



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년04월02일
(11) 등록번호 10-2235336
(24) 등록일자 2021년03월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05B 23/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G05B 23/0283 (2013.01)
E21B 43/12 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0068365
(22) 출원일자 2020년06월05일
심사청구일자 2020년06월05일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020190053035 A*
KR1020190072813 A*
KR102067344 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
(주)씨앤에스아이
서울특별시 강동구 암사길 14, 3층 (암사동)
(72) 발명자
김승광
서울특별시 강동구 상암로 11, 111동 304호(암사동, 선사현대아파트)
조범석
서울특별시 강동구 천중로 253, 106동 501호(길동, e편한세상 강동에코포레)
김길현
경기도 성남시 중원구 박석로25번길 36, 201호(상대원동, 우양빌라)
(74) 대리인
김정수

전체 청구항 수 : 총 5 항

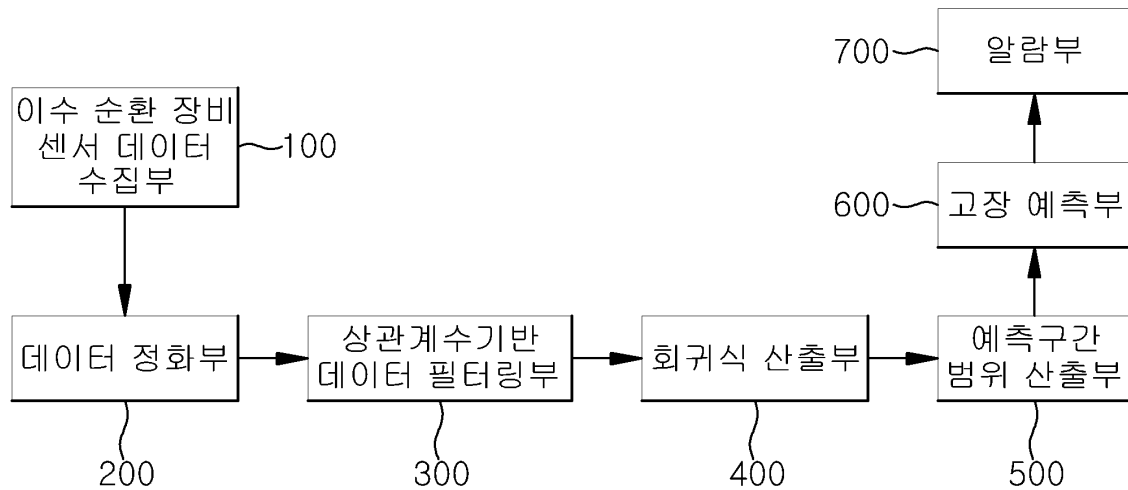
심사관 : 김윤한

(54) 발명의 명칭 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치 및 방법에 관한 것으로서, 특히 이수 순환 시스템에서 실시간으로 수집되는 센서 데이터를 상관계수를 기초로 필터링하여 센서 데이터 쌍을 추출하고, 이를 이용하여 회귀식을 산출하며, 이 회귀식을 기초로 예측범위를 산출하고, 실시간으로 수집되는 센서 데이터 중 예측범위를 벗어난 센서 데이터 쌍의 센서에 대해서 알람을 표시하는, 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치 및 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

- G05B 23/0235 (2013.01)
- G05B 23/024 (2013.01)
- G05B 23/027 (2013.01)
- G05B 23/0272 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615010465
과제번호	20IFIP-B133610-04
부처명	국토교통부
과제관리(전문)기관명	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	플랜트연구사업
연구과제명	이수 순환특성 예측 및 연속순환시스템 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국지질자원연구원
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

고체 제어 시스템 및 이물질 제거시스템을 포함하는 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치에 있어서,

상기 이수 순환 시스템에 구비되는 호퍼(hopper)의 무게, 인입량 및 토출량을 확인하는 로드셀, 상기 로드셀의 고장시 높이를 확인하기 위한 레벨 센서, 필터상태 확인용 압력 센서, 믹서의 인입-토출되는 유체의 압력 확인용 압력 센서, 머드 탱크의 레벨 확인용 레벨 센서, 제트 건(jet gun)의 압력 상태 확인용 압력 센서, 물 순환용 유량계, 이수 밀도 확인용 밀도 센서, 이물질 제거 시스템의 고장진단 및 장비 상태 확인용 진동 센서, 디게서 탱크(degasser tank) 상태 확인용 압력 센서 및 원심분리기 투입량 확인용 유량계로부터 센서 데이터를 수집하도록 구성된 이수 순환 장비 센서 데이터 수집부(100);

수집된 상기 센서 데이터 중 누락된 센서 데이터가 존재하는 시점의 센서 데이터를 걸러내어 정화시키도록 구성된 데이터 정화부(200);

정화된 센서 데이터의 상관계수를 1 : N 방식으로 산출한 후, 산출된 상관계수의 절대값이 설정값 이상인 센서 데이터 쌍만을 추출하도록 구성된 상관계수 기반 데이터 필터링부(300);

추출된 상기 센서 데이터 쌍 중 하나를 독립변수를 하고 나머지를 종속변수로 하여 회귀식을 산출하도록 구성된 회귀식 산출부(400);

상기 회귀식을 예측구간의 범위 산출식에 대입하여 예측 구간 범위를 산출하도록 구성된 예측 구간 범위 산출부(500);

