



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년11월02일

(11) 등록번호 10-2321440

(24) 등록일자 2021년10월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05B 23/02 (2006.01) *G05B 19/418* (2006.01)
G06N 3/08 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
G05B 23/0243 (2013.01)
G05B 19/418 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2020-0116262
 (22) 출원일자 2020년09월10일
 심사청구일자 2020년09월10일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020200068534 A

(73) 특허권자
 연세대학교 산학협력단
 서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
 (72) 발명자
 신원용
 서울특별시 서대문구 성산로 371, 102동 102호(연희동)
 정경중
 서울특별시 도봉구 노해로63다길 34(창동, 동아그린아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 민영준

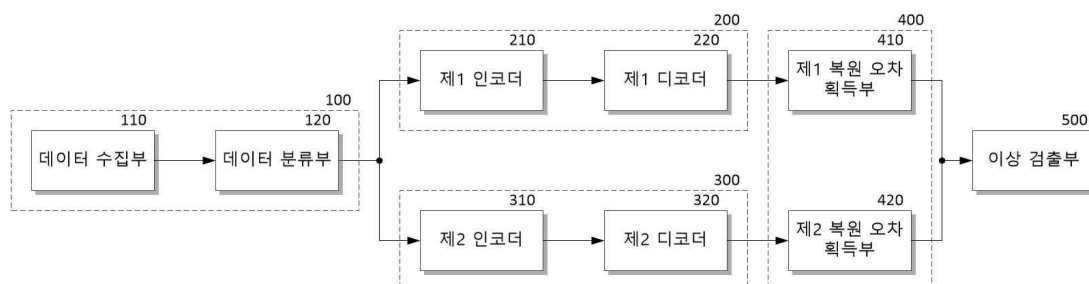
전체 청구항 수 : 총 19 항

심사관 : 김운한

(54) 발명의 명칭 이질적 다변량 시변 데이터를 이용한 이상 감지 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 공정 과정에서 발생하는 다수의 시계열 데이터를 획득하여, 공정 사이클 단위로 획득되는 공정 데이터와 공정의 진행 상태에 무관하게 획득되는 센서 데이터로 구분하는 데이터 획득부, 미리 학습된 인공 신경망으로 구현되어 공정 데이터를 인코딩 및 디코딩하여 복원 공정 데이터를 획득하는 제1 오토 인코더, 미리 학습된 인공 신경망으로 구현되어 센서 데이터를 인코딩 및 디코딩하여 복원 센서 데이터를 획득하는 제2 오토 인코더, 공정 데이터와 복원 공정 데이터 및 센서 데이터와 복원 센서 데이터 각각 사이의 차이로부터 공정 복원 오차와 센서 복원 오차를 계산하는 복원 오차 획득부 및 공정 복원 오차와 센서 복원 오차가 모두 이상을 나타내는 시간 구간을 최종 이상 발생 구간으로 검출하는 이상 검출부를 포함하여, 공정 중에 발생한 이상을 정확하게 감지할 수 있는 이상 감지 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

대표도

(52) CPC특허분류

G05B 23/0221 (2013.01)

G05B 23/0235 (2013.01)

G05B 23/0259 (2013.01)

G06N 3/08 (2013.01)

(72) 발명자

김성륜

서울특별시 용산구 한강대로 26, 101동 2407호(한강로3가, 한강대우트럼프월드3차)

박진덕

경기도 광명시 디지털로 24, 107동 801호(철산동, 철산푸르지오하늘채)

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

공정 과정에서 발생하는 다수의 시계열 데이터를 획득하여, 공정 사이클 단위로 획득되는 공정 데이터와 공정의 진행 상태에 무관하게 획득되는 센서 데이터로 구분하는 데이터 획득부;

미리 학습된 인공 신경망으로 구현되어 상기 공정 데이터를 인코딩 및 디코딩하여 복원 공정 데이터를 획득하는 제1 오토 인코더;

미리 학습된 인공 신경망으로 구현되어 상기 센서 데이터를 인코딩 및 디코딩하여 복원 센서 데이터를 획득하는 제2 오토 인코더;

상기 공정 데이터와 상기 복원 공정 데이터 및 상기 센서 데이터와 상기 복원 센서 데이터 각각 사이의 차이로부터 공정 복원 오차와 센서 복원 오차를 계산하는 복원 오차 획득부; 및

상기 공정 복원 오차와 상기 센서 복원 오차가 모두 이상을 나타내는 시간 구간을 최종 이상 발생 구간으로 검출하는 이상 검출부를 포함하는 이상 감지 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 오토 인코더는

미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 상기 공정 데이터를 인코딩하여 공정 특징맵을 획득하는 제1 인코더; 및

미리 학습된 패턴 복원 방식에 따라 상기 공정 특징맵을 디코딩하여 상기 복원 공정 데이터를 획득하는 제1 디코더를 포함하는 이상 감지 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 제2 오토 인코더는

미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 상기 센서 데이터를 인코딩하여 센서 특징맵을 획득하는 제2 인코더; 및

미리 학습된 패턴 복원 방식에 따라 상기 센서 특징맵을 디코딩하여 상기 복원 센서 데이터를 획득하는 제2 디코더를 포함하는 이상 감지 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 제1 인코더와 상기 제1 디코더는 다층 퍼셉트론 기반 인공 신경망으로 구현되고, 상기 제2 인코더와 상기 제2 디코더는 LSTM(Long Short-Term Memory) 기반 인공 신경망으로 구현되는 이상 감지 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 복원 오차 획득부는

상기 공정 데이터의 각 픽셀과 상기 복원 공정 데이터의 대응하는 각 픽셀 사이의 차를 계산하여 상기 공정 복원 오차를 획득하고, 상기 센서 데이터의 각 픽셀과 상기 복원 센서 데이터의 대응하는 각 픽셀 사이의 차를 계산하여 상기 센서 복원 오차를 획득하는 이상 감지 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 복원 오차 획득부는

학습 시에 상기 공정 복원 오차를 상기 제1 오토 인코더로 역전파하고, 상기 센서 복원 오차를 상기 제2 오토 인코더로 역전파하는 이상 감지 장치.

청구항 7

제4항에 있어서, 상기 이상 검출부는

상기 공정 복원 오차가 기지정된 제1 문턱값을 초과하는지 판별하여 상기 제1 문턱값을 초과하는 공정 복원 오차가 발생된 시점을 제1 이상 시점으로 추출하고,

추출된 제1 이상 시점을 기준으로 전후 기지정된 제1 시간 구간만큼의 시간 구간을 이상 구간으로 설정하며,

설정된 이상 구간에서의 센서 복원 오차가 기지정된 제2 문턱값을 초과하면, 제1 이상 시점을 기준으로 전후로 기지정된 제2 시간 구간을 최종 이상 발생 구간으로 설정하는 이상 감지 장치.

청구항 8

제4항에 있어서, 상기 데이터 획득부는

공정 과정에서 발생하는 다수의 시계열 데이터를 획득하는 데이터 수집부; 및

상기 다수의 시계열 데이터 중 공정 사이클 단위로 획득되는 다수의 데이터를 그룹화하여 다차원의 상기 공정 데이터와 공정의 진행 상태에 무관하게 획득되는 다수의 데이터를 그룹화하여 다차원의 상기 센서 데이터로 구분하는 데이터 분류부를 포함하는 이상 감지 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 데이터 분류부는

상기 센서 데이터에 기지정된 길이를 갖고 기지정된 스텝 크기 단위로 슬라이드되는 윈도우를 적용하여, 상기 센서 데이터를 시퀀스 형태로 상기 제2 오토 인코더로 전달하는 이상 감지 장치.

