



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년06월27일
(11) 등록번호 10-2825515
(24) 등록일자 2025년06월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01G 19/62 (2006.01) G01B 21/32 (2006.01)
G01G 19/02 (2006.01) G01G 23/37 (2006.01)
G06N 3/08 (2023.01) G06V 20/54 (2022.01)
(52) CPC특허분류
G01G 19/62 (2013.01)
G01B 21/32 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-0089575
(22) 출원일자 2024년07월08일
심사청구일자 2024년07월08일
(56) 선행기술조사문헌
US20190212223 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
주식회사 스펙엔지니어링와이엔피
강원특별자치도 속초시 청학로2길 80, 1층 (금호동)
(72) 발명자
안윤규
서울특별시 광진구 능동로 209, 율곡관 708호 (군자동, 세종대학교)
공민준
경기도 남양주시 화도읍 경춘로 1605, 109동 505호 (화도읍, 경성큰마을아파트)
강만성
서울특별시 중랑구 사가정로45길 3-8, 1층 (면목동)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 10 항

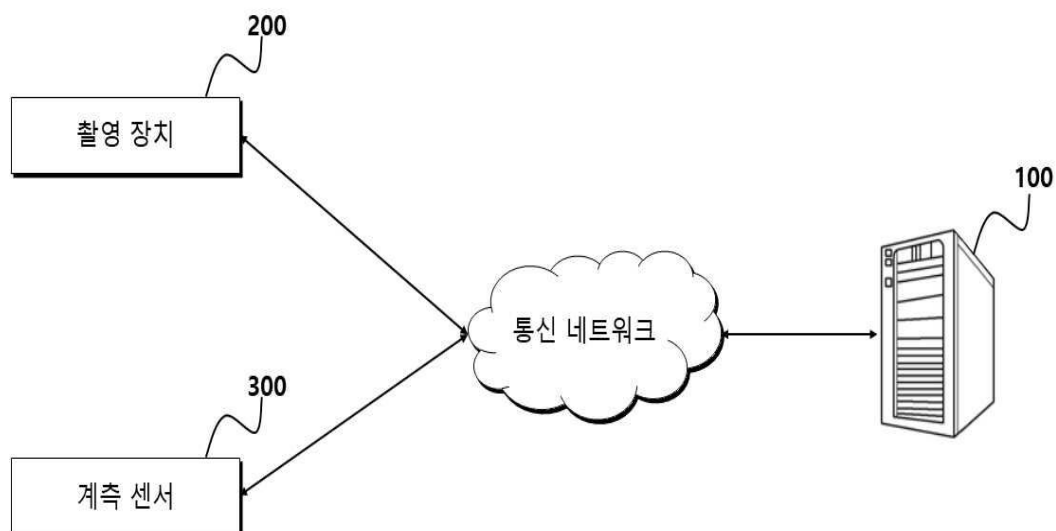
심사관 : 김민석

(54) 발명의 명칭 인공지능 기반 교량 변위 프로파일링을 통한 과적 차량 검출 방법 및 시스템

(57) 요약

본 개시의 일 실시예는, 과적 차량 검출 방법을 제공한다. 본 방법은, 교량의 특정 위치에 설치된 촬영 장치의 교량 영상을 기초로 상기 특정 위치를 지나는 차량의 위치 정보를 획득하는 단계, 상기 교량의 특정 영역에 설치된 계측 센서를 이용하여 상기 교량에 대한 변위 프로파일링 정보를 생성하는 단계 및 상기 프로파일링 정보를 기초로 상기 차량의 하중을 추정하여 상기 차량의 과적 여부를 판단하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01G 19/02 (2013.01)

G01G 23/3728 (2013.01)

G06N 3/08 (2023.01)

G06V 20/54 (2022.01)

명세서

청구범위

청구항 1

하나 이상의 프로세서에 의해 수행되는 과적 차량 검출 방법에 있어서,

- a) 교량의 특정 위치에 설치된 촬영 장치의 교량 영상을 기초로 상기 특정 위치를 지나는 차량의 위치 정보를 획득하는 단계;
- b) 상기 교량의 특정 영역에 설치된 계측 센서를 이용하여 상기 교량에 대한 변위 프로파일링 정보를 생성하는 단계; 및
- c) 상기 프로파일링 정보를 기초로 상기 차량의 하중을 추정하여 상기 차량의 과적 여부를 판단하는 단계를 포함하고,

상기 b) 단계는,

일정 간격으로 설치된 계측 센서에 의해 계측된 상기 교량의 변위 상태치로부터 상기 교량의 처짐 프로파일 패턴을 생성하는 단계; 및

인공지능 모델을 기반으로 상기 처짐 프로파일 패턴에 포함된 노이즈를 제거하여 상기 교량에 대한 처짐 프로파일을 생성하는 단계를 포함하되,

상기 인공지능 모델은,

상기 교량에 작용하는 하중의 위치 및 크기에 따라 복수 패턴의 프로파일들을 생성하고, 상기 프로파일들을 학습하여 상기 노이즈가 제거되는 과정에서 발생하는 불량 조건 문제의 해를 추정하도록 훈련된 것인, 과적 차량 검출 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 차량은 인공지능 기반 이미지 검출 네트워크에 의해 식별된 화물 차량인 것인, 과적 차량 검출 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 계측 센서는 상기 교량의 하부에 일정 간격을 두고 복수개 설치되는 것인, 과적 차량 검출 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 차량의 위치 및 상기 교량의 실시간 변위 상태치는 상기 차량의 인식에 트리거링되어 계측되는 것인, 과적 차량 검출 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 c) 단계는,

추정된 상기 차량의 하중이 기설정된 무게 이상인 경우에 상기 차량을 과적 차량으로 판단하는 단계를 포함하는, 과적 차량 검출 방법.

