(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0124798
(43) 공개일자 2023년08월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/10 (2012.01) *G01B 21/32* (2006.01)
G06N 3/08 (2023.01) *G06Q 10/10* (2023.01)
G08B 21/18 (2006.01) *H04W 4/70* (2018.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/10 (2015.01)
G01B 21/32 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0021506
(22) 출원일자 2022년02월18일
심사청구일자 2022년02월18일

(71) 출원인
중앙대학교 산학협력단
서울특별시 동작구 흑석로 84 (흑석동)
반석안전주식회사
경기도 남양주시 진접읍 봉현로 32, 4층
(72) 발명자
박종웅
서울특별시 송파구 가락로 187(송파동, 한양아파트) 2동 107호
원종빈
경기도 부천시 원미로 296 (여월동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 아이퍼스

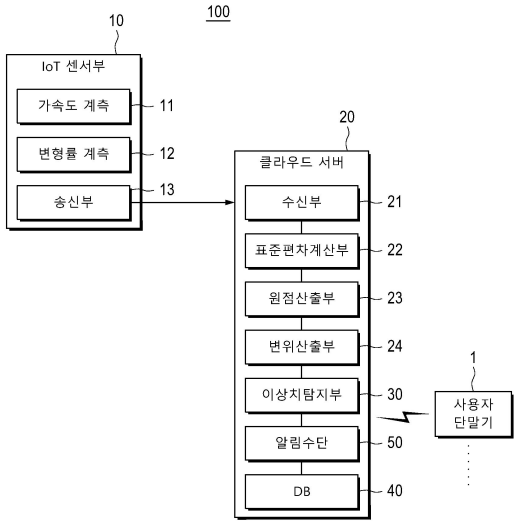
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **클라우드 컴퓨팅을 이용한 구조물 모니터링용 스마트 Ｉｏ Ｔ센서 데이터 전처리 방법, 및 딥러닝 기반 이상치 감지 자동화시스템**

(57) 요 약

본 발명은 클라우드 컴퓨팅을 이용한 구조물 모니터링용 스마트 IoT센서 데이터 전처리 방법, 및 딥러닝 기반 이상치 감지 자동화시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 구조물에 부착 또는 매립되어 구조물에 대한 가속도데이터와 변형률데이터를 측정하는 IoT 센서부; 및 상기 IoT 센서부에서 측정된 가속도데이터와 변형률데이터의 원시데이터를 수신받고, 상기 가속도데이터와 상기 변형률데이터를 융합하여 변위를 계산, 산출하는 클라우드 서버;를 포함하는 것을 특징으로 하는 클라우드 컴퓨팅을 이용한 구조물 모니터링용 스마트 IoT센서 데이터 전처리 시스템에 관한 것이다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G06N 3/08 (2023.01)
G06Q 10/10 (2023.01)
G08B 21/18 (2013.01)
H04W 4/70 (2018.02)

(72) 발명자
박준영
서울특별시 동작구 매봉로4길 7, 407호 (상도동, 상도베스트빌)

신준식
경기도 김포시 고촌읍 수기로 67-53 208동 704호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615011852
과제번호	164014
부처명	국토교통부
과제관리(전문)기관명	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	국토교통기술촉진연구사업
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 부착 또는 매립되어 구조물에 대한 가속도데이터와 변형률데이터를 측정하는 IoT 센서부; 및

상기 IoT 센서부에서 측정된 가속도데이터와 변형률데이터의 원시데이터를 수신받고, 상기 가속도데이터와 상기 변형률데이터를 융합하여 변위를 계산, 산출하는 클라우드 서버;를 포함하는 것을 특징으로 하는 클라우드 컴퓨팅을 이용한 구조물 모니터링용 스마트 IoT센서 데이터 전처리 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 클라우드 서버는,

변형률 원점을 산정하여 원점 보정된 변형률데이터와 가속도데이터를 멀티메트릭 데이터 융합기반으로 변위를 산출하는 것을 특징으로 하는 클라우드 컴퓨팅을 이용한 구조물 모니터링용 스마트 IoT센서 데이터 전처리 시스템.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 IoT센서부는, 가속도데이터와 변형률데이터를 원시데이터로 하여 LTE 통신을 통해 상기 원시데이터를 상기 클라우드서버의 수신부로 전송하는 통신부를 포함하는 것을 특징으로 하는 클라우드 컴퓨팅을 이용한 구조물 모니터링용 스마트 IoT센서 데이터 전처리 시스템.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 클라우드서버는,

동기화되어 수신된 상기 가속도데이터와 상기 변형률데이터에서 윈도윙을 통해 사용자가 지정한 간격 만큼 이동하여 가속도의 표준편차를 계산하는 표준편차계산부;

상기 표준편차가 특정값 이하가 되는 지점에 대응하는 변형률 값을 원점으로 하여 오프셋을 저장하는 원점산출부; 및

상기 변형률데이터에서 오프셋을 제거하여 상기 원점 보정된 변형률데이터를 추출하고, 상기 원점 보정된 변형률데이터와 상기 가속도데이터를 멀티메트릭 데이터 융합기반으로 변위데이터를 산출하는 변위산출부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 클라우드 컴퓨팅을 이용한 구조물 모니터링용 스마트 IoT센서 데이터 전처리 시스템.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 원시데이터, 변형률 원점, 상기 원점 보정된 변형률데이터, 및 상기 변위데이터를 저장하는 데이터베이스를 포함하는 것을 특징으로 하는 클라우드 컴퓨팅을 이용한 구조물 모니터링용 스마트 IoT센서 데이터 전처리 시스템.

청구항 6

제 1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 따른 데이터 전처리시스템; 및

상기 데이터 전처리시스템에 의해 산출된 변위를 모니터링하여 딥러링 모델을 통해 변위 이상치를 탐지하는 이상치탐지부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 클라우드 컴퓨팅과 딥러닝을 이용한 구조물 이상치 감지 자동화시스템.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 이상치 탐지부에서 이상치가 탐지된 경우, 이상탐지데이터를 설정된 사용자 단말기로 전송하는 알림수단;을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 클라우드 컴퓨팅과 딥러닝을 이용한 구조물 이상치 감지 자동화시스템.

청구항 8

구조물에 부착 또는 매립된 IoT센서부가 구조물에 대한 가속도데이터와 변형률데이터를 측정하여, 통신부를 통해 가속도데이터와 변형률데이터를 원시데이터로 하여 클라우드서버의 수신부로 전송하는 단계;

클라우드 서버 내의 표준편차계산부가 수신된 상기 가속도데이터와 상기 변형률데이터에서 윈도윙을 통해 사용자가 지정한 간격 만큼 이동하여 가속도의 표준편차를 계산하는 단계;

클라우드 서버 내의 원점산출부가 상기 표준편차가 특정값 이하가 되는 지점에 대응하는 변형률 값을 원점으로 하여 오프셋을 저장하는 단계; 및

클라우드 서버 내의 변위산출부가 상기 변형률데이터에서 오프셋을 제거하여 상기 원점 보정된 변형률데이터를 추출하고, 상기 원점 보정된 변형률데이터와 상기 가속도데이터를 멀티메트릭 데이터 융합기반으로 변위데이터를 산출하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 클라우드 컴퓨팅을 이용한 구조물 모니터링용 스마트 IoT센서 데이터 전처리 방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 원시데이터, 변형률 원점, 상기 원점 보정된 변형률데이터, 및 상기 변위데이터가 데이터베이스에 저장되는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 클라우드 컴퓨팅을 이용한 구조물 모니터링용 스마트 IoT센서 데이터 전처리 방법.

