



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0025447
(43) 공개일자 2018년03월09일

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

(52) CPC특허분류
G05B 23/0221 (2013.01)
G05B 23/0272 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0111418
(22) 출원일자 2016년08월31일
심사청구일자 2016년08월31일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자
이인석

서울특별시 강동구 천중로43길 17 804호 (천호동, 태천아파트)

박승환

경기도 성남시 분당구 서현로 181 이매촌한신아파트 209동 1001호

백준걸

서울특별시 강동구 고덕로 131, 122동 1503호(암사동, 강동롯데캐슬퍼스트아파트)

(74) 대리인

김등용, 김홍석

전체 청구항 수 : 총 8 항

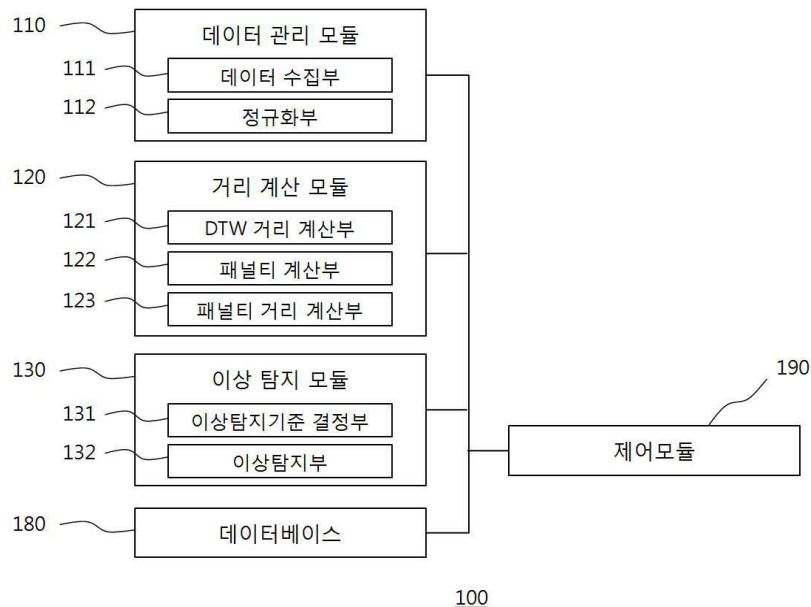
(54) 발명의 명칭 DTWEP 기반 제조공정의 이상탐지 방법 및 장치

(57) 요약

데이터 관리 모듈, 거리 계산 모듈, 이상 탐지 모듈, 및 데이터베이스를 포함하는 DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치 및 이를 이용한 DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 방법이 개시된다. DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 방법은 $n(n$ 은 2 이상의 자연수) 개의 센서(j)로부터 측정된 데이터(x_{ij})를 수집하는 센서 데이터 수집 단계, 수집된 센서 데

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



이터(x_{ij})를 정규화하여 정규화된 데이터(z_{ij})를 생성하는 정규화 단계, 정규화된 데이터(z_{ij})를 이용하여 각각의 제품 데이터별로 다른 제품 데이터와의 DTW거리(d_{ij} , 이하 '제1 DTW 거리'라고 함)를 계산하는 단계, 각각의 센서(j)별로 참조(reference) 데이터(r_j)를 선정하는 단계, 참조 데이터(r_j)와 다른 제품 데이터와의 DTW 거리(D_{ij} , 이하 '제2 DTW 거리'라고 함)를 계산하는 단계; 제2 DTW 거리(D_{ij})에 패널티(P_{ij})를 적용하여 패널티(P_{ij})가 적용된 제3 DTW 거리를 계산하는 단계; 상기 제3 DTW 거리들을 모두 합산하고 각각의 제품(i)별로 패널티가 적용된 거리(PD_i , 이하 '패널티 적용 거리'라고 함)를 계산하는 단계, 각각의 제품(i)에 대한 패널티 적용 거리(PD_i)가 이상탐지기준을 벗어나는지를 판단하는 이상 탐지 단계, 및 이상이 탐지된 경우, 이상 탐지 정보를 출력하는 단계를 포함한다.

