열 성장 예측장치(100)가 구역 2(340)에 예측한 미래 시점의 두께를 나타낸다. 균열 성장 예측 장치(100)는 시계열적으로 획득한 이미지로부터 추출한 균열 부분의 두께와 딥러닝 기반의 인공지능 네트워크를 통해 예측한 균열 부분의 두께의 차이를 이용하여 딥러닝 기반의 인공지능 네트워크를 계속해서 학습시킬 수 있다.

[0035] 도 5에는 균열 성장 예측 장치(100)가 균열 부분의 두께를 정량화하는 예시가 도시되어 있다. 균열 성장 예측 장치(100)는 이진화 처리된 균열 부분이 포함된 시설물 이미지의 균열 두께를 계산하고 형상을 추출하는 유클리디언 거리 변환(Euclidean distance transform) 및 스켈레토니제이션(Skeletonization)을 실시한다. 이와 같이, 균열 성장 예측 장치(100)를 이용하면, 균열 영역에 포함된 균열 부분의 두께에 대한 데이터를 정량화함으로써 해당 시설물의 관리기준치에 해당하는 균열 성장 정도를 예측하여 유지보수 시기를 효율적으로 결정할 수 있다.

[0036] 도 6에는 균열 성장 예측 장치(100)가 균열 성장 예측에 사용하는 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크(이하, "균열 성장 예측 네트워크"라 함)의 구조의 예시가 도시되어 있다. 균열 성장 예측 네트워크는 시계열 데이터의 형태에 가장 적합한 순환신경망을 기반으로 구축될 수 있고, 도 6에 도시된 바와 같은 순환신경망의 계층적 네트워크의 구조(610)를 가질 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 제한되는 것은 아니다. 균열 성장 예측 네트워크의 계층적 네트워크의 구조(610)는 상위 수준에서 하위 수준까지 피드백 연결을 통해 균열 성장에 대한 예측을 전송하는 방식으로 구현되며, 각 수준마다 예측 추정기(Predictive estimator)를 갖는다. 도 6에 도시된 바와 같이 계층적 네트워크의 구조(610)는 하위 수준에서부터 상위 수준 순서대로 제1 예측 추정기(Predictive estimator 1), 제2 예측 추정기(Predictive estimator 2) 및 제3 예측 추정기(Predictive estimator 3)를 포함할 수 있다.

[0037] 계층적 네트워크의 구조(610)는 피드포워드(feedforward) 연결을 사용하여 다시 하위 수준에서 상위 수준으로 전송하여 예측 오류를 줄일 수 있다. 상위 수준에서 하위 수준 예측 추정기로의 피드백 연결은 하위 수준 결과 r r^{td} $r - r^{td}$ ()에 상위 수준 예측()을 전달한다. 다음으로, 잔차 오류()는 피드포워드 연결을 통해 상위 수준의

$r^{td} - r$ 예측 추정기로 다시 전송되며, 반대 부호()를 가지는 잔차 오류는 하위 수준 결과에 영향을 미친다. 균열 성장 예측 네트워크의 예측 추정기의 구조(620)는 크게 5개의 구조인 레프리젠테이션 레이어(Representation layer), 디코딩 레이어(Decoding layer), 업샘플 레이어(Upsample layer), 맥스-풀링 레이어(Max-pooling layer) 그리고 에러 레프리젠테이션(Error representation)()로 구성되어 있다.

[0038] 레프리젠테이션 레이어는 컨볼루셔널 LSTM(Convolutional Long short-term memory models) 레이어(layer)로 이루어져 있으며 R_t $\text{convLSTM}_l^{\text{up/down}}$ 의 출력값을 가진다. 컨볼루셔널 LSTM은 두 개의 레이어(layer)()로 이루어져 있으며 각각 히든(Hidden)과 셀(Cell) 상태를 공유하며 다른 입력값을 가진다. 컨볼루셔널 LSTM 내의 인풋(Input), 포겟(Forget) 그리고 아웃풋(Output) 게이트는 하드 시그모이드(Hard sigmoid)를 활성화 함수로 사용하며 끝단의 히든(Hidden)과 셀(Cell) 상태는 하이퍼볼릭 탄젠트(Hyperbolic tangent)를 사용한다.

