



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년01월31일
(11) 등록번호 10-2493362
(24) 등록일자 2023년01월25일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/06 (2012.01) G05B 23/02 (2006.01)
G06N 20/00 (2019.01) G06Q 50/10 (2012.01)
- (52) CPC특허분류
G06Q 50/06 (2013.01)
G05B 23/0254 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-0121666
- (22) 출원일자 2020년09월21일
심사청구일자 2020년09월21일
- (65) 공개번호 10-2022-0039055
- (43) 공개일자 2022년03월29일
- (56) 선행기술조사문헌
KR102036649 B1*
KR102060481 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
한국수자원공사
대전광역시 대덕구 신탄진로 200(연축동)
- (72) 발명자
김형숙
대전광역시 유성구 배울1로 119, 1209동 704호
김경필
충청남도 천안시 서북구 봉서산로 85, 106동 103호
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
청운특허법인

전체 청구항 수 : 총 11 항

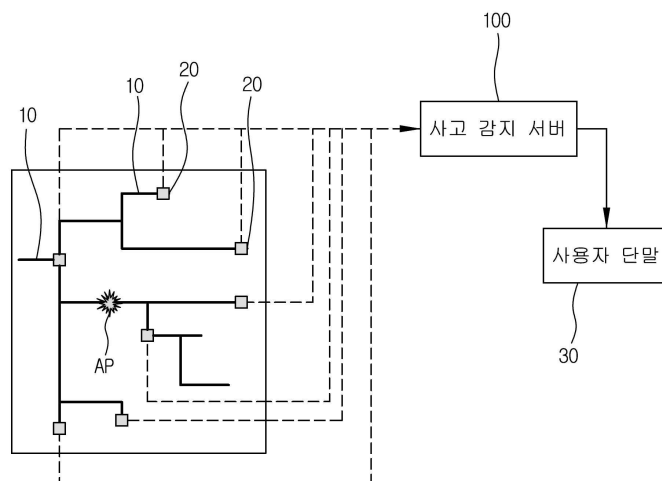
심사관 : 최명환

(54) 발명의 명칭 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 시스템 및 그 방법

(57) 요약

본 발명의 일실시예에 따르면, 상수도망 내에서 사고 발생 여부를 감지하기 위한 감시구간 내의 계측기가 측정된 압력 및 유량을 포함하는 학습데이터셋을 이용하여 압력 예측 모델을 학습시키는 모델 학습 단계, 학습된 압력 예측 모델에 계측기로부터 실시간으로 수신되는 압력 또는 유량을 입력하여 감시구간 내의 각 측정지점의 압력을 예측하는 압력 예측 단계, 예측된 압력과 실시간으로 측정된 압력을 비교하여 사고 발생 여부를 감지하는 사고 감지 단계를 포함하는, AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 방법 및 서버를 제공하며, 관로 파손 사고 발생시 압력 변화를 감지하여 사고 발생을 즉시 인지하고, 관로 파손 사고와 인접한 측정지점의 압력변화가 크게 발생하는 현상에 기초하여 사고 발생 지점을 추정하고, GIS 관망도에 기반하여 사고 위치를 관리자에게 제공하여 신속한 사고복구를 지원할 수 있다.

대표도 - 도1



- (52) CPC특허분류
G05B 23/0283 (2013.01)
G06N 20/00 (2021.08)
G06Q 50/10 (2015.01)

송병철

세종특별자치시 남세종로 503, 106동 901호

- (72) 발명자

이행수

대전광역시 유성구 배울2로 78, 608동 1702호

명세서

청구범위

청구항 1

모델학습부가 상수도망의 정수장, 배수지, 관로, 상기 관로의 분기, 상기 관로에 연결된 계측기인 유량계, 압력계, 상기 관로에 연결된 펌프, 상기 관로에 연결된 전동밸브의 연결관계를 반영하는 지도인 센서 네트워크 맵에 기초하여 감시구간을 결정하되, 상기 감시구간은 상하류가 수리적으로 단절되는 지점, 유량계가 설치되어 구간 내의 유입과 유출 유량의 동시 계측이 가능한 지점을 기준으로, 상기 감시구간의 압력에 영향을 주는 펌프 또는 전동밸브, 상기 감시구간 내에 설치된 압력계, 유량계를 포함하도록 결정되는 구간 결정 단계;

모델학습부가 상기 감시구간 내에서 압력을 예측하려는 지점의 압력계가 측정된 압력이 라벨데이터이고, 상기 감시구간에 포함된 나머지 압력계가 측정된 압력, 유량계가 측정된 유량, 펌프의 가동상태, 전동밸브의 개도값이 학습데이터인 학습데이터셋을 상기 감시구간에 포함된 압력계의 개수만큼 생성하고, 상기 학습데이터셋을 이용하여 상기 압력계가 연결된 압력 측정지점의 압력을 예측하는 압력 예측 모델을 상기 감시구간에 포함된 모든 압력 측정지점마다 각각 학습시켜 상기 감시구간에 포함된 압력계의 개수만큼의 압력 예측 모델을 생성하는 모델 학습 단계;

