



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0025474  
(43) 공개일자 2019년03월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G05B 23/02 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
G05B 23/0283 (2013.01)  
G05B 13/048 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0112166  
(22) 출원일자 2017년09월01일  
심사청구일자 2017년09월01일

(71) 출원인  
두산중공업 주식회사  
경상남도 창원시 성산구 두산볼보로 22 (귀곡동)

(72) 발명자  
박지훈  
경기도 광명시 오리로 801, 205동 3204호 (하안동, e편한세상센트레빌아파트)  
김현식  
경기도 김포시 김포한강3로 290-13, 602동 104호 (장기동, 고창마을 한양수자인 리버팰리스)

(74) 대리인  
특허법인 정안

전체 청구항 수 : 총 16 항

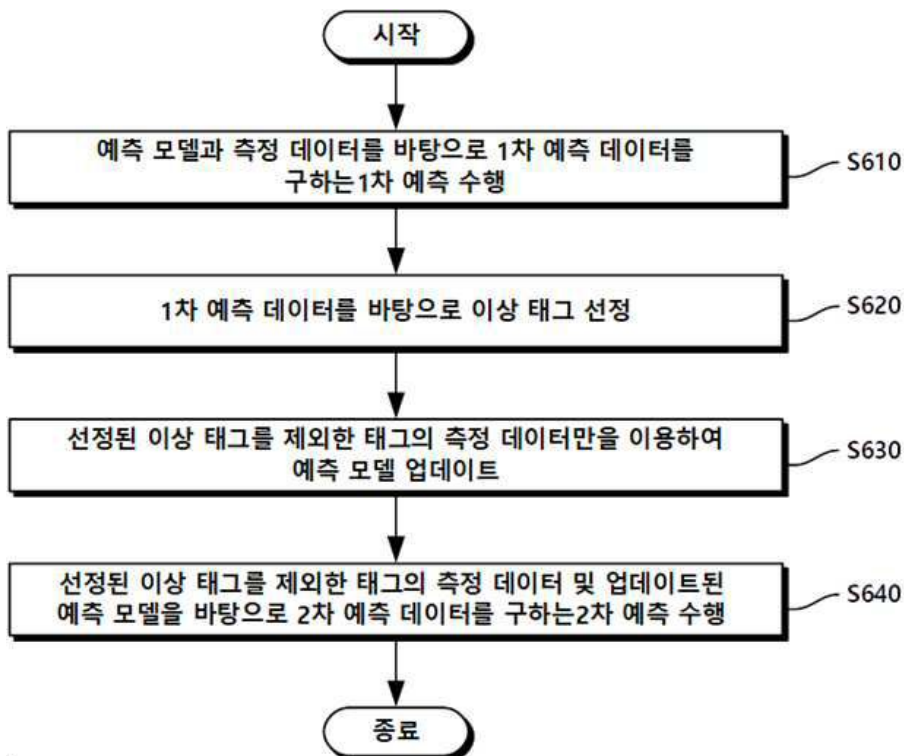
(54) 발명의 명칭 플랜트 데이터 예측 장치 및 방법

**(57) 요약**

본 발명은 플랜트 예측 모델에 기반하여 플랜트 예측 데이터를 생성하고, 예측 데이터와 측정 데이터를 비교하여 플랜트의 이상을 탐지하는 시스템에 있어서 측정 데이터에 이상 상태의 데이터가 포함되어 경우에도 정밀한 정상 상태 예측 데이터를 제공할 수 있는 플랜트 데이터 예측 장치 및 방법에 관한 것이다. 개시된 복수의 태그의 측

(뒷면에 계속)

**대표도** - 도6



정 데이터 및 플랜트 예측 모델을 바탕으로 플랜트 정상 상태 예측 데이터를 생성하기 위한 데이터 예측 방법은 상기 측정 데이터와 상기 플랜트 예측 모델을 바탕으로 1차 예측을 수행하여 1차 예측 데이터를 생성하는 단계, 상기 1차 예측 데이터를 바탕으로 상기 복수의 태그 중 대응하는 측정 데이터가 이상 상태의 데이터로 판단되는 이상 상태 태그를 선정하는 단계, 상기 복수의 태그 중 선정된 상기 이상 상태 태그를 제외한 나머지 태그(이하 정상 상태 태그)의 측정 데이터만을 이용하여 상기 플랜트 예측 모델을 업데이트하는 단계 및 상기 정상 상태 태그의 측정 데이터 및 업데이트된 플랜트 예측 모델을 바탕으로 2차 예측을 수행하여 예측 데이터를 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 본 발명에 의하면 본 발명에 의하면, 플랜트의 이상/고장 상황에서도 정밀한 정상상태 예측 데이터를 제공함으로써 이상/고장 예측의 정확도를 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

(52) CPC특허분류

*G05B 23/0243* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

복수의 태그의 측정 데이터 및 플랜트 예측 모델을 바탕으로 플랜트 정상 상태 예측 데이터를 생성하기 위한 데이터 예측 방법으로서,

상기 측정 데이터와 상기 플랜트 예측 모델을 바탕으로 1차 예측을 수행하여 1차 예측 데이터를 생성하는 단계;

상기 1차 예측 데이터를 바탕으로 상기 복수의 태그 중 대응하는 측정 데이터가 이상 상태의 데이터로 판단되는 이상 상태 태그를 선정하는 단계;

상기 복수의 태그 중 선정된 상기 이상 상태 태그를 제외한 나머지 태그(이하 정상 상태 태그)의 측정 데이터를 이용하여 상기 플랜트 예측 모델을 업데이트하는 단계; 및

상기 정상 상태 태그의 측정 데이터 및 업데이트된 플랜트 예측 모델을 바탕으로 2차 예측을 수행하여 예측 데이터를 생성하는 단계;를 포함하는,

데이터 예측 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 이상 상태 태그를 선정하는 단계는,

상기 복수의 태그 각각에 대해 측정 데이터와 상기 1차 예측 수행 결과로 획득한 1차 예측 데이터의 차이를 계산하고, 상기 차이가 미리 설정된 값 이상 또는 미리 설정된 비율 이상인 태그를 이상 상태 태그로 선정하는 단계를 포함하는,

데이터 예측 방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 플랜트 예측 모델은 복수 개의 데이터 세트를 포함하고, 각각의 데이터 세트는 상기 복수의 태그 각각에 대해 하나의 값을 가지고 있는 것이며,

상기 1차 예측 데이터를 생성하는 단계는,

상기 복수 개의 데이터 세트의 각 데이터 세트와 상기 복수의 태그의 측정 데이터 간의 유사성을 결정하는 단계;

상기 복수 개의 데이터 세트 중 상기 유사성이 높은 순서로 k개의 데이터 세트를 선정하는 단계; 및

상기 k 개의 데이터 세트를 바탕으로 태그별로 평균을 구하거나 또는 상기 k 개의 데이터 세트의 각 데이터 세트별로 가중치를 곱하고 태그별로 평균을 구하여 각 태그별 1차 예측 데이터를 결정하는 단계;를 포함하는,

데이터 예측 방법.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 k 개의 데이터 세트의 각 데이터 세트별로 가중치를 곱하고 태그별로 평균을 구하여 태그별 예측 데이터를 결정하는 단계는,

상기 각 데이터 세트의 유사성이 높을수록 높은 가중치를 곱하도록 하는,  
데이터 예측 방법.

### 청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 플랜트 예측 모델을 업데이트하는 단계는,

상기 플랜트 예측 모델이  $n \times m$  행렬로 표시되는 경우 - 여기서 n은 태그의 수이고, m은 데이터 세트의 수임-, 선정된 상기 이상 상태 태그에 해당하는 행을 삭제한  $n^* \times m$  행렬- 여기서  $n^*$ 는 n에서 이상 상태 태그의 수를 뺀 것임-로 업데이트하는 단계를 포함하는,

데이터 예측 방법.

### 청구항 6

플랜트의 이상 상태를 판단하는 이상상태 판단 방법으로서,

상기 플랜트의 복수의 태그의 측정 데이터를 획득하는 단계;

상기 측정 데이터를 바탕으로 플랜트 모델링을 수행하여 예측 모델을 생성하는 단계;

상기 예측 모델과 상기 복수의 태그의 측정 데이터를 바탕으로 제1항 내지 제5항 중의 어느 하나에 따른 방법에 의하여 예측 데이터를 생성하는 단계; 및

상기 예측 데이터 및 상기 복수의 태그의 측정 데이터를 바탕으로 이상 상태를 판단하는 단계;를 포함하는 이상상태 판단 방법.

