



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년09월05일  
(11) 등록번호 10-2018330  
(24) 등록일자 2019년08월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F17D 5/06 (2006.01) G06N 99/00 (2019.01)  
(52) CPC특허분류  
F17D 5/06 (2013.01)  
G06N 20/00 (2019.01)  
(21) 출원번호 10-2017-0046884  
(22) 출원일자 2017년04월11일  
심사청구일자 2017년11월01일  
(65) 공개번호 10-2018-0114983  
(43) 공개일자 2018년10월22일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP5439265 B2  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
한국전자통신연구원  
대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)  
한국원자력연구원  
대전광역시 유성구 대덕대로989번길 111(덕진동)  
(72) 발명자  
배지훈  
대전광역시 유성구 관평동 배울2로 42  
김관중  
대전광역시 서구 신갈마로 95, 302동 601호 (갈마동, 갈마아파트)  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인지명

전체 청구항 수 : 총 17 항

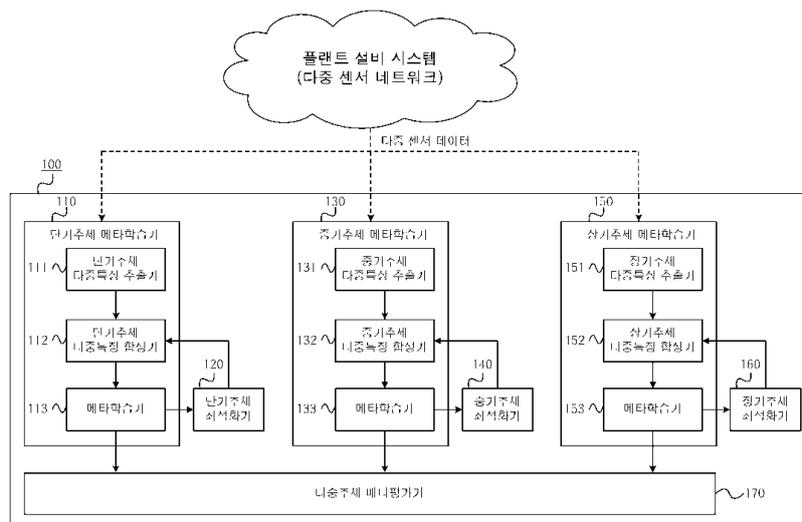
심사관 : 박종일

(54) 발명의 명칭 다중 메타학습을 이용한 플랜트 배관 이상 감지 장치 및 방법

(57) 요약

다중 메타학습을 이용한 플랜트 배관 이상 감지 장치 및 방법을 제공하되, 각각 상이한 패킷 구간 범위를 처리하는 복수의 메타학습기 별로 플랜트 배관에 대한 다중 센서 데이터 스트림을 수신하면, 복수의 메타학습기 별로 임의의 수신시점부터 각자 설정된 패킷 구간 범위까지의 센서 데이터에 대해 기설정된 하나 이상의 종류의 특징을 추출하고, 복수의 메타학습기 별로 다중 센서 별 시간에 따른 상기 특징에 대한 2차원 이미지를 생성하고, 복수의 메타학습기 별로 2차원 이미지 특징들을 다중 센서 별로 깊이 방향으로 누적하여 3차원 볼륨 특징을 생성하고, 복수의 메타학습기 별로 3차원 볼륨 특징들을 다중 센서 별 학습기를 통해 병렬학습하고, 복수의 메타학습기 별 학습의 결과를 애그리게이션하되, 다중 특징, 다중 센서 및 다중 패킷 구간에 대한 최적 조합을 바탕으로 선택된 학습의 결과에 따라 플랜트 배관의 이상 여부를 판단한다.

대표도 - 도1



- (72) 발명자  
**오세원**  
 대전광역시 서구 둔지로 75, 103동 705 (둔산동, 파랑새아파트)  
**윤두병**  
 대전광역시 유성구 엑스포로123번길 65-38, 201동 2304호 (도룡동, 스마트시티)  
**임완선**  
 대전광역시 유성구 지족동 반석마을아파트  
**김귀훈**  
 대전광역시 서구 만년로 25, 105동 1002호 (만년동, 강변아파트)  
**김내수**  
 대전광역시 대덕구 동춘당로 178, 104동 1303호 (법동, 보람아파트)  
**김선진**  
 대전광역시 유성구 왕가봉로 23 (노은동, 열매마을 아파트 11단지)  
**표철식**  
 대전광역시 서구 청사로 148 (둔산동)
- (56) 선행기술조사문헌  
 JP5666543 B2  
 KR101484249 B1  
 JP4573036 B2  
 JP2006135412 A

이 발명을 지원한 국가연구개발사업  
 과제고유번호 CRC-15-05-ETRI  
 부처명 국가과학기술연구회  
 연구관리전문기관 국가과학기술연구회  
 연구사업명 융합연구사업  
 연구과제명 자가학습형 지식융합 슈퍼브레인 핵심기술 개발  
 기여율 1/1  
 주관기관 한국전자통신연구원  
 연구기간 2015.12.01 ~ 2016.11.30

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

다중 메타학습을 이용한 플랜트 배관 이상 감지 장치에 있어서,

플랜트 배관에 대한 센싱을 처리하는 복수의 센서로부터의 다중 센서 데이터 스트림을 각각 수신하며, 임의의 수신 시점으로부터 각 추세별 설정된 패킷 구간 범위까지의 센서 데이터에 대해 메타학습을 처리하는 복수의 메타학습기; 및

상기 메타학습기 별 처리 결과를 취합하여 플랜트 배관 이상을 탐지하고, 탐지 결과를 출력하는 다중추세 메타평가를 포함하되,

상기 복수의 메타학습기는 상기 임의의 수신 시점으로부터 서로 상이한 길이의 패킷 구간의 다중 센서 데이터를 처리하며,

각 메타학습기는,

설정된 패킷 구간 범위에서 수집된 상기 다중 센서 데이터로부터 기설정된 하나 이상의 종류의 특징을 추출하여 2차원 이미지 특징을 생성하고, 상기 복수의 센서 별로 상기 2차원 이미지 특징들을 깊이 방향으로 누적하여 3차원 볼륨 특징을 생성하고, 센서 별로 대응된 학습기를 통해 상기 3차원 볼륨 특징들을 병렬학습하며,

상기 다중추세 메타평가기는,

상기 복수의 메타학습기 별로 다중 특징, 다중 센서, 및 다중 패킷 구간의 조합에 대한 학습 수행 및 비용 계산 평가를 통해 학습된 결과들을 입력받고, 학습된 결과를 애그리게이션하여 플랜트 배관의 이상 여부를 판단하는 것인, 플랜트 배관 이상 감지 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 메타학습기는,

제 1 패킷 구간 범위의 센서 데이터를 처리하는 단기추세 메타학습기;

