(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0087263
(43) 공개일자 2017년07월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/00 (2006.01) *G01R 31/28* (2006.01)
G01R 31/3183 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/00 (2013.01)
G01R 31/2848 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0007009
(22) 출원일자 2016년01월20일
심사청구일자 2016년01월20일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
권대일
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 10 항

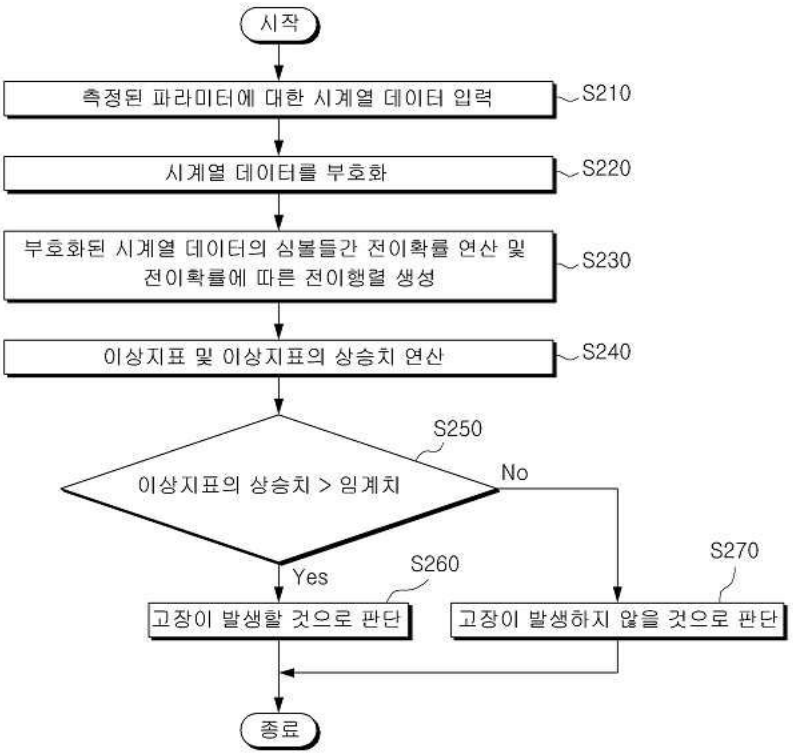
(54) 발명의 명칭 **전자 기기의 고장 예측 장치 및 이를 이용한 고장 예측 방법**

(57) 요 약

본 발명은 기기의 고장 예측 장치 및 이를 이용한 고장 예측 방법 에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 고장 예측 장치를 이용한 고장 예측 방법에 있어서, 고장 예측 방법은 대상 기기로부터 측정된 성능 파라미터에 대한 시계열 데이터를 입력받는 단계, 기 설정된 범위에 대응하는 복수의 심볼들로 상기 시계열 데이터를 부호화하는

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



단계, 상기 부호화된 시계열 데이터의 심볼들간 전이 확률을 연산하고, 상기 전이 확률에 따른 전이 행렬을 생성하는 단계, 상기 전이 행렬과 기 저장된 데이터 베이스의 차이 값인 이상 지표 및 이상 지표의 상승치를 연산하는 단계, 그리고 상기 이상 지표의 상승치와 기 설정된 임계치를 비교하고, 비교 결과 상기 이상 지표의 상승치가 기 설정된 임계치보다 크면 상기 대상 기기의 고장이 발생할 것으로 예측하는 단계를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 대상 기기나 시스템에 대한 물리적 분석이나 이론적 배경 없이 측정된 데이터만으로도 대상 기기나 시스템의 고장 징후를 사전에 정확히 예측할 수 있다. 또한, 부호화한 데이터를 이용함으로써 고장 징후의 예측에 필요한 연산량을 줄였으며, 이로 인해 고가의 연산 장비등을 이용하지 않더라도 고장 징후를 미리 예측할 수 있다.