### 청구항 7

복수의 태그의 측정 데이터 및 플랜트 예측 모델을 바탕으로 플랜트 정상 상태 예측 데이터를 생성하기 위한 데이터 예측 장치로서,

데이터 처리부, 예측부, 조기감지부, 및 내부 모델링부를 포함하고,

1차 예측과 2차 예측을 통해 상기 예측 데이터를 생성하고,

상기 데이터 처리부는 상기 1차 예측시에는 상기 복수의 태그의 측정 데이터 전부를 상기 예측부로 전달하고, 상기 2차 예측시에는 상기 복수의 태그의 측정 데이터 중에서 상기 조기감지부에 의해 결정된 이상 상태 태그의 측정 데이터를 삭제한 정상 상태 태그의 측정 데이터를 상기 예측부로 전달하고,

상기 예측부는 상기 1차 예측시에는 상기 플랜트 예측 모델 및 상기 복수의 태그의 측정 데이터를 바탕으로 1차 예측 데이터를 생성하고, 상기 2차 예측시에는 상기 내부 모델링부에서 생성한 내부 플랜트 예측 모델 및 상기 정상 상태 태그의 측정 데이터를 바탕으로 2차 예측 데이터를 생성하고,

상기 조기감지부는 상기 1차 예측 데이터 및 상기 복수의 태그의 측정 데이터를 바탕으로 이상 상태에 있다고 판단되는 태그인 이상 상태 태그를 선정하고, 선정된 이상 상태 태그가 없는 경우에는 상기 1차 예측 데이터를 예측 데이터로 출력하고, 선정된 이상 상태 태그가 있는 경우에는 상기 2차 예측 데이터를 예측 데이터로 출력하고,

상기 내부 모델링부는 상기 2차 예측시에 상기 조기감지부로부터 수신한 이상 상태 태그 정보를 바탕으로 상기 플랜트 예측 모델을 업데이트하고 상기 예측부로 전달하는,

데이터 예측 장치.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,  
상기 2차 예측은 상기 조기감지부에서 이상 상태 태그를 선정한 경우에만 수행하는,  
데이터 예측 장치.

#### 청구항 9

제7항에 있어서,  
상기 조기감지부는,  
상기 복수의 태그의 각 태그별 1차 예측 데이터와 측정 데이터의 차이를 계산하고, 상기 차이가 미리 설정된 값 이상 또는 미리 설정된 비율 이상인 태그를 이상 상태 태그로 선정하는,  
데이터 예측 장치.

#### 청구항 10

제7항에 있어서,  
상기 예측부는,  
복수 개의 데이터 세트를 포함하고 있는 상기 플랜트 예측 모델의 각 데이터 세트-하나의 데이터 세트는 상기 복수의 태그 각각에 대해 하나의 값을 가지고 있는 것임-와 상기 복수의 태그의 측정 데이터 간의 유사성을 결정하고,  
상기 플랜트 예측 모델의 복수 개의 데이터 세트 중 k개의 데이터 세트를 상기 유사성이 높은 순서로 선정하고,  
상기 k 개의 데이터 세트를 바탕으로 태그별로 평균을 구하거나 또는 상기 k 개의 데이터 세트의 각 데이터 세트별로 가중치를 곱하고 태그별로 평균을 구하여 각 태그별 1차 예측 데이터를 결정하는,  
데이터 예측 장치.

#### 청구항 11

제10항에 있어서,  
상기 예측부는,  
상기 각 데이터 세트의 유사성이 높을수록 더 높은 가중치를 곱하는,  
데이터 예측 장치.

#### 청구항 12

제7항에 있어서,  
상기 예측부는,  
복수 개의 데이터 세트를 포함하고 있는 상기 내부 플랜트 예측 모델의 각 데이터 세트-하나의 데이터 세트는 상기 정상 상태 태그 각각에 대해 하나의 값을 가지고 있는 것임-와 상기 정상 상태 태그의 측정 데이터 간의

유사성을 결정하고,

상기 내부 플랜트 예측 모델의 복수 개의 데이터 세트 중 k 개의 데이터 세트를 상기 유사성이 높은 순서로 선정하고,

상기 k 개의 데이터 세트를 바탕으로 태그별로 평균을 구하거나 또는 상기 k 개의 데이터 세트의 각 데이터 세트별로 가중치를 곱하고 태그별로 평균을 구하여 각 태그별 2차 예측 데이터를 결정하는,

데이터 예측 장치.

### 청구항 13

제7항에 있어서,

상기 내부 모델링부는,

상기 플랜트 예측 모델이  $n \times m$  행렬로 표시되는 경우 - 여기서 n은 태그의 수이고, m은 데이터 세트의 수임-, 선정된 상기 이상 상태 태그에 해당하는 행을 삭제한  $n^* \times m$  행렬- 여기서  $n^*$ 는 n에서 이상 상태로 판단된 태그의 수를 뺀 것임-로 상기 플랜트 예측 모델을 업데이트하는,

데이터 예측 장치.

### 청구항 14

제7항에 있어서,

상기 조기감지부는,

상기 복수의 태그의 태그별 1차 예측 데이터와 측정 데이터의 차이를 계산하고, 상기 차이가 미리 설정된 값 이상 또는 미리 설정된 비율 이상인 태그를 이상 상태 태그로 선정하는,

데이터 예측 장치.

### 청구항 15

플랜트의 이상 상태를 판단하는 이상상태 판단 장치로서,

상기 플랜트를 측정된 복수의 태그의 측정 데이터를 바탕으로 플랜트를 모델링하여 플랜트 예측 모델을 생성하는 플랜트 모델링부;

상기 복수의 태그의 측정 데이터 및 상기 플랜트 예측 모델을 바탕으로 상기 플랜트의 정상 상태 예측 데이터를 생성하는 제7항 내지 제14항 중의 어느 하나의 항에 따른 데이터 예측 장치; 및

상기 예측 데이터 및 상기 복수의 태그의 측정 데이터를 바탕으로 이상 상태를 판단하는 이상감지부;를 포함하는

이상상태 판단 장치.

### 청구항 16

컴퓨터 또는 프로세서상에서 실행될 때, 제1항 내지 제5항의 방법 중 어느 하나에 따른 방법을 실행하는 컴퓨터 관독 가능 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 플랜트 데이터 예측 장치 및 방법으로서, 플랜트 예측 모델에 기반하여 플랜트 예측 데이터를 생성하고, 예측 데이터와 측정 데이터를 비교하여 플랜트의 이상을 탐지하는 시스템에 있어서 측정 데이터에 이상 상태의 데이터가 포함되어 경우에도 정밀한 정상상태 예측 데이터를 제공할 수 있는 플랜트 데이터 예측 장치 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 일반적으로 발전 또는 화학 등의 대형 플랜트(plant)들은 다양한 종류의 수백 개의 기계 및 전기 설비들이 복잡하게 연결되어 운전되고 있다. 이런 플랜트들의 신뢰성을 확보하고 정상적인 운영을 위하여 사고의 발단이 되는 이상 징후를 상시로 감시해야 한다. 이에, 플랜트를 구성하는 주요 구성 부품의 파손 여부를 실시간으로 감지하고 부품에 이상 징후가 발견되는 경우 운전자에게 알람을 발생시키는 감시장치가 이용되고 있다.

[0004] 즉, 플랜트의 고장은 플랜트에 피해를 끼쳐 원하지 않는 성능을 보이게 되거나, 이에 더 나아가 플랜트가 파괴되는 경우, 사람이 다치거나 죽을 수 있으며, 환경 문제를 야기할 수도 있다. 따라서 조기에 고장을 감지할 수 있는 조기 경보 시스템이 반드시 필요하다.