상기 제 1 패킷 구간 범위를 초과하는 제 2 패킷 구간 범위의 센서 데이터를 처리하는 중기추세 메타학습기; 및

상기 제 2 패킷 구간 범위를 초과하는 제 3 패킷 구간 범위의 센서 데이터를 처리하는 장기추세 메타학습기를 포함하는, 플랜트 배관 이상 감지 장치.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 메타학습기 별로 대응되며, 상기 각 메타학습기 별 패킷 구간 범위 설정, 상기 하나 이상의 종류의 특징 조합 설정, 및 상기 학습기 별 학습 비용에 따른 센서 조합 설정에 대해, 각각의 추세별로 학습된 모델 및 비용을 바탕으로 전역 최적화 기법을 통해 각각의 최적 조합을 찾도록 제어하는 복수의 최적화기를 더 포함하는 것

인, 플랜트 배관 이상 감지 장치.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 최적화기는 유전자 알고리즘 기법을 적용하여 상기 최적 조합을 찾는 것인, 플랜트 배관 이상 감지 장치.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 메타학습기는,

상기 다중 센서 데이터에 대해 시간에 따른 RMS(Root Mean Square) 크기, 스펙트럼 크기, 및 주파수 특징 중 적어도 하나에 대한 상기 특징을 추출하는 것인, 플랜트 배관 이상 감지 장치.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 메타학습기는,

상기 다중 센서 데이터를 슬라이딩 윈도우, 필터링, 리샘플링, 및 크기 양자화를 처리하여 시간에 따른 RMS 크기를 추출하고, 추출된 RMS 크기를 시간-RMS 크기 영역에 맵핑하여 RMS 크기 이미지 특징을 생성하는, 플랜트 배관 이상 감지 장치.

#### 청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 메타학습기는,

상기 다중 센서 데이터를 슬라이딩 윈도우, 푸리에 변환, 필터링, 대표값 추출, 크기 양자화를 처리하여 시간에 따른 스펙트럼 크기를 추출하고, 추출된 스펙트럼 크기를 시간-스펙트럼 크기 영역에 맵핑하여 스펙트럼 크기 이미지 특징을 생성하는, 플랜트 배관 이상 감지 장치.

#### 청구항 8

제 5 항에 있어서,

상기 메타학습기가 추출한 특징은, 이미지 영역에서 시간에 따라 해당되는 크기 픽셀 궤도에만 그 값이 존재하고, 나머지 영역은 0으로 채워져 밀도가 희박한 것을 특징으로 하는, 플랜트 배관 이상 감지 장치.

#### 청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 다중추세 메타평가기는,

다수결 결정, 상기 메타학습기 별 학습 결과에 대해 기설정된 룰에 따라 최종 판단하는 처리, 상기 메타학습기 별로 상이한 가중치를 적용하여 합산하여 판단하는 처리 및 앙상블 학습 중 어느 하나의 방식에 따라 상기 애그리게이션을 처리하는, 플랜트 배관 이상 감지 장치.

#### 청구항 10

다중 메타학습을 이용한 플랜트 배관 이상 감지 장치를 통한 플랜트 배관 이상 감지 방법에 있어서,

각각 상이한 패킷 구간 범위를 처리하는 복수의 메타학습기 별로 플랜트 배관에 대한 다중 센서 데이터를 스트림을 수신하는 단계;

상기 복수의 메타학습기 별로 임의의 수신시점부터 각 추세별 각자 설정된 패킷 구간 범위까지의 센서 데이터에 대해 기설정된 하나 이상의 종류의 특징을 추출하는 단계;

상기 복수의 메타학습기 별로 다중 센서 별 시간에 따른 상기 특징에 대한 2차원 이미지 특징을 생성하는 단계;

상기 복수의 메타학습기 별로 상기 2차원 이미지 특징들을 다중 센서 별로 깊이 방향으로 누적하여 3차원 볼륨 특징을 생성하는 단계;

상기 복수의 메타학습기 별로 상기 3차원 볼륨 특징들을 다중 센서 별 학습기를 통해 병렬학습하는 단계; 및

상기 복수의 메타학습기 별로 다중 특징, 다중 센서, 및 다중 패킷 구간 조합의 학습 수행 및 비용 계산 평가를 통해 학습된 결과들을 입력받고, 상기 학습된 결과들을 애그리게이션하여 플랜트 배관의 이상 여부를 판단하는 단계를 포함하는, 플랜트 배관 이상 감지 방법.

### 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 복수의 메타학습기는,

제 1 패킷 구간 범위의 센서 데이터를 처리하는 단기추세 메타학습기;

상기 제 1 패킷 구간 범위를 초과하는 제 2 패킷 구간 범위의 센서 데이터를 처리하는 중기추세 메타학습기; 및

상기 제 2 패킷 구간 범위를 초과하는 제 3 패킷 구간 범위의 센서 데이터를 처리하는 장기추세 메타학습기를 포함하는, 플랜트 배관 이상 감지 방법.

### 청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 각 메타학습기 별 패킷 구간 범위 설정, 상기 하나 이상의 종류의 특징 조합 설정, 및 상기 학습기 별 학습 비용에 따른 센서 조합 설정에 대해, 각각의 추세별로 학습된 모델 및 비용을 바탕으로 전역 최적화 기법을 통해 각각의 최적 조합을 찾도록 제어하는 것

인 플랜트 배관 이상 감지 방법.

### 청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 전역 최적화 기법으로서 유전자 알고리즘 기법을 적용하여 상기 최적 조합을 찾는 것인, 플랜트 배관 이상 감지 방법.

### 청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 기설정된 하나 이상의 종류의 특징을 추출하는 단계는,

상기 다중 센서 데이터에 대해 시간에 따른 RMS(Root Mean Square) 크기, 스펙트럼 크기, 및 주파수 특징 중 적어도 하나에 대한 상기 특징을 추출하는, 플랜트 배관 이상 감지 방법.

**청구항 15**

제 14 항에 있어서,

상기 2차원 이미지 특징을 생성하는 단계는,

상기 RMS 크기 특징을 추출하는 경우, 상기 다중 센서 데이터를 슬라이딩 윈도우, 필터링, 리샘플링, 및 크기 양자화를 처리하여 시간에 따른 RMS 크기를 추출하고, 추출된 RMS 크기를 시간-RMS 크기 영역에 맵핑하여 RMS 크기 이미지 특징을 생성하는, 플랜트 배관 이상 감지 방법.

**청구항 16**

제 14 항에 있어서,

상기 2차원 이미지 특징을 생성하는 단계는,

상기 스펙트럼 크기 특징을 추출하는 경우, 상기 다중 센서 데이터를 슬라이딩 윈도우, 푸리에 변환, 필터링, 대표값 추출, 크기 양자화를 처리하여 시간에 따른 스펙트럼 크기를 추출하고, 추출된 스펙트럼 크기를 시간-스펙트럼 크기 영역에 맵핑하여 스펙트럼 크기 이미지 특징을 생성하는, 플랜트 배관 이상 감지 방법.