사고감지부가 학습된 압력 예측 모델에 상기 계측기로부터 실시간으로 수신되는 압력, 유량, 펌프의 가동상태, 전동밸브의 개도값을 입력하여 상기 감시구간 내의 모든 압력 측정지점의 압력을 각각 예측하는 압력 예측 단계; 및

사고감지부가 예측된 압력과 실시간으로 측정된 압력을 비교하여 상기 예측된 압력이 상기 측정된 압력보다 정해진 범위 이상으로 큰 경우 사고가 발생한 것으로 판단하는 사고 감지 단계를 포함하는, AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 모델 학습 단계 이전에, 상기 상수도망에 설치된 상기 계측기로부터 수신한 압력 또는 유량의 오류를 보정하는 데이터 전처리 단계를 더 포함하는, AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 사고 감지 단계는

예측된 압력이 측정된 압력보다 정해진 범위 이상으로 커서 사고가 발생한 것으로 판단하는 경우, 상기 감시구간에 유입되는 물의 양과 감시구간에서 유출되는 물의 양의 수치를 계산하여, 유입되는 물의 양이 유출되는 물의 양보다 정해진 범위 이상으로 많은 경우 사고가 발생한 것으로 판단하는 과정을 더 수행하는, AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

사고가 감지되는 경우 사고알림부는 상기 감시구간에서 사고가 발생한 위치를 추정하되, 측정된 압력에서 예측된 압력을 차감한 오차가 플러스값인 측정지점을 선정하고, 가장 오차가 큰 측정지점과 다음으로 오차가 큰 측정지점 사이에서 관로 파손 사고가 발생한 것으로 판단하고, GIS 관망도에 기초하여 사용자 단말로 사고 발생과 사고 위치를 알리는 사고 알림 단계를 더 포함하는, AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 압력 예측 단계는

실시간으로 상기 계측기로부터 수신되는 유량과 압력, 펌프의 가동상태, 전동밸브의 개도값을 입력데이터로 생성하는 입력데이터 생성 단계; 및

상기 입력데이터를 상기 학습된 압력 예측 모델에 입력하여 상기 측정지점의 압력을 예측하는 모델 이용 단계를 포함하는, AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 방법.

청구항 7

청구항 2에 있어서,

상기 오류는

상기 계측기로부터 오측되거나 결측된 유량 또는 압력이 존재하는 것이며,

상기 데이터 전처리 단계는

상기 오류의 개수가 정해진 개수보다 많은지 판단하는 개수 판단 단계;

상기 오류의 개수가 정해진 개수보다 적은 경우, 보간법을 사용하여 오류를 보정하는 보간 보정 단계; 및

상기 오류의 개수가 정해진 개수보다 많은 경우, 특정 시점의 데이터를 이용하여 오류를 보정하는 주기 보정 단계를 포함하는, AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

상수도 실시간 사고감지 시스템에 있어서,

상기 상수도 실시간 사고감지 시스템은 사고감지 서버를 포함하며,

상기 사고감지 서버는,

상수도망 내에서 사고 발생 여부를 감지하기 위한 압력 예측 모델을 학습시키는 모델학습부; 및

상기 압력 예측 모델을 이용하여 압력을 예측하는 사고감지부를 포함하고,

상기 모델학습부는

상수도망의 정수장, 배수지, 관로, 상기 관로의 분기, 상기 관로에 연결된 계측기인 유량계, 압력계, 상기 관로에 연결된 펌프, 상기 관로에 연결된 전동밸브의 연결관계를 반영하는 지도인 센서 네트워크 맵에 기초하여 감시구간을 결정하되, 상기 감시구간은 상하류가 수리적으로 단절되는 지점, 유량계가 설치되어 구간 내의 유입과 유출 유량의 동시 계측이 가능한 지점을 기준으로, 상기 감시구간의 압력에 영향을 주는 펌프 또는 전동밸브, 상기 감시구간 내에 설치된 압력계, 유량계를 포함하도록 결정되며,

상기 감시구간 내에서 압력을 예측하려는 지점의 압력계가 측정된 압력이 라벨데이터이고, 상기 감시구간에 포함된 나머지 압력계가 측정된 압력, 유량계가 측정된 유량, 펌프의 가동상태, 전동밸브의 개도값이 학습데이터인 학습데이터셋을 상기 감시구간에 포함된 압력계의 개수만큼 생성하고, 상기 학습데이터셋을 이용하여 상기 압력계가 연결된 압력 측정지점의 압력을 예측하는 압력 예측 모델을 상기 감시구간에 포함된 모든 압력 측정지점마다 각각 학습시켜 상기 감시구간에 포함된 압력계의 개수만큼의 압력 예측 모델을 생성하고,

상기 사고감지부는

학습된 압력 예측 모델에 상기 계측기로부터 실시간으로 수신되는 압력, 유량, 펌프의 가동상태, 전동밸브의 개도값을 입력하여 상기 감시구간 내의 모든 압력 측정지점의 압력을 각각 예측하고, 예측된 압력과 실시간으로 측정된 압력을 비교하여 상기 예측된 압력이 상기 측정된 압력보다 정해진 범위 이상으로 큰 경우 사고가 발생