[0005] 고장 또는 고장 가능성을 조기에 알려주는 조기 경보 시스템은 일반적으로 플랜트를 모델링한 플랜트 모델을 기반으로 하여 플랜트에서 센서 등을 이용하여 실시간으로 측정된 관측 신호를 받아 저장하고, 이를 바탕으로 이상이 있는 신호를 분별하여 미리 알려주어야 한다. 그래서, 이러한 고장 감지 시스템에서 가장 중요한 부분은 플랜트 모델일 수 있다.

[0006] 그런데 이러한 플랜트 모델은 정상 상태를 모델링하여 예측 데이터를 제공하는 것이기 때문에 이상/고장 상황에서는 정확한 예측 데이터를 제공할 수 없는 문제점이 있다. 즉, 플랜트 모델은 일반적으로 플랜트 모델을 설정하고, 입력되는 측정 데이터에 따라 최적의 예측 데이터를 제공한다. 그런데 입력되는 측정 데이터의 일부가 이상 또는 고장 등에 의하여 잘못된 값을 가지면 출력되는 예측 데이터 또한 정상 상태 값이 아닌 잘못된 값일 수 있다. 하지만, 운용자는 플랜트가 이상 또는 고장 상태에 있더라도 정확한 정상 상태의 예측 데이터를 알기를 원한다. 따라서, 비록 이상 상태의 입력이 들어오더라도 정확한 정상 상태의 예측 데이터를 제공할 수 있는 플랜트 모델의 개발이 필요하다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0008] 본 발명은 일부에 이상 상태 데이터가 입력되더라도 정밀하게 정상 상태의 예측 데이터를 제공할 수 있는 플랜트 데이터 예측 장치 및 방법을 제공함에 있다.

[0009] 또한, 본 발명은 운용자가 너무 관대한 이상 상태 지침을 적용하여 비록 시스템적으로는 이상 상태로 판단하지 않더라도 자체적으로 이상 상태를 판단하여 좀 더 정밀한 정상상태 예측 데이터를 제공할 수 있는 플랜트 데이터 예측 장치 및 방법을 제공함에 있다.

**과제의 해결 수단**

[0011] 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 복수의 태그의 측정 데이터 및 플랜트 예측 모델을 바탕으로 플랜트 정상 상태 예측 데이터를 생성하기 위한 데이터 예측 방법은 상기 측정 데이터와 상기 플랜트 예측 모델을 바탕으로 1차 예측을 수행하여 1차 예측 데이터를 생성하는 단계, 상기 1차 예측 데이터를 바탕으로 상기 복수의 태그 중 대응하는 측정 데이터가 이상 상태의 데이터로 판단되는 이상 상태 태그를 선정하는 단계, 상기 복수의 태그 중 선정된 상기 이상 상태 태그를 제외한 나머지 태그(이하 정상 상태 태그)의 측정 데이터만을 이용하여 상기 플랜트 예측 모델을 업데이트하는 단계 및 상기 정상 상태 태그의 측정 데이터 및 업데이트된 플랜트 예측 모델을 바탕으로 2차 예측을 수행하여 예측 데이터를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 좀 더 상세히 살펴보면, 상기 이상 상태 태그를 선정하는 단계는 상기 복수의 태그 각각에 대해 측정 데이터와 상기 1차 예측 수행 결과로 획득한 1차 예측 데이터의 차이를 계산하고, 상기 차이가 미리 설정된 값 이상 또는

미리 설정된 비율 이상인 태그를 이상 상태 태그로 선정하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0013] 그리고 상기 플랜트 예측 모델은 복수 개의 데이터 세트를 포함하고, 각각의 데이터 세트는 상기 복수의 태그 각각에 대해 하나의 값을 가지고 있는 것이며, 상기 1차 예측 데이터를 생성하는 단계는 상기 복수 개의 데이터 세트의 각 데이터 세트와 상기 복수의 태그의 측정 데이터 간의 유사성을 결정하는 단계, 상기 복수 개의 데이터 세트 중 상기 유사성이 높은 순서로 k 개의 데이터 세트를 선정하는 단계 및 상기 k 개의 데이터 세트를 바탕으로 태그별로 평균을 구하거나 또는 상기 k 개의 데이터 세트의 각 데이터 세트별로 가중치를 곱하고 태그별로 평균을 구하여 태그별 1차 예측 데이터를 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 이에 더하여 상기 k개의 데이터 세트의 각 데이터 세트별로 가중치를 곱하고 태그별로 평균을 구하여 각 태그별 예측 데이터를 결정하는 단계는 상기 각 데이터 세트의 유사성이 높을수록 높은 가중치를 곱하도록 할 수 있다.
- [0014] 그리고 상기 플랜트 예측 모델을 업데이트하는 단계는 상기 플랜트 예측 모델이  $n \times m$  행렬로 표시되는 경우 - 여기서 n은 태그의 수이고, m은 데이터 세트의 수임-, 선정된 상기 이상 상태 태그에 해당하는 행을 삭제한  $n^* \times m$  행렬- 여기서  $n^*$ 는 n에서 이상 상태 태그의 수를 뺀 것임-로 업데이트하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0015] 진술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 플랜트의 이상 상태를 판단하는 이상상태 판단 방법은 상기 플랜트의 복수의 태그의 측정 데이터를 획득하는 단계, 상기 측정 데이터를 바탕으로 플랜트 모델링을 수행하여 예측 모델을 생성하는 단계, 상기 예측 모델과 상기 복수의 태그의 측정 데이터를 바탕으로 상기 제1항 내지 제5항 중의 어느 하나에 따른 방법에 의하여 예측 데이터를 생성하는 단계 및 상기 예측 데이터 및 상기 복수의 태그의 측정 데이터를 바탕으로 이상 상태를 판단하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0016] 진술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 복수의 태그의 측정 데이터 및 플랜트 예측 모델을 바탕으로 플랜트 정상 상태 예측 데이터를 생성하기 위한 데이터 예측 장치는 데이터 처리부, 예측부, 조기감지부, 및 내부 모델링부를 포함하고, 1차 예측과 2차 예측을 통해 상기 예측 데이터를 생성하고, 상기 데이터 처리부는 상기 1차 예측시에는 상기 복수의 태그의 측정 데이터 전부를 상기 예측부로 전달하고, 상기 2차 예측시에는 상기 복수의 태그의 측정 데이터 중에서 상기 조기감지부에 의해 결정된 이상 상태 태그의 측정 데이터를 삭제한 정상 상태 태그의 측정 데이터를 상기 예측부로 전달하고, 상기 예측부는 상기 1차 예측시에는 상기 플랜트 예측 모델 및 상기 복수의 태그의 측정 데이터를 바탕으로 1차 예측 데이터를 생성하고, 상기 2차 예측시에는 상기 내부 모델링부에서 생성한 내부 플랜트 예측 모델 및 상기 정상 상태 태그의 측정 데이터를 바탕으로 2차 예측 데이터를 생성하고, 상기 조기감지부는 상기 1차 예측 데이터 및 상기 복수의 태그의 측정 데이터를 바탕으로 이상 상태에 있다고 판단되는 태그인 이상 상태 태그를 선정하고, 선정된 이상 상태 태그가 없는 경우에는 상기 1차 예측 데이터를 예측 데이터로 출력하고, 선정된 이상 상태 태그가 있는 경우에는 상기 2차 예측 데이터를 예측 데이터로 출력하고, 상기 내부 모델링부는 상기 2차 예측시에 상기 조기감지부로부터 수신한 이상 상태 태그 정보를 바탕으로 상기 플랜트 예측 모델을 업데이트하고 상기 예측부로 전달할 수 있다. 여기서, 상기 2차 예측은 상기 조기감지부에서 이상 상태 태그를 선정할 경우에만 수행할 수 있다.
- [0017] 각 부를 좀 더 상세히 살펴보면, 상기 조기감지부는 상기 복수의 태그의 태그별 1차 예측 데이터와 측정 데이터의 차이를 계산하고, 상기 차이가 미리 설정된 값 이상 또는 미리 설정된 비율 이상인 태그를 이상 상태 태그로 선정할 수 있다.
- [0018] 그리고 상기 예측부는 복수 개의 데이터 세트를 포함하고 있는 상기 플랜트 예측 모델의 각 데이터 세트-하나의 데이터 세트는 상기 복수의 태그 각각에 대해 하나의 값을 가지고 있는 것임-와 상기 복수의 태그의 측정 데이터 간의 유사성을 결정하고, 상기 플랜트 예측 모델의 복수 개의 데이터 세트 중 k 개의 데이터 세트를 상기 유사성이 높은 순서로 선정하고, 상기 k 개의 데이터 세트를 바탕으로 각 태그별로 평균을 구하거나 또는 상기 k 개의 데이터 세트의 각 데이터 세트별로 가중치를 곱하고 태그별로 평균을 구하여 태그별 1차 예측 데이터를 결정할 수 있는데 상기 각 데이터 세트의 유사성이 높을수록 더 높은 가중치를 곱하도록 할 수 있다.
- [0019] 그리고 상기 예측부는 복수 개의 데이터 세트를 포함하고 있는 상기 내부 플랜트 예측 모델의 각 데이터 세트-하나의 데이터 세트는 상기 정상상태 태그 각각에 대해 하나의 값을 가지고 있는 것임-와 상기 정상상태 태그의 측정 데이터 간의 유사성을 결정하고, 상기 내부 플랜트 예측 모델의 복수 개의 데이터 세트 중 k 개의 데이터 세트를 상기 유사성이 높은 순서로 선정하고, 상기 k 개의 데이터 세트를 바탕으로 태그별로 평균을 구하거나 또는 상기 k 개의 데이터 세트의 각 데이터 세트별로 가중치를 곱하고 태그별로 평균을 구하여 태그별 2차 예측 데이터를 결정할 수 있다.
- [0020] 그리고 상기 내부 모델링부는 상기 플랜트 예측 모델이  $n \times m$  행렬로 표시되는 경우 - 여기서 n은 태그의 수이



