



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0040469
(43) 공개일자 2020년04월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06N 99/00 (2019.01) G06Q 50/10 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G06N 20/00 (2019.01)
G06Q 50/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0120425
(22) 출원일자 2018년10월10일
심사청구일자 2019년09월16일

(71) 출원인
주식회사 케이티
경기도 성남시 분당구 불정로 90(정자동)
(72) 발명자
심수아
경기도 수원시 팔달구 권광로 243, 203동 101호(인계동, 래미안 노블클래스)
권명은
서울특별시 동작구 매봉로 123, 105동 1004호(본동, 본동삼성래미안아파트)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

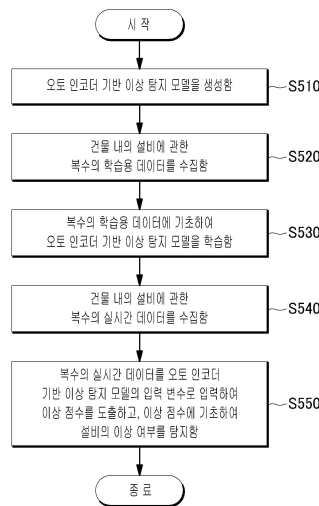
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 건물 내 설비의 이상을 탐지하는 방법, 시스템 및 컴퓨터 프로그램

(57) 요약

건물 내 설비의 이상 탐지 방법은 오토인코더(Autoencoder) 기반 이상 탐지 모델을 생성하는 단계, 상기 건물 내의 설비에 관한 복수의 학습용 데이터를 수집하는 단계, 상기 복수의 학습용 데이터에 기초하여 상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 학습하는 단계, 상기 건물 내의 설비에 관한 복수의 실시간 데이터를 수집하는 단계 및 상기 복수의 실시간 데이터를 상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델의 입력 변수로 입력하여 이상 점수(Anomaly score)를 도출하고, 상기 이상 점수에 기초하여 상기 설비의 이상 여부를 탐지하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도5



(72) 발명자

김기철

서울특별시 성북구 북악산로 844, 109동 1001호(돈
암동, 브라운스톤 돈암아파트)

김영진

경기도 수원시 팔달구 권광로317번길 15, 303동
1405호(인계동, 선경3차아파트)

최지훈

서울특별시 동작구 동작대로29길 115, 302동 902
호(사당동, 사당우성아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

건물 내 설비의 이상 탐지 방법에 있어서,

오토인코더(Autoencoder) 기반 이상 탐지 모델을 생성하는 단계;

상기 건물 내의 설비에 관한 복수의 학습용 데이터를 수집하는 단계;

상기 복수의 학습용 데이터에 기초하여 상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 학습하는 단계;

상기 건물 내의 설비에 관한 복수의 실시간 데이터를 수집하는 단계; 및

상기 복수의 실시간 데이터를 상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델의 입력 변수로 입력하여 이상 점수(Anomaly score)를 도출하고, 상기 이상 점수에 기초하여 상기 설비의 이상 여부를 탐지하는 단계

를 포함하는 것인, 이상 탐지 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델은 상기 입력 변수의 개수와 출력 변수의 개수가 동일한 것인, 이상 탐지 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델은 활성화 함수로서 쌍곡탄젠트(tanh) 함수, 시그모이드(sigmoid) 함수, ReLU(Rectified Linear Unit) 함수, Leaky ReLU 함수 중 어느 하나를 이용하는 것인, 이상 탐지 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 학습하는 단계는

각 입력 변수와 이에 대응하는 출력 변수가 동일하도록 학습하는 단계

를 포함하는 것인, 이상 탐지 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 실시간 데이터는 정상 데이터만을 포함하는 것인, 이상 탐지 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 이상 점수는 각 입력 변수와 이에 대응하는 출력 변수의 RMS(Root Mean Square)값에 기초하여 도출된 것인, 이상 탐지 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 이상 점수에 기초하여 상기 설비의 이상 여부를 탐지하는 단계는

각 입력 변수와 이에 대응하는 출력 변수의 차이에 기초하여 상기 이상 점수를 도출하는 단계를 포함하는 것인, 이상 탐지 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 이상 점수에 기초하여 상기 설비의 이상 여부를 탐지하는 단계는

상기 이상 점수의 추이를 모니터링하고, 상기 이상 점수의 추이의 변화에 기초하여 상기 설비의 이상 여부를 탐지하는 단계

를 포함하는 것인, 이상 탐지 방법.

청구항 9

건물 내 설비의 이상을 탐지하는 이상 탐지 시스템에 있어서,

상기 건물 내의 설비에 관한 복수의 학습용 데이터를 수집하는 데이터 수집부;

오토인코더(Autoencoder) 기반 이상 탐지 모델을 생성하고, 상기 복수의 학습용 데이터에 기초하여 상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 학습하는 모델 학습부; 및

복수의 실시간 데이터를 상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델의 입력 변수로 입력하여 이상 점수(Anomaly score)를 도출하고, 상기 이상 점수에 기초하여 상기 설비의 이상 여부를 탐지하는 이상 탐지부

를 포함하는 것인, 이상 탐지 시스템.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델은 상기 입력 변수의 개수와 출력 변수의 개수가 동일한 것인, 이상 탐지 시스템.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델은 활성화 함수로서 쌍곡탄젠트(tanh) 함수, 시그모이드(sigmoid) 함수, ReLU(Rectified Linear Unit) 함수, Leaky ReLU 함수 중 어느 하나를 이용하는 것인, 이상 탐지 시스템.

청구항 12

제 9 항에 있어서,
 상기 모델 학습부는 각 입력 변수와 이에 대응하는 출력 변수가 동일하도록 학습하는 것인, 이상 탐지 시스템.

청구항 13

제 9 항에 있어서,
 상기 복수의 실시간 데이터는 정상 데이터만을 포함하는 것인, 이상 탐지 시스템.

청구항 14

제 9 항에 있어서,
 상기 이상 점수는 각 입력 변수와 이에 대응하는 출력 변수의 RMS(Root Mean Square)값에 기초하여 도출된 것인, 이상 탐지 시스템.

청구항 15

제 9 항에 있어서,
 상기 이상 탐지부는 각 입력 변수와 이에 대응하는 출력 변수의 차이에 기초하여 상기 이상 점수를 도출하는 것인, 이상 탐지 시스템.

청구항 16

제 15 항에 있어서,
 상기 이상 탐지부는 상기 이상 점수의 추이를 모니터링하고, 상기 이상 점수의 추이의 변화에 기초하여 상기 설비의 이상 여부를 탐지하는 것인, 이상 탐지 시스템.

청구항 17

건물 내 설비의 이상을 탐지하는 명령어들의 시퀀스를 포함하는 컴퓨터 판독가능 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램에 있어서,
 상기 컴퓨터 프로그램은 컴퓨팅 장치에 의해 실행될 경우,
 오토인코더(Autoencoder) 기반 이상 탐지 모델을 생성하고,
 상기 건물 내의 설비에 관한 복수의 학습용 데이터를 수집하고,
 상기 복수의 학습용 데이터에 기초하여 상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 학습하고,
 상기 건물 내의 설비에 관한 복수의 실시간 데이터를 수집하고,
 상기 복수의 실시간 데이터를 상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델의 입력 변수로 입력하여 이상 점수(Anomaly score)를 도출하고, 상기 이상 점수에 기초하여 상기 설비의 이상 여부를 탐지하도록 하는 명령어들의 시퀀스를 포함하는, 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 건물 내 설비의 이상을 탐지하는 방법, 시스템 및 컴퓨터 프로그램에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 건물 에너지 관리 시스템(BEMS, Building Energy Management System)이란 IT 기술을 활용하여 건물 내의 전기, 공조, 방범, 방재와 같은 여러 설비를 관리하는 시스템을 말한다. 건물 에너지 관리 시스템은 빌딩 내 에너지 관리 설비와 관련된 다양한 정보를 실시간으로 수집 및 분석하여 에너지 사용량, 설비 운전 현황, 실내환경 및 탄소배출량 등을 관리하여 에너지 사용 효율을 개선시킬 수 있다.
- [0003] 이러한 건물 에너지 관리 시스템과 관련하여, 선행기술인 한국등록특허 제 10-1170743호는 건물 에너지 관리 시스템을 통한 냉동기 최적 운전 시스템 및 방법을 개시하고 있다.
- [0004] 종래의 건물 에너지 관리 시스템은 건물 내 설비에서 고장이 발생된 경우, 머신러닝을 이용한 데이터 분석을 통해 설비에서 발생된 고장을 탐지할 수 있었다. 이때, 고장 탐지의 정확도를 높이기 위해서는 정상 데이터뿐만 아니라 고장 데이터도 함께 학습될 필요가 있으나, 실제 운용 환경에서는 고장 데이터를 수집하기 어렵다는 단점을 가지고 있다.
- [0005] 또한, 종래의 머신러닝이 건물의 특징까지 학습하지 못하므로, 건물, 설비에 따라 각각의 모델을 별도로 생성해야 하는 번거로움이 존재했다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 오토인코더(Autoencoder) 기반 이상 탐지 모델을 이용하여 고장 데이터 없이도 건물 내 설비에서 발생된 오류 및 오작동을 검출할 수 있도록 하는 건물 내 설비의 이상을 탐지하는 방법, 시스템 및 컴퓨터 프로그램을 제공하고자 한다.
- [0007] 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 이용함으로써, 이상이 발견된 설비의 위치와 원인을 찾을 수 있도록 하는 건물 내 설비의 이상을 탐지하는 방법, 시스템 및 컴퓨터 프로그램을 제공하고자 한다.
- [0008] 종래의 기계 학습 기반의 임계값을 이용한 모델은 각 건물, 시스템마다 임계값을 설정해야 하며, 각 건물 및 설비별로 특성이 달라 임계값의 설정에 어려움이 따랐으나, 건물과 설비 내의 변수들 간의 상호 작용을 스스로 학습하도록 하여 건물의 특성이 자동으로 반영된 개별적인 모델을 생성하는 건물 내 설비의 이상을 탐지하는 방법, 시스템 및 컴퓨터 프로그램을 제공하고자 한다.
- [0009] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 수단으로서, 본 발명의 일 실시예는, 오토인코더(Autoencoder) 기반 이상 탐지 모델을 생성하는 단계, 상기 건물 내의 설비에 관한 복수의 학습용 데이터를 수집하는 단계, 상기 복수의 학습용 데이터에 기초하여 상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 학습하는 단계, 상기 건물 내의 설비에 관한 복수의 실시간 데이터를 수집하는 단계 및 상기 복수의 실시간 데이터를 상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델의 입력 변수로 입력하여 이상 점수(Anomaly score)를 도출하고, 상기 이상 점수에 기초하여 상기 설비의 이상 여부를 탐지하는 단계를 포함하는 이상 탐지 방법을 제공할 수 있다.
- [0011] 본 발명의 다른 실시예는, 상기 건물 내의 설비에 관한 복수의 학습용 데이터를 수집하는 데이터 수집부, 오토인코더(Autoencoder) 기반 이상 탐지 모델을 생성하고, 상기 복수의 학습용 데이터에 기초하여 상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 학습하는 모델 학습부 및 복수의 실시간 데이터를 상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델의 입력 변수로 입력하여 이상 점수(Anomaly score)를 도출하고, 상기 이상 점수에 기초하여 상기 설비의 이상 여부를 탐지하는 이상 탐지부를 포함하는 이상 탐지 시스템을 제공할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 또 다른 실시예는, 컴퓨터 프로그램은 컴퓨팅 장치에 의해 실행될 경우, 오토인코더(Autoencoder) 기반 이상 탐지 모델을 생성하고, 상기 건물 내의 설비에 관한 복수의 학습용 데이터를 수집하고, 상기 복수의 학습용 데이터에 기초하여 상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 학습하고, 상기 건물 내의 설비에 관한 복수의 실시간 데이터를 수집하고, 상기 복수의 실시간 데이터를 상기 오토인코더 기반 이상 탐지 모델의 입력 변수로 입력하여 이상 점수(Anomaly score)를 도출하고, 상기 이상 점수에 기초하여 상기 설비의 이상 여부를 탐지하도

록 하는 명령어들의 시퀀스를 포함하는 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 제공할 수 있다.

[0013] 상술한 과제 해결 수단은 단지 예시적인 것으로서, 본 발명을 제한하려는 의도로 해석되지 않아야 한다. 상술한 예시적인 실시예 외에도, 도면 및 발명의 상세한 설명에 기재된 추가적인 실시예가 존재할 수 있다.

발명의 효과

[0014] 진술한 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 오토인코더(Autoencoder) 기반 이상 탐지 모델을 이용하여 고장 데이터 없이도 건물 내 설비에서 발생한 오류 및 오작동을 검출할 수 있도록 하는 건물 내 설비의 이상을 탐지하는 방법, 시스템 및 컴퓨터 프로그램을 제공할 수 있다.

[0015] 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 이용함으로써, 이상이 발견된 설비의 위치와 원인을 찾을 수 있도록 하는 건물 내 설비의 이상을 탐지하는 방법, 시스템 및 컴퓨터 프로그램을 제공할 수 있다.

[0016] 종래의 기계 학습 기반의 임계값을 이용한 모델은 각 건물, 시스템마다 임계값을 설정해야 하며, 각 건물 및 설비별로 특성이 달라 임계값의 설정에 어려움이 따랐으나, 건물과 설비 내의 변수들 간의 상호 작용을 스스로 학습하도록 하여 건물의 특성이 자동으로 반영된 개별적인 모델을 생성하는 건물 내 설비의 이상을 탐지하는 방법, 시스템 및 컴퓨터 프로그램을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이상 탐지 시스템의 구성도이다.