청구항 10

제 8항 또는 제 9항에 따른 데이터 전처리 방법을 통해, 구조물의 변위데이터를 산출하는 단계;

이상치탐지부가 산출된 변위데이터를 모니터링하여 딥러링 모델을 통해 변위 이상치를 탐지하는 단계; 및

상기 이상치 탐지부에서 이상치가 탐지된 경우, 알림수단이 이상탐지데이터를 설정된 사용자 단말기로 전송하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 클라우드 컴퓨팅과 딥러닝을 이용한 구조물 이상치 감지 자동화방법.

청구항 11

컴퓨터에 의해 판독 실행되는 프로그램으로서,

컴퓨터에 의해 제 10항에 따른 자동화방법이 기능되도록 실행시키는 것을 특징으로 하는 프로그램.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 클라우드 컴퓨팅을 이용한 교량 모니터링용 스마트 IoT센서 데이터 전처리 방법, 및 딥러닝 기반 이상치 감지 자동화시스템에 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.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 10-2015-0004127

(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 10-1452171

(특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 10-1499016

(특허문헌 0004) 대한민국 등록특허 10-1803503

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 따라서 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 실시예에 따르면, 클라우드 서버를 통해 센서로부터 전송된 원시데이터의 다양한 고급연산 자동화를 통한 종래의 엣지 컴퓨팅(Edge Computing) 성능한계를 극복하고, 가속도 데이터의 표준편차가 1mg 이하가 되는 지점을 이용하여 변형률 데이터의 원점을 산출(영점보정)하고, 영점보정된 변형률 및 가속도를 이용하여 교량 변위 추정을 자동화할 수 있으며, 클라우드 내 내장된 LSTM 딥러닝 알고리즘을 이용한 변위의 이상치 탐지 및 대시보드 관리자 알림 시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0011] 그리고 본 발명의 실시예에 따르면, 클라우드에 언제든지 분석기능을 추가하여 시스템 업데이트가 가능(예 고유진동수, 충격계수 산출, 내하력 평가 자동화, 교통량 분석 등)하고, 가속도 기반 변형률 원점 보정을 통한 정확한 스케일의 변형률 및 변위 측정이 가능하며, 클라우드 기반 교량 상시 유지관리의 무인화/자동화가 가능하고, 전국 교량의 세부 정보 및 과거 이력 모니터링이 가능한, 클라우드 컴퓨팅을 이용한 교량 모니터링용 스마트 IoT센서 데이터 전처리 방법, 및 딥러닝 기반 이상치 감지 자동화시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0012] 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 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 제1목적은 구조물에 부착 또는 매립되어 구조물에 대한 가속도데이터와 변형률데이터를 측정하는 IoT 센서부; 및 상기 IoT 센서부에서 측정된 가속도데이터와 변형률데이터의 원시데이터를 수신받고, 상기 가속도데이터와 상기 변형률데이터를 융합하여 변위를 계산, 산출하는 클라우드 서버;를 포함하는 것을 특징으로 하는 클라우드 컴퓨팅을 이용한 구조물 모니터링용 스마트 IoT센서 데이터 전처리 시스템으로서 달성될 수 있다.

[0014] 그리고 상기 클라우드 서버는, 변형률 원점을 산정하여 원점 보정된 변형률데이터와 가속도데이터를 멀티메트릭 데이터 융합기반으로 변위를 산출하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0015] 또한 상기 IoT센서부는, 가속도데이터와 변형률데이터를 원시데이터로 하여 LTE 통신을 통해 상기 원시데이터를 상기 클라우드서버의 수신부로 전송하는 통신부를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0016] 그리고 상기 클라우드서버는, 동기화되어 수신된 상기 가속도데이터와 상기 변형률데이터에서 윈도윙을 통해 사용자가 지정한 간격 만큼 이동하여 가속도의 표준편차를 계산하는 표준편차계산부; 상기 표준편차가 특정값 이하가 되는 지점에 대응하는 변형률 값을 원점으로 하여 오프셋을 저장하는 원점산출부; 및 상기 변형률데이터에서 오프셋을 제거하여 상기 원점 보정된 변형률데이터를 추출하고, 상기 원점 보정된 변형률데이터와 상기 가속도데이터를 멀티메트릭 데이터 융합기반으로 변위데이터를 산출하는 변위산출부;를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0017] 또한 상기 원시데이터, 변형률 원점, 상기 원점 보정된 변형률데이터, 및 상기 변위데이터를 저장하는 데이터베이스를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0018] 본 발명의 제2목적은 앞서 언급한 제1목적에 따른 데이터 전처리시스템; 및상기 데이터 전처리시스템에 의해 산출된 변위를 모니터링하여 딥러링 모델을 통해 변위 이상치를 탐지하는 이상치탐지부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 클라우드 컴퓨팅과 딥러닝을 이용한 구조물 이상치 감지 자동화시스템으로서 달성될 수 있다.

[0019] 그리고 상기 이상치 탐지부에서 이상치가 탐지된 경우, 이상탐지데이터를 설정된 사용자 단말기로 전송하는 알림수단;을 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0020] 본 발명의 제3목적은 구조물에 부착 또는 매립된 IoT센서부가 구조물에 대한 가속도데이터와 변형률데이터를 측정하여, 통신부를 통해 가속도데이터와 변형률데이터를 원시데이터로 하여 클라우드서버의 수신부로 전송하는 단계; 클라우드 서버 내의 표준편차계산부가 수신된 상기 가속도데이터와 상기 변형률데이터에서 윈도윙을 통해 사용자가 지정한 간격 만큼 이동하여 가속도의 표준편차를 계산하는 단계; 클라우드 서버 내의 원점산출부가 상기 표준편차가 특정값 이하가 되는 지점에 대응하는 변형률 값을 원점으로 하여 오프셋을 저장하는 단계; 및 클라우드 서버 내의 변위산출부가 상기 변형률데이터에서 오프셋을 제거하여 상기 원점 보정된 변형률데이터를 추출하고, 상기 원점 보정된 변형률데이터와 상기 가속도데이터를 멀티메트릭 데이터 융합기반으로 변위데이터를 산출하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 클라우드 컴퓨팅을 이용한 구조물 모니터링용 스마트 IoT센서 데이터 전처리 방법으로서 달성될 수 있다.

[0021] 그리고 상기 원시데이터, 변형률 원점, 상기 원점 보정된 변형률데이터, 및 상기 변위데이터가 데이터베이스에 저장되는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0022] 본 발명의 제4목적은 앞서 언급한 제3목적에 따른 데이터 전처리 방법을 통해, 구조물의 변위데이터를 산출하는 단계; 이상치탐지부가 산출된 변위데이터를 모니터링하여 딥러링 모델을 통해 변위 이상치를 탐지하는 단계; 및 상기 이상치 탐지부에서 이상치가 탐지된 경우, 알림수단이 이상탐지데이터를 설정된 사용자 단말기로 전송하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 클라우드 컴퓨팅과 딥러닝을 이용한 구조물 이상치 감지 자동화방법으

로서 달성될 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 실시예에 따른 클라우드 컴퓨팅을 이용한 교량 모니터링용 스마트 IoT센서 데이터 전처리 방법, 및 딥러닝 기반 이상치 감지 자동화시스템에 따르면, 클라우드 서버를 통해 센서로부터 전송된 원시데이터의 다양한 고급연산 자동화를 통한 종래의 엣지 컴퓨팅(Edge Computing) 성능한계를 극복하고, 가속도 데이터의 표준편차가 1mg 이하가 되는 지점을 이용하여 변형률 데이터의 원점을 산출(영점보정)하고, 영점보정된 변형률 및 가속도를 이용하여 교량 변위 추정을 자동화할 수 있는 장점이 있다.

