(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0044201
(43) 공개일자 2024년04월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01M 5/00 (2006.01) *G01B 21/32* (2006.01)
G01P 15/00 (2006.01) *G06Q 50/08* (2012.01)
G06Q 50/10 (2012.01) *G16Y 40/10* (2020.01)
G16Y 40/20 (2020.01)
(52) CPC특허분류
G01M 5/0008 (2013.01)
G01B 21/32 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0123693
(22) 출원일자 2022년09월28일
심사청구일자 2022년09월28일

(71) 출원인
중앙대학교 산학협력단
서울특별시 동작구 흑석로 84 (흑석동)
(72) 발명자
박종웅
서울특별시 송파구 가락로 187(송파동, 한양아파트) 2동 107호
박준영
서울특별시 동작구 매봉로 4길 7, 407호
신준식
서울특별시 동작구 상도로34나길 17
(74) 대리인
특허법인 아이퍼스

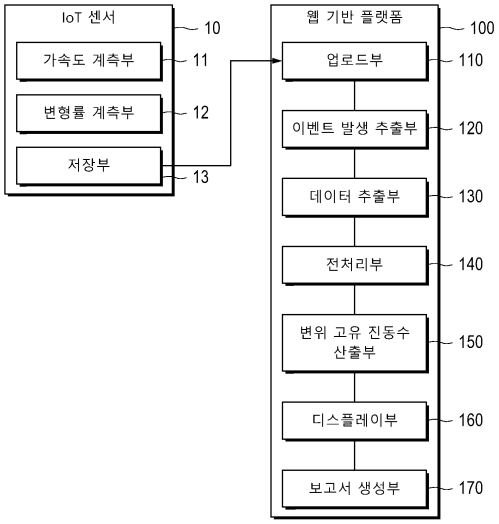
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **구조물 내하력 평가용 ＩｏＴ 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템 및 자동인식 분석방법**

(57) 요 약

본 발명은 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템 및 자동인식 분석방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 구조물에 부착되어 구조물에 대한 가속도데이터와 변형률데이터를 측정하여 저장부에 저장하는 IoT 센서부; 및 상기 저장부에 저장된 계측데이터가 업로드되어 상기 계측데이터에서 이벤트 발생 시점을 추출하고, 상기 이벤트 발생 구간마다 분석하기 위한 데이터를 추출하여 변위를 산정하는 웹플랫폼;을 포함하는 것을 특징으로 하는 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템에 관한 것이다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G01M 5/0033 (2013.01)
G01M 5/0066 (2013.01)
G01P 15/00 (2013.01)
G06Q 50/08 (2013.01)
G06Q 50/10 (2015.01)
G16Y 40/10 (2020.01)
G16Y 40/20 (2020.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615012519
과제번호	164014
부처명	국토교통부
과제관리(전문)기관명	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	국토교통기술촉진연구
연구과제명	2차)스마트 브리지 Level 3 를 위한 IoT 센싱 및 클라우드 시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	중앙대학교산학협력단
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

구조물에 부착되어 구조물에 대한 가속도데이터와 변형률데이터를 측정하여 저장부에 저장하는 IoT 센서부; 및

상기 저장부에 저장된 계측데이터가 업로드되어 상기 계측데이터에서 이벤트 발생시점을 추출하고, 상기 이벤트 발생 구간마다 분석하기 위한 데이터를 추출하여 변위를 산정하는 웹플랫폼;을 포함하는 것을 특징으로 하는 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 IoT 센서부의 저장부는 계측데이터를 특정형식으로 기록하고 저장하는 것을 특징으로 하는 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 웹플랫폼은,

상기 저장부에 저장된 계측데이터를 드래그 앤 드롭 방식으로 입력받아 업로드 되는 업로드부; 및

상기 가속도 데이터에 STA/LTA 알고리즘을 적용하여 무빙윈도우를 통해 상기 이벤트 발생시점을 추출하는 이벤트 발생 추출부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 이벤트 발생은 재하발생이고, 상기 STA와 LTA 크기는 사용자가 지정한 윈도우 사이즈 만큼 설정되는 것을 특징으로 하는 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 이벤트 발생 시점에서 앞뒤로 특정시간의 데이터를 추출하여 결과 분석을 위한 가속도 데이터와 변형률 데이터를 추출하는 데이터추출부; 및

상기 데이터추출부에서 추출된 각 이벤트 발생구간 별로 가속도의 표준편차가 특정값 이하가 되는 지점을 해당 구간의 변형률 원점으로 하여 오프셋을 산출하는 전처리부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 전처리부는, 구간 내 상기 변형률데이터에서 상기 오프셋을 제거하고 드리프트(drift) 존재 시 선형성을 제거하여 원점 보정된 변형률 데이터를 추출하는 것을 특징으로 하는 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템.

청구항 7

제 6항에 있어서,

전처리부에서 전처리된 가속도데이터와 변형률데이터로부터 구간별 변위 및 고유진동수를 산정하는 변위 고유진동수산출부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 변위 고유진동수산출부는, 상기 원점 보정된 변형률데이터와 상기 가속도데이터를 멀티메트릭 데이터 융합 기반으로 변위데이터를 산출하고,

각 구간별 가속도, 변형률, 변위, 고유진동수를 그래프와 표로 표출하는 디스플레이부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 이벤트 구간별로, 상기 그래프와 상기 표가 포함된 내하력 평가보고서를 자동으로 생성하는 보고서생성부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템.