(52) CPC특허분류
G01R 31/318342 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

고장 예측 장치를 이용한 고장 예측 방법에 있어서,

대상 기기로부터 측정된 성능 파라미터에 대한 시계열 데이터를 입력받는 단계,

기 설정된 범위에 대응하는 복수의 심볼들로 상기 시계열 데이터를 부호화하는 단계,

상기 부호화된 시계열 데이터의 심볼들간 전이 확률을 연산하고, 상기 전이 확률에 따른 전이 행렬을 생성하는 단계,

상기 전이 행렬과 기 저장된 데이터 베이스의 차이 값인 이상 지표 및 이상 지표의 상승치를 연산하는 단계, 그리고

상기 이상 지표의 상승치와 기 설정된 임계치를 비교하고, 비교 결과 상기 이상 지표의 상승치가 기 설정된 임계치보다 크면 상기 대상 기기의 고장이 발생할 것으로 예측하는 단계를 포함하는 고장 예측 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 데이터 베이스는,

상기 대상 기기의 정상 동작시에 측정된 성능 파라미터에 대한 시계열 데이터를 부호화하고, 각 부호간의 전이 확률을 전이 행렬화하여 생성되는 고장 예측 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 이상 지표 및 이상 지표의 상승치를 연산하는 단계는,

행렬 놈(matrix norm)을 통해 상기 전이 행렬과 기 저장된 데이터 베이스의 차이 값인 이상 지표를 연산하는 고장 예측 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 이상 지표의 상승치는,

상기 이상 지표의 순간 기울기 및 연속적인 이상 지표 상승 횟수 중 적어도 어느 하나를 포함하는 고장 예측 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 이상 지표 및 이상 지표의 상승치를 연산하는 단계는,

최소 제곱법(least square method)을 이용하여 상기 이상 지표의 순간 기울기를 연산하는 고장 예측 방법.

청구항 6

대상 기기로부터 측정된 성능 파라미터에 대한 시계열 데이터를 입력받는 입력부,

기 설정된 범위에 대응하는 복수의 심볼들로 상기 시계열 데이터를 부호화하는 부호화부,

상기 부호화된 시계열 데이터의 심볼들간 전이 확률을 연산하고, 상기 전이 확률에 따른 전이 행렬을 생성하는

생성부, 그리고

상기 전이 행렬과 기 저장된 데이터 베이스의 차이 값인 이상 지표 및 이상 지표의 상승치를 연산하는 연산부, 그리고

상기 이상 지표의 상승치와 기 설정된 임계치를 비교하고, 비교 결과 상기 이상 지표의 상승치가 기 설정된 임계치보다 크면 상기 대상 기기의 고장이 발생할 것으로 예측하는 예측부를 포함하는 고장 예측 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 데이터 베이스는,

상기 대상 기기의 정상 동작시에 측정된 성능 파라미터에 대한 시계열 데이터를 부호화하고, 각 부호간의 전이 확률을 전이 행렬화하여 생성되는 고장 예측 장치.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 연산부는,

행렬 놈(matrix norm)을 통해 상기 전이 행렬과 기 저장된 데이터 베이스의 차이 값인 이상 지표를 연산하는 고장 예측 장치.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 이상 지표의 상승치는,

상기 이상 지표의 순간 기울기 및 연속적인 이상 지표 상승 횟수 중 적어도 어느 하나를 포함하는 고장 예측 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 연산부는,

최소 제곱법(least square method)을 이용하여 상기 이상 지표의 순간 기울기를 연산하는 고장 예측 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전자 기기의 고장 예측 장치 및 이를 이용한 고장 예측 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 대상 전자 기기의 성능 파라미터에 대한 측정 데이터를 분석하여 전자 기기의 고장 발생을 사전에 예측하는 전자 기기의 고장 예측 장치 및 이를 이용한 고장 예측 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 시스템의 고장 예지란 작동중인 시스템의 열화 정도를 평가하여 고장이 발생할 시간을 예측하는 과정을 말한다. 이러한 시스템의 고장 예지는 갑작스러운 고장에 따른 물적 손실이나 인적 피해를 사전에 방지하는데 큰 역할을 한다.

[0003] 그러므로, 현재 산업 전반에서는 물적 손실이나 인적 피해를 최소화하고자, 시스템이나 기기의 고장을 사전에 예측 및 진단하는 시스템에 대한 연구가 진행중이며, 일부 산업 분야에서는 실제 적용되어 실시되는 경우도 있다.