고,  $m$ 은 데이터 세트의 수입-, 선정된 상기 이상 상태 태그에 해당하는 행을 삭제한  $n^* \times m$  행렬- 여기서  $n^*$ 는  $n$ 에서 이상 상태로 판단된 태그의 수를 뺀 것임-로 상기 플랜트 예측 모델을 업데이트할 수 있다.

[0021] 그리고 상기 조기감지부는 상기 복수의 태그의 태그별 1차 예측 데이터와 측정 데이터의 차이를 계산하고, 상기 차이가 미리 설정된 값 이상 또는 미리 설정된 비율 이상인 태그를 이상 상태 태그로 선정할 수 있다.

[0022] 진술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 플랜트의 이상 상태를 판단하는 이상상태 판단 장치는 상기 플랜트를 측정된 복수의 태그의 측정 데이터를 바탕으로 플랜트를 모델링하여 플랜트 예측 모델을 생성하는 플랜트 모델링부, 상기 복수의 태그의 측정 데이터 및 상기 플랜트 예측 모델을 바탕으로 상기 플랜트의 정상 상태 예측 데이터를 생성하는 상기 제7항 내지 제15항 중의 어느 하나의 항에 따른 데이터 예측 장치 및 상기 예측 데이터 및 상기 복수의 태그의 측정 데이터를 바탕으로 이상 상태를 판단하는 이상감지부를 포함할 수 있다.

[0023] 그리고 컴퓨터 또는 프로세서상에서 실행될 때, 제1항 내지 제5항의 방법 중 어느 하나에 따른 방법을 실행하는 컴퓨터 판독 가능 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

[0025] 본 발명에 의하면, 플랜트의 이상/고장 상황에서도 정밀한 정상상태 예측 데이터를 제공함으로써 이상/고장 예측의 정확도를 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0026] 또한, 플랜트의 이상/고장 상황에서도 운용자에게 정확한 정상상태 예측데이터 제공함으로써 이상/고장에 대한 운용자의 판단을 명확하게 할 수 있는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 플랜트 이상 감지 시스템의 일 실시 예를 도시한 도면이다.

도 2a 및 2b는 태그가 2개인 경우의 예측부(300)에서 예측 데이터를 생성하는 과정의 일 예를 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 데이터 예측 장치의 구성을 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른  $k$ -NN 알고리즘을 적용한 예측부(600)를 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 데이터 예측 장치에서 2개의 태그 중 1개의 태그가 고장에 의하여 심하게 틀어진 측정 데이터를 제공할 경우의 데이터 예측 방법 및 결과의 일례를 도시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 데이터 예측 장치의 데이터 예측 방법을 도시한 도면이다.

도 7은 본 발명에서 제시하는 방법과 종래의 1차 예측만 하는 경우의 예측 결과를 비교하여 도시한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조 부호를 붙이도록 한다.

[0030] 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 의미한다.

[0031] 어느 부분이 다른 부분의 "위에" 있다고 언급하는 경우, 이는 바로 다른 부분의 위에 있을 수 있거나 그 사이에 다른 부분이 수반될 수 있다. 대조적으로 어느 부분이 다른 부분의 "바로 위에" 있다고 언급하는 경우, 그 사이에 다른 부분이 수반되지 않는다.

[0032] 제1, 제2 및 제3 등의 용어들은 다양한 부분, 성분, 영역, 층 및/또는 섹션들을 설명하기 위해 사용되나 이들에 한정되지 않는다. 이들 용어들은 어느 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션을 다른 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션과 구별하기 위해서만 사용된다. 따라서, 이하에서 서술하는 제1부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션은 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 범위 내에서 제2부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션으로 언급될 수 있다.

- [0033] 여기서 사용되는 전문 용어는 단지 특정 실시 예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.
- [0034] "아래", "위" 등의 상대적인 공간을 나타내는 용어는 도면에서 도시된 한 부분의 다른 부분에 대한 관계를 보다 쉽게 설명하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 용어들은 도면에서 의도한 의미와 함께 사용 중인 장치의 다른 의미나 동작을 포함하도록 의도된다. 예를 들면, 도면 중의 장치를 뒤집으면, 다른 부분들의 "아래"에 있는 것으로 설명된 어느 부분들은 다른 부분들의 "위"에 있는 것으로 설명된다. 따라서 "아래"라는 예시적인 용어는 위와 아래 방향을 전부 포함한다. 장치는 90° 회전 또는 다른 각도로 회전할 수 있고, 상대적인 공간을 나타내는 용어도 이에 따라서 해석된다.
- [0035] 다르게 정의하지는 않았지만, 여기에 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 보통 사용되는 사전에 정의된 용어들은 관련 기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0036] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다.
- [0037] 본 발명에 대해 설명을 시작하기 전에 먼저 태그(Tag)에 대하여 정의한다. 태그는 플랜트에서 측정할 수 있는 신호의 종류를 의미할 수 있다. 일 예로, 인렛 필터(Inlet Filter)의 차압, Turbine Exhaust 압력, 온도와 같이 센서를 이용하여 플랜트에서 직접적으로 획득할 수 있는 신호 종류뿐만 아니라 출력 파워처럼 플랜트에서 센서를 이용하여 획득한 신호를 바탕으로 계산한 값을 의미할 수 있다.
- [0038] 도 1은 플랜트 이상 감지 시스템의 일 실시 예를 도시한 도면이다.
- [0039] 도 1을 참조하면, 플랜트 이상 감지 시스템은 플랜트 모델링부(200), 예측부(300) 및 이상감지부(400)를 포함할 수 있다.
- [0040] 플랜트 모델링부(200)는 센서 등을 이용하여 플랜트(100)를 측정된 측정 데이터를 획득하고 이를 바탕으로 플랜트의 정상 상태를 모델링한 예측 모델을 생성한다. 그리고 매 측정 데이터가 입력될 때마다 예측 모델을 업데이트(update)할 수 있다. 이때 플랜트 모델링부(200)는 하기 설명할 이상감지부(400)에서의 이상 판단 결과를 바탕으로 이상이 있는 측정 데이터에 대하여는 모델링을 위한 입력 데이터로 사용하지 않고, 이상이 없는 정상 상태의 측정 데이터만을 사용하여 플랜트 모델링을 함으로써 플랜트의 정상 상태를 모델링할 수 있다.
- [0041] 플랜트 모델링부(200)는 하나의 예측 모델을 생성할 수도 있고, 복수 개의 예측 모델을 생성할 수 있다. 이러한 모델들은 비모수성 모델(Non parametric model)일 수도 있고, 모수성 모델(Parametric model)일 수 있다.
- [0042] 모수성 모델은 유한 개의 파라미터를 이용하여 시스템을 나타내는 모델이다. 즉, 모수성 모델은 한정된 몇 개의 파라미터를 이용하여 시스템을 묘사할 수 있다. 이러한 모수성 모델에는 제1원칙 모델(First Principles based Model), 전달함수모델(Transfer Function Model), 상태공간모델(State Space Model) 등이 있다. 여기서 제1원칙 모델은 기초적이고 기본적인 물리학 제1 법칙에 의해 정해지는 것들을 파라미터로 사용하는 모델이고, 상태공간모델은 상태 변수를 파라미터로 사용하는 모델이고, 전달함수모델은 입력과 출력 간의 전달함수를 규정하는 변수들을 파라미터로 사용하는 모델일 수 있다. 여기서 전달함수모델은 ARX(Auto Regressive eXogenous), NARX(Nonlinear Auto Regressive eXogenous), FIR(Finite Impulse Response), ARMAX(Auto Regressive Moving Average with eXogenous) 모델 등이 포함될 수 있다.
- [0043] 비모수성 모델은 플랜트를 표현하기 위하여 무한 개의 파라미터를 사용할 수 있는 모델로서 NPM(Non Parametric Model), TM(Tree Model), NNM(Neural Network Model) 등이 포함될 수 있다. 비록 비모수성 모델이 개념상 무한 개의 파라미터를 사용할 수 있지만 실제로는 유한 개만을 사용하여 모델을 표현할 수 있다.
- [0044] 플랜트 모델링부(200)가 생성하는 예측 모델은 NxM 행렬로 표현될 수 있다. 여기서 N는 태그의 수이고 M은 태그 별 데이터의 수일 수 있다.
- [0045] 예측부(300)는 플랜트 모델링부(200)에서 생성한 예측 모델과 측정 데이터를 바탕으로 예측 데이터를 생성할 수