청구항 8

영상 촬영 장치 및 계측 센서 중 적어도 하나와 통신 연결되는 통신 모듈;

적어도 하나 이상의 프로세서; 및

상기 프로세서와 전기적으로 연결되고, 상기 프로세서에서 수행되는 적어도 하나의 코드(code)가 저장되는 메모리를 포함하고,

상기 메모리는 상기 프로세서를 통해 실행될 때 상기 프로세서가,

교량의 특정 위치에 설치된 촬영 장치의 교량 영상을 기초로 상기 특정 위치를 지나는 차량의 위치 정보를 획득하고, 상기 교량의 특정 영역에 설치된 계측 센서를 이용하여 상기 교량에 대한 변위 프로파일링 정보를 생성하며, 상기 프로파일링 정보를 기초로 상기 차량의 하중을 추정하여 상기 차량의 과적 여부를 판단하고, 일정 간격으로 설치된 계측 센서에 의해 계측된 상기 교량의 변위 상태치로부터 상기 교량의 처짐 프로파일 패턴을 생성하고, 인공지능 모델을 기반으로 상기 처짐 프로파일 패턴에 포함된 노이즈를 제거하여 상기 교량에 대한 처짐 프로파일을 생성하도록 야기하는 코드를 저장하되,

상기 인공지능 모델은, 상기 교량에 작용하는 하중의 위치 및 크기에 따라 복수 패턴의 프로파일들을 생성하고, 상기 프로파일들을 학습하여 상기 노이즈가 제거되는 과정에서 발생하는 불량 조건 문제의 해를 추정하도록 훈련된 것인, 과적 차량 검출 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 차량은 인공지능 기반 이미지 검출 네트워크에 의해 식별된 화물 차량인 것인, 과적 차량 검출 시스템.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 계측 센서는 상기 교량의 하부에 일정 간격을 두고 복수개 설치되는 것인, 과적 차량 검출 시스템.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 차량의 위치 및 상기 교량의 실시간 변위 상태치는 상기 차량의 인식에 트리거링되어 계측되는 것인, 과적 차량 검출 시스템.

청구항 14

제8항에 있어서,

상기 메모리는 상기 프로세서로 하여금,

추정된 상기 차량의 하중이 기설정된 무게 이상인 경우에 상기 차량을 과적 차량으로 판단하는 단계를 포함하는, 과적 차량 검출 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 인공지능 기반 교량 변위 프로파일링을 통한 과적 차량 검출 방법 및 시스템에 관한 것으로, 인공지능 기반의 객체 인식 및 추적을 통해 차량의 위치와 하중을 추정하여, 해당 차량의 과적 여부를 판단하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 국토교통부는 국내 도로 및 교량의 구조를 보전하고 사고를 예방하기 위하여 운행 제한 및 과적 단속 기준에 따라 과태료 부과 및 안전·유지관리를 시행하고 있다. 과적 단속에는 고정식 방법과 이동식 방법이 사용된다. 고정식 방법은 고정검문소 및 고속도로 톨게이트에 설치되어 있는 과적 식별 카메라 등의 계측 장치를 이용하는 방법이다. 이동식 방법은 과적이 의심되는 주행 중인 화물차를 안전지대로 유도하여 이동식 측정기로 과적 위반을 단속하는 방법이다.

[0003] 종래에는 과적 차량 단속을 위해 WIM(Weight-in-Motion) 기술을 기반으로, 화물차량의 진입 차로에 설치된 검측 센서를 이용하여 과적 차량의 총 중량, 축 중량 그리고 높이 등을 계측하여 단속을 수행하고 있다. 특히, 원활한 화물차량의 통행을 위해 고속 측정기(High speed WIM, HS-WIM)를 설치하여 차량의 감속 없이 총 중량과 축 중량 계측이 가능한 시스템이 개발되었다.

[0004] 그러나, WIM 시스템은 초기 설치비용 및 유지보수에 높은 비용이 요구되는 문제를 갖고 있다. 그리고, 2002년부터 16개 검문소에 도입된 세라믹 기반의 HS-WIM은 각종 환경변수에 민감하여 영상 10도 기준 법적 허용 오차 10% 대비 58%에 해당하는 높은 오차율을 갖는 문제가 있다. 이에 따라, 저비용으로 차량의 과적 여부를 판단할 수 있는 기술이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국등록공보 KR 1422644 B1(과적 차량 단속 시스템 및 방법(등록일:2014.07.17))

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 개시는 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 인공지능 기반의 객체 인식 및 추적을 통해 차량의 위치와 하중을 추정하여, 해당 차량의 과적 여부를 판단하는 방법 및 시스템을 제공하고자 한다.

[0007] 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

[0008] 상술한 기술적 과제를 해결하기 위한 기술적 수단으로서, 본 개시의 제1 측면에 따른 실시예는, 과적 차량 검출 방법을 제공한다. 본 방법은, 교량의 특정 위치에 설치된 촬영 장치의 교량 영상을 기초로 상기 특정 위치를 지나는 차량의 위치 정보를 획득하는 단계, 상기 교량의 특정 영역에 설치된 계측 센서를 이용하여 상기 교량에 대한 변위 프로파일링 정보를 생성하는 단계 및 상기 프로파일링 정보를 기초로 상기 차량의 하중을 추정하여 상기 차량의 과적 여부를 판단하는 단계를 포함한다.

