



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월10일
(11) 등록번호 10-2226871
(24) 등록일자 2021년03월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06N 3/08 (2006.01) G06F 17/16 (2006.01)
G06N 20/00 (2019.01) G06N 3/04 (2006.01)
G06Q 50/06 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G06N 3/08 (2013.01)
G01M 3/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0138884
(22) 출원일자 2020년10월26일
심사청구일자 2020년10월26일
(56) 선행기술조사문헌
US20200072744 A1
EP03582196 A1
KR1020190018293 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
김지범
경기도 광명시 광명역로 26 광명역파크자이아파트
102동 1701호
최우진
인천광역시 연수구 인천타워대로132번길 9, A동
1209호
이재승
인천광역시 계양구 계산로 165, 현대아파트 102동
1010호
(74) 대리인
김효성

전체 청구항 수 : 총 10 항

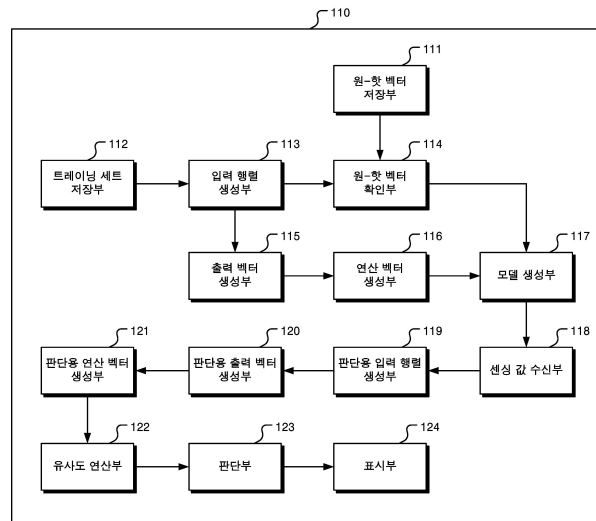
심사관 : 송근배

(54) 발명의 명칭 수도 관망 내에서의 누수 심각도 여부를 모니터링하는 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치 및 그 동작 방법

(57) 요약

수도 관망 내에서의 누수 심각도 여부를 모니터링하는 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치 및 그 동작 방법이 개시된다. 본 발명은 수도 관망 내에서의 누수 심각도 여부를 판단하는데 영향을 미치는 것으로 사전 구성된 트레이닝 세트 데이터를 활용하여, 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단하기 위한 인공지능 기반의 판단 모델을 생성할 수 있는 누수 모니터링 장치 및 그 동작 방법에 대한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06F 17/16 (2013.01)

G06N 20/00 (2019.01)

G06N 3/04 (2013.01)

G06Q 50/06 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

수도 관망 내에 분산 설치되어 있는 n 개(n 은 3이상의 자연수) 누수 감지 센서들을 활용하여 상기 수도 관망 내에서의 누수 심각도 여부를 모니터링하는 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치에 있어서,

사전 설정된 N (N 은 3이상의 자연수)개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 미리 정해진 서로 다른 N 차원의 원-핫(one-hot) 벡터가 저장되어 있는 원-핫 벡터 저장부;

상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단하는 판단 모델을 생성하기 위한 입력 정보인 것으로 미리 정해진 M (M 은 2이상의 자연수)개의 입력 정보 세트들 - 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각은, 상기 n 개의 누수 감지 센서들로부터 사전 설정된 단위 시간 간격으로 k (k 은 3이상의 자연수)개의 센싱 값들을 연쇄적으로 획득함으로써 구성된 $n \times k$ 개의 센싱 값들이 하나의 세트로 이루어진 정보를 의미함 - 과 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 것으로 사전 지정된 누수 심각도 등급이 매칭되어 있는 M 개의 트레이닝 세트들이 저장되어 있는 트레이닝 세트 저장부;

상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 포함되어 있는 $n \times k$ 개의 센싱 값들을 성분으로 갖는 $n \times k$ 크기의 행렬을 구성함으로써, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬을 생성하는 입력 행렬 생성부;

상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬이 생성되면, 상기 원-핫 벡터 저장부를 참조하여, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 매칭되어 있는 누수 심각도 등급에 대한 원-핫 벡터를 확인함으로써, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터를 확인하는 원-핫 벡터 확인부;

상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬을 입력 피쳐맵(feature map)으로 지정하여 합성곱 신경망 - 상기 합성곱 신경망은 출력이 N 차원의 벡터가 산출되도록 사전 구성되어 있음 - 에 입력으로 인가함으로써, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 출력 벡터를 생성하는 출력 벡터 생성부;

상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 출력 벡터가 생성되면, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 출력 벡터를 미리 정해진 활성화 함수(activation function) - 상기 활성화 함수는 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 출력 벡터를 구성하는 성분들을 각각 0이상 1이하의 값으로 변환하는 함수임 - 에 입력으로 인가함으로써, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 연산 벡터를 생성하는 연산 벡터 생성부;

상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 연산 벡터가 생성되면, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 연산 벡터가 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터에 최대로 근접하도록 상기 합성곱 신경망에 대한 기계학습을 수행함으로써, 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단하는 상기 판단 모델을 생성하는 모델 생성부;

상기 판단 모델의 생성이 완료된 이후, 관리자로부터 현재 시점에서의 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급의 판단 명령이 인가되면, 현재 시점을 시작으로 하여 상기 단위 시간 간격으로, 상기 n 개의 누수 감지 센서들로부터 상기 n 개의 누수 감지 센서들 각각이 측정한 k 개의 센싱 값들을 연쇄적으로 수신함으로써, $n \times k$ 개의 현재 센싱 값들을 획득하는 센싱 값 수신부;

상기 $n \times k$ 개의 현재 센싱 값들을 성분으로 갖는 $n \times k$ 크기의 판단용 입력 행렬을 생성하는 판단용 입력 행렬 생성부;

상기 판단용 입력 행렬이 생성되면, 상기 판단용 입력 행렬을 상기 판단 모델의 기계학습이 완료된 상기 합성곱 신경망에 입력으로 인가함으로써, 상기 판단용 입력 행렬에 대응되는 N 차원의 판단용 출력 벡터를 생성하는 판단용 출력 벡터 생성부;

상기 N 차원의 판단용 출력 벡터가 생성되면, 상기 N 차원의 판단용 출력 벡터를 상기 활성화 함수에 입력으로 인가함으로써, 상기 N 차원의 판단용 출력 벡터에 대응되는 N 차원의 판단용 연산 벡터를 생성하는 판단용 연산 벡터 생성부;

상기 N차원의 판단용 연산 벡터가 생성되면, 상기 N차원의 판단용 연산 벡터와 상기 N개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 간의 유사도를 연산하는 유사도 연산부;

상기 N개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 중 상기 N차원의 판단용 연산 벡터와의 유사도가 최대 로 연산된 제1 원-핫 벡터를 확인하고, 상기 원-핫 벡터 저장부로부터 상기 제1 원-핫 벡터에 대응되는 누수 심각도 등급인 제1 누수 심각도 등급을 확인함으로써, 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 상기 제1 누수 심각도 등급으로 판단하는 판단부; 및

상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급이 상기 제1 누수 심각도 등급인 것으로 판단되면, 상기 제1 누수 심각도 등급에 대한 정보를 화면 상에 표시하는 표시부

를 포함하는 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 활성화 함수는 하기의 수학적 식 1과 같은 소프트맥스(Softmax) 함수인 것을 특징으로 하는 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치.

