



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0066877
(43) 공개일자 2025년05월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/00 (2017.01) G01N 21/88 (2006.01)
G06N 3/0475 (2023.01) G06T 3/40 (2024.01)
(52) CPC특허분류
G06T 7/001 (2013.01)
G01N 21/8851 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0152945
(22) 출원일자 2023년11월07일
심사청구일자 2023년11월07일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 조선대길 126(서석동, 산학협력단)
(72) 발명자
이희영
광주광역시 서구 월드컵 4강로 198번길 6-14, 405호
정명훈
경기도 용인시 기흥구 동백4로 26, 3102동 904호(중동, 성산마을서해그랑블)
강선호
광주광역시 북구 설죽로 389번길 70, 102동 1302호(삼각동, 삼각동그린타운)
(74) 대리인
특허법인 두성

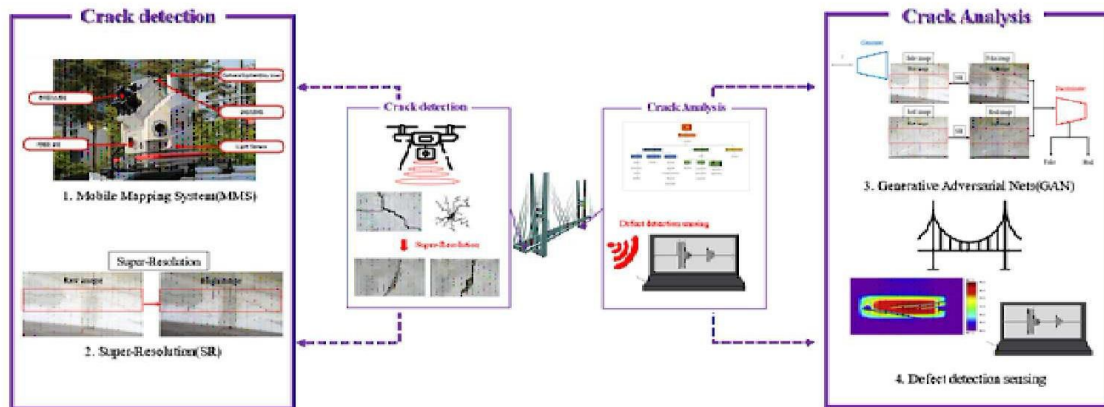
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 MMS 데이터와 초해상화 기법을 활용한 교량의 균열 결함 검지 시스템

(57) 요약

본 발명은 MMS 데이터와 초해상화 기법을 활용한 교량의 균열 결함 검지 시스템에 관한 것으로, 디지털 트윈과 초해상화 기술을 활용하여 교량의 상태를 실시간으로 정밀하게 모니터링하고 결함을 조기에 감지함으로써 교량의 안전성을 확보하고, 불균일한 데이터 문제를 해결하고 자료 수집과 분석을 자동화하여 유지보수 프로세스를 효율(뒷면에 계속)

대표도



적으로 관리하며, 높은 해상도의 데이터를 사용하여 결함을 시각화하고 분석하고 미세한 균열과 결함도 검출함으로써 신속한 예방적 조치를 취하도록 하며, 정확한 데이터와 효율적인 유지보수로 인해 비용을 절감함과 아울러 예방적인 유지보수를 통해 교량의 수명을 연장하는 것이다.

본 발명에 의한 MMS 데이터와 초해상화 기법을 활용한 교량의 균열 결함 검지 시스템은, 이동체에 장착되며 상기 이동체의 주행을 통해 교량의 주변을 주행하면서 상기 교량으로부터 정보를 수집하는 MMS(Mobile Mapping System) 장비(10)와; 상기 MMS 장비로부터 수집된 저해상도 이미지를 초해상화(Super Resolution) 기법을 통해 고해상도로 변환하는 변환기(20)와; 상기 변환기를 통해 변환된 고해상도의 이미지를 가상 이미지로 생성하는 GAN(Generative Adversarial Nets)(30)와; 상기 GAN을 통해 생성된 가상 이미지로부터 균열 이미지를 검출하는 검출기(40)를 포함한다.