상기 이수 순환 장비 센서 데이터 수집부로부터 수집되는 센서 데이터 중 설정된 시간 동안 설정된 횟수 이상 상기 예측 구간 범위를 벗어나는 이상 센서 데이터가 존재하는지의 여부를 결정하여, 상기 이상 센서 데이터가 존재하면 상기 상관계수 기반 데이터 필터링부에서 추출된 센서 데이터 쌍을 참고하여, 상기 이상 센서 데이터와 데이터 쌍을 이루는 센서 데이터를 찾아내고, 상기 이상 센서 데이터 및 상기 이상 센서 데이터와 데이터 쌍을 이루는 센서 데이터를 생성한 센서에 대한 알람 표시 제어 신호를 출력하도록 구성된 고장 예측부(600); 및

상기 고장 예측부에서 출력되는 알람 표시 제어 신호에 따라 상기 이상 센서 데이터 및 상기 이상 센서 데이터와 데이터 쌍을 이루는 센서 데이터를 생성한 센서에 대해서 알람 표시를 함으로써 분석할 센서 데이터 량을 줄여서 장비에 대한 고장 분석을 빠르게 수행하도록 구성된 알람부(700);를 포함하는, 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 상관계수는 다음의 [수학식 1]에 의해 산출되는, 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치.

[수학식 1]

$$r(X, Y) = \frac{S_{XY}}{S_X S_Y}, -1 \leq r(X, Y) \leq 1$$

$$S_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n - 1}$$

[여기서, X, Y 는 센서 데이터 변수를 나타내고, X_i, Y_i 는 센서 데이터를 나타내며, X̄, Ȳ는 각각 X, Y의 평균값을 나타내며, r(X, Y)는 상관계수를 나타내며, S_{XY}는 공분산을 나타내며, S_X는 X의 표준편차(X축 간격)

를 나타내며, S_Y 는 Y 의 표준편차(Y 축 간격)를 나타내며, n 은 센서 데이터의 개수(자유도)를 나타냄]

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 회귀식은 다음의 [수학식 2]과 같은, 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치.

[수학식 2]

$$\hat{Y} = a + bX$$

[여기서, \hat{Y} 는 종속변수를 나타내고, X 는 독립변수를 나타내며, a 는 절편을 나타내고 다음의 [수학식 3]에 산출되며, b 는 기울기를 나타내고 다음의 [수학식 3]에 의해 산출됨]

[수학식 3]

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} = \frac{\sum Y_i}{n} - b \frac{\sum X_i}{n}$$

$$b = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum(X_i - \bar{X})^2}$$

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 예측구간의 범위 산출식은 다음의 [수학식 4]와 같은, 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치.

[수학식 4]

$$\hat{Y}_0 \pm t_{\frac{\alpha}{2}, n-2} \sqrt{\frac{\sum(Y_i - \hat{Y})^2}{n-2} \times (1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_0 - \bar{X})^2}{\sum(X_i - \bar{X})^2})}$$

[여기서, \hat{Y}_0 는 예측값을 나타내고, α 는 오차율을 나타내며, X_0 는 독립변수의 입력값을 나타냄]

청구항 5

제 1 항에 기재된 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치를 이용한 장비 고장 예측 방법으로서,

이수 순환 장비 센서 데이터 수집부(100)가 상기 이수 순환 시스템에 구비되는 호퍼(hopper)의 무게, 인입량 및 토출량을 확인하는 로드셀, 상기 로드셀의 고장시 높이를 확인하기 위한 레벨 센서, 필터상태 확인용 압력 센서, 믹서의 인입-토출되는 유체의 압력 확인용 압력 센서, 머드 탱크의 레벨 확인용 레벨 센서, 제트 건(jet gun)의 압력 상태 확인용 압력 센서, 물 순환용 유량계, 이수 밀도 확인용 밀도 센서, 이물질 제거 시스템의 고장진단 및 장비 상태 확인용 진동 센서, 디게서 탱크(degasser tank) 상태 확인용 압력 센서 및 원심분리기 투입량 확인용 유량계로부터 센서 데이터를 수집하는 단계;

데이터 정화부(200)가 수집된 상기 센서 데이터 중 누락된 센서 데이터가 존재하는 시점의 센서 데이터를 걸러내어 정화시키는 단계;

상관계수 기반 데이터 필터링부(300)가 정확된 센서 데이터의 상관계수를 1 : N 방식으로 산출한 후, 산출된 상관계수의 절대값이 설정값 이상인 센서 데이터 쌍만을 추출하는 단계;

회귀식 산출부(400)가 추출된 상기 센서 데이터 쌍 중 하나를 독립변수를 하고 나머지를 종속변수로 하여 회귀식을 산출하는 단계;

예측 구간 범위 산출부(500)가 상기 회귀식을 예측구간의 범위 산출식에 대입하여 예측 구간 범위를 산출하는 단계;

고장 예측부(600)가 상기 순환 장비 센서 데이터 수집부로부터 수집되는 센서 데이터 중 설정된 시간 동안 설정된 횟수 이상 상기 예측 구간 범위를 벗어나는 이상 센서 데이터가 존재하는지의 여부를 결정하는 단계;

상기 결정 단계에서, 상기 이상 센서 데이터가 존재하면 상기 고장 예측부가 상기 센서 데이터 쌍을 참고하여 상기 이상 센서 데이터와 데이터 쌍을 이루는 센서 데이터를 찾아내는 단계; 및