[0004] 하지만, 대부분의 고장 예지 방법들은 각각의 시스템 모델이나 장치 모델에 대한 물리적 분석이나 이론적 배경

을 고려하므로 적용되는 영역이 협소하며, 다른 시스템 모델에 해당 방법들을 적용하기 위해서는 예측 진단 시스템 전체를 수정해야 하는 문제점이 있다.

[0005] 뿐만 아니라, 고가의 측정 장비나 방대한 연산작업을 수행해야 하는 연산 장비를 이용해야 하므로 고가의 시스템에 대한 고장 진단 과정에 주로 적용되는 실정이다.

[0006] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국등록특허 제10-1208091호(2012.12.04공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 대상 전자 기기의 성능 파라미터에 대한 측정 데이터를 분석하여 전자 기기의 고장 발생을 사전에 예측하는 전자 기기의 고장 예측 장치 및 이를 이용한 고장 예측 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면 고장 예측 장치를 이용한 고장 예측 방법에 있어서, 고장 예측 방법은 대상 기기로부터 측정된 성능 파라미터에 대한 시계열 데이터를 입력받는 단계, 기 설정된 범위에 대응하는 복수의 심볼들로 상기 시계열 데이터를 부호화하는 단계, 상기 부호화된 시계열 데이터의 심볼들간 전이 확률을 연산하고, 상기 전이 확률에 따른 전이 행렬을 생성하는 단계, 상기 전이 행렬과 기 저장된 데이터 베이스의 차이 값인 이상 지표 및 이상 지표의 상승치를 연산하는 단계, 그리고 상기 이상 지표의 상승치와 기 설정된 임계치를 비교하고, 비교 결과 상기 이상 지표의 상승치가 기 설정된 임계치보다 크면 상기 대상 기기의 고장이 발생할 것으로 예측하는 단계를 포함한다.

[0009] 상기 데이터 베이스는, 상기 대상 기기의 정상 동작시에 측정된 성능 파라미터에 대한 시계열 데이터를 부호화하고, 각 부호간의 전이 확률을 전이 행렬화하여 생성될 수 있다.

[0010] 상기 이상 지표 및 이상 지표의 상승치를 연산하는 단계는, 행렬 놈(matrix norm)을 통해 상기 전이 행렬과 기 저장된 데이터 베이스의 차이 값인 이상 지표를 연산할 수 있다.

[0011] 상기 이상 지표의 상승치는, 상기 이상 지표의 순간 기울기 및 연속적인 이상 지표 상승 횟수 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 이상 지표 및 이상 지표의 상승치를 연산하는 단계는, 최소 제곱법(least square method)을 이용하여 상기 이상 지표의 순간 기울기를 연산할 수 있다.

[0013] 본 발명의 다른 실시예에 따른 고장 예측 장치는 대상 기기로부터 측정된 성능 파라미터에 대한 시계열 데이터를 입력받는 입력부, 기 설정된 범위에 대응하는 복수의 심볼들로 상기 시계열 데이터를 부호화하는 부호화부, 상기 부호화된 시계열 데이터의 심볼들간 전이 확률을 연산하고, 상기 전이 확률에 따른 전이 행렬을 생성하는 생성부, 그리고 상기 전이 행렬과 기 저장된 데이터 베이스의 차이 값인 이상 지표 및 이상 지표의 상승치를 연산하는 연산부, 그리고 상기 이상 지표의 상승치와 기 설정된 임계치를 비교하고, 비교 결과 상기 이상 지표의 상승치가 기 설정된 임계치보다 크면 상기 대상 기기의 고장이 발생할 것으로 예측하는 예측부를 포함한다.

발명의 효과

[0014] 이와 같이 본 발명에 따르면, 대상 기기나 시스템에 대한 물리적 분석이나 이론적 배경 없이 측정된 데이터만으로도 대상 기기나 시스템의 고장 징후를 사전에 정확히 예측할 수 있다. 또한, 부호화한 데이터를 이용함으로써 고장 징후의 예측에 필요한 연산량을 줄였으며, 이로 인해 고가의 연산 장비등을 이용하지 않더라도 고장 징후를 미리 예측할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 고장 예측 장치의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 고장 예측 방법의 순서도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 부호화 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 전이 행렬을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 고장 예측 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 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.

[0017] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0018] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0019] 먼저, 도 1을 통해 본 발명의 실시예에 따른 고장 예측 장치(100)의 구성에 대하여 살펴보도록 한다. 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 고장 예측 장치의 구성도이다.