한 것으로 판단하는, AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 시스템.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 상수도망에 설치된 상기 계측기로부터 수신한 압력 또는 유량의 오류를 보정하는 데이터수집부를 더 포함하는, AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 시스템.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

사고가 감지되는 경우 상기 감시구간에서 사고가 발생한 위치를 추정하되, 측정된 압력에서 예측된 압력을 차감한 오차가 플러스값인 측정지점을 선정하고, 가장 오차가 큰 측정지점과 다음으로 오차가 큰 측정지점 사이에서 관로 파손 사고가 발생한 것으로 판단하고, GIS 관망도에 기초하여 사용자 단말로 사고 발생과 사고 위치를 알리는 사고알림부를 더 포함하는, AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 시스템.

청구항 12

삭제

청구항 13

청구항 9에 있어서,

상기 사고감지부는

예측된 압력이 측정된 압력보다 정해진 범위 이상으로 커서 사고가 발생한 것으로 판단하는 경우, 상기 감시구간에 유입되는 물의 양과 감시구간에서 유출되는 물의 양의 수치를 계산하여, 유입되는 물의 양이 유출되는 물의 양보다 정해진 범위 이상으로 많은 경우 사고가 발생한 것으로 판단하는 과정을 더 수행하는, AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 시스템.

청구항 14

청구항 10에 있어서,

상기 오류는

상기 계측기로부터 오측되거나 결측된 유량 또는 압력이 존재하는 것이며,

상기 데이터수집부는

상기 오류의 개수가 정해진 개수보다 많은지 판단하고, 상기 오류의 개수가 정해진 개수보다 적은 경우, 보간법을 사용하여 오류를 보정하며, 상기 오류의 개수가 정해진 개수보다 많은 경우, 특정 시점의 데이터를 이용하여 오류를 보정하는, AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 상수도는 다수의 지역에 대량으로 용수를 공급할 수 있는 대규모 시설이다. 상수도는 다양한 원인에 의해 관로(Pipe)가 파손되는 사고가 발생한다. 관로파손의 주된 원인은 노후화, 펌프 급정지 및 밸브 급폐쇄에 의한 수충격, 관로가 매설된 지형의 변화, 관로 주변 굴착공사로 인한 관로 손괴사고 등이 있다. 관로는 지하에 매설되어 있는 특성상 파손 사고 발생시에 파손 위치를 신속하게 특정하기가 어렵다. 관로의 파손 여부나 파손 위치를 감지하기 위한 방법으로는 유량이나 압력 계측기의 개별 상하한을 설정하고 초과여부를 감시하거나, 관망해석을 이용하여 온라인 해석결과와 계측 값의 차이로 이상여부를 감지하거나, 용수수요량의 통계적 예측에 기반하여 실제 공급량과의 차이로 이상여부를 감시하는 등의 방법이 존재한다. 그러나 이러한 기존 방법들은 물 공급의

시간변동성으로 인하여 공급량(수요량)의 증가와 관로 파손에 의한 유량증가를 구분하기 어려워 실제 이상여부를 신뢰도 있게 즉시 인식하기 어렵고, 이상여부를 인지한다 하더라도 그 파손 위치를 특정하기 어렵다. 또한 공사에 의해 관로가 변경되는 경우 변경사항을 반영하여 감지시스템을 현행화시켜야 하며 전문인력과 장시간의 작업이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) KR 10-1205103 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 일실시예에 따른 목적은, 센서 네트워크 맵의 정해진 분석 구간에 존재하는 모든 측정지점에서 측정된 유량, 압력, 펌프 On/Off 및 전동밸브 개도 등 수리적 거동에 영향을 미치는 관로 시스템의 최근 데이터를 학습하여 생성된 모든 압력계 설치지점의 압력을 각각 예측하는 인공지능 모델을 이용하여, 관로 파손 사고를 실시간으로 감지하고 압력계의 위치로서 사고위치를 추정하여 제공하는 시스템 및 그 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 방법은, 상수도망 내에서 사고 발생 여부를 감지하기 위한 감시구간 내의 계측기가 측정한 압력, 유량, 펌프 On/Off 및 전동밸브의 개도값을 포함하는 학습데이터셋을 이용하여 압력 예측 모델을 학습시키는 모델 학습 단계, 학습된 압력 예측 모델에 상기 계측기로부터 실시간으로 수신되는 압력, 유량, 펌프 On/Off 및 전동밸브의 개도값을 입력하여 상기 감시구간 내의 각 압력 측정지점의 압력을 예측하는 압력 예측 단계, 및 예측된 압력과 실시간으로 측정된 압력을 비교하여 사고 발생 여부를 감지하는 사고 감지 단계를 포함할 수 있다.