[0009] 상술한 기술적 과제를 해결하기 위한 기술적 수단으로서, 본 개시의 제2 측면에 따른 실시예는 과적 차량 검출 시스템을 제공한다. 본 시스템은, 영상 촬영 장치 및 센서 중 적어도 하나와 통신 연결되는 통신 모듈, 적어도 하나의 프로세서 및 상기 프로세서와 전기적으로 연결되고, 상기 프로세서에서 수행되는 적어도 하나의 코드(code)가 저장되는 메모리를 포함하고, 상기 메모리는 상기 프로세서를 통해 실행될 때 상기 프로세서가, 교량의 특정 위치에 설치된 촬영 장치의 교량 영상을 기초로 상기 특정 위치를 지나는 차량의 위치 정보를 획득하고, 상기 교량의 특정 영역에 설치된 계측 센서를 이용하여 상기 교량에 대한 변위 프로파일링 정보를 생

성하며, 상기 프로파일링 정보를 기초로 상기 차량의 하중을 추정하여 상기 차량의 과적 여부를 판단하도록 야기하는 코드를 저장한다.

발명의 효과

- [0010] 본 발명에 따르면, 종래기술 대비 저비용으로 인공지능 기반의 객체 인식 및 추적을 통해 차량의 위치와 하중을 추정하여, 해당 차량의 과적 여부를 판단할 수 있다.
- [0011] 또한, 본 발명에 따르면, 교량을 통행하는 차량의 위치 추적 및 하중을 추정하는 것을 통해 교량의 안전한 유지 및 관리가 가능하다.
- [0012] 또한, 본 발명에 따르면, 종래 대비 비교적 적은 개수의 센서를 교량에 설치하여, 해당 교량의 변위를 확인할 수 있고, 해당 센서의 설치는 특정 교량에 제한되지 않는다.
- [0013] 또한, 본 발명에 따르면, 교량 상태 특성치인 FRM 추정을 위해 다양한 인공지능 기술을 적용하여 불량 조건 문제 해결 가능성을 높일 수 있다.
- [0014] 본 발명의 효과들은 상술한 효과들로 제한되지 않으며, 이하의 기재로부터 이해되는 모든 효과들을 포함한다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 과적 차량 검출 장치와 이와 통신 연결된 촬영 장치 및 계측 센서를 설명하기 위해 도시한 도면이다.
- 도 2는 도 1에 도시된 과적 차량 검출 장치의 일 예에 따른 세부구성을 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 위치 정보를 획득하는 일 예를 도시한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 교량 처짐의 일 예를 도시한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 FRM을 추정하는 일 예를 도시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 과적 여부를 판단하는 일 예를 도시한 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 과적 차량 검출 방법의 순서를 도시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 개시를 상세히 설명하기로 한다. 다만, 본 개시는 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. 여기에 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 개시가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미로 해석되어야 한다. 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 추가적으로 갖는 것으로 해석되어야 하며, 별도로 정의되지 않는 한 매우 이상적이거나 제한적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0017] 도면에서 본 개시를 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.
- [0018] 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.
- [0019] 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.

- [0020] 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 개시의 제1구성요소는 제2구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2구성요소도 제1구성 요소로 명명될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 단수 표현의 형태들은 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 표현의 형태들도 포함하는 것으로 해석되어야 한다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 과적 차량 검출 장치와 이와 통신 연결된 촬영 장치 및 계측 센서를 설명하기 위해 도시한 도면이다.
- [0022] 도 1을 참조하면, 과적 차량 검출 장치(100)는 기설정된 통신 네트워크를 통해 촬영 장치(200) 및 계측 센서(300)와 통신 연결될 수 있다. 과적 차량 검출 장치(100)는 독립적으로 과적 차량 검출 시스템을 구성하거나, 촬영 장치(200) 및 계측 센서(300)와 함께 과적 차량 검출 시스템을 구성할 수 있다. 과적 차량 검출 장치(100)는 교량의 특정 위치에 설치된 촬영 장치의 교량 영상을 기초로 특정 위치를 지나는 차량의 위치 정보를 획득한다. 과적 차량 검출 장치(100)는 교량의 특정 영역에 설치된 계측 센서를 이용하여 교량에 대한 변위 프로파일링 정보를 생성한다. 과적 차량 검출 장치(100)는 프로파일링 정보를 기초로 차량의 하중을 추정하여 차량의 과적 여부를 판단한다.
- [0023] 과적 차량 검출 장치(100)는 서버, 컴퓨팅 장치 또는 각종 스마트 디바이스의 형태로 구현될 수 있고, SaaS (Software as a Service), PaaS (Platform as a Service) 또는 IaaS (Infrastructure as a Service)와 같은 클라우드 컴퓨팅 서비스 모델에서 동작 할 수 있다. 또한, 과적 차량 검출 장치(100)는 사설(private) 클라우드, 공용(public) 클라우드 또는 하이브리드(hybrid) 클라우드 시스템과 같은 형태로 구축될 수도 있으나, 본 발명의 범위가 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0024] 촬영 장치(200)는 교량에 설치된 방법용 CCTV 혹은 추가로 설치한 CCTV와 같이 교량에 설치되어 실시간으로 교량의 상태를 촬영할 수 있는 장치일 수 있다. 계측 센서(300)는 교량의 하부에 일정 간격을 두고 복수개 설치될 수 있다. 계측 센서(300)는 교량의 변위를 계측하기 위한 센서일 수 있다.
- [0025] 도 2는 도 1에 도시된 과적 차량 검출 장치의 일 예에 따른 세부구성을 도시한 도면이다.
- [0026] 도 2를 참조하면, 과적 차량 검출 장치(100)는 통신 모듈(110), 프로세서(120) 및 메모리(130)를 포함할 수 있다.
- [0027] 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. 통신 모듈(110)은 촬영 장치로부터 교량의 영상을 실시간으로 수신하고, 계측 센서로부터 교량의 변위 상태를 수신할 수 있다. 또한, 통신 모듈(110)은 통신 연결된 단말 혹은 제어 장치로 차량의 과적 여부를 전송할 수 있다.
- [0028] 프로세서(120)는 데이터를 제어 및 처리하는 다양한 종류의 장치들을 포함할 수 있다. 프로세서(120)는 프로그램 내에 포함된 코드 또는 명령으로 표현된 기능을 수행하기 위해 물리적으로 구조화된 회로를 갖는, 하드웨어에 내장된 데이터 처리 장치를 의미할 수 있다.
- [0029] 일 예에서, 프로세서(120)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.
- [0030] 프로세서(120)는 메모리(130)에 저장된 코드에 따라 동작을 수행한다.
- [0031] 메모리(130)는 통신 모듈(110)로 입력되는 정보 및 데이터, 프로세서(120)에 의해 수행되는 기능에 필요한 정보 및 데이터, 프로세서(120)의 실행에 따라 생성된 데이터 중 적어도 어느 하나 이상을 저장할 수 있다.
- [0032] 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 저장된 정보를 유지하기 위하여 전력이 필요한 휘발성 저장장치 외에 클라우드 스토리지, SSD, 자기 저장 매체(magnetic storage media) 또는 플래시 저장 매체(flash storage media)를 포함할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0033] 메모리(130)는 프로세서(120)와 전기적으로 연결되고, 프로세서(120)에서 수행되는 적어도 하나의 코드가 저장