[0020] 도 1에서 나타난 바와 같이, 고장 예측 장치(100)는 입력부(110), 부호화부(120), 생성부(130), 연산부(140) 및 예측부(150)를 포함한다.

[0021] 우선, 입력부(110)는 대상 기기로부터 측정된 성능 파라미터에 대한 시계열 데이터를 입력받는다. 이때, 대상 기기의 파라미터에 대한 시계열 데이터는 센서나 계측 기기 등에 의해 대상 기기로부터 측정될 수 있으며, 입력부(110)는 유선 또는 무선으로 통신 연결된 센서 등으로부터 시계열 데이터를 전송받을 수 있다.

[0022] 여기서, 대상 기기는 전자 기기나 전자 부품일 수 있으며, 특정 장치나 기기뿐만 아니라, 기기나 장치를 사용하는 제어 시스템 등을 포함한다.

[0023] 그러면, 부호화부(120)는 기 설정된 범위에 대응하는 복수의 심볼들로 시계열 데이터를 부호화한다.

[0024] 그리고, 생성부(130)는 부호화된 시계열 데이터의 심볼들간 전이 확률을 연산하고, 전이 확률에 따른 전이 행렬을 생성한다.

[0025] 다음으로, 연산부(140)는 전이 행렬과 기 저장된 데이터 베이스의 차이 값인 이상 지표 및 이상 지표의 상승치를 연산한다. 이때, 데이터 베이스는 대상 기기의 정상 동작시에 측정된 성능 파라미터에 대한 시계열 데이터를 부호화하고, 각 부호간의 전이 확률을 전이 행렬화하여 생성될 수 있다.

[0026] 또한, 연산부(140)는 행렬 놈(matrix norm)을 통해 전이 행렬과 기 저장된 데이터 베이스의 차이 값을 연산할 수 있다. 여기서, 차이 값은 이상 지표가 된다.

[0027] 한편, 이상 지표의 상승치는 이상 지표의 순간 기울기 및 연속적인 이상 지표 상승 횟수 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으며, 최소 제곱법(least square method)을 이용하여 이상 지표의 순간 기울기를 연산할 수 있다.

[0028] 그러면, 예측부(150)는 이상 지표의 상승치와 기 설정된 임계치를 비교한다. 비교 결과 이상 지표의 상승치가 기 설정된 임계치보다 크면, 대상 기기의 고장이 발생할 것으로 예측한다.

[0029] 반면, 이상 지표의 상승치가 기 설정된 임계치보다 작거나 같은 경우, 예측부(150)는 대상 기기의 고장이 발생하지 않을 것으로 판단할 수 있다.

[0031] 다음으로, 도 2 내지 도 4를 통해 본 발명의 실시예에 따른 고장 예측 장치(100)를 이용한 고장 예측 방법에 대하여 살펴보도록 한다. 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 고장 예측 방법의 순서도이다.

[0032] 우선, 고장 예측 장치(100)는 대상 기기로부터 측정된 성능 파라미터에 대한 시계열 데이터를 입력받는다(S210).

[0033] 여기서, 시계열 데이터(time series data)는 대상 기기의 특정 성능 파라미터에 관한 측정치가 시계열적으로 표현되는 데이터를 의미하며, 성능 파라미터는 대상 기기의 성능을 나타내는 파라미터를 의미한다. 예를 들어, 대

상 기기가 적층 세라믹 축전기라고 한다면, 적층 세라믹 축전기의 파라미터 중 정전 용량(Capacitance)이나 유전 손실 계수(Dissipation Factor)에 대한 시계열적 측정치를 입력받을 수 있다.

[0034] 그리고, 시계열 데이터는 시간축에 대해 일정한 시간 간격(예를 들어, 10분 간격)으로 측정될 수도 있다.

[0035] 한편으로, 대상 기기의 성능 파라미터는 하나 이상일 수 있고, 대상 기기나 시스템의 종류 등에 의해 변경될 수 있으며, 이는 통상의 기술자에 의해 설계 변경이 가능하다.

[0036] 다음으로, 고장 예측 장치(100)는 기 설정된 범위에 대응하는 복수의 심볼들로 시계열 데이터를 부호화한다(S220).