[0006] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 방법은, 상기 모델 학습 단계 이전에, 상기 상수도망에 설치된 상기 계측기로부터 수신한 압력, 유량, 펌프 On/Off 및 전동밸브의 개도값의 실시간 계측데이터의 오류를 보정하는 데이터 전처리 단계를 더 포함할 수 있다.

[0007] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 방법은, 상기 모델 학습 단계 이전에, 센서 네트워크 맵에 기초하여 자동으로 감시구간을 결정하는 구간 결정 단계를 더 포함할 수 있다.

[0008] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 방법은, 사고가 감지되는 경우 상기 감시구간에서 사고가 발생한 위치를 자동으로 추정하고, GIS 관망도에 기초하여 사용자 단말로 사고 발생과 사고 위치를 알리는 사고 알림 단계를 더 포함할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 모델 학습 단계는 사고가 발생하지 않은 정상조건에서 상기 감시구간에 포함된 복수의 측정지점의 압력과 유량, 펌프 가동상태, 전동밸브의 개도값이 학습데이터이고, 상기 감시구간에 포함된 어느 하나의 측정지점의 압력이 라벨데이터인 학습데이터셋을 생성하는 학습데이터셋 생성 단계, 및 상기 학습데이터셋으로 상기 압력 예측 모델을 학습시키는 훈련단계를 포함할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 압력 예측 단계는 실시간으로 상기 계측기로부터 수신되는 유량과 압력, 펌프의 가동상태, 전동밸브의 개도값을 입력데이터로 생성하는 입력데이터 생성 단계, 및 상기 입력데이터를 상기 학습된 압력 예측 모델에 입력하여 상기 측정지점의 압력을 예측하는 모델 이용 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 오류는 상기 계측기로부터 오측되거나 결측된 유량 또는 압력이 존재하는 것이며, 상기 데이터 전처리 단계는 상기 오류의 개수가 정해진 개수보다 많은지 판단하는 개수 판단 단계, 상기 오류의 개수가 정해진 개수보다 적은 경우, 보간법을 사용하여 오류를 보정하는 보간 보정 단계, 및 상기 오류의 개수가 정해진 개수보다 많은 경우, 이전 주기의 데이터를 이용하여 오류를 보정하는 주기 보정 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 구간 결정 단계는 상기 센서 네트워크 맵에서 유입되는 유량과 유출되는 유량이 동일한 영역으로 상기 감시구간을 자동으로 결정할 수 있다.

- [0013] 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 시스템은, 사고감지 서버를 포함하며, 상기 사고감지 서버는, 상수도망 내에서 사고 발생 여부를 감지하기 위한 감시구간 내의 계측기가 측정된 압력 및 유량을 포함하는 학습데이터셋을 이용하여 압력 예측 모델을 학습시키는 모델학습부, 및 학습된 압력 예측 모델에 상기 계측기로부터 실시간으로 수신되는 압력 또는 유량을 입력하여 상기 감시구간 내의 각 측정지점의 압력을 예측하고, 예측된 압력과 실시간으로 측정된 압력을 비교하여 사고 발생 여부를 감지하는 사고감지부를 포함할 수 있다.
- [0014] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 시스템은, 상기 상수도망에 설치된 상기 계측기로부터 수신한 압력 또는 유량의 오류를 보정하는 데이터수집부를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 시스템은, 사고가 감지되는 경우 상기 감시구간에서 사고가 발생한 위치를 추정하고, GIS 관망도에 기초하여 사용자 단말로 사고 발생과 사고 위치를 알리는 사고알림부를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 모델학습부는 센서 네트워크 맵에 기초하여 자동으로 감시구간을 결정하고, 사고가 발생하지 않은 정상조건에서 상기 감시구간에 포함된 복수의 측정지점의 압력과 유량, 펌프 가동상태, 전동밸브의 개도값이 학습데이터이고, 상기 감시구간에 포함된 어느 하나의 측정지점의 압력이 라벨레이터인 학습데이터셋을 생성하고, 생성된 학습데이터셋으로 상기 압력 예측 모델을 학습시킬 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 사고감지부는 상기 압력 예측 모델에 실시간으로 상기 계측기로부터 수신되는 유량과 압력, 펌프의 가동상태, 전동밸브의 개도값을 입력하여 상기 측정지점의 압력을 예측하고, 예측된 압력과 상기 계측기로부터 수신한 압력을 비교하여, 예측된 압력이 수신한 압력보다 정해진 범위 이상으로 큰 경우 사고가 발생한 것으로 판단할 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 오류는 상기 계측기로부터 오측되거나 결측된 유량 또는 압력이 존재하는 것이며, 데이터수집부는 상기 오류의 개수가 정해진 개수보다 많은지 판단하고, 상기 오류의 개수가 정해진 개수보다 적은 경우, 보간법을 사용하여 오류를 보정하며, 상기 오류의 개수가 정해진 개수보다 많은 경우, 특정 시점의 데이터를 이용하여 오류를 보정할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다.
- [0020] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니 되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