(52) CPC특허분류

G06N 3/0475 (2023.01)

G06T 3/4076 (2024.01)

G01N 2021/8883 (2013.01)

G01N 2021/8887 (2013.01)

G01N 2201/1296 (2013.01)

G06T 2207/20081 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345370809
과제번호	2021RIS-002
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	지자체-대학협력기반지역혁신사업
연구과제명	첨단자율주행 환경구축을 위한 DX 기반의 정밀지도 고도화 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	광주전남지역혁신 플랫폼 미래형운송기기육성사업단
연구기간	2023.06.01 ~ 2024.01.31

명세서

청구범위

청구항 1

이동체에 장착되며 상기 이동체의 주행을 통해 교량의 주변을 주행하면서 상기 교량의 정보를 수집하는 MMS(Mobile Mapping System) 장비와;

상기 MMS 장비로부터 수집된 이미지를 가상 이미지로 생성하는 GAN(Generative Adversarial Nets) 모델과;

상기 GAN 모델을 통해 생성된 이미지의 분석으로 균열 이미지를 검출하는 검출기를 포함하는 것을 특징으로 하는 MMS 데이터와 초해상화 기법을 활용한 교량의 균열 결함 검지 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 MMS 장비로부터 수집된 저해상도의 이미지를 초해상화(Super Resolution) 기법을 통해 고해상도의 이미지로 변환하는 변환기를 포함하고, 상기 GAN 모델은 상기 변환기를 통해 변환된 고해상도의 이미지를 가상 이미지로 생성하는 것을 특징으로 하는 MMS 데이터와 초해상화 기법을 활용한 교량의 균열 결함 검지 시스템.

청구항 3

청구항 2에 있어서, 기상데이터의 확인을 통해 상기 MMS 장비가 수집한 원본의 이미지의 해상도를 떨어뜨리는 기상 조건인 경우 상기 변환기를 통해 고해상도의 이미지로 변환하고, 원본의 이미지의 해상도를 떨어뜨리지 않는 기상 조건인 경우 상기 원본의 이미지를 고해상도의 변환없이 다이렉트로 GAN 모델에 제공하여 가상 이미지를 생성하도록 하는 컨트롤러를 포함하는 특징으로 하는 MMS 데이터와 초해상화 기법을 활용한 교량의 균열 결함 검지 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 교량의 균열 결함 검지 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 디지털 트윈과 초해상화 기술을 활용하여 교량의 상태를 실시간으로 모니터링하는 MMS 데이터와 초해상화 기법을 활용한 교량의 균열 결함 검지 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 이 부분은 본 출원 내용과 관련된 배경 정보를 제공할 뿐 반드시 선행기술이 되는 것은 아니다.
- [0003] 교량은 현대의 도로에서 중추의 역할을 하는 주요시설물로 교통 및 도로분야에서 필수적이다. 따라서 교량의 안전과 유지보수 관리는 사회 안전에 매우 중요한 부분이기 때문에 정기적이고 세밀한 모니터링이 필요하다.
- [0004] 현재 국내에서는 많은 교량들이 노후화 되거나 적절한 유지보수를 받지 못해 결함이 발생하여 구조물의 품질 저하 및 안전 문제가 발생한다.
- [0005] 이러한 문제를 해결하기 위해 많은 기술이 개발되고 있다. 개발된 기술은 교량 상태를 모니터링하는 기술과 이를 평가하는 기술 등이 있지만 자료 수집과 분석 시스템이 미흡하다. 또한 균일화되어 있지 않은 데이터를 이용하기 때문에 정확성이 떨어진다. 해당 문제를 보완하고자 이미지에서 콘크리트 균열을 감지하기 위한 분류기를 구축하는 연구는 CNN을 활용한 콘크리트 균열탐지 등이 있다. 해당 연구는 조명, 그림자, 음영 등에 의해 발생하는 노이즈의 영향을 덜 받고 광범위한 적응을 하기 위하여 CNN이라는 딥러닝 모델을 활용하여 데이터의 품질을 확보하였다.
- [0006] 이처럼 최근 연구들은 콘크리트 균열 이미지를 균일화를 통하여 딥러닝 모델의 성능을 향상시키는 연구가 이루어지고 있다. 하지만 이러한 이미지를 수집하는 과정은 많은 노동력과 비용이 발생한다. 따라서 최근 인간이 직