(52) CPC특허분류

G05B 23/0281 (2013.01)

G05B 2219/37422 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 F16SN26T4601

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 BK21플러스사업

연구과제명 제조 물류분야에서의 빅데이터 운용사업팀

기 여 율 1/2

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2016.03.01 ~ 2017.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711040094

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인연구지원

연구과제명 빅 데이터 기반 스마트팩토리 구현을 위한 프리딕티브 에널리틱스 기법 개발

기 여 율 2/2

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2016.06.01 ~ 2017.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치에서 특정 제품(i)을 제조하는 공정의 이상을 탐지하는 방법에 있어서, n(n은 2 이상의 자연수) 개의 센서(j)로부터 측정된 데이터(x_{ij})를 수집하는 센서 데이터 수집 단계;

수집된 센서 데이터(x_{ij})를 정규화하여 정규화된 데이터(z_{ij})를 생성하는 정규화 단계;

정규화된 데이터(z_{ij})를 이용하여 각각의 제품 데이터별로 다른 제품 데이터와의 DTW거리(d_{ij} , 이하 '제1 DTW 거리'라고 함)를 계산하는 단계;

각각의 센서(j)별로 참조(reference) 데이터(r_j)를 선정하는 단계;

아래의 식을 이용하여 상기 참조 데이터(r_j)와 다른 제품 데이터와의 DTW 거리(D_{ij} , 이하 '제2 DTW 거리'라고 함)를 계산하는 단계;

$$D_{ij} = DTW(r_j, Z_{ij})$$

상기 제2 DTW 거리(D_{ij})에 패널티(P_{ij})를 적용하여 패널티(P_{ij})가 적용된 제3 DTW 거리를 계산하는 단계;

아래의 식을 이용하여, 상기 제3 DTW 거리들을 모두 합산하고 각각의 제품(i)별로 패널티가 적용된 거리(PD_i , 이하 '패널티 적용 거리'라고 함)를 계산하는 단계;

$$PD_i = \sum_{j=1} P_{ij} \cdot D_{ij}$$

각각의 제품(i)에 대한 패널티 적용 거리(PD_i)가 이상탐지기준을 벗어나는지를 판단하는 이상 탐지 단계; 및 이상이 탐지된 경우, 이상 탐지 정보를 출력하는 단계;를 포함하는 DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 참조 데이터(r_j)는 각각의 센서(j)별로 선정하며,

아래의 식을 이용하여 다른 제품 데이터와의 제1 DTW 거리(d_{ij})의 총합이 가장 작은 데이터를 참조 데이터(r_j)로 선정하는 DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 방법.

$$r_j = \text{Min}(\sum_{i=1} d_{ij})$$

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제2 DTW 거리(D_{ij})에 적용할 상기 패널티(P_{ij})는 지수적으로 증가하는 형태의 엑스포넨셜 패널티(exponential penalty)이며,

아래의 식을 이용하여 상기 패널티(P_{ij})를 계산하는 DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 방법.

$$P_{ij} = e^{(D_{ij} - ULL_j)}$$

(이때, ULL_j 는 각각의 센서(j)에 대한 관리한계선을 의미함)

청구항 4

제3항에 있어서,

각각의 센서(j)에 대한 상기 관리한계선(ULL_j)은 상기 제2 DTW 거리(D_{ij})의 최대값인 DTWEP 기반 제조공정 이상 탐지 방법.

청구항 5

특정 제품(i)을 제조하는 공정에서, n(n은 2 이상의 자연수) 개의 센서(j)로부터 측정된 데이터(x_{ij})를 수집하고 각각의 센서(j)별로 측정하여 수집한 데이터(x_{ij})를 정규화하여 정규화된 데이터(z_{ij})를 생성하는 데이터 관리 모듈,

상기 정규화된 데이터(z_{ij})를 이용하여 각각의 제품 데이터별로 다른 제품 데이터와의 DTW거리(d_{ij} , 이하 '제1 DTW 거리'라고 함)를 계산하고, 각각의 센서(j)별로 참조(reference) 데이터(r_j)를 선정하여, 상기 참조 데이터

(r_j)와 다른 제품 데이터와의 DTW 거리($D_{ij} = DTW(r_j, Z_{ij})$, 이하 '제2 DTW 거리'라고 함)를 계산하고, 아래의 식을 이용하여, 상기 제2 DTW 거리(D_{ij})에 패널티(P_{ij})를 적용하고 합산하여 각각의 제품(i)별로 패널티가 적용된 거리(PD_i , 이하 '패널티 적용 거리'라고 함)를 생성하는 거리 계산 모듈, 및

$$PD_i = \sum_{j=1} P_{ij} \cdot D_{ij}$$

각각의 제품(i)에 대한 상기 패널티 적용 거리(PD_i)가 이상탐지기준을 벗어나는지를 판단하고, 이상이 탐지된 경우, 이상 탐지 정보를 출력하는 이상 탐지 모듈을 포함하는 DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 참조 데이터(r_j)는 각각의 센서(j)별로 선정하며,

아래의 식을 이용하여 다른 제품 데이터와의 제1 DTW 거리(d_{ij})의 총합이 가장 작은 데이터를 참조 데이터(r_j)로 선정하는 DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치.