발명의 효과

- [0021] 본 발명의 일실시예에 따르면, 센서 네트워크 맵의 정해진 감시구간에 존재하는 측정지점의 압력을 예측하고, 실제 측정된 압력값과 비교하여 관로 파손 사고 발생시 압력 변화를 감지하여 사고 발생을 즉시 인지할 수 있다.
- [0022] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 관로 파손 사고와 인접한 측정지점의 압력차가 관로 파손 사고와 먼 측정지점의 압력차보다 크게 발생하는 현상에 기초하여 사고 발생 지점을 추정하고, GIS 관망도에 기반하여 사고 위치를 관리자에게 제공하여 신속한 사고복구를 지원할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 시스템을 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 시스템의 구성을 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 센서 네트워크 맵을 나타내는 도면이다.
- 도 4는 제1 압력계가 연결된 측정지점의 압력을 예측하는 제1 압력 예측 모델을 학습시키기 위해 생성된 제1 학습데이터셋을 예시적으로 나타낸 표이다.
- 도 5는 사고감지부가 제1 감시구간의 제1 압력계가 연결된 측정지점의 압력을 예측하기 위해 생성한 입력데이터와, 압력 예측 모델이 예측한 출력데이터와, 제1 압력계가 측정된 압력과, 오차율을 예시적으로 나타내는 표이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 제1 감시구간에서 각 측정지점마다 예측된 압력과 측정된 압력을 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 방법의 각 단계를 나타낸 흐름도이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 데이터 전처리 단계를 상세히 나타낸 흐름도이다.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따라 제5 압력계가 연결된 측정지점의 예측된 압력과 측정된 압력을 비교하여 도시한 그래프이다.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따라 제5 압력계가 연결된 측정지점의 예측된 압력과 측정된 압력의 오차를 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명의 일실시예의 목적, 장점, 및 특징들은 첨부된 도면들과 연관되는 이하의 일실시예의 설명들에 의해 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 또한, "일면", "타면", "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다. 이하, 본 발명의 일실시예를 설명함에 있어서, 본 발명의 일실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 일실시예를 상세히 설명한다.

[0026] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 시스템을 나타낸 도면이다.

[0027] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 시스템은, 상수도망에 연결되어 유량 또는 압력을 측정하는 계측기(20), 및 계측기(20)가 측정한 유량 또는 압력을 수신하여 사고 발생 여부를 감지하는 사고감지 서버(100)를 포함할 수 있다. 사고감지 서버(100)는 사고 발생시 사용자 단말(30)로 사고 발생 및 위치를 알릴 수 있다.

[0028] 상수도망(waterworks network)은 수원에서 취수하여 정수한 물을 수용가까지 수송하는 관망(pipe network)을 말한다. 상수도는 대형 관로를 이용하여 대량의 물을 수송하고 지역 간에 물을 수송하는 광역상수도, 광역상수도에 연결되어 수용가까지 물을 수송하는 지방상수도, 간이취수장에서 정수한 물을 소규모 지역에 공급하는 간이상수도 등을 포함하는 개념이다.

[0029] 상수도망에는 계측기(20)가 설치되어 물의 흐름을 측정한다. 계측기(20)는 압력계, 유량계, 탁도계, 수온계 등 다양한 종류의 계측기(20)를 포함한다. 계측기(20)는 한 지점에서 하나 이상의 항목을 측정할 수도 있다. 예를 들어, 계측기(20)는 한 지점에서 압력과 유량을 모두 측정할 수도 있다. 본 명세서에서 계측기(20)는 압력계 또는 유량계를 포함하는 것으로 이해될 수 있다. 계측기(20)는 상수도망에 복수개 설치되어 있다. 계측기(20)는 측정된 압력 또는 유량을 사고감지 서버(100)로 전송할 수 있다. 계측기(20)는 정해진 주기마다 압력 또는 유량을 측정하고, 측정된 압력 또는 유량을 저장부(160)에 저장하며, 저장된 압력 또는 유량을 정해진 주기마다 사고감지 서버(100)로 전송할 수 있다. 예를 들어, 계측기(20)는 15초마다 한번씩 압력 또는 유량을 측정하고, 측정된 압력 또는 유량을 저장부(160)에 계속하여 저장하며, 5분동안 저장된 압력 또는 유량을 5분마다 사고감지 서버(100)로 전송할 수 있다. 계측기(20)는 유선 또는 무선 네트워크에 연결되어, 사고감지 서버(100)와 데이터를 송수신할 수 있다.

[0030] 사고감지 서버(100)는 계측기(20)가 측정한 유량 또는 압력을 이용하여 상수도 관로에 파손 등의 사고가 발생하였는지 감지할 수 있다. 사고감지 서버(100)는 상수도망을 관리하는 기업, 공단, 국가, 지방자치단체 등의 기관이 운영할 수 있다. 사고감지 서버(100)는 하나 이상의 서버장치로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 사고 감지 장치는 데이터를 수집하는 서버, 수집된 데이터를 저장하는 데이터베이스(120), 사고 발생 여부를 판단하는 서버, 사용자 단말(30)로 사고 발생을 알리는 서버 등으로 세부 기능을 담당하는 복수의 서버장치로 이루어질 수 있다. 사고감지 서버(100)가 복수의 서버장치로 이루어지더라도 각 서버장치가 본 발명의 일실시예에 따른 동작을 수행하는 이상 전체적으로 본 발명의 권리범위에 포함된다.