된다. 메모리(130)는 프로세서(120)를 통해 실행될 때 프로세서(120)가 다음과 같은 기능 및 절차들을 수행하도록 야기하는 코드가 저장된다.

- [0034] 메모리(130)에는 교량의 특정 위치에 설치된 촬영 장치의 교량 영상을 기초로 특정 위치를 지나는 차량의 위치 정보를 획득하도록 야기하는 코드가 저장된다. 여기서, 차량은 인공지능 기반 이미지 검출 네트워크에 의해 식별된 화물 차량일 수 있다.
- [0035] 메모리(130)에는 교량에 설치된 촬영 장치를 통해 교량의 위치 정보를 추출하도록 야기하는 코드가 저장될 수 있다.
- [0036] 일 예로, 교량에 설치된 촬영 장치 각각에 고유 번호가 부여되고, 메모리(130)에는 촬영 장치의 고유 번호와 촬영 장치의 설치 위치가 매칭되어 저장하도록 야기하는 코드가 저장될 수 있다. 메모리(130)에는 교량의 영상을 전송한 촬영 장치의 고유 번호에 기초하여 교량의 위치 정보를 추출하도록 야기하는 코드가 저장될 수 있다.
- [0037] 메모리(130)에는 촬영 장치를 통해 촬영된 영상 중 적어도 하나에 기초하여 차량을 식별하도록 야기하는 코드가 저장될 수 있다. 예컨대, 메모리(130)에는 차량의 이미지를 학습하여 영상 내의 차량을 추출하도록 학습된 인공지능 네트워크를 통해 영상 내에서 차량을 식별하도록 야기하는 코드가 저장될 수 있다.
- [0038] 여기서, 인공지능 네트워크는 차량 검출을 위한 객체 검출 기반의 인공지능 네트워크인 YOLO(You Only Look Once), CNN(Convolutional Neural Network), Retina-Net 등을 활용한 전이 학습을 통해 교량을 통행하는 차량 검출에 적합한 차량 검출용 네트워크일 수 있다.
- [0039] 메모리(130)에는 교량의 특정 영역에 설치된 계측 센서를 이용하여 교량에 대한 변위 프로파일링 정보를 생성하도록 야기하는 코드가 저장된다. 예컨대, 메모리(130)에는 계측 센서를 이용하여 교량의 실시간 처짐 정보를 생성하도록 야기하는 코드가 저장될 수 있다.
- [0040] 메모리(130)에는 일정 간격으로 설치된 계측 센서에 의해 계측된 교량의 변위 상태치로부터 교량의 프로파일 패턴을 생성하도록 야기하는 코드가 저장될 수 있다. 여기서, 교량의 변위 상태치는 차량의 인식에 트리거링되어 계측될 수 있고, 차량의 위치와 동시에 계측될 수도 있다.
- [0041] 메모리(130)에는 교량의 Flexural Rigidity (FR) 및 모멘트 중 적어도 하나에 기초하여 교량의 하중 위치 변화에 따른 처짐 함수의 이차 미분값을 산출하도록 야기하는 코드가 저장될 수 있다.
- [0042] 메모리(130)에는 교량에 설치된 적어도 하나의 계측 센서를 통해 영향계수를 산출하도록 야기하는 코드가 저장될 수 있다.
- [0043] 메모리(130)에는 영향계수에 기초하여 처짐 프로파일 패턴을 생성 및 학습하도록 야기하는 코드가 저장될 수 있다.
- [0044] 메모리(130)에는 교량과 동일한 경계 조건(boundary condition)을 가지는 PINN(Physics-informed Neural Network)기반의 인공지능 모델을 통해 다양한 교량 프로파일 생성하고, 교량 프로파일에 기초하여 처짐 프로파일 패턴을 학습하도록 야기하는 코드가 저장될 수 있다. 여기서, 인공지능 모델은, 교량에 작용하는 하중의 위치 및 크기에 따라 복수 패턴의 프로파일들을 생성하고, 상기 프로파일들을 학습 또는 역학습하여 노이즈가 제거되는 과정에서 발생하는 불량 조건 문제(ill-posed problem)의 해를 추정하도록 훈련된 것일 수 있다.
- [0045] 메모리(130)에는 인공지능 모델을 활용하여 계측 센서를 통해 측정된 교량의 연직 처짐에서 노이즈가 제거된 정밀한 공간 분해능을 가지는 처짐 프로파일을 생성하도록 야기하는 코드가 저장될 수 있다.
- [0046] 메모리(130)에는 노이즈가 제거된 교량의 현재 상태를 나타내는 FRM (Flexural Rigidity Matrix)을 업데이트하고, 이후 통행하는 차량의 위치 정보 및 처짐 프로파일을 통해 차량의 과적 여부를 판단하도록 야기하는 코드가 저장될 수 있다.
- [0047] 상술한 바와 같이, 메모리(130)에는 처짐 프로파일 패턴 및 처짐 프로파일을 생성 및 추정하도록 야기하는 코드가 저장될 수 있으며, 이에 대한 상세한 설명은 아래 도 4 및 도5와 관련하여 후술될 것이다.
- [0048] 메모리(130)에는 프로파일링 정보를 기초로 차량의 하중을 추정하여 차량의 과적 여부를 판단하도록 야기하는 코드가 저장된다.
- [0049] 메모리(130)에는 처짐 프로파일에 기초하여 차량의 하중을 추정하고, 추정된 차량의 하중이 기설정된 무게 이상인 경우에 상기 차량을 과적 차량으로 판단하도록 야기하는 코드가 저장될 수 있다.