$$r_j = \text{Min}(\sum_{i=1} d_{ij})$$

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 제2 DTW 거리(D_{ij})에 적용할 상기 패널티(P_{ij})는 지수적으로 증가하는 형태의 엑스포넨셜 패널티(exponential penalty)이며,

아래의 식을 이용하여 상기 패널티(P_{ij})를 계산하는 DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치.

$$P_{ij} = e^{(D_{ij} - ULL_j)}$$

(이때, ULL_j 는 각각의 센서(j)에 대한 관리한계선을 의미함)

청구항 8

제7항에 있어서,

각각의 센서(j)에 대한 상기 관리한계선(ULL_j)은 상기 제2 DTW 거리(D_{ij})의 최대값인 DTWEP 기반 제조공정 이상 탐지 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 DTWEP 기반 제조공정의 이상탐지 방법 및 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 제조공정 데이터를 수집하고 정규화하여 데이터 간 DTW 거리 및 EP(exponential penalty)를 계산하고, 이를 이용하여 패널티가 적용된 거리를 계산하여 제조공정의 이상을 탐지하는 DTWEP 기반 제조공정의 이상탐지 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 본 발명은 제품 제조 공정에서 제품의 분류, 특히, 이상 제품의 탐지 및 분류를 위한 기법에 관한 것이다.
- [0003] 제조공정의 이상탐지를 위한 방법으로 CUSUM (Cumulative SUM) chart, EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) chart, Hotelling's chart와 같은 통계적 공정관리(Statistical Process Control, SPC) 기법이 있었으나, 이 기법들을 사용하기 위해서는 정규성 가정과 같은 제약조건이 있다.
- [0004] 이러한 기법들 외에도 Multiway Principal Component Analysis(MPCA), Fault Detection k-Nearest-Neighbor(FD-kNN), Statistics Pattern Analysis (SPA) 등의 방법이 제안되었으나 분류기준(decision boundary)에 따라 분류 성능의 편차가 많이 발생한다.
- [0005] 제조공정에서 발생하는 데이터는 측정되는 시간과 센서에서 얻어지는 값(value)을 가지고 있다. 하지만 같은 공정이라도 공정이 완료되는 시간이 동일하지 않으며, 이러한 길이의 차이는 이상탐지 성능을 저하시키는 원인이 된다. Dynamic Time Warping(DTW) 기법 길이의 차이가 있는 데이터의 유사성을 비교하는 방법으로 널리 쓰이고 있다.
- [0006] 다만, DTW 기법의 경우, 분류 기준에 따라 분류 성능의 편차가 큰 문제점이 존재한다. 따라서, 분류 기준에 따른 분류(탐지) 성능의 편차가 적으며, 분류 성능이 뛰어난 제조공정의 이상탐지 방법이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 정상 제품과 불량 제품을 정확하게 분류하는 것과 분류 기준에 따른 성능저하를 최소화하는 것이다. .

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명의 일 실시 예에 따른 DTWEP 기반 제조공정의 이상탐지 방법은 n (n 은 2 이상의 자연수) 개의 센서(j)로부터 측정된 데이터(x_{ij})를 수집하는 센서 데이터 수집 단계, 수집된 센서 데이터(x_{ij})를 정규화하여 정규화된 데이터(z_{ij})를 생성하는 정규화 단계, 정규화된 데이터(z_{ij})를 이용하여 각각의 제품 데이터별로 다른 제품 데이터와의 DTW거리(d_{ij} , 이하 '제1 DTW 거리'라고 함)를 계산하는 단계, 각각의 센서(j)별로 참조(reference) 데이터(r_j)를 선정하는 단계, 상기 참조 데이터(r_j)와 다른 제품 데이터와의 DTW 거리($D_{ij} = DTW(r_j, Z_{ij})$, 이하 '제2 DTW 거리'라고 함)를 계산하는 단계, 상기 제2 DTW 거리(D_{ij})에 패널티(P_{ij})를 적용하여 패널티(P_{ij})가 적용된 제3 DTW 거리를 계산하는 단계, 상기 제3 DTW 거리들을 모두 합산하고 각각의 제품(i)별로 패널티가 적용된 거리($PD_i = \sum_{j=1} P_{ij} \cdot D_{ij}$, 이하 '패널티 적용 거리'라고 함)를 계산하는 단계, 각각의 제품(i)에 대한 패널티 적용 거리(PD_i)가 이상탐지기준을 벗어나는지를 판단하는 이상 탐지 단계, 및 이상이 탐지된 경우, 이상 탐지 정보를 출력하는 단계를 포함한다.
- [0009] 본 발명의 일 실시 예에 따른 DTWEP 기반 제조공정의 이상탐지 장치는 특정 제품(i)을 제조하는 공정에서, n (n 은 2 이상의 자연수) 개의 센서(j)로부터 측정된 데이터(x_{ij})를 수집하고 각각의 센서(j)별로 측정하여 수집한