**청구항 17**

제 10 항에 있어서,

상기 플랜트 배관의 이상 여부를 판단하는 단계는,

다수결 결정, 상기 메타학습기 별 학습 결과에 대해 기설정된 룰에 따라 최종 판단하는 처리, 상기 메타학습기 별로 상이한 가중치를 적용하여 합산하여 판단하는 처리 및 앙상블 학습 중 어느 하나의 방식에 따라 상기 애그리게이션을 처리하는, 플랜트 배관 이상 감지 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 플랜트 배관에 설치된 복수의 센서로부터 측정된 데이터에 따라 이상 현상(anomaly behavior)을 탐지 및 예측하는 플랜트 배관 이상 감지 장치 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 최근 국내외적으로 원자력발전소를 포함한 발전 플랜트의 경우 초기 건설 시에 설치되었던 배관들의 노후화가 진행되어 부식(Corrosion) 및 누설(Leak) 사례들이 발생되고 있다. 이는 산업발전의 경제적 손실 및 환경오염 등의 사회적 문제를 야기시킬 수 있다. 따라서, 이러한 문제점들을 해결하고 발전소의 안정적인 운영 및 유지보수를 위하여 노후화된 배관의 조기 누설 탐지 및 예측의 필요성이 높아지고 있다.

[0004] 이에 따라, 여러 센서 장치들을 이용하여 플랜트 배관의 이상을 조기에 발견하기 위한 연구 및 기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 종래에는 배관의 누설 탐지를 위하여 음향센서 혹은 진동센서 등에서 측정된 데이터의 시간영역 혹은 주파수영역, 시간-주파수 영역 등에서 데이터에 대한 자기상관함수(Auto-correlation function) 및 상호상관함수(Cross-correlation function), 측정 데이터의 시간 및 주파수 패턴, 크기 등의 다양한 신호처리 기법들을 이용하여 누설을 탐지하는 기법이 사용되었다. 또한, 수집된 데이터를 이용하여 인공신경망, 결정 트리(Decision tree), 클러스터링(Clustering) 등 종래 기계 학습 모델 및 알고리즘들을 이용하는 방식도 사용되고 있다. 기계학습(Machine learning)은 일반적으로 수집된 데이터를 정제하여 훈련 데이터(Training data)와 시험 데이터(Test data)로 분류한 후 훈련모델을 학습/평가하고, 학습된 모델을 이용하여 훈련 이후 새롭게 들어오는 데이터를 정확히 처리하여 새로운 환경에 필요한 정보를 분석 및 예측하는 기술이다.

[0005] 한편, 최근에는 인간의 뇌를 모방한 딥러닝(Deep learning) 기술이 크게 발전함에 따라 영상인식/처리, 자동 음성인식, 비디오 행동인식, 자연어 처리 등 각종 분야에서 딥러닝 기술 기반의 기계학습을 활발히 적용하고 있는

추세이다. 또한, 플랜트 산업분야에서 누출 탐지를 위하여 널리 적용되고 있는 마이크로폰과 같은 음향센서와 AE(Acoustic emission) 센서로부터 측정된 플랜트 배관의 시계열 누출신호 특성은, 전반적으로 누출부의 크기 및 압력이 증가함에 따라 시간영역에서 신호의 진폭이 증가하거나 주파수영역의 가청주파수 대역에서 주파수 스펙트럼 크기 또한 증가하는 현상을 보이고 있다.

[0006] 따라서, 플랜트 배관 상에 설치된 여러 형태의 센서로부터 측정된 시계열 데이터들을 패턴인식에 강한 딥러닝 기술에 적용하여, 다양한 센서 데이터로부터 측정된 시계열 데이터에 다중 추세들을 반영한 이미지 및 볼륨 특징들을 추출하고 이들 특징들 및 센서간의 최적화 퓨전을 통해 플랜트 배관의 이상을 정확하게 감지할 수 있는 기술이 필요한 실정이다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0008] 본 발명의 일 실시예는 플랜트 배관에 설치된 복수의 센서로부터 측정된 시계열 데이터로부터 단기추세(short-term trend), 중기추세(intermediate-term trend) 및 장기추세(long-term trend)의 다중 추세 별로 복수의 이미지 특징(feature)들을 추출하고 이를 최적화 퓨전(fusion)하는 메타학습(meta learning)을 적용하여, 플랜트 배관의 이상현상(anomaly behavior)을 탐지하고 예측하는 플랜트 배관 이상 감지 장치 및 방법을 제공하고자 한다.

[0009] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

**과제의 해결 수단**

[0011] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 측면에 따른 다중 메타학습을 이용한 플랜트 배관 이상 감지 장치는, 플랜트 배관에 대한 센싱을 처리하는 복수의 센서로부터의 다중 센서 데이터 스트림을 각각 수신하며, 임의의 수신 시점으로부터 각 추세별 설정된 패킷 구간 범위까지의 센서 데이터에 대해 메타학습을 처리하는 복수의 메타학습기; 및 상기 메타학습기 별 처리 결과를 취합하여 플랜트 배관 이상을 탐지하고, 탐지 결과를 출력하는 다중추세 메타평가기를 포함한다. 이때, 상기 복수의 메타학습기는 상기 임의의 수신 시점으로부터 서로 상이한 길이의 패킷 구간의 다중 센서 데이터를 처리한다. 또한, 상기 각 메타학습기는, 설정된 패킷 구간 범위에서 수집된 상기 다중 센서 데이터로부터 기설정된 하나 이상의 종류의 특징을 추출하여 2차원 이미지 특징을 생성하고, 상기 복수의 센서 별로 상기 2차원 이미지 특징들을 깊이 방향으로 누적하여 3차원 볼륨 특징을 생성하고, 센서 별로 대응된 학습기를 통해 상기 3차원 볼륨 특징들을 병렬학습한다. 또한, 상기 다중추세 메타평가기는, 상기 복수의 메타학습기 별로 다중 특징, 다중 센서, 및 다중 패킷 구간에 대한 최적 조합을 바탕으로 학습된 결과를 애그리게이션하여 플랜트 배관의 이상 여부를 판단한다.

[0012] 그리고 본 발명의 다른 측면에 따른 다중 메타학습을 이용한 플랜트 배관 이상 감지 방법은, 각각 상이한 패킷 구간 범위를 처리하는 복수의 메타학습기 별로 플랜트 배관에 대한 다중 센서 데이터 스트림을 수신하는 단계; 상기 복수의 메타학습기 별로 임의의 수신시점부터 각 추세별 각자 설정된 패킷 구간 범위까지의 센서 데이터에 대해 기설정된 하나 이상의 종류의 특징을 추출하는 단계; 상기 복수의 메타학습기 별로 다중 센서 별 시간에 따른 상기 특징에 대한 2차원 이미지 특징을 생성하는 단계; 상기 복수의 메타학습기 별로 상기 2차원 이미지 특징들을 다중 센서 별로 깊이 방향으로 누적하여 3차원 볼륨 특징을 생성하는 단계; 상기 복수의 메타학습기 별로 상기 3차원 볼륨 특징들을 다중 센서 별 학습기를 통해 병렬학습하는 단계; 및 상기 복수의 메타학습기 별 상기 학습의 결과를 애그리게이션하되, 다중 특징, 다중 센서 및 다중 패킷 구간에 대한 최적 조합을 바탕으로 선택된 학습의 결과에 따라 플랜트 배관의 이상 여부를 판단하는 단계를 포함한다.