[수학적 식 1]

$$S(y_i) = \frac{e^{y_i}}{\sum_{p=1}^N e^{y_p}}$$

여기서, $S(y_i)$ 는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터를 구성하는 성분들 중 i번째 성분의 값으로, y_i 는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 출력 벡터를 구성하는 성분들 중 i번째 성분의 값, e 는 자연상수를 의미함.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 모델 생성부는

상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터를 구성하는 성분들과 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터를 구성하는 성분들을 기초로, 하기의 수학적 식 2에 따른 손실 함수(loss function)를 기반으로 한 손실 값을 연산함으로써, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대한 손실 값을 산출하고, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대한 손실 값의 평균 값이 최소가 되도록 상기 합성곱 신경망에 대한 기계학습을 수행하는 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치.

[수학적 식 2]

$$L = - \sum_{i=1}^N t_i \log \hat{y}_i$$

여기서, L 은 상기 손실 값으로, t_i 는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 원-핫 벡터를 구성하는 성분들 중 i번째 성분의 값, $\hat{y}_i$ 는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터

를 구성하는 성분들 중 i 번째 성분의 값을 의미함.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 유사도 연산부는

상기 N 차원의 판단용 연산 벡터와 상기 N 개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 간의 아다마르 곱(Hadamard product)을 연산하였을 때 산출되는 벡터의 맨해튼 노름(Manhattan norm)을 상기 N 차원의 판단용 연산 벡터와 상기 N 개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 간의 유사도로 연산하는 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치.

청구항 6

수도 관망 내에 분산 설치되어 있는 n 개(n 은 3이상의 자연수) 누수 감지 센서들을 활용하여 상기 수도 관망 내에서의 누수 심각도 여부를 모니터링하는 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치의 동작 방법에 있어서,

사전 설정된 N (N 은 3이상의 자연수)개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 미리 정해진 서로 다른 N 차원의 원-핫(one-hot) 벡터가 저장되어 있는 원-핫 벡터 저장부를 유지하는 단계;

상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단하는 판단 모델을 생성하기 위한 입력 정보인 것으로 미리 정해진 M (M 은 2이상의 자연수)개의 입력 정보 세트들 - 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각은, 상기 n 개의 누수 감지 센서들로부터 사전 설정된 단위 시간 간격으로 k (k 은 3이상의 자연수)개의 센싱 값들을 연쇄적으로 획득함으로써 구성된 $n \times k$ 개의 센싱 값들이 하나의 세트로 이루어진 정보를 의미함 - 과 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 것으로 사전 지정된 누수 심각도 등급이 매칭되어 있는 M 개의 트레이닝 세트들이 저장되어 있는 트레이닝 세트 저장부를 유지하는 단계;

상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 포함되어 있는 $n \times k$ 개의 센싱 값들을 성분으로 갖는 $n \times k$ 크기의 행렬을 구성함으로써, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬을 생성하는 단계;

상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬이 생성되면, 상기 원-핫 벡터 저장부를 참조하여, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 매칭되어 있는 누수 심각도 등급에 대한 원-핫 벡터를 확인함으로써, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터를 확인하는 단계;

상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬을 입력 피쳐맵(feature map)으로 지정하여 합성곱 신경망 - 상기 합성곱 신경망은 출력이 N 차원의 벡터가 산출되도록 사전 구성되어 있음 - 에 입력으로 인가함으로써, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 출력 벡터를 생성하는 단계;

상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 출력 벡터가 생성되면, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 출력 벡터를 미리 정해진 활성화 함수(activation function) - 상기 활성화 함수는 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 출력 벡터를 구성하는 성분들을 각각 0이상 1이하의 값으로 변환하는 함수임 - 에 입력으로 인가함으로써, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 연산 벡터를 생성하는 단계;

상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 연산 벡터가 생성되면, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 연산 벡터가 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터에 최대로 근접하도록 상기 합성곱 신경망에 대한 기계학습을 수행함으로써, 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단하는 상기 판단 모델을 생성하는 단계;

상기 판단 모델의 생성이 완료된 이후, 관리자로부터 현재 시점에서의 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급의 판단 명령이 인가되면, 현재 시점을 시작으로 하여 상기 단위 시간 간격으로, 상기 n 개의 누수 감지 센서들로부터 상기 n 개의 누수 감지 센서들 각각이 측정된 k 개의 센싱 값들을 연쇄적으로 수신함으로써, $n \times k$ 개의 현재 센싱 값들을 획득하는 단계;

상기 $n \times k$ 개의 현재 센싱 값들을 성분으로 갖는 $n \times k$ 크기의 판단용 입력 행렬을 생성하는 단계;

상기 판단용 입력 행렬이 생성되면, 상기 판단용 입력 행렬을 상기 판단 모델의 기계학습이 완료된 상기 합성곱 신경망에 입력으로 인가함으로써, 상기 판단용 입력 행렬에 대응되는 N차원의 판단용 출력 벡터를 생성하는 단계;

상기 N차원의 판단용 출력 벡터가 생성되면, 상기 N차원의 판단용 출력 벡터를 상기 활성화 함수에 입력으로 인가함으로써, 상기 N차원의 판단용 출력 벡터에 대응되는 N차원의 판단용 연산 벡터를 생성하는 단계;

상기 N차원의 판단용 연산 벡터가 생성되면, 상기 N차원의 판단용 연산 벡터와 상기 N개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 간의 유사도를 연산하는 단계;

상기 N개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 중 상기 N차원의 판단용 연산 벡터와의 유사도가 최대로 연산된 제1 원-핫 벡터를 확인하고, 상기 원-핫 벡터 저장부로부터 상기 제1 원-핫 벡터에 대응되는 누수 심각도 등급인 제1 누수 심각도 등급을 확인함으로써, 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 상기 제1 누수 심각도 등급으로 판단하는 단계; 및

상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급이 상기 제1 누수 심각도 등급인 것으로 판단되면, 상기 제1 누수 심각도 등급에 대한 정보를 화면 상에 표시하는 단계

를 포함하는 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치의 동작 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 활성화 함수는 하기의 수학식 1과 같은 소프트맥스(Softmax) 함수인 것을 특징으로 하는 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치의 동작 방법.

[수학식 1]

$$S(y_i) = \frac{e^{y_i}}{\sum_{p=1}^N e^{y_p}}$$

여기서, $S(y_i)$ 는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터를 구성하는 성분들 중 i번째 성분의 값으로, y_i 는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 출력 벡터를 구성하는 성분들 중 i번째 성분의 값, e 는 자연상수를 의미함.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 판단 모델을 생성하는 단계는

상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터를 구성하는 성분들과 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터를 구성하는 성분들을 기초로, 하기의 수학식 2에 따른 손실 함수(loss function)를 기반으로 한 손실 값을 연산함으로써, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대한 손실 값을 산출하고, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대한 손실 값의 평균 값이 최소가 되도록 상기 합성곱 신경망에 대한 기계학습을 수행하는 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치의 동작 방법.

[수학식 2]

$$L = - \sum_{i=1}^N t_i \log \hat{y}_i$$

여기서, L 은 상기 손실 값으로, t_i 는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 원-핫 벡터를 구성하는 성분들 중 i번째 성분의 값, $\hat{y}_i$ 는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터를 구성하는 성분들 중 i번째 성분의 값을 의미함.

청구항 9

삭제

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 유사도를 연산하는 단계는

상기 N차원의 판단용 연산 벡터와 상기 N개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 간의 아다마르 곱(Hadamard product)을 연산하였을 때 산출되는 벡터의 맨해튼 노름(Manhattan norm)을 상기 N차원의 판단용 연산 벡터와 상기 N개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 간의 유사도로 연산하는 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치의 동작 방법.