데이터(x_{ij})를 정규화하여 정규화된 데이터(z_{ij})를 생성하는 데이터 관리 모듈, 상기 정규화된 데이터(z_{ij})를 이용하여 각각의 제품 데이터별로 다른 제품 데이터와의 DTW거리(d_{ij} , 이하 '제1 DTW 거리'라고 함)를 계산하고, 각각의 센서(j)별로 참조(reference) 데이터(r_j)를 선정하여, 상기 참조 데이터(r_j)와 다른 제품 데이터와의 DTW 거리($D_{ij} = DTW(r_j, Z_{ij})$), 이하 '제2 DTW 거리'라고 함)를 계산하고, 상기 제2 DTW 거리(D_{ij})에 패널티(P_{ij})를 적용하고 합산하여 각각의 제품(i)별로 패널티가 적용된 거리($PD_i = \sum_{j=1} P_{ij} \cdot D_{ij}$, 이하 '패널티 적용 거리'라고 함)를 생성하는 거리 계산 모듈, 및 각각의 제품(i)에 대한 상기 패널티 적용 거리(PD_i)가 이상탐지기준을 벗어나는지를 판단하고, 이상이 탐지된 경우, 이상 탐지 정보를 출력하는 이상 탐지 모듈을 포함한다.

발명의 효과

[0010] 본 발명의 실시 예에 따른 DTWEP 기반 제조공정의 이상탐지 방법 및 장치는 기존의 분류 기법보다 더 좋은 성능을 보이며, 분류 기준에 따른 성능의 편차가 적은 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.

도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 DTWEP 기반 제조공정의 이상탐지 장치의 기능 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 DTWEP 기반 제조공정의 이상탐지 방법의 프레임워크를 도시한다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 DTWEP 기반 제조공정의 이상탐지 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 4는 시퀀스 X 및 시퀀스 Y의 DTW 거리를 설명하기 위한 예시적인 도면이다.

도 5는 각각의 시퀀스에 대하여 패널티가 적용되지 않은 DTW 거리 및 패널티가 적용된 DTW 거리를 비교하여 도시한 예시적인 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시 예들에 한정되지 않는다.

[0013] 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서에서 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0014] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 본 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0015] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0016] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 상세히 설명한다.

[0017] 먼저, 도 1을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따라 DTWEP 기반 제조공정의 이상탐지 장치에 대해 상술한다.

[0018] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 DTWEP 기반 제조공정의 이상탐지 장치의 기능 블록도이다. 도 1을 참조하

면, DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치(100)는 데이터를 수집하고 정규화하는 데이터 관리 모듈(110), 데이터 간 DTW 거리를 계산하고, 이상 탐지를 위하여 패널티가 적용된 거리를 계산하는 거리 계산 모듈(120), 이상탐지 기준을 결정하고, 제조공정의 이상을 탐지하는 이상 탐지 모듈(130), 데이터베이스(180), 및 제어모듈(190)을 포함한다.

[0019] 본 명세서에서 사용되는 '-부' 또는 '모듈'이라 함은 본 발명의 기술적 사상을 수행하기 위한 하드웨어 및 상기 하드웨어를 구동하기 위한 소프트웨어의 기능적, 구조적 결합을 의미할 수 있다. 예컨대, 상기 '-부' 또는 '-모듈'은 소정의 코드와 상기 소정의 코드가 수행되기 위한 하드웨어 리소스의 논리적인 단위를 의미할 수 있으며, 반드시 물리적으로 연결된 코드를 의미하거나 한 종류의 하드웨어를 의미하는 것은 아니다.

[0020] DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치(100)의 데이터 관리 모듈(110)은 데이터 수집부(111) 및 정규화부(112)를 포함한다.

[0021] 데이터 수집부(111)는 특정 제품(i)을 제조하는 공정에서, n(n은 2 이상의 자연수) 개의 센서(j)로부터 측정된 데이터(x_{ij})를 수집하고 이를 데이터베이스(180)에 저장한다. 이때, x_{ij} 는 i번째 제품에 대하여 j번째 센서로부터 측정된 데이터를 의미한다. 측정된 데이터는 센서 데이터 또는 관련 시간 정보(예를 들어, 센싱 시간 등)를 포함할 수 있다.

[0022] 정규화부(112)는 각각의 센서(j)별로 측정하여 수집한 데이터(x_{ij})를 정규화하여 정규화된 데이터(z_{ij})를 생성하고 데이터베이스(180)에 저장한다. 획득한다(S120). 이때, z_{ij} 는 i번째 제품에 대하여 j번째 센서로부터 측정된 데이터를 각각의 센서(j)별로 정규화한 데이터를 의미한다.