[0039] 에러 레프리젠테이션 레이어는 예측과 실제 상태값의 차이를 입력값으로 사용하는 활성화 함수 ReLU(Rectified $\hat{A}_t$ linear units)로 이루어져 있다. 마지막으로, 디코딩 레이어는 결과값 상태()를 갖는 컨볼루션 레이어(convolutional layer)로 구성되며 에러 레프리젠테이션과 동일하게 ReLU를 활성화 함수로 사용한다.

[0040] 계층적 네트워크의 구조(610)에서 시계열적 시설물 이미지와 이로부터 추출되는 균열 부분에 대한 균열 정보 등 모든 균열 성장 데이터는 매 단계에서 예측값을 출력하며 예측 오차는 상태 업데이트에 사용된다. 상태 업데이트는 예측(Prediction)과 정정(Correction) 단계로 나눌 수 있으며, 예측 단계에서는 정보가 상위 단계에서 하

위단계의 예측 추정기로 이동하며 가장 하위 단계에서는 균열 성장의 입력값을 예측한다. 정정 단계에서는 예측 결과값과 실제값 사이의 에러값이 하위단계에서 상위 단계로 이동하며 상태를 업데이트한다. 결과적으로, 구축된 균열 성장 예측 네트워크는 시계열 균열 성장 데이터를 입력으로 받아 다음 시점의 균열 성장 양상을 예측함으로써 시설물의 관리기준치에 부합하는 효율적인 유지보수 시점을 판단할 수 있다.

[0041] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 균열 성장 예측 방법(이하, "균열 성장 예측 방법"이라 함)의 순서를 도시한 흐름도이고, 도 8 내지 도 10은 균열 성장 예측 방법의 일부 단계들에 대한 세부 과정들을 도시한 도면이다. 이하에서 도 7 내지 도 10을 참조하여, 균열 성장 예측 방법을 설명하도록 한다.

[0042] 균열 성장 예측 방법은, 앞서 도 1 내지 도 6을 참조하여 설명한 균열 성장 예측 장치(도 1의 100)를 이용한 방법이다. 예컨대, 아래에서 설명되는 균열 성장 예측 방법의 각 단계들 및 세부 과정들은 상술한 균열 성장 예측 프로그램으로 구현될 수 있으며, 프로세서(도 1의 140)에 의해 실행될 수 있다. 따라서, 앞서 도 1 내지 도 6을 참조하여 설명한 균열 성장 예측 장치(도 1의 100)에 대한 내용은 아래에서 설명되는 균열 성장 예측 방법에도 동일하게 적용될 수 있다.

[0043] 균열 성장 예측 방법은, 분석 대상 균열 영역 설정 단계(S110), 시계열적 균열 정보 추출 단계(S120), 분석 대상 균열 영역의 예측 성장 형태 생성 단계(S130)를 포함하고, 예측되는 두께를 일정 시간 간격으로 정량화하는 단계(S140)를 더 포함할 수 있다.

[0044] 분석 대상 균열 영역 설정 단계(S110)는 시설물의 대상 영역을 시계열적으로 촬영한 복수개의 시설물 이미지 내 균열 부분을 포함하는 분석 대상 균열 영역을 설정하는 단계를 의미한다. 분석 대상 균열 영역 설정 단계(S110)는, 복수개의 시설물 이미지 내 균열 부분을 포함하는 복수개의 균열 영역들을 설정하는 단계(S111) 및 복수개의 균열 영역들 중 기설정된 두께값 이상의 두께를 갖는 균열 부분을 포함하는 균열 영역을 분석 대상 균열 영역으로 설정하는 단계(S112)를 포함할 수 있다.