도 2a 및 도 2b는 종래의 기계 학습 기반의 이상 탐지 모델과 본 발명의 일 실시예에 따른 오토인코더 기반의 이상 탐지 모델을 비교한 예시적인 도면이다.

도 3a 내지 도 3j는 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 덕트의 공조 설비에서 이상을 탐지하는 과정을 설명하기 위한 예시적인 도면이다.

도 4a 내지 도 4n는 본 발명의 일 실시예에 따른 냉동기 냉수 순환 루프에서 이상을 탐지하는 과정을 설명하기 위한 예시적인 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 이상 탐지 시스템에서 건물 내 설비의 이상을 탐지하는 방법의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0019] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 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 의미하며, 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0020] 본 명세서에 있어서 '부(部)'란, 하드웨어에 의해 실현되는 유닛(unit), 소프트웨어에 의해 실현되는 유닛, 양방을 이용하여 실현되는 유닛을 포함한다. 또한, 1 개의 유닛이 2 개 이상의 하드웨어를 이용하여 실현되어도 되고, 2 개 이상의 유닛이 1 개의 하드웨어에 의해 실현되어도 된다.

[0021] 본 명세서에 있어서 단말 또는 디바이스가 수행하는 것으로 기술된 동작이나 기능 중 일부는 해당 단말 또는 디바이스와 연결된 서버에서 대신 수행될 수도 있다. 이와 마찬가지로, 서버가 수행하는 것으로 기술된 동작이나 기능 중 일부도 해당 서버와 연결된 단말 또는 디바이스에서 수행될 수도 있다.

[0022] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 일 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이상 탐지 시스템의 구성도이다. 도 1을 참조하면, 데이터 수집부(110), 모델 학습부(120) 및 이상 탐지부(130)를 포함할 수 있다.

- [0024] 데이터 수집부(110)는 건물 내의 설비에 관한 복수의 학습용 데이터를 수집할 수 있다. 예를 들어, 공조 설비의 경우, 데이터 수집부(110)는 실외온도, 실외상대습도, 냉수출구온도, 냉수출구유량, 냉수입구온도, 냉수입구온도-냉수출구온도, 리터팬 토출구 온도, 리터팬 토출구 유량, 공급팬 토출구 온도, 공급팬 토출구 유량, 외기 댐퍼 토출구 온도 및 외기 댐퍼 토출구 유량 등의 학습용 데이터를 수집할 수 있다. 다른 예를 들어, 냉동기 순환 설비의 경우, 데이터 수집부(110)는 가스에너지, 냉수입구온도, 냉수출구온도, 냉수입구온도-출구온도 및 냉수유량 등의 학습용 데이터를 수집할 수 있다.
- [0025] 모델 학습부(120)는 오토인코더(Autoencoder) 기반 이상 탐지 모델을 생성하고, 복수의 학습용 데이터에 기초하여 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 학습할 수 있다. 여기서, 오토인코더 기반 이상 탐지 모델은 입력 변수의 개수와 출력 변수의 개수가 동일한 것으로, 오토인코더 기반 이상 탐지 모델은 활성화 함수로서 쌍곡탄젠트(tanh) 함수, 시그모이드(sigmoid) 함수, ReLU(Rectified Linear Unit) 함수, Leaky ReLU 함수 중 어느 하나가 이용될 수 있다. 오토인코더 기반 이상 탐지 모델에 관해서는 도 2a 및 도 2b를 통해 상세히 설명하도록 한다.
- [0026] 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 일반적인 기계 학습 기반의 이상 탐지 모델과 오토인코더 기반의 이상 탐지 모델을 비교한 예시적인 도면이다.
- [0027] 도 2a는 종래의 기계 학습 기반의 이상 탐지 모델을 도시한 도면이다. 도 2a를 참조하면, 종래의 기계 학습(비지도학습(unsupervised)) 기반의 이상 탐지 모델은 다양한 입력 변수(x, 200)가 입력(210)되면, 출력(220)을 통해 하나의 결과값 'y'(230)이 예측되도록 구성된다.
- [0028] 종래의 기계 학습 기반의 이상 탐지 모델은 실제값과 예측값과의 차이를 계산하고, 차이가 임계값 이상인 경우 고장(오류)이 발생한 것으로 판단한다. 그러나 종래의 기계 학습 기반의 이상 탐지 모델은 임계값의 설정이 주관적이며, 임계값에 따라 고장인지 아닌지의 결과가 달라질 수 있다.
- [0029] 또한, 출력(220)을 통해 하나의 결과값만이 도출되므로, 설비에서 고장이 발생한 경우, 어느 부분에서 이상이 발생한 것인지를 파악하기 어렵다는 단점이 있다.
- [0030] 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 오토인코더 기반의 이상 탐지 모델을 도시한 예시적인 도면이다.
- [0031] 도 2b를 참조하면, 다양한 입력 변수(x, 240)가 입력(250)되면 인코더(260)를 통해 입력 데이터에 대한 특징(265)이 추출된다.
- [0032] 그리고, 디코더(270)를 통해 인코더(260)에 의해 추출된 특징(265)을 기준으로 뉴런넷이 역으로 붙여진 원본 데이터를 생성하여 출력(280)을 통해 입력 변수(240)와 동일한 출력 변수(290)가 도출되도록 구성된다.
- [0033] 이러한, 오토인코더 기반의 이상 탐지 모델은 비지도 학습(unsupervised) 모델로 특징(265)을 기준으로 입력 변수(240)가 인코더(260)를 통해 특징(265)을 추출하는 과정과 특징(265)으로부터 디코더(270)를 통해 출력 변수(290)로 도출되는 과정이 데칼코마니되는 형상과 같이 구성된다.
- [0034] 여기서, 입력 데이터는 0 또는 1의 입력 변수로 변환된다. 오토인코더 기반 이상 탐지 모델은 학습용 데이터의 80%가 이상 탐지 모델을 생성하는데 이용되고, 학습용 데이터의 20%가 이상 탐지 모델을 검증하는데 이용될 수 있다.
- [0035] 오토인코더 기반의 이상 탐지 모델은 입력 변수(240)와 출력 변수(290)가 같은 모델로, 변수들 간의 상호 작용을 고려하여 자기 자신을 복구하는 모델이다. 오토인코더 기반의 이상 탐지 모델은 자기 자신을 복구함으로써, 각 변수의 이상 여부를 바로 판단하여 건물 내 설비의 고장 원인을 판단할 수 있다는 장점을 갖는다.
- [0036] 또한, 종래의 기계 학습 기반의 이상 탐지 모델과 같이 임계값 비교가 아닌 이상 점수를 계산하여 고장 확률을 계산하므로, 임계값에 민감하지 않는다는 장점을 갖는다. 또한, 변수들 간에 상호 작용을 스스로 학습하므로, 건물의 특성을 자동으로 반영할 수 있다는 장점을 갖는다.
- [0037] 이러한 오토인코더 기반의 이상 탐지 모델은 고장 데이터를 필요로 하지 않으며, 고장 데이터의 수집 여부와 상관 없이 이상 탐지 모델을 생성할 수 있다. 예를 들어, 오토인코더 기반의 이상 탐지 모델은 정상 데이터로 학습된 모델이므로, 비정상 데이터가 입력된 경우, 오토인코더 기반의 이상 탐지 모델은 자기 자신을 잘 복구할 수 없게 되어 고장의 원인을 판단할 수 있게 된다. 또한, 오토인코더 기반의 이상 탐지 모델은 고차원 데이터에서도 작동되어 센서 값이 많은 건물 데이터에 이용되기 적합한 모델이다.
- [0038] 다시 도 1로 돌아와서, 모델 학습부(120)는 각 입력 변수와 이에 대응하는 출력 변수가 동일하도록 학습할 수

있다.

[0039] 이상 탐지부(130)는 복수의 실시간 데이터를 오토인코더 기반 이상 탐지 모델의 입력 변수로 입력하여 이상 점수(Anomaly score)를 도출하고, 이상 점수에 기초하여 설비의 이상 여부를 탐지할 수 있다. 여기서, 복수의 실시간 데이터는 정상 데이터만을 포함할 수 있다.

수학식 1

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

[0040]

[0042] 수학식 1을 참조하면, 이상 탐지부(130)는 각 입력 변수와 이에 대응하는 출력 변수의 차이에 기초하여 이상 점수를 도출할 수 있다. 이 때, 이상 점수는 각 입력 변수와 이에 대응하는 출력 변수의 RMS(Root Mean Square) 값에 기초하여 도출된 것일 수 있다.

[0043] 이상 탐지부(130)는 이상 점수의 추이를 모니터링하고, 이상 점수의 추이의 변화에 기초하여 설비의 이상 여부를 탐지할 수 있다. 예를 들어, 이상 탐지부(130)는 이상 점수의 시계열도를 기반으로 정상성 여부를 판단하고, 이상 점수의 추이 변화에 기초하여 이상 점수가 갑자기 증가한 경우, 설비에 이상이 탐지된 것으로 판단할 수 있다. 여기서, 이상 점수는 고장이 발생할 확률을 의미하므로, 이상 점수의 추이의 변화를 통해 고장이 발생된 확률(누적 확률 포함)을 파악할 수 있게 된다.

[0044] 또한, 이상 탐지부(130)는 이상 점수를 누적확률값으로 변환하여 누적 확률값이 계속 증가하는 경우, 건물 내 설비에 이상이 탐지된 것으로 판단할 수 있다.

[0045] 이러한 이상 탐지 시스템(100)은 건물 내 설비의 이상을 탐지하는 명령어들의 시퀀스를 포함하는 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램에 의해 실행될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 컴퓨팅 장치에 의해 실행될 경우, 오토인코더(Autoencoder) 기반 이상 탐지 모델을 생성하고, 건물 내의 설비에 관한 복수의 학습용 데이터를 수집하고, 복수의 학습용 데이터에 기초하여 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 학습하고, 건물 내의 설비에 관한 복수의 실시간 데이터를 수집하고, 복수의 실시간 데이터를 오토인코더 기반 이상 탐지 모델의 입력 변수로 입력하여 이상 점수(Anomaly score)를 도출하고, 이상 점수에 기초하여 설비의 이상 여부를 탐지하도록 하는 명령어들의 시퀀스를 포함할 수 있다.

[0046] 도 3a 내지 도 3j는 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 덕트의 공조 설비에서 이상을 탐지하는 과정을 설명하기 위한 예시적인 도면이다.

[0047] 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 덕트의 공조 설비로부터 수집되는 학습용 데이터를 도시한 예시적인 도면이다. 도 3a를 참조하면, 이상 탐지 시스템(100)은 단일 덕트의 공조 설비에 설치된 복수의 센서로부터 10분 간격으로 실외온도(301), 실외상대습도(302), 냉수출구온도(303), 냉수출구유량(304), 냉수입구온도(305), 냉수입구온도-냉수출구온도(306), 리턴팬 토출구 온도(307), 리턴팬 토출구 유량(308), 공급팬 토출구 온도(309), 공급팬 토출구 유량(310), 외기 댐퍼 토출구 온도(311), 외기 댐퍼 토출구 유량(312) 등의 학습용 데이터를 수집할 수 있다.

[0048] 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 학습 데이터에 기초하여 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 학습하는 과정을 설명하기 위한 예시적인 도면이다.

[0049] 도 3b를 참조하면, 이상 탐지 시스템(100)은 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 생성하여 학습용 데이터(347)를 오토인코더 기반 이상 탐지 모델에 입력 변수(340)로 입력(341)하고, 인코더(342)를 통해 특징(343)을 추출하고, 추출된 특징을 기준으로 디코더(344)를 통해 인코더(342)에 의해 추출된 특징(343)을 기준으로 뉴턴이 역으로 붙여진 원본 데이터를 생성하여 출력(345)을 통해 입력 변수(340)와 동일한 출력 변수(346)가 도출되도록 학습시킬 수 있다.

[0050] 도 3c 및 도 3d는 본 발명의 일 실시예에 따른 오토인코더 기반 이상 탐지 모델에 대한 적합성을 검증하는 과정을 설명하기 위한 예시적인 도면이다.