[0037] 이때, 대상 기기의 파라미터를 측정한 시계열 데이터는 다양한 값을 가질 수 있으며, 이러한 측정값을 가공없이 사용하게 되면 대용량의 데이터를 처리해야 하는 문제점이 발생한다. 그러므로, S220 단계에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 하나의 수단으로 시계열 데이터를 부호화한다.

[0038] 구체적으로, 복수의 심볼들은 시계열 데이터의 측정값과 기 설정된 데이터 범위를 대응시킴으로써 부호화한다. 여기서, 기 설정된 데이터 범위는 대상 기기가 정상적으로 작동하는 경우에 측정된 데이터의 전체 범위 등을 고려하여 설정되며, 통상의 기술자에 의해 설계 변경이 가능하다.

[0039] 한편으로, 측정된 대상 기기의 성능 파라미터가 복수개인 경우에는 각각의 파라미터에 대한 심볼들을 조합한 심볼을 이용하여 시계열 데이터를 부호화할 수도 있다.

[0040] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 부호화 방법을 설명하기 위한 도면으로서, 도 3의 좌측 그래프는 시계열 데이터를 시간축에 따라 그래프화한 것으로 각 시간대에 따라 다양한 값이 측정되고 있는 것을 보여준다.

[0041] 이러한 시계열 데이터를 1 내지 4로 구분되는 범위에 대응시키면 도 3의 우측과 같은 그래프로 나타낼 수 있으며, 이를 부호화 하면 시계열 데이터는 "…3434321212344…"로 나타날 수 있다.

[0042] 다음으로, 고장 예측 장치(100)는 부호화된 시계열 데이터의 심볼들간 전이 확률을 연산하고, 전이 확률에 따른 전이 행렬을 생성한다(S230).

[0043] 구체적으로, 심볼들간 전이 확률은 시계열 흐름에 따라 계속하여 갱신될 수 있으며, 일정한 시간 간격으로 측정된 시계열 데이터를 부호화한 경우에는 매 측정마다 연산되어 갱신될 수 있다.

[0044] 예를 들어, 현재 측정 전까지 부호 3에서 4로 전이할 확률이 65%이고 현재 측정 데이터가 부호 3에서 4로 전이한 경우라면, 고장 예측 장치(100)는 현재 측정 데이터를 반영하여 부호 3에서 4로 전이할 확률을 67%로 갱신할 수 있으며, 이에 따라 부호 3에서 부호 1 내지 3으로 전이 확률 또한 갱신할 수 있다.

[0045] 또한, 고장 예측 장치(100)는 전이확률에 따른 전이 행렬을 연산하며, 이때, 전이 행렬은 도 4와 같이 나타날 수 있다. 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 전이 행렬을 설명하기 위한 도면이다.

[0046] 도 4에서 나타난 바와 같이, 전이 행렬은 현재의 심볼(i)에서 다음 심볼(j)로 전이되는 확률(P_{ij}), 즉, 전이 확률을 행렬화하여 생성될 수 있으며, 도 4는 심볼이 4개인 경우의 전이 행렬을 나타내고 있다. 전이 행렬의 크기는 심볼의 개수에 따라 달라질 수 있다.

[0047] S230단계에서 전이 행렬을 생성한 다음 고장 예측 장치(100)는 전이 행렬과 기 저장된 데이터 베이스의 차이 값인 이상 지표를 연산하고, 연산된 이상 지표를 이용하여 이상 지표의 상승치를 연산한다(S240).

[0048] 여기서, 데이터 베이스는 대상 기기의 정상 동작시에 측정된 성능 파라미터에 대한 시계열 데이터를 부호화하고, 각 부호간의 전이 확률을 전이 행렬화하여 생성될 수 있다. 이때, 데이터 베이스의 생성 방법은 S210 내지 S230 단계와 동일한바 자세한 설명은 생략하도록 한다.

[0049] 한편, 이상 지표란 현재 측정된 시계열 데이터가 기계가 정상 작동하는 경우에 측정되는 시계열 데이터와 어느 정도의 차이가 있는지를 나타내는 지표를 의미하며, 고장 예측 장치(100)는 S230단계에서 생성된 전이 행렬과 데이터 베이스의 차이 값을 연산함으로써 이상 지표를 연산할 수 있다.