청구항 10

구조물에 부착된 IoT 센서부가 구조물에 대한 가속도데이터와 변형률데이터를 측정하고 계측데이터가 특정형식으로 기록 저장되는 단계;

상기 저장부에 저장된 계측데이터가 웹 플랫폼의 업로드부에 업로드되는 단계;

웹 플랫폼의 이벤트 발생추출부가 계측데이터에서 이벤트 발생시점을 추출하는 단계;

데이터 추출부가 상기 이벤트 발생 구간을 설정하고 상기 구간마다 분석할 계측데이터를 추출하는 단계;

변위 고유진동수산출부가 상기 계측데이터를 분석하여 상기 이벤트 발생 구간마다 변위, 고유진동수를 산정하는 단계;을 포함하는 것을 특징으로 하는 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석방법.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 이벤트 발생시점을 추출하는 단계는, 상기 가속도 데이터에 STA/LTA 알고리즘을 적용하여 무빙윈도우를 통해 상기 이벤트 발생시점을 추출하고,

상기 추출하는 단계는, 상기 이벤트 발생 시점에서 앞뒤로 특정시간의 데이터를 추출하여 결과 분석을 위한 가

속도 데이터와 변형률 데이터를 추출하며,

상기 추출하는 단계 후에,

전처리가 상기 데이터추출부에서 추출된 각 이벤트 발생구간 별로 가속도의 표준편차가 특정값 이하가 되는 지점을 해당구간의 변형률 원점으로 하여 오프셋을 산출하여, 구간 내 상기 변형률데이터에서 상기 오프셋을 제거하고 드리프트(drift) 존재 시 선형성을 제거하여 원점 보정된 변형률 데이터를 추출하는 단계;를 더 포함하고,

상기 산정하는 단계는, 상기 전처리부에서 전처리된 가속도데이터와 변형률데이터로부터 구간별 변위 및 고유진동수를 산정하는 것을 특징으로 하는 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석방법.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 변위 고유진동수산출부는, 상기 원점 보정된 변형률데이터와 상기 가속도데이터를 멀티메트릭 데이터 융합 기반으로 변위데이터를 산출하고,

디스플레이부 각 구간별 가속도, 변형률, 변위, 고유진동수를 그래프와 표로 표출하는 단계; 및

보고서생성부가 상기 이벤트 구간별로, 상기 그래프와 상기 표가 포함된 내하력 평가보고서를 자동으로 생성하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석방법.

청구항 13

컴퓨터에 의해 판독 실행되는 프로그램으로서,

컴퓨터에 의해 제 10항 내지 제 12항 중 어느 한 항에 따른 자동인식 분석방법이 기능되도록 실행시키는 것을 특징으로 하는 프로그램.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 교량 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석, 보고서 자동 생성시스템 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 종래 교량의 내하력 평가에서는 주로 LVDT를 사용하여 변위를 계측하며, 유/무선 센서를 이용하여 가속도 혹은 변형률을 측정하고 엣지 컴퓨팅 혹은 사람에 의한 후처리를 거쳐 변위를 얻어내는 방식을 택하고 있다.

[0003] '시특법(시설물의안전관리에관한특별법시행령)' 에 따라 교량구조물의 안전성평가를 위해 실시되는 내하력 평가는 6개월에서 2년 단위의 긴 점검주기를 지녀 손상발생의 원인 규명이나 손상 발생시기 파악에 어려움이 있다.

[0004] 교량 안전점검을 위한 변위 계측 시 사용되는 LDV, LVDT 장비는 형고가 높거나 해상교량의 경우 설치가 불가능하며 장기간 상시 모니터링이 어려워 매 안전검검마다 많은 인력이 동원되며 시간·비용이 소모되는 단점이 있다.

[0005] 이를 위해 가속도센서나 변형률센서를 이용하여 변위를 수집하려는 다양한 기술이 시도되었지만 가속도 기반 변위는 이중적분으로 인한 오차 누적, 변형률 기반 변위는 스케일펙터 부재로 인한 단위 오차 등이 존재해 정확한 변위 계측에 어려움 존재한다.

[0006] 또한 교량에서 취득된 변형률 데이터는 불안정한 전원, Drift 및 계측 잡음로 인해 정확한 원점 파악이 어렵다.

[0007] 또한 기존 교량 모니터링용 IoT 센서는 센서 자체의 연산 능력을 바탕으로 데이터를 처리하여 서버로 결과물을 전송하는 엣지 컴퓨팅을 채택하였다. 이러한 방식은 센서의 연산 성능한계로 인해 복잡한 연산을 수행할 수 없으며 설치 규모가 커질수록 막대한 비용상승을 초래하여 경제성과 확장성이 떨어진다는 단점이 존재한다.

[0008] 그리고 인력 중심으로 이뤄지는 계측 데이터의 분석작업은 분석가에 따라 달리 해석될 수 있어 객관성이 떨어지고 반복적인 작업이 많아 자동화 필요한 실정이다.

[0009] 또한 교량의 내하력 평가를 위한 기존 계측 시스템은 센서 설치 이후 유의미한 데이터 구간을 추출하기 위해 여러 보조인력이 동원되어 재하 시작/종료 시점을 무전으로 통신하고, 종이에 초단위 시간기록 등 번거로운 작업을 수반한다.

[0010] 데이터 수집 이후로도 데이터 분석이 가능한 전문인력이 요구되며 전체 데이터로부터 내하력 발생 구간을 수작업으로 추출하고 구간별 분석을 수행하고 있다.