[0023] DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치(100)의 거리 계산 모듈(120)은 DTW 거리 계산부(121), 패널티 계산부(122), 및 패널티 적용 거리 계산부(123)를 포함할 수 있다.

[0024] DTW 거리 계산부(121)는 각각의 정규화된 데이터(z_{ij})를 이용하여 각각의 제품에 대한 데이터 사이의 DTW거리(d_{ij} , 이하 '제1 DTW 거리'라고도 함)를 계산하여 데이터 베이스(180)에 저장할 수 있다. 또한, DTW 거리 계산부(121)는 레퍼런스(r_j)와 다른 정규화된 데이터(z_{ij})와의 DTW 거리(D_{ij} , $D_{ij} = DTW(r_j, Z_{ij})$, 이하 '제2 DTW 거리'라고도 함)를 계산하여 데이터 베이스(180)에 저장할 수 있다.

[0025] 패널티 계산부(122)는 이상 탐지를 위하여 각각의 시퀀스의 거리에 적용할 패널티(P_{ij})를 계산한다. 바람직하게는 지수적으로 증가하는 형태의 엑스포넨셜 패널티(exponential penalty)를 적용하며, 엑스포넨셜 패널티(P_{ij})는 아래의 수학적식을 이용하여 계산한다.

$$P_{ij} = e^{(D_{ij} - ULL_j)}$$

[0026]

[0027] 이때, ULL_j 는 각각의 센서(j)에 대한 관리한계선을 의미하며, D_{ij} 의 최대값($Max(D_{ij})$)을 관리한계선(ULL_j)으로 결정할 수 있다.

[0028] 패널티 적용 거리 계산부(123) 각각의 제2 DTW 거리(D_{ij})에 패널티(P_{ij})를 적용하여 패널티(P_{ij})가 적용된 제3 DTW 거리를 계산한 후, 어느 하나의 시퀀스(제품, i)에 있어서, 각각의 센서(j)에 대한 제3 DTW 거리들의 총합을 계산하여, 제품(i)별로 패널티가 적용된 거리(PD_i , Penalized Distance, 이하 '패널티 적용 거리' 또는 '패널티 거리'라고도 함)를 계산한다. 즉, 아래의 식을 이용하여 패널티 적용 거리(PD_i)를 계산할 수 있다.

$$PD_i = \sum_{j=1} P_{ij} \cdot D_{ij}$$

[0029]

[0030] DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치(100)의 이상 탐지 모듈(130)은 이상탐지기준 결정부(131), 및 이상탐지부(132)를 포함한다.

[0031] 이상탐지기준 결정부(131)는 이상탐지기준은 탐지하고자 하는 이상에 따라서, 이상 탐지 대상 제품에 따라서, 또는 이상 탐지 대상 제품의 공정 환경 등에 따라서 이상탐지기준을 결정할 수 있다.