청구항 11

제6항, 제7항, 제8항 또는 제10항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터와의 결합을 통해 실행시키기 위한 컴퓨터 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능 기록 매체.

청구항 12

제6항, 제7항, 제8항 또는 제10항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터와의 결합을 통해 실행시키기 위한 저장매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 수도 관망 내에서의 누수 심각도 여부를 모니터링하는 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치 및 그 동작 방법에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 주택, 상가, 공장 및 아파트에는 물 공급을 위한 수도관이 땅속에 매설되어 있으며, 복수의 수도관들은 그물망처럼 연결되어 수도 관망(Water Pipe Network)을 형성하고 있다.

[0003] 보통, 사람들은 깨끗한 물을 공급받기를 원하기 때문에 수도 사업소에서는 주기적으로 오래된 수도관을 교체해 주고 있으나, 간혹 수도관 교체가 제대로 이루어지지 않는 경우도 발생한다.

[0004] 이렇게, 오래된 수도관에 대한 교체가 제대로 이루어지지 않는 경우, 많은 양의 물이 낭비될 수 있을 뿐만 아니라 이물질 유입으로 인해 수질이 오염될 수도 있다.

[0005] 이에 따라, 누수 관로를 교체 및 보수할 수 있도록 하고자 수도 관망 내에서 누수가 발생하는 여부를 모니터링하는 시스템의 도입되고 있다.

- [0006] 수도 관망 내에서 누수가 발생하는지 여부를 감지하는 방법으로는 청음 센서를 사용하여 수도관을 통해 흐르는 소리를 듣고 누수 여부를 감지하는 방법이나 소정의 수분 센서를 통해 수분이 검출되는지 여부를 감지하는 방법 등이 존재한다.
- [0007] 다만, 기존의 누수 발생 여부를 모니터링하는 시스템에서는 수도 관망 내에서 누수가 발생하였는지 여부에 대한 판단을 수행하는 기능만을 제공하고 있을 뿐, 수도 관망 내에서 누수가 얼마나 심각하게 발생하고 있는지 여부에 대한 누수 심각도를 알려주는 기능을 제공하고 있지 않고 있다.
- [0008] 이와 관련해서, 수도 관망 내에서 누수의 심각도를 알려주는 기능이 제공된다면, 관리자는 누수 심각도에 따라 적절하게 수도관 보수 일정을 짤 수 있다는 점에서, 수도 관망 관리의 효율성이 증대될 수 있을 것이다.
- [0009] 한편, 최근에는 일부의 샘플 데이터를 기초로 소정의 결과를 판단하기 위한 판단 모델을 만들 수 있는 기계학습 기반의 인공지능 기술이 등장하고 있다. 이와 관련해서, 수도 관망 내에서 발생하는 누수의 심각도 등급을 판단하는데 있어서도, 기계학습 기반의 인공지능 기술을 이용할 수 있을 것이다.
- [0010] 따라서, 수도 관망 내에서의 누수 심각도 등급을 판단하기 위한 인공지능 기반의 판단 모델을 생성하고, 수도 관망 내에 설치된 누수 감지 센서의 센싱 값을 활용하여 상기 판단 모델에 기반한 누수 심각도 등급을 판단할 수 있는 기술에 대한 연구가 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 수도 관망 내에서의 누수 심각도 여부를 판단하는데 영향을 미치는 것으로 사전 구성된 트레이닝 세트 데이터를 활용하여, 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단하기 위한 인공지능 기반의 판단 모델을 생성할 수 있는 누수 모니터링 장치 및 그 동작 방법을 제시하고자 한다.
- [0012] 또한, 본 발명에 따른 누수 모니터링 장치 및 그 동작 방법은 수도 관망 내에 설치된 누수 감지 센서로부터 현재 시점에서 측정된 실제 센싱 값을 수신하여 이를 기초로 상기 판단 모델에 따라 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단할 수 있도록 지원하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명의 일실시예에 따른 수도 관망 내에 분산 설치되어 있는 n 개(n 은 3이상의 자연수) 누수 감지 센서들을 활용하여 상기 수도 관망 내에서의 누수 심각도 여부를 모니터링하는 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치는 사전 설정된 N (N 은 3이상의 자연수)개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 미리 정해진 서로 다른 N 차원의 원-핫(one-hot) 벡터가 저장되어 있는 원-핫 벡터 저장부, 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단하는 판단 모델을 생성하기 위한 입력 정보인 것으로 미리 정해진 M (M 은 2이상의 자연수)개의 입력 정보 세트들 - 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각은, 상기 n 개의 누수 감지 센서들로부터 사전 설정된 단위 시간 간격으로 k (k 은 3이상의 자연수)개의 센싱 값들을 연쇄적으로 획득함으로써 구성된 $n \times k$ 개의 센싱 값들이 하나의 세트로 이루어진 정보를 의미함 - 과 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 것으로 사전 지정된 누수 심각도 등급이 매칭되어 있는 M 개의 트레이닝 세트들이 저장되어 있는 트레이닝 세트 저장부, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 포함되어 있는 $n \times k$ 개의 센싱 값들을 성분으로 갖는 $n \times k$ 크기의 행렬을 구성함으로써, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬을 생성하는 입력 행렬 생성부, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬이 생성되면, 상기 원-핫 벡터 저장부를 참조하여, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 매칭되어 있는 누수 심각도 등급에 대한 원-핫 벡터를 확인함으로써, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터를 확인하는 원-핫 벡터 확인부, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬을 입력 피처맵(feature map)으로 지정하여 합성곱 신경망 - 상기 합성곱 신경망은 출력이 N 차원의 벡터가 산출되도록 사전 구성되어 있음 - 에 입력으로 인가함으로써, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 출력 벡터를 생성하는 출력 벡터 생성부, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 출력 벡터를 미리 정해진 활성화 함수(activation function) - 상기 활성화 함수는 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 출력 벡터를 구성하는 성분들을 각각 0이상 1이하의 값으로 변환하는 함수임 - 에 입력으로 인가함으로써, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 연산 벡터를 생성하는 연산 벡터 생성부 및 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 연산 벡터가 생성되면, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의

연산 벡터가 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터에 최대로 근접하도록 상기 합성곱 신경망에 대한 기계학습을 수행함으로써, 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단하는 상기 판단 모델을 생성하는 모델 생성부를 포함한다.