[0031] 사용자 단말(30)은 사고감지 서버(100)로부터 사고 발생 및 위치를 제공받아 사용자에게 표시할 수 있는 정보처리장치이다. 사용자 단말(30)은 PC, 스마트폰, 모니터링 단말, 태블릿 PC, 노트북 컴퓨터 등을 포함할 수 있다.

사용자는 상수도를 관리하는 관리자이거나, 사고감지 서버(100)를 운영하는 운영자이거나, 사고 복구를 담당하는 공사현장 담당자 등을 포함할 수 있다. 사용자 단말(30)은 사고 발생 및 위치를 사용자에게 표시하여 사용자가 즉시 사고에 대응할 수 있게 지원한다.

- [0032] 도 1에 도시된 바와 같이, 상수도망의 임의의 위치에서 관로 파손 사고가 발생하는 경우, 사고 발생 지점과 인접한 계측기(20)에는 정상 상태에서 측정되는 압력과 다른 값이 측정될 것이다. 사고감지 서버(100)는 정상 상태에서 계측기(20)가 측정할 것이라고 예측되는 압력을 예상하고, 예상된 압력과 실제 측정된 압력을 비교하여 사고 발생 여부를 판단하고, 사고 발생을 감지한 경우 사용자 단말(30)로 사고 발생 및 위치를 제공할 수 있다.
- [0033] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 서버(100)의 구성을 도시한 도면이다.
- [0034] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 시스템은 실시간 사고감지 시스템으로서 사고감지 서버(100)를 포함하고, 사고감지 서버(100)는, 상수도망 내에서 사고 발생 여부를 감지하기 위한 감시구간 내의 계측기(20)가 측정한 압력, 유량, 펌프의 가동상태, 전동밸브의 개도값을 포함하는 학습데이터셋을 이용하여 압력 예측 모델을 학습시키는 모델학습부(130), 및 학습된 압력 예측 모델에 계측기(20)로부터 실시간으로 수신되는 압력, 유량, 펌프의 가동상태, 전동밸브의 개도값을 입력하여 감시구간 내의 각 압력 측정지점의 압력을 예측하고, 예측된 압력과 실시간으로 측정된 압력을 비교하여 사고 발생 여부를 감지하는 사고감지부(140)를 포함할 수 있다. 그리고, 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 서버(100)는, 상수도망에 설치된 계측기(20)로부터 수신한 압력 또는 유량의 오류를 보정하는 데이터 수집부(110), 사고가 감지되는 경우 감시구간에서 사고가 발생한 위치를 추정하고, GIS 관망도에 기초하여 사용자 단말(30)로 사고 발생과 사고 위치를 알리는 사고알림부(150), 데이터수집부(110)가 수집하여 정리한 압력 또는 유량 등의 데이터를 저장하는 데이터베이스(120)를 더 포함할 수 있다.
- [0035] 사고감지 서버(100)는 유선 또는 무선 네트워크에 연결되어 계측기(20)나 사용자 단말(30)과 데이터를 송수신할 수 있는 통신부(170), 사고감지 서버(100)를 동작하기 위해 필요한 데이터와 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 방법을 수행하기 위한 프로그램 코드를 저장하는 저장부(160), 사고감지 서버(100)를 관리하는 사용자가 데이터나 명령을 입력하거나 상수도망의 감시 상황 등을 사용자에게 표시하는 입출력부(180)를 더 포함할 수 있다.
- [0036] 데이터수집부(110)는 유선 또는 무선 네트워크를 통해 계측기(20)로부터 측정값을 수신할 수 있다. 데이터수집부(110)는 계측기(20)로부터 수신한 압력 또는 유량 데이터를 1분 단위로, 또는 정해진 다른 주기로 수신하고, 수신한 압력 또는 유량 데이터를 상수도망에서 계측기(20)의 위치와 관련하여 정리하여 데이터베이스(120)에 저장할 수 있다. 데이터수집부(110)는 계측기(20)로부터 수신한 데이터에 오류가 존재하는 경우 오류를 보정할 수 있다.
- [0037] 계측기(20)로부터 수신한 데이터에 존재하는 오류는 계측기(20)로부터 오측되거나 결측된 유량 또는 압력이 존재하는 것이다. 데이터수집부(110)는 오류의 개수가 정해진 개수보다 많은지 판단하고, 오류의 개수가 정해진 개수보다 적은 경우, 보간법을 사용하여 오류를 보정하며, 오류의 개수가 정해진 개수보다 많은 경우, 특정 시점의 데이터를 이용하여 오류를 보정할 수 있다.
- [0038] 데이터수집부(110)는 압력계, 유량계, 탁도계 등 다양한 종류의 계측기(20)로부터 측정값을 수신할 수 있다. 데이터수집부(110)가 데이터를 수집할 때, 계측기(20)의 문제나, 데이터 송수신의 문제 등 다양한 원인에 의하여, 오측 또는 결측 오류가 발생할 수 있다.
- [0039] 오측은 일반적으로 측정되는 데이터에 비하여 과대하거나 과소한 데이터가 전달되는 오류이다. 오측은 정해진 기간동안 수집된 데이터에 기초하여 생성한 기준값보다 크거나 작은 데이터인지를 기준으로 판단할 수 있다. 구체적으로, 오측은 과거 2주동안 수집된 데이터를 큰 순서대로 나열하였을 때 95번째 순서에 해당하는 값의 50배를 기준으로 이를 초과하는 데이터가 수신된 경우 오측으로 판단할 수 있다.
- [0040] 결측은 데이터가 수집되지 않는 오류이다. 계측기(20)의 문제로 측정을 하지 못하였거나, 측정된 값이 저장되지 않았거나, 측정된 값이 전송되지 않는 등의 다양한 원인으로 발생할 수 있다. 결측은 데이터수집부(110)가 정해진 시간에 수신되는 데이터가 없는 경우 결측으로 판단할 수 있다.
- [0041] 데이터수집부(110)는 오측 또는 결측된 데이터의 개수가 정해진 개수보다 적은 경우에 보간법을 이용하여 보정한다. 보간법은 오류가 발생한 데이터의 시간적으로 이전과 이후 데이터를 이용하여 오류가 발생한 부분의 데이터를 생성하는 것이다. 보간법으로 오측 또는 결측된 데이터를 보정할 때, 이전과 이후 데이터의 평균을 이용할