[0011] 내하력 평가를 위한 기존 계측 시스템(LDV, LVDT 등)의 경우 장시간 소요되는 내하력 평가의 모든 시점에 대하여 데이터를 수집한 후, 사무실로 복귀해 하중 발생 구간을 수기로 구분한다.

[0012] 그러나 정해진 매뉴얼에 따라 반복적으로 수행되는 정적재하/동적재하 데이터를 매번 사람이 수작업으로 구분하는 것은 비효율적이고 번거로움 문제점이 존재한다.

[0013] 또한, 현장의 계측 과정에서도 재하 발생 시점을 초단위로 종이에 기록하거나 무전으로 센서 계측/종료 시점을 주고받는 등 추가적인 현장활동이 수반되고 이로 인한 추가 인력 및 노동이 야기된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0014] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 10-0366397

(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 10-2006-0102581

(특허문헌 0003) 대한민국 공개특허 10-2010-0113751

(특허문헌 0004) 대한민국 등록특허 10-2318967

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 따라서 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 실시예에 따르면, 내하력 평가의 계측 데이터 분석과정을 자동화하여 시간 및 비용을 절감할 수 있고, 계측 데이터(가속도, 변형률)를 기반으로 재하시험 발생 및 종료 시점을 실시간으로 자동인식할 수 있으며, 계측 데이터와 해당 로드 케이스(Load Case)를 자동으로 매핑(Mapping)하고, 구분된 가속도 및 변형률 데이터로부터 변위를 산정하고, 각 구간별 최대 변위, 최대 가속도, 고유 진동수를 자동 산정할 수 있으며, 산정/분류된 각 데이터 케이스별 분석결과를 한글/word/pdf와 같은 포맷의 문서로 포팅(Porting)하여 결과 보고서를 생성하는 문서 자동화 기능이 탑재된, 교량 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템 및 자동인식 분석방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0016] 본 발명의 실시예에 따르면, 내하력 평가 시 하중 발생 구간을 수기로 기록하거나, 무전을 통해 센서 계측/종료 시점을 전달하는 번거로운 현장작업을 축소시킬 수 있고, 수집 데이터 전처리 및 분석과정의 완전 자동화와, 하중 발생 구간별 분석 결과로부터 결과 보고서를 자동생성할 수 있어 별도의 전문지식 없이도, 센서와 웹 플랫폼 이용 권한만 있으면 누구나 내하력 평가를 수행/결과분석을 할 수 있는, 교량 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템 및 자동인식 분석방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0017] 한편, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에

게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0018] 본 발명의 제1목적은 구조물에 부착되어 구조물에 대한 가속도데이터와 변형률데이터를 측정하여 저장부에 저장하는 IoT 센서부; 및 상기 저장부에 저장된 계측데이터가 업로드되어 상기 계측데이터에서 이벤트 발생시점을 추출하고, 상기 이벤트 발생 구간마다 분석하기 위한 데이터를 추출하여 변위를 산정하는 웹플랫폼;을 포함하는 것을 특징으로 하는 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템으러소 달성될 수 있다.

[0019] 그리고 상기 IoT 센서부의 저장부는 계측데이터를 특정형식으로 기록하고 저장하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0020] 또한 상기 웹플랫폼은, 상기 저장부에 저장된 계측데이터를 드래그 앤 드롭 방식으로 입력받아 업로드 되는 업로드부; 및 상기 가속도 데이터에 STA/LTA 알고리즘을 적용하여 무빙윈도우를 통해 상기 이벤트 발생시점을 추출하는 이벤트 발생 추출부;를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0021] 그리고 상기 이벤트 발생은 재하발생이고, 상기 STA와 LTA 크기는 사용자가 지정한 윈도우 사이즈 만큼 설정되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0022] 또한 상기 이벤트 발생 시점에서 앞뒤로 특정시간의 데이터를 추출하여 결과 분석을 위한 가속도 데이터와 변형률 데이터를 추출하는 데이터추출부; 및 상기 데이터추출부에서 추출된 각 이벤트 발생구간 별로 가속도의 표준편차가 특정값 이하가 되는 지점을 해당구간의 변형률 원점으로 하여 오프셋을 산출하는 전처리부;를 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0023] 그리고 상기 전처리부는, 구간 내 상기 변형률데이터에서 상기 오프셋을 제거하고 드리프트(drift) 존재 시 선형성을 제거하여 원점 보정된 변형률 데이터를 추출하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0024] 또한 전처리부에서 전처리된 가속도데이터와 변형률데이터로부터 구간별 변위 및 고유진동수를 산정하는 변위 고유진동수산출부;를 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0025] 그리고 상기 변위 고유진동수산출부는, 상기 원점 보정된 변형률데이터와 상기 가속도데이터를 멀티메트릭 데이터 융합기반으로 변위데이터를 산출하고, 각 구간별 가속도, 변형률, 변위, 고유진동수를 그래프와 표로 표출하는 디스플레이부;를 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0026] 또한 상기 이벤트 구간별로, 상기 그래프와 상기 표가 포함된 내하력 평가보고서를 자동으로 생성하는 보고서생성부;를 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0027] 본 발명의 제2목적은 구조물에 부착된 IoT 센서부가 구조물에 대한 가속도데이터와 변형률데이터를 측정하고 계측데이터가 특정형식으로 기록 저장되는 단계; 상기 저장부에 저장된 계측데이터가 웹 플랫폼의 업로드부에 업로드되는 단계; 웹 플랫폼의 이벤트 발생추출부가 계측데이터에서 이벤트 발생시점을 추출하는 단계; 데이터 추출부가 상기 이벤트 발생 구간을 설정하고 상기 구간마다 분석할 계측데이터를 추출하는 단계; 변위 고유진동수 산출부가 상기 계측데이터를 분석하여 상기 이벤트 발생 구간마다 변위, 고유진동수를 산정하는 단계;을 포함하는 것을 특징으로 하는 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석방법으로서 달성될 수 있다.