- [0051] 도 3c를 참조하면, 이상 탐지 시스템(100)은 오토인코더 기반의 이상 탐지 모델을 통해 학습된 학습용 데이터에 기초하여 예측값과 실측값이 일치하는지를 확인하여 오토인코더 기반의 이상 탐지 모델에 대한 적합도를 검증할 수 있다. 여기서, x축은 실측값이고, y축은 예측값일 수 있다.
- [0052] 도 3d를 참조하면, 이상 탐지 시스템(100)은 예측값과 실측값의 차이(잔차)가 평균이 '0'인 정규 분포인지를 확인하여 오토인코더 기반의 이상 탐지 모델에 대한 적합도를 검증할 수 있다.
- [0053] 도 3e 및 도 3f는 본 발명의 일 실시예에 따른 학습용 데이터를 기준으로 실시간 데이터를 검증하는 과정을 설명하기 위한 예시적인 도면이다. 도 3e 및 도 3f를 참조하면, 도 3e의 실시간 데이터가 도 3f의 학습용 데이터와 달리 실측값과 예측값에 대한 차이가 큰 것을 알 수 있다. 여기서, 실측값과 예측값의 차이가 큰 부분은 비정상 구간일 확률이 높다.
- [0054] 도 3g는 본 발명의 일 실시예에 따른 이상 점수를 도시한 예시적인 도면이다. 도 3g를 참조하면, 실시간 데이터(350)에 대한 이상 점수는 정상 및 비정상에 대한 평균값(351) 및 정상 및 비정상에 대한 최댓값(352)을 포함할 수 있다. 여기서, 이상 점수는 건물 내 설비에서 이상이 탐지되거나, 고장이 발생할 확률일 수 있으며, 이상 점수의 최댓값(352)이 정상값과 비정상값 간에 차이가 존재하는 것을 알 수 있다.
- [0055] 도 3h는 본 발명의 일 실시예에 따른 이상 점수 그래프를 도시한 예시적인 도면이다. 도 3h를 참조하면, 실시간 데이터에 대한 이상 점수의 추이를 모니터링하여 그래프로 표시하고, 그래프를 통해 설비의 이상 여부를 탐지할 수 있다. 예를 들어, 그래프에서 이상 점수가 '0.1 이상'인 부분에 대해 주황색 점선으로 표시된 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 설비의 이상이 탐지된 시점 또는 고장이 발생한 시점과 고장이 발생한 위치를 파악할 수 있게 된다.
- [0056] 도 3i는 본 발명의 종래의 기계 학습 기반의 이상 탐지 모델과 일 실시예에 따른 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 이용한 경우의 설비의 이상 여부를 탐지하는 과정을 비교하기 위한 예시적인 도면이다.
- [0057] 도 3i를 참조하면, 종래의 기계 학습 기반의 이상 탐지 모델의 임계값을 통해 설비의 이상 여부가 탐지된 부분은 별 모양으로 표시되고, 오토인코더 기반 이상 탐지 모델에서 설비의 이상 여부가 탐지된 부분은 주황색 선으로 표시될 수 있다.
- [0058] 리턴팬 토출구 유량(308)의 그래프 중 특정 지점(360)에 대해 종래의 기계 학습 기반의 이상 탐지 모델 및 오토인코더 기반 이상 탐지 모델 모두 특정 지점(360)을 비정상이라고 판단할 수 있다.
- [0059] 공급팬 토출구 온도(309)의 그래프 중 특정 지점(361)에 대해 종래의 기계 학습 기반의 이상 탐지 모델은 임계값을 비정상이라고 판단하나, 오토인코더 기반 이상 탐지 모델은 해당 지점을 정상으로 판단할 수 있다.
- [0060] 외기 댐퍼 토출구 유량(312)의 그래프 중 특정 지점(362)에 대해 종래의 기계 학습 기반의 이상 탐지 모델은 임계값을 정상으로 판단하나, 오토인코더 기반 이상 탐지 모델은 해당 지점을 비정상이라고 판단할 수 있다.
- [0061] 도 3j는 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터의 시계열도의 패턴을 통해 건물 내 설비의 이상을 탐지하는 과정을 설명하기 위한 예시적인 도면이다. 도 3j를 참조하면, 냉수출구유량(304), 냉수입구온도(305), 냉수입구온도-냉수출구온도(306), 리턴팬 토출구 온도(307), 리턴팬 토출구 유량(308), 공급팬 토출구 온도(309), 공급팬 토출구 유량(310) 데이터의 시계열도를 확인하면, 거의 균일한 패턴을 나타내고 있는 것을 알 수 있다.
- [0062] 그러나 외기 댐퍼 토출구 유량(312) 데이터의 시계열도의 경우, 패턴의 크기가 갑자기 줄어드는 구간(370)이 발생한 것을 알 수 있다. 이를 통해, 이상 탐지 시스템(100)은 외기 댐퍼 토출구 유량(312)과 관련된 설비에서 이상이 발생된 것을 파악할 수 있다.
- [0063] 도 4a 내지 도 4n은 본 발명의 일 실시예에 따른 냉동기 냉수 순환 루프에서 이상을 탐지하는 과정을 설명하기 위한 예시적인 도면이다.
- [0064] 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 냉동기 냉수 순환 루프에서 수집되는 데이터를 도시한 예시적인 도면이다. 도 4a를 참조하면, 이상 탐지 시스템(100)은 냉동기에 설치된 복수의 센서로부터 10분 간격으로 냉동기1(400), 냉동기2(401), 냉동기3(402) 각각에 대해 가스에너지(410), 냉수입구온도(411), 냉수출구온도(412) 및 냉수유량(413)의 데이터를 수집하고, 외기온도(403) 데이터를 수집할 수 있다.
- [0065] 도 4b는 본 발명의 일 실시예에 따른 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 생성하는 과정을 설명하기 위한 예시적인 도면이다. 도 4b를 참조하면, 이상 탐지 시스템(100)은 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 생성하여 학습용 데이터(437)를 입력 변수(430)로 입력(431)하고, 인코더(432)를 통해 특징(433)을 추출하고, 추출된 특징(433)

을 기준으로 디코더(434)를 통해 인코더(432)에 의해 추출된 특징(433)을 기준으로 뉴릿넷이 역으로 붙여진 원본 데이터를 생성하여 출력(435)을 통해 입력 변수(430)와 동일한 출력 변수(436)가 도출되도록 학습시킬 수 있다.

- [0066] 도 4c 및 도 4d는 본 발명의 일 실시예에 따른 오토인코더 기반 이상 탐지 모델에 대한 적합성을 검증하는 과정을 설명하기 위한 예시적인 도면이다.
- [0067] 도 4c를 참조하면, 이상 탐지 시스템(100)은 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 통해 학습된 학습용 데이터에 기초하여 예측값과 실측값이 일치하는지를 확인하여 오토인코더 기반 이상 탐지 모델에 대한 적합도를 검증할 수 있다. 여기서, x축은 실측값이고, y축은 예측값일 수 있다.
- [0068] 도 4d를 참조하면, 이상 탐지 시스템(100)은 예측값과 실측값의 차이(잔차)가 평균이 '0'인 정규 분포인지를 확인하여 오토인코더 기반의 이상 탐지 모델에 대한 적합도를 검증할 수 있다.
- [0069] 도 4e 및 도 4f는 본 발명의 일 실시예에 따른 학습용 데이터를 기준으로 실시간 데이터를 검증하는 과정을 설명하기 위한 예시적인 도면이다. 도 4e 및 도 4f를 참조하면, 도 4e의 실시간 데이터가 도 4f의 학습용 데이터와 달리 실측값과 예측값에 대한 차이가 큰 것을 알 수 있다. 여기서, 실측값과 예측값의 차이가 큰 부분은 비정상 구간일 확률이 높다.
- [0070] 도 4g는 본 발명의 일 실시예에 따른 이상 점수를 도시한 예시적인 도면이다. 도 4g를 참조하면, 실시간 데이터(440)에 대한 이상 점수는 정상 및 비정상에 대한 평균값(441) 및 정상 및 비정상에 대한 최댓값(442)을 포함할 수 있다. 여기서, 이상 점수는 건물 내 설비에서 이상이 탐지되거나, 고장이 발생될 확률일 수 있으며, 이상 점수의 최댓값이 정상값과 비정상값 간에 차이가 존재하는 것을 알 수 있다.
- [0071] 도 4h는 본 발명의 일 실시예에 따른 이상 점수 그래프를 도시한 예시적인 도면이다. 예를 들어, 이상 탐지 시스템(100)은 냉동기 1(400), 냉동기 2(401), 냉동기 3(402)의 각 실시간 데이터에 대한 이상 점수의 추이를 모니터링하여 그래프로 표시하고, 그래프를 통해 설비의 이상 여부를 탐지할 수 있다. 이상 탐지 시스템(100)은 이상 점수 그래프를 통해 고장 시점과 고장 위치를 파악할 수 있다.
- [0072] 도 4i 및 도 4j는 본 발명의 일 실시예에 따른 냉동기 1(400)의 이상 점수 그래프 및 데이터의 시계열도의 패턴을 통해 설비의 이상 여부를 탐지하는 과정을 설명하기 위한 예시적인 도면이다.
- [0073] 도 4i를 참조하면, 냉동기 1(400)의 이상 점수 그래프를 통해 냉수입구온도, 냉수출구온도, 냉수입구온도-출구온도, 냉수유량의 그래프에서 이상 점수가 '0.1 이상'(450)인 부분에 대해 주황색 점선으로 표시된 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 설비의 이상이 탐지된 시점 또는 고장이 발생된 시점과 고장이 발생된 위치도 파악할 수 있게 된다.
- [0074] 도 4j를 참조하면, 냉동기 1(400)의 데이터의 시계열도의 패턴을 통해 정상 데이터 및 비정상 데이터 간에 차이(451)가 존재하는 것을 확인할 수 있다.
- [0075] 도 4k 및 도 4l은 본 발명의 일 실시예에 따른 냉동기 2(401)의 이상 점수 그래프 및 데이터의 시계열도의 패턴을 통해 설비의 이상 여부를 탐지하는 과정을 설명하기 위한 예시적인 도면이다.
- [0076] 도 4k를 참조하면, 냉동기 2(401)의 이상 점수 그래프를 통해 냉수입구온도, 냉수출구온도, 냉수입구온도-출구온도, 냉수유량의 그래프에서 이상 점수가 '0.1 이상'(460)인 부분에 대해 주황색 점선으로 표시된 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 설비의 이상이 탐지된 시점 또는 고장이 발생된 시점과 고장이 발생된 위치도 파악할 수 있게 된다.
- [0077] 도 4l을 참조하면, 냉동기 2(401)의 데이터의 시계열도의 패턴을 통해 정상 데이터 및 비정상 데이터 간에 차이(461)가 존재하는 것을 확인할 수 있다.
- [0078] 도 4m 및 도 4n은 본 발명의 일 실시예에 따른 냉동기 3(402)의 이상 점수 그래프 및 데이터의 시계열도의 패턴을 통해 설비의 이상 여부를 탐지하는 과정을 설명하기 위한 예시적인 도면이다.
- [0079] 도 4m을 참조하면, 냉동기 3(402)의 이상 점수 그래프를 통해 냉수입구온도, 냉수출구온도, 냉수입구온도-출구온도, 냉수유량의 그래프에서 이상 점수가 '0.1 이상'(470)인 부분에 대해 주황색 점선으로 표시된 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 설비의 이상이 탐지된 시점 또는 고장이 발생된 시점과 고장이 발생된 위치도 파악할 수 있게 된다.

- [0080] 도 4n을 참조하면, 냉동기 3(402)의 데이터의 시계열도의 패턴을 통해 정상 데이터 및 비정상 데이터 간에 차이(471)가 존재하는 것을 확인할 수 있다.
- [0081] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 이상 탐지 시스템에서 건물 내 설비의 이상을 탐지하는 방법의 순서도이다. 도 5에 도시된 이상 탐지 시스템(100)에서 건물 내 설비의 이상을 탐지하는 방법은 도 1 내지 도 4n에 도시된 실시예에 의해 시계열적으로 처리되는 단계들을 포함한다. 따라서, 이하 생략된 내용이라고 하더라도 도 1 내지 도 4n에 도시된 실시예에 따른 이상 탐지 시스템(100)에서 건물 내 설비의 이상을 탐지하는 방법에도 적용된다.
- [0082] 단계 S510에서 이상 탐지 시스템(100)은 오토인코더(Autoencoder) 기반 이상 탐지 모델을 생성할 수 있다. 오토인코더 기반 이상 탐지 모델은 입력 변수의 개수와 출력 변수의 개수가 동일한 것일 수 있으며, 활성화 함수로서 쌍곡탄젠트(tanh) 함수, 시그모이드(sigmoid) 함수, ReLU(Rectified Linear Unit) 함수, Leaky ReLU 함수 중 어느 하나를 이용할 수 있다.
- [0083] 단계 S520에서 이상 탐지 시스템(100)은 건물 내의 설비에 관한 복수의 학습용 데이터를 수집할 수 있다.
- [0084] 단계 S530에서 이상 탐지 시스템(100)은 복수의 학습용 데이터에 기초하여 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 학습할 수 있다.
- [0085] 단계 S540에서 이상 탐지 시스템(100)은 건물 내의 설비에 관한 복수의 실시간 데이터를 수집할 수 있다. 여기서, 복수의 실시간 데이터는 정상 데이터만을 포함하는 것일 수 있다.
- [0086] 단계 S550에서 이상 탐지 시스템(100)은 복수의 실시간 데이터를 오토인코더 기반 이상 탐지 모델의 입력 변수로 입력하여 이상 점수(Anomaly score)를 도출하고, 이상 점수에 기초하여 설비의 이상 여부를 탐지할 수 있다. 여기서, 이상 점수는 각 입력 변수와 이에 대응하는 출력 변수의 RMS(Root Mean Square)값에 기초하여 도출된 것일 수 있다.
- [0087] 도 5에서는 도시되지 않았으나, 이상 탐지 시스템(100)은 오토인코더 기반 이상 탐지 모델을 학습하는 단계에서, 각 입력 변수와 이에 대응하는 출력 변수가 동일하도록 학습하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0088] 도 5에서는 도시되지 않았으나, 이상 탐지 시스템(100)은 이상 점수에 기초하여 설비의 이상 여부를 탐지하는 단계에서, 각 입력 변수와 이에 대응하는 출력 변수의 차이에 기초하여 상기 이상 점수를 도출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0089] 도 5에서는 도시되지 않았으나, 이상 탐지 시스템(100)은 이상 점수에 기초하여 설비의 이상 여부를 탐지하는 단계에서, 이상 점수의 추이를 모니터링하고, 이상 점수의 추이의 변화에 기초하여 설비의 이상 여부를 탐지하는 단계를 포함할 수 있다. 여기서, 이상 점수는 고장이 발생할 확률을 의미하므로, 이상 점수의 추이의 변화를 통해 고장이 발생할 확률(누적 확률 포함)을 파악할 수 있게 된다.
- [0090] 도 1 내지 도 5를 통해 설명된 이상 탐지 시스템에서 건물 내 설비의 이상을 탐지하는 방법은 컴퓨터에 의해 실행되는 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램 또는 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 또한, 도 1 내지 도 5를 통해 설명된 이상 탐지 시스템에서 건물 내 설비의 이상을 탐지하는 방법은 컴퓨터에 의해 실행되는 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램의 형태로도 구현될 수 있다.
- [0091] 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 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.
- [0092] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 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 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0093] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로

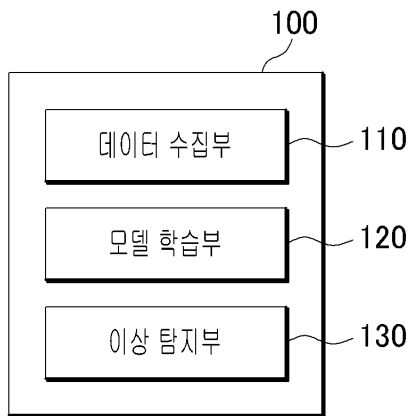
로 해석되어야 한다.