[0024] 그리고 본 발명의 실시예에 따른 클라우드 컴퓨팅을 이용한 교량 모니터링용 스마트 IoT센서 데이터 전처리 방법, 및 딥러닝 기반 이상치 감지 자동화시스템에 따르면, 클라우드에 언제든지 분석기능을 추가하여 시스템 업데이트가 가능(예 고유진동수, 충격계수 산출, 내하력 평가 자동화, 교통량 분석 등)하고, 가속도 기반 변형률 원점 보정을 통한 정확한 스케일의 변형률 및 변위 측정이 가능하며, 클라우드 기반 교량 상시 유지관리의 무인화/자동화가 가능하며, 전국 교량의 세부 정보 및 과거 이력 모니터링이 가능한 효과를 갖는다.

[0025] 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

[0026] 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 클라우드 시스템의 전체적인 구조를 나타낸 블록도,

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 클라우드 컴퓨팅과 딥러닝을 이용한 구조물 이상치 감지 자동화시스템의 블록도,

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 클라우드 컴퓨팅과 딥러닝을 이용한 구조물 이상치 감지 자동화방법의 흐름도,

도 4는 변형률 원점 파악의 필요성을 나타내는 변형률 계측 데이터,

도 5a는 본 발명의 실시예에 따른 표준편차산출부에 의한 윈도윙을 통한 표준편차 산정 과정을 나타낸 도면,

도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 원점산출부에 의해 가속도의 표준편차가 1mg 이하인 점을 찾아 변형률 원점을 찾는 과정을 나타낸 도면,

도 5c 및 도 5d는 본 발명의 실시예에 따른 변위 산출부를 통해 정확한 스케일을 가지는 변위를 산정하는 과정을 나타낸 도면,

도 6은 본 발명의 검증예에 따라 팔당육교 현장에 실제 적용하여 클라우드로 수집된 데이터 DB,

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 시스템을 통해 얻은 변위를 바탕으로 한 최대 변위 빈도 그래프,

도 8은 본 발명의 시스템을 통해 산출된 변위와 현장 설치된 LVDT 변위의 비교그래프를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 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 속성을 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.

[0030] 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.

[0031] 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.

[0033] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 클라우드 컴퓨팅을 이용한 구조물 모니터링용 스마트 IoT센서 데이터 전처리 방법, 및 딥러닝 기반 이상치 감지 자동화시스템에 대해 설명하도록 한다.

[0034] 먼저, 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 클라우드 시스템의 전체적인 구조를 나타낸 블록도를 도시한 것이다. 그리고 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 클라우드 컴퓨팅과 딥러닝을 이용한 구조물 이상치 감지 자동화시스템의 블록도를 도시한 것이다.

[0035] 또한 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 클라우드 컴퓨팅과 딥러닝을 이용한 구조물 이상치 감지 자동화방법의 흐름도를 도시한 것이다.

[0036] 기본적으로 본 발명의 실시예에 따른 클라우드 컴퓨팅을 이용한 자동화시스템(100)은, IoT센서부(10)와 클라우드 서버(20)를 포함하여 구성된다.

[0037] IoT센서부(10)는 교량 일측에 부착 또는 매립되어 구조물에 대한 가속도데이터와 변형률데이터를 측정하도록 구성된다. 그리고 클라우드 서버(20)는 IoT 센서부(10)에서 측정된 가속도데이터와 변형률데이터의 원시데이터를 수신받고, 가속도데이터와 상기 변형률데이터를 융합하여 변위를 계산, 산출하도록 구성된다.

[0038] 본 발명의 실시예에 따른 IoT센서부(10)는 하나의 모듈, 유닛으로 가속도계측부(11)에 의해 가속도데이터와 변형률 계측부(12)에 의해 변형률데이터를 동시에 측정할 수 있도록 구성된다. 그리고 IoT센서부(10)는 통신부(13)를 포함하여 측정된 이종데이터를 원시데이터로 하여 LTE 통신을 통해 클라우드 서버(20)의 수신부(21)로 전송하도록 구성된다.

[0039] 구체적 실시예에서 IoT 센서(10)의 하드웨어는 다음과 같이 세 부분으로 구성된다. 1) 고해상도 다채널 ADC(Analog Digital Converter) 2) 초저전력 EDS(Event Driven System) 3) LTE 통신부(13)

[0040] ADC(Analog Digital Converter)는 각 센서로부터 받은 데이터를 아날로그 신호에서 디지털 신호로 바꾸어 사용자가 데이 터를 정량적으로 이용할 수 있도록 하는 장치로서, 구체적실시예에서 IoT 센서부(10)는 24-bit 해상도, 1000Hz 이상의 계측 주파수로 3축 가속도와 3채널 변형률을 동시에 계측할 수 있는 고해상도 다채널 ADC를 탑재하고 있다.

[0041] IoT센서부(10)는 10500mAh 용량을 갖는 배터리로부터 전원을 공급받고, 태양광 패널을 통해 상시 충전이 가능하여 배터리 교체 없이 장기간 운영할 수 있다. IoT센서부(10)은 EDS 관련 회로와 나머지 회로의 전원부를 분리하여 inactive mode일 때는 EDS 관련 회로 에만 전원을 공급하고, 이벤트가 발생해 active mode로 전환되면 전체 회로에 전원이 공급되도록 구성될 수 있다. 구체적 실시예에서 이벤트 감지를 위해 Analog Device사의 ADXL362를 사용하였으며, ADXL362 센서가 트리거 되기 전에는 inactive mode로 작동하며 1mA 이하의 전류를 소모한다.

진동이 설정한 역치값(threshold) 이상 으로 발생하거나 지정 시간이 되었을 경우, active mode로 전 환되어 데이터 계측 및 전송을 끝내고 다시 inactive mode로 돌아간다.

[0042] 또한 본 발명의 실시예에 따른 IoT센서부(10)는 직접 클라우드 서버(20)로 데이터를 전송하는 stand-alone 시스템을 구현하기 위하여 LTE-CAT M1 통신망을 이용한다.

[0043] IoT 센서부(10)가 트리거되어 active mode로 진입하게 되면 사용자가 초기에 지정한 시간만큼 1000Hz 계측 주파수로 3축 가속도와 3채널 변형률을 수집한다. 이후 계측 데이터를 10으로 다운 샘플링(Down Sampling)하고 Low-Pass Filter를 씌워 계측 데이터에서 고주파 잡음 성분을 제거한다. 전처리가 끝나면 LTE 모뎀을 이용해 서버와 최대 10번 연결을 시도하며, 서버(20)와 연결되면 데이터를 인덱스 순서대로 패킷화하여 JSON 형식으로 변환한다. 이후 데이터를 전송하는데, ACK 응답이 돌아오면 다음 인덱스 데이터를 전송하고 ACK 응답을 받지 못하면 데이터를 다시 전송하며 모든 데이 터를 보낼 때까지 위 과정을 반복한다. 모든 데이터의 전송이 끝나면 inactive mode로 돌아가 다음 이벤트를 기다린다.