상기 고장 예측부가 상기 이상 센서 데이터 및 상기 이상 센서 데이터와 데이터 쌍을 이루는 센서 데이터를 생성한 센서에 대한 알람 표시 제어 신호를 알람부(700)에 출력하여 알람 표시를 하는 단계;를 포함하는, 장비 고장 예측 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치 및 방법에 관한 것으로서, 특히 이수 순환 시스템에서 실시간으로 수집되는 센서 데이터를 상관계수를 기초로 필터링하여 센서 데이터 쌍을 추출하고, 이를 이용하여 회귀식을 산출하며, 이 회귀식을 기초로 예측범위를 산출하고, 실시간으로 수집되는 센서 데이터 중 예측범위를 벗어나는 센서 데이터 쌍의 센서에 대해서 알람을 표시하는, 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 해저 또는 육지의 지하자원을 탐사하거나 지층의 구조/상태를 조사하기 위하여 땅속으로 구멍을 파는 작업을 수행하기 위한 시추장치는 드릴 파이프를 통해 공급되는 시추용 머드와 같은 드릴링 유체에 의해 암석이나 모래의 천공이 수행되도록 한다. 여기서 드릴 파이프를 설치하거나 교체하기 위하여 시추장치에 드릴 파이프를 연결하거나 해제하는 작업과정에서도 머드를 지속적으로 주입하여 드릴 스트링의 내부와 외부압력을 일정하게 유지시켜 주는데, 이는 시추작업 시 발생하는 암편류(cuttings)가 유정에 적체되지 않게 계속 움직이게 하기 위함이다. 이와 같은 드릴 파이프의 연결/해체 작업을 비롯한 드릴링 작업과정 전반에 걸쳐 머드펌프의 구동을 유도하여 머드가 시추장치 내에서 순환하도록 하는 것이 이수 순환 시스템이다.

[0003] 이수 순환 시스템은 고체 제어 시스템(solid control system) 및 이물질 제거 시스템(treatment system)을 포함한다. 고체 제어 시스템은 이수 재료를 저장하고 이송하는 벌크 시스템(bulk system)과 이수 재료를 혼합하고 침전을 방지하는 믹싱 시스템(mixing system)을 포함한다. 이물질 제거 시스템은 폐이수내 포함되어 있는 이물질을 제거하는 역할을 한다.

[0004] 이와 같은 이수 순환 시스템에는 호퍼(hopper)의 무게, 인입량 및 토출량을 확인하는 로드셀, 로드셀 고장시 높이를 확인하기 위한 레벨 센서, 필터 상태 확인용 압력 센서, 믹서의 인입-토출되는 유체의 압력 확인용 압력 센서, 머드 탱크의 레벨 확인용 레벨 센서, 제트 건(jet gun)의 압력 상태 확인용 압력 센서, 물 순환용 유량계, 이수 밀도 확인용 밀도 센서, 이물질 제거 시스템의 고장 진단 및 장비 상태 확인용 진동 센서, 디게서 탱크(degasser tank) 상태 확인용 압력 센서, 원심분리기 투입량 확인용 유량계 등과 같은 장비 고장을 예측하기 위한 센서들이 사용된다.

[0005] 그러나, 종래의 이수 순환 시스템은 센서들로부터 제공되는 센서 데이터를 분석하여 설정값을 초과하거나 미만이 되었을 때 장비의 고장을 알리는 방식을 채택하고 있으므로, 유저는 이수 순환 시스템의 장비에 고장이 발생했을 때 비로서 알 수 있는 방식이므로 사전에 대책 마련이 불가능하다는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 국내 특허 등록 제1959829호 공보(등록일: 2019년 03월 13일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 이루어진 것으로서, 본 발명의 목적은 센서 데이터를 통해 장비의 고장을 예측하여 유저에게 알려줌으로써 미연에 장비에 대한 고장 대책을 마련할 수 있게 하는, 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치 및 방법을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 실시형태에 의한 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치는 이수 순환 시스템을 구성하는 장비에 장착된 센서들로부터 센서 데이터를 수집하도록 구성된 이수 순환 장비 센서 데이터 수집부; 수집된 상기 센서 데이터 중 누락된 센서 데이터가 존재하는 시점의 센서 데이터를 걸러내어 정화시키도록 구성된 데이터 정화부; 정화된 센서 데이터의 상관계수를 1 : N 방식으로 산출한 후, 산출된 상관계수의 절대값이 설정값 이상인 센서 데이터 쌍만을 추출하도록 구성된 상관계수 기반 데이터 필터링부; 추출된 상기 센서 데이터 쌍 중 하나를 독립변수를 하고 나머지를 종속변수로 하여 회귀식을 산출하도록 구성된 회귀식 산출부; 상기 회귀식을 예측구간의 범위 산출식에 대입하여 예측 구간 범위를 산출하도록 구성된 예측 구간 범위 산출부; 상기 순환 장비 센서 데이터 수집부로부터 수집되는 센서 데이터 중 상기 예측 구간 범위를 벗어나는 센서 데이터가 존재하는지의 여부를 결정하여, 벗어나는 센서 데이터가 존재하면 상기 센서 데이터 쌍을 참고하여 상기 벗어나는 센서 데이터에 대응하는 센서 데이터를 찾아내고, 이 두 센서 데이터를 생성한 센서에 대한 알람 표시 제어 신호를 출력하도록 구성된 고장 예측부; 및 상기 고장 예측부에서 출력되는 알람 표시 제어 신호에 따라 알람 표시를 하도록 구성된 알람부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 상기 실시형태에 의한 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치에 있어서, 상기 상관계수는 다음의 [수학식 1]에 의해 산출될 수 있다.