접 접근하기 어려운 지역에서 드론(UAV)을 활용하여 교량의 균열 및 결함 검지를 분석하는 연구들이 주목받고 있다. 드론을 기반으로 한 교량 검사 방법 및 적용 사례를 분석한 연구의 제한사항은 풍속, 햇빛, 눈 등 기상 조건으로 인한 카메라의 화질 저하 문제등이 있으며 다양한 교량 유형에 적용될 수 있도록 이미지 분석을 기반으로 한 정량화 방법의 필요성이 대두되고 있다.

[0007] 본 발명의 배경기술을 확인할 수 있는 특허문헌으로 등록특허 제10-2092173호는 드론 촬영영상으로 실시간 5G를 이용한 교량의 안전진단방법이고, 등록특허 제10-2038127호는 무인비행체를 이용한 시설물 관리 장치 및 방법이며, 공개특허 제10-2022-0023267호는 드론이 서버로부터 교량의 위치 정보를 수신하는 위치 수신 단계; 상기 드론이 상기 교량의 위치 정보에 따라 상기 교량으로 이동하여 상기 교량에 대한 전체 영상을 촬영하여, 상기 서버로 전송하는 전체 촬영 단계; 상기 서버가 상기 전체 영상을 수신하여, 상기 전체 영상으로부터 상기 교량의 검사를 위해 필요한 상기 교량의 상세 스팟(spot)을 선정하되, 상기 교량에 대한 상세 정보에 기반하여 상기 상세 스팟의 위치 및 상기 상세 스팟에 대한 검사 종류를 선정하고, 상기 드론으로 전송하는 스팟 선정 단계; 상기 드론이 상기 상세 스팟으로 이동하여, 상기 상세 스팟을 촬영하고, 생성된 스팟 이미지를 상기 서버로 전송하는 스팟 촬영 단계; 및 상기 서버가 상기 스팟 이미지와 상기 상세 스팟에 대응되는 표준 이미지를 비교 및 분석하여, 검사 데이터를 산출하는 분석 단계; 를 포함하는 합성곱 신경망(CNN)을 이용한 시각적 교량 검사 방법이고, 등록특허 제10-2474730호, 등록특허 제10-2184175호 등이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 등록특허 제10-2092173호
(특허문헌 0002) 등록특허 제10-2038127호
(특허문헌 0003) 공개특허 제10-2022-0023267호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 전술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 디지털 트윈과 초해상화 기술을 활용하여 교량의 결함을 조기에 감지함으로써 교량의 안전성을 확보하고, 초해상화 기술을 활용하여 교량의 균열 및 결함을 더 정밀하게 검지하는 MMS 데이터와 초해상화 기법을 활용한 교량의 균열 결함 검지 시스템을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명에 의한 MMS 데이터와 초해상화 기법을 활용한 교량의 균열 결함 검지 시스템은, 이동체에 장착된 MMS(Mobile Mapping System) 장비를 이용하여 교량의 정보를 수집하고, 상기 MMS 장비로부터 수집된 저해상도의 이미지를 초해상화(Super Resolution) 기법을 통해 고해상도의 이미지로 변환하며, 상기 고해상도의 이미지를 가상 이미지로 생성한 후 상기 가상 이미지로부터 균열 이미지를 검출하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명은 기상 데이터를 근거로 하여 고해상도의 이미지 변환을 거치지 않고 다이렉트로 GAN 모델로 가상 이미지를 생성하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 의한 MMS 데이터와 초해상화 기법을 활용한 교량의 균열 결함 검지 시스템에 의하면, 디지털 트윈과 초해상화 기술을 활용하여 교량의 상태를 실시간으로 모니터링하고 결함을 조기에 감지함으로써 교량의 안전성을 확보하고, 불균일한 데이터 문제를 해결하고 자료 수집과 분석을 자동화하여 유지보수 프로세스를 효율적으로 관리하며, 초해상화 기술을 활용하여 교량의 균열 및 결함을 더 정밀하게 검지하며, 높은 해상도의 데이터를 사용하여 결함을 시각화하고 분석하고, 미세한 균열과 결함도 검출할 수 있는 능력을 통해 교량의 결함을 감지하고 신속한 예방적 조치를 취하도록 하며, 정확한 데이터와 효율적인 유지보수로 인해 비용을 절감함과 아울러 예방적인 유지보수를 통해 교량의 수명을 연장하는 효과가 있다.