[0045] 시계열적 균열 정보 추출 단계(S120)는 복수개의 시설물 이미지로부터 분석 대상 균열 영역에 대한 시계열적 균열 정보를 추출하는 단계를 의미한다. 시계열적 균열 정보는 분석 대상 균열 영역이 포함하는 균열 부분의 시계열적 외형 정보, 두께 정보 및 길이 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0046] 분석 대상 균열 영역의 예측 성장 형태 생성 단계(S130)는 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크를 이용하여 시계열적 균열 정보에 따라 예측되는 분석 대상 균열 영역의 성장 형태를 생성하는 단계를 의미한다. 딥러닝 기반의 균열 성장 예측 네트워크는 대상체에 대하여 시간 순서에 따라 순차적으로 획득한 복수의 시계열적 균열 성장 데이터를 기초로 학습된 모델이다. 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크는 순환 신경망 구조를 가질 수 있다.

[0047] 균열 성장 예측 방법은, 분석 대상 균열 영역 설정 단계(S110) 이전에 시설물에 대한 이미지들로부터 균열 부분을 추출하도록 학습된 인공지능 모델을 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다. 또한, 분석 대상 균열 영역 설정 단계(S110) 및 시계열적 균열 정보 추출 단계(S120)는 상술한 인공지능 모델을 이용하여 수행될 수 있다.

[0048] 일 예에서, 복수개의 시설물 이미지는 제1 시점에 촬영된 제1 시설물 이미지와 제1 시점으로부터 일정 시간 이후의 제2 시점에 촬영된 제2 시설물 이미지를 포함하고, 시계열적 균열 정보는 제1 시설물 이미지로부터 추출되는 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 제1 두께 및 제2 시설물 이미지로부터 추출되는 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 제2 두께를 포함할 수 있다. 이 때, 분석 대상 균열 영역의 예측 성장 형태 생성 단계(S130)는, 제1 두께로부터 제2 시점에 예측되는 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 예측 두께를 산출하는 단계(S131) 및 제2 두께와 예측 두께 간의 차이를 이용하여 딥러닝 기반 균열 성장 예측 네트워크를 학습시키는 단계(S132)를 포함할 수 있다.

[0049] 예측되는 두께를 일정 시간 간격으로 정량화하는 단계(S140)는 분석 대상 균열 영역의 예측되는 성장 형태 중 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 예측되는 두께가 기설정된 임계값 이상이 되는 시점을 산출하는 단계(S141) 및 분석 대상 균열 영역에 포함된 균열 부분의 시점별 예측되는 두께에 대한 데이터 정량화를 수행하는 단계(S142)를 더 포함할 수 있다.

[0050] 이상에서 설명한 균열 성장 예측 방법은, 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법

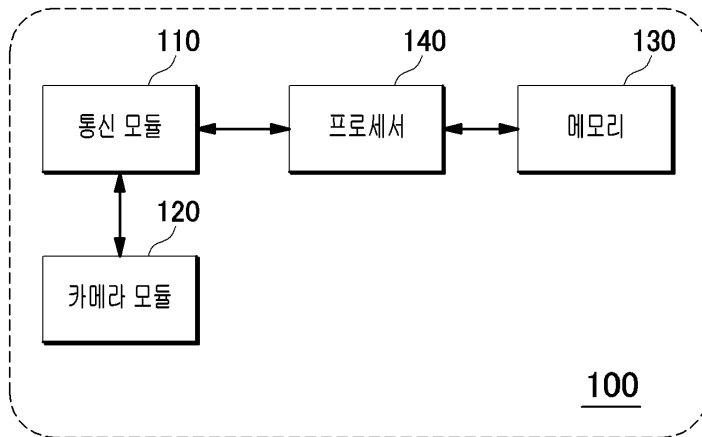
또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다.