청구항 10

공정 과정에서 발생하는 다수의 시계열 데이터를 공정 사이클 단위로 획득되는 공정 데이터와 공정의 진행 상태에 무관하게 획득되는 센서 데이터로 구분하여 획득하는 단계;

미리 학습된 인공 신경망을 이용하여 상기 공정 데이터를 인코딩 및 디코딩하여 복원 공정 데이터를 획득하는 단계;

미리 학습된 인공 신경망을 이용하여 상기 센서 데이터를 인코딩 및 디코딩하여 복원 센서 데이터를 획득하는 단계;

상기 공정 데이터와 상기 복원 공정 데이터 및 상기 센서 데이터와 상기 복원 센서 데이터 각각 사이의 차이로부터 공정 복원 오차와 센서 복원 오차를 계산하는 단계; 및

상기 공정 복원 오차와 상기 센서 복원 오차가 모두 이상을 나타내는 시간 구간을 최종 이상 발생 구간으로 검출하는 단계를 포함하는 이상 감지 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 복원 공정 데이터를 획득하는 단계는

미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 상기 공정 데이터를 인코딩하여 공정 특징맵을 획득하는 단계; 및

미리 학습된 패턴 복원 방식에 따라 상기 공정 특징맵을 디코딩하여 상기 복원 공정 데이터를 획득하는 단계를 포함하는 이상 감지 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 복원 센서 데이터를 획득하는 단계는

미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 상기 센서 데이터를 인코딩하여 센서 특징맵을 획득하는 단계; 및

미리 학습된 패턴 복원 방식에 따라 상기 센서 특징맵을 디코딩하여 상기 복원 센서 데이터를 획득하는 단계를 포함하는 이상 감지 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 복원 공정 데이터를 획득하는 단계는

다층 퍼셉트론 기반 인공 신경망으로 구현되는 인코더와 디코더를 포함하는 오토 인코더를 이용하여 상기 복원 공정 데이터를 획득하고,

상기 복원 센서 데이터를 획득하는 단계는

LSTM(Long Short-Term Memory) 기반 인공 신경망으로 구현되는 인코더와 디코더를 포함하는 오토 인코더를 이용하여 상기 복원 센서 데이터를 획득하는 이상 감지 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 복원 오차를 계산하는 단계는

상기 공정 데이터의 각 픽셀과 상기 복원 공정 데이터의 대응하는 각 픽셀 사이의 차를 계산하여 상기 공정 복원 오차를 획득하는 단계; 및

상기 센서 데이터의 각 픽셀과 상기 복원 센서 데이터의 대응하는 각 픽셀 사이의 차를 계산하여 상기 센서 복원 오차를 획득하는 단계를 포함하는 이상 감지 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 복원 오차를 계산하는 단계는

학습 시에 상기 공정 복원 오차를 상기 복원 공정 데이터를 획득하는 오토 인코더로 역전파하고, 상기 센서 복원 오차를 상기 복원 센서 데이터를 획득하는 오토 인코더로 역전파하는 이상 감지 방법.

청구항 16

제13항에 있어서, 상기 최종 이상 발생 구간으로 검출하는 단계는

상기 공정 복원 오차가 기지정된 제1 문턱값을 초과하는지 판별하여 상기 제1 문턱값을 초과하는 공정 복원 오차가 발생된 시점을 제1 이상 시점으로 추출하는 단계;

추출된 제1 이상 시점을 기준으로 전후 기지정된 제1 시간 구간만큼의 시간 구간을 이상 구간으로 설정하는 단계; 및

설정된 이상 구간에서의 센서 복원 오차가 기지정된 제2 문턱값을 초과하면, 제1 이상 시점을 기준으로 전후로 기지정된 제2 시간 구간을 최종 이상 발생 구간으로 설정하는 단계를 포함하는 이상 감지 방법.

청구항 17

제13항에 있어서, 상기 구분하여 획득하는 단계는

공정 과정에서 발생하는 다수의 시계열 데이터를 획득하는 단계;

상기 다수의 시계열 데이터 중 공정 사이클 단위로 획득되는 다수의 데이터를 그룹화하여 다차원의 상기 공정 데이터를 획득하는 단계; 및

공정의 진행 상태에 무관하게 획득되는 다수의 데이터를 그룹화하여 다차원의 상기 센서 데이터를 획득하는 단계를 포함하는 이상 감지 방법.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 센서 데이터를 획득하는 단계는

공정의 진행 상태에 무관하게 획득되고 그룹화된 다수의 데이터에 대해 기지정된 길이를 갖고 기지정된 스텝 크기 단위로 슬라이드되는 윈도우를 적용하여, 시퀀스 형태로 상기 센서 데이터를 획득하는 이상 감지 방법.

청구항 19

제10항 내지 제18항 중 어느 한 항에 따른 이상 감지 방법 실행하기 위한 프로그램 명령어가 기록된, 컴퓨터가 판독 가능한 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 이상 감지 장치 및 방법에 관한 것으로, 이질적 다변량 시변 데이터를 이용한 이상 감지 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이상 감지(Anomaly Detection)는 데이터에서 일반적인 패턴과 다른 이상 패턴을 찾아내는 기술로서, 침입 감지와 같은 보안 분야나 의학 분야에서의 양성/음성 감지 및 각종 산업 분야에서의 고장/손상 감지 등과 같이 다양한 분야에서 다양한 용도로 이용되고 있다.

[0003] 이중 산업 분야에서의 이상 감지는 제품 자체의 이상을 감지하는 것뿐만 아니라 각종 공정 과정에서 발생할 수 있는 다양한 문제를 감지하기 위해서도 이용될 수 있다. 일 예로 제조 공정 상에서 로봇과 같은 제조 기기의 이상, 오작동, 정지 또는 주변 환경에서의 급격한 온도나 습도 변화 등 다양한 문제를 감지하여 신속하게 정상 상태로 복귀시켜 공정 효율성을 향상시키기 위해 이용될 수 있다.

[0004] 도 1은 시계열 데이터에서 이상 데이터를 설명하기 위한 도면이다.

[0005] 산업 분야에서의 각종 공정은 일반적으로 긴 시간 동안의 연속 반복 작업의 형태로 수행되므로, 도 1에 도시된 바와 같이, 공정의 이상을 감지하기 위해 수집되는 데이터는 시계열 데이터의 패턴을 갖는다. 시계열 데이터는 특정 주기를 갖는 규칙적인 반복 패턴을 갖지는 않으나, 전체적으로는 도 1의 (a)와 같이 유사한 형태가 반복되는 패턴을 갖는다.

[0006] 다만 시계열 데이터는 도 1의 (a)에서 t_7 시간과 같이 다른 구간에 비해 매우 상이한 패턴이 나타날 수 있으며, 이러한 상이한 패턴이 이상을 나타내는 패턴인 것으로 볼 수 있다. 따라서 시계열 패턴으로부터 이상을 감지하기 위해서는 도 1의 (b)와 같이 다른 패턴에 비해 매우 상이하게 나타나는 패턴을 검출해야 한다.