[0013] 그리고, 학습된 모델은 최종적으로 실제 균열 이미지와 가상으로 생성된 이미지를 모두 습득하여 여러 가지 교

량의 다양한 형태의 균열 및 결함을 검지하는 데에 있어서 효과적일 것이다.

[0014] 또한, 기상 조건에 따라 초해상화 기법의 사용을 선택하여 러닝타임을 단축하고 데이터의 양을 감소시켜줌으로써 오류를 줄여 신뢰도를 향상하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명에 의한 MMS 데이터와 초해상화 기법을 활용한 교량의 균열 결함 검지 시스템의 모식도.

도 2는 본 발명에 의한 MMS 데이터와 초해상화 기법을 활용한 교량의 균열 결함 검지 시스템의 구성을 보인 블록도.

도 3은 본 발명에 의한 초해상화를 접목한 GAN Architecture.

도 4는 본 발명에 의한 MMS 데이터와 초해상화 기법을 활용한 교량의 균열 결함 검지 시스템의 다른 실시예를 보인 블록도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 하기에서 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0017] 도 1과 도 2에서 보이는 바와 같이, 본 발명에 의한 MMS 데이터와 초해상화 기법을 활용한 교량의 균열 결함 검지 시스템은, 이동체를 통해 교량(1) 주변을 주행(비행)하며 교량(1)의 정보를 수집하는 MMS(Mobile Mapping System) 장비(10), MMS 장비(10)를 통해 수집한 저해상도의 이미지를 초해상화(Super Resolution) 기법을 통해 고해상도의 이미지로 변환하는 변환기(20), 변환기(20)에 의해 변환된 고해상도의 이미지를 가상 이미지로 생성하는 GAN(Generative Adversarial Nets) 모델(30), GAN 모델(30)을 통해 생성된 가상 이미지로부터 균열 이미지를 검출하는 검출기(Defect detection sensing)(40)를 포함한다.

[0018] MMS 장비(10)(이동 지도제작 시스템)는 교량(1)의 균열 결함을 확인할 수 있는 정보(이미지)를 수집하며, 라이더 스캐너, 촬영수단(카메라 등), 광검출자(light sensor), GNSS(Global Navigation Satellite System)/INS(Inertial Navigation System) 등을 포함하여 균열의 표면 정보(균열 등)를 확인할 수 있는 시각적 자료와 위치 정보 등을 수집하는 것으로 공지의 장비를 이용할 수 있고, 차량이나 드론에 탑재되어 운용된다.

[0019] 변환기(20)의 초해상화(Super Resolution) 기법을 통해 MMS 장비(10)에서 수집한 이미지의 해상도를 높여 고해상도의 이미지를 생성한다.

[0020] GAN 모델은 비지도 학습 신경망 모델로 지도학습에 사용되는 단계 없이도 학습 가능한 모델이며 데이터를 직접 생성하는 큰 장점이 있고, GAN 모델은 비지도 학습의 선두주자로 불리고 있다. 비지도 학습은 데이터에 대한 사전 정보나 지도가 없이 데이터에서 숨겨진 구조로 패턴을 스스로 학습하는 모델을 말하며 데이터 탐색, 데이터 전처리, 특징 추출 등 다양한 분야에서 사용되고 있다.