[0051]

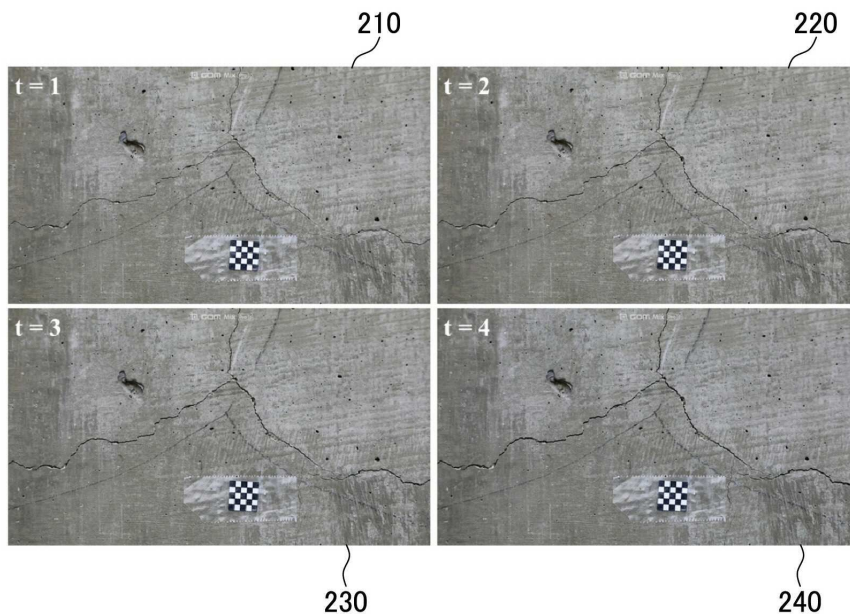
본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 상술한 설명을 기초로 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해되어야만 한다. 본 발명의 범위는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