있다.

- [0046] 일 실시 예로서 예측부(300)는 NxM 행렬로 표현되는 예측 모델의 각 열과 측정 데이터를 비교하여 유사도를 검사하고 유사도가 높은 순서대로 몇 개의 열을 선택하고, 선택된 열의 값을 가중치 평균함으로써 태그별 예측 값을 가지는 예측 데이터를 생성할 수 있다. 만약 복수 개의 예측 모델을 사용하는 경우에는 복수 개의 예측 모델 각각에 대하여 예측 값을 구하고, 복수의 예측 값을 바탕으로 앙상블 학습을 이용하여 최적의 예측 데이터를 구하여 최종 예측 데이터를 생성할 수 있다.
- [0047] 이상감지부(400)는 예측부(300)에서의 예측 데이터와 측정 데이터를 비교하여 차이를 구하고, 차이가 미리 설정된 잔차값 또는 잔차비율 이상으로 차이가 나는 경우에는 플랜트의 이상으로 판단할 수 있다. 이때 이상감지부(400)는 이상으로 판단되는 태그에 대한 정보도 같이 생성할 수 있다.
- [0048] 이제 예측부(300)의 기능을 좀 더 상세히 살펴본다.
- [0049] 도 2a 및 2b는 태그가 2개인 경우의 예측부(300)에서 예측 데이터를 생성하는 과정의 일 예를 도시한 도면이다.
- [0050] 도 2a 및 2b에서 복수 개의 검은색 원은 예측 모델을 나타내는 것으로 행렬로 표시하였을 때의 행렬의 각 열에서의 태그 X1 및 X2의 값을 나타내는 것이다. 그리고 도 2a는 정상상태 측정 데이터가 입력되는 경우이고 도 2b는 이상상태 측정 데이터가 입력된 경우의 예를 도시한 것이다.
- [0051] 도 2a를 참조하면, 정상상태 측정 데이터(검은색 사각형; 310)가 입력되면 예측부(300)는 예측 모델과 비교하여 유사도가 가장 높은 3개의 데이터(331, 332, 333)를 선택한다. 그리고 3개의 데이터를 바탕으로 가중치 평균, 조합 평균 등의 방법으로 예측 데이터(검은색 별; 320)를 생성한다. 이 경우 예측 데이터(320)와 측정 데이터(310)가 거의 유사한 값을 가지므로 추후 이상감지부(400)에서는 예측 데이터와 측정 데이터의 차이가 아주 작아 정상상태로 판단할 수 있다.
- [0052] 도 2b를 참조하면, 고장으로 인하여 X1 값이 심하게 떨어진 측정 데이터(검은색 마름모; 340)가 입력되면, 예측부(300)는 예측 모델과 비교하여 유사도가 가장 높은 3개의 데이터(361, 362, 363)를 선택하고, 이 데이터를 바탕으로 가중치 평균, 조합 평균 등의 방법으로 예측 데이터(검은색 별; 350)를 생성한다. 이 경우 예측 데이터(350)와 측정 데이터(340)가 상당한 차이를 보이고 있어 추후 이상감지부(400)에서 이상상태로 판단할 수 있다.
- [0053] 또는 운용자가 미리 설정된 허용 가능한 잔차의 크기를 상당히 크게 잡아 놓은 경우에는 정상상태로 판단할 수 있고, 이 경우에는 이상 또는 고장을 발견하지 못하는 오류를 발생시킬 수 있고, 그뿐만 아니라 예측 데이터에 오류가 포함되어 있는데도 오류가 아닌 것으로 판단할 수 있다.
- [0054] 어떤 경우에도 도 2는 X2에 대하여는 정상상태의 데이터와 유사한 값을 예측 데이터로 유추하지만 X1의 경우에는 정상상태의 데이터와는 아주 동떨어진 값을 예측 데이터로 유추하고 있어 운용자에게 정상상태의 플랜트 데이터가 무엇인지 전혀 알려줄 수 없어 예측 데이터의 신뢰도 하락에 영향을 미칠 수 있다.
- [0055] 본 발명은 이상상태의 측정 데이터가 입력되는 경우에도 예측부(300)에서 정확한 예측 데이터를 유추할 수 있도록 하여 예측 성능을 향상시킬 수 있는 데이터 예측 장치 및 방법을 제시한다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 본 발명에서는 이상으로 판단되는 태그의 측정 데이터를 제외한 나머지 태그의 측정 데이터만을 이용하여 유사도를 판단하는 방법을 사용한다. 그리고 이 방법은 후술할 데이터 예측 장치에 의하여 구현될 수 있으며 이 데이터 예측 장치는 도 1의 예측부(300)를 대체할 수 있다.
- [0056] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 데이터 예측 장치의 구성을 도시한 도면이다.
- [0057] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 데이터 예측 장치는 데이터 처리부(500), 예측부(600), 조기감지부(700), 및 내부 모델링부(800)를 포함할 수 있다.
- [0058] 본 발명의 일 실시 예에 따른 데이터 예측 장치는 1차 예측과 2차 예측의 두 단계로 나누어 예측 데이터를 수행할 수 있다. 1차 예측은 상술한 도 1의 예측부(300)와 동일하게 예측을 수행할 수 있으며 2차 예측은 1차 예측 결과 조기감지부(700)에 의하여 이상이 있다고 판단된 경우 추가적으로 수행할 수 있다.
- [0059] 이에 따라 데이터 처리부(500)는 1차 예측시에는 측정 데이터 전부를 그대로 예측부(600)로 전달하고, 2차 예측시에는 측정 데이터에서 조기감지부(700)에 의하여 이상이 있다고 판단된 태그들(이하 이상 상태 태그)의 측정 데이터를 삭제하고 예측부(600)로 전달한다.
- [0060] 예측부(600)는 1차 예측시에는 도 1의 플랜트 모델링부(200)에서 생성한 정상 상태의 예측 모델 및 모든 태그에

대한 측정 데이터를 바탕으로 예측을 수행하여 1차 예측 결과를 생성한다. 2차 예측시에는 후술할 내부 모델링부(800)에서 생성한 내부 예측모델과 이상이 있다고 판단된 태그들 이외의 태그들의 측정데이터를 바탕으로 예측을 수행하여 2차 예측 데이터를 생성한다.