[0007] 그리고 이상 감지는 이상이 발생한 정확한 시점보다는 이상이 발생한 시점을 기준으로 전후로 일정한 마진을 두어 감지하는 것이 바람직하다. 이는 시계열 데이터에서 이상이 발생하는 시점과 실제 공정 중에 이상이 발생하는 시점에 차이가 나타나는 경우가 빈번하게 발생하기 때문이다.

[0008] 도 2는 이질적 다변량 시계열 데이터를 설명하기 위한 도면이다.

[0009] 이상을 감지하기 위해서는 대량의 시계열 데이터 패턴에서 이상 패턴을 판별하여 감지할 수 있어야 한다. 그리고 도 1에서와 같이, 시계열 데이터가 단일 차원 데이터의 형태로 나타나는 경우, 이상 발생을 감지하기 용이하다.

[0010] 그러나 공정에서 이상이 발생한 시점을 정확하게 감지하고, 이상의 원인을 판별할 수 있도록 하기 위해서는 다양한 종류의 데이터를 수집해야 한다. 이는 이상은 발생하는 원인과 종류 및 나타나는 형태가 매우 다양하기 때문이다.

[0011] 따라서 수집되는 시계열 데이터는 도 2에 도시된 바와 같이, 차원이 크게 증가된 다변량 시계열 데이터의 형태로 획득된다. 도 2에서와 같이, 다차원으로 획득되는 다변량 시계열 데이터로부터 이상을 정확하게 감지하기는 매우 어렵다. 또한 수집된 다변량 시계열 데이터에는 주기적 패턴과 비주기적인 패턴이 혼재되어 포함될 수 있으며, 여러 환경적인 변수로 인해 다양한 형태의 노이즈가 삽입된 경우가 대부분이다. 즉 각 차원에서 획득되는 데이터가 서로 매우 상이한 패턴을 갖는다. 이러한 이질적인 다변량 시계열 데이터는 이상 감지를 더욱 어렵게 하는 요인이 된다.

[0012] 상기한 문제들로 인해 기존의 이상 감지 기법들은 여러 다른 종류로 이루어진 이질적인(heterogeneous) 다변량 시계열 데이터를 다루는 데 적합하지 않은 측면이 있어 공정 이상을 정확하게 검출하지 못한다는 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) 한국 공개 특허 제10-2020-0068534호 (2020.06.15 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명의 목적은 이질적 다변량 시변 데이터로부터 공정 이상을 정확하게 감지할 수 있는 이상 감지 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

[0015] 본 발명의 다른 목적은 별도의 학습 데이터를 요구하지 않고, 비지도 학습 방식으로 학습되어 공정 이상을 검출할 수 있는 이상 감지 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0016] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 이상 감지 장치는 공정 과정에서 발생하는 다수의 시계열 데이터를 획득하여, 공정 사이클 단위로 획득되는 공정 데이터와 공정의 진행 상태에 무관하게 획득되는 센서 데이터로 구분하는 데이터 획득부; 미리 학습된 인공 신경망으로 구현되어 상기 공정 데이터를 인코딩 및 디코딩하여 복원 공정 데이터를 획득하는 제1 오토 인코더; 미리 학습된 인공 신경망으로 구현되어 상기 센서 데이터를 인코딩 및 디코딩하여 복원 센서 데이터를 획득하는 제2 오토 인코더; 상기 공정 데이터와 상기 복원 공정 데이터 및 상기 센서 데이터와 상기 복원 센서 데이터 각각 사이의 차이로부터 공정 복원 오차와 센서 복원 오차를 계산하는 복원 오차 획득부; 및 상기 공정 복원 오차와 상기 센서 복원 오차가 모두 이상을 나타내는 시간 구간을 최종 이상 발생 구간으로 검출하는 이상 검출부를 포함한다.

[0017] 상기 제1 오토 인코더는 미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 상기 공정 데이터를 인코딩하여 공정 특징맵을 획득하는 제1 인코더; 및 미리 학습된 패턴 복원 방식에 따라 상기 공정 특징맵을 디코딩하여 상기 복원 공정 데이터를 획득하는 제1 디코더를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 제2 오토 인코더는 미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 상기 센서 데이터를 인코딩하여 센서 특징맵을 획득하는 제2 인코더; 및 미리 학습된 패턴 복원 방식에 따라 상기 센서 특징맵을 디코딩하여 상기 복원 센서 데이터를 획득하는 제2 디코더를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 제1 인코더와 상기 제1 디코더는 다층 퍼셉트론 기반 인공 신경망으로 구현되고, 상기 제2 인코더와 상기 제2 디코더는 LSTM(Long Short-Term Memory) 기반 인공 신경망으로 구현될 수 있다.

[0020] 상기 복원 오차 획득부는 상기 공정 데이터의 각 픽셀과 상기 복원 공정 데이터의 대응하는 각 픽셀 사이의 차를 계산하여 상기 공정 복원 오차를 획득하고, 상기 센서 데이터의 각 픽셀과 상기 복원 센서 데이터의 대응하는 각 픽셀 사이의 차를 계산하여 상기 센서 복원 오차를 획득할 수 있다.

[0021] 상기 복원 오차 획득부는 학습 시에 상기 공정 복원 오차를 상기 제1 오토 인코더로 역전파하고, 상기 센서 복원 오차를 상기 제2 오토 인코더로 역전파할 수 있다.

[0022] 상기 이상 검출부는 상기 공정 복원 오차가 기지정된 제1 문턱값을 초과하는지 판별하여 상기 제1 문턱값을 초과하는 공정 복원 오차가 발생된 시점을 제1 이상 시점으로 추출하고, 추출된 제1 이상 시점을 기준으로 전후 기지정된 제1 시간 구간만큼의 시간 구간을 이상 구간으로 설정하며, 설정된 이상 구간에서의 센서 복원 오차가 기지정된 제2 문턱값을 초과하면, 제1 이상 시점을 기준으로 전후로 기지정된 제2 시간 구간을 최종 이상 발생 구간으로 설정할 수 있다.

[0023] 상기 데이터 획득부는 공정 과정에서 발생하는 다수의 시계열 데이터를 획득하는 데이터 수집부; 및 상기 다수의 시계열 데이터 중 공정 사이클 단위로 획득되는 다수의 데이터를 그룹화하여 다차원의 상기 공정 데이터와 공정의 진행 상태에 무관하게 획득되는 다수의 데이터를 그룹화하여 다차원의 상기 센서 데이터로 구분하는 데이터 분류부를 포함할 수 있다.

[0024] 상기 데이터 분류부는 상기 센서 데이터에 기지정된 길이를 갖고 기지정된 스텝 크기 단위로 슬라이드되는 윈도우를 적용하여, 상기 센서 데이터를 시퀀스 형태로 상기 제2 오토 인코더로 전달할 수 있다.