[0050] 구체적으로, 고장 예측 장치(100)는 행렬 놈(matrix norm)을 통해 전이 행렬과 기 저장된 데이터 베이스의 차이 값인 이상 지표를 연산할 수 있으며, 행렬 놈을 통한 연산 과정은 통상의 기술자에게 자명한 사항이므로 자세한 설명은 생략하도록 한다.

[0051] 또한, 고장 예측 장치(100)는 연산된 이상 지표를 이용하여 이상 지표의 상승치를 연산하며, 이상 지표의 상승

치는 이상 지표의 순간 기울기 및 연속적인 이상 지표 상승 횟수 중 적어도 어느 하나를 포함한다.

[0052] 여기서, 이상 지표의 순간 기울기는 현재의 이상 지표 수치와 이전 이상 지표 수치를 통해 연산되는데, 이 경우, 일시적이나 국부적으로 감소하는 구간이 발생할 수 있다. 이러한 특이점을 감소시켜 고장 예측의 정확도를 올리기 위하여, 고장 예측 장치(100)는 2개 이상의 이전 이상 지표 수치와 현재의 이상 지표 수치를 선형피팅함으로써 이상 지표의 순간 기울기를 연산할 수 있다.

[0053] 예를 들어, 현재 시간이 T4라고 가정할 때, T3 내지 T1에서의 이상 지표 수치를 T4에서의 이상 지표 수치와 선형피팅함으로써 T4에서의 이상 지표의 순간 기울기를 연산할 수 있다.

[0054] 한편, 고장 예측 장치(100)는 최소 제곱법을 이용하여 이상 지표의 순간 기울기를 연산할 수 있다. 최소 제곱법(least square method)이란, 측정값을 기초로 하여 적당한 제곱합을 만들고 그것을 최소로 하는 값을 구하여 측정 결과를 처리하는 방법으로 최소 자승법이라고도 한다. 최소 제곱법에 의한 순간 기울기의 연산 과정은 통상의 기술자에게 자명한 바, 자세한 설명은 생략하도록 한다.

[0055] S240단계에서 이상 지표의 상승치를 연산한 다음, 고장 예측 장치(100)는 이상 지표의 상승치와 기 설정된 임계치를 비교한다(S250). 이때, 기 설정된 임계치는 대상 기기의 정상 작동시를 고려하여 설정될 수 있으며, 대상 기기의 종류나 측정 파라미터의 종류에 따라 통상의 기술자가 설계변경 할 수 있다.

[0056] 한편, 이상 지표의 상승치는 이상 지표의 순간 기울기 및 연속적인 이상 지표 상승 횟수 중 적어도 어느 하나를 포함하므로, 고장 예측 장치(100)는 이상 지표의 순간 기울기 또는 연속적인 이상 지표 상승 횟수를 각각에 대응하는 임계치와 비교할 수 있을 뿐만 아니라, 순간 기울기 및 연속적인 이상 지표 상승 횟수 모두를 각각의 임계치와 비교할 수도 있다.

[0057] S250단계에서의 비교 결과, 이상 지표의 상승치가 기 설정된 임계치보다 크면, 고장 예측 장치(100)는 대상 기기의 고장이 발생할 것으로 예측한다(S260).

[0058] 한편, 이상 지표의 상승치가 이상 지표의 순간 기울기 및 연속적인 이상 지표 상승 횟수를 모두 포함하는 경우, 고장 예측 장치(100)는 이상 지표의 순간 기울기 및 연속적인 이상 지표 상승 횟수 모두가 각각의 임계치보다 크면 고장이 발생할 것으로 예측할 수 있다.

[0059] 반면, S250단계에서의 비교 결과, 이상 지표의 상승치가 기 설정된 임계치보다 작거나 같으면, 고장 예측 장치(100)는 대상 기기의 고장이 발생하지 않을 것으로 예측한다(S270).

[0060] S260단계 및 S270 단계에서의 예측 결과는 고장 예측 장치(100)에 포함된 디스플레이 장치나 음향 장치 등을 통해 사용자에게 제공될 수 있으며, 고장 예측 장치(100)와 유선 또는 무선으로 통신 연결된 단말기를 통해 사용자에게 제공될 수 있다.

[0062] 이하에서는 도 5를 통해 본 발명의 시뮬레이션 결과에 대하여 살펴보도록 한다. 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 고장 예측 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다.