[0061] 조기감지부(700)는 예측부(600)로부터 오는 1차 예측 결과를 바탕으로 이상이 있는 태그를 감지한다. 만약 이상이 있는 태그가 없다고 나타내면 1차 예측 결과를 바로 예측 데이터로 출력한다. 만약 이상이 있는 태그가 존재하면 이상이 있는 태그 정보를 생성하여 내부 모델링부(800) 및 데이터 처리부(500)로 전달하여 2차 예측을 하도록 할 수 있다. 여기서 이상이 있는 태그를 감지하는 방법은 상술한 도 1의 이상감지부(400)와 유사한 방법을 사용할 수 있으나 완전히 다른 방법을 사용하여 수행할 수도 있다. 일 실시 예로서, 조기감지부(700)는 태그별 예측 데이터와 측정 데이터를 비교하여 둘 간의 차이가 미리 설정된 값 이상 또는 미리 설정된 비율 이상으로 차이가 나거나 또는 차이의 평균값보다 n 배 이상 차이가 나는 경우에 이상이 있는 태그로 결정할 수 있다. 조기감지부(700)의 결과는 본 발명에서 제시하는 장치 내부적으로만 사용될 뿐 운용자에게는 표시되지 않을 수 있다. 운용자는 본 발명에서 제시하는 장치로부터 출력되는 예측 데이터와 측정 데이터를 바탕으로 도 1의 이상감지부(400)에서의 판단 결과만을 볼 수 있다.

[0062] 내부 모델링부(800)는 조기감지부(700)에서 이상이 있는 태그가 감지되면 수행되고, 1차 예측시에 사용된 정상 상태의 예측 모델을 새로 업데이트하여 예측부(600)에 제공할 수 있다. 즉, 2차 예측시에는 이상이 있다고 판단된 이상 상태 태그의 측정 데이터를 제외한 정상 상태 태그의 측정 데이터만을 이용하여 1차 예측시에 사용된 정상 상태의 예측 모델에 대하여 최적화 작업을 수행하여 업데이트함으로써 이상 상태 태그의 측정 데이터에 의하여 예측 모델에 오류가 인입되는 것을 방지할 수 있다.

[0063] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 k-NN 알고리즘을 적용한 예측부(600)를 도시한 도면이다.

[0064] k-NN 알고리즘은 예측 모델의 각 데이터 세트와 입력되는 측정 데이터와의 유사도를 비교하고, 유사도가 높은 k 개의 데이터 세트를 이용하여 예측 데이터를 계산한다. 즉 유사도 계산부(610)는 예측 모델의 각 데이터 세트와 입력되는 측정 데이터와의 유사도를 계산할 수 있다.

[0065] 일 예로서 예측 모델은  $Z$ 로 표시될 수 있으며  $Z$ 는 태그의 수를 나타내는 n개의 행과 데이터 세트를 나타내는 m개의 열로 구성되어 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$Z = [Z_1 \cdots Z_m] = \begin{bmatrix} z_{1,1} & \cdots & z_{1,m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n,1} & \cdots & z_{n,m} \end{bmatrix}$$

[0066]

[0067] 그리고 입력되는 측정 데이터  $X = [x_1 \cdots x_n]^T$ 로 표시될 수 있고, 유사도 계산부(610)에서 계산한 각 데이터 세트에 대한 유사도 계산 결과는  $S = [s_1 \cdots s_m]$ 으로 표시될 수 있다. 그리고 각 데이터 세트에 대한 유사도  $s_j$ 는 다음 식으로 구해질 수 있다.

$$s_j(Z_j, X) = \exp\left(-\frac{\|Z_j - X\|^2}{2\sigma^2}\right)$$

[0068]

[0069] 그리고 예측계산부(620)는 상술한 방법으로 유사도 계산부(610)에서 계산한 유사도를 바탕으로 가장 높은 유사도( $s_j$  값이 1에 가까울수록 유사도가 높음)를 가지는 데이터 세트를 k 개 선정하고 이들을 조합평균 또는 가중치 평균하여 최종 예측 데이터를 구할 수 있다. 이때 k는 운용자에 의해 미리 설정할 수 있는 값이다.

[0070] k-NN 알고리즘의 경우 내부 모델링부(800)는 정상 상태의 예측 모델에서 이상 상태로 판단된 태그의 행을 삭제함으로써 예측 모델을 새롭게 업데이트할 수 있다. 일 예로 만약 2번 행에 해당하는 태그의 측정 데이터가 이상하다고 판단되면 내부 모델링부(800)는 2번 행을 삭제한 (n-1) x m 행렬의 업데이트된 예측 모델을 생성하여 예측부(600)로 전달하고, 예측부(600)는 이 (n-1) x m 행렬의 예측 모델과 데이터 처리부(500)에서 이상이 있다고 판단된 태그의 측정 데이터를 삭제한 (n-1)x1 행렬의 입력을 이용하여 다시 예측을 수행하게 된다. 이렇게 함으



로써 이상 상태 태그의 측정 데이터의 영향을 완전히 배제시킬 수 있다.

[0071] 도 2b를 다시 보면 고장으로 인하여 X1 값이 심하게 떨어진 측정 데이터(검은색 마름모; 340)가 입력되면, 예측 데이터(350)의 값이 도 2a에 도시된 것과 같은 정상 상태의 예측 데이터(320)와 큰 차이를 보이기 때문에 운용자에게 정확한 예측 데이터를 제공할 수 없다. 하지만, 상술한 본 발명의 예측 장치 또는 방법을 제공하면 운용자에게 정확한 예측 데이터를 제공할 수 있다.

[0072] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 데이터 예측 장치에서 2개의 태그 중 1개의 태그가 고장에 의하여 심하게 떨어진 측정 데이터를 제공할 경우의 데이터 예측 방법 및 결과의 일례를 도시한 도면이다.

[0073] 도 5를 참조하면 1차 예측에 의하여 X1 태그의 측정 데이터가 이상이 있음을 알고 X1 태그의 측정 데이터를 제외하고, X2 태그의 측정 데이터를 이용하여 유사도를 계산한다. X2 태그의 측정 데이터만을 이용하여 유사도를 계산한 결과 예측 모델의 데이터 세트 중의 세 개(631, 632, 633)가 가장 높은 유사도를 보이고 이 세 개의 값을 평균하여 최종 예측 데이터(620)를 결정할 수 있다. 이렇게 예측한 최종 예측 데이터(620)는 측정 데이터(610)와 차이가 많이 나기 때문에 이상감지부(400)에서 이상으로 판단할 수 있다. 반면에 최종 예측 데이터(620)는 정상 상태의 예측 데이터(320)와 거의 유사함을 알 수 있다. 즉, 비록 측정 데이터가 고장 또는 이상에 의하여 심하게 떨어진 값을 포함하고 있더라도 정밀한 정상 상태의 예측 데이터를 제공할 수 있다.

[0074] 본 발명의 효과를 보여줄 수 있는 또 다른 일 실시 예로서 다음의 경우를 상정하자. 즉 예측 모델 Z는 다음의 행렬 값을 가진다고 가정하고, k는 1이라고 하자.

$$Z = \begin{bmatrix} 1 & 1.2 & 1.3 & 1.4 & 1.5 \\ 2 & 1.9 & 2.1 & 1.8 & 2.2 \\ 3 & 2.9 & 2.8 & 3.1 & 3.2 \\ 4 & 3.5 & 4.2 & 3.8 & 3.9 \\ 5 & 4.8 & 5.1 & 5.2 & 4.7 \end{bmatrix}$$

[0075]

[0076] 그리고 입력되는 측정 데이터  $X = [10 \ 2.1 \ 2.8 \ 4.2 \ 5.1]^T$  이라고 가정하자. 즉, 3열의 데이터 세트에서 첫 번째 태그의 값만이 고장에 의하여 1.3에서 10으로 변경된 값을 측정 데이터 입력으로 가정한다. 그러면 계산된 데이터 세트별 유사도  $S = [1.8373 \ 1.5471 \ 1.3385 \ 1.3062 \ 1.1998]$  가 되고 이로부터 5번째 열의 데이터 세트를 예측 데이터로 설정하게 된다. 그러면, 1개의 태그에서 발생한 이상 또는 고장에 의하여 다른 태그의 예측 데이터까지 영향을 미치고 전체적으로 측정 데이터와 예측 데이터 사이에 큰 차이가 생겨 오류가 있음을 알려줄 수 있다. 다만, 이 경우 각 태그에 대한 정확한 예측 데이터를 생성할 수는 없다.