[0025] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 이상 감지 방법은 공정 과정에서 발생하는 다수의 시계열 데이터를 공정 사이클 단위로 획득되는 공정 데이터와 공정의 진행 상태에 무관하게 획득되는 센서 데이터

로 구분하여 획득하는 단계; 미리 학습된 인공 신경망을 이용하여 상기 공정 데이터를 인코딩 및 디코딩하여 복원 공정 데이터를 획득하는 단계; 미리 학습된 인공 신경망을 이용하여 상기 센서 데이터를 인코딩 및 디코딩하여 복원 센서 데이터를 획득하는 단계; 상기 공정 데이터와 상기 복원 공정 데이터 및 상기 센서 데이터와 상기 복원 센서 데이터 각각 사이의 차이로부터 공정 복원 오차와 센서 복원 오차를 계산하는 단계; 및 상기 공정 복원 오차와 상기 센서 복원 오차가 모두 이상을 나타내는 시간 구간을 최종 이상 발생 구간으로 검출하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0026] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 이상 감지 장치 및 방법은 공정 중 획득되는 이질적 다변량 시변 데이터에서 공정 데이터와 센서 데이터를 구분하고, 구분된 공정 데이터와 센서 데이터를 서로 다른 오토 인코더의 입력으로 인가하여 복원 오차를 검출함으로써, 공정 중에 발생한 이상을 정확하게 감지할 수 있다. 또한 비지도 학습 방식으로 오토 인코더를 학습시킬 수 있으므로 학습 데이터를 요구하지 않으므로, 공정 자동화, 사기 감지 등의 여러 이상 감지 분야에 효과적으로 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 시계열 데이터에서 이상 데이터를 설명하기 위한 도면이다.
 도 2는 이질적 다변량 시계열 데이터를 설명하기 위한 도면이다.
 도 3은 공정 데이터와 센서 데이터를 설명하기 위한 도면이다.
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 이상 감지 장치의 개략적 구조를 나타낸다.
 도 5는 시계열 데이터와 복원 오차의 개념을 설명하기 위한 도면이다.
 도 6은 도 4의 스코어 획득부에서 획득되는 공정 복원 오차와 센서 복원 오차의 일 예를 나타낸다.
 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 이상 감지 방법을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시예에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

[0029] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부재임을 나타낸다.

[0030] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0031] 도 3은 공정 데이터와 센서 데이터를 설명하기 위한 도면이다.

[0032] 공정 과정에서 수집되는 시계열 데이터는 크게 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)로 구분될 수 있다. 공정 데이터는 반복되는 공정 사이클 단위로 공정이 시작되어 종료될 때마다 공정 결과로 획득되는 데이터로서, 공정에 따라 다양한 데이터가 포함될 수 있다. 그리고 센서 데이터는 공정의 상태에 무관하게 주기적으로 획득되는 데이터로서, 온도, 습도, 전압 및 전류 등이 포함될 수 있다.

[0033] 즉 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)는 각각 다차원의 다변량 데이터로 획득될 수 있다. 일 예로 공정 데이터(P)는 33차원의 데이터로 획득되고, 센서 데이터(S)는 7차원의 데이터로 획득될 수 있다.

[0034] 여기서 시계열 데이터를 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)로 구분하는 것은 도 3에 도시된 바와 같이, 공정 데이터(P)는 공정 사이클 단위로 획득되므로 시간적 연속성, 즉 시계열적 특징이 상대적으로 작은 반면, 센서 데이터(S)의 경우 시계열적 특징이 크게 나타나기 때문이다. 특히 공정 데이터(P)의 경우, 모든 공정 사이클의 주기가 동일하지 않을 수 있다. 즉 각 공정 사이클의 주기에 편차가 존재할 수 있다. 특히 각 공정 사이클의

주기에서 1 ~ 2초 수준의 짧은 시간 편차는 매우 빈번하게 나타난다. 또한 공정 사이클 사이에 짧거나 긴 휴지 시간이 포함될 수 있다. 일 예로 공정 사이클 사이에는 작업자의 휴식을 위한 짧은 휴지 시간이 포함될 수 있다. 또한 식사 시간이나 일과 종료와 같이 상대적으로 긴 휴지 시간이 포함될 수도 있다. 그리고 이러한 휴지 시간 또한 항상 동일한 시간 구간으로 나타나지 않고, 일정 수준의 편차가 포함될 수 있다. 즉 매우 규칙적으로 획득될 수 있는 센서 데이터(S)에 비해 공정 데이터(P)의 경우 시계열 특성이 상대적으로 낮게 표출된다.

- [0035] 이러한 시계열적 특징 차이로 인해 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)가 모두 포함된 시계열 데이터로부터 직접 이상을 감지하기는 매우 어렵다. 또한 일반적으로 공정 진행 중 이상이 발생하는 빈도가 매우 낮으므로, 공정 수행 중 획득된 데이터의 수가 매우 많을지라도 이상이 포함된 데이터의 비율이 매우 낮아, 획득된 데이터를 이용하여 이상 감지가 가능한 수준으로 학습시키기 매우 어렵다는 문제가 있다.
- [0036] 따라서 본 발명에서는 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)를 구분하여 패턴을 검출하고, 정상 공정 상태에서의 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S) 각각의 패턴을 기반으로 이상을 검출할 수 있도록 하여, 이질적 다변량 시변 데이터로부터 정확하게 이상을 감지할 수 있도록 한다.
- [0037] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 이상 감지 장치의 개략적 구조를 나타내고, 도 5는 시계열 데이터와 복원 오차의 개념을 설명하기 위한 도면이며, 도 6은 도 4의 스코어 획득부에서 획득되는 공정 복원 오차와 센서 복원 오차의 일 예를 나타낸다.
- [0038] 도 4를 참조하면, 본 실시예에 따른 이상 감지 장치는 데이터 획득부(100), 제1 오토 인코더(200), 제2 오토 인코더(300), 복원 오차 획득부(400) 및 이상 검출부(500)를 포함할 수 있다.
- [0039] 데이터 획득부(100)는 공정 진행 중 발생하는 다양한 시계열 데이터를 수집하여 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)로 구분하여, 제1 및 제2 오토 인코더(100, 200)으로 각각 전달한다. 데이터 획득부(100)는 데이터 수집부(110)와 데이터 분류부(120)를 포함할 수 있다.
- [0040] 데이터 수집부(110)는 공정 진행 중 발생하는 다양한 시계열 데이터를 수집한다. 이때 수집되는 시계열 데이터에는 상기한 바와 같이, 공정 사이클 단위로 획득되는 다수의 데이터와 공정 사이클에 무관하게 획득되는 다수의 데이터가 포함될 수 있다.
- [0041] 데이터 분류부(120)는 데이터 수집부(110)에서 수집된 시계열 데이터를 공정 사이클마다 획득되는 다수의 데이터의 집합인 다차원의 공정 데이터(P)와 공정 사이클에 무관하게 획득되는 다수의 데이터의 집합인 다차원의 센서 데이터(S)로 구분한다. 그리고 구분된 공정 데이터(P)를 제1 오토 인코더(200)로 전달하고, 센서 데이터(P)를 제2 오토 인코더(200)로 전달한다.
- [0042] 여기서 데이터 분류부(120)는 일 예로 데이터 수집부(110)에서 다수의 데이터 각각 획득되는 시간 간격을 기반으로 공정 데이터(P)에 대한 데이터인지 센서 데이터(S)에 대한 데이터인지를 판별하여 구분할 수 있다.
- [0043] 또한 데이터 분류부(120)는 시계열적 연속성이 강하고, 공정 데이터(P)에 비해 상대적으로 매우 빈번하게 획득되는 센서 데이터(S)에 대해서는 기지정된 길이(예를 들면 180sec)의 윈도우를 적용하고, 적용된 윈도우를 기지정된 스텝 크기(예를 들면 60sec) 단위로 슬라이드 시켜, 윈도우에 포함되는 크기의 센서 데이터(S)를 제2 오토 인코더(200)로 전달할 수 있다.
- [0044] 제1 오토 인코더(200)는 패턴 추정 및 복원 방식이 미리 학습된 인공 신경망의 일종인 오토 인코더(auto-encoder)로 구현될 수 있다. 제1 오토 인코더(200)는 서로 이질적인 다수의 데이터 차원으로 구성되는 다변량 시계열 데이터인 공정 데이터(P)를 인가받고, 인가된 공정 데이터(P)를 미리 학습된 방식에 따라 인코딩한 후 다시 디코딩하여 출력한다.
- [0045] 제1 오토 인코더(200)는 제1 인코더(210)와 제1 디코더(220)를 포함할 수 있다. 제1 인코더(210)는 패턴 추정 방식이 미리 학습된 인공 신경망으로 구현되어, 인가된 공정 데이터(P)의 특징을 추출하여 인코딩함으로써 공정 특징맵(E(P))을 획득한다. 제1 디코더(220)는 패턴 복원 방식이 미리 학습된 인공 신경망으로 구현되어 제1 인코더(210)에서 획득된 공정 특징맵(E(P))을 인가받아, 미리 학습 패턴 복원 방식에 따라 복원하여 복원 공정 데이터(D(E(P)))를 획득한다.
- [0046] 제1 오토 인코더(200)의 제1 인코더(210)와 제1 디코더(220)는 다층 퍼셉트론(Multi-layer Perceptron: 이하 MLP)에 기반하는 인공 신경망으로 구현되어, 공정 사이클마다 인가되는 공정 데이터(P)를 인코딩 및 디코딩하여 복원 공정 데이터(D(E(P)))(P)를 생성한다.