- [0032] 예를 들어, 패널티 적용 거리(PD_i)의 최대값($ULL_{PD_i} = \text{Max}(PD_i)$)을 이상탐지기준으로 결정할 수 있으며, 또는, 이상탐지기준을 패널티 적용 거리(PD_i)의 최대값(ULL_{PD_i})에 각각의 시퀀스(제품)에 대한 표준편차의 3배를 더한 값($ULL_{PD_i} + 3\sigma$)으로 결정할 수도 있다.
- [0033] 이상탐지부(132)는 각각의 제품(i)에 대한 패널티 적용 거리(PD_i)가 이상탐지기준(선)을 벗어나는지를 판단한다.
- [0034] 이상이 탐지된 경우 이상탐지 모듈(130)은 이상 탐지 정보를 데이터베이스(180)에 저장하고 출력할 수 있다.
- [0035] 데이터베이스(180)는 복수의 제품(시퀀스, i)에 대하여 복수의 센서(j)로부터 수집된 데이터를 저장한다. 또한, 수집된 데이터를 정규화한 결과 및 수집된 데이터들의 DTW 거리 정보를 저장할 수 있다. 본 명세서에서 데이터베이스라 함은, 각각의 데이터베이스에 대응되는 정보를 저장하는 소프트웨어 및 하드웨어의 기능적 구조적 결합을 의미할 수도 있다.
- [0036] 제어모듈(190)은 DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치(100)의 전반적인 동작을 제어한다. 즉, 데이터 관리 모듈(110), 거리 계산 모듈(120), 이상 탐지 모듈(130), 및 데이터베이스(180)의 동작을 제어할 수 있다.
- [0037] 본 실시예와 달리, 상기 DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치(100)가 아닌 별도의 장치에 상기 데이터 관리 모듈(110) 또는 거리 계산 모듈(120)을 구비하는 것도 가능하다.
- [0038] 이하, 도 2 내지 도 5를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치를 이용한 DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 방법에 대하여 자세히 살펴보도록 한다.
- [0039] 도 2는 도 1에 도시한 DTWEP 기반 제조공정의 이상탐지 장치를 이용한 DTWEP 기반 제조공정의 이상탐지 방법의 프레임워크를 도시한 도면이고, 도 3은 도 1에 도시한 DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치를 이용한 DTWEP 기반 제조공정의 이상탐지 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0040] 도 4는 시퀀스 X 및 시퀀스 Y의 DTW 거리를 설명하기 위한 예시적인 도면이고, 도 5는 각각의 시퀀스에 대하여 패널티가 적용되지 않은 DTW 거리 및 패널티가 적용된 DTW 거리를 비교하여 도시한 예시적인 그래프이다.
- [0041] 도 2를 참조하면, DTWEP 기반 제조공정의 이상탐지 장치를 이용한 DTWEP 기반 제조공정의 이상탐지 방법은 데이터를 수집하고 정규화하여 데이터 간 DTW 거리를 계산하는 데이터 처리 단계(S100), 이상 탐지를 위하여 패널티가 적용된 거리를 계산하는 거리 계산 단계(S200), 및 이상탐지기준을 결정하고, 제조공정의 이상을 탐지하는 이상 탐지 단계(S300)를 포함한다.
- [0042] 먼저, DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치(100)의 데이터 관리 모듈(110)은 특정 제품(i)을 제조하는 공정에서, n(n은 2 이상의 자연수) 개의 센서(j)로부터 측정된 데이터(x_{ij})를 수집한다(S110). 이때, x_{ij} 는 i번째 제품에 대하여 j번째 센서로부터 측정된 데이터를 의미한다. 측정된 데이터는 센서 데이터 또는 관련 시간 정보(예를 들어, 센싱 시간 등)를 포함할 수 있다.
- [0043] 다음, DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치(100)의 데이터 관리 모듈(110)은 각각의 센서(j)별로 측정하여 수집한 데이터(x_{ij})를 정규화하여 정규화된 데이터(z_{ij})를 획득한다(S120). 이때, z_{ij} 는 i번째 제품에 대하여 j번째 센서로부터 측정된 데이터를 각각의 센서(j)별로 정규화한 데이터를 의미하며, 아래의 [수학식 1]을 이용하여 정규화할 수 있다.

수학식 1

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j}$$

[0044]

[0045] 이때, $\bar{x}_j$ 및 σ_j 는 j번째 센서로부터 수집한 데이터들의 평균(mean) 및 표준편차(standard deviation)를 의미한다.

[0046] 다음, 각각의 정규화된 데이터(z_{ij})를 이용하여 각각의 제품에 대한 데이터 사이의 DTW거리(d_{ij} , 이하 '제1 DTW

거리'라고도 함)를 계산한다(S130).

[0047] 이때, DTW(Dynamic Time Warping) 거리는 길이의 차이가 있는 시퀀스(sequence) 데이터의 유사성을 비교하는 방법으로, 길이가 k인 제1 시퀀스(x_k) 및 길이가 l인 제2 시퀀스(y_l)에 대하여 두 시퀀스 사이에 점들의 최소 누적 거리를 계산한다(도 4 참고). 두 데이터 시퀀스의 DTW 거리($C(k, l)$)의 계산식은 아래와 같다.

[0048]
$$C(k, l) = d(x_k, y_l) + \min\{C(k-1, l-1), C(k-1, l), C(k, l-1)\}$$

[0049] 다음, DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치(100)의 거리 계산 모듈(120)은 각각의 센서(j)별로 참조(reference) 데이터(r_j)를 선정한다(S210). 참조 데이터(r_j)는 각각의 센서(j)별로 선정하며, 다른 제품(시퀀스) 데이터와의 DTW 거리의 총합이 가장 작은 데이터를 참조 데이터(r_j)로 선정할 수 있다. 즉, 참조 데이터(r_j)는 아래의 [수학식 2]를 이용하여 획득할 수 있다.

수학식 2

[0050]
$$r_j = \text{Min}(\sum_{i=1} d_{ij})$$

[0051] 다음, DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치(100)의 거리 계산 모듈(120)은 상기 참조 데이터(r_j)를 이용하여, 상기 참조 데이터(r_j)와 다른 정규화된 데이터(z_{ij})와의 DTW 거리(D_{ij} , 이하 '제2 DTW 거리'라고도 함)를 계산한다.