수 있다.

- [0042] 데이터수집부(110)는 오측 또는 결측된 데이터의 개수가 정해진 개수보다 많은 경우에 특정 시점의 데이터를 이용하여 오류를 보정할 수 있다. 여기에서 특정 시점은 압력 예측 모델을 새로 형성하는 주기일 수 있다. 압력 예측 모델을 2주 단위로 갱신하는 경우, 2주 전의 동 시간대의 데이터를 가져와서 오측 또는 결측된 부분에 삽입하는 방법으로 오류를 보정할 수 있다. 또는, 전일 동 시간대의 데이터를 가져와서 오측 또는 결측된 부분에 삽입하여 오류를 보정할 수 있다.
- [0043] 데이터베이스(120)는 상수도망의 관로 연결 구조, 지리정보시스템(Geographic Information System, GIS)에 관로의 위치, 계측기(20)의 위치, 시간에 따른 계측기(20)의 측정값을 저장할 수 있다. 관로의 위치와 계측기(20)의 위치는 GIS에 기초한 GIS 관망도에 연관되어 저장되어 있으므로, 임의의 관로나 계측기(20)를 검색하면 GIS 관망도에 따른 위치 정보를 획득할 수 있다. 데이터베이스(120)는 센서 네트워크 맵을 저장할 수 있다.
- [0044] 도 3은 본 발명의 실시시에 따른 센서 네트워크 맵을 나타내는 도면이다. 도 3은 전체 센서 네트워크 맵의 일부를 예시적으로 도시한다. 도 3에서 압력계는 P로, 유량계는 F로 표시하였다. 'P1'이나 'F2'와 같이 P나 F 뒤에 숫자가 함께 표시되는 것은 압력계를 구분하기 위한 것이다. 도 3에서 관로와 관로의 분기는 선으로 표시되었다.
- [0045] 도 2 및 도 3을 함께 참조한다. 센서 네트워크 맵(sensor network map)은 관로, 관로의 분기, 관로에 연결된 계측기(20), 관로에 연결된 펌프, 관로에 연결된 전동밸브의 연결관계를 반영한 지도이다. 데이터수집부(110)는 관로의 신설, 변경, 폐쇄, 펌프의 가동여부나 전동밸브의 개폐, 전동밸브의 개도값 등의 정보가 수신되면 자동으로 해당 관로의 변경사항을 데이터베이스(120)에 저장된 센서 네트워크 맵에 업데이트한다. 전동밸브의 개도값은 전동밸브가 닫힌 경우 0%, 모두 열린 경우 100% 사이의 값일 수 있다. 즉, 센서 네트워크 맵은 상수도망을 운영하기 위한 요소들을 반영한다.
- [0046] 센서 네트워크 맵은 임의의 구간으로 구분될 수 있다. 도 3에 점선으로 표시된 제1 감시구간(area-1)이나 일점쇄선으로 표시된 제2 감시구간(area-2)으로 구분될 수 있다. 감시구간은 센서 네트워크 맵의 일부 영역이다. 감시구간은 배수지 및 펌프장과 같이 상하류가 수리적으로 단절되는 지점, 하류측 메인 관로상에 유량계가 설치되어 구간 내의 유입과 유출 유량의 동시 측정이 가능한 지점을 기준으로 수리적 연결성을 판단하여 결정될 수 있다. 감시구간은 모델학습부(130)에 의해 자동으로 결정될 수 있다.
- [0047] 모델학습부(130)는 센서 네트워크 맵에 기초하여 자동으로 감시구간을 결정하고, 사고가 발생하지 않은 정상조건에서 감시구간에 포함된 복수의 측정지점의 압력과 유량, 펌프 가동상태, 전동밸브의 개도값이 학습데이터이고, 감시구간에 포함된 어느 하나의 측정지점의 압력이 라벨데이터인 학습데이터셋을 생성하고, 생성된 학습데이터셋으로 압력 예측 모델을 학습시킬 수 있다.
- [0048] 모델학습부(130)는 센서 네트워크 맵의 일부 영역을 감시구간(monitored zone)으로 결정할 수 있다. 모델학습부(130)는 수리적 연결성(hydraulic connectivity)을 기준으로 감시구간을 자동으로 결정할 수 있다. 센서 네트워크 맵에는 압력계만 연결되거나, 유량계만 연결되거나, 압력계와 유량계가 모두 연결된 위치가 있을 수 있다. 모델학습부(130)는 임의의 관로를 선택하였을 때, 해당 관로를 포함하는 관망시스템으로 물이 유입되는 양을 측정할 수 있는 유량계와, 해당 관망시스템에서 물이 유출되는 양을 측정할 수 있는 유량계를 기준으로 감시구간을 자동으로 결정할 수 있다. 달리 표현하면 감시구간은 센서 네트워크 맵에서 유입되는 유량과 유출되는 유량이 동일한 영역으로 자동으로 결정될 수 있다.
- [0049] 예를 들어, 모델학습부(130)는 도 3의 센서 네트워크 맵에서 임의의 제1 관로(Pipe-1)을 선택하고, 제1 관로(pipe-1)에 유입되는 유량을 측정하는 제1 유량계(F1), 제1 관로(pipe-1)에서 유출되는 유량을 측정하는 제2 내지 제6 유량계(F2-F6)로 구획되는 영역을 제1 감시구간(area-1)으로 결정할 수 있다. 모델학습부(130)는 관로의 압력 또는 유량에 영향을 줄 수 있는 펌프 또는 전동밸브를 자동으로 감시구간에 포함시킬 수 있다. 따라서 제1 감시구간(area-1)에는 제1 관로(pipe-1)로 유입되는 물을 펌핑하는 펌프가 포함된다.
- [0050] 예를 들어, 모델학습부(130)는 도 3의 센서 네트워크 맵에서 제1 감시구간(area-1)에 포함되지 않은 임의의 제2 관로(pipe-2)를 선택할 수 있다. 그리고, 모델학습부(130)는 제2 관로(pipe-2)에 유입되는 유량을 측정하는 제4 유량계(F4), 제2 관로(pipe-2)에서 유출되는 유량을 측정하는 제7 유량계(F7), 제8 유량계(F8), 제9 유량계(F9)를 센서 네트워크 맵에서 인식하고, 제2 관로(pipe-2)에 연결된 전동밸브의 실시간 개방 여부를 확인하여 개방된 경우 제3 관로(pipe-3)에 유입되는 유량을 측정하는 제5 유량계(F5), 제3 관로(pipe-3)에서 유출되는 유량을 측정하는 제10 유량계(F10)까지 포함하는 영역을 제2 감시구간(area-2)으로 결정할 수 있다. 모델학습부(130)는