부호의 설명

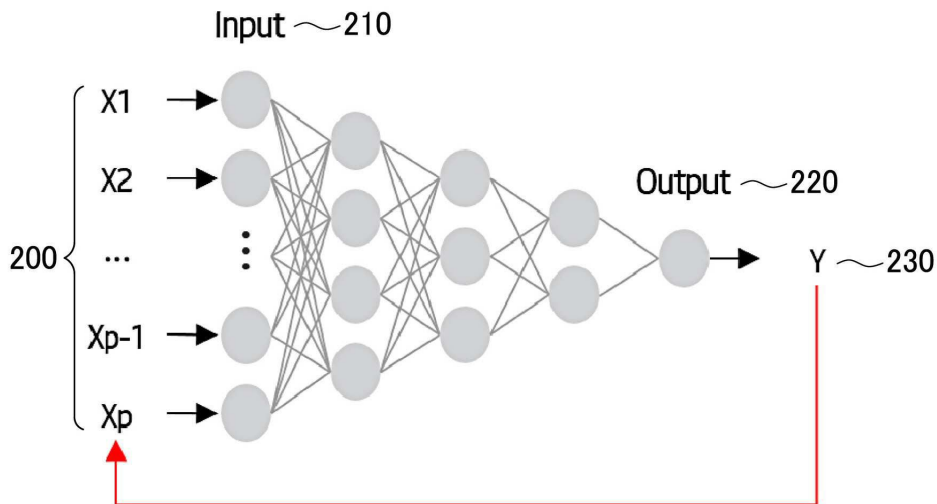
- [0094] 100: 이상 탐지 시스템
- 110: 데이터 수집부
- 120: 모델 학습부
- 130: 이상 탐지부

도면

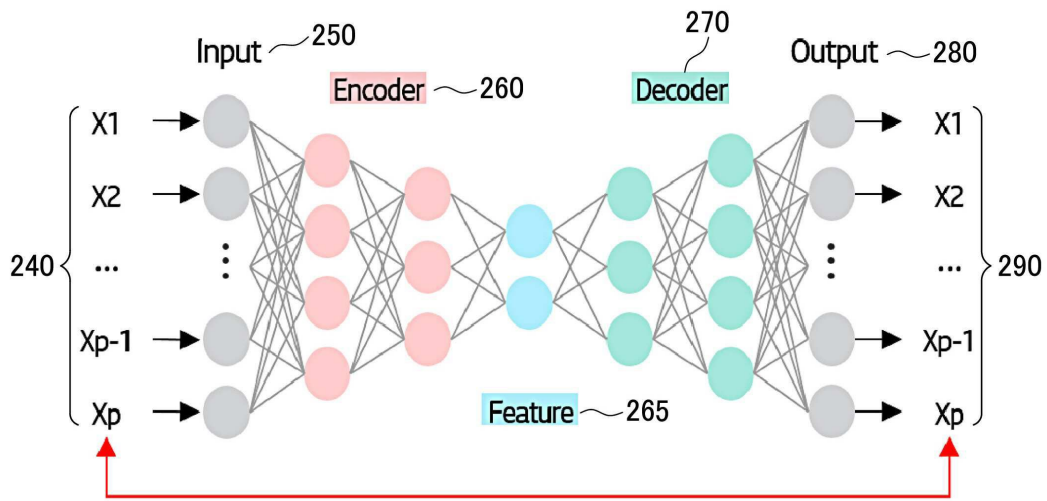
도면1



도면2a



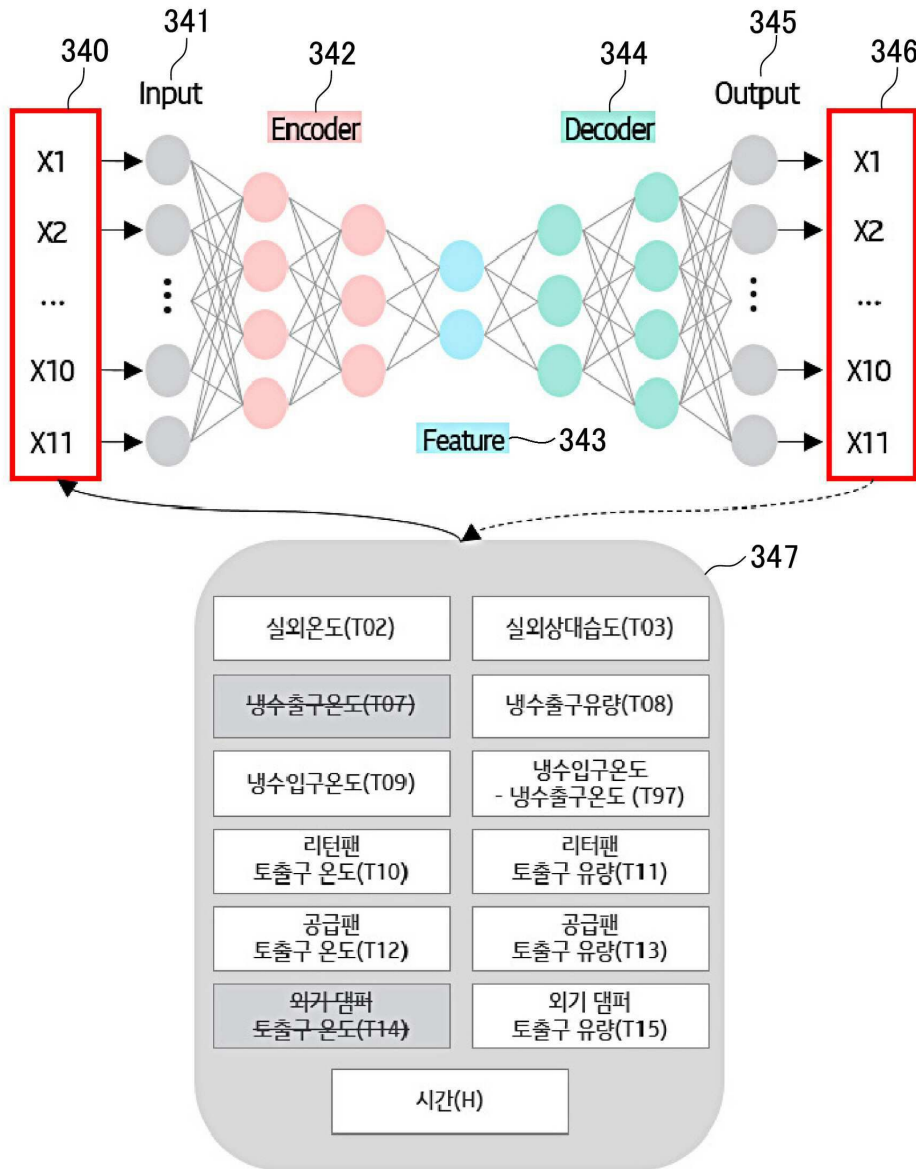
도면2b



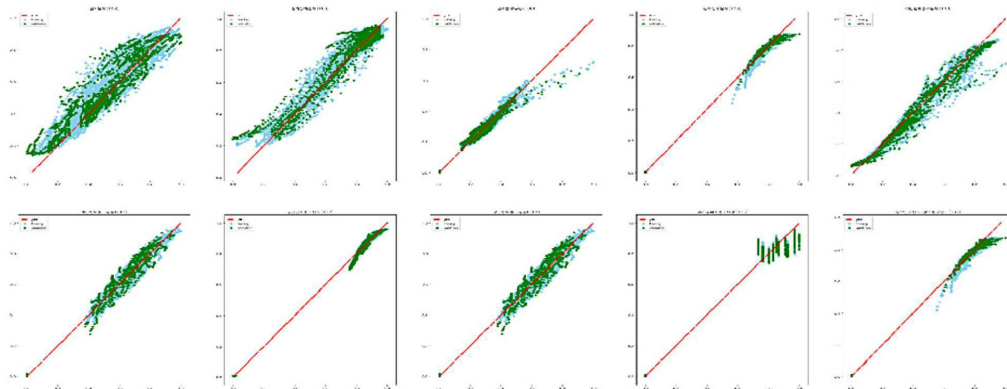
도면3a

301	실외온도(T02)	실외상대습도(T03)	302
303	냉수출구온도(T07)	냉수출구유량(T08)	304
305	냉수입구온도(T09)	냉수입구온도 - 냉수출구온도 (T97)	306
307	리턴팬 토출구 온도(T10)	리턴팬 토출구 유량(T11)	308
309	공급팬 토출구 온도(T12)	공급팬 토출구 유량(T13)	310
311	외기 댐퍼 토출구 온도(T14)	외기 댐퍼 토출구 유량(T15)	312