- [0050] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 위치 정보를 획득하는 일 예를 도시한 도면이다.
- [0051] 도 1과 도 3을 함께 참조하면, 도 1에 도시된 과적 차량 검출 장치(100)는 교량에 설치된 촬영 장치를 통해 교량의 위치 정보를 추출할 수 있다.
- [0052] 과적 차량 검출 장치(100)는 도 1의 촬영 장치(200)를 통해 촬영된 영상에 기초하여 차량을 식별할 수 있다. 예컨대, 과적 차량 검출 장치(100)는 차량의 이미지를 학습하여 영상 내의 차량을 추출하도록 학습된 인공지능 네트워크를 통해 영상 내에서 차량을 식별할 수 있다.
- [0053] 여기서, 인공지능 네트워크는 차량 검출을 위한 객체 검출 기반의 인공지능 네트워크인 YOLO(You Only Look Once), CNN(Convolutional Neural Network), Retina-Net 등을 활용한 전이 학습을 통해 교량을 통행하는 차량 검출에 적합한 차량 검출용 네트워크일 수 있다.
- [0054] 일 예로, 과적 차량 검출 장치(100)는 촬영 장치(200)를 통해 차량의 바퀴의 위치 좌표를 추출할 수 있다. 예컨대, 과적 차량 검출 장치(100)는 차량의 바퀴의 위치 좌표를 $L1(x1, y1)$ 및 $L2(x2, y2)$ 과 같은 형태로 추출할 수 있다.
- [0055] 과적 차량 검출 장치(100)는 차량 감지를 트리거로 작용하여 통행 시간에 따른 차량의 위치와 교량의 실시간 처짐 정보를 측정하고, 차량의 과적 여부를 탐지할 수 있다. 차량의 위치와 교량의 실시간 처짐 정보는 동시에 또는 실시간으로 측정될 수 있다.
- [0056] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 교량의 처짐의 일 예를 도시한 도면이다. 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 FRM을 추정하는 일 예를 도시한 도면이다.
- [0057] 도 4 및 도 5를 참조하면, 차량의 하중을 추정하기 위해 교량의 FRM을 추정할 수 있다. 여기서, 교량의 FRM은 변위 상태치들에 기초하여 산출될 수 있다. 또한, 교량의 FRM은 노이즈가 제거된 처짐 프로파일에 기초하여 업데이트될 수 있다.
- [0058] 도 1의 과적 차량 검출 장치(100)는 교량 구조물의 왼쪽 지점으로부터 v 위치에 단위 하중이 작용할 경우 연직 처짐 $y(x, v)$ 에 대해 단위 하중의 위치에 따른 함수로 표현이 가능할 수 있다.
- [0059] 과적 차량 검출 장치(100)는 처짐 영향선을 기준으로 하중의 위치 변화를 확인할 수 있다. 여기서, 처짐 영향선(Deflection influence line)은 고정된 위치 x 에서 단위 하중의 위치가 변화함에 따른 처짐 함수로 정의되며, x 의 위치가 x_u 일 경우 $y(x_u, v)$ 로 정의될 수 있다($0 \leq v \leq L$).
- [0060] 과적 차량 검출 장치(100)는 오일러 베르누이 빔 이론(Euler-Bernoulli beam theory)에 따라, 하중 위치 변화에 따른 처짐 함수의 이차 미분을 굴곡 강성(Flexural rigidity, FR)과 모멘트(Moment, M)로 아래 수학식 1과 같이 표현할 수 있다.

수학식 1

$$\frac{\partial^2 y(x_u, v)}{\partial v^2} = \frac{\partial \theta(x_u, v)}{\partial v} = \frac{M(v)}{FR(v)}$$

[0061]

[0062] 도 4에 도시된 그림을 참조하면, v 는 단위 하중이 작용하는 교량의 위치 좌표이고, $M(v)$ 는 v 에 대한 모멘트 함수이고, $FR(v)$ 는 v 에 대한 굴곡 강성 함수일 수 있다.

[0063] 수학식 1을 간략화하기 위해, $y(x_u, v)$ 을 아래의 수학식 2와 같이 간략화 및 정형화할 수 있다.

수학식 2

$$\tau_u(v)=y(x_u,v)$$

[0064]

[0065] 또한, 수학식 1을 간략화하기 위해, $M(v)$ 을 아래의 수학식 3과 같이 간략화 및 정형화할 수 있다.