**발명의 효과**

[0014] 진술한 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 플랜트 배관 시스템에 만물인터넷(IoE, Internet of Everything) 환경을 적용하여, 다양한 센서장치로부터 측정되는 데이터로부터 각 센서 당 단기적, 중기적, 장기적 추세의 여러 유형의 특징들을 추출하고 이들 특징들 및 센서간 최적화 퓨전을 도모하여 효과적인 이상 탐지 및 예측을 수행할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 플랜트 배관 이상 감지 장치의 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 단기추세 다중특징 추출기의 동작을 설명하기 위한 개념도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 센서별 단기추세 다중특징 이미지 추출의 예시도이다.
- 도 4는 도 3에 적용된 Root Mean Square(RMS) 크기 이미지 특징 추출의 예시도이다.
- 도 5는 도 3에 적용된 시간에 따른 스펙트럼 크기 이미지 특징 추출의 예시도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 단기추세 다중특징 합성기의 동작을 설명하기 위한 개념도이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 메타학습기의 병렬학습 동작을 설명하기 위한 개념도이다.
- 도 8은 다중 센서, 특징 및 추세 구간의 객체들을 포함하는 유전체 생성의 예시도이다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 센서별 중기추세 다중특징 이미지 추출의 예시도이다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 센서별 장기추세 다중특징 이미지 추출의 예시도이다.
- 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 메타학습을 통한 플랜트 배관 이상 감지 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0017] 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. 본 발명을 명확하게 설명하기 위해 도면에서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다. 또한, 도면을 참고하여 설명하면서, 같은 명칭으로 나타낸 구성일지라도 도면에 따라 도면 번호가 달라질 수 있고, 도면 번호는 설명의 편의를 위해 기재된 것에 불과하고 해당 도면 번호에 의해 각 구성의 개념, 특징, 기능 또는 효과가 제한 해석되는 것은 아니다.
- [0018] 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.
- [0019] 본 명세서에 있어서 '부(部)' 또는 '모듈'이란, 하드웨어 또는 소프트웨어에 의해 실현되는 유닛(unit), 양방을 이용하여 실현되는 유닛을 포함하며, 하나의 유닛이 둘 이상의 하드웨어를 이용하여 실현되어도 되고, 둘 이상의 유닛이 하나의 하드웨어에 의해 실현되어도 된다.
- [0020] 이하에서 설명할, 본 발명의 일 실시예에 따른 플랜트 배관 이상 감지 장치 및 그 방법은, 플랜트 배관에 설치된 각 센서의 시계열 측정 데이터에 대한 실시간의 단기추세(short-term trend) 및 중기추세(intermediate-term trend), 장기추세(long-term trend)의 다중추세들을 상호 고려하여 각 추세 별 복수의 2차원 이미지 특징(image feature)들을 추출하고, 이들 2차원 이미지 특징들을 퓨전(fusion)한 3차원 볼륨 특징들(volume feature)을 생성하여 이상감지 및 예측을 수행하기 위한 메타학습을 수행한다. 이때, 본 발명의 일 실시예에 적용된 메타학습 방법은, 복수의 추세별 및 다중 센서 특징별 최적 병렬학습을 수행하는 것을 의미한다. 또한, 학습 과정에서 유전자 알고리즘과 같은 전역 최적화 기법을 이용하여 볼륨 특징을 생성하기 위해, 각 센서별로 서로 다른 특징들간의 조합 또는 서로 다른 센서 볼륨 특징간의 조합, 다중 추세와 관련된 파라미터에 대한 최적화를 동시에 수행하는 것이다.
- [0021] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 메타학습에 기반하여 플랜트 배관의 이상을 탐지 및 예측하는 플랜트 배관 이상 감지 장치 및 그 방법에 대해서 상세히 설명하도록 한다.
- [0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 플랜트 배관 이상 감지 장치의 구성도이다.
- [0023] 도 1에 도시한 바와 같이, 플랜트 배관 이상 감지 장치(100)는 단기추세 메타학습기(short-term period meta learning module)(110), 단기추세 최적화기(120), 중기추세 메타학습기(intermediate-term period meta

learning module)(130), 중기추세 최적화기(140), 장기추세 메타학습기(long-term period meta learning module)(150), 장기추세 최적화기(160) 및 다중추세 메타평가기(170)를 포함한다.

- [0024] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 플랜트 배관 이상 감지 장치(100)는 플랜트 시설의 배관 별로 설치된 복수의 센서 장치로부터 측정된 시계열 데이터를 실시간으로 각각 획득하는 단기추세 메타학습기, 중기추세 메타학습기, 및 장기추세 메타학습기를 포함하며, 각 추세별로 다중센서 특징들간 최적의 조합을 찾기 위한 최적화기, 및 다중추세들을 모두 고려하여 최종 이상감지를 평가하는 다중추세 메타평가기를 포함하는 구조이다.
- [0025] 단기추세 메타학습기(110)는 단기추세 다중특징 추출기(111)과 단기추세 다중특징 합성기(112) 및 메타학습기(113)로 구성되며, 복수 개의 센서장치로부터 입력되는 시계열 데이터에 대한 실시간 이상감지를 위한 학습을 수행한다.
- [0026] 중기추세 메타학습기(130)는 중기추세 다중특징 추출기(131), 중기추세 다중특징 합성기(132) 및 메타학습기(133)를 포함하며, 복수 개의 센서장치로부터 입력되는 시계열 데이터에 대한 중기추세를 관찰하여 이상감지를 위한 학습을 수행한다.
- [0027] 장기추세 메타학습기(150)는 장기추세 다중특징 추출기(151), 장기추세 다중특징 합성기(152) 및 메타학습기(153)를 포함하며, 복수 개의 센서장치로부터 입력되는 시계열 데이터에 대한 장기추세를 관찰하여 이상감지를 위한 학습을 수행한다.
- [0028] 다중추세 메타평가기(170)는 단기추세 메타학습기(110), 중기추세 메타학습기(130), 및 장기추세 메타학습기(150)에서 학습된 결과들을 상호 고려하여 이상감지를 최종 평가한다.
- [0029] 단기추세 최적화기(120), 중기추세 최적화기(140), 및 장기추세 최적화기(160)는 각각의 추세별로 학습된 모델 및 비용(cost)을 바탕으로 전역최적화 기법(예: 유전자 알고리즘)을 통해 각 센서별 다중특징들 간의 자동 조합을 통한 최적의 불륨특징을 생성하고, 서로 다른 센서 불륨 특징간 병렬학습 최적화 및 다중추세 구간에 대한 최적화를 수행한다.
- [0030] 이하, 도 2 내지 도 8을 참조하여 단기추세 메타학습기(110)를 통한 메타학습 과정에 대해서 상세히 설명하도록 한다.
- [0031] 먼저, 도 2 내지 도 5를 참조하여 단기추세 다중특징 추출기(111)에 대해서 설명하도록 한다.
- [0032] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 단기추세 다중특징 추출기의 동작을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0033] 그리고 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 센서별 단기추세 다중특징 이미지 추출의 예시도이고, 도 4는 도 3에 적용된 Root Mean Square(RMS) 이미지 특징 추출의 예시도이며, 도 5는 도 3에 적용된 시간에 따른 스펙트럼 크기 이미지 특징 추출의 예시도이다.
- [0034] 도 2에 도시한 바와 같이, 단기추세 메타학습기(110)의 단기추세 다중특징 추출기(111)는 주기적으로 측정되는 복수의 M개 센서 시계열 데이터로부터 각 센서 당 복수의 N개 단기추세 특징들을 추출한다.
- [0035] 도 3을 참조하면, 단기추세 다중특징 추출기(111)는 주기적으로 측정되는 m차 센서 데이터 스트림(단,  $m=1,2, \dots, M$ )으로부터 1개 혹은 소수의 패킷 구간들로 구성되는 단기추세 구간( $T_s$ ) 동안 데이터를 수집하여, 플랜트 배관의 누출탐지 및 예측에 적합한 N개의 이미지 특징들을 추출한다. 이때, 단기추세 최적화기는 사용자가 정의한 단기추세 구간 범위를 입력받아 전역최적화 기법을 이용하여 최적의  $T_s$ 를 구하여 단기추세 구간을 제어할 수 있다.
- [0036] 예를 들어, 도 3에 도시된 "특징 #1"은 단기적 RMS(Root Mean Square) 레벨 추세를 표현하기 위하여 시계열 센서 데이터 스트림을 시간에 따른 이미지로 맵핑한 특징이다.
- [0037] 즉, 도 4와 같이 슬라이딩 윈도우(sliding window) 및 필터링(filtering), 리샘플링(resampling) 과정으로 통하여 RMS 크기를 추출한다. 그리고, 추출된 크기를 양자화(즉, 아날로그 수치를 디지털 수치로 표현)하여 기 정의된 이미지 영역(즉, 시간-RMS크기 영역) 상에 각 시간 및 양자화 크기 픽셀에 해당하는 위치에 RMS 크기값을 맵핑하여 RMS 이미지 특징을 생성한다. 이때, RMS 크기값을 맵핑하기 전에 초기 이미지 영역은 모두 0으로 채운다. 따라서, 출력된 RMS 이미지 특징은 시간에 따라 해당하는 크기 픽셀 궤도(trajecory)에만 값이 존재하고 나머지는 0이기 때문에 밀도가 희박한(sparse) 특성을 가진다.
- [0038] 또한, 도 3에 도시된 "특징 #2"는 시간에 따른 주파수 스펙트럼 크기 추세를 표현하기 위하여 시계열 센서 데이