[0021] 본 발명에서는 GAN 모델(30)을 이용하여 균열이 생성된 이미지를 학습시켜 다량의 균열 이미지를 생성한다.

[0022] 검출기(40)는 GAN 모델(30)에서 생성된 가상 이미지를 근거로 하여 균열 이미지를 검출한다. 가상 이미지는 MMS 장비를 통하여 검출한다. 차량 등의 탑재되는 MMS는 디지털카메라, 3차원 레이저 시스템(LiDAR), 위성항법 장치(GPS), 주행거리센서(DMI) 등이 결합된 이동형 3차원 공간정보 시스템이다. 이 중 균열 이미지를 특정 추출하여 본 발명에 적용한다.

[0023] 본 발명에서 수집(생성)한 모든 데이터는 메모리에 저장되고, 변환기(20)와 GAN 모델(30) 및 검출기(40)는 MMS 장비(10)와 별도의 구성으로 이동체에 설치되어 MMS 장비(10)와 직접 연결(유선)되어 실시간으로 현장에서 균열 검지를 생성하거나 원격지의 서버실에 있는 서버에 구성되어 운용될 수 있다.

[0024] 전자의 경우 현장에서 실시간으로 가공한 데이터를 원격지의 서버에 무선 통신으로 전송하는 구성이 필요하다.

[0025] 후자의 경우 MMS 장비(10)에 의해 수집된 데이터를 무선 통신 또는 이동식 메모리 등을 이용하여 원격지의 서버실에 있는 서버로 전송(이동)한 후 서버에 구성된 변환기(20)와 GAN 모델(30) 및 검출기(40)가 가동하여 서버실

에서 균열 검지 결과를 생성하는 방식이 가능하다. 후자의 방식에서는 현장에서 데이터를 전송하지만 MMS 장비(10)에 의해 수집된 데이터만 전송하기 때문에 전송량이 많지 않으므로 전송오류를 일으키지 않는다.

[0026] 본 발명에 의한 MMS 데이터와 초해상화 기법을 활용한 교량의 균열 결함 검지 방법은 다음과 같다.

[0027] 1. 교량 정보 수집.

[0028] MMS 장비(10)는 이동체를 통해 교량 주변을 이동하면서 교량 표면을 촬영하고 이미지(예를 들어, 25cm급 해상도)를 생성한다. 이 때 이미지는 위치정보와 함께 저장된다.

[0029] 2. 초해상화.

[0030] MMS 장비(10)를 통해 수집한 원본의 이미지를 SR 기법을 통해 초해상화하여 해상도를 높여 고해상도의 이미지(예를 들어, 12cm급 해상도)로 변환한다.

[0031] 3. 가상 이미지 생성

[0032] GAN 모델(30)은 고해상도의 이미지를 이용하여 가상 이미지(예를 들어, 12cm급 해상도)를 생성한다.

[0033] 도 3은 초해상화를 접목한 GAN Architecture로서, GAN 모델은 크게 2가지 모델로 구성되어 있다. Generator와 Discriminator로 이루어져 있어 동시에 두 가지 모델을 훈련하는 것이 특징이다. 랜덤 벡터 z 를 Generaotr의 입력으로 넣어 Fake를 생성한다. Generator는 초기에 랜덤한 가중치와 편향을 가진 신경망으로써 Fake 이미지를 생성하고 이를 Discriminator에게 전달한다. 이후 Real의 경우 실제 데이터 셋을 의미하는 것으로 생성된 Fake와 실제 Real 이미지를 Discriminator의 입력으로 넣게 되면 Fake 또는 Real이라고 출력하게 된다. 해당 과정 중 초해상화 기법을 적용하여 고품질 이미지를 적용하면 더욱 정확한 균열 패턴을 생성할 수 있다. GAN 모델은 최종 출력인 Fake와 Real의 확률이 1/2에 수렴하여 진짜와 가짜를 구분할 수 없도록 학습하게 된다. 또한 Adversaria Traing을 통하여 Generator과 Discriminator는 반복적으로 생성한다. Generator은 좀더 다른 가상 이미지를 제작하려고 노력하고 Discriminator은 이를 올바르게 판별하려고 노력한다. 이러한 반복적인 과정을 통해서 서로를 점점더 강화시키면서 더 Real한 이미지를 생성하고 판별할수 있게된다.