수학식 3

$$M_v = M(v)$$

[0066]

[0067] 수학식 2 및 수학식 3에 기초하여 수학식 1은 아래의 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 4

$$\tau_u''(v)=\theta_u'(v)=k(v)=\frac{M_v}{FR(v)}$$

[0068]

[0069] 과적 차량 검출 장치(100)는 길이 L을 가지는 교량의 처짐을 계측하기 위해 공간적으로 배분된 계측 위치를 Z개로 분리하고, 보다 정밀한 공간 분해능을 갖기 위해 교량을 임의의 N개로 구간별 분리할 수 있다. 각각의 구간들은 서로 영향을 미치고 유기적인 연속성을 가지고 있으며 단위하중법에 따라 아래 수학식 5와 같이 영향 계수 δ_{ij} 를 나타낼 수 있다.

수학식 5

$$\delta_{ij} = \sum_{n=1}^N \int_{x_n}^{x_{n+1}} \frac{M_i M_j}{FR_n} dx$$

[0070]

[0071] 여기서, δ_{ij} 는 i 및 j의 관계에서의 영향 계수이고, i와 j는 각각 교량에서의 계측 위치를 의미할 수 있다.

[0072] 수학식 5는 수학식 4에 기초하여 아래의 수학식 6과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

$$\delta_{ij} = \sum_{n=1}^N \int_{x_n}^{x_{n+1}} FR_n k_i k_j dx = K_{ij} FRM$$

[0073]

[0074] K_{ij} 는 아래 수학식 7과 같이 나타나고, FRM은 아래 수학식 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

$$K_{ij} = \left[\int_{x_1}^{x_2} k_i k_j dx \int_{x_2}^{x_3} k_i k_j dx \int_{x_3}^{x_4} k_i k_j dx \dots \int_{x_N}^{x_{N+1}} k_i k_j dx \right]$$

수학식 8

$$FRM = \left[FR_1 \quad FR_2 \quad FR_3 \quad \dots \quad FR_N \right]^T$$

[0077] 과적 차량 검출 장치(100)는 모든 계측 위치에 대해 수학식 7과 수학식 8에 기초하여 수학식 9와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 9

$$\Delta = \mathbb{K} FRM$$

[0079] Δ 및 $\mathbb{K}$ 는 각각 수학식 10과 11로 나타낼 수 있다.

수학식 10

$$\Delta = \left[\delta_{11} \quad \delta_{12} \quad \delta_{13} \quad \dots \quad \delta_{ZZ} \right]^T$$

수학식 11

$$\mathbb{K} = \left[K_{11} \quad K_{12} \quad K_{13} \quad \dots \quad K_{ij} \right]^T = \begin{bmatrix} \int_{x_1}^{x_2} k_1 k_1 dx & \int_{x_2}^{x_3} k_1 k_1 dx & \dots & \int_{x_N}^{x_{N+1}} k_1 k_1 dx \\ \int_{x_1}^{x_2} k_1 k_2 dx & \int_{x_2}^{x_3} k_1 k_2 dx & \dots & \int_{x_N}^{x_{N+1}} k_1 k_2 dx \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \int_{x_1}^{x_2} k_i k_j dx & \int_{x_2}^{x_3} k_i k_j dx & \dots & \int_{x_N}^{x_{N+1}} k_i k_j dx \end{bmatrix}$$

[0082] 과적 차량 검출 장치(100)는 수학식 10 및 수학식 11에 기초한 수학식 12에 따라 FRM을 산출할 수 있다.

수학식 12

$$FRM = K^{-1} \Delta$$

[0083]

[0084]

여기서, K^{-1} 은 K 의 역행렬을 의미할 수 있다.

[0085]

과적 차량 검출 장치(100)는 교량에 설치된 한정적인 센서의 개수 또는 측정 지점을 통해 정교한 처짐 프로파일을 생성할 수 있다. 실제 교량에서 Z 개의 계측 센서를 통해서 확보한 Δ 및 K 는 계측 노이즈를 포함할 수 있다. 이와 같은 계측 노이즈는 수학식 12의 해를 도출하는데 있어, 불량조건문제(ill-posed problem)를 야기할 수 있다. 과적 차량 검출 장치(100)는 인공지능 기반의 네트워크를 활용하여 불량조건 문제의 해를 추정할 수 있다. 과적 차량 검출 장치(100)는 PINN(Physics-informed Neural Network)을 활용하여, 교량에 작용하는 하중의 위치 및 크기에 따라 다양한 패턴의 처짐 프로파일을 생성하고, 이와 같은 패턴을 인공지능 네트워크에 역학습함으로써, 불량조건문제의 해를 추정할 수 있다.

[0086]

과적 차량 검출 장치(100)는 재생성된 수학식 10 및 수학식 11에 기초한 수학식 12를 통해 노이즈를 제거한 처짐 프로파일을 통해 FRM을 업데이트할 수 있다.

[0087]

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 과적 여부를 판단하는 일 예를 도시한도면이다.

[0088]

도 6을 참조하면, 과적 차량 검출 장치(100)는 교량의 처짐 프로파일이 추정되면, 이를 기반으로 이후 교량을 통행하는 차량의 탐지가 트리거링되어 수학식 13을 통해 해당 차량의 하중 추정이 가능하다.

수학식 13

$$L = T \Delta^{-1}$$

[0089]

[0090]

여기서, L 은 하중 정보 행렬이고, T 는 처짐 응답 벡터일 수 있다.