[0052]
$$D_{ij} = \text{DTW}(r_j, Z_{ij})$$

[0053] 다음, DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치(100)의 거리 계산 모듈(120)은 제2 DTW 거리(D_{ij})에 적용할 패널티(P_{ij})를 결정한다(S220). 본 발명에서는 지수적으로 증가하는 형태의 엑스포넨셜 패널티(exponential penalty)를 적용하여, 엑스포넨셜 패널티(P_{ij})는 아래의 [수학식 3]를 이용하여 계산한다.

수학식 3

[0054]
$$P_{ij} = e^{(D_{ij} - ULL_j)}$$

[0055] 이때, ULL_j 는 각각의 센서(j)에 대한 관리한계선을 의미하며, 아래와 같이, D_{ij} 의 최대값을 관리한계선으로 결정할 수 있다.

[0056]
$$ULL_j = \text{Max}(D_{ij})$$

[0057] 다음, DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치(100)의 거리 계산 모듈(120)은 각각의 제2 DTW 거리(D_{ij})에 패널티(P_{ij})를 적용하여 패널티(P_{ij})가 적용된 제3 DTW 거리를 계산한다. 도 5는 각각의 시퀀스에 대하여 패널티가 적용되지 않은 DTW 거리 및 패널티가 적용된 DTW 거리를 비교하여 도시한 예시적인 그래프이다. 도 5를 참고하면, 엑스포넨셜 구조의 패널티(P_{ij})가 적용하는 경우, 패널티 적용하지 않는 기존의 DTW 거리를 이용한 분류 기법보다 더 좋은 분류 성능을 보임을 확인할 수 있다.

[0058] 다음, DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치(100)의 거리 계산 모듈(120)은 어느 하나의 시퀀스(제품, i)에 있어서, 각각의 센서(j)에 대한 제3 DTW 거리들을 모두 합산하여, 제품(i)별로 패널티가 적용된 거리(PD_i , Penalized Distance, 이하 '패널티 적용 거리' 또는 '페널티 거리'라고도 함)를 계산한다(S230). 패널티 적용 거리(PD_i)는 아래의 [수학식 4]를 이용하여 계산할 수 있다.

수학식 4

$$PD_i = \sum_{j=1} P_{ij} \cdot D_{ij}$$

[0059]

[0060]

다음, DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치(100)의 이상 탐지 모듈(130)은 이상 탐지를 위하여 이상탐지기준을 결정한다(310). 이상탐지기준은 탐지하고자 하는 이상에 따라서, 이상 탐지 대상 제품에 따라서, 또는 이상 탐지 대상 제품의 공정 환경 등에 따라서 관리자 또는 사용자 등이 결정할 수 있다.

[0061]

예를 들어, 패널티 적용 거리(PD_i)의 최대값(ULL_{PD_i} , $ULL_{PD_i} = \text{Max}(PD_i)$)을 이상탐지기준으로 결정할 수 있다. 또는, 이상탐지기준을 패널티 적용 거리(PD_i)의 최대값(ULL_{PD_i})에 각각의 시퀀스(제품)에 대한 표준편차의 3배를 더한 값($ULL_{PD_i} + 3\sigma$)으로 결정할 수도 있다.

[0062]

다음, DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치(100)의 이상 탐지 모듈(130) 각각의 제품(i)에 대한, 패널티 적용 거리(PD_i)가 이상탐지기준(선)을 벗어나는지를 판단하는 이상 탐지 단계를 수행한다(S320). 이상이 탐지된 경우, 이상탐지 모듈(130)은 이상 탐지 정보를 출력한다(S330). 상기 이상 탐지 결과들은 데이터베이스(180)에 저장될 수 있다.

[0063]

본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

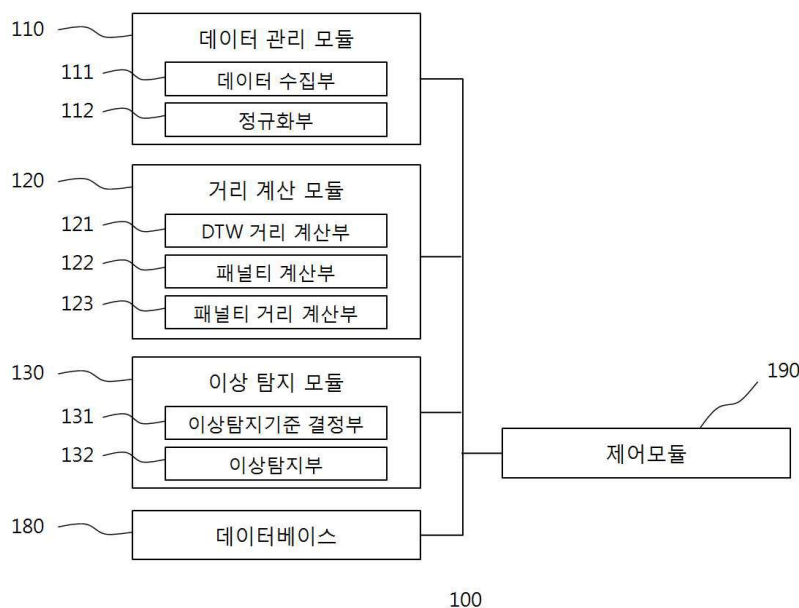
부호의 설명

[0064]