[0077] 반면에 고장이 난 것으로 판단되는 첫 번째 태그의 값을 제외하고 다시 유사도를 계산해 보면  $S = [0.0373 \ 0.0804 \ 0.0000 \ 0.0776 \ 0.0665]$  가 되고 따라서 3번째 열의 데이터 세트를 예측 데이터로 설정하게 된다. 그러면 첫 번째 태그의 예측 데이터도 1.3이 되고 다른 태그의 예측 데이터도 정확한 값이 된다. 즉, 본 발명에서 제시하는 장치를 사용하는 경우 고장이 난 태그의 측정 데이터를 포함하고 있더라도 출력하는 예측 데이터는 현 플랜트의 상황을 보여줄 수 있는 정상 상태의 예측 데이터가 될 수 있으며, 특히 고장 난 태그에 대하여도 정상 상태의 예측 데이터를 제공할 수 있다.

[0078] 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 데이터 예측 장치의 데이터 예측 방법을 도시한 도면이다.

[0079] 도 6을 참조하면, 데이터 예측 장치는 기설정된 플랜트 예측 모델과 전 태그의 측정 데이터를 바탕으로 1차 예측 데이터를 생성하는 1차 예측을 수행(S610)한다. 이때 플랜트 예측 모델은 기존의 모수성 모델 또는 비모수성 모델 중의 어느 것이라도 사용할 수 있으며 1차 예측은 사용된 플랜트 예측 모델에 맞추어서 수행된다. 일 예로서 k-NN 방식의 플랜트 예측 모델을 사용하면 예측 모델의 각 데이터 세트와 측정 데이터 간의 유사성을 비교하여 유사성이 높은 순서대로 k 개의 데이터 세트를 선정하고, 선정된 데이터 세트를 조합평균 또는 가중화 평균과 같은 방법을 사용하여 1차 예측 데이터를 생성하는 것으로 1차 예측을 수행할 수 있다.

[0080] 그리고 1차 예측에서 구한 1차 예측 데이터를 바탕으로 이상 태그를 선정(S620)할 수 있다. 이상 태그를 선정하는 방법으로 다양한 방법이 적용될 수 있는데, 일 실시 예로서 1차 예측 데이터와 측정 데이터를 태그별로 비교하여 그 차이가 일정값 또는 일정비율 이상 나는 태그를 이상 태그로 선정할 수 있다. 또 다른 일 실시 예로서

전체 태그의 1차 예측 데이터와 측정 데이터 차이에 대한 평균보다 n배 이상 차이가 나는 태그에 대하여 이상 태그로 선정할 수도 있다.

[0081] 만약 이상 태그가 선정되지 않는다면 모든 태그에 대한 측정 데이터가 정상 상태의 측정 데이터인 것으로 판단하고, 1차 예측 데이터가 정상 상태의 예측 데이터로 판단하여 2차 예측을 수행할 필요없이 바로 예측 데이터로 출력할 수 있다.

[0082] 하지만, 이상 태그가 선정되면, 1차 예측 결과는 이상이 있는 태그의 측정 데이터에 의한 오류가 들어가게 되어 정확한 정상 상태의 예측 데이터가 아닐 수 있다. 그래서 정확한 정상 상태의 예측 데이터를 생성하기 위하여 2차 예측을 수행한다. 이를 위하여 먼저 이상 태그로 선정된 태그를 제외한 나머지 태그의 측정 데이터만을 이용하여 1차 예측시에 사용한 예측 모델을 업데이트(S630)할 수 있다. 즉, 예측 모델의 파라미터들을 이상 상태 태그의 측정 데이터는 제외하고, 정상 상태 태그의 측정 데이터만을 이용하여 업데이트한다. 만약 플랜트 예측 모델이 k-NN 방식인 경우에는 1차 예측시에 사용한  $n \times m$  예측 모델에서 이상 상태 태그에 해당하는 행을 제외한  $n^* \times m$  예측 모델로 업데이트될 수 있다.

[0083] 그리고 업데이트된 예측 모델과 선정된 이상 태그를 제외한 태그의 측정 데이터를 바탕으로 2차 예측을 수행(S640)한다. 2차 예측은 1차 예측과 동일한 방식으로 수행될 수 있으나 예측 모델과 입력되는 측정 데이터가 1차 예측과 다르게 된다. 만약 k-NN 방식인 경우에는  $n^* \times m$  예측 모델의 각 데이터 세트와 이상 상태 태그의 측정 데이터를 제외한  $n^* \times 1$ 의 측정 데이터 간의 유사도를 비교하고, 유사도가 높은 순서로 k 개의 데이터 세트를 선정하고, 선정된 데이터 세트의 각 태그별 값을 조합 평균, 또는 가중치 평균 등의 방법으로 계산하여 각 태그별 예측 데이터를 결정한다. 2차 예측에 의한 예측 데이터는 최종 예측 데이터로서 바로 출력되게 된다.

[0084] 도 7은 본 발명에서 제시하는 방법과 종래의 1차 예측만 하는 경우의 예측 결과를 비교하여 도시한 도면이다.

[0085] 도 7에 도시된 그래프의 x축은 매 5분 간격으로 측정되는 특정 태그의 측정 시간을 나타내며, y축은 측정 시간에 측정된 측정 데이터와 데이터 예측 장치에서 생성한 예측 데이터 간의 차이를 나타낸다. 시간 구간(150 ~ 250)에서는 본원 발명에서 제시하는 데이터 예측 장치의 성능을 검증하기 위하여 기존 측정 데이터 대비 1.2배에 해당하는 가상 이상 신호를 생성하여 인가하여 그 결과를 비교하였다. 도 7에서 그래프(710)는 1차 예측만 하는 경우의 정상 상태 측정 데이터와 예측 데이터 간의 차이를 나타내며 그래프(720)는 본 발명에서 제시하는 2차 예측까지 수행한 경우의 정상 상태 측정 데이터와 예측 데이터 간의 차이를 나타낸다.

[0086] 도 7을 참조하면 이상 신호가 포함되어 있는 시간 구간(150 ~ 250)에서 종래의 1차 예측만 하는 경우의 실제 정상 상태 데이터와 예측 데이터 간의 차이(710)는 본 발명에서 제시하는 2차 예측까지 포함한 방법에서의 실제 정상 상태 데이터와 예측 데이터 간의 차이(720)보다 훨씬 큼을 알 수 있다. 양 방법 간의 평균 제곱근 오차(Root Mean Square Error: RMSE)를 비교하여 보면, 종래의 경우 5.7911에서 본 발명에서 제시하는 방법의 경우 2.1873으로 62.2%의 성능 개선이 있음을 실험을 통하여 확인할 수 있었다.

[0088] 상술한 바와 같이 본 발명에서 제시하는 데이터 예측 장치 및 방법은 종래의 예측 장치 및 방법에 비하여 훨씬 높은 성능으로 운용자에게 정상상태 데이터 예측 데이터를 제공함으로써 시스템의 신뢰도를 높일 수 있을 것이다.

[0089] 그뿐만 아니라 본 발명에서 제시하는 장치 및 방법은 이상 태그의 측정 데이터가 정상 태그의 예측 데이터에 영향을 미치는 것을 방지함으로써 이상 태그 선정에 나타날 수 있는 오류를 최소화할 수 있는 장점이 있다.