- [0014] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 수도 관망 내에 분산 설치되어 있는 n개(n은 3이상의 자연수) 누수 감지 센서들을 활용하여 상기 수도 관망 내에서의 누수 심각도 여부를 모니터링하는 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치의 동작 방법은 사전 설정된 N(N는 3이상의 자연수)개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 미리 정해진 서로 다른 N차원의 원-핫 벡터가 저장되어 있는 원-핫 벡터 저장부를 유지하는 단계, 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단하는 판단 모델을 생성하기 위한 입력 정보인 것으로 미리 정해진 M(M는 2이상의 자연수)개의 입력 정보 세트들 - 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각은, 상기 n개의 누수 감지 센서들로부터 사전 설정된 단위 시간 간격으로 k(k는 3이상의 자연수)개의 센싱 값들을 연속적으로 획득함으로써 구성된 $n \times k$ 개의 센싱 값들이 하나의 세트로 이루어진 정보를 의미함 - 과 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 것으로 사전 지정된 누수 심각도 등급이 매칭되어 있는 M개의 트레이닝 세트들이 저장되어 있는 트레이닝 세트 저장부를 유지하는 단계, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 포함되어 있는 $n \times k$ 개의 센싱 값들을 성분으로 갖는 $n \times k$ 크기의 행렬을 구성함으로써, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬을 생성하는 단계, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬이 생성되면, 상기 원-핫 벡터 저장부를 참조하여, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 매칭되어 있는 누수 심각도 등급에 대한 원-핫 벡터를 확인함으로써, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터를 확인하는 단계, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬을 입력 피쳐맵으로 지정하여 합성곱 신경망 - 상기 합성곱 신경망은 출력이 N차원의 벡터가 산출되도록 사전 구성되어 있음 - 에 입력으로 인가함으로써, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 출력 벡터를 생성하는 단계, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 출력 벡터가 생성되면, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 출력 벡터를 미리 정해진 활성화 함수 - 상기 활성화 함수는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 출력 벡터를 구성하는 성분들을 각각 0이상 1이하의 값으로 변환하는 함수임 - 에 입력으로 인가함으로써, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터를 생성하는 단계 및 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터가 생성되면, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터가 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터에 최대로 근접하도록 상기 합성곱 신경망에 대한 기계학습을 수행함으로써, 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단하는 상기 판단 모델을 생성하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명은 수도 관망 내에서의 누수 심각도 여부를 판단하는데 영향을 미치는 것으로 사전 구성된 트레이닝 세트 데이터를 활용하여, 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단하기 위한 인공지능 기반의 판단 모델을 생성할 수 있는 누수 모니터링 장치 및 그 동작 방법을 제시할 수 있다.
- [0016] 이를 통해, 본 발명에 따른 누수 모니터링 장치 및 그 동작 방법은 수도 관망 내에 설치된 누수 감지 센서로부터 현재 시점에서 측정된 실제 센싱 값을 수신하여 이를 기초로 상기 판단 모델에 따라 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치의 구조를 도시한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치의 동작 방법을 도시한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하에서는 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명하기로 한다. 이러한 설명은 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였으며, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 본 명세서 상에서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 사람에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다.
- [0019] 본 문서에서, 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. 또한, 본 발명의 다양한

실시예들에 있어서, 각 구성요소들, 기능 블록들 또는 수단들은 하나 또는 그 이상의 하부 구성요소로 구성될 수 있고, 각 구성요소들이 수행하는 전기, 전자, 기계적 기능들은 전자회로, 집적회로, ASIC(Application Specific Integrated Circuit) 등 공지된 다양한 소자들 또는 기계적 요소들로 구현될 수 있으며, 각각 별개로 구현되거나 2 이상이 하나로 통합되어 구현될 수도 있다.

[0020] 한편, 첨부된 블록도의 블록들이나 흐름도의 단계들은 범용 컴퓨터, 특수용 컴퓨터, 휴대용 노트북 컴퓨터, 네트워크 컴퓨터 등 데이터 프로세싱이 가능한 장비의 프로세서나 메모리에 탑재되어 지정된 기능들을 수행하는 컴퓨터 프로그램 명령들(instructions)을 의미하는 것으로 해석될 수 있다. 이들 컴퓨터 프로그램 명령들은 컴퓨터 장치에 구비된 메모리 또는 컴퓨터에서 판독 가능한 메모리에 저장될 수 있기 때문에, 블록도의 블록들 또는 흐름도의 단계들에서 설명된 기능들은 이를 수행하는 명령 수단을 내포하는 제조물로 생산될 수도 있다. 아울러, 각 블록 또는 각 단계는 특정된 논리적 기능(들)을 실행하기 위한 하나 이상의 실행 가능한 명령들을 포함하는 모듈, 세그먼트 또는 코드의 일부를 나타낼 수 있다. 또, 몇 가지 대체 가능한 실시예들에서는 블록들 또는 단계들에서 언급된 기능들이 정해진 순서와 달리 실행되는 것도 가능함을 주목해야 한다. 예컨대, 잇달아 도시되어 있는 두 개의 블록들 또는 단계들은 실질적으로 동시에 수행되거나, 역순으로 수행될 수 있으며, 경우에 따라 일부 블록들 또는 단계들이 생략된 채로 수행될 수도 있다.

[0021] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치의 구조를 도시한 도면이다.

[0022] 본 발명에 따른 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치(110)는 수도 관망 내에 분산 설치되어 있는 n개(n은 3이상의 자연수) 누수 감지 센서들을 활용하여 상기 수도 관망 내에서의 누수 심각도 여부를 모니터링하는 장치로, 원-핫 벡터 저장부(111), 트레이닝 세트 저장부(112), 입력 행렬 생성부(113), 원-핫 벡터 확인부(114), 출력 벡터 생성부(115), 연산 벡터 생성부(116) 및 모델 생성부(117)를 포함한다.

[0023] 여기서, 상기 누수 감지 센서들은 수도관을 흐르는 물의 소리를 감지하여 누수 여부를 감지하는 청음 센서나 누수가 발생하는 지점의 수분을 직접 감지하여 누수 여부를 판단하는 수분 센서 등이 활용될 수 있다.

[0024] 원-핫 벡터 저장부(111)에는 사전 설정된 N(N는 3이상의 자연수)개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 미리 정해진 서로 다른 N차원의 원-핫(one-hot) 벡터가 저장되어 있다.

[0025] 예컨대, N이 5라고 하는 경우, 원-핫 벡터 저장부(111)에는 하기의 표 1과 같이 사전 설정된 5개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 미리 정해진 서로 다른 5차원의 원-핫 벡터가 저장되어 있을 수 있다.

표 1

5개의 누수 심각도 등급들	5차원의 원-핫 벡터
매우 심각	[1 0 0 0 0]
심각	[0 1 0 0 0]
중간	[0 0 1 0 0]
안정	[0 0 0 1 0]
매우 안정	[0 0 0 0 1]

[0029] 트레이닝 세트 저장부(112)에는 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단하는 판단 모델을 생성하기 위한 입력 정보인 것으로 미리 정해진 M(M는 2이상의 자연수)개의 입력 정보 세트들과 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 것으로 사전 지정된 누수 심각도 등급이 매칭되어 있는 M개의 트레이닝 세트들이 저장되어 있다.

[0030] 여기서, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각은, 상기 n개의 누수 감지 센서들로부터 사전 설정된 단위 시간 간격으로 k(k는 3이상의 자연수)개의 센싱 값들을 연속적으로 획득함으로써 구성된 n x k개의 센싱 값들이 하나의 세트로 이루어진 정보를 의미하는 것으로, 기계학습을 진행하기 위해서 관리자에 의해 사전 수집되어 지정된 값들을 의미한다.

[0031] 예컨대, 상기 단위 시간 간격을 '1초'라고 하고, n과 k를 각각 3이라고 하는 경우, 관리자는 3개의 누수 감지 센서들로부터 '1초' 간격으로 3개의 센싱 값들을 연속적으로 획득함으로써, 3 x 3개(9개)의 센싱 값들로 이루어진 입력 정보 세트를 구성할 수 있다.

[0032] 관련해서, M이 3이라고 하고, n과 k를 각각 3이라고 하는 경우, 트레이닝 세트 저장부(112)에는 하기의 표 2와 같이 서로 다른 3개의 입력 정보 세트들과, 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 것으로 사전 지정된

누수 심각도 등급이 매칭되어 있는 3개의 트레이닝 세트들이 저장되어 있을 수 있다.