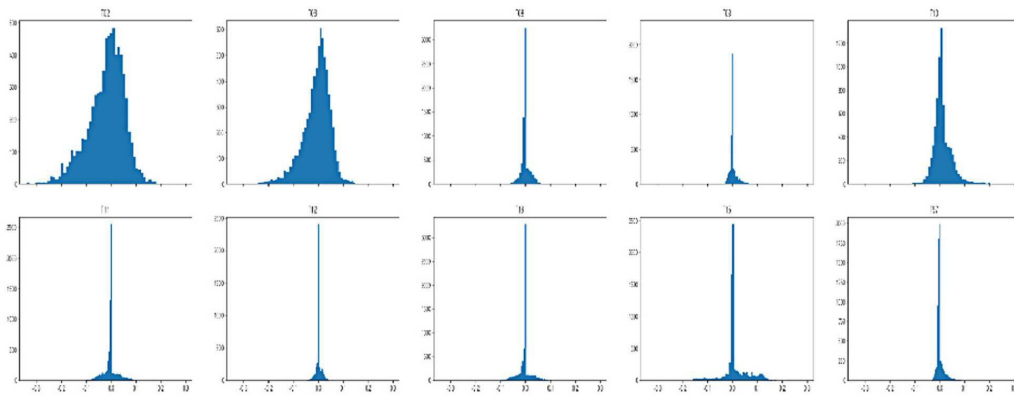
도면3b



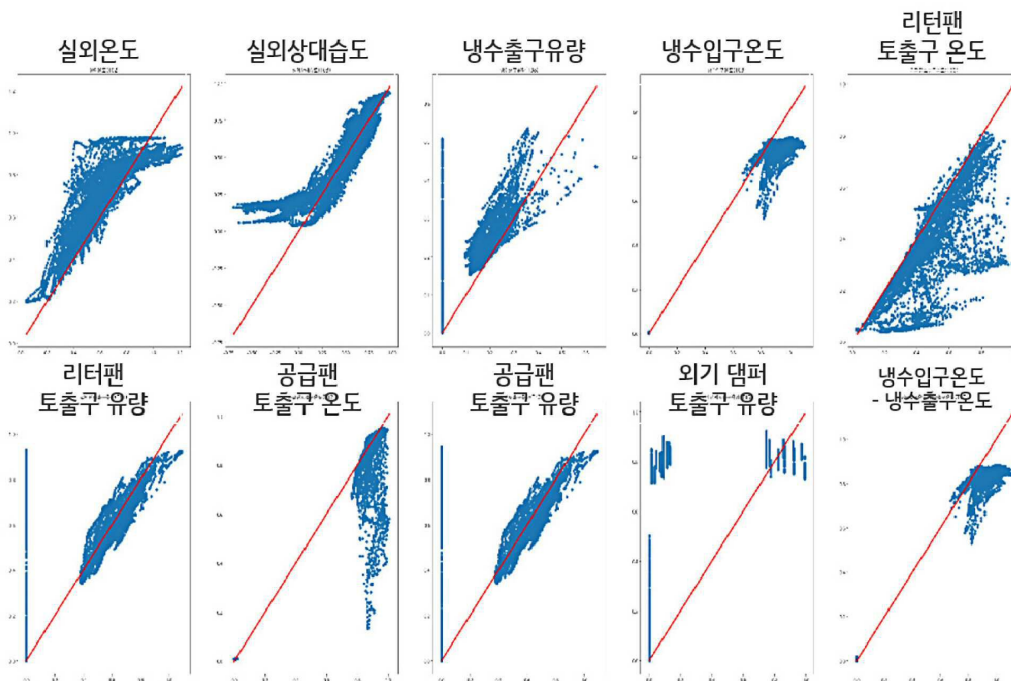
도면3c



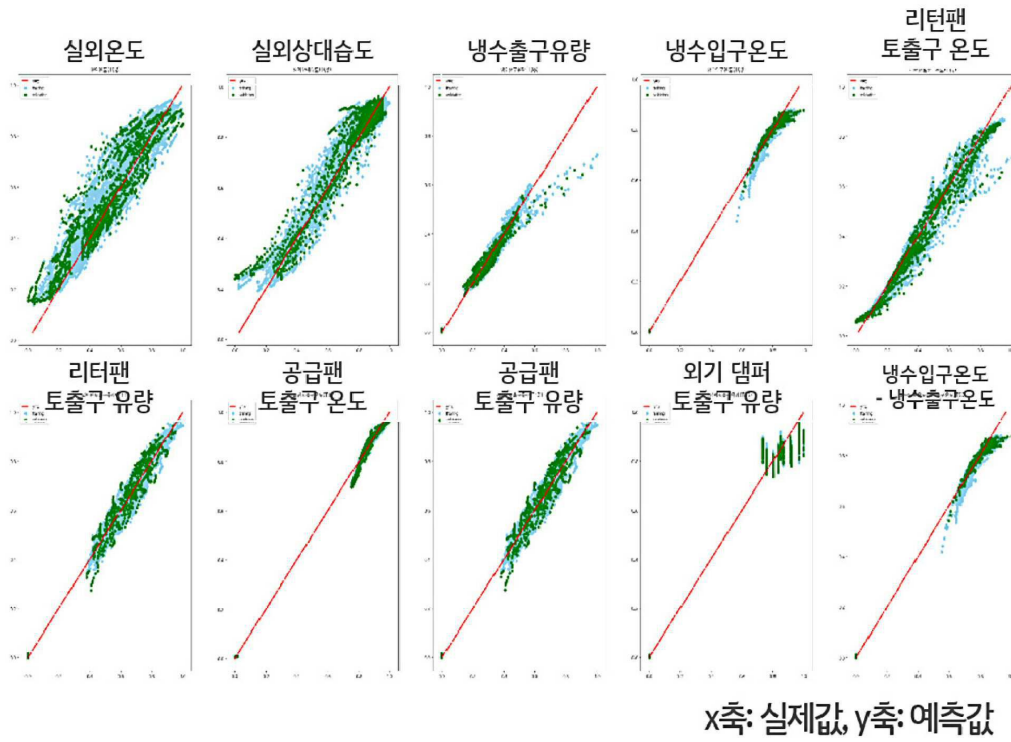
도면3d



도면3e



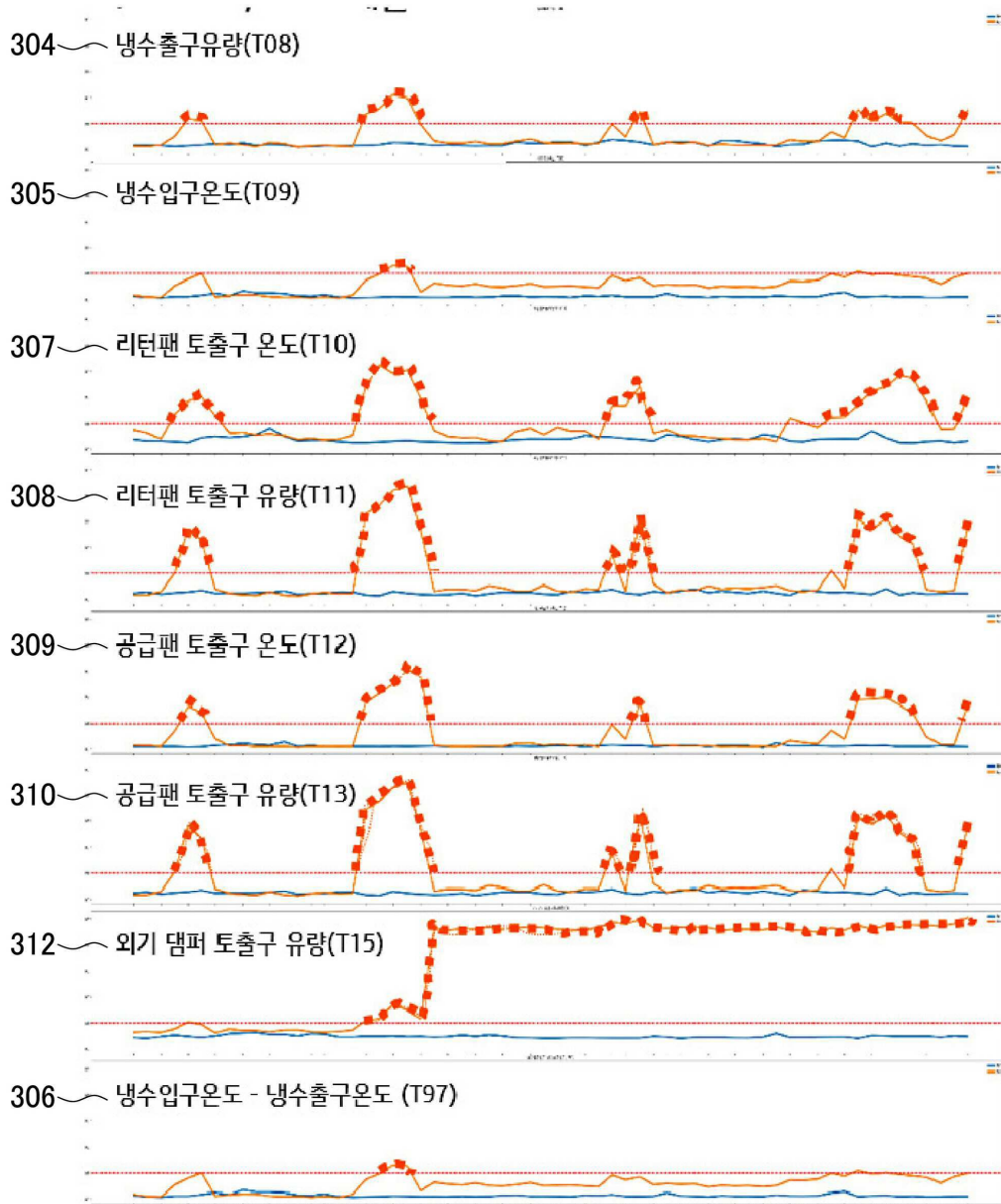
도면3f



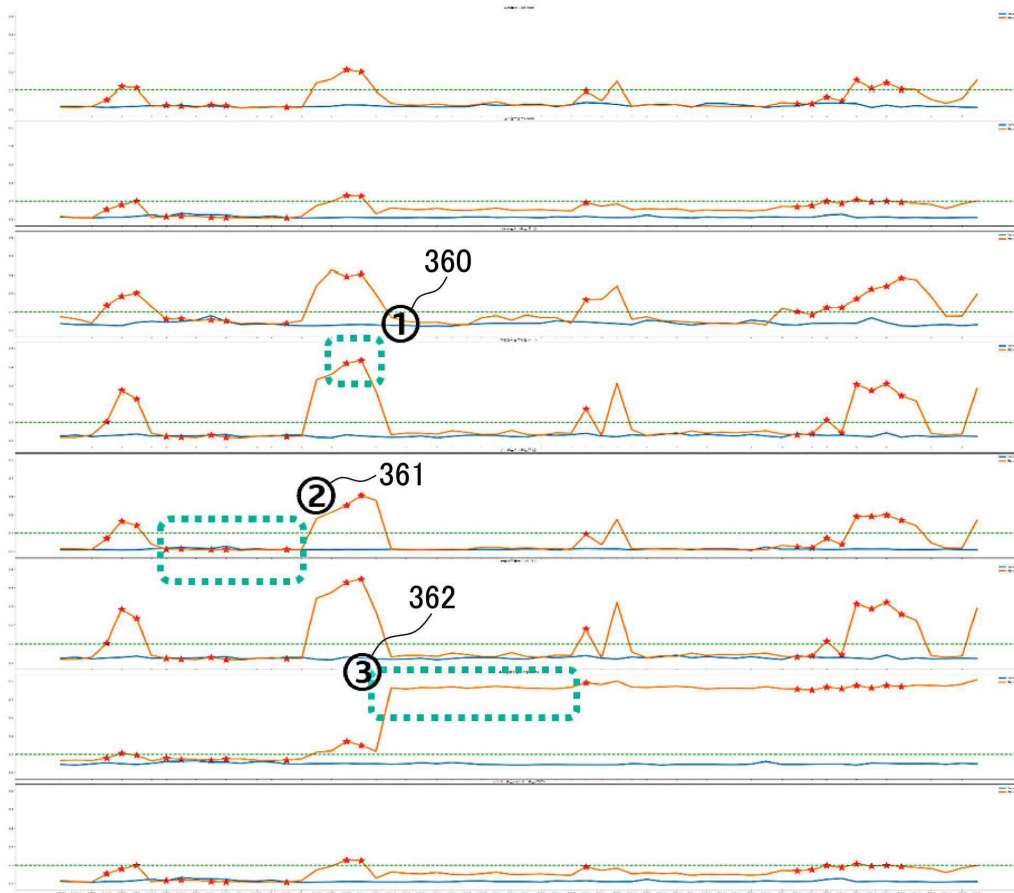
도면3g

		350								
		T08	T09	T10	T11	T12	T13	T15	T97	
351	평균	정상	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02	0.05	0.01
		비정상	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
352	최댓값	정상	0.04	0.03	0.08	0.04	0.03	0.04	0.06	0.03
		비정상	0.21	0.13	0.32	0.44	0.30	0.45	0.50	0.13