[0028] 그리고 상기 이벤트 발생시점을 추출하는 단계는, 상기 가속도 데이터에 STA/LTA 알고리즘을 적용하여 무빙윈도우를 통해 상기 이벤트 발생시점을 추출하고, 상기 추출하는 단계는, 상기 이벤트 발생 시점에서 앞뒤로 특정시간의 데이터를 추출하여 결과 분석을 위한 가속도 데이터와 변형률 데이터를 추출하며, 상기 추출하는 단계 후에, 전처리가 상기 데이터추출부에서 추출된 각 이벤트 발생구간 별로 가속도의 표준편차가 특정값 이하가 되는 지점을 해당구간의 변형률 원점으로 하여 오프셋을 산출하여, 구간 내 상기 변형률데이터에서 상기 오프셋을 제거하고 드리프트(drift) 존재 시 선형성을 제거하여 원점 보정된 변형률 데이터를 추출하는 단계;를 더 포함하고, 상기 산정하는 단계는, 상기 전처리부에서 전처리된 가속도데이터와 변형률데이터로부터 구간별 변위 및 고유진동수를 산정하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0029] 그리고 상기 변위 고유진동수산출부는, 상기 원점 보정된 변형률데이터와 상기 가속도데이터를 멀티메트릭 데이터 융합기반으로 변위데이터를 산출하고, 디스플레이부 각 구간별 가속도, 변형률, 변위, 고유진동수를 그래프와 표로 표출하는 단계; 및 보고서생성부가 상기 이벤트 구간별로, 상기 그래프와 상기 표가 포함된 내하력 평가보고서를 자동으로 생성하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

[0030] 본 발명의 실시예에 따른 교량 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템 및 자동인식 분석방법에 따르면, 내하력 평가의 계측 데이터 분석과정을 자동화하여 시간 및 비용을 절감할 수 있고, 계측 데이터(가속도, 변형률)를 기반으로 재하시험 발생 및 종료 시점을 실시간으로 자동인식할 수 있으며, 계측 데이터와 해당 로드 케이스(Load Case)를 자동으로 매핑(Mapping)하고, 구분된 가속도 및 변형률 데이터로부터 변위를 산정하고, 각 구간별 최대 변위, 최대 가속도, 고유 진동수를 자동 산정할 수 있으며, 산정/분류된 각 데이터 케이스별 분석결과를 한글/word/pdf와 같은 포맷의 문서로 포팅(Porting)하여 결과 보고서를 자동생성할 수 있는 효과를 갖는다.

[0031] 본 발명의 실시예에 따른 교량 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템 및 자동인식 분석방법에 따르면, 내하력 평가 시 하중 발생 구간을 수기로 기록하거나, 무전을 통해 센서 계측/종료 시점을 전달하는 번거로운 현장작업을 축소시킬 수 있고, 수집 데이터 전처리 및 분석과정의 완전 자동화와, 하중발생 구간별 분석 결과로부터 결과 보고서를 자동생성할 수 있어 별도의 전문지식 없이도, 센서와 웹 플랫폼 이용 권한만 있으면 누구나 내하력 평가를 수행/결과분석을 할 수 있는 장점이 있다.

[0032] 한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0033] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석 되어서는 아니 된다.

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 IoT 센서가 팔당육교 현장에 실제 설치된 사진(SD카드는 센서 내부에 부착되어 있음),

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 교량 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템의 블록도,

도 3은 본 발명의 실시예에 따라 회수한 센서에서 SD카드(저장부)를 제거해 자체 웹 플랫폼에 드래그 앤 드롭하는 과정,

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 웹 플랫폼 백엔드로부터 자동 생성된 보고서,

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 웹 플랫폼의 설계 모식도이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 교량 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석방법의 흐름도를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 이상의 본 발명의 목적들, 다른 목적들, 특징들 및 이점들은 첨부된 도면과 관련된 이하의 바람직한 실시예들을 통해서 쉽게 이해될 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 통상의 기술자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.

[0035] 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 구성요소 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 구성요소가 개재될 수도 있다는 것을 의미한다. 또한 도면들에 있어서, 구성요소들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다.

[0036] 본 명세서에서 기술하는 실시예들은 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 평면도들을 참고하여 설명될 것이다. 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 따라서 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 따라서 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다. 예를 들면, 직각으로 도시된 영역은 라운드지거나 소정 곡률을 가지는 형태일 수 있다. 따라서 도면에서 예시된 영역들은 속

성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 소자의 영역의 특정 형태를 예시하기 위한 것이며 발명의 범주를 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서의 다양한 실시예들에서 제1, 제2 등의 용어가 다양한 구성요소들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 구성요소를 다른 구성요소와 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 여기에 설명되고 예시되는 실시예들은 그것의 상보적인 실시예들도 포함한다.