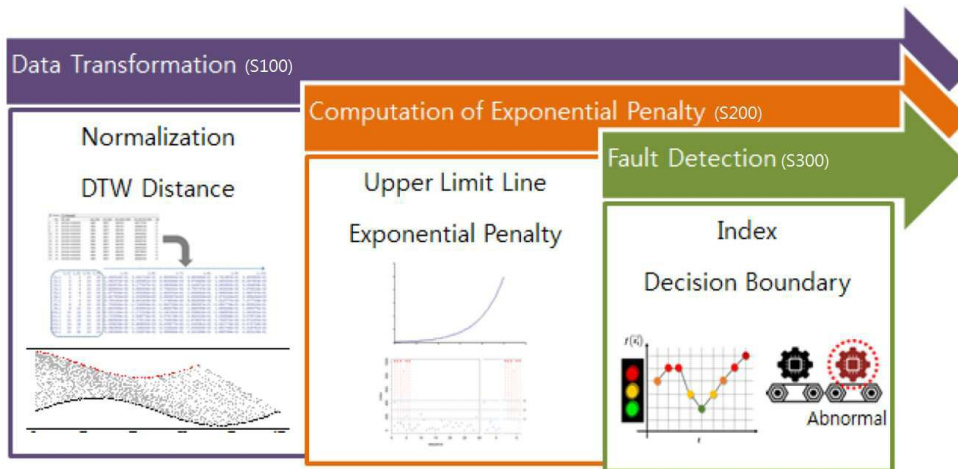
100 : DTWEP 기반 제조공정 이상탐지 장치
110 : 데이터 관리 모듈 120 : 거리 계산 모듈
130 : 이상 탐지 모듈 180 : 데이터베이스
190 : 제어모듈

도면

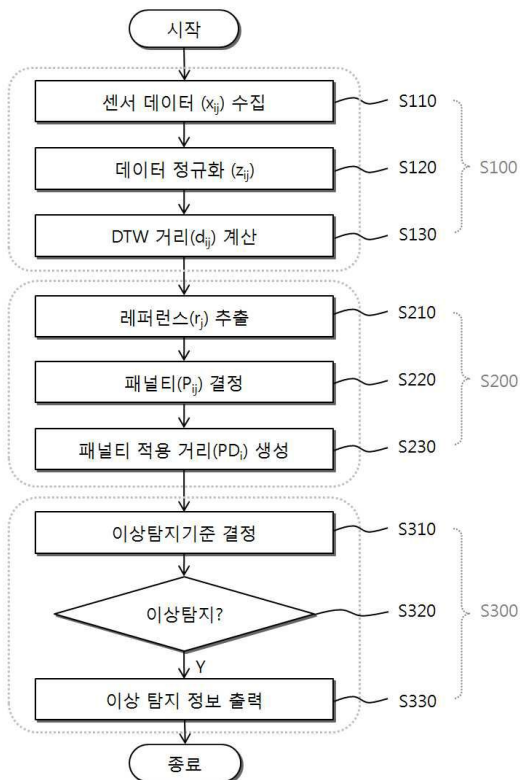
도면1



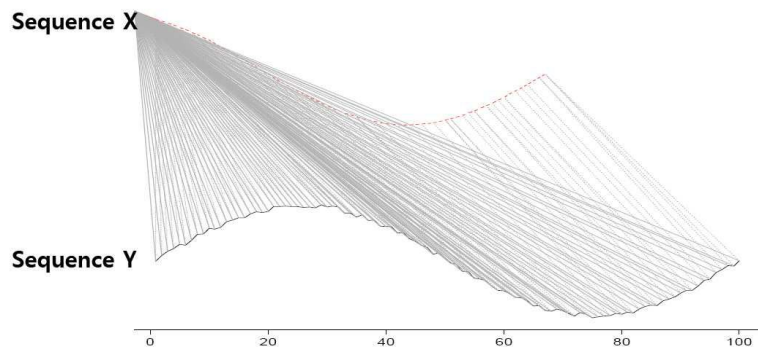
도면2



도면3



도면4



도면5