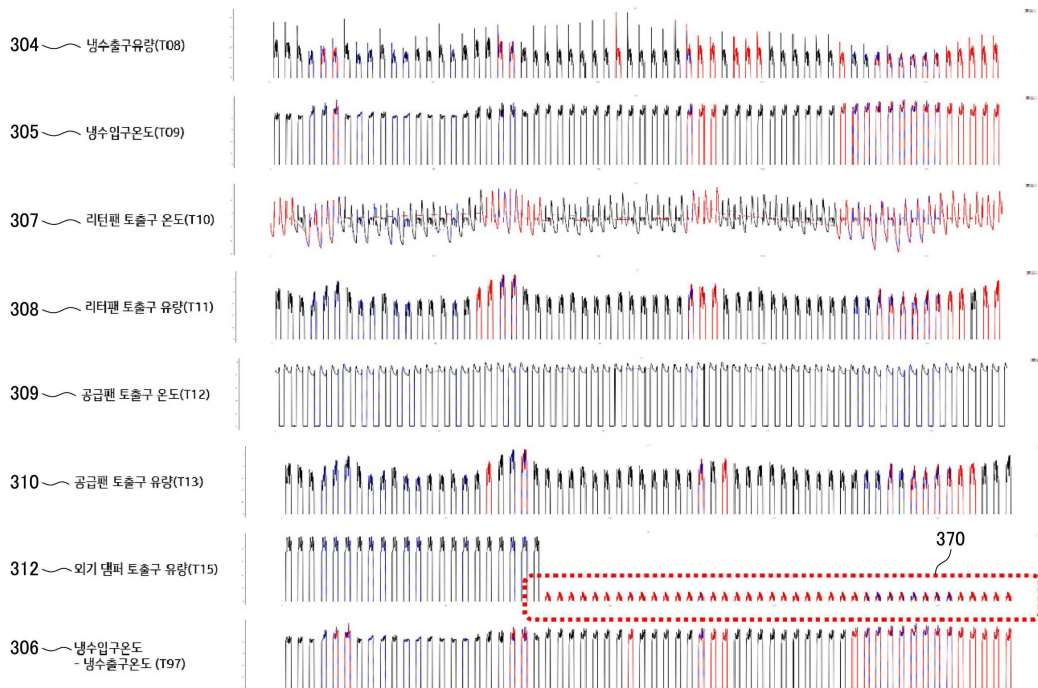
도면3h



도면3i



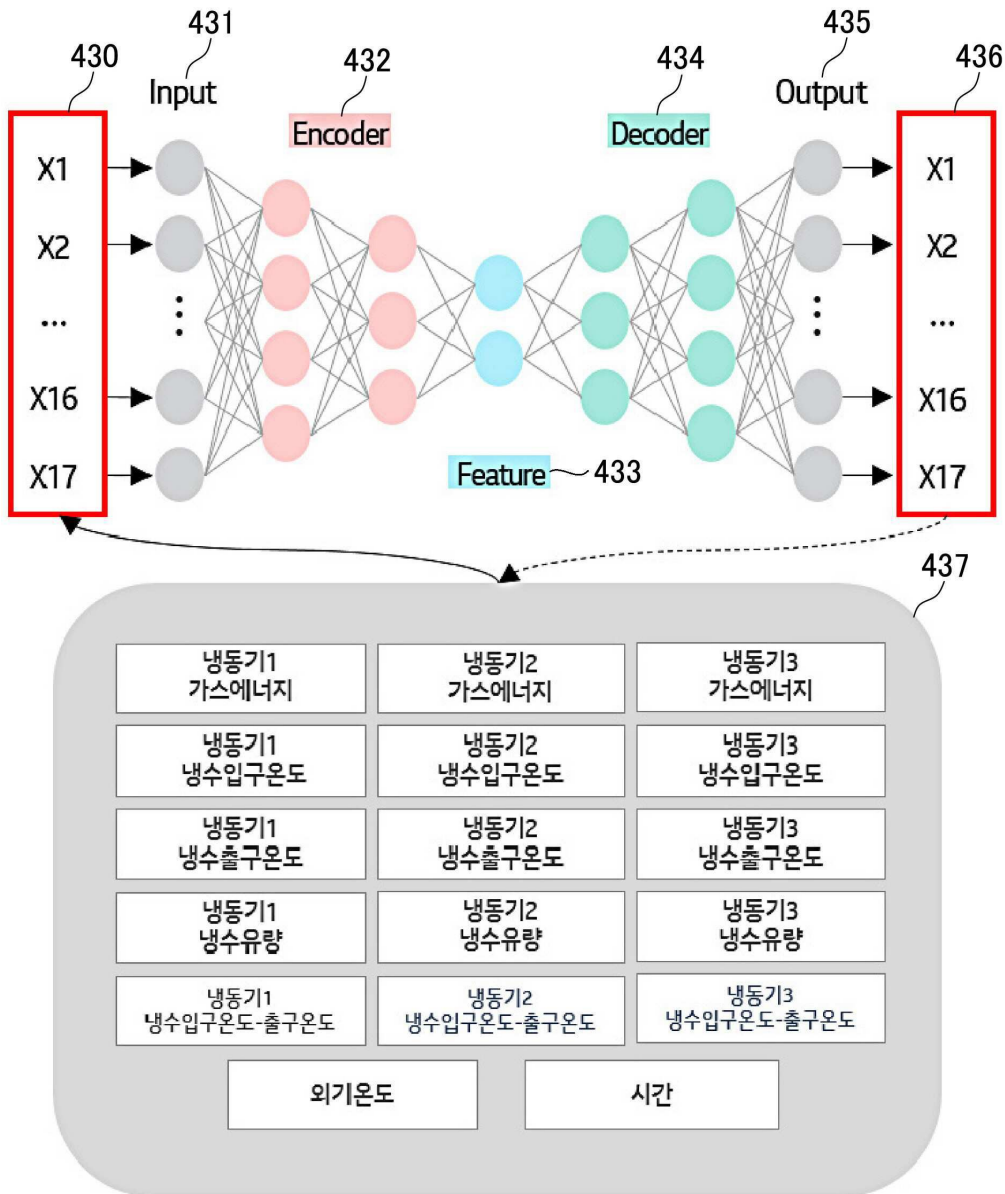
도면3j



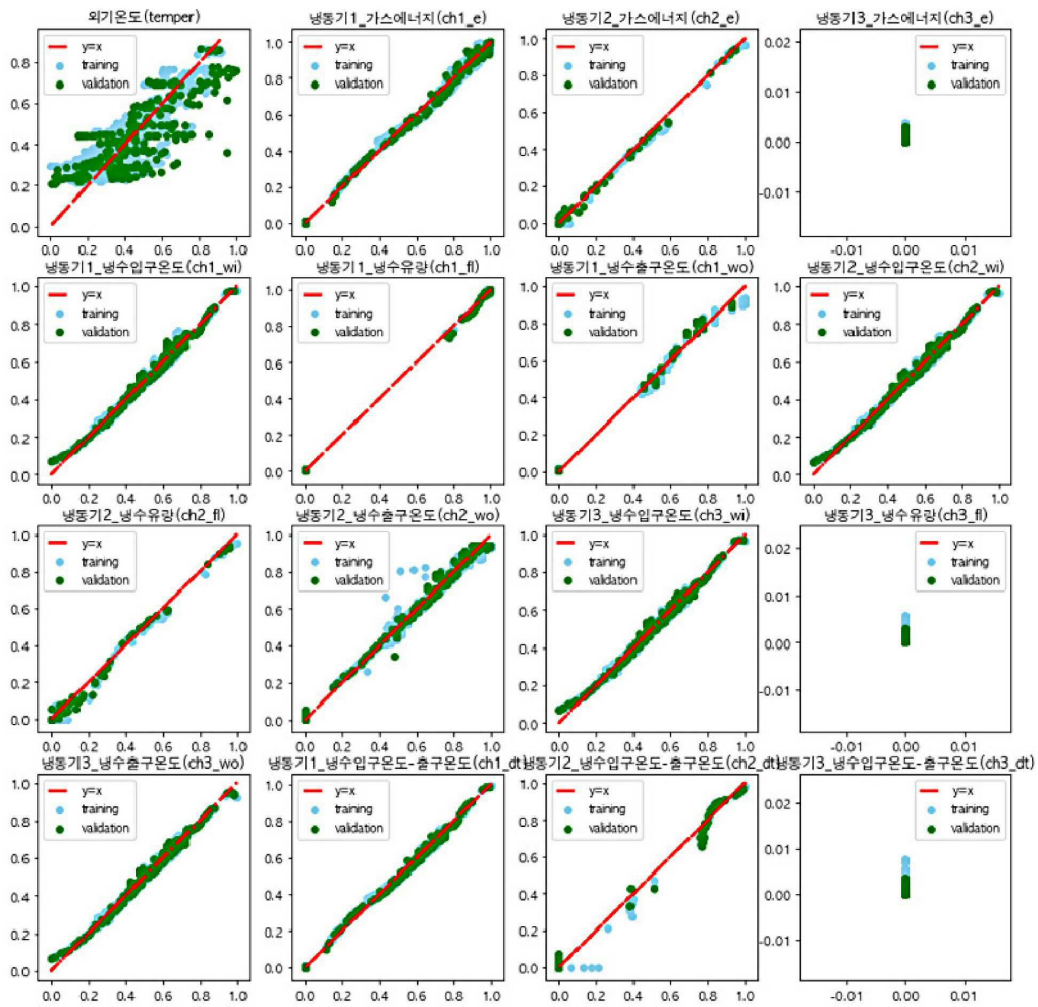
도면4a

	400	401	402	403
	냉동기1	냉동기2	냉동기3	외기 온도
410	가스 에너지	가스 에너지	가스 에너지	
411	냉수 입구온도	냉수 입구온도	냉수 입구온도	
412	냉수 출구온도	냉수 출구온도	냉수 출구온도	
413	냉수유량	냉수유량	냉수유량	