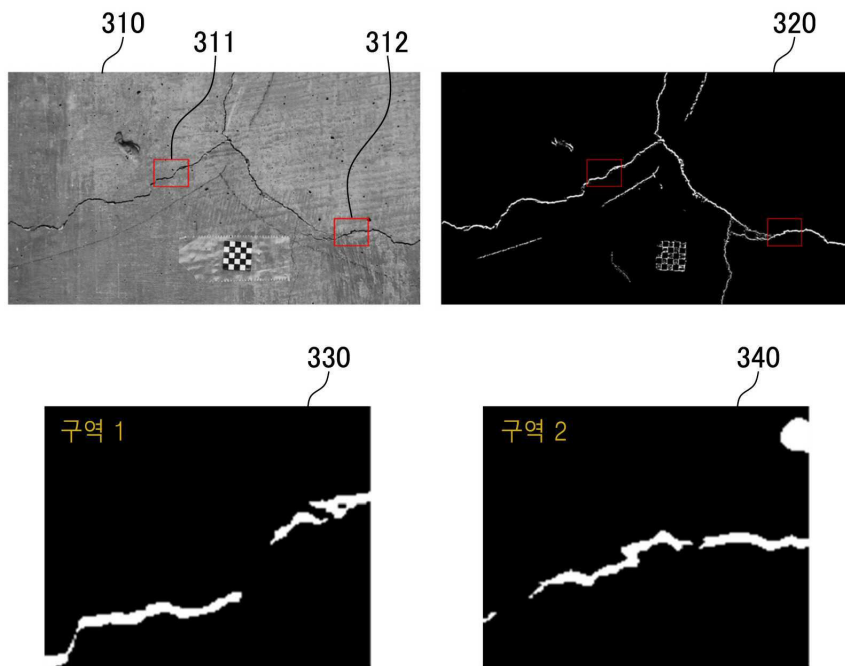
도면1



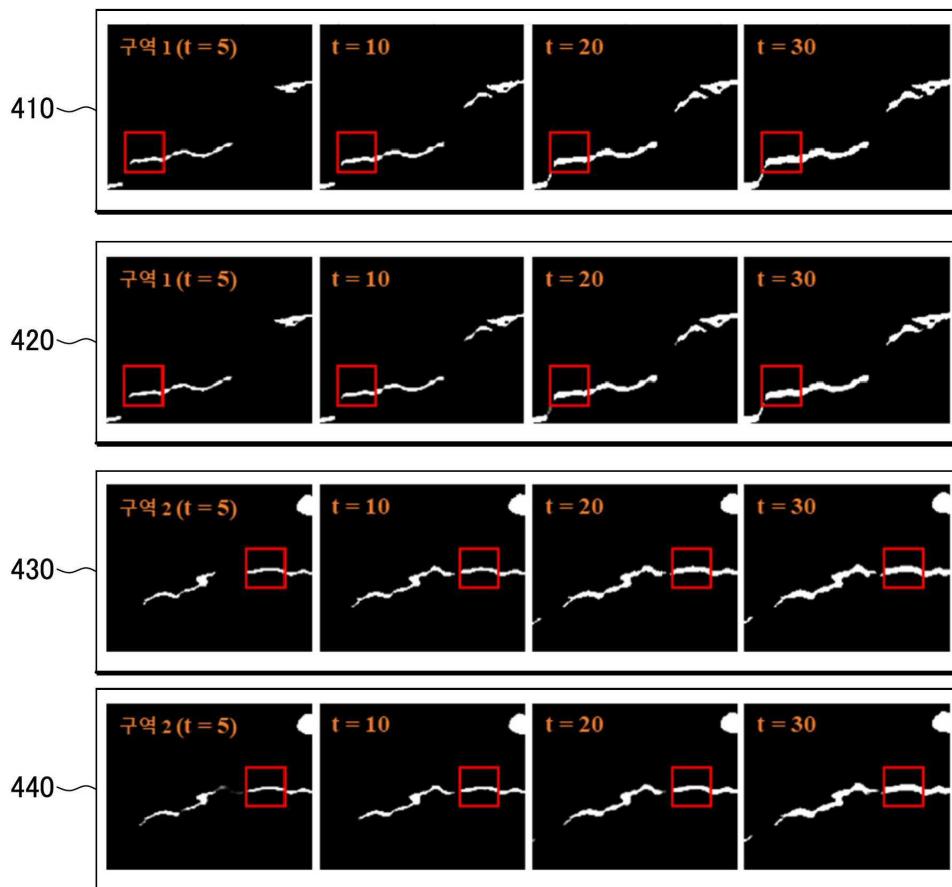
도면2



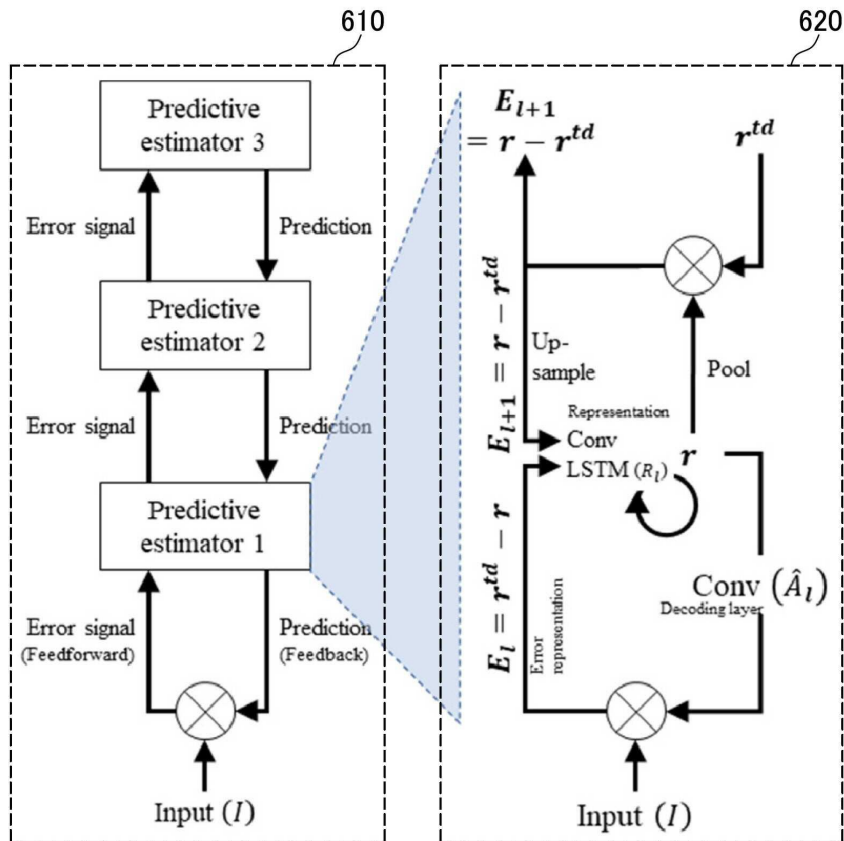
도면3