터 스트림을 주파수 영역으로 변환하고 그 대표값을 구한 다음 시간에 따른 이미지로 맵핑한 특징이다.

- [0039] 즉, 도 5와 같이 슬라이딩 윈도우와 푸리에 변환(Fourier transform) 및 필터링 과정을 통하여 신호의 원하는 주파수 스펙트럼 영역을 필터링한다. 플랜트 배관의 미세누출시 음향센서 신호의 가청주파수 대역의 스펙트럼 크기가 전반적으로 상승하는 추세를 보이기 때문에, 대표값 추출과정에서는 상기 필터링된 가청주파수 대역 스펙트럼 크기의 최대값이나 산술 평균값, 기하 평균값, 가중치 평균값 등의 스펙트럼 크기 대표값을 추출한다. 그리고 추출된 대표값을 양자화하여 기정의된 이미지 영역(즉, 시간-스펙트럼 크기 영역)에 각 시간 및 양자화 크기 픽셀에 해당하는 위치에 스펙트럼 대표값 크기를 맵핑하여 스펙트럼 크기 이미지 특징을 생성한다. 이때, 출력된 스펙트럼 크기 이미지 특징 또한 시간에 따라 해당하는 크기 픽셀 궤도에만 스펙트럼 대표값이 존재하고 나머지는 0이기 때문에 밀도가 희박한(sparse) 특징을 가진다.
- [0040] 또한, 도 3에 도시된 "특징 #3"은 시계열 센서 데이터 스트림에 대하여 시간-주파수 해석 기법(예: STFT(short-time Fourier transform))을 이용하여 시간-주파수 영역을 2차원 영역으로 표현한 이미지 특징을 생성할 수 있다.
- [0041] 다음으로, 도 6을 참조하여 단기추세 다중특징 합성기(112)에 대해서 설명하도록 한다.
- [0042] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 단기추세 다중특징 합성기의 동작을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0043] 단기추세 메타학습기(110)의 단기추세 다중특징 합성기(112)는, 도 6의 (a)에 도시한 바와 같이, 앞서 추출된 여러 2차원 이미지 특징들을 깊이 방향(도 6에서는 "C"로 도시함)으로 누적하여 3차원 볼륨 특징을 생성한다. 만약 각 센서당 N개의 이미지 특징들이 생성되면 볼륨 특징 깊이 C는 N개와 같다.
- [0044] 즉, 도 6의 (b)에 도시된 바와 같이 단기추세 다중특징 합성기(112)는 복수의 다중특징 조합 제어기를 포함할 수 있으며, 다중특징 조합 제어기는 센서 별로 대응될 수 있다. 이때, 플랜트 배관의 이상 탐지 및 예측 성능을 향상시키기 위하여, 다중특징 조합 제어기들을 통한 각 센서별 N개의 이미지 특징들을 단기추세 최적화기(120)를 통해 자동으로 조합함으로써 최적화를 수행한다. 이러한 단기추세 최적화기(120)의 최적화 수행 동작은 아래 도 8을 참조하여 상세히 설명하도록 한다.
- [0045] 다음으로, 도 7을 참조하여 메타학습기(113)에 대해서 설명하도록 한다.
- [0046] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 메타학습기의 병렬학습 동작을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0047] 도 7에 도시한 바와 같이, 단기추세 메타학습기(110)의 메타학습기(113)는 앞서 설명한 다중특징 조합 제어기 별로 대응되는 학습기들(즉, 도 7에서는 학습기 #1 내지 #M으로 도시함) 및, 복수의 학습기들의 학습 결과를 취합하는 조합 제어기를 포함한다.
- [0048] 이때, 메타학습기(113)는 M개의 학습기는 M개의 센서 장치에 대해 단기추세 다중특징 합성기(112)로부터 출력된 M개의 볼륨 특징들을 각각 입력 받는다. 그리고 메타학습기(113)의 M개의 학습기는 각 센서 별 볼륨 특징을 병렬 학습하고, 그 비용을 계산하여 조합 제어기에 전달한다. 이때, 비용은 학습기에서 학습한 학습 모델, 정확도, 및 복잡도 중 적어도 하나를 포함하는 결과들을 이용하여 계산할 수 있다. 이때, 단기추세 최적화기(120)는 M개의 학습기에서 수행한 학습결과를 바탕으로, 비용에 따른 최적 조합이 수행될 때까지 조합 제어기를 제어하여 반복 수행되도록 한다.
- [0049] 이하, 도 8을 참조하며 단기추세 최적화기(120)에 대해서 상세히 설명하도록 한다.
- [0050] 도 8은 다중 센서, 특징 및 추세 구간의 객체들을 포함하는 유전체 생성의 예시도이다.
- [0051] 단기추세 최적화기(120)는 전역 최적화 기법을 적용하여, 단기추세 다중특징 추출기(111), 단기추세 다중특징 합성기(112) 및 메타학습기(113)를 통해 각각 수행된 단기추세 구간 제어, 센서별 다중특징 조합 제어, 및 메타학습기 조합 제어를 최적화한다. 이때, 단기추세 최적화기(120)는 전역 최적화 기법 중 유전자 알고리즘을 사용할 수 있다.
- [0052] 구체적으로, 도 8에 도시한 바와 같이, 단기추세 최적화기(120)는 다중특징 및 다중센서의 이진정보를 조합한 객체들의 초기집단을 생성한다. 즉, 각 센서별 다중특징들간 온/오프 정보를 포함하는 객체, 다중센서들의 병렬학습 온/오프 정보를 포함하는 객체, 및 추세구간을 표현하는 객체들을 조합하여 하나의 유전체를 구성할 수 있다. 도 8에서, "1" 값은 특징생성 및 학습에 포함되는 것을 의미하고, "0" 값은 특징생성 및 학습에서 제외되는 것을 의미한다. 이러한 조합에 의해 생성된 초기집단은 단기추세 다중특징 추출기(111), 단기추세 다중특징 합성기(112) 및 메타학습기(113)로 각각 전달되어, 유전체 조합에 따라 추세구간 설정, 특징생성, 및 병렬학