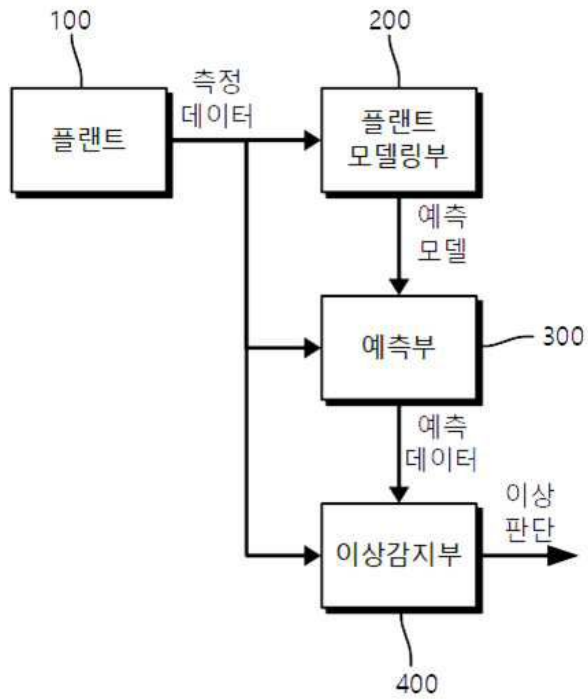
**부호의 설명**

- [0091] 100 : 플랜트
- 200 : 플랜트 모델링부
- 300 : 예측부
- 400 : 이상감지부
- 500 : 데이터 처리부

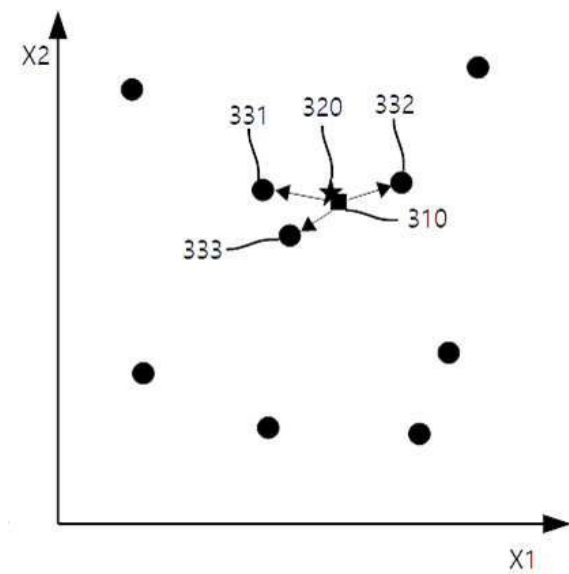
- 600 : 예측부
- 610 : 유사도 계산부
- 620 : 예측 계산부
- 700 : 조기감지부
- 800 : 내부 모델링부

도면

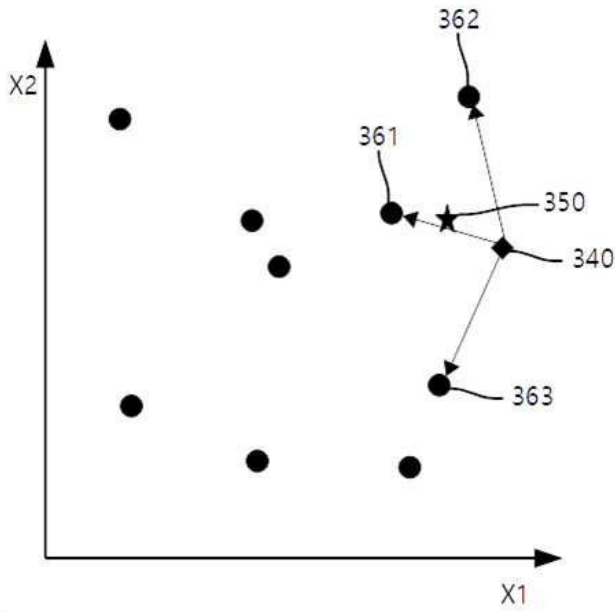
도면1



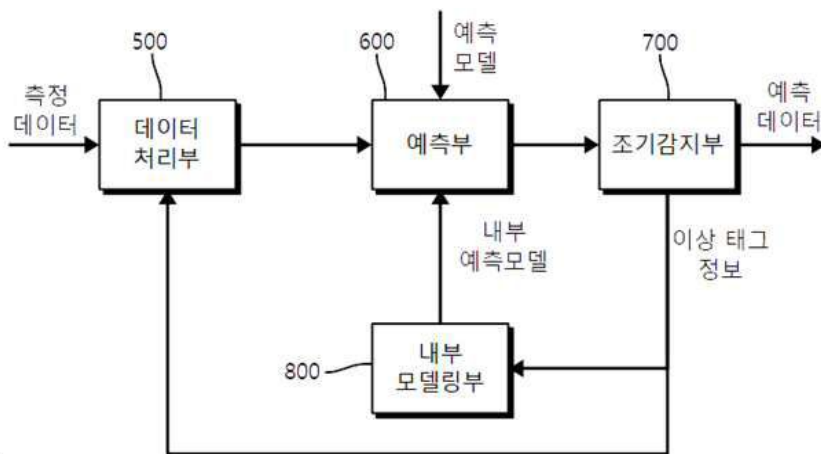
도면2a



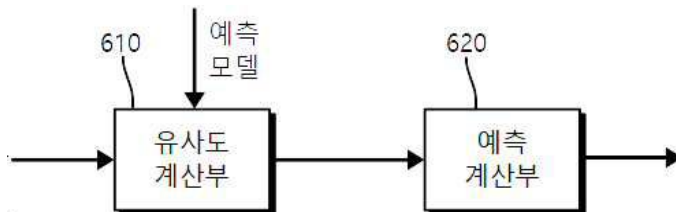
도면2b



도면3

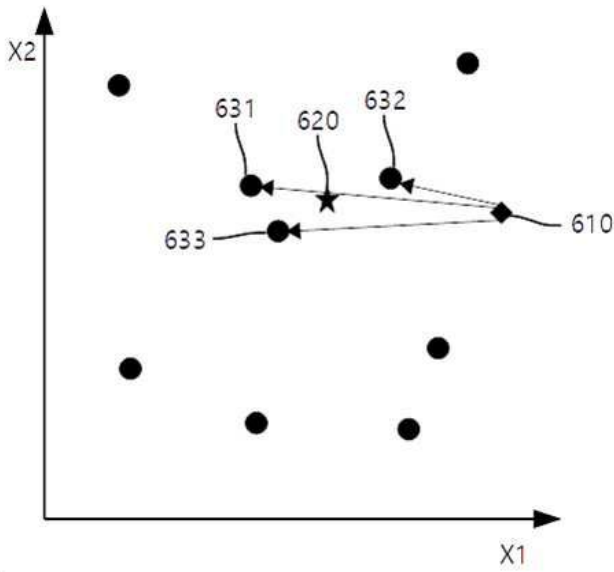


도면4

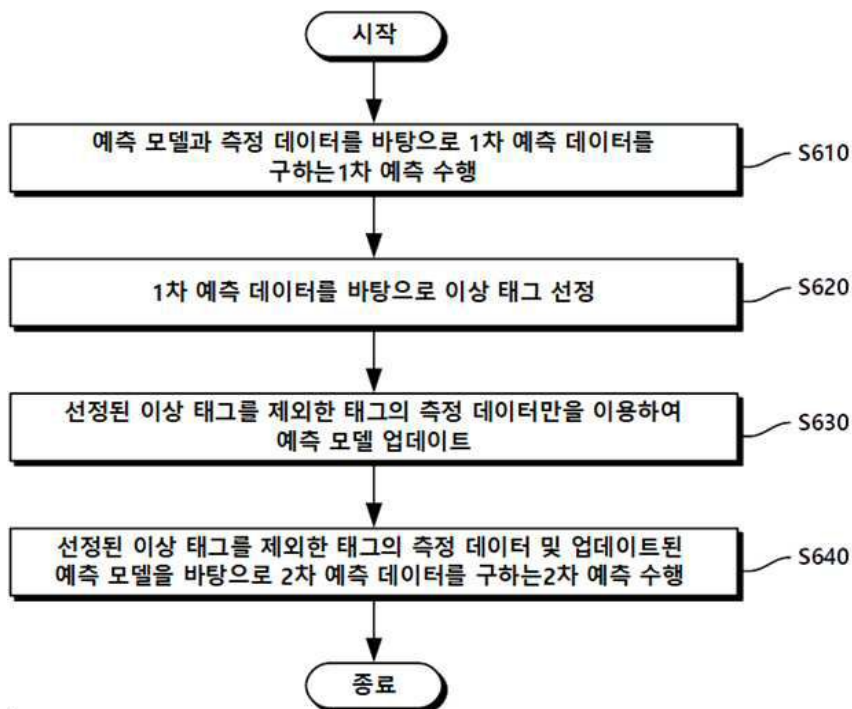




도면5



도면6



도면7