[0063] 도 5는 적층 세라믹 축전기에 대한 고장 예측 시뮬레이션 결과를 나타내고 있으며, 도 5의 (a)에서 나타난 바와 같이, 시뮬레이션에 사용된 적층 세라믹 축전기는 872시간째에 유전 손실 계수가 급격히 상승하였으며, 이는 적층 세라믹 축전기의 고장을 나타낸다.

[0064] 고장이 일어나지 않은 적층 세라믹 축전기에 대한 데이터 분석 결과, 정상적인 적층 세라믹 축전기는 최대 2번의 연속적인 이상지표 상승이 있었으며, 순간기울기는 0.01~0.02의 범위를 가졌다. 이에 따라 본 시뮬레이션에서는 연속 3번 이상 양의 기울기 측정 시에 기울기가 0.01보다 높으면 고장 경보를 발생시키도록 하였다.

[0065] 시뮬레이션 결과, 본 발명의 고장 예측 장치(100)는 859시간째에 이상 지표의 기울기 및 연속적인 이상 지표 상승 횟수가 임계치보다 높게 측정되었으며, 실제 고장 시간보다 13시간 먼저 해당 적층 세라믹 축전기의 고장을 감지하였다.

[0066] 도 5의 (c)는 고장 예측 시간대에 측정된 정전 용량의 데이터를 비교한 것으로, 고장 예측 시간대에서 정전 용량의 미세한 요동이 있음을 알 수 있다. 이는 고장 기준에 미치지 못하는 미세한 고장의 전조까지 본 발명에 의해 감지할 수 있음을 의미한다.

[0068] 본 발명의 실시예에 따르면, 대상 기기나 시스템에 대한 물리적 분석이나 이론적 배경 없이 측정된 데이터만으로도 대상 기기나 시스템의 고장 징후를 사전에 정확히 예측할 수 있다. 또한, 부호화한 데이터를 이용함으로써 고장 징후의 예측에 필요한 연산량을 줄였으며, 이로 인해 고가의 연산 장비등을 이용하지 않더라도 고장 징후를 미리 예측할 수 있다.