- [0047] 여기서 제1 오토 인코더(200)는 정상 공정 상태에서 인가된 공정 데이터(P)의 특징을 추출하여 인코딩한 후, 인가된 공정 데이터(P)와 유사한 복원 공정 데이터(D(E(P)))가 복원되도록 미리 학습된 인공 신경망이다. 따라서 인가된 공정 데이터(P)가 정상 상태의 패턴을 갖는다면, 제1 오토 인코더(200)는 인가된 공정 데이터(P)와 유사한 복원 공정 데이터(D(E(P)))를 출력한다. 그러나 이상 발생으로 인해 인가된 공정 데이터(P)의 패턴이 정상 상태와 상이한 경우, 제1 오토 인코더(200)는 인가된 공정 데이터(P)와 상이한 복원 공정 데이터(D(E(P)))를 출력하게 된다.
- [0048] 한편, 제2 오토 인코더(300)는 제1 오토 인코더(200)와 마찬가지로, 패턴 추정 및 복원 방식이 미리 학습된 오토 인코더로 구현될 수 있다. 이에 제2 오토 인코더(300)는 서로 이질적인 다수의 데이터 차원으로 구성되는 다변량 시계열 데이터인 센서 데이터(S)를 인가받고, 인가된 센서 데이터(S)를 미리 학습된 방식에 따라 인코딩한 후 다시 디코딩하여 출력한다.
- [0049] 제2 오토 인코더(300)는 제2 인코더(310)와 제2 디코더(320)를 포함할 수 있다. 제2 인코더(310)는 패턴 추정 방식이 미리 학습된 인공 신경망으로 구현되어, 인가된 센서 데이터(S)의 특징을 추출하여 인코딩함으로써 센서 특징맵(E(S))을 획득한다. 제2 디코더(320)는 패턴 복원 방식이 미리 학습된 인공 신경망으로 구현되어 제2 인코더(310)에서 획득된 센서 특징맵(E(S))을 인가받아, 미리 학습 패턴 복원 방식에 따라 복원하여 센서 공정 데이터를 획득한다.
- [0050] 즉 제1 오토 인코더(200)와 제2 오토 인코더(300)는 서로 유사하게 인코더와 디코더를 포함하여 입력된 데이터를 학습된 방식에 따라 복원하도록 구성된다. 다만 MLP에 기반하여 제1 인코더(210)와 제1 디코더(220)가 구성되는 제1 오토 인코더(200)와 달리 제2 오토 인코더(300)의 제2 인코더(310)와 제2 디코더(320)는 LSTM(Long Short-Term Memory) 기반 인공 신경망으로 구현된다. LSTM 기반 인공 신경망은 시간적으로 이산된 개별 데이터가 아닌 시간적 연속성이 강한 시계열 데이터 시퀀스를 인가받아 시간의 흐름에 따른 데이터 변화의 패턴을 추정할 수 있다. 이에 본 실시예에서 제2 오토 인코더(300)의 제2 인코더(310)는 데이터 분류부(120)로부터 시계열 데이터가 구분된 센서 데이터(S)에 대해 기지정된 길이의 윈도우가 적용된 센서 데이터(S) 시퀀스를 인가받고, 인가된 센서 데이터(S) 시퀀스의 시간적 변화 패턴을 추정하여 센서 특징맵(E(S))을 생성할 수 있다. 그리고 제2 디코더(320)는 센서 특징맵(E(S))으로부터 센서 데이터(S)의 변화 패턴을 복원하여 시퀀스 형태의 복원 센서 데이터(D(E(S)))를 획득할 수 있다.
- [0051] 제2 오토 인코더(300) 또한 제1 오토 인코더(200)와 유사하게 인가된 센서 데이터(S)가 정상 상태의 패턴을 갖는다면, 제2 오토 인코더(300)는 인가된 센서 데이터(S)와 유사한 복원 센서 데이터(D(E(S)))를 출력할 수 있으며, 이상 발생으로 인해 인가된 센서 데이터(S)의 패턴이 정상 상태와 상이한 경우, 제2 오토 인코더(300)는 인가된 센서 데이터(S)와 상이한 복원 센서 데이터(D(E(S)))를 출력하게 된다.
- [0052] 복원 오차 획득부(400)는 제1 및 제2 오토 인코더(200, 300)으로 인가되는 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)를 각각 제1 및 제2 오토 인코더(200, 300)에서 출력되는 복원 공정 데이터(D(E(P)))와 복원 센서 데이터(D(E(S)))와 비교하여 복원 오차(reconstruction error)를 획득한다.
- [0053] 복원 오차 획득부(400)는 제1 복원 오차 획득부(410) 및 제2 복원 오차 획득부(420)를 포함할 수 있다.
- [0054] 제1 복원 오차 획득부(410)는 공정 데이터(P)를 인가받는 제1 오토 인코더(200)가 복원한 복원 공정 데이터(D(E(P)))와 공정 데이터(P) 사이의 오차를 계산하여 공정 복원 오차를 획득한다. 그리고, 제2 복원 오차 획득부(420)는 센서 데이터(S)를 인가받는 제2 오토 인코더(300)가 복원한 복원 센서 데이터(D(E(S)))와 센서 데이터(S) 사이의 오차를 계산하여 센서 복원 오차를 획득한다.
- [0055] 도 4에서 (a)는 공정 데이터(P) 또는 센서 데이터(S)의 일 예를 나타내고, (b)는 제1 및 제2 오토 인코더(200, 300)에서 획득되는 복원 공정 데이터(D(E(P))) 또는 복원 센서 데이터(D(E(S)))의 일 예를 나타낸다.
- [0056] 도 4를 참조하면, 제1 및 제2 오토 인코더(200, 300)는 정상 공정 상태의 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)를 인가받아 인코딩 후, 디코딩하여 복원 공정 데이터(D(E(P)))와 복원 센서 데이터(D(E(S)))를 출력하도록 학습된다.
- [0057] 따라서 정상 공정 상태의 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)가 인가되면, 복원 공정 데이터(D(E(P)))와 복원 센서 데이터(D(E(S)))는 인가된 공정 데이터(P) 및 센서 데이터(S)와 유사한 패턴으로 출력된다. 그러나 이상 공정 상태의 공정 데이터(P) 또는 센서 데이터(S)가 인가되면, 제1 및 제2 오토 인코더(200, 300)에서 출력되는 복원 공정 데이터(D(E(P)))와 복원 센서 데이터(D(E(S))) 중 적어도 하나는 인가된 공정 데이터(P) 및 센서 데

이터(S)와 상이한 패턴으로 출력되게 된다. 즉 정상 공정 상태에서는 복원 공정 데이터(D(E(P)))와 복원 센서 데이터(D(E(S)))가 복원되는 과정에서 발생된 복원 오차가 기지정된 문턱값(τ) 이하로 발생하는 반면, 이상 공정 상태에서는 복원 오차가 기지정된 문턱값(τ)을 초과하여 발생하게 된다. 그리고 공정 상태의 이상 증상이 클수록 복원 오차는 크게 나타날 수 있다.