[0037] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 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 '포함하는(comprising)'은 언급된 구성요소는 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0038] 아래의 특정 실시예들을 기술하는데 있어서, 여러 가지의 특정적인 내용들은 발명을 더 구체적으로 설명하고 이해를 돕기 위해 작성되었다. 하지만 본 발명을 이해할 수 있을 정도로 이 분야의 지식을 갖고 있는 독자는 이러한 여러 가지의 특정적인 내용들이 없어도 사용될 수 있다는 것을 인지할 수 있다. 어떤 경우에는, 발명을 기술하는 데 있어서 흔히 알려졌으면서 발명과 크게 관련 없는 부분들은 본 발명을 설명하는데 있어 별 이유 없이 혼돈이 오는 것을 막기 위해 기술하지 않음을 미리 언급해 둔다.

[0040] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 구조물 내하력 평가용 ＩｏＴ 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템의 구성, 기능 및 자동인식 분석방법에 대해 설명하도록 한다.

[0041] 먼저, 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 IoT 센서가 팔당육교 현장에 실제 설치된 사진(SD카드는 센서 내부에 부착되어 있음)을 나타낸 것이다. 그리고 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 교량 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템의 블록도를 도시한 것이다.

[0042] 본 발명의 실시예에 따른 구조물 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템은 전체적으로 교량(1) 등의 구조물에 설치되는 IoT 센서부(10)와, 웹플랫폼(100)을 포함하여 구성된다.

[0043] IoT 센서부(10)는 교량(1) 등의 구조물에 부착되어 구조물에 대한 가속도데이터와 변형률데이터를 측정하여 저장부에 저장하도록 구성된다.

[0044] 그리고 웹플랫폼(100)은 IoT 센서부(10)의 저장부(13)에 저장된 계측데이터가 업로드되어 계측데이터에서 이벤트 발생시점을 추출하고, 이벤트 발생 구간마다 분석하기 위한 데이터를 추출하여 변위를 산정하고, 각 이벤트 발생구간에 대한 내하력 평가에 대한 보고서를 자동생성하도록 구성된다.

[0045] 구체적으로 IoT 센서부(10)는 가속도계측부(11)와 변형률계측부(12)를 포함하여 가속도 및 변형률 이종데이터 계측이 가능하다. 또한 IoT 센서부(10)의 저장부(13)는 SD 카드 등으로 구성될 수 있으며 계측데이터를 특정형식으로 기록하고 저장한다. 구체적으로 계측 데이터를 특정 형식(인덱스₩t데이터1₩t데이터2₩t데이터3₩t데이터4₩t데이터5₩t데이터6 등)으로 SD카드에 기록하고 .txt 형식으로 데이터를 저장한다.

[0047] 그리고 웹플랫폼(100)은 내하력 평가 데이터를 드래그 앤 드롭(Drag&Drop) 방식으로 입력받아 자동으로 분석하는 웹기반의 플랫폼으로서, 도 2에 도시된 바와 같이, 업로드부(110), 이벤트발생추출부(120), 데이터추출부(130), 전처리부(140), 변위 고유진동수산출부(150), 디스플레이부(160), 보고서생성부(170) 등을 포함하여 구성될 수 있다.

[0048] 도 3은 본 발명의 실시예에 따라 회수한 센서에서 SD카드(저장부)(13)를 제거해 자체 웹 플랫폼에 드래그 앤 드롭하는 과정을 나타낸 것이다.

[0049] 그리고 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 웹 플랫폼 백엔드로부터 자동 생성된 보고서를 도시한 것이다.

[0050] 또한 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 웹 플랫폼의 설계 모식도를 도시한 것이다. 또한 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 교량 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석방법의 흐름도를 도시한 것이다.

[0051] 업로드부(110)에서는 저장부(13)에 저장된 계측데이터를 드래그 앤 드롭 방식으로 입력받아 업로드되게 된다.

[0052] 그리고 이벤트발생추출부(120)는 계측데이터의 가속도 데이터에 STA/LTA 알고리즘을 적용하여 무빙윈도우를 통해 이벤트 발생시점을 추출하도록 구성된다.

[0053] 이러한 이벤트 발생은 재하 발생이고, STA와 LTA 크기는 사용자가 지정한 윈도우 사이즈 만큼 설정되게 된다.

[0054] 단기간 평균(STA;Short Term Average)과 장기간 평균(LTA;Long Term Average)의 비율은 5배~50배 등 데이터에 따라 적절히 조절될 수 있으며 본 발명의 경우 LTA=60초, STA=10초로 설정하여 STA/LTA 값을 산출하였다. 이때 LTA연산에 사용되는 데이터 포인트는 100Hz * 60초 = 6000 points 이며 STA연산에 사용되는 데이터 포인트는 100Hz * 10초 = 1000 points 이다.

[0055] 무빙윈도우의 크기는 LTA크기와 STA크기의 합으로 결정되며, STA와 LTA연산이 데이터를 옮겨다니며 발생함을 나타내는 것으로, 무빙윈도우 연산은 일정한 step에 움직이며 LTA 데이터와 STA 데이터를 재설정한다. 이때 step은 자유롭게 조절될 수 있으며 본 발명에서는 10초로 설정하였다.

[0056] 또한 STA/LTA를 통해 계산된 값으로부터 이벤트 발생, 즉 재하 발생 여부를 판단하기 위한 역치값이 요구되는데, 이는 하기 식을 통해 표현된다.

$$\frac{STA}{LTA} > \alpha$$

[0057]

[0058] 역치값(α)을 넘는 시점의 무빙 윈도우가 재하가 발생한 시점으로 간주되며, 이때 역치값은 데이터에 따라 유동적으로 조절된다.