[0091]

과적 차량 검출 장치(100)는 앞서 계산된 영향 계수 벡터(Δ)와 측정 처짐 응답 벡터(T)를 이용하여 하중 정보 행렬(L)을 계산함으로써 차량의 하중을 추정하고, 과적 차량 여부를 판단할 수 있다.

[0092]

과적 차량 검출 장치(100)는 차량의 하중이 기설정된 무게 이상인 경우, 해당 차량을 과적 차량으로 판단할 수 있다. 예컨대, 기설정된 무게가 45톤이고, 추정된 차량의 하중이 45톤인 경우에 과적 차량 검출 장치(100)는 해당 차량을 과적 차량으로 판단할 수 있다.

[0093]

과적 차량 검출 장치(100)는 과적 차량으로 판단된 차량의 번호판 정보, 위치 정보 및 추정된 차량의 하중 정보 중 적어도 하나를 통신 연결된 서버 혹은 단말로 전송할 수 있다.

[0094]

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 과적 차량 검출 방법의 순서를 도시한 흐름도이다.

[0095]

이하에서 설명될 과적 차량 검출 방법은 앞서 도 1 내지 도 6을 참조하여 설명한 과적 차량 검출 장치(100) 또는 서버에 의해 수행될 수 있다. 따라서, 앞서 도 1 내지 도 6을 참조하여 설명한 본 개시의 실시예에 대한 내용은 이하에서 설명될 실시예에도 동일하게 적용될 수 있으며, 이하에서 상술한 설명과 중복되는 내용은 생략하도록 한다. 이하에서 설명되는 단계들은 반드시 순서대로 수행되어야 하는 것은 아니고, 단계들의 순서는 다양하게 설정될 수 있으며, 단계들은 거의 동시에 수행될 수도 있다.

[0096]

도 7을 참조하면, 과적 차량 검출 방법은, 차량의 위치 정보 획득 단계(S100), 변위 프로파일링 정보 생성 단계(S200) 및 차량의 과적 여부 판단 단계(S300)를 포함한다.

[0097]

차량의 위치 정보 획득 단계(S100)는 교량의 특정 위치에 설치된 촬영 장치의 교량 영상을 기초로 특정 위치를 지나가는 차량의 위치 정보를 획득하는 단계이다.

[0098]

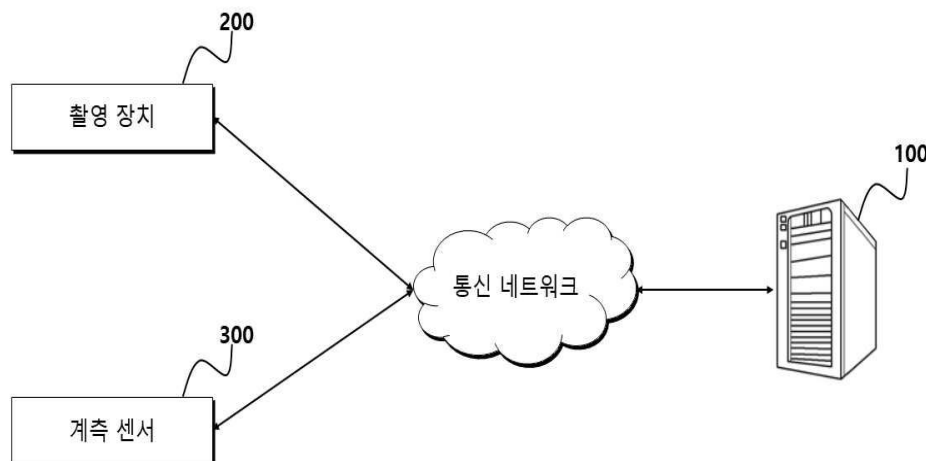
변위 프로파일링 정보 생성 단계(S200)는 교량의 특정 영역에 설치된 계측 센서를 이용하여 교량에 대한 변위

프로파일링 정보를 생성하는 단계이다.

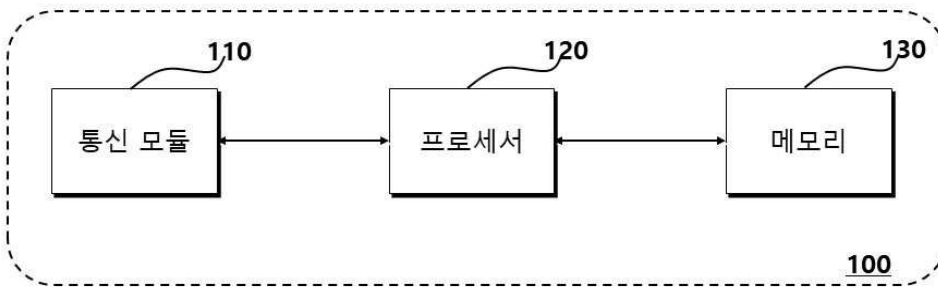
- [0099] 변위 프로파일링 정보 생성 단계(S200)는 일정 간격으로 설치된 계측 센서에 의해 계측된 교량의 변위 상태치로부터 교량의 처짐 프로파일 패턴을 생성하는 단계 및 인공지능 모델을 기반으로 처짐 프로파일 패턴에 포함된 노이즈를 제거하여 교량에 대한 처짐 프로파일을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0100] 차량의 과적 여부 판단 단계(S300)는 프로파일링 정보를 기초로 차량의 하중을 추정하여 차량의 과적 여부를 판단하는 단계이다.
- [0101] 차량의 과적 여부 판단 단계(S300)는 추정된 차량의 하중이 기설정된 무게 이상인 경우에 차량을 과적 차량으로 판단하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0102] 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어를 포함하는 비일시적 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 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.
- [0103] 본 발명의 방법 및 시스템은 특정 실시예와 관련하여 설명되었지만, 그것들의 구성 요소 또는 동작의 일부 또는 전부는 범용 하드웨어 아키텍처를 갖는 컴퓨터 시스템을 사용하여 구현될 수 있다.
- [0104] 본 개시가 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 상술한 설명을 기초로 본 개시의 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 개시의 범위는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 개시의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다. 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