표 2

3개의 트레이닝 세트들	입력 정보 세트	3개의 센서들	시간 1에서의 센싱 값	시간 2에서의 센싱 값	시간 3에서의 센싱 값	누수 심각도 등급
트레이닝 세트 1	입력 정보 세트 1	센서 1	A1	B1	C1	매우 심각
		센서 2	D1	E1	F1	
		센서 3	G1	H1	I1	
트레이닝 세트 2	입력 정보 세트 2	센서 1	A2	B2	C2	안정
		센서 2	D2	E2	F2	
		센서 3	G2	H2	I2	
트레이닝 세트 3	입력 정보 세트 3	센서 1	A3	B3	C3	심각
		센서 2	D3	E3	F3	
		센서 3	G3	H3	I3	

입력 행렬 생성부(113)는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 포함되어 있는 $n \times k$ 개의 센싱 값들을 성분으로 갖는 $n \times k$ 크기의 행렬을 구성함으로써, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬을 생성한다.

원-핫 벡터 확인부(114)는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬이 생성되면, 원-핫 벡터 저장부(111)를 참조하여, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 매칭되어 있는 누수 심각도 등급에 대한 원-핫 벡터를 확인함으로써, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터를 확인한다.

출력 벡터 생성부(115)는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬을 입력 피쳐맵(feature map)으로 지정하여 합성곱 신경망(상기 합성곱 신경망은 출력이 N차원의 벡터가 산출되도록 사전 구성되어 있음)에 입력으로 인가함으로써, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 출력 벡터를 생성한다.

합성곱 신경망(Convolutional Neural Networks: CNNs)은 합성곱 필터로 구성된 다수의 합성곱 계층들로 구성되는 신경망으로서, 합성곱 신경망에서는 이미지 등과 같은 입력 데이터를 행렬 형태의 피쳐맵(feature map)으로 구성한 후 이를 합성곱 계층에 입력으로 인가하게 되면, 각 합성곱 계층을 구성하는 합성곱 필터들에 의해 합성곱이 발생하여 다음 합성곱 계층에 입력으로 인가될 출력 피쳐맵이 생성되는 과정이 반복되며, 이러한 과정의 반복을 통해 출력 값이 산출되면, 해당 출력 값을 기초로 소정의 데이터에 대한 분류(classification) 결과나 객체 인식 결과 등의 출력을 산출하게 된다.

이와 관련해서, 전술한 예와 같이, M이 3이고, N이 5라고 하고, 트레이닝 세트 저장부(112)에 상기 표 2와 같이 트레이닝 세트가 저장되어 있다고 가정하고, 상기 합성곱 신경망을 통해 출력 벡터가 생성되는 과정을 설명하면 다음과 같다.

먼저, 입력 행렬 생성부(113)는 3개의 입력 정보 세트들 각각에 포함되어 있는 3×3 개의 센싱 값들을 성분으로 갖는 3×3 크기의 행렬을 구성함으로써, 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬을 생성할 수 있다.

관련해서, 상기 '입력 정보 세트 1'에 포함되어 있는 센싱 값들은 각각 'A1, B1, C1, D1, E1, F1, G1, H1, I

$$\begin{bmatrix} A1 & B1 & C1 \\ D1 & E1 & F1 \\ G1 & H1 & I1 \end{bmatrix}$$

1'이므로, 입력 행렬 생성부(113)는 '입력 정보 세트 1'에 대응되는 입력 행렬로 '1'을 생성할 수 있다. 이러한 방식으로, 입력 행렬 생성부(113)는 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬로

$$\begin{bmatrix} A1 & B1 & C1 \\ D1 & E1 & F1 \\ G1 & H1 & I1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} A2 & B2 & C2 \\ D2 & E2 & F2 \\ G2 & H2 & I2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} A3 & B3 & C3 \\ D3 & E3 & F3 \\ G3 & H3 & I3 \end{bmatrix} \text{ '을 생성할 수 있다.}$$

이렇게, 입력 행렬 생성부(113)에 의해 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬로

$$\begin{bmatrix} A1 & B1 & C1 \\ D1 & E1 & F1 \\ G1 & H1 & I1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} A2 & B2 & C2 \\ D2 & E2 & F2 \\ G2 & H2 & I2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} A3 & B3 & C3 \\ D3 & E3 & F3 \\ G3 & H3 & I3 \end{bmatrix} \text{ '이 생성되면, 원-핫 벡터 확인부(114)는 원-핫 벡터 저장부(111)를}$$

참조하여, 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 매칭되어 있는 누수 심각도 등급인 '매우 심각, 안정, 심각'에 대한 원-핫 벡터를 확인할 수 있다. 이때, 상기 표 1과 같은 원-핫 벡터 저장부(111)에는 '매우 심각'에 대한

원-핫 벡터가 '[1 0 0 0 0]'이고, '안정'에 대한 원-핫 벡터가 '[0 0 0 1 0]'이며, '심각'에 대한 원-핫 벡터가 '[0 1 0 0 0]'인 것으로 저장되어 있으므로, 원-핫 벡터 확인부(114)는 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터로 '[1 0 0 0 0], [0 0 0 1 0], [0 1 0 0 0]'을 확인할 수 있다.

[0044] 그리고 나서, 출력 벡터 생성부(115)는 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬인

$$\begin{bmatrix} A1 & B1 & C1 \\ D1 & E1 & F1 \\ G1 & H1 & I1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} A2 & B2 & C2 \\ D2 & E2 & F2 \\ G2 & H2 & I2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} A3 & B3 & C3 \\ D3 & E3 & F3 \\ G3 & H3 & I3 \end{bmatrix}$$

를 상기 합성곱 신경망에 입력으로 인가함으로써, 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 5차원의 출력 벡터를 '[a1 a2 a3 a4 a5], [b1 b2 b3 b4 b5], [c1 c2 c3 c4 c5]'와 같이 생성할 수 있다.

[0045] 연산 벡터 생성부(116)는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 출력 벡터가 생성되면, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 출력 벡터를 미리 정해진 활성화 함수(activation function)에 입력으로 인가함으로써, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터를 생성한다.

[0046] 여기서, 상기 활성화 함수는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 출력 벡터를 구성하는 성분들을 각각 0이상 1이하의 값으로 변환하는 함수이다.

[0047] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 활성화 함수는 하기의 수학적 식 1과 같은 소프트맥스(Softmax) 함수일 수 있다.

수학적 식 1

$$S(y_i) = \frac{e^{y_i}}{\sum_{p=1}^N e^{y_p}}$$

[0049]

[0051] 여기서, $S(y_i)$ 는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터를 구성하는 성분들 중 i번째 성분의 값으로, y_i 는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 출력 벡터를 구성하는 성분들 중 i번째 성분의 값, e 는 자연상수를 의미한다.

[0052] 모델 생성부(117)는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터가 생성되면, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터가 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터에 최대로 근접하도록 상기 합성곱 신경망에 대한 기계학습을 수행함으로써, 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단하는 상기 판단 모델을 생성한다.

[0053] 예컨대, 전술한 예와 같이, M이 3이고, N이 5이며, 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 5차원의 출력 벡터로 '[a1 a2 a3 a4 a5], [b1 b2 b3 b4 b5], [c1 c2 c3 c4 c5]'가 생성되었다고 하는 경우, 연산 벡터 생성부(116)는 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 5차원의 출력 벡터인 '[a1 a2 a3 a4 a5], [b1 b2 b3 b4 b5], [c1 c2 c3 c4 c5]'를 상기 수학적 식 1과 같은 활성화 함수에 입력으로 인가함으로써, 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 5차원의 연산 벡터를 '[a(1) a(2) a(3) a(4) a(5)], [b(1) b(2) b(3) b(4) b(5)], [c(1) c(2) c(3) c(4) c(5)]'와 같이 생성할 수 있다.