[0010] [수학식 1]

$$r(X, Y) = \frac{S_{XY}}{S_X S_Y}, -1 \leq r(X, Y) \leq 1$$

$$S_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n - 1}$$

[0011]

[0012] [여기서, X, Y 는 센서 데이터 변수를 나타내고, X_i, Y_i 는 센서 데이터를 나타내며, \bar{X}, \bar{Y} 는 각각 X, Y 의 평균값을 나타내며, $r(X, Y)$ 는 상관계수를 나타내며, S_{XY} 는 공분산을 나타내며, S_X 는 X 의 표준편차(X 축 간격)를 나타내며, S_Y 는 Y 의 표준편차(Y 축 간격)를 나타내며, n 은 센서 데이터의 개수(자유도)를 나타냄]

[0013]

[0014] 상기 실시형태에 의한 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치에 있어서, 상기 회귀식은 다음의 [수학식 2]과 같을 수 있다.

[0015] [수학식 2]

$$\hat{Y} = a + bX$$

[0016]

[0017] [여기서, \hat{Y} 는 종속변수를 나타내고, X 는 독립변수를 나타내며, a 는 절편을 나타내고 다음의 [수학식 3]에 산

출되며, b 는 기울기를 나타내고 다음의 [수학식 3]에 의해 산출됨]

[0018] [수학식 3]

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} = \frac{\sum Y_i}{n} - b \frac{\sum X_i}{n}$$

$$b = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2}$$

[0019] [0020] 상기 실시형태에 의한 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치에 있어서, 상기 예측구간의 범위 산출식은 다음의 [수학식 4]와 같을 수 있다.

[0021] [수학식 4]

$$\hat{Y}_0 \pm t_{\frac{\alpha}{2}, n-2} \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \hat{Y})^2}{n-2} \times \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_0 - \bar{X})^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2}\right)}$$

[0022] [0023] [여기서, \hat{Y}_0 는 예측값을 나타내고, α 는 오차율을 나타내며, X_0 는 독립변수의 입력값을 나타냄]