[0058] 이에 제1 복원 오차 획득부(410)는 공정 데이터(P)의 각 픽셀(P_i)과 복원 공정 데이터(D(E(P)))의 대응하는 각 픽셀(D(E(P_i))) 사이의 차($\|P_i - D(E(P_i))\|$)로 공정 복원 오차를 계산하여 획득한다. 유사하게 제2 복원 오차 획득부(420)는 센서 데이터(S)의 각 픽셀(S_i)과 복원 센서 데이터(D(E(S)))의 대응하는 각 픽셀(D(E(S_i))) 사이의 차($\|S_i - D(E(S_i))\|$)로 센서 복원 오차를 계산하여 획득한다. 경우에 따라서, 제1 및 제2 복원 오차 획득부(410, 420)는 계산된 공정 및 센서 복원 오차에 기지정된 가중치를 더 가중하여 제1 및 제2 이상 스코어로 변환할 수도 있다.

[0059] 도 6에서 (a)는 공정 복원 오차의 일 예를 나타내고, (b)는 센서 복원 오차의 일 예를 나타낸다. 상기한 바와 같이 공정 데이터(P)는 공정 사이클 단위로 획득되는 반면, 센서 데이터(S)는 공정 사이클보다 짧은 기지정된 주기 단위로 획득될 수 있으므로, 공정 복원 오차는 이산된 그래프 패턴으로 나타나는 반면, 센서 복원 오차는 연속적으로 변화하는 그래프 패턴으로 나타날 수 있다.

[0060] 한편 복원 오차 획득부(400)는 이상 감지 장치의 학습 시에 인공 신경망으로 구현된 제1 및 제2 오토 인코더(200, 300)를 학습시키기 위한 학습부로서 이용될 수 있다. 상기한 바와 같이, 본 실시예에서 제1 및 제2 오토 인코더(200, 300)는 정상 공정 상태의 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)를 인가받아 인코딩 후, 디코딩하여 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)와 동일한 패턴의 복원 공정 데이터(D(E(P)))와 복원 센서 데이터(D(E(S)))를 출력하도록 학습되어야 한다. 이는 공정 및 센서 복원 오차 각각이 최소화되어야 함을 의미한다. 따라서 복원 오차 획득부(400)의 제1 및 제2 복원 오차 획득부(410, 420)는 이상 감지 장치의 학습 시에 각각 계산된 공정 및 센서 복원 오차를 제1 및 제2 오토 인코더(200, 300)로 역전파함으로써, 제1 및 제2 오토 인코더(200, 300)를 학습시킬 수 있다. 이때, 복원 오차 획득부(400)는 기지정된 횟수 또는 공정 및 센서 복원 오차가 기지정된 기준 복원 오차 이하가 될 때까지 반복적으로 역전파하여 학습을 수행할 수 있다.

[0061] 여기서 제1 및 제2 오토 인코더(200, 300)를 학습시키기 위한 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)는 정상 공정 상태에서 획득되는 것이 바람직하다. 그러나 상기한 바와 같이, 공정 이상이 발생하는 빈도가 매우 낮은 경우에는 정상 공정 상태와 이상 공정 상태를 별도로 구분하지 않고 획득된 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)가 학습에 이용되더라도 제1 및 제2 오토 인코더(200, 300)는 안정적으로 학습될 수 있다.

[0062] 이상 검출부(500)는 복원 오차 획득부(400)에서 획득된 제1 및 센서 복원 오차를 기반으로 이상 발생 여부를 검출한다.

[0063] 이상 검출부(500)는 우선 공정 복원 오차를 인가받아 분석하여, 기지정된 제1 문턱값(τ_1)을 초과하는 공정 복원 오차가 발생하는 여부를 판별한다. 만일 제1 문턱값(τ_1)을 초과하는 공정 복원 오차가 발생되면, 제1 문턱값(τ_1)을 초과하는 공정 복원 오차가 발생한 모든 시점을 제1 이상 시점으로 추출한다.

[0064] 그리고 이상 검출부(500)는 공정 복원 오차가 발생한 제1 이상 시점을 기준으로 전후 기지정된 제1 시간 구간(예를 들면 공정 사이클 단위 시간)을 이상 구간으로 설정하고, 설정된 이상 구간에 대한 센서 복원 오차를 분석하여, 이상 구간 내에 기지정된 제2 문턱값(τ_2)을 초과하는 센서 복원 오차가 발생되는지 여부를 판별한다. 만일 이상 구간 내에 제2 문턱값(τ_2)을 초과하는 센서 복원 오차가 발생되면, 이상 검출부(500)는 제1 이상 시점을 기준으로 전후로 기지정된 제2 시간 구간(예를 들면 5min)을 최종 이상 발생 구간으로 설정한다. 그러나 제2 문턱값(τ_2)을 초과하는 센서 복원 오차가 발생되지 않으면, 최종 이상 발생 구간으로 설정하지 않는다.

[0065] 여기서 이상 검출부(500)가 공정 복원 오차에 대해 우선 분석하여 제1 이상 시점을 추출한 후, 센서 복원 오차를 분석하여 최종 이상 발생 구간을 검출하는 것은 공정 복원 오차와 센서 복원 오차가 모두 이상을 나타내는 경우만을 이상 상태로 검출하여 이상 감지 정확도를 높이기 위함이다. 또한 상대적으로 데이터량이 적고 공정 사이클로 시간 구간이 용이하게 구분될 수 있는 공정 복원 오차를 기반으로 1차적으로 이상 시점을 선별함으로써, 데이터량이 많은 센서 복원 오차에 대한 연산량을 줄이기 위함이다. 경우에 따라서는 데이터 획득부(100)가 이상 검출부(500)에서 검출된 제1 시간 구간에 대응하는 센서 데이터만을 제2 오토 인코더(300)로 인가

하도록 함으로써, 제2 오토 인코더(200)의 연산량을 크게 줄일 수도 있다.