[0054] 이렇게, 연산 벡터 생성부(116)에 의해 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 5차원의 연산 벡터로 '[a(1) a(2) a(3) a(4) a(5)], [b(1) b(2) b(3) b(4) b(5)], [c(1) c(2) c(3) c(4) c(5)]'가 생성되면, 모델 생성부(117)는 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 5차원의 연산 벡터인 '[a(1) a(2) a(3) a(4) a(5)], [b(1) b(2) b(3) b(4) b(5)], [c(1) c(2) c(3) c(4) c(5)]'가 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터인 '[1 0 0 0 0], [0 0 0 1 0], [0 1 0 0 0]'에 최대로 근접하도록 상기 합성곱 신경망에 대한 기계학습을 수행함으로써, 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단하는 상기 판단 모델을 생성할 수

있다.

[0055] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 모델 생성부(117)는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터를 구성하는 성분들과 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터를 구성하는 성분들을 기초로, 하기의 수학식 2에 따른 손실 함수(loss function)를 기반으로 한 손실 값을 연산함으로써, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대한 손실 값을 산출하고, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대한 손실 값의 평균 값이 최소가 되도록 상기 합성곱 신경망에 대한 기계학습을 수행할 수 있다.

수학식 2

$$L = - \sum_{i=1}^N t_i \log \hat{y}_i$$

[0057]

[0059] 여기서, L 은 상기 손실 값으로, t_i 는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 원-핫 벡터를 구성하는 성분들 중 i번째 성분의 값, $\hat{y}_i$ 는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터를 구성하는 성분들 중 i번째 성분의 값을 의미한다.

[0060] 예컨대, 전술한 예와 같이, M이 3이고, N이 5이며, 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 5차원의 연산 벡터로 '[a(1) a(2) a(3) a(4) a(5)], [b(1) b(2) b(3) b(4) b(5)], [c(1) c(2) c(3) c(4) c(5)]'가 생성되었고, 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터가 '[1 0 0 0 0], [0 0 0 1 0], [0 1 0 0 0]'이라고 가정하자.

[0061] 이때, 모델 생성부(117)는 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 5차원의 연산 벡터인 '[a(1) a(2) a(3) a(4) a(5)], [b(1) b(2) b(3) b(4) b(5)], [c(1) c(2) c(3) c(4) c(5)]'를 구성하는 성분들과 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터인 '[1 0 0 0 0], [0 0 0 1 0], [0 1 0 0 0]'을 구성하는 성분들을 기초로, 상기 수학식 2에 따른 손실 함수를 기반으로 한 손실 값을 연산함으로써, 상기 3개의 입력 정보 세트들 각각에 대한 손실 값을 'L1, L2, L3'과 같이 산출할 수 있다. 그리고 나서, 모델 생성부(117)는 'L1, L2, L3'의 평균 값이 최소가 되도록 상기 합성곱 신경망에 대한 기계학습을 수행할 수 있다.

[0062] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 모델 생성부(117)는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대한 손실 값의 평균이 최소가 되도록 역전파(backpropagation) 처리를 수행함으로써, 상기 합성곱 신경망에 대한 기계학습을 수행할 수 있다.

[0063] 본 발명의 일실시예에 따르면, 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치(110)는 센싱 값 수신부(118), 판단용 입력 행렬 생성부(119), 판단용 출력 벡터 생성부(120), 판단용 연산 벡터 생성부(121), 유사도 연산부(122), 판단부(123) 및 표시부(124)를 더 포함할 수 있다.

[0064] 센싱 값 수신부(118)는 상기 판단 모델의 생성이 완료된 이후, 관리자로부터 현재 시점에서의 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급의 판단 명령이 인가되면, 현재 시점을 시작으로 하여 상기 단위 시간 간격으로, 상기 n개의 누수 감지 센서들로부터 상기 n개의 누수 감지 센서들 각각이 측정된 k개의 센싱 값들을 연쇄적으로 수신함으로써, n x k개의 현재 센싱 값들을 획득한다.

[0065] 판단용 입력 행렬 생성부(119)는 상기 n x k개의 현재 센싱 값들을 성분으로 갖는 n x k 크기의 판단용 입력 행렬을 생성한다.

[0066] 판단용 출력 벡터 생성부(120)는 상기 판단용 입력 행렬이 생성되면, 상기 판단용 입력 행렬을 상기 판단 모델의 기계학습이 완료된 상기 합성곱 신경망에 입력으로 인가함으로써, 상기 판단용 입력 행렬에 대응되는 N차원의 판단용 출력 벡터를 생성한다.

[0067] 판단용 연산 벡터 생성부(121)는 상기 N차원의 판단용 출력 벡터가 생성되면, 상기 N차원의 판단용 출력 벡터를 상기 활성화 함수에 입력으로 인가함으로써, 상기 N차원의 판단용 출력 벡터에 대응되는 N차원의 판단용 연산

벡터를 생성한다.

[0068] 유사도 판단부(122)는 상기 N차원의 판단용 연산 벡터가 생성되면, 상기 N차원의 판단용 연산 벡터와 상기 N개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 간의 유사도를 연산한다.

[0069] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 유사도 연산부(122)는 상기 N차원의 판단용 연산 벡터와 상기 N개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 간의 아다마르 곱(Hadamard product)을 연산하였을 때 산출되는 벡터의 맨해튼 노름(Manhattan norm)을 상기 N차원의 판단용 연산 벡터와 상기 N개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 간의 유사도로 연산할 수 있다.

[0070] 여기서, 아다마르 곱이란, 같은 크기의 벡터나 행렬에서 각 성분을 곱하는 연산을 의미한다. 예컨대, '[a b c]'와 '[x y z]'라는 벡터가 있을 때, 두 벡터 간의 아다마르 곱을 연산하면, '[ax by cz]'라는 벡터가 산출될 수 있다.

[0071] 또한, 맨해튼 노름이란, 벡터나 행렬의 크기를 나타내는 L1 노름으로, 하기의 수학식 3에 따라 연산될 수 있다.

수학식 3

$$\|X\|_1 = \sum_{i=1}^n |x_i|$$

[0073]

여기서 $\|X\|_1$ 은 맨해튼 노름을 의미하고, x_i 는 벡터나 행렬에 포함되어 있는 i번째 성분을 의미한다.

[0075]

[0076] 판단부(123)는 상기 N개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 중 상기 N차원의 판단용 연산 벡터와의 유사도가 최대로 연산된 제1 원-핫 벡터를 확인하고, 원-핫 벡터 저장부(111)로부터 상기 제1 원-핫 벡터에 대응되는 누수 심각도 등급인 제1 누수 심각도 등급을 확인함으로써, 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 상기 제1 누수 심각도 등급으로 판단한다.

[0077]

표시부(124)는 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급이 상기 제1 누수 심각도 등급인 것으로 판단되면, 상기 제1 누수 심각도 등급에 대한 정보를 화면 상에 표시한다.

[0078]

이하에서는 센싱 값 수신부(118), 판단용 입력 행렬 생성부(119), 판단용 출력 벡터 생성부(120), 판단용 연산 벡터 생성부(121), 유사도 연산부(122), 판단부(123) 및 표시부(124)의 동작을 예를 들어 상세히 설명하기로 한다.

[0079]

먼저, 전술한 예와 같이, M이 3이고, N이 5라고 하고, n과 k를 각각 3이라고 가정하자. 이때, 모델 생성부(117)에 의해 상기 판단 모델의 생성이 완료된 이후, 관리자로부터 현재 시점에서의 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급의 판단 명령이 인가되면, 센싱 값 수신부(118)는 상기 수도 관망 내에 설치되어 있는 3개의 누수 감지 센서들로부터 현재 시점을 시작으로 하여 상기 단위 시간 간격으로, 상기 3개의 누수 감지 센서들 각각이 측정한 3개의 센싱 값들을 연속적으로 수신함으로써, 3 x 3개(9개)의 현재 센싱 값들을 획득할 수 있다.