[0034] 4. 검출.

[0035] 검출기(40)는 GAN 모델(30)을 통해 생성한 가상 이미지를 근거로 하여 균열을 검출한다. 최종검출된 균열은 위치정보, 균열의 크기 및 형태, 균열의 심각도, 이미지 정보, 시간 및 날짜 등이 검출될 수 있다.

[0036] 지금까지 수집(생성)한 데이터인 원본의 이미지와 고해상도의 이미지와 가상 이미지 및 검출 결과는 위치정보와 함께 저장되고 빅데이터로 관리된다. 따라서, 동일 위치에 대해 3개의 이미지를 함께 나열한 데이터를 제공하여 각 과정의 결과를 확인할 수 있다.

[0037] 본 발명은 MMS 장비(10)의 특성 상 기상 조건이 좋지 않아 원본 이미지의 해상도가 낮은 경우에도 정확한 균열을 검지할 수 있는 것이지만, 기상 조건이 좋아 원본 이미지를 초해상화의 변환 과정없이 그대로 사용할 수 있는 경우에도 초해상화의 변환을 거치게 되어 러닝타임이 길어지고 데이터의 양이 많아지고, 이를 해결하기 위하여 기상 데이터를 이용한 선택적 초해상화도 가능하다.

[0038] 도 4에서 보이는 것처럼, 컨트롤러(50)가 현재의 기상데이터(60)를 확인하고 해상도를 떨어뜨리지 않는 기상 조건(맑은 날씨)인지 해상도를 떨어뜨리는 기상 조건(흐린 날씨, 비나 눈, 안개)인지 판단한다.

[0039] 기상데이터는 기상청에서 제공되는 것 및 기상센서의 감지로 제공되는 것이 가능하다. 상기 기상센서는 비나 눈을 감지하는 센서, 조도를 감지하는 센서(기준 조도를 설정하여 기준 조도 이하를 해상도를 떨어뜨리는 조건으로 하고 기준 조도 이상을 해상도를 떨어뜨리지 않는 조건으로 한다)가 가능하다.

[0040] 컨트롤러(50)는 전술한 것처럼, 현재의 기상데이터를 근거로 하여 초해상화 변환을 판단하고, 그 결과에 따라 초해상화 변환이 필요한 기상 조건으로 판단한 경우 MMS 장비(10)에서 수집한 이미지를 변환기(20)에 제공하고, 초해상화 변환이 필요없는 기상 조건으로 판단한 경우 MMS 장비(10)에서 수집한 이미지를 GAN 모델(30)에 제공한다.

[0041] 따라서, 원본 이미지가 균열 검지를 위한 최적의 해상도인 경우 불필요한 초해상화 변환을 거치지 않기 때문에 시간을 단축한다.

[0042] 또한, 본 발명은 이동체의 주행(비행) 중에 일정 크기 이상의 진동이 발생하는 경우, 이 때 수집한 데이터를 필

터링(삭제 또는 별도 저장)하도록 구성될 수 있다.

[0043] MMS 장비(10)의 하드웨어 케이스에는 진동센서가 설치되어 MMS 장비(10)의 진동을 감지하고, 컨트롤러(50)는 기준 진동이 설정되어 있으며 상기 진동센서가 감지한 현재 진동과 기준 진동을 비교하여 현재 진동이 기준 진동보다 큰 경우 MMS 장비(10)에서 수집한 데이터를 필터링한다.