[0044] 도 1에 도시된 바와 같이, 클라우드 서버(20)의 DB(40) 처리는 Temporary DB와 Permanent DB를 포함할 수 있다. 계측 데이터의 체계적인 DB(40) 구축을 위해 데이터 스키마(Data Schema)를 정의하고, 데이터를 저장할 수 있도록 MYSQL 기반의 기본 백엔드 서버 시스템을 제작한다. 서버(20)는 IoT 센서부(10)의 계측 데이터를 LTE 모뎀으로부터 단순 수신하여 일시적으로 저장하는 Temporary DB와 Temporary DB 데이터로부터 클라우드 연산을 통해 산출된 여러 물리량을 함께 저장하는 Permanent DB로 구성된다.

[0045] Temporary DB는 Bridge 테이블과 Bridge_info 테이블로 나뉘며 Bridge 테이블에는 교량 ID, 데이터 ID와 계측된 3축 가속도데이터 및 변형률데이터가 저장된다. Bridge_info 테이블에는 Bridge 테이블에서 받아온 교량 ID, 데이터 ID와 함께 센서의 일별 계측 횟수, 배터리 전압, 태양광 충전전류가 저장된다. Temporary DB는 데이터를 영구적으로 보관하지 않고 수집 데이터 중 일부를 Permanent DB에 복사하고 자동으로 초기화한다.

[0046] Permanent DB는 Temporary DB로부터 넘겨받은 데이터를 바탕으로 Flask API에 데이터 융합 변위 산정 기법을 내장하여 변형률과 가속도를 변위로 변환하는 과정을 수행한다. 처리된 변위값과 계측된 가속도, 변형률 응답은 Bridge_flask DB에 저 장되며 관리자에게 제공된다. 각 DB에 데이터 전송 시 보안을 높이기 위해 사용자의 ID와 PW를 전송받도록 설계해 지정된 사용자만 DB에 접근할 수 있도록 설계될 수 있다.

[0047] 이하에서는 본 발명에 따른 클라우드 컴퓨팅을 통한 데이터 전처리를 통해 변위데이터를 산출하는 과정에 대해 설명하도록 한다.

[0048] 기본적으로 본 발명의 실시예에서는 변형률데이터와 가속도데이터를 멀티메트릭 데이터 융합기반 알고리즘을 이용해 변위를 산출한다.

[0049] 그러나 앞서 발명의 배경이 되는 기술에서 언급한 바와 같이, 교량에서 취득된 변형률 데이터는 불안정한 전원, Drift 및 계측 잡음로 인해 정확한 원점 파악이 어렵다. 도 4는 변형률 원점 파악의 필요성을 나타내는 변형률 계측 데이터를 도시한 것이다.

[0050] 따라서 본 발명의 실시예에서는 변형률 원점을 산정하여 원점 보정된 변형률데이터와 가속도데이터를 멀티메트릭 데이터 융합기반으로 변위를 산출한다.

[0051] 구체적으로 도 2에 도시된 바와 같이, 클라우드 서버(20)에는 표준편차계산부(22), 원점산출부(23), 변위산출부(24)를 포함하여 구성될 수 있음을 알 수 있다.

[0052] 표준편차계산부(22)는 먼저 동기화되어 수신된 가속도데이터와 변형률데이터에서 윈도윙(windowing)을 통해 사용자가 지정한 간격 만큼 이동하여 가속도의 표준편차를 계산하도록 구성된다. 도 5a는 본 발명의 실시예에 따른 표준편차산출부(22)에 의한 윈도윙을 통한 표준편차 산정 과정을 나타낸 도면을 나타낸 것이다.

[0053] 그리고 원점산출부(23)는 표준편차가 특정값 이하가 되는 지점에 대응하는 변형률 값을 원점으로 하여 오프셋을 저장하도록 구성된다. 예를 들어, 가속도의 표준편차가 1mg 이하가 되는 지점을 교량이 진동하지 않는 무진동 상태로 가정하고 이 지점에 대응되는 변형률 값을 원점으로 하여 오프셋을 저장하게 된다. 도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 원점산출부(23)에 의해 가속도의 표준편차가 1mg 이하인 점을 찾아 변형률 원점을 찾는 과정을 나타낸 도면을 나타낸 것이다.

[0054] 그리고 변위산출부(24)는 변형률데이터에서 오프셋을 제거하여 상기 원점 보정된 변형률데이터를 추출하고, 원점 보정된 변형률데이터와 가속도데이터를 멀티메트릭 데이터 융합기반으로 변위데이터를 산출하게 된다. 도 5c

및 도 5d는 본 발명의 실시예에 따른 변위 산출부(24)를 통해 정확한 스케일을 가지는 변위를 산정하는 과정을 나타낸 도면을 나타낸 것이다. 즉, 변형률 데이터에서 오프셋을 제거하여 정확한 원점을 가지는 변형률을 추출하고 가속도와 융합하여 정확한 스케일의 변위 산출하게 된다.

[0055] 또한 본 발명의 실시예에 따른 클라우드 컴퓨팅과 딥러닝을 이용한 구조물 이상치 감지 자동화시스템(100)에는 이상치탐지부(30)와 알림수단(50)을 포함하여 구성될 수 있다.

[0056] 이상치탐지부(30)는 데이터 전처리시스템에 의해 산출된 변위를 모니터링하여 딥러링 모델을 통해 변위 이상치를 탐지하게 된다. 그리고 알림수단(50)은 이상치 탐지부(30)에서 이상치가 탐지된 경우, 이상탐지데이터를 설정된 사용자 단말기(1)로 전송하도록 구성된다.

[0057] 즉, 본 발명의 실시예에서는 LSTM 딥러닝 모델을 통한 변위 이상치를 탐지(Anomaly Detection)하게 되고, 이러한 과정들은 IoT 센서부에서 데이터가 전송되면 자동으로 트리거되는 클라우드 서버(20)에 내장되어 있으며, 강력한 컴퓨팅 능력을 바탕으로 수초 이내에 모든 과정이 종료되고 DB 저장, 웹 대시보드를 통한 관리자 알림이 이루어질 수 있도록 구성된다.

[0058] 이하에서는 클라우드 컴퓨팅과 딥러닝을 이용한 구조물 이상치 감지 자동화방법에 대해 설명하도록 한다.

[0059] 먼저 교량에 부착 또는 매립된 IoT센서부(10)가 구조물에 대한 가속도데이터와 변형률데이터를 측정한다(S1). 그리고 통신부를 통해 가속도데이터와 변형률데이터를 원시데이터로 하여 클라우드 서버(20)의 수신부(21)로 전송한다(S2).

[0060] 그리고 클라우드 서버(20) 내의 표준편차계산부(22)는 수신된 가속도데이터와 변형률데이터에서 윈도윙을 통해 사용자가 지정한 간격 만큼 이동하여 가속도의 표준편차를 계산하게 된다(S3).