[0024] [0025] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 다른 실시형태에 의한 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 방법은 이수 순환 장비 센서 데이터 수집부가 이수 순환 시스템을 구성하는 장비에 장착된 센서들로부터 센서 데이터를 수집하는 단계; 데이터 정화부가 수집된 상기 센서 데이터 중 누락된 센서 데이터가 존재하는 시점의 센서 데이터를 걸러내어 정화시키는 단계; 상관계수 기반 데이터 필터링부가 정화된 센서 데이터의 상관계수를 1 : N 방식으로 산출한 후, 산출된 상관계수의 절대값이 설정값 이상인 센서 데이터 쌍만을 추출하는 단계; 회귀식 산출부가 추출된 상기 센서 데이터 쌍 중 하나를 독립변수를 하고 나머지를 종속변수로 하여 회귀식을 산출하는 단계; 예측 구간 범위 산출부가 상기 회귀식을 예측구간의 범위 산출식에 대입하여 예측 구간 범위를 산출하는 단계; 고장 예측부가 상기 순환 장비 센서 데이터 수집부로부터 수집되는 센서 데이터 중 상기 예측 구간 범위를 벗어나는 센서 데이터가 존재하는지의 여부를 결정하는 단계; 상기 결정 단계에서, 상기 예측 구간 범위를 벗어나는 센서 데이터가 존재하면 상기 고장 예측부가 상기 센서 데이터 쌍을 참고하여 상기 벗어나는 센서 데이터에 대응하는 센서 데이터를 찾아내는 단계; 및 상기 고장 예측부가 상기 벗어나는 센서 데이터 및 이에 대응하는 센서 데이터를 생성한 센서에 대한 알람 표시 제어 신호를 알람부에 출력하여 알람 표시를 하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0026] 본 발명의 실시형태들에 의한 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치 및 방법에 의하면, 이수 순환 시스템을 구성하는 장비에 장착된 센서들로부터 센서 데이터를 수집하고; 수집된 상기 센서 데이터 중 누락된 센서 데이터가 존재하는 시점의 센서 데이터를 걸러내어 정화시키며; 정화된 센서 데이터의 상관계수를 1 : N 방식으로 산출한 후, 산출된 상관계수의 절대값이 설정값 이상인 센서 데이터 쌍만을 추출하며; 추출된 상기 센서 데이터 쌍 중 하나를 독립변수를 하고 나머지를 종속변수로 하여 회귀식을 산출하며; 상기 회귀식을 예측구간의 범위 산출식에 대입하여 예측 구간 범위를 산출하며; 상기 순환 장비 센서 데이터 수집부로부터 수집되는 센서 데이터 중 상기 예측 구간 범위를 벗어나는 센서 데이터가 존재하는지의 여부를 결정하며; 예측 구간 범위를 벗어나는 센서 데이터가 존재하면 상기 센서 데이터 쌍을 참고하여 상기 벗어나는 센서 데이터에 대응하는 센서 데이터를 찾아내며; 상기 벗어나는 센서 데이터 및 이에 대응하는 센서 데이터를 생성한 센서에 대한 알람 표시 제어 신호를 알람부에 출력하여 알람 표시를 하도록; 구성됨으로써, 센서 데이터를 통해 장비의 고장을 예측하여 유저에게 알려줌으로써 미연에 장비에 대한 고장 대책을 마련할 수 있게 한다는 뛰어난 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치의 블록 구성도이다.
- 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 실시예에 의한 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 방법을 설명하기 위한 플로우차트이다.
- 도 3은 예측 구간 범위에 대한 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 본 발명의 실시예를 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 본 발명의 실시예를 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적으로 해석되어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하는 것으로 해석되어서는 안 된다.
- [0029] 도면에서 도시된 각 장치에서, 몇몇 경우에서의 요소는 각각 동일한 참조 번호 또는 상이한 참조 번호를 가져서 표현된 요소가 상이하거나 유사할 수가 있음을 시사할 수 있다. 그러나 요소는 상이한 구현을 가지고 본 명세서에서 보여지거나 기술된 장치 중 몇몇 또는 전부와 작동할 수 있다. 도면에서 도시된 다양한 요소는 동일하거나 상이할 수 있다. 어느 것이 제1 요소로 지칭되는지 및 어느 것이 제2 요소로 불리는지는 임의적이다.
- [0030] 본 명세서에서 어느 하나의 구성요소가 다른 구성요소로 데이터 또는 신호를 '전송', '전달' 또는 '제공'한다 함은 어느 한 구성요소가 다른 구성요소로 직접 데이터 또는 신호를 전송하는 것은 물론, 적어도 하나의 또 다른 구성요소를 통하여 데이터 또는 신호를 다른 구성요소로 전송하는 것을 포함한다.
- [0031] 이하, 본 발명의 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0032] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치의 블록 구성도이다.
- [0033] 본 발명의 실시예에 의한 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치는, 도 1에 도시된 바와 같이, 이수 순환 장비 센서 데이터 수집부(100), 데이터 정화부(200), 상관계수 기반 데이터 필터링부(300), 회귀식 산출부(400), 예측 구간 범위 산출부(500), 고장 예측부(600), 및 알람부(700)를 포함한다.
- [0034] 이수 순환 장비 센서 데이터 수집부(100)는 이수 순환 시스템을 구성하는 장비[예컨대, 벌크 시스템(bulk system)과 믹싱 시스템(mixing system)으로 이루어진 고체 제어 시스템(solid control system), 및 이물질 제거 시스템]에 장착된 센서들(예컨대, 로드셀, 레벨 센서, 압력 센서, 유량계, 밀도 센서 등)에서 감지된 센서 데이터를 수집하는 역할을 한다.
- [0035] 데이터 정화부(200)는 이수 순환 장비 센서 데이터 수집부(100)에서 수집된 센서 데이터 중에서 누락된 센서 데이터가 존재하는 시점의 센서 데이터들을 걸러내어 데이터를 정화시키는 역할을 한다. 이수 순환 시스템에 장착된 센서로부터 나오는 원 센서 데이터(raw sensor data)는 통신 문제와 센서의 동작 오류로 인해 전송 과정에서 변형될 수 있다. 변형된 센서 데이터는 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측에 문제가 될 수 있으므로 누락된 센서 데이터가 존재하는 시점의 센서 데이터들을 걸러내어 데이터 처리 작업에 이용하지 않는 것이다.
- [0036] 상관계수 기반 데이터 필터링부(300)는 데이터 정화부(200)에서 정화된 센서 데이터들의 상관계수를 1 : N 방식으로 산출한 후, 산출된 상관계수의 절대값이 설정값 이상인 센서 데이터 쌍만을 추출하는 역할을 한다. 상관계수의 절대값이 설정값(예컨대, 0.7) 이상인 센서 데이터 쌍을 추출하는 이유는 분석할 데이터량을 줄여서 빠르게 분석할 수 있기 때문이다. 설정값은 예측 정확도에 따라 변경될 수 있다. 즉, 설정값을 높게 설정할수록 예측 정확도는 올라가게 된다. 정화된 센서 데이터들의 상관계수를 1 : N 방식으로 산출하는 이유는 예컨대, 벌크 시스템의 로드셀의 센서 데이터와 다른 모든 센서의 데이터들이 어떤 상관관계가 있는지를 알 수 없으므로 누락된 센서 데이터를 통해서 모든 센서 데이터들 간의 상관관계를 구하는 것이다.
- [0037] 상관계수는 다음의 [수학식 1]에 의해 산출된다.

[0038] [수학식 1]

$$r(X, Y) = \frac{S_{XY}}{S_X S_Y}, -1 \leq r(X, Y) \leq 1$$

$$S_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n - 1}$$

[0039]

[0040] [여기서, X, Y 는 센서 데이터 변수를 나타내고, X_i, Y_i 는 센서 데이터를 나타내며, \bar{X}, \bar{Y} 는 각각 X, Y 의 평균값을 나타내며, $r(X, Y)$ 는 상관계수를 나타내며, S_{XY} 는 공분산을 나타내며, S_X 는 X 의 표준편차(X 축 간격)를 나타내며, S_Y 는 Y 의 표준편차(Y 축 간격)를 나타내며, n 은 센서 데이터의 개수(자유도)를 나타냄]

[0041]

[0042] 회귀식 산출부(400)는 상관계수 기반 데이터 필터링부(300)에서 추출된 센서 데이터 쌍 중 하나를 독립변수를 하고 나머지를 종속변수로 하여 회귀식을 산출하는 역할을 한다.

[0043] 회귀식은 다음의 [수학식 2]와 같다.