- [0066] 그리고 제1 이상 시점을 기준으로 전후로 기지정된 제2 시간 구간을 최종 이상 발생 구간으로 설정하는 것은 추후 이상 발생 원인을 분석할 수 있도록 충분한 시간 마진을 제공하기 위해서이다. 여기서 제1 및 제2 시간 구간은 이상 감지 장치가 이상을 감지해야 하는 공정에 따라 다양하게 조절되어 설정될 수 있다. 또한 제1 및 제2 문턱값(τ_1 , τ_2) 또한 미리 경험치로서 다양하게 지정될 수 있다.
- [0067] 결과적으로 본 실시예에 따른 이상 감지 장치는 공정 중에 수집된 이질적 다변량 시계열 데이터에서 공정 데이터와 센서 데이터를 구분하고, 서로 다르게 패턴 추정 및 복원 방식이 미리 학습된 2개의 오토 인코더로 공정 데이터와 센서 데이터 각각에서 패턴을 추정 및 복원함으로써, 공정 데이터와 센서 데이터에서 공통적으로 이상이 발생하는 이상 시점을 정확하게 검출할 수 있다.
- [0068] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 이상 감지 방법을 나타낸다.
- [0069] 도 4 내지 도 6을 참조하여, 도 7의 이상 감지 방법을 설명하면, 우선 공정 과정에서 발생하는 다수의 시계열 데이터를 획득한다(S11). 그리고 획득된 시계열 데이터를 공정 사이클 단위로 획득되는 공정 데이터(P)와 공정의 진행 상태에 무관하게 획득되는 센서 데이터(S)로 구분한다(S12). 여기서 시계열 데이터를 획득하여 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)로 구분하는 단계를 데이터 획득 단계(S10)라 할 수 있다.
- [0070] 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)가 획득되면, 서로 다른 패턴 추정 방식이 미리 학습된 인공 신경망으로 구현되는 2개의 인코더를 이용하여 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)를 각각 인코딩하여 공정 특징맵(E(P))과 센서 특징맵(E(S))을 획득한다(S21). 그리고 2개의 인코더에 대응하여 서로 다른 패턴 복원 방식이 미리 학습된 인공 신경망으로 구현되는 2개의 디코더를 이용하여 획득된 공정 특징맵(E(P))과 센서 특징맵(E(S))을 각각 디코딩하여 복원 공정 데이터(D(E(P)))와 복원 센서 데이터(D(E(S)))를 획득한다(S22).
- [0071] 공정 데이터(P)와 센서 데이터(S)를 인코딩하고 다시 디코딩하여 복원 공정 데이터(D(E(P)))와 복원 센서 데이터(D(E(S)))를 획득하는 단계를 오토 인코딩 단계(S20)라 할 수 있다.
- [0072] 한편, 복원 공정 데이터(D(E(P)))와 복원 센서 데이터(D(E(S)))가 획득되면, 공정 특징맵(E(P))과 복원 공정 데이터(D(E(P))) 사이의 차($\|P_i - D(E(P_i))\|$)를 계산하여 공정 복원 오차를 획득하고, 센서 데이터(S)와 복원 센서 데이터(D(E(S))) 사이의 차($\|S_i - D(E(S_i))\|$)를 계산하여 센서 복원 오차를 획득한다(S30).
- [0073] 그리고 오토 인코딩 단계에서 인코딩 및 디코딩 동작을 수행하는 인공 신경망에 대한 학습이 필요한 학습 단계 인지 판별한다(S41). 만일 학습 단계인 것으로 판별되면 획득된 공정 복원 오차와 센서 복원 오차를 각각 대응하는 인공 신경망으로 역전파하여 학습시킨다(S42).
- [0074] 그러나 학습 단계가 아닌 것으로 판별되면, 획득된 공정 복원 오차가 기지정된 제1 문턱값(τ_1)을 초과하는지 판별한다(S51). 만일 공정 복원 오차가 제1 문턱값(τ_1)을 초과하는 것으로 판별되면, 제1 문턱값(τ_1)을 초과하는 공정 복원 오차가 발생한 시점을 제1 이상 시점으로 추출하고, 추출된 제1 이상 시점을 기준으로 전후 기지정된 제1 시간 구간만큼의 시간 구간을 이상 구간으로 설정한다(S52). 그리고 설정된 이상 구간에서의 센서 복원 오차가 기지정된 제2 문턱값(τ_2)을 초과하는지 판별한다(S53). 만일 센서 복원 오차가 제2 문턱값(τ_2)을 초과하는 것으로 판별되면, 제1 이상 시점을 기준으로 전후로 기지정된 제2 시간 구간(예를 들면 5min)을 최종 이상 발생 구간으로 설정한다(S54).
- [0075] 여기서 공정 복원 오차와 센서 복원 오차를 기반으로 최종 이상 발생 구간을 검출하는 단계를 이상 구간 검출 단계(S50)라 할 수 있다.
- [0076] 여기서 최종 이상 발생 구간은 공정 중 이상이 발생한 것으로 감지된 시점을 기준으로 마진이 포함된 시간 구간을 나타낸다. 따라서 이후 최종 이상 발생 구간의 시계열 데이터를 분석하여 공정 이상이 발생한 원인을 추적할 수 있다.
- [0077] 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행시키기 위한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다. 여기서 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 또한 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 포함하며, ROM(판독 전용 메모리), RAM(랜덤 액세스 메모리), CD(컴팩트 디스크)-ROM, DVD(디

지털 비디오 디스크)-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광데이터 저장장치 등을 포함할 수 있다.

[0078] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.

[0079] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

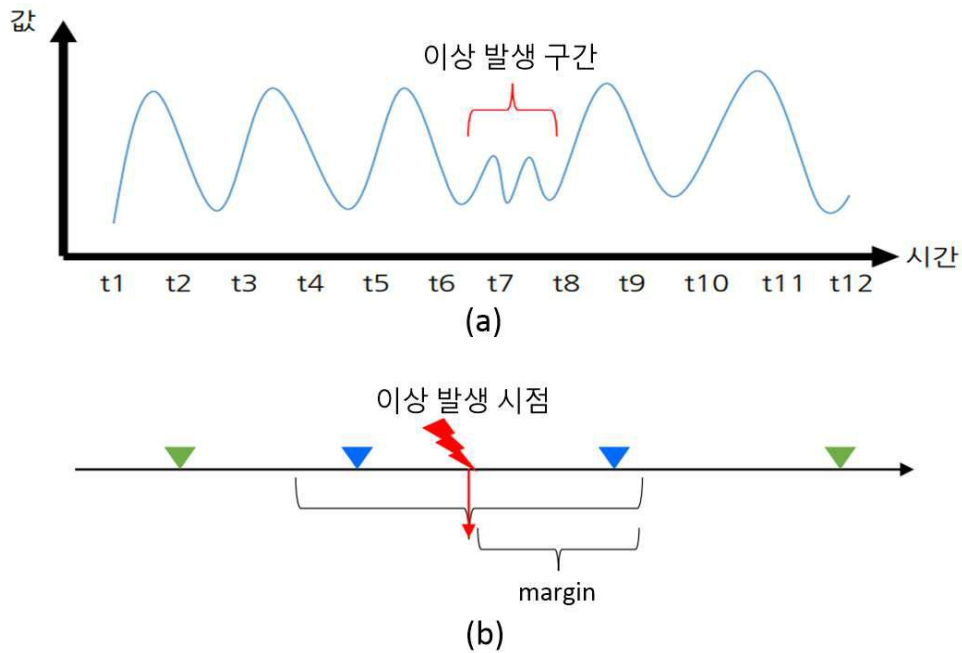
부호의 설명

[0080]