[0059] 그리고 데이터추출부(130)는 이벤트 발생 시점에서 앞뒤로 특정시간의 데이터를 추출하여 결과 분석을 위한 가속도 데이터와 변형률 데이터를 추출하게 된다. 예를 들어, 이벤트 발생 시점에서 앞뒤로 30초간의 데이터를 추출하여 결과 분석을 위한 가속도 및 변형률 데이터(전체 길이 1분)를 추출할 수 있다.

[0061] 그리고 전처리부(140)는 데이터추출부(130)에서 추출된 각 이벤트 발생구간 별로 가속도의 표준편차가 특정값 이하가 되는 지점을 해당구간의 변형률 원점으로 하여 오프셋을 산출한다. 그리고 구간 내 변형률데이터에서 오프셋을 제거하고 드리프트(drift) 존재 시 선형성을 제거하여 원점 보정된 변형률 데이터를 추출하도록 구성된다.

[0062] 예를 들어, 추출된 각 재하 구간별로 가속도의 표준편차가 1mg 이하가 되는 지점(무진동 상태)을 해당 구간에서의 변형률 원점, 즉 오프셋으로 삼고 구간 내 모든 변형률 데이터에서 해당 오프셋을 제거하고 Drift 존재 시 선형성(Linearity)을 제거하게 된다.

[0064] 그리고 변위 고유진동수산출부(150)는 전처리부(140)에서 전처리된 가속도데이터와 변형률데이터로부터 구간별 변위 및 고유진동수를 산정하도록 구성된다. 즉, 변위 고유진동수산출부(150)는 원점 보정된 변형률데이터와 가속도데이터를 멀티메트릭 데이터 융합기반으로 변위데이터를 산출하도록 구성된다.

[0066] 또한 디스플레이부(160)는 각 구간별 가속도, 변형률, 변위, 고유진동수를 웹플랫폼(100) 상에서 그래프와 표로 표출하도록 구성된다.

[0067] 마지막으로 보고서생성부(170)는 이벤트 구간별로, 그래프와 표가 포함된 내하력 평가보고서를 자동으로 생성하여 출력하도록 구성된다.

[0069] 따라서 본 발명의 실시예에 따른 교량 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템 및 자동인식 분석방법에 따르면, 내하력 평가의 계측 데이터 분석과정을 자동화하여 시간 및 비용을 절감할 수 있고, 계측 데이터(가속도, 변형률)를 기반으로 재하시험 발생 및 종료 시점을 실시간으로 자동인식할 수 있으며, 계측 데이터와 해당 로드 케이스(Load Case)를 자동으로 매핑(Mapping)하고, 구분된 가속도 및 변형률 데이터로부터 변위를 산정하고, 각 구간별 최대 변위, 최대 가속도, 고유 진동수를 자동 산정할 수 있으며, 산정/분류된 각 데이터 케이스별 분석결과를 한글/word/pdf와 같은 포맷의 문서로 포팅(Porting)하여 결과 보고서를 자동생성할 수 있게 된다.

[0070] 본 발명의 실시예에 따른 교량 내하력 평가용 IoT 센서를 이용한 하중발생 구간 자동인식 분석시스템 및 자동인식 분석방법에 따르면, 내하력 평가 시 하중 발생 구간을 수기로 기록하거나, 무전을 통해 센서 계측/종료 시점을 전달하는 번거로운 현장작업을 축소시킬 수 있고, 수집 데이터 전처리 및 분석과정의 완전 자동화와, 하중발생 구간별 분석 결과로부터 결과 보고서를 자동생성할 수 있어 별도의 전문지식 없이도, 센서와 웹 플랫폼 이용 권한만 있으면 누구나 내하력 평가를 수행/결과분석을 할 수 있다.

[0072] 또한, 상기와 같이 설명된 장치 및 방법은 상기 설명된 실시예들의 구성과 방법이 한정되게 적용될 수 있는 것이 아니라, 상기 실시예들은 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다.