습 구성들을 초기집단의 개수만큼 동일한 학습모델에 대하여 학습을 수행하고 비용을 계산하여 평가한다. 이때, 비용은 학습기에서 학습한 학습모델, 정확도, 복잡도 등을 비롯한 결과들을 이용하여 계산할 수 있다.

- [0053] 만약, 비용함수가 원하는 조건에 만족하지 않으면, 유전자 연산자를 이용한 교배 및 돌연변이 과정을 통하여 특징조합, 센서조합, 및 추세구간 설정에 대한 새로운 집단을 생성한다. 이에 따라 새로 생성된 집단은 다시 단기추세 메타학습기(110)로 전달되어 학습이 수행되고, 비용을 계산하여 평가한다. 따라서, 비용함수 평가를 기준으로 한 조건이 충족될 때까지 유전자 연산을 이용한 새로운 집단의 생성, 특징 및 센서조합, 추세구간 설정, 학습 후 비용 평가 등과 같은 프로세스가 반복 수행된다.
- [0054] 이하, 도 9 및 도 10을 참조하며 본 발명의 일 실시예에 따른 중기추세 메타학습기(130) 및 장기추세 메타학습기(150)에 대해서 설명하도록 한다.
- [0055] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 센서별 중기추세 다중특징 이미지 추출의 예시도이다.
- [0056] 중기추세 메타학습기(130)의 구조 및 각 구성 별로 처리하는 동작은 앞서 도 2 내지 도 8을 통해 설명한 단기추세 메타학습기(110)의 구조 및 동작과 대응되므로, 상세한 구조에 대해서는 설명을 생략하도록 한다.
- [0057] 단, 중기추세 메타학습기(130)는 복수의 M개 센서 시계열 데이터에 대한 패킷 구간을 단기추세 구간 ( $T_s$ )보다 길게 설정하여 처리한다.
- [0058] 즉, 중기추세 메타학습기(130)의 중기추세 다중특징 추출기(131)는, 도 9에 도시한 바와 같이 주기적으로 측정되는 복수의 M개 센서 시계열 데이터로부터 여러 개의 패킷구간들로 구성되는 중기추세 구간( $T_m$ ) 동안 데이터를 수집하고, 각 센서 당 복수의 N개 중기추세 이미지 특징들을 추출한다.
- [0059] 나머지 중기추세 다중특징 합성기(132) 및 메타학습기(133)와, 중기추세 최적화기(140)의 구성 및 동작 원리 또한 상기에서 기술한 단기추세 메타학습기(110) 및 단기추세 최적화기(120)의 구조 및 동작과 동일하다.
- [0060] 이때, 성능향상을 위하여 중기추세 메타학습기(130)는 사용자 정의에 따라 중기추세 구간을 복수 개로 설정하여 메타학습을 확장할 수 있다. 또한, 도 9에 도시한 바와 같이 중기추세 구간은 단기추세 구간의 2배 이상의 패킷구간으로 설정될 수 있다.
- [0061] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 센서별 장기추세 다중특징 이미지 추출의 예시도이다.
- [0062] 장기추세 메타학습기(150)의 구조 및 각 구성 별로 처리하는 동작 또한 앞서 도 2 내지 도 8을 통해 설명한 단기추세 메타학습기(110)의 구조 및 동작과 대응되므로, 상세한 구조에 대해서는 설명을 생략하도록 한다.
- [0063] 단, 장기추세 메타학습기(150)는 복수의 M개 센서 시계열 데이터에 대한 패킷 구간을 중기추세 구간 ( $T_m$ )보다 길게 설정하여 처리한다.
- [0064] 즉, 장기추세 메타학습기(150)의 장기추세 다중특징 추출기(151)는, 도 10에 도시한 바와 같이 주기적으로 측정되는 복수의 M개 센서 시계열 데이터로부터 여러 개의 패킷구간들로 구성되는 장기추세 구간( $T_l$ ) 동안 데이터를 수집하고, 각 센서 당 복수의 N개 장기추세 이미지 특징들을 추출한다.
- [0065] 나머지 장기추세 다중특징 합성기(152) 및 메타학습기(153)와, 장기추세 최적화기(160)의 구성 및 동작원리 또한 상기에서 기술한 단기추세 메타학습기(110) 및 단기추세 최적화기(120)의 구성 및 동작 원리와 동일하다.
- [0066] 이때, 성능향상을 위하여 장기추세 메타학습기(150)는 사용자 정의에 따라 장기추세 구간을 복수 개로 설정하여 메타학습을 확장할 수 있다. 또한, 도 10에 도시한 바와 같이 중기추세 구간은 단기추세 구간의 3배 이상의 패킷구간으로 설정될 수 있다. 이러한 중기추세 구간 및 장기 추세 구간의 길이는 한정되지 않으며, 배수 특징뿐만 아니라 랜덤한 길이들로 설정되는 것도 가능하다.
- [0067] 한편, 도 1에 도시한 다중추세 메타평가기(170)는 이상에서 설명한 단기추세 메타학습기(110), 중기추세 메타학습기(130), 및 장기추세 메타학습기(150)에서 각 추세별 다중특징, 다중센서, 및 추세구간들의 최적조합을 바탕으로 학습된 결과들을 입력 받는다. 그런 다음 다중추세 메타평가기(170)는 입력된 결과들을 애그리게이션(aggregation)하여 플랜트 배관의 이상여부를 최종 평가한다.
- [0068] 이때, 애그리게이션 처리는 다수결 결정(majority voting) 처리, 각 추세별 결과에 따라 임의의 룰에 기반하여 최종 판단하는 처리, 및 각 추세별로 서로 다른 가중치를 적용하여 합산하는 처리, 및 앙상블(ensemble) 학습 처리 등의 여러 방법들이 적용될 수 있다.