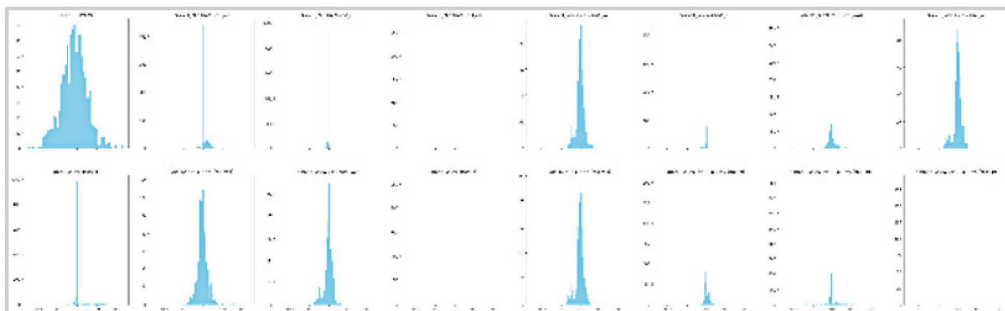
도면4b



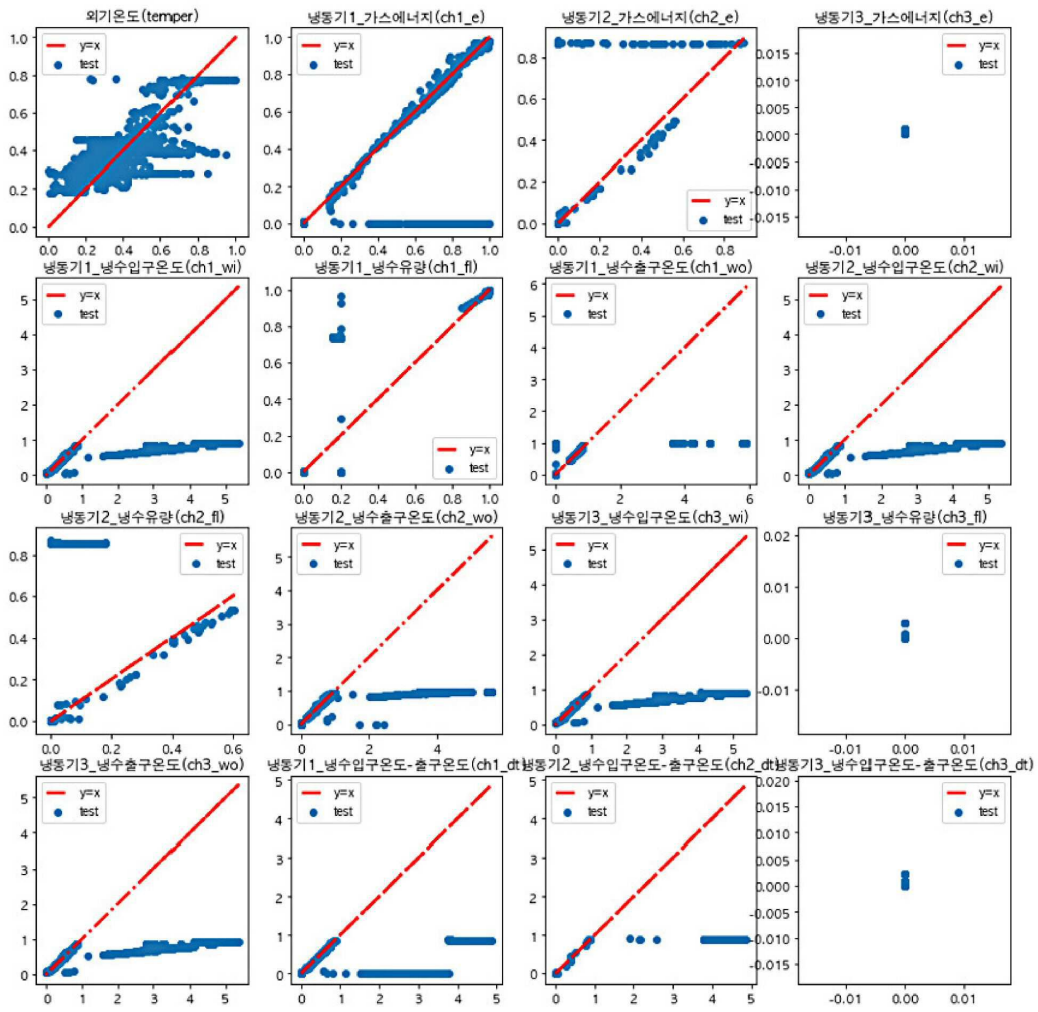
도면4c



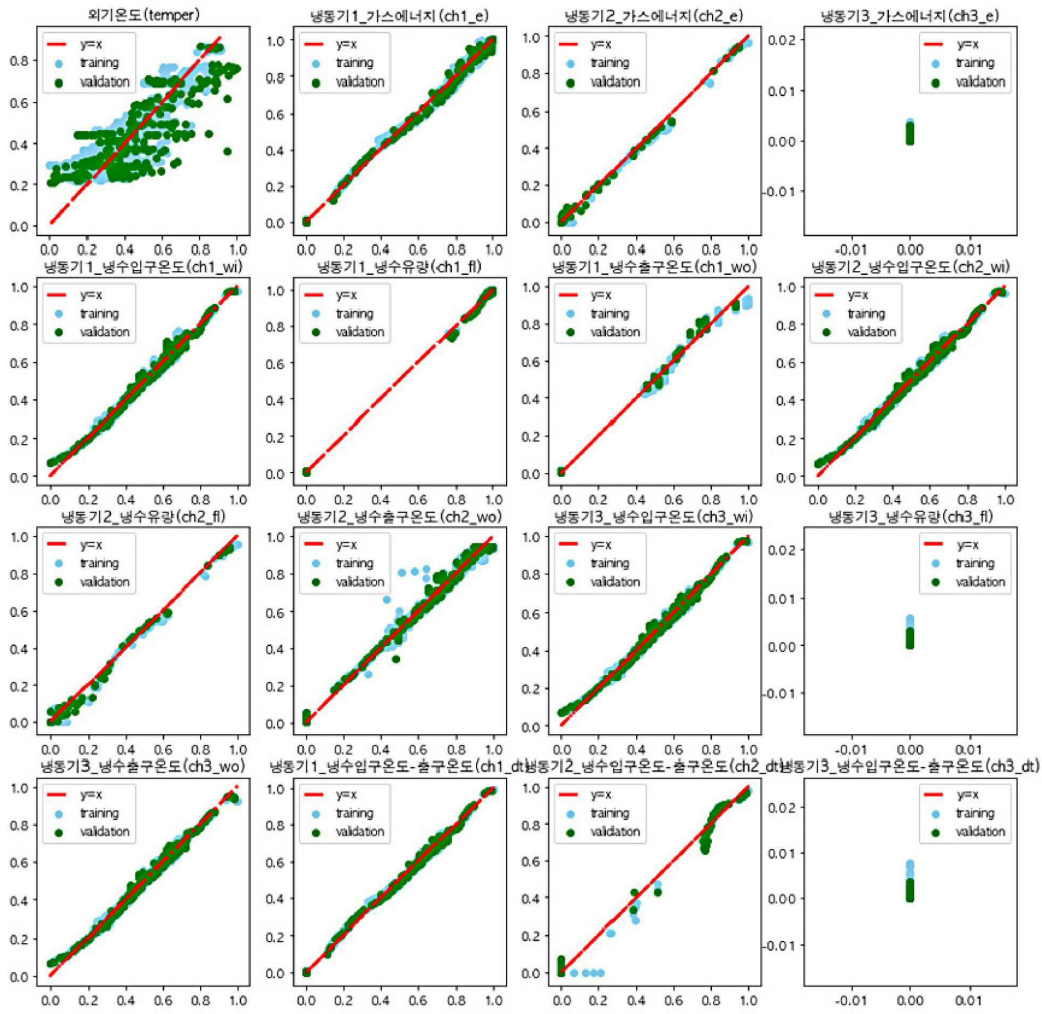
도면4d



도면4e



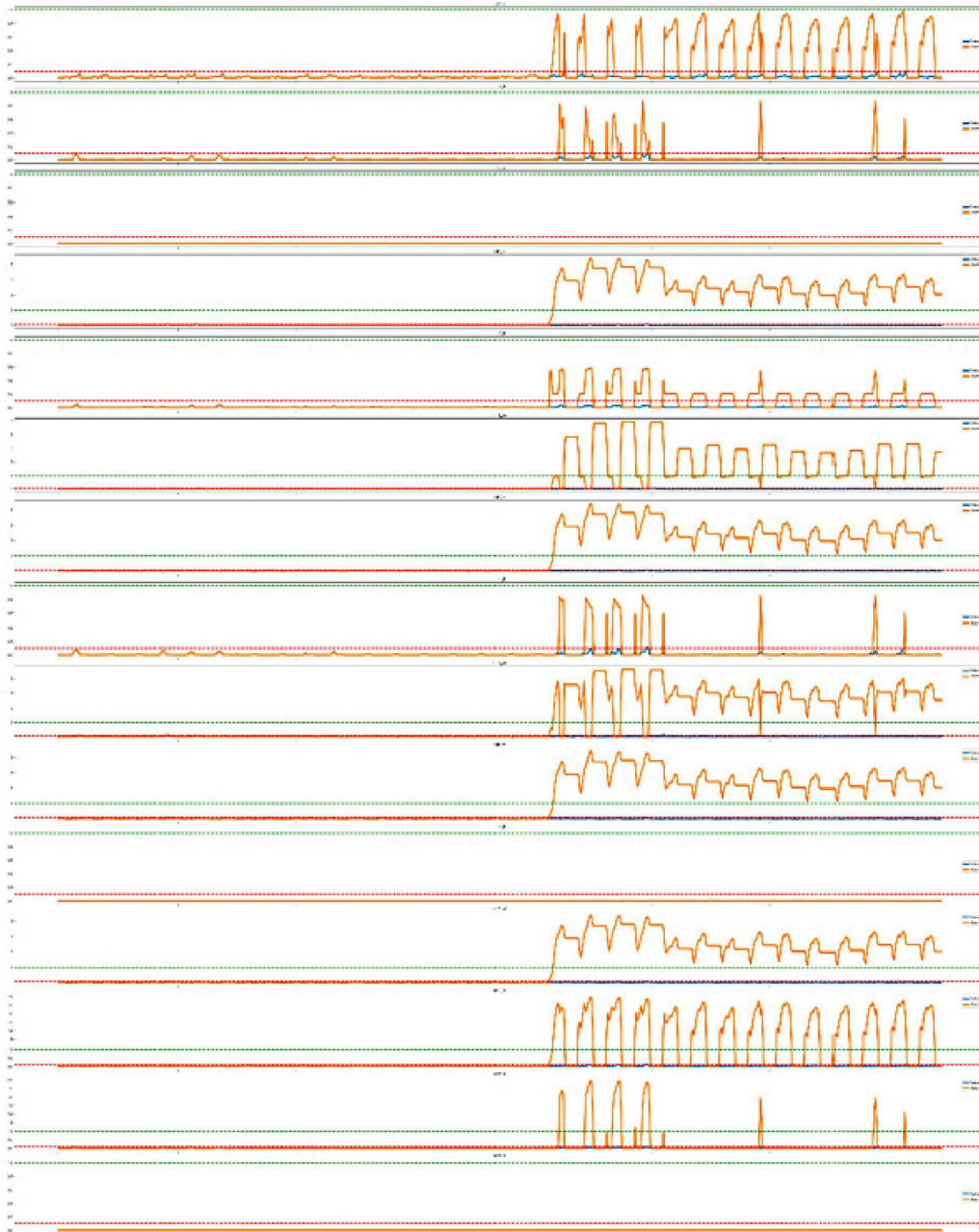
도면4f



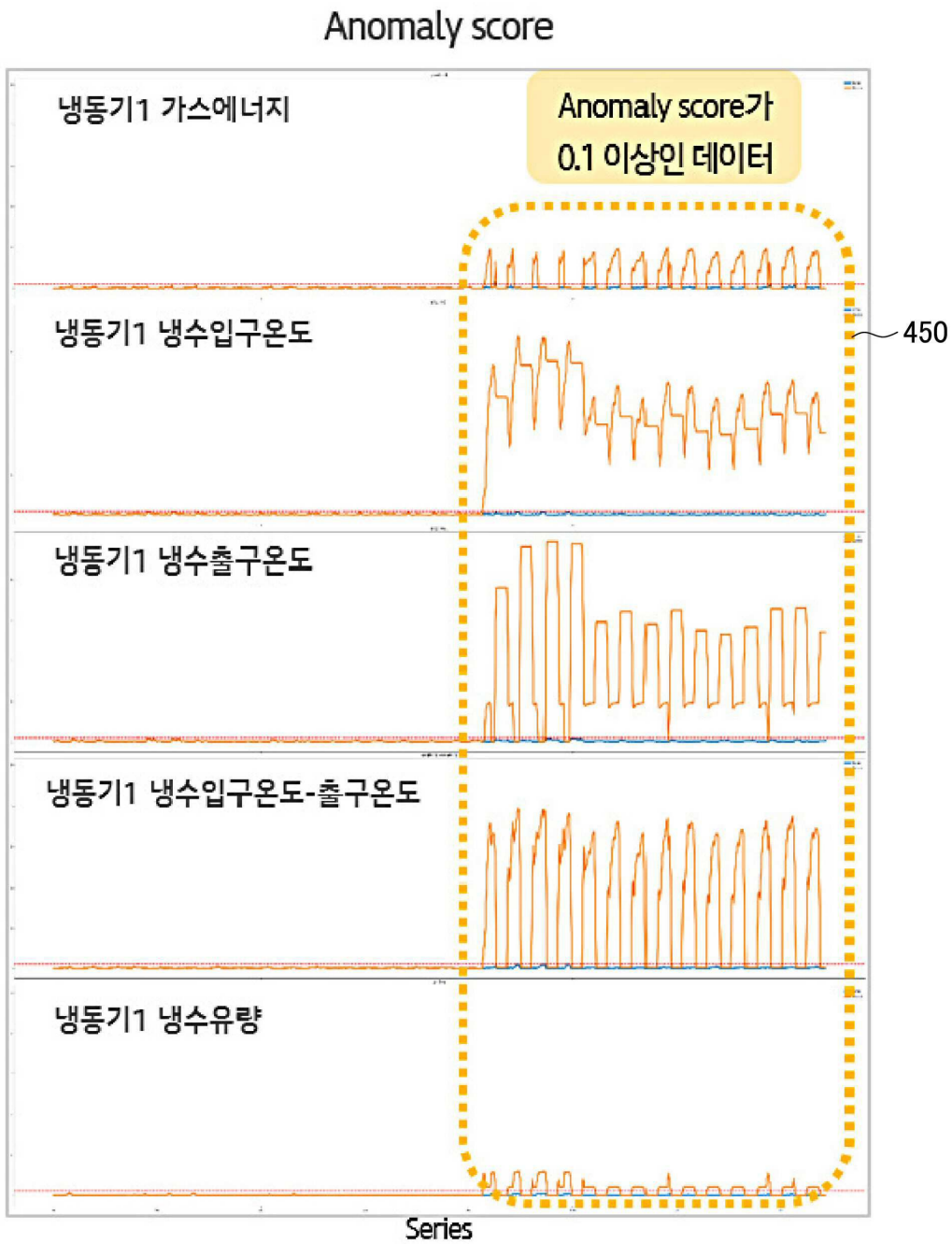
도면4g

Anomaly score	441 평균		442 최댓값	
	정상	비정상	정상	비정상
냉동기1 가스에너지	0.01	0.15	0.15	0.99
냉동기2 가스에너지	0.01	0.03	0.11	0.87
냉동기3 가스에너지	0.00	0.00	0.00	0.00
냉동기1 냉수입구온도	0.02	1.18	0.08	4.39
냉동기1 냉수유량	0.00	0.06	0.05	0.58
냉동기1 냉수출구온도	0.01	0.95	0.08	4.91
냉동기2 냉수입구온도	0.02	1.18	0.08	4.39
냉동기2 냉수유량	0.01	0.04	0.12	0.86
냉동기2 냉수출구온도	0.03	1.28	0.17	4.63
냉동기3 냉수입구온도	0.02	1.18	0.08	4.39
냉동기3 냉수유량	0.00	0.0	0.00	0.00
냉동기3 냉수출구온도	0.02	1.18	0.08	4.39
냉동기1 냉수입구온도 - 출구온도	0.01	0.70	0.11	3.95
냉동기2 냉수입구온도 - 출구온도	0.00	0.14	0.15	3.94
냉동기3 냉수입구온도 - 출구온도	0.00	0.00	0.00	0.00