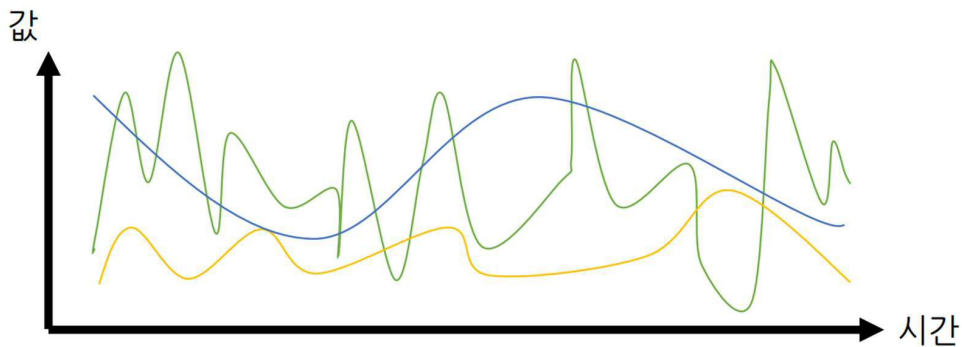
100: 데이터 획득부	110: 데이터 수집부
120: 데이터 분류부	200: 제1 오토 인코더
210: 제1 인코더	220: 제1 디코더
300: 제2 오토 인코더	310: 제2 인코더
320: 제2 디코더	400: 복원 오차 획득부
410: 제1 복원 오차 획득부	420: 제2 복원 오차 획득부
500: 이상 검출부	

도면

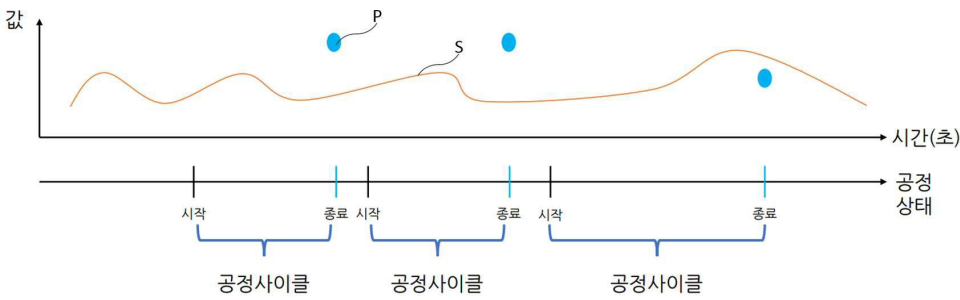
도면1



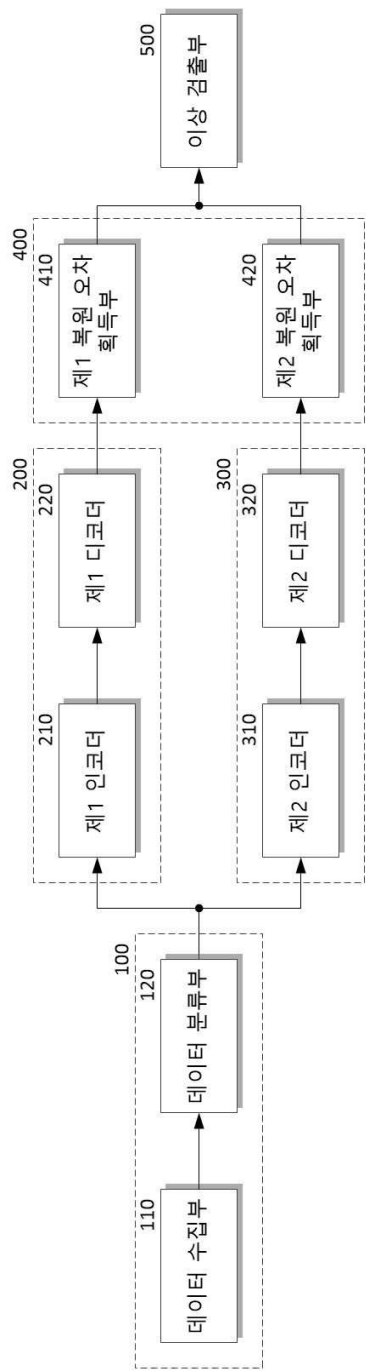
도면2



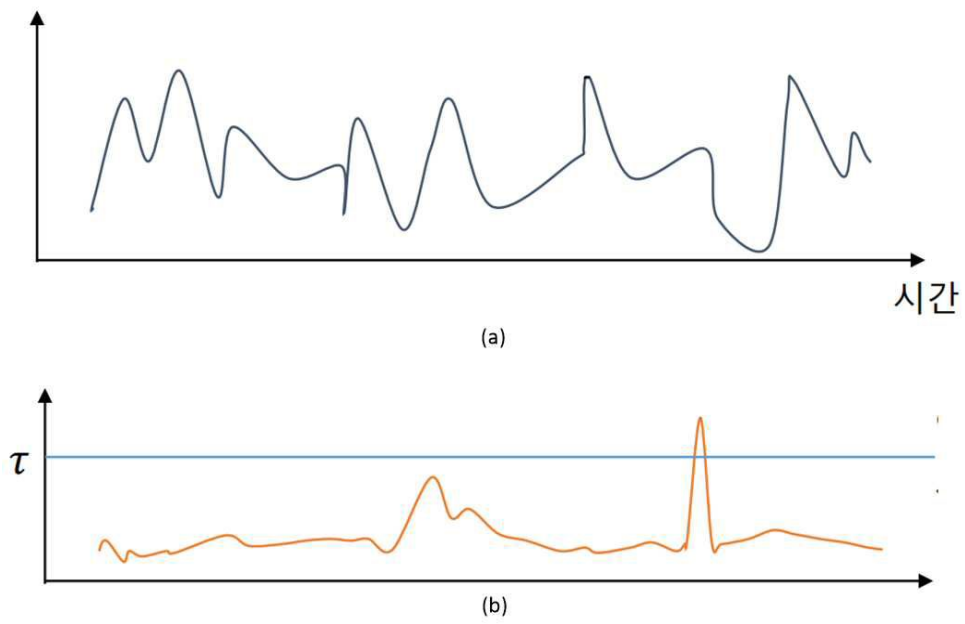
도면3



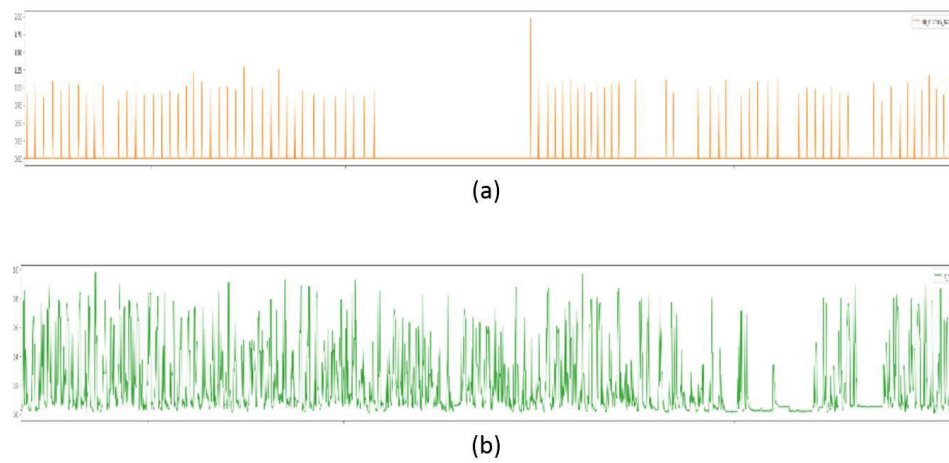
도면4



도면5



도면6



도면7