부호의 설명

[0073] 1:교량

10:IoT 센서

11:가속도계측부

12:변형률계측부

13:저장부

100:웹 플랫폼

110:업로드부

120:이벤트발생 추출부

130:데이터추출부

140:전처리부

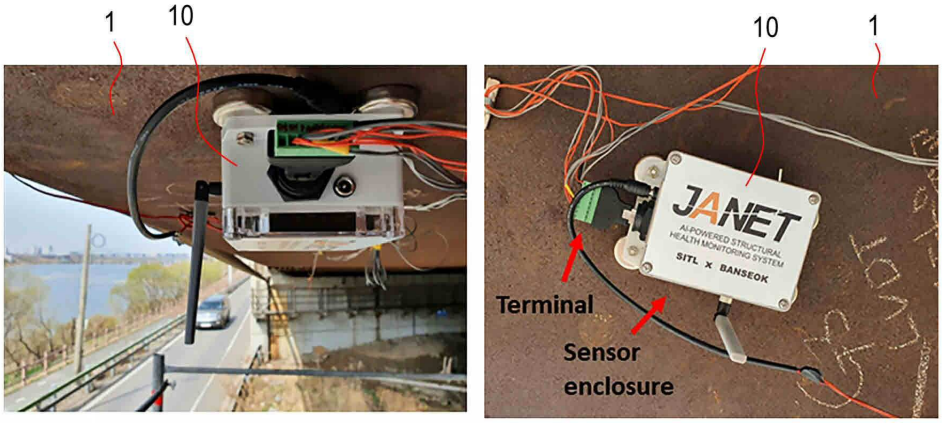
150:변위 고유진동수 산출부

160:디스플레이부

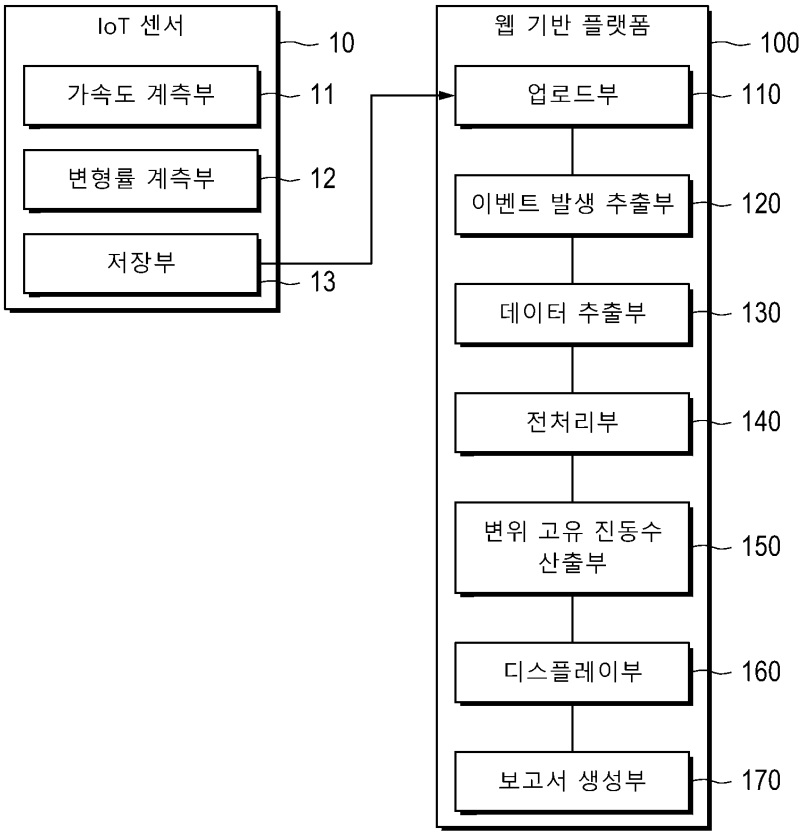
170:보고서생성부

도면

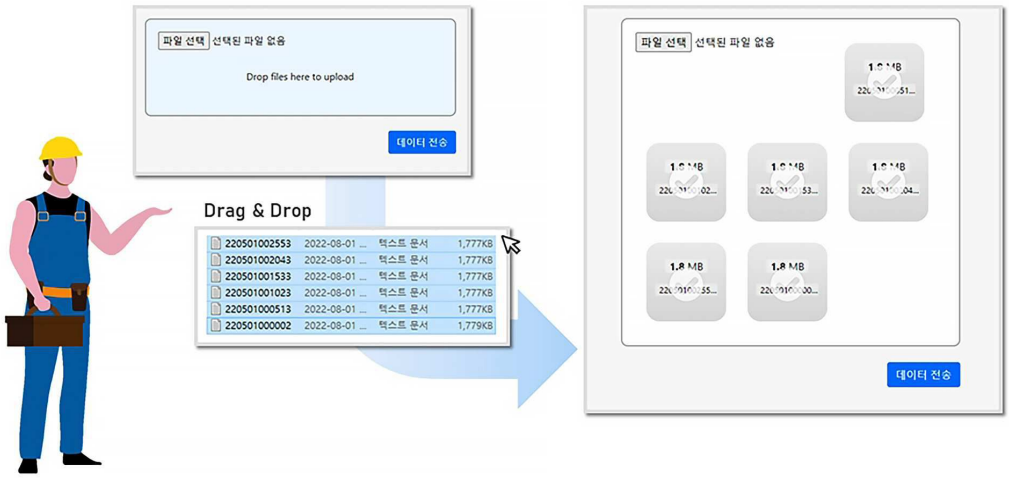
도면1



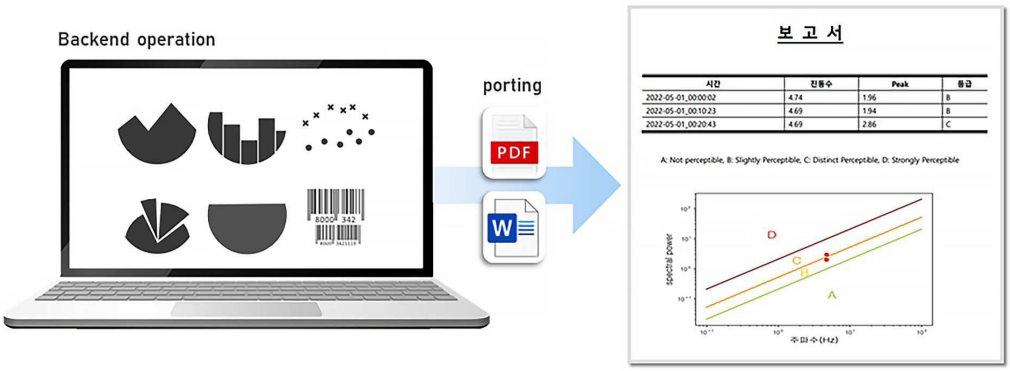
도면2


IoT 센서
10
가속도 계측부
11
변형률 계측부
12
저장부
13
웹 기반 플랫폼
100
업로드부
110
이벤트 발생 추출부
120
데이터 추출부
130
전처리부
140
변위 고유 진동수 산출부
150
디스플레이부
160
보고서 생성부
170