도면4h

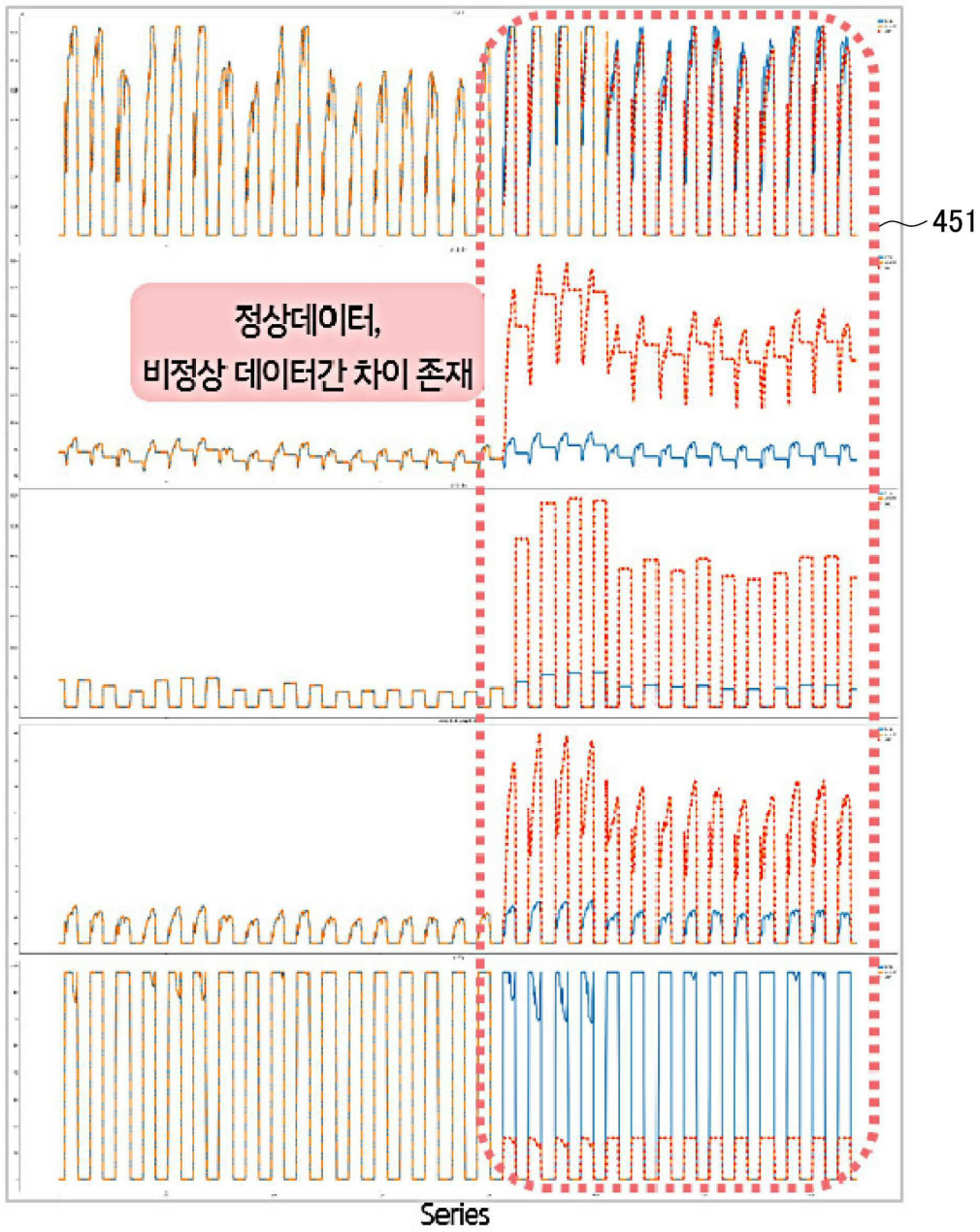


도면4i



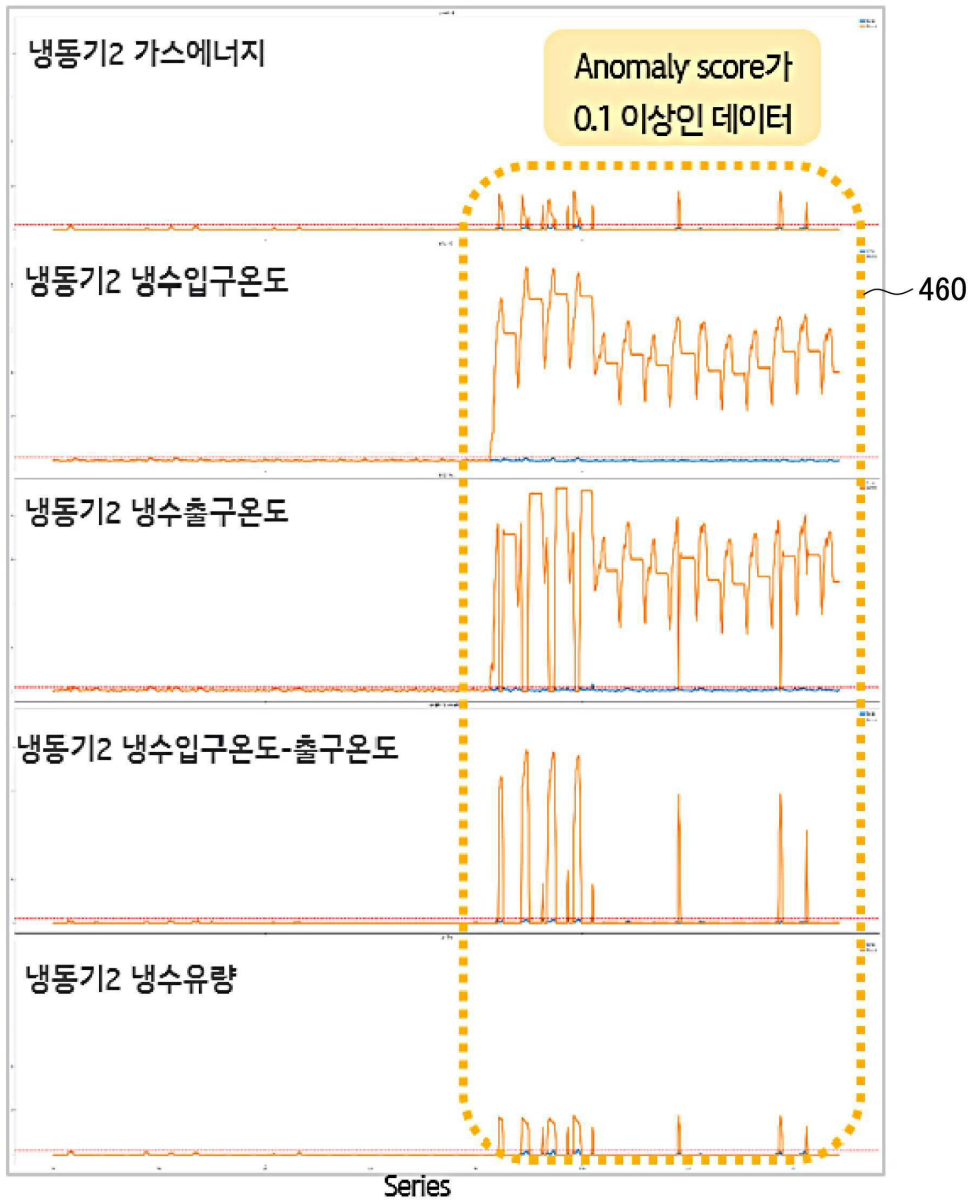
도면4j

시계열도(—: 정상, —: 비정상)



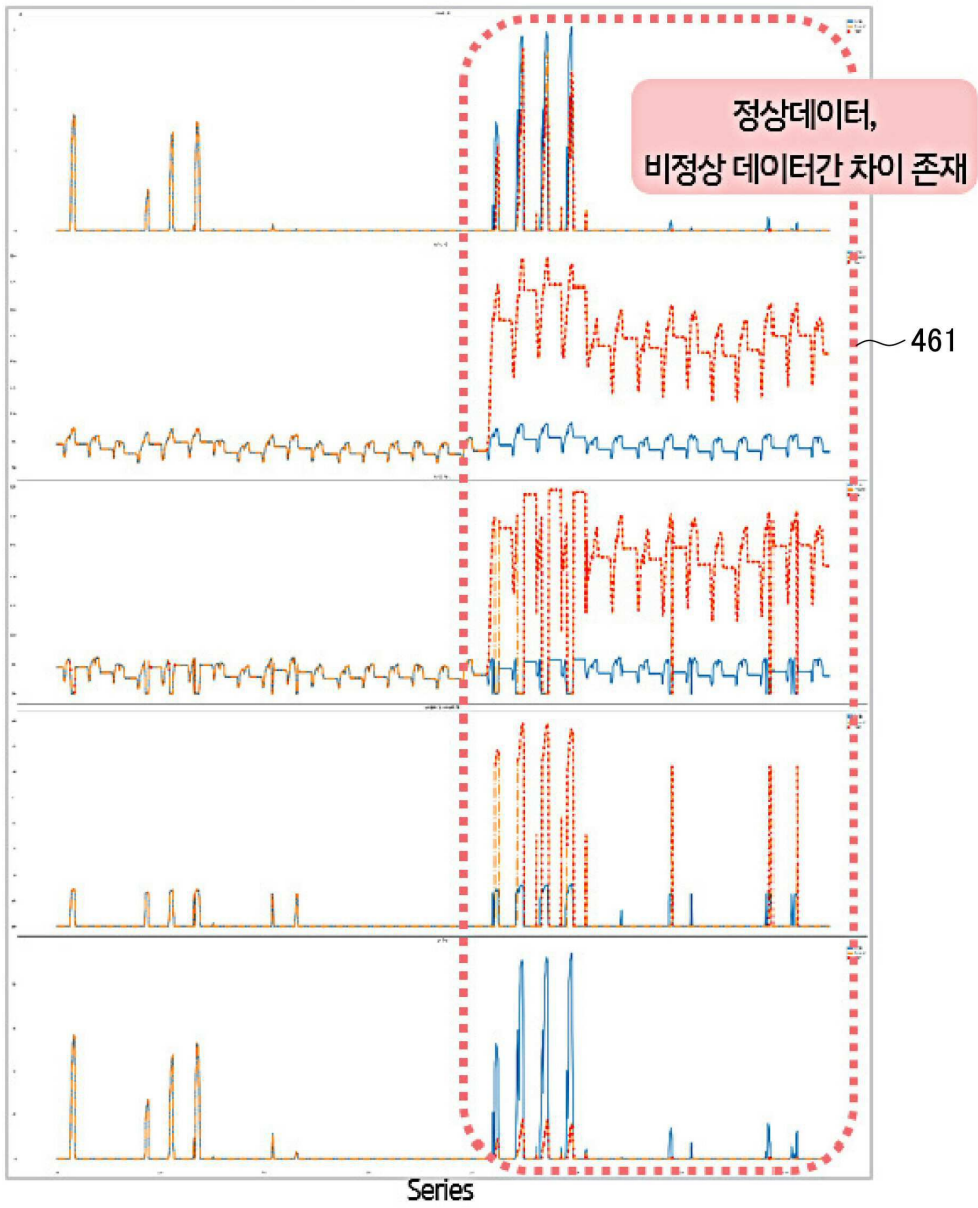
도면4k

Anomaly score



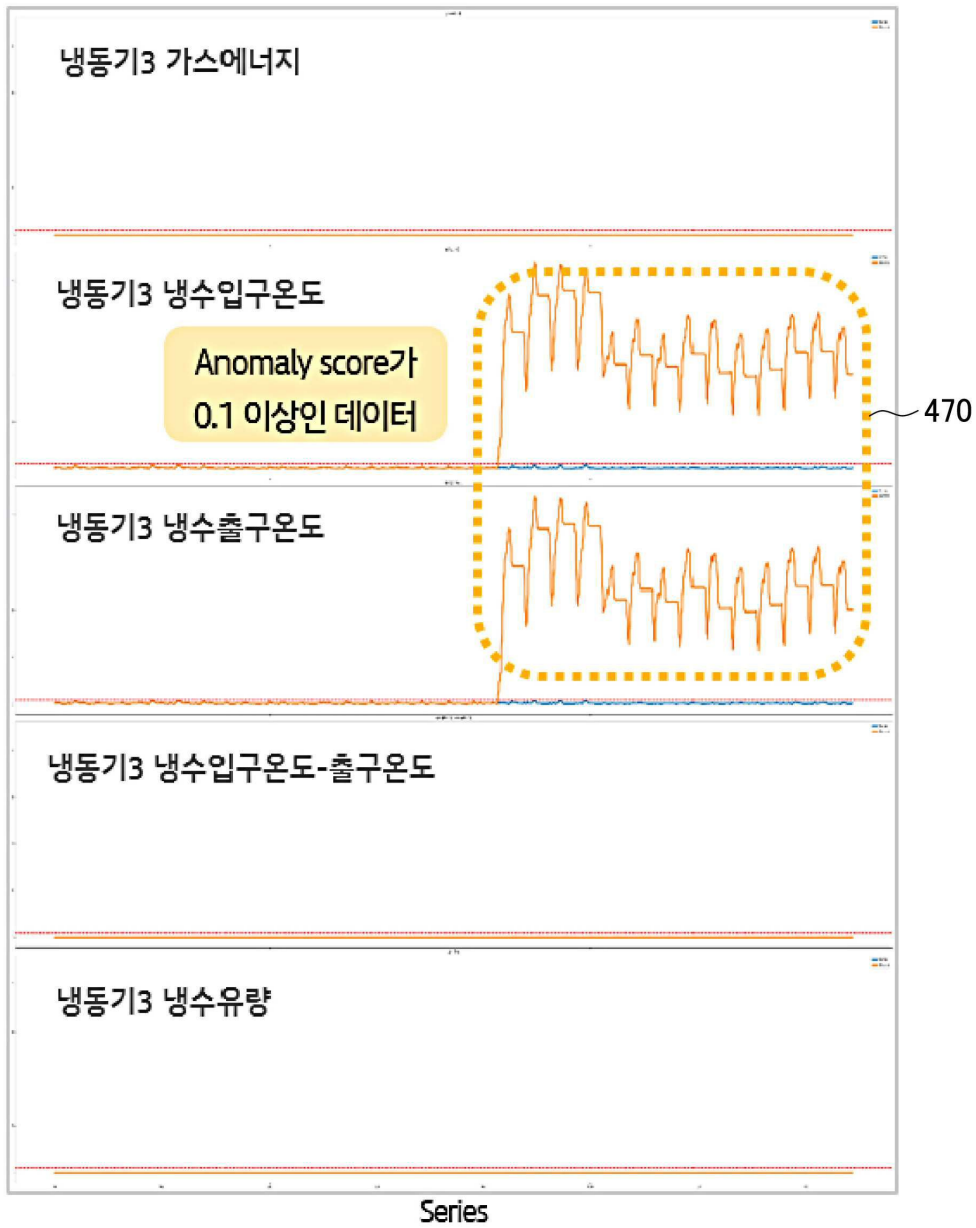
도면41

시계열도(—: 정상, —: 비정상)



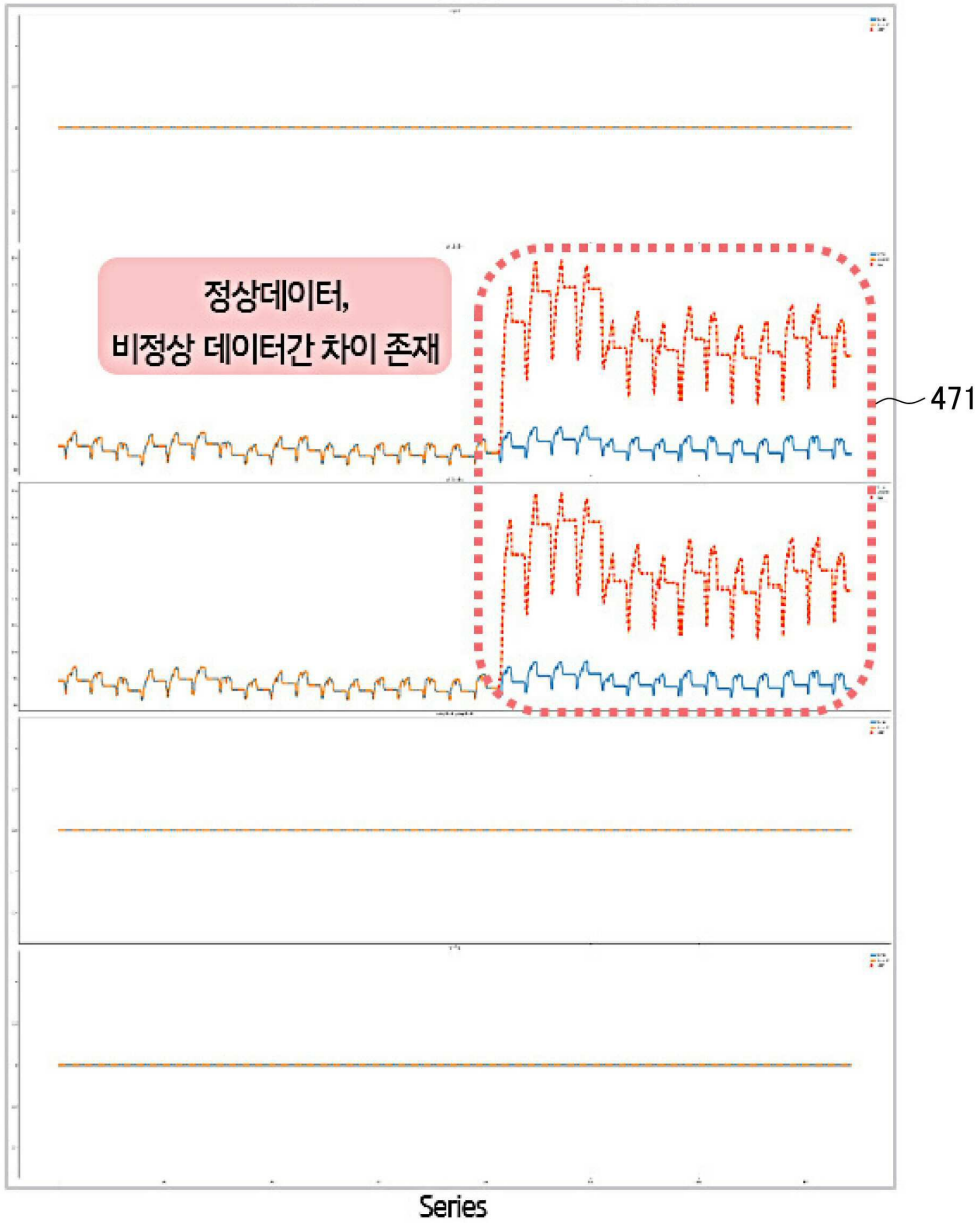
도면4m

Anomaly score



도면4n

시계열도(—: 정상, —: 비정상)



도면5