[0061] 그리고 클라우드 서버(20) 내의 원점산출부(23)가 표준편차가 1mg 이하가 되는 지점을 교량이 진동하지 않는 무진동 상태로 가정하고 이 지점에 대응하는 변형률 값을 원점으로 하여 오프셋을 저장하게 된다(S4).

[0062] 그리고 클라우드 서버(20) 내의 변위산출부(24)가 변형률데이터에서 오프셋을 제거하여 정확한 원점을 가지는 변형률데이터를 추출하고(S5), 이러한 원점 보정된 변형률데이터와 가속도데이터를 멀티메트릭 데이터 융합 알고리즘을 기반으로 정확한 스케일의 변위데이터를 산출한다(S6).

[0063] 그리고, 산출된 교량에 대한 변위데이터는 실시간으로 모니터링되며(S7), 이상치탐지부(30)는 산출된 변위데이터를 모니터링하여 딥러링 모델을 통해 변위 이상치를 탐지하게 된다(S8)

[0064] 그리고 이상치탐지부(30)에서 이상치가 탐지된 경우, 알림수단(50)은 이상탐지데이터를 설정된 사용자 단말기로 전송하게 된다(S9).

[0065] 본 발명의 실시예에 따른 시스템은 남양주시에 위치한 팔당육교, 서울시에 위치한 청담 1교에 실제 적용되어 클라우드를 기반으로 한 자동화 교량 모니터링을 수행하고 있다. 도 6은 본 발명의 검증예에 따라 팔당육교 현장에 실제 적용하여 클라우드로 수집된 데이터 DB를 도시한 것이다.

[0066] 또한 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 시스템을 통해 얻은 변위를 바탕으로 한 최대 변위 빈도 그래프를 도시한 것이다. 도 7에 도시된 바와 같이, 클라우드 시스템을 통해 획득한 정확한 변위를 바탕으로 교통량 분석 수행이 가능함을 알 수 있다.

[0067] 그리고 도 8은 본 발명의 시스템을 통해 산출된 변위와 현장 설치된 LVDT 변위의 비교그래프를 도시한 것이다. 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 시스템의 성능평가를 위해 가속도를 이용한 변형률 원점 보정 기법을 통해 산출된 변위(본 발명)와, 현장 설치된 LVDT 변위(비교예)를 비교해 본 발명의 실시예에 따른 기술의 정확성을 확인하였음을 알 수 있다.

[0069] 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

[0070] 1:사용자단말기

10:IoT센서부

11:가속도계측부

12:변형률계측부

13:송신수

20:클라우드서버

21:수신부

22:표준편차계산부

23:원점산출부

24:변위산출부

30:이상치탐치부

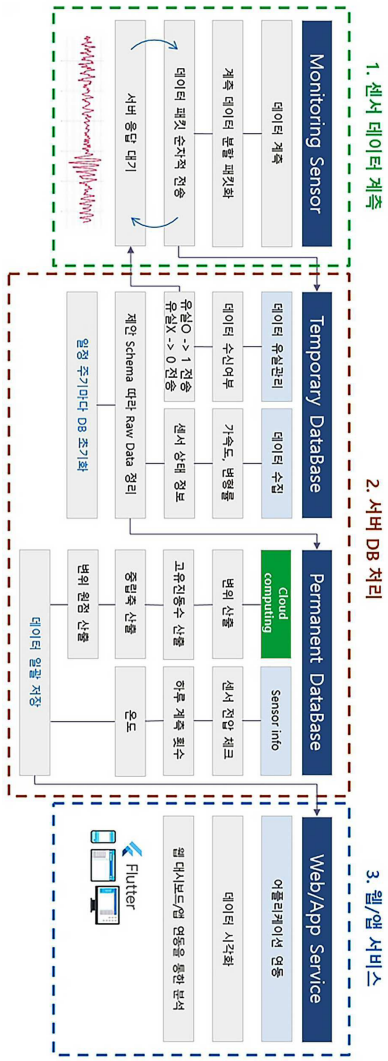
40:DB

50:알림수단

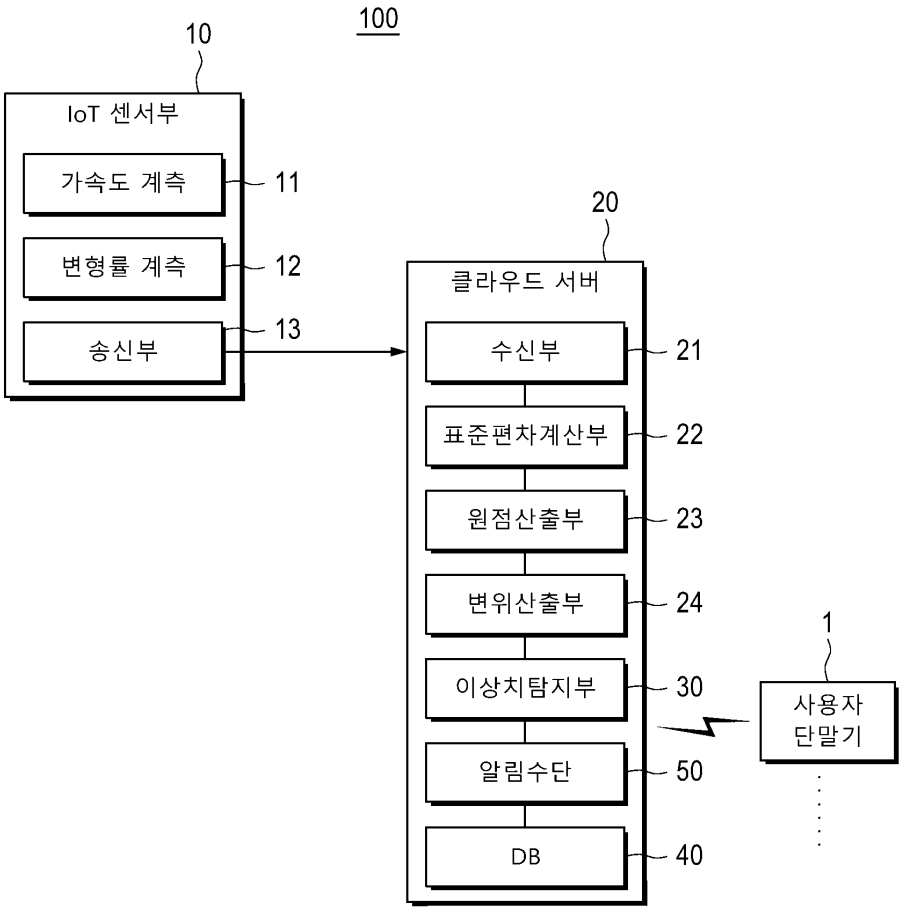
100: 클라우드 컴퓨팅과 딥러닝을 이용한 구조물 이상치 감지 자동화시스템