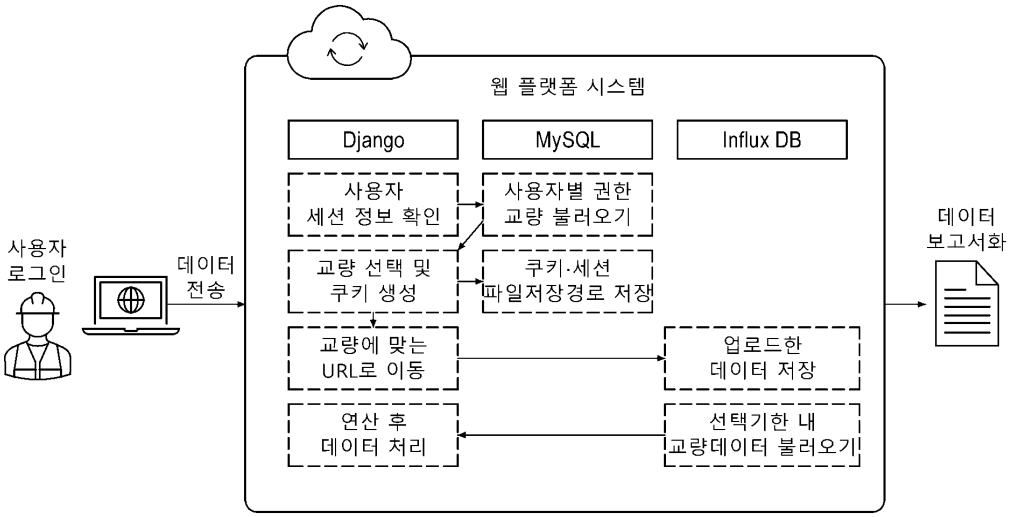
도면3


파일 선택
선택된 파일 없음
Drop files here to upload
데이터 전송
Drag & Drop
220501002553 2022-08-01 ... 텍스트 문서 1,777KB
220501002043 2022-08-01 ... 텍스트 문서 1,777KB
220501001533 2022-08-01 ... 텍스트 문서 1,777KB
220501001023 2022-08-01 ... 텍스트 문서 1,777KB
220501000513 2022-08-01 ... 텍스트 문서 1,777KB
220501000002 2022-08-01 ... 텍스트 문서 1,779KB
파일 선택
선택된 파일 없음
데이터 전송

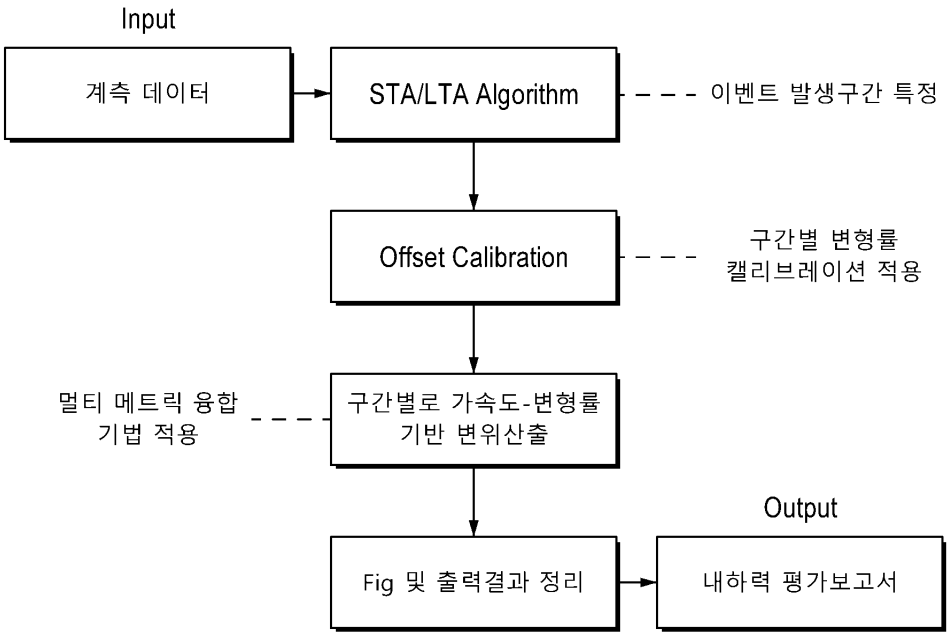
도면4


Backend operation
porting
PDF
보 고 서
A: Not perceptible, B: Slightly Perceptible, C: Distinct Perceptible, D: Strongly Perceptible

도면5


웹 플랫폼 시스템
Django
MySQL
Influx DB
사용자 세션 정보 확인
사용자별 권한 교량 불러오기
교량 선택 및 쿠키 생성
쿠키·세션 파일저장경로 저장
교량에 맞는 URL로 이동
업로드한 데이터 저장
연산 후 데이터 처리
선택기한 내 교량데이터 불러오기
사용자 로그인
데이터 전송
데이터 보고서화

도면6


Input
계측 데이터
STA/LTA Algorithm
이벤트 발생구간 특정
Offset Calibration
구간별 변형률 캘리브레이션 적용
멀티 메트릭 융합 기법 적용
구간별로 가속도-변형률 기반 변위산출
Output
Fig 및 출력결과 정리
내하력 평가보고서