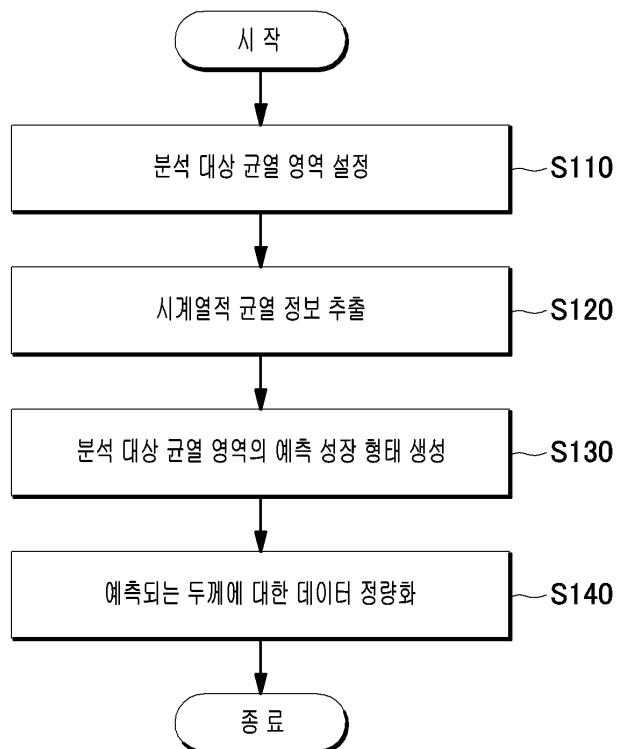
도면4



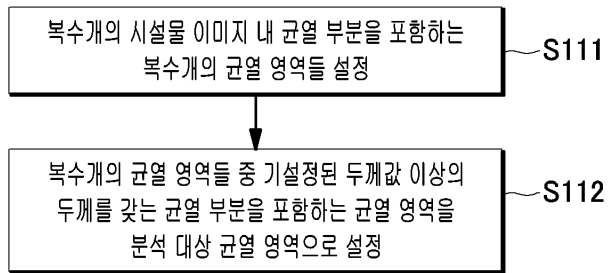
도면6



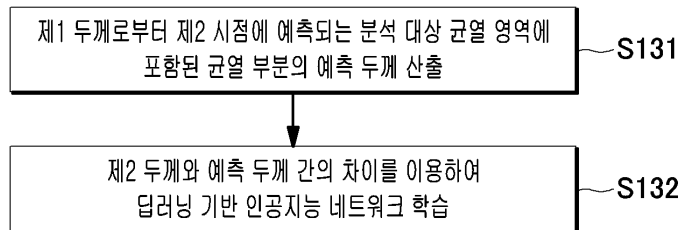
도면7



도면8



도면9



도면10