[0044] [수학식 2]

$$\hat{Y} = a + bX$$

[0045]

[0046] [여기서, \hat{Y} 는 종속변수를 나타내고, X 는 독립변수를 나타내며, a 는 절편을 나타내고 다음의 [수학식 3]에 산출되며, b 는 기울기를 나타내고 다음의 [수학식 3]에 의해 산출됨]

[0047] [수학식 3]

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} = \frac{\sum Y_i}{n} - b \frac{\sum X_i}{n}$$

$$b = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2}$$

[0048]

[0049] 예측 구간 범위 산출부(500)는 회귀식 산출부(400)에 의해 산출된 회귀식을 예측구간의 범위 산출식에 대입하여 예측 구간 범위를 산출하는 역할을 한다.

[0050] 예측구간의 범위 산출식은 다음의 [수학식 4]와 같다.

[0051] [수학식 4]

$$\hat{Y}_0 \pm t_{\alpha/2, n-2} \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \hat{Y})^2}{n - 2} \times \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_0 - \bar{X})^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2}\right)}$$

[0052]

[0053] [여기서, \hat{Y}_0 는 예측값을 나타내고, α 는 오차율을 나타내며, X_0 는 독립변수의 입력값을 나타냄]

[0054] 도 3은 예측 구간 범위에 대한 예시도로서, 실선은 회귀식을 나타내고, 점선은 산출된 예측 구간 범위를 나타내며, 센서 데이터가 예측 구간 범위를 벗어나면 센서 데이터를 생성한 센서가 감지하는 장비가 고장 상태임을 의미한다.

[0055] 고장 예측부(600)는 순환 장비 센서 데이터 수집부(100)로부터 수집되는 센서 데이터 중 예측 구간 범위 산출부(500)에서 산출한 예측 구간 범위를 벗어나는 센서 데이터가 존재하는지의 여부를 결정하여, 예측 구간 범위를

벗어나는 센서 데이터가 존재하면 상관 계수 기반 데이터 필터링부(300)에서 추출한 센서 데이터 쌍을 참고하여 벗어나는 센서 데이터(독립 변수)에 대응하는 센서 데이터(종속 변수)를 찾아내고, 이 두 센서 데이터를 생성한 센서에 대한 알람 표시 제어 신호를 알람부(700)에 출력하는 역할을 한다.

[0056] 알람부(700)는 고장 예측부(600)에서 출력되는 알람 표시 제어 신호에 따라 알람 표시(음성 및 영상 포함)를 하여 유저에게 이수 순환 시스템의 어느 장비에 문제가 발생하게 될 것인지를 미리 알려주는 역할을 한다.

[0057] 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 의한 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치를 이용한 장비 고장 예측 방법에 대해 설명하기로 한다.

[0058] 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 실시예에 의한 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 방법을 설명하기 위한 플로우차트로써, 여기서 S는 스텝(step)을 의미한다.

[0059] 먼저, 이수 순환 장비 센서 데이터 수집부(100)가 이수 순환 시스템을 구성하는 장비에 장착된 센서들로부터 센서 데이터를 수집한다(S10).

[0060] 다음, 데이터 정화부(200)가 스텝(S10)에서 수집된 센서 데이터 중 누락된 센서 데이터가 존재하는 시점의 센서 데이터를 걸러내어 데이터를 정화시킨다(S20).

[0061] 이어서, 상관계수 기반 데이터 필터링부(300)가 스텝(S20)에서 정화된 센서 데이터의 상관계수를 1 : N 방식으로 산출한 후, 산출된 상관계수의 절대값이 설정값 이상인 센서 데이터 쌍만을 추출한다(S30).

[0062] 다음, 회귀식 산출부(400)가 스텝(S30)에서 추출된 센서 데이터 쌍 중 하나를 독립변수를 하고 나머지를 종속변수로 하여 다음의 [수학식 2]와 같은 회귀식을 산출한다(S40).

[0063] [수학식 2]

[0064]
$$\hat{Y} = a + bX$$

[0065] [여기서, \hat{Y} 는 종속변수를 나타내고, X 는 독립변수를 나타내며, a 는 절편을 나타내고 다음의 [수학식 3]에 산출되며, b 는 기울기를 나타내고 다음의 [수학식 3]에 의해 산출됨]

[0066] [수학식 3]

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} = \frac{\sum Y_i}{n} - b \frac{\sum X_i}{n}$$

$$b = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum(X_i - \bar{X})^2}$$

[0067] 이어서, 예측 구간 범위 산출부(500)가 스텝(S50)에서 산출한 회귀식을 예측구간의 범위 산출식(수학식 4)에 대입하여 예측 구간 범위를 산출한다(S60).

[0069] [수학식 4]

$$\hat{Y}_0 \pm t_{\frac{\alpha}{2}, n-2} \sqrt{\frac{\sum(Y_i - \hat{Y})^2}{n-2} \times \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_0 - \bar{X})^2}{\sum(X_i - \bar{X})^2}\right)}$$

[0071] [여기서, \hat{Y}_0 는 예측값을 나타내고, α 는 오차율을 나타내며, X_0 는 독립변수의 입력값을 나타냄]

[0072] 다음, 고장 예측부(600)가 이수 순환 장비 센서 데이터 수집부(100)로부터 수집되는 센서 데이터 중에서 스텝(S60)에서 산출된 예측 구간 범위를 벗어나는 센서 데이터가 존재하는지의 여부를 결정한다(S70).