도면

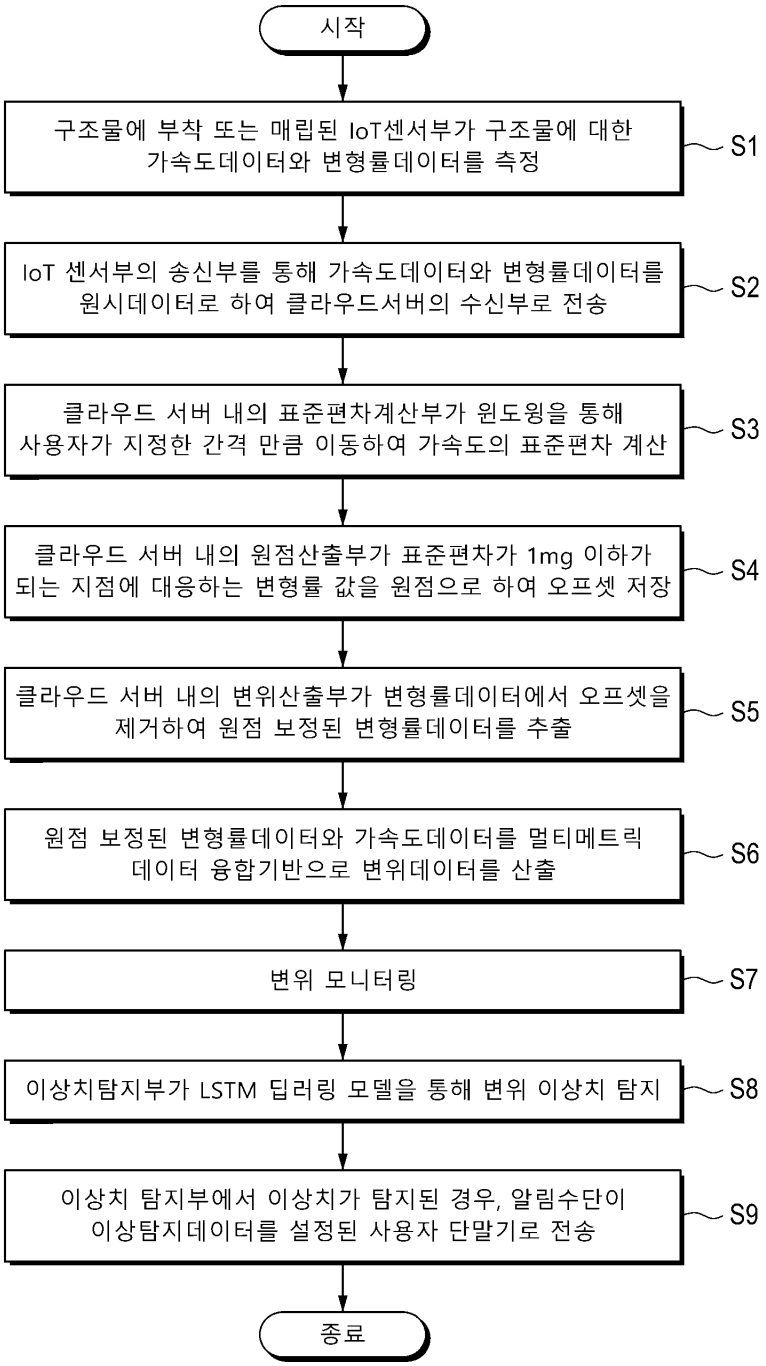
도면1



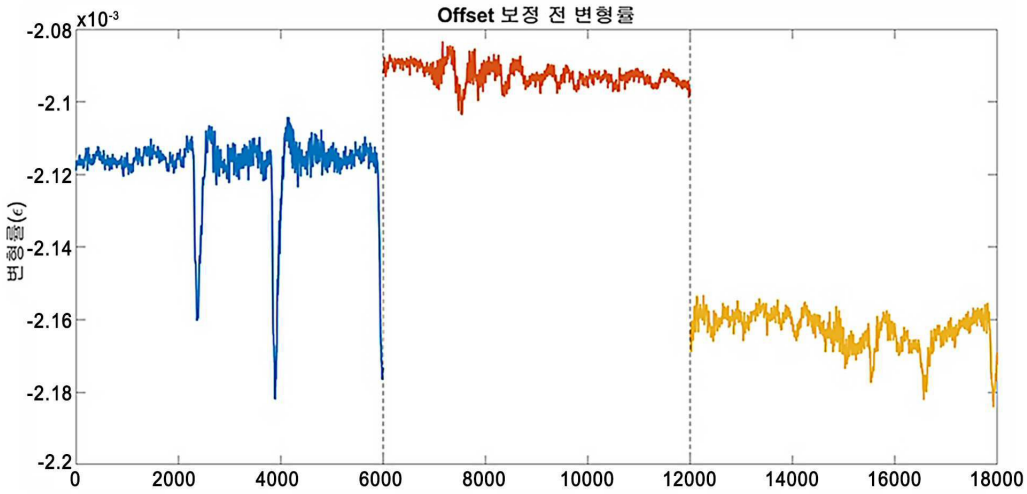
도면2


100
10
IoT 센서부
가속도 계측
11
변형률 계측
12
송신부
13
20
클라우드 서버
수신부
21
표준편차계산부
22
원점산출부
23
변위산출부
24
이상치탐지부
30
알림수단
50
DB
40
1
사용자
단말기

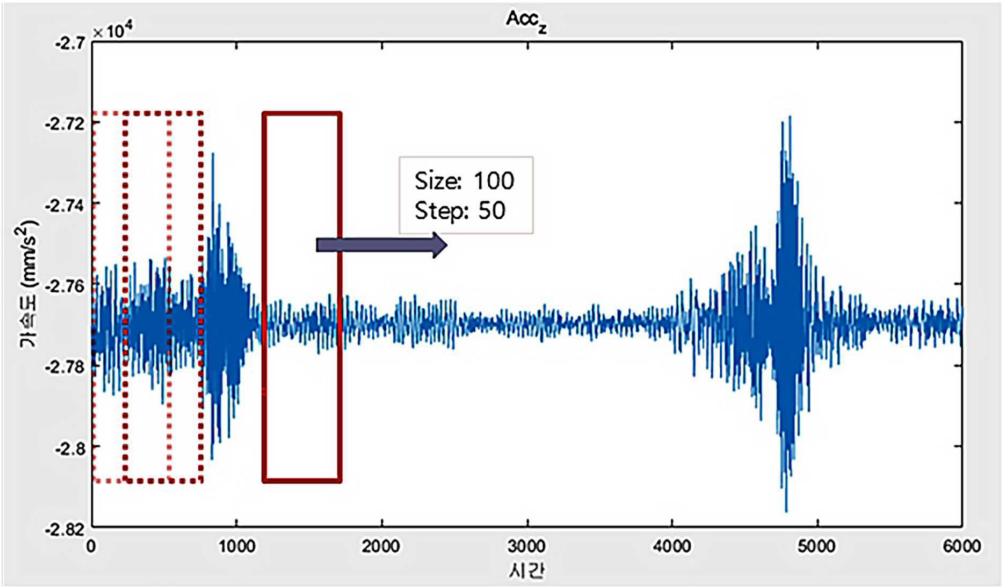
도면3


시작
구조물에 부착 또는 매립된 IoT센서부가 구조물에 대한 가속도데이터와 변형률데이터를 측정
S1
IoT 센서부의 송신부를 통해 가속도데이터와 변형률데이터를 원시데이터로 하여 클라우드서버의 수신부로 전송
S2
클라우드 서버 내의 표준편차계산부가 윈도윙을 통해 사용자가 지정한 간격 만큼 이동하여 가속도의 표준편차 계산
S3
클라우드 서버 내의 원점산출부가 표준편차가 1mg 이하가 되는 지점에 대응하는 변형률 값을 원점으로 하여 오프셋 저장
S4
클라우드 서버 내의 변위산출부가 변형률데이터에서 오프셋을 제거하여 원점 보정된 변형률데이터를 추출
S5
원점 보정된 변형률데이터와 가속도데이터를 멀티메트릭 데이터 융합기반으로 변위데이터를 산출
S6
변위 모니터링
S7
이상치탐지부가 LSTM 딥러링 모델을 통해 변위 이상치 탐지
S8
이상치 탐지부에서 이상치가 탐지된 경우, 알림수단이 이상탐지데이터를 설정된 사용자 단말기로 전송
S9
종료