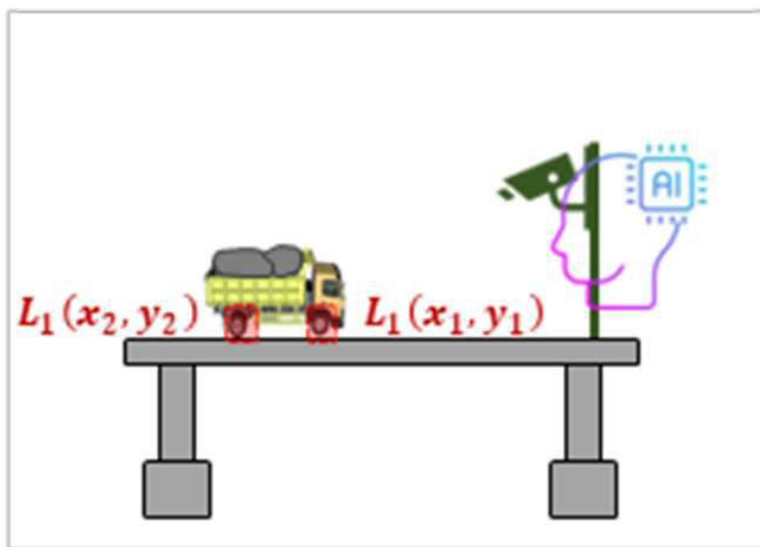
도면1



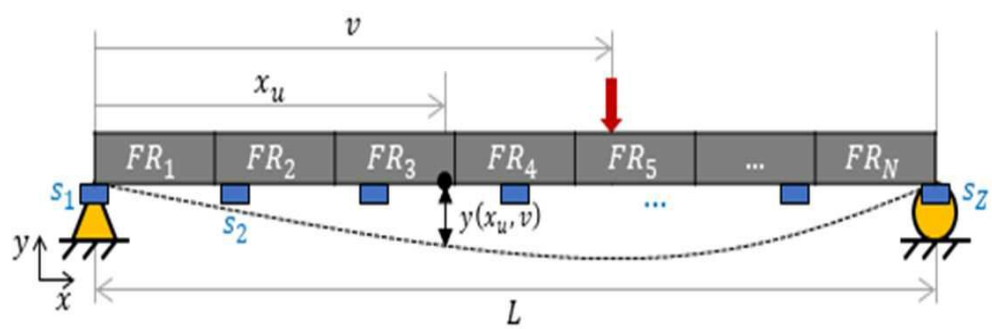
도면2



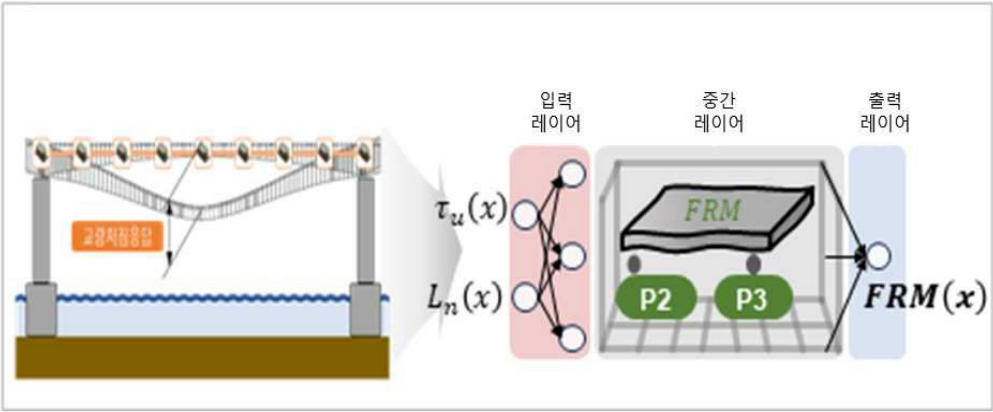
도면3



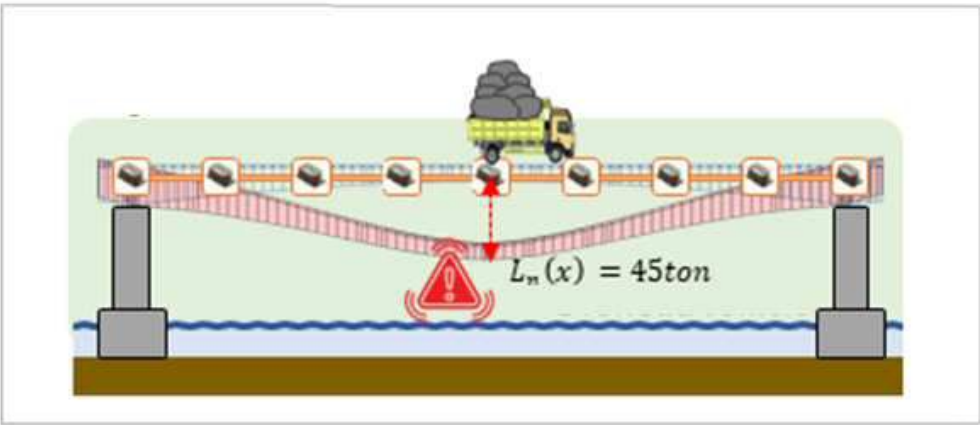
도면4



도면5



도면6



도면7