[0073] 상기 스텝(S70)에서, 예측 구간 범위를 벗어나는 센서 데이터가 존재하면(Y), 고장 예측부(600)가 스텝(S40)에

서 추출된 센서 데이터 쌍을 참고하여 예측 구간 범위를 벗어나는 센서 데이터에 대응하는 센서 데이터를 찾아내어(S80), 예측 구간 범위를 벗어나는 센서 데이터 및 이에 대응하는 센서 데이터를 생성한 센서들에 대한 알람 표시 제어 신호를 알람부(700)에 출력하여 알람 표시를 한다.

[0074] 한편, 상기 스텝(S70)에서 예측 구간 범위를 벗어나는 센서 데이터가 존재하지 않으면(N), 스텝(S70)을 반복수행한다.

[0075] 한편, 상기 스텝(S70)에서는 고장 예측부(600)가 예측 구간 범위를 벗어나는 센서 데이터가 존재하는지의 여부를 판단하여 장비의 고장 예측을 하였으나, 대신에 설정된 시간 동안 설정된 횟수 이상 예측 구간 범위를 벗어나는 센서 데이터가 존재하는지의 여부를 판단하여 장비의 고장 여부를 판단할 수 있다.

[0076] 본 발명의 실시예에 의한 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치 및 방법에 의하면, 이수 순환 시스템을 구성하는 장비에 장착된 센서들로부터 센서 데이터를 수집하고; 수집된 상기 센서 데이터 중 누락된 센서 데이터가 존재하는 시점의 센서 데이터를 걸러내어 정화시키며; 정화된 센서 데이터의 상관계수를 1 : N 방식으로 산출한 후, 산출된 상관계수의 절대값이 설정값 이상인 센서 데이터 쌍만을 추출하며; 추출된 상기 센서 데이터 쌍 중 하나를 독립변수를 하고 나머지를 종속변수로 하여 회귀식을 산출하며; 상기 회귀식을 예측구간의 범위 산출식에 대입하여 예측 구간 범위를 산출하며; 상기 순환 장비 센서 데이터 수집부로부터 수집되는 센서 데이터 중 상기 예측 구간 범위를 벗어나는 센서 데이터가 존재하는지의 여부를 결정하며; 예측 구간 범위를 벗어나는 센서 데이터가 존재하면 상기 센서 데이터 쌍을 참고하여 상기 벗어나는 센서 데이터에 대응하는 센서 데이터를 찾아내며; 상기 벗어나는 센서 데이터 및 이에 대응하는 센서 데이터를 생성한 센서에 대한 알람 표시 제어 신호를 알람부에 출력하여 알람 표시를 하도록; 구성됨으로써, 센서 데이터를 통해 장비의 고장을 예측하여 유저에게 알려줌으로써 미연에 장비에 대한 고장 대책을 마련할 수 있게 한다.

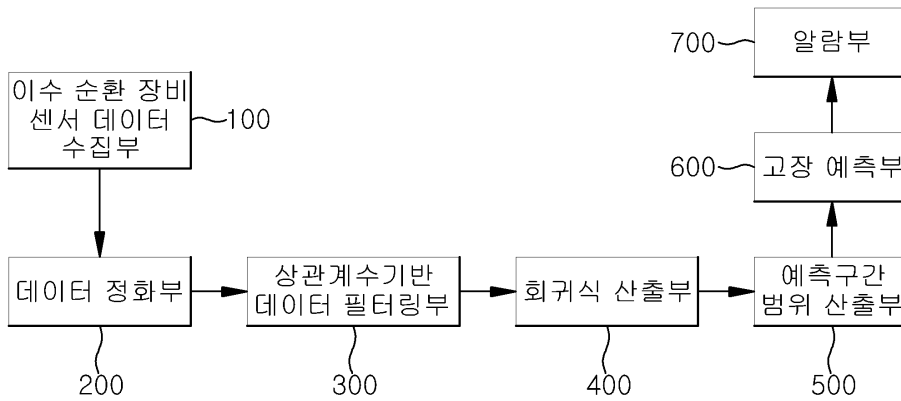
[0077] 도면과 명세서에는 최적의 실시예가 개시되었으며, 특정한 용어들이 사용되었으나 이는 단지 본 발명의 실시형태를 설명하기 위한 목적으로 사용된 것이지 의미를 한정하거나 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

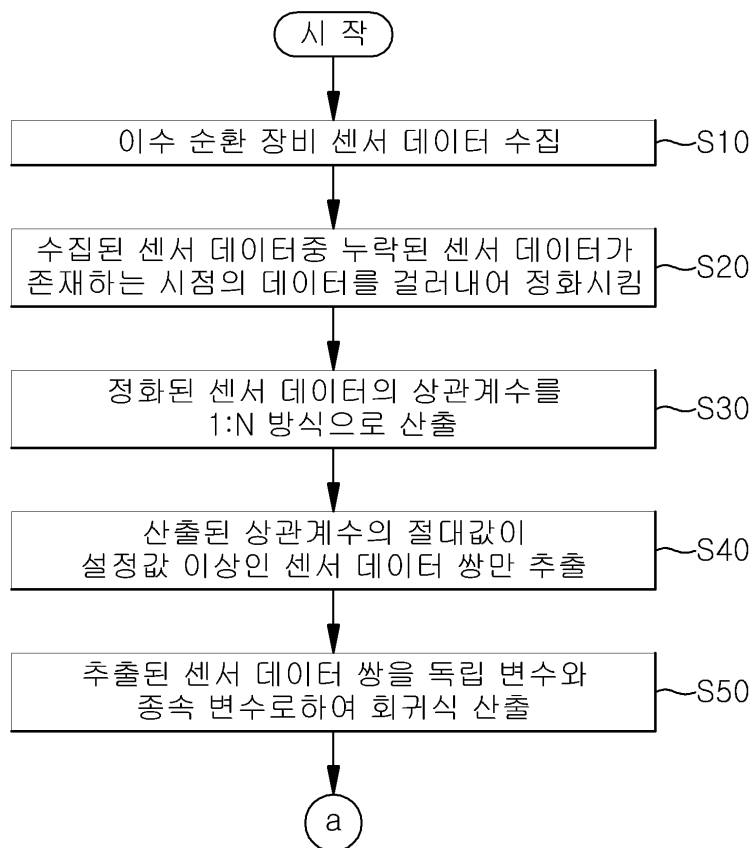
- [0078] 100: 이수 순환 장비 센서 데이터 수집부
- 200: 데이터 정화부
- 300: 상관계수 기반 데이터 필터링부
- 400: 회귀식 산출부
- 500: 예측 구간 범위 산출부
- 600: 고장 예측부
- 700: 알람부