[0080]

만약, 상기 3개의 누수 감지 센서들로부터 수신된 상기 3 x 3개의 현재 센싱 값이 'A4, B4, C4, D4, E4, F4, G4, H4, I4'라고 하는 경우, 판단용 입력 행렬 생성부(119)는 'A4, B4, C4, D4, E4, F4, G4, H4, I4'를 성분으

$$\begin{bmatrix} A4 & B4 & C4 \\ D4 & E4 & F4 \\ G4 & H4 & I4 \end{bmatrix}$$

로 갖는 3 x 3 크기의 판단용 입력 행렬인 ' '을 생성할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} A4 & B4 & C4 \\ D4 & E4 & F4 \\ G4 & H4 & I4 \end{bmatrix}$$

[0081]

이렇게, 판단용 입력 행렬 생성부(119)에 의해 ' '이 상기 판단용 입력 행렬로 생성되면, 판단용 출

$$\begin{bmatrix} A4 & B4 & C4 \\ D4 & E4 & F4 \\ G4 & H4 & I4 \end{bmatrix}$$

력 벡터 생성부(120)는 상기 판단용 입력 행렬인 ' '을 상기 판단 모델의 기계학습이 완료된 상기 합성곱 신경망에 입력으로 인가함으로써, 상기 판단용 입력 행렬에 대응되는 5차원의 판단용 출력 벡터를 '[d1

$d_2 \ d_3 \ d_4 \ d_5]$ '와 같이 생성할 수 있다.

- [0082] 그 이후, 판단용 연산 벡터 생성부(121)는 상기 5차원의 판단용 출력 벡터인 ' $d_1 \ d_2 \ d_3 \ d_4 \ d_5]$ '를 상기 활성화 함수에 입력으로 인가함으로써, 상기 5차원의 판단용 출력 벡터에 대응되는 5차원의 판단용 연산 벡터를 ' $d(1) \ d(2) \ d(3) \ d(4) \ d(5)]$ '와 같이 생성할 수 있다.
- [0083] 이렇게, ' $d(1) \ d(2) \ d(3) \ d(4) \ d(5)]$ '라는 상기 5차원의 판단용 연산 벡터가 생성되면, 유사도 연산부(122)는 상기 5차원의 판단용 연산 벡터인 ' $d(1) \ d(2) \ d(3) \ d(4) \ d(5)]$ '와 상기 표 1에서 나타난 바와 같은 상기 5개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터인 ' $[1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$, $[0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]$, $[0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0]$, $[0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0]$, $[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]$ '간의 아다마르 곱을 연산함으로써, ' $[d(1) \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$, $[0 \ d(2) \ 0 \ 0 \ 0]$, $[0 \ 0 \ d(3) \ 0 \ 0]$, $[0 \ 0 \ 0 \ d(4) \ 0]$, $[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ d(5)]$ '라는 벡터를 산출할 수 있다.
- [0084] 그러고 나서, 유사도 연산부(122)는 상기 수학적 식 3에 따라 연산되는 ' $[d(1) \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$, $[0 \ d(2) \ 0 \ 0 \ 0]$, $[0 \ 0 \ d(3) \ 0 \ 0]$, $[0 \ 0 \ 0 \ d(4) \ 0]$, $[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ d(5)]$ '의 맨해튼 노름인 ' $d(1)$, $d(2)$, $d(3)$, $d(4)$, $d(5)$ '를 상기 5차원의 판단용 연산 벡터와 상기 5개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 간의 유사도로 연산할 수 있다.
- [0085] 이때, 상기 5차원의 판단용 연산 벡터와 상기 5개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 간의 유사도인 ' $d(1)$, $d(2)$, $d(3)$, $d(4)$, $d(5)$ ' 중 ' $d(4)$ '가 가장 큰 값으로 연산되었다고 가정하면, 판단부(123)는 상기 5개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터인 ' $[1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$, $[0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]$, $[0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0]$, $[0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0]$, $[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]$ ' 중 상기 5차원의 판단용 연산 벡터인 ' $[d(1) \ d(2) \ d(3) \ d(4) \ d(5)]$ '와의 유사도가 최대로 연산된 제1 원-핫 벡터로 ' $[0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0]$ '를 확인할 수 있다. 그러고 나서, 판단부(123)는 원-핫 벡터 저장부(111)로부터 상기 제1 원-핫 벡터인 ' $[0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0]$ '에 대응되는 누수 심각도 등급인 '안정'을 확인함으로써, 상기 수도 관망에 대한 현재의 누수 심각도 등급이 '안정'인 것으로 판단할 수 있다.
- [0086] 이렇게, 판단부(123)에 의해 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급이 '안정'인 것으로 판단되면, 표시부(124)는 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급이 '안정'임을 지시하는 정보를 화면 상에 표시할 수 있다. 이를 통해, 관리자는 상기 수도 관망에 대한 현재의 누수 심각도 등급을 확인할 수 있고, 이를 기초로 상기 수도 관망에 대한 보수 계획 등을 세울 수 있다.
- [0087] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 수도 관망 내에 분산 설치되어 있는 n 개(n 은 3이상의 자연수) 누수 감지 센서들을 활용하여 상기 수도 관망 내에서의 누수 심각도 여부를 모니터링하는 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치의 동작 방법을 도시한 순서도이다.
- [0088] 단계(S210)에서는 사전 설정된 N (N 은 3이상의 자연수)개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 미리 정해진 서로 다른 N 차원의 원-핫 벡터가 저장되어 있는 원-핫 벡터 저장부를 유지한다.
- [0089] 단계(S220)에서는 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단하는 판단 모델을 생성하기 위한 입력 정보인 것으로 미리 정해진 M (M 은 2이상의 자연수)개의 입력 정보 세트들(상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각은, 상기 n 개의 누수 감지 센서들로부터 사전 설정된 단위 시간 간격으로 k (k 은 3이상의 자연수)개의 센싱 값들을 연쇄적으로 획득함으로써 구성된 $n \times k$ 개의 센싱 값들이 하나의 세트로 이루어진 정보를 의미함)과 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 것으로 사전 지정된 누수 심각도 등급이 매칭되어 있는 M 개의 트레이닝 세트들이 저장되어 있는 트레이닝 세트 저장부를 유지한다.
- [0090] 단계(S230)에서는 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 포함되어 있는 $n \times k$ 개의 센싱 값들을 성분으로 갖는 $n \times k$ 크기의 행렬을 구성함으로써, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬을 생성한다.
- [0091] 단계(S240)에서는 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬이 생성되면, 상기 원-핫 벡터 저장부를 참조하여, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 매칭되어 있는 누수 심각도 등급에 대한 원-핫 벡터를 확인함으로써, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터를 확인한다.
- [0092] 단계(S250)에서는 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 입력 행렬을 입력 피쳐맵으로 지정하여 합성곱 신경망(상기 합성곱 신경망은 출력이 N 차원의 벡터가 산출되도록 사전 구성되어 있음)에 입력으로 인가함으로써, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 출력 벡터를 생성한다.
- [0093] 단계(S260)에서는 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 출력 벡터가 생성되면, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 출력 벡터를 미리 정해진 활성화 함수(상기 활성화 함수는 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 출력 벡터를 구성하는 성분들을 각각 0이상 1이하의 값으로 변환하는 함수임)에 입력으로 인가함으로써, 상기 M 개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N 차원의 연산 벡터를 생성

한다.