[0069] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

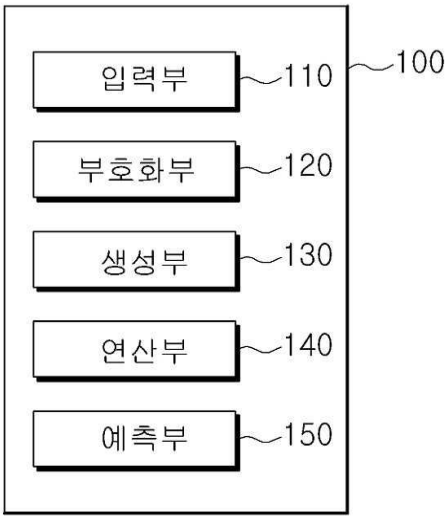
[0070] 100 : 고장 예측 장치 110 : 입력부

120 : 부호화부 130 : 생성부

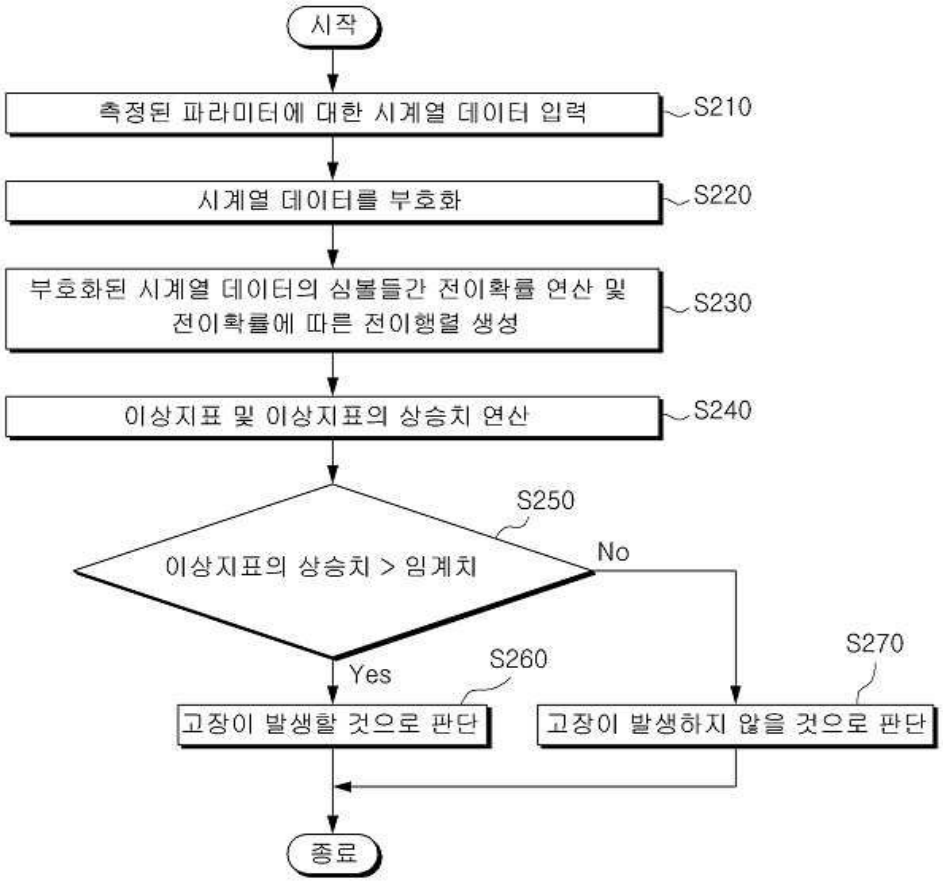
140 : 연산부 150 : 예측부

도면

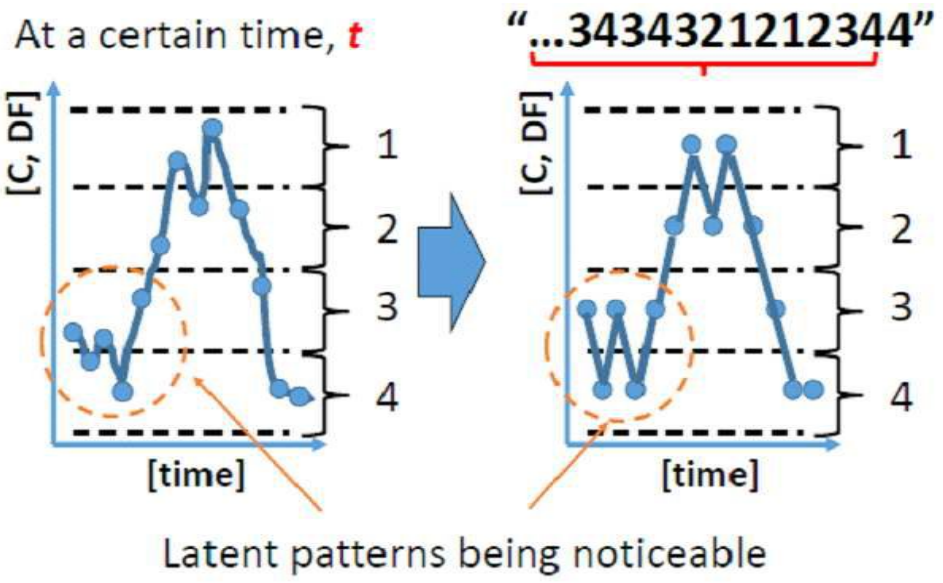
도면1



도면2


시작
측정된 파라미터에 대한 시계열 데이터 입력
S210
시계열 데이터를 부호화
S220
부호화된 시계열 데이터의 심볼들간 전이확률 연산 및 전이확률에 따른 전이행렬 생성
S230
이상지표 및 이상지표의 상승치 연산
S240
S250
이상지표의 상승치 > 임계치
No
Yes
S260
S270
고장이 발생할 것으로 판단
고장이 발생하지 않을 것으로 판단
종료

도면3


At a certain time, t
"...343432121212344"
[C, DF]
1
2
3
4
[time]
[C, DF]
1
2
3
4
[time]
Latent patterns being noticeable

도면4

$$\begin{bmatrix} P_{11} & \cdots & P_{14} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{41} & \cdots & P_{44} \end{bmatrix}$$

Calculate the transition probability, P_{ij}

(i : current symbol, j : next symbol)

도면5