도면

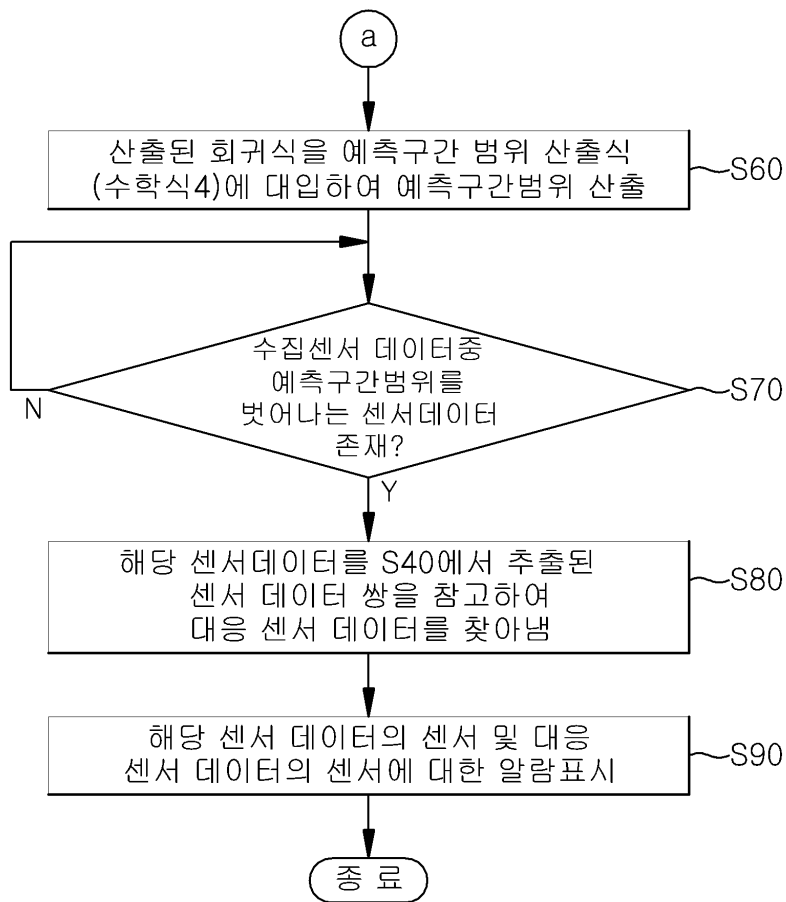
도면1



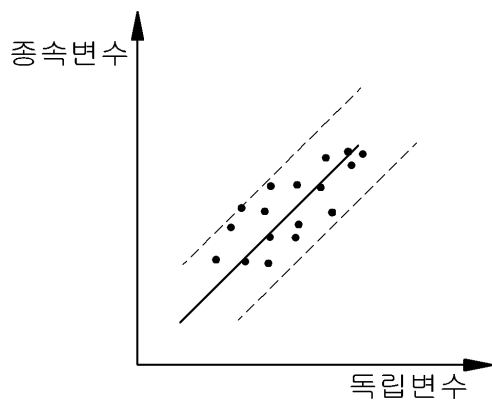
도면2a



도면2b



도면3



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 3

【변경전】

제 1 항에 있어서,

상기 회귀식은 다음의 [수학식 2]과 같은, 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치.

[수학식 2]

$$\hat{Y} = a + bX$$

[여기서, \hat{Y}

는 종속변수를 나타내고, X

는 독립변수를 나타내며, a

는 절편을 나타내고 다음의 [수학식 3]에 산출되며, b
 는 기울기를 나타내고 다음의 [수학식 3]에 의해 산출됨]

[수학식 3]

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} = \frac{\sum Y_i}{n} - b \frac{\sum X_i}{n}$$

$$b = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum(X_i - \bar{X})^2}$$

【변경후】

제 1 항에 있어서,

상기 회귀식은 다음의 [수학식 2]과 같은, 이수 순환 시스템의 장비 고장 예측 장치.

[수학식 2]

$$\hat{Y} = a + bX$$

[여기서, \hat{Y}

는 종속변수를 나타내고, X

는 독립변수를 나타내며, a

는 절편을 나타내고 다음의 [수학식 3]에 산출되며, b
 는 기울기를 나타내고 다음의 [수학식 3]에 의해 산출됨]

[수학식 3]

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} = \frac{\sum Y_i}{n} - b \frac{\sum X_i}{n}$$

$$b = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum(X_i - \bar{X})^2}$$