- [0094] 단계(S270)에서는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터가 생성되면, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터가 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터에 최대도 근접하도록 상기 합성곱 신경망에 대한 기계학습을 수행함으로써, 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 판단하는 상기 판단 모델을 생성한다.
- [0095] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 활성화 함수는 상기 수학식 1과 같은 소프트맥스 함수일 수 있다.
- [0096] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 단계(S270)에서는 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 N차원의 연산 벡터를 구성하는 성분들과 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대응되는 원-핫 벡터를 구성하는 성분들을 기초로, 상기 수학식 2에 따른 손실 함수를 기반으로 한 손실 값을 연산함으로써, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대한 손실 값을 산출하고, 상기 M개의 입력 정보 세트들 각각에 대한 손실 값의 평균 값이 최소가 되도록 상기 합성곱 신경망에 대한 기계학습을 수행할 수 있다.
- [0097] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치의 동작 방법은 상기 판단 모델의 생성이 완료된 이후, 관리자로부터 현재 시점에서의 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급의 판단 명령이 인가되면, 현재 시점을 시작으로 하여 상기 단위 시간 간격으로, 상기 n개의 누수 감지 센서들로부터 상기 n개의 누수 감지 센서들 각각이 측정한 k개의 센싱 값들을 연쇄적으로 수신함으로써, $n \times k$ 개의 현재 센싱 값들을 획득하는 단계, 상기 $n \times k$ 개의 현재 센싱 값들을 성분으로 갖는 $n \times k$ 크기의 판단용 입력 행렬을 생성하는 단계, 상기 판단용 입력 행렬이 생성되면, 상기 판단용 입력 행렬을 상기 판단 모델의 기계학습이 완료된 상기 합성곱 신경망에 입력으로 인가함으로써, 상기 판단용 입력 행렬에 대응되는 N차원의 판단용 출력 벡터를 생성하는 단계, 상기 N차원의 판단용 출력 벡터가 생성되면, 상기 N차원의 판단용 출력 벡터를 상기 활성화 함수에 입력으로 인가함으로써, 상기 N차원의 판단용 출력 벡터에 대응되는 N차원의 판단용 연산 벡터를 생성하는 단계, 상기 N차원의 판단용 연산 벡터가 생성되면, 상기 N차원의 판단용 연산 벡터와 상기 N개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 간의 유사도를 연산하는 단계, 상기 N개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 중 상기 N차원의 판단용 연산 벡터와의 유사도가 최대도 연산된 제1 원-핫 벡터를 확인하고, 상기 원-핫 벡터 저장부로부터 상기 제1 원-핫 벡터에 대응되는 누수 심각도 등급인 제1 누수 심각도 등급을 확인함으로써, 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급을 상기 제1 누수 심각도 등급으로 판단하는 단계 및 상기 수도 관망에 대한 누수 심각도 등급이 상기 제1 누수 심각도 등급인 것으로 판단되면, 상기 제1 누수 심각도 등급에 대한 정보를 화면 상에 표시하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0098] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 유사도를 연산하는 단계는 상기 N차원의 판단용 연산 벡터와 상기 N개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 간의 아다마르 곱을 연산하였을 때 산출되는 벡터의 맨해튼 노름을 상기 N차원의 판단용 연산 벡터와 상기 N개의 누수 심각도 등급들 각각에 대한 원-핫 벡터 간의 유사도로 연산할 수 있다.
- [0099] 이상, 도 2를 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치의 동작 방법에 대해 설명하였다. 여기서, 본 발명의 일실시예에 따른 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치의 동작 방법은 도 1을 이용하여 설명한 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치(110)의 동작에 대한 구성과 대응될 수 있으므로, 이에 대한 보다 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0100] 본 발명의 일실시예에 따른 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치의 동작 방법은 컴퓨터와의 결합을 통해 실행시키기 위한 저장매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다.
- [0101] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치의 동작 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0102] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0103] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

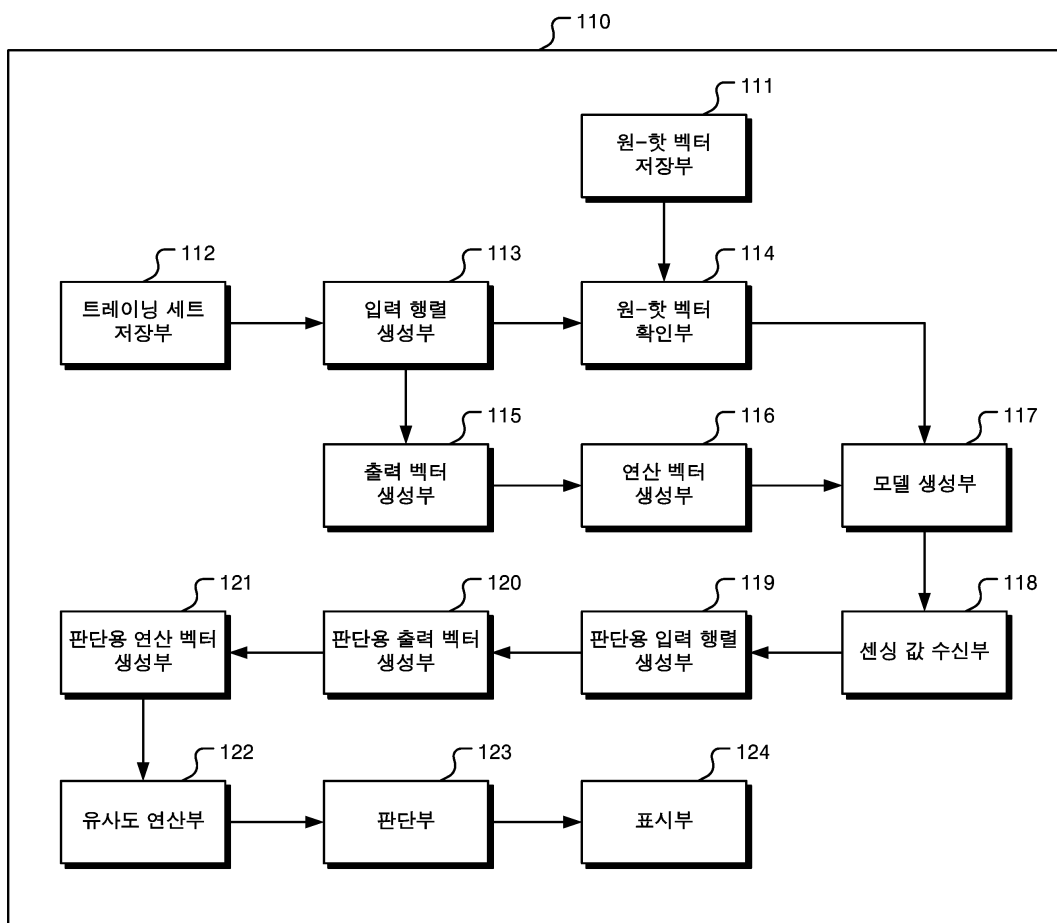
부호의 설명

[0104] 110: 인공지능 기반의 누수 모니터링 장치

- | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| 111: 원-핫 벡터 저장부 | 112: 트레이닝 세트 저장부 | 113: 입력 행렬 생성부 | 114: 원-핫 벡터 확인부 |
| 115: 출력 벡터 생성부 | 116: 연산 벡터 생성부 | 117: 모델 생성부 | 118: 센싱 값 수신부 |
| 119: 판단용 입력 행렬 생성부 | 120: 판단용 출력 벡터 생성부 | 121: 판단용 연산 벡터 생성부 | 122: 유사도 연산부 |
| 123: 판단부 | 124: 표시부 | | |

도면

도면1



도면2