- [0069] 이하, 도 11을 참조하며 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 메타학습에 기반한 플랜트 배관 이상 감지 방법에 대해서 상세히 설명하도록 한다.
- [0070] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 메타학습을 통한 플랜트 배관 이상 감지 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0071] 먼저, 플랜트 설비 시스템에 포함된 다중 센서들로부터 센싱된 다중 센서 데이터를 수신한다(S101).
- [0072] 이때, 서로 다른 길이의 패킷 구간 단위를 처리하는 복수의 메타학습기가 각각 다중 센서 데이터를 시계열적으로 수신한다.
- [0073] 본 발명의 일 실시예에서는 단기, 중기 및 장기 추세를 각각 학습하는 메타학습기가 구성된 것을 설명하였으나, 이러한 메타학습기의 개수 및 처리하는 패킷 구간의 길이는 한정되지 않는다.
- [0074] 다음으로, 각 추세 별 메타학습기를 통해 다중 센서 시계열 데이터를 기설정된 패킷 구간에 대해서 처리하여 특징을 추출한다(S102).
- [0075] 이때, 센서 데이터의 특징은 복수의 종류로 설정될 수 있다. 예를 들어, 앞서 도 3을 통해 설명한 바와 같이 센서 데이터 스트림에 대해 시간에 대한 RMS 크기, 스펙트럼 크기 및 주파수 특징 중 적어도 하나를 "특징"으로 추출할 수 있으며, 또한 주파수에 대한 각종 크기들을 특징으로 추출할 수 있다.
- [0076] 참고로, 다중 센서 별 특징을 추출하는 방식은 앞서 도 3 내지 도 5를 통해 설명된 바와 동일하다.
- [0077] 이어서, 추출된 복수의 특징(즉, 다중 특징)을 각 특징에 대한 이미지 영역 상에 매핑하여 2차원 이미지 특징을 생성한다(S103).
- [0078] 그런 다음, 다중 센서 별로 추출된 2차원 이미지 특징들을 깊이 방향으로 누적하여 3차원 볼륨 특징을 생성한다(S104).
- [0079] 다음으로, 다중 센서 별로 대응된 학습기를 통해 센서 별 3차원 볼륨 특징들을 병렬 학습한다(S105).
- [0080] 이때, 각 학습기의 학습 조건(예: 학습 모델, 정확도, 복잡도 중 적어도 하나)에 기초하여 학습 비용을 계산하며, 학습 비용에 기초하여 상기 학습기들이 최적 조합(즉, 최적값)이 될 때까지 상기 학습을 반복한다(S106).
- [0081] 이상에서, 추세(즉, 단기, 중기 및 장기 추세) 별로 패킷 구간을 설정하는 제어, 다중 센서 별로 다중 특징의 조합을 설정하는 제어, 및 학습기 별로 비용에 따른 학습기의 조합을 설정하는 제어의 최적화를 위해 전역 최적화 기법(예: 유전자 알고리즘)을 적용할 수 있다. 즉, 추세 별 패킷 구간 설정, 다중 센서 별 특징 조합 설정, 및 센서 조합 설정에 대해 최적의 조합을 찾는다.
- [0082] 그런 다음, 추세 별 패킷 구간, 센서 별 특징 조합 및 센서 조합에 대해 결정된 최적 조합에 따른 학습 결과들을 애그리게이션하여 플랜트 배관의 이상 여부를 판단하고, 판단 결과를 출력한다(S107).
- [0083] 이때, 애그리게이션 처리는 다수결 결정, 추세 별 학습 결과에 대해 기설정된 룰에 따라 최종 판단하는 처리, 추세 별로 상이한 가중치를 적용하여 합산하여 판단하는 처리 및 앙상블 학습 중 어느 하나의 처리 방식을 적용할 수 있다.
- [0084] 이상에서 설명한 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 메타 학습을 이용한 플랜트 배관 이상 감지 장치를 통한 플랜트 배관 이상 감지 방법은 컴퓨터에 의해 실행되는 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램 또는 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 이러한 기록 매체는 컴퓨터 판독 가능 매체로서, 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 있으며, 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.
- [0085] 본 발명의 방법 및 시스템은 특정 실시예와 관련하여 설명되었지만, 그것들의 구성 요소 또는 동작의 일부 또는 전부는 범용 하드웨어 아키텍처를 갖는 컴퓨터 시스템을 사용하여 구현될 수 있다.
- [0086] 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.

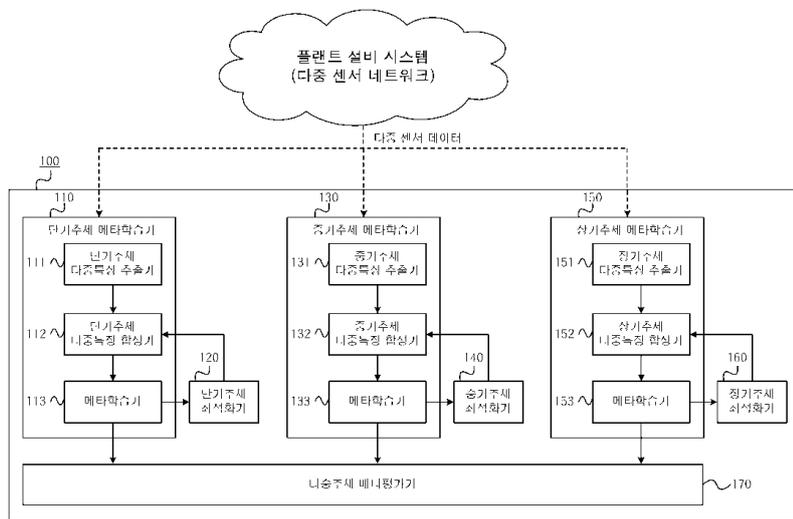
[0087] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

**부호의 설명**

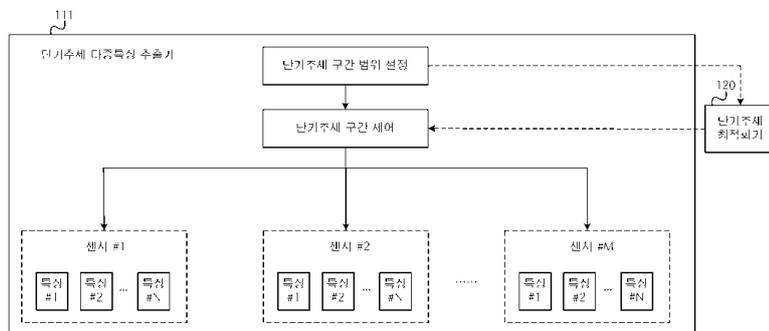
- [0089] 100: 플랜트 배관 이상 감지 장치
- 110: 단기추세 메타학습기
- 120: 중기추세 메타학습기
- 130: 장기추세 메타학습기