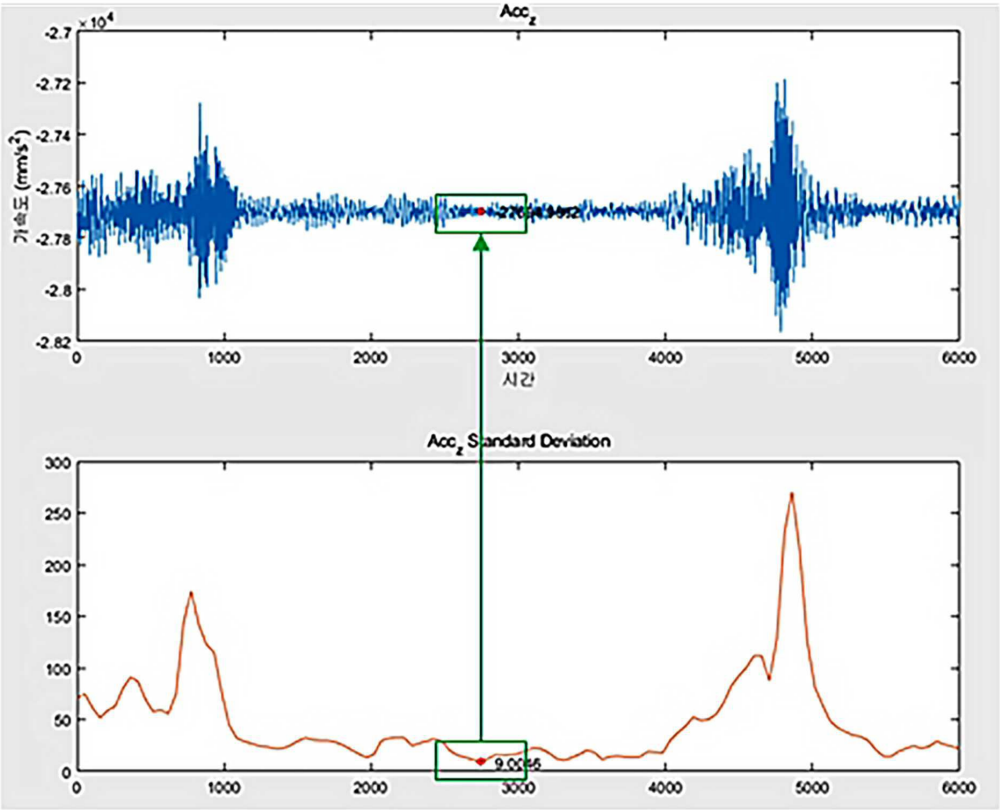
도면4


Offset 보정 전 변형률
x10-3
-2.08
-2.1
-2.12
-2.14
-2.16
-2.18
-2.2
변형률(ε)
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
16000
18000

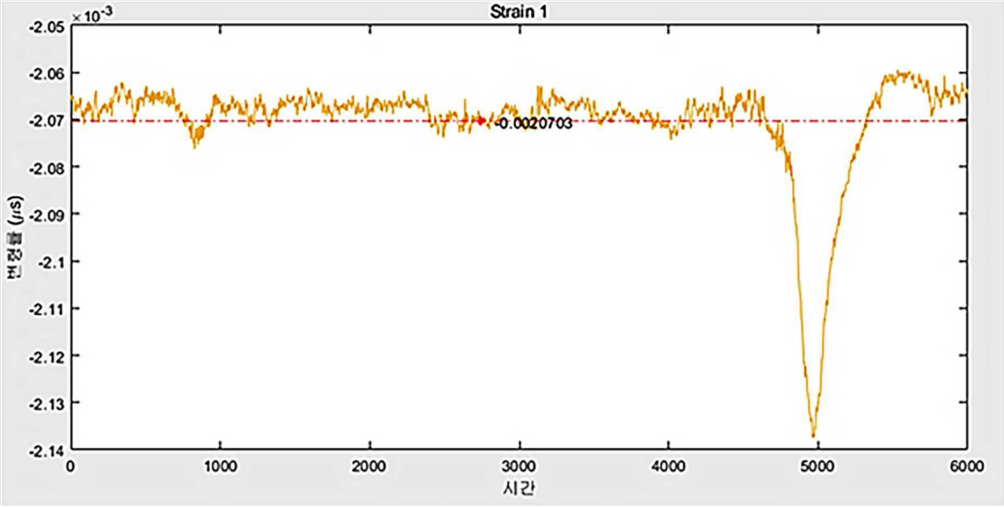
도면5a


Acc_z
×10^4
-2.7
-2.72
-2.74
-2.76
-2.78
-2.8
-2.82
가속도 (mm/s^2)
Size: 100
Step: 50
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
시간

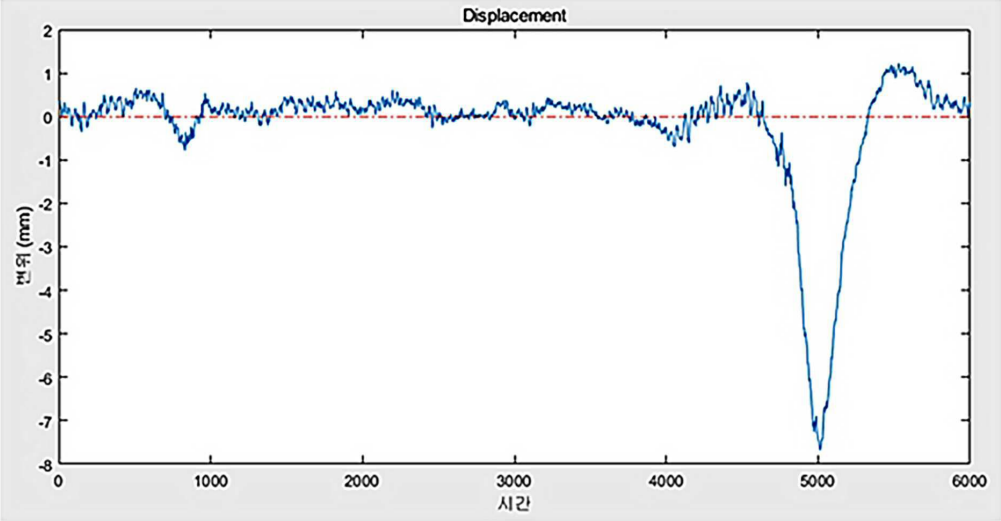
도면5b


Acc_z
×10^4
-2.7
-2.72
-2.74
-2.76
-2.78
-2.8
-2.82
가속도 (mm/s²)
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
시간
Acc_z Standard Deviation
300
250
200
150
100
50
0