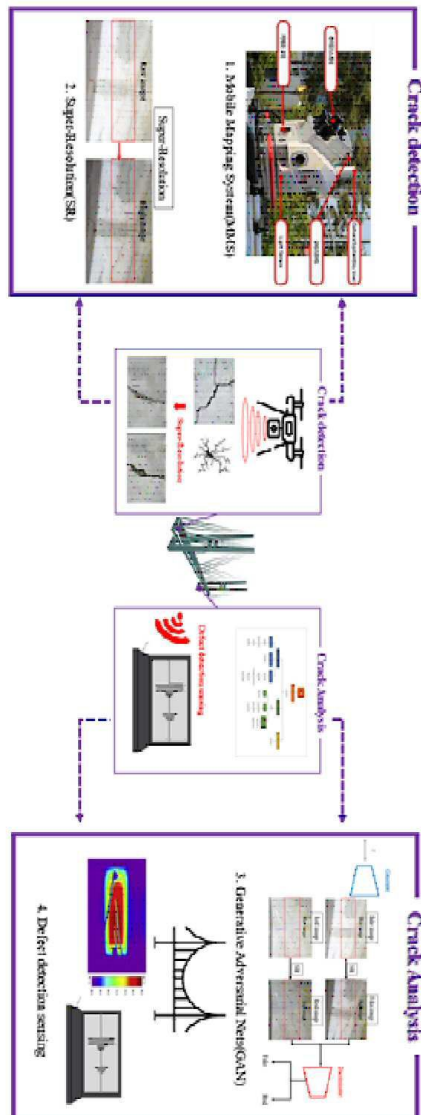
[0044] 이와 같은 필터링 결과를 메모리에 이벤트로 저장하고, 저장 데이터는 위치정보, 시간 정보, 진동 정보, MMS 장비(10)의 수집 데이터 등이다.

부호의 설명

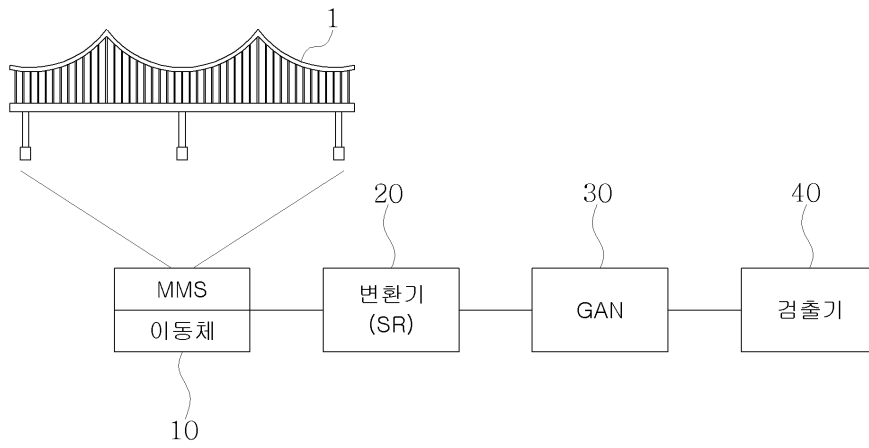
[0045] 10 : MMS 장비, 20 : 변환기
30 : GAN 모델, 40 : 검출기
50 : 컨트롤러, 60 : 기상데이터

도면

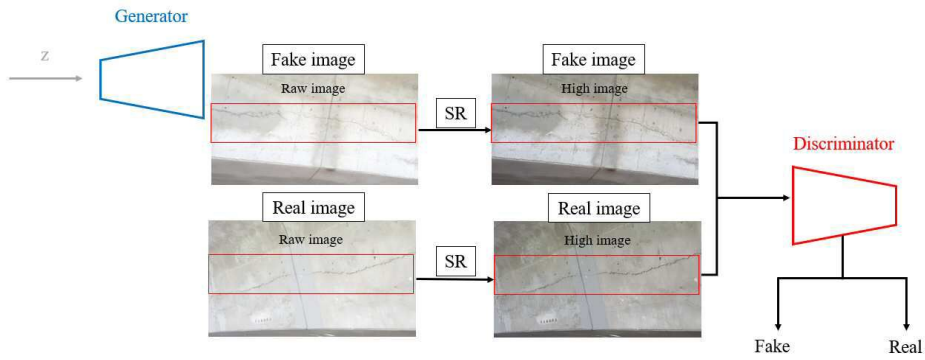
도면1



도면2



도면3



도면4