**도면**

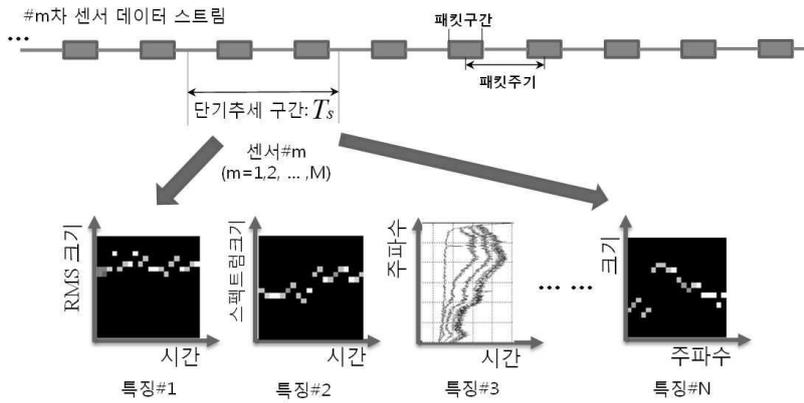
**도면1**



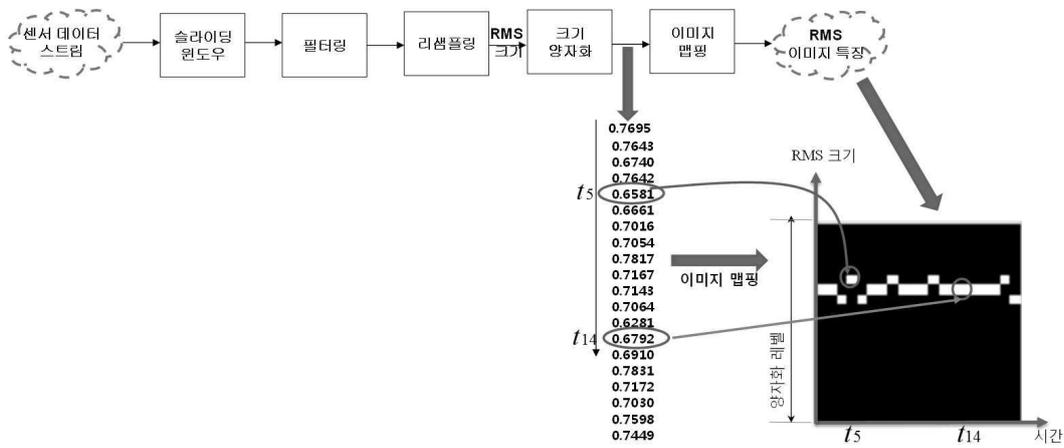
**도면2**



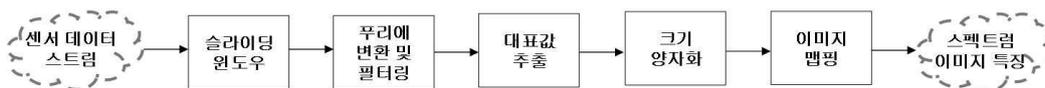
도면3



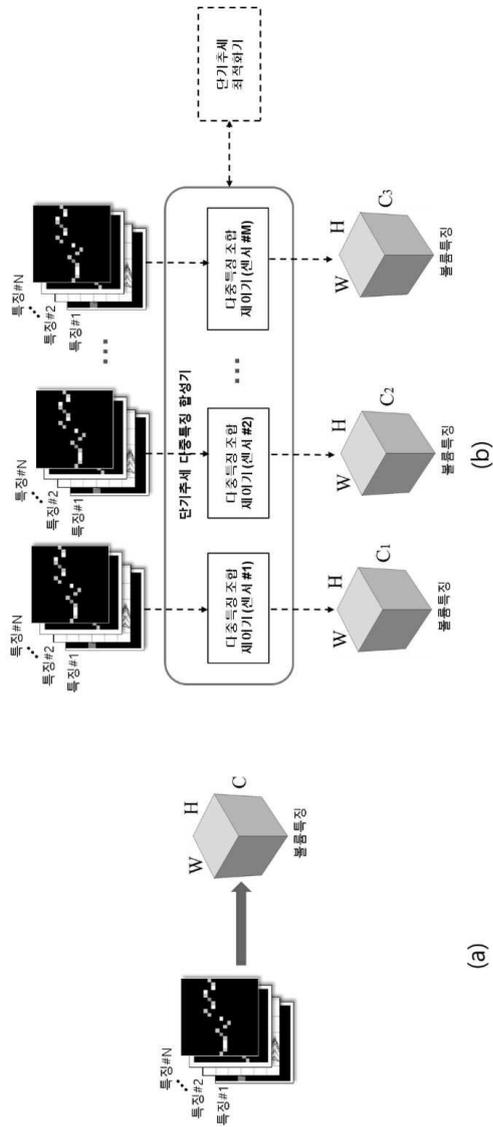
도면4



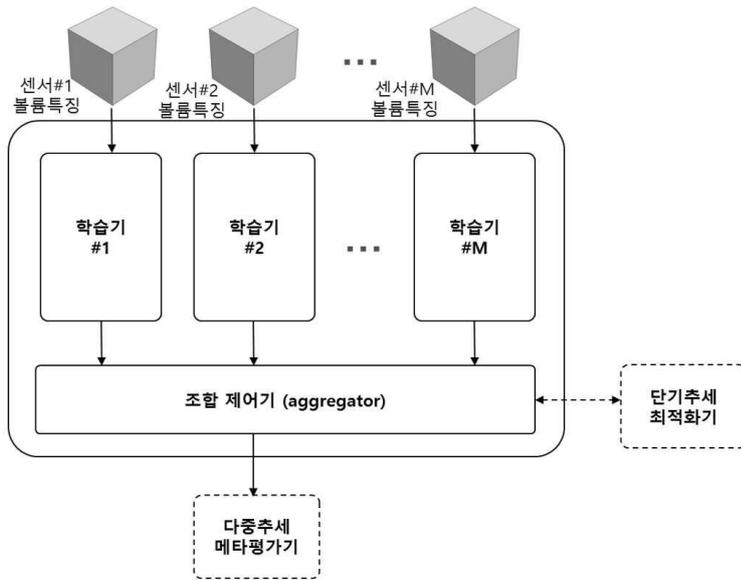
도면5



도면6



도면7



도면8

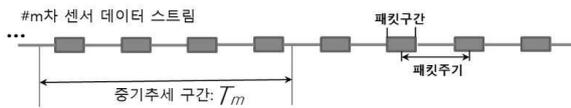
특징조합	특징 1	특징 2	특징 3	특징 4	센서조합
센서 1	1	0	1	0	1
센서 2	1	1	0	1	0
센서 3	0	1	0	1	1

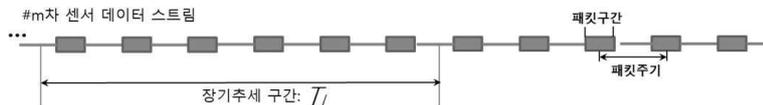
1010	1101	0101	101	단기추세 구간객체	중기추세 구간객체	장기추세 구간객체
------	------	------	-----	-----------	-----------	-----------

The table shows feature combinations for three sensors. Arrows from the feature columns point to binary strings below: 1010 (from features 1, 2, 3), 1101 (from features 1, 2, 4), 0101 (from features 2, 3, 4), and 101 (from features 1, 3, 4). The sensor combination column has values 1, 0, 1, which are circled and have arrows pointing to the corresponding binary strings.

도면9



도면10



도면11