도면5c


Strain 1
×10^-3
-2.05
-2.06
-2.07
-2.08
-2.09
-2.1
-2.11
-2.12
-2.13
-2.14
-0.0020703
변형률 (με)
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
시간

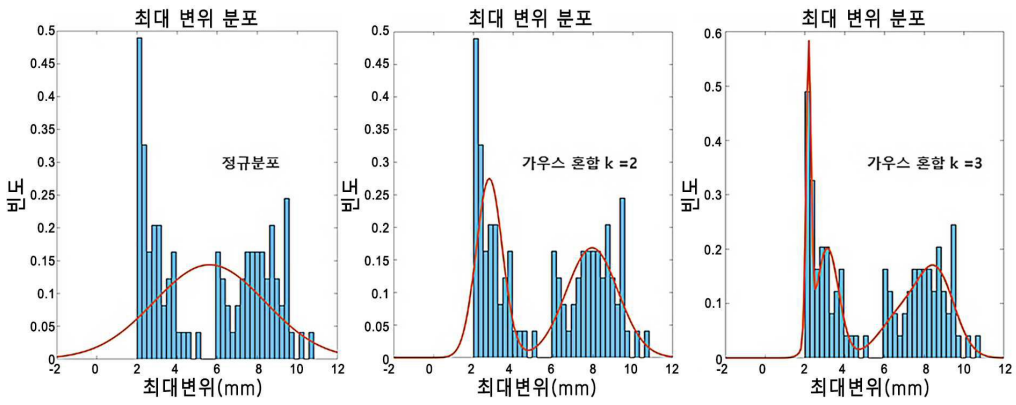
도면5d



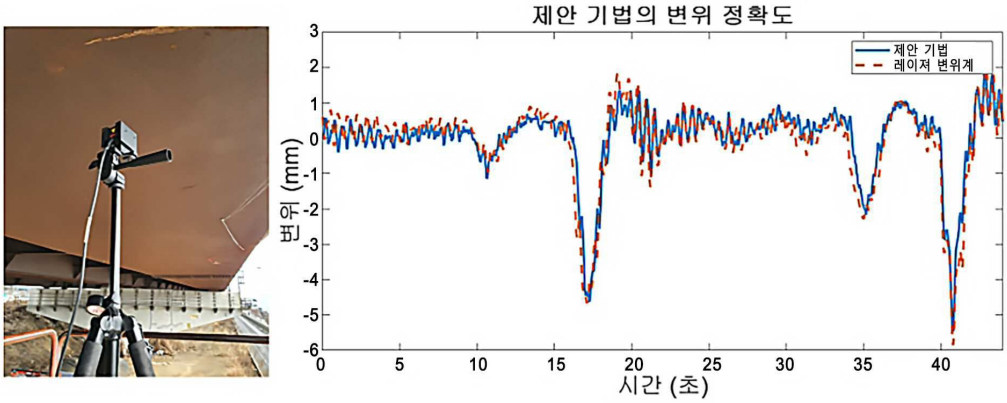
도면6

	sen_idx	event_time	Vbat	isdel	regdt	Vcur	NOE	key_a1	key_a2	key_a3	key_s1	key_s2	key_s3
	182	2021-04-02 11:27:40	3.886772	N	2021-04-02 11:27:40	-18....	1	-1859.91	-1836.61	-879.64	-346....	66910...	224.007
	183	2021-04-03 08:04:21	3.88189	N	2021-04-03 08:04:21	-30....	5	-1847.47	-1825.36	-858.32	-353....	55341...	187.3...
	184	2021-04-03 08:24:45	3.879448	N	2021-04-03 08:24:45	0	4	-1848.04	-1826.92	-855.6	-354....	53169...	178.766
	185	2021-04-03 11:06:03	3.873345	N	2021-04-03 11:06:03	6.1...	3	-1850.71	-1823.2	-866.55	-347....	56636...	188.2...
	186	2021-04-03 11:21:36	3.867851	N	2021-04-03 11:21:36	-36....	2	-1845.48	-1825.65	-860.72	-347....	54428...	185.6...
	187	2021-04-03 11:27:39	3.868462	N	2021-04-03 11:27:39	122...	1	-1849.8	-1826.18	-865.76	-352....	55590...	185.9...
	188	2021-04-04 08:04:28	3.820243	N	2021-04-04 08:04:28	-12....	5	-1848.93	-1822.67	-857.16	-370....	54505...	94.55...
	189	2021-04-04 10:18:47	3.83184	N	2021-04-04 10:18:47	12....	4	-1848.96	-1823.27	-858.75	-370....	51996...	106.5...
	190	2021-04-04 14:16:10	3.934381	N	2021-04-04 14:16:10	24....	3	-1862.66	-1836.85	-879.13	-335....	60323...	182.0...
	191	2021-04-04 14:39:04	3.829399	N	2021-04-04 14:39:04	36....	2	-1861.96	-1840.19	-879.81	-336....	62022...	194.789
	192	2021-04-04 18:07:35	3.825126	N	2021-04-04 18:07:35	18....	1	-1849.84	-1825.38	-861.2	-361....	57528...	147.1...
	193	2021-04-05 08:07:41	3.81475	N	2021-04-05 08:07:41	-18....	5	-1845.91	-1823.64	-857.62	-393....	53284...	82.09...
	194	2021-04-05 09:05:00	3.817802	N	2021-04-05 09:05:00	67....	4	-1851.72	-1819.25	-853.93	-393....	50861...	91.61...
	195	2021-04-05 13:42:30	3.839165	N	2021-04-05 13:42:30	-12....	3	-1848.63	-1828.64	-860.33	-340....	59559...	188.2...
	196	2021-04-06 08:11:10	3.840385	N	2021-04-06 08:11:10	6.1...	5	-1848.09	-1822.51	-853.76	-390....	53402...	100.3...
	197	2021-04-06 09:38:17	3.851982	N	2021-04-06 09:38:17	67....	4	-1847.09	-1822.2	-848.67	-386....	50885...	118.3...
	198	2021-04-06 14:07:54	4.015558	N	2021-04-06 14:07:54	12....	3	-1859.06	-1839.02	-873.12	-338....	55023.7	223.1...
	199	2021-04-06 14:43:35	4.115657	N	2021-04-06 14:43:35	0	2	-1865.71	-1827.65	-903.7	-332....	60814...	222.2...
	200	2021-04-07 08:04:47	3.872124	N	2021-04-07 08:04:47	-73....	5	-1847.63	-1823.01	-854.65	-393....	53169...	163.8...
	201	2021-04-07 08:57:12	3.873345	N	2021-04-07 08:57:12	61....	4	-1849.88	-1822.11	-856.27	-387....	50341...	176.3...
	202	2021-04-07 09:35:26	3.853813	N	2021-04-07 09:35:26	0	3	-1860.87	-1833.7	-868.86	-387....	50935.7	184.1...
	203	2021-04-07 09:39:40	3.852592	N	2021-04-07 09:39:40	-18....	2	-1565.5	-1500.86	-542.8	-398....	52870...	185.6...

도면7



도면8


제안 기법의 변위 정확도
제안 기법
레이저 변위계
변위 (mm)
시간 (초)
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
0
5
10
15
20
25
30
35
40