관로의 압력 또는 유량에 영향을 줄 수 있는 펌프 또는 전동밸브를 자동으로 감시구간에 포함시킬 수 있다. 따라서 제2 감시구간(area-2)에는 제2 관로(pipe-2)와 제3 관로(pipe-3)를 연결하거나 차단할 수 있는 전동밸브가 포함된다.

- [0051] 모델학습부(130)는 감시구간에 포함된 압력계의 개수만큼의 압력 예측 모델을 생성할 수 있다. 예를 들어, 제1 감시구간(area-1)에 포함된 압력계는 6개(P1-P6)이고, 각각의 압력계가 연결된 측정지점의 압력을 예측하는 압력 예측 모델이 6개 생성될 수 있다. 즉, 제1 압력계(P1)가 연결된 위치의 압력을 예측하는 제1 압력 예측 모델, 제2 압력계(P2)가 연결된 위치의 압력을 예측하는 제2 압력 예측 모델, 제3 압력계(P3)가 연결된 위치의 압력을 예측하는 제3 압력 예측 모델, 제4 압력계(P4)가 연결된 위치의 압력을 예측하는 제4 압력 예측 모델, 제5 압력계(P5)가 연결된 위치의 압력을 예측하는 제5 압력 예측 모델, 제6 압력계(P6)가 연결된 위치의 압력을 예측하는 제6 압력 예측 모델을 생성할 수 있다. 압력 예측 모델은 딥 뉴럴 네트워크(Deep Neural Network, DNN) 모델을 이용할 수 있다. 압력 예측 모델은 입력층, 은닉층, 출력층을 포함하며, 입력층, 은닉층의 노드 수나 은닉층의 레이어 수는 성능 평가 결과에 따라 자동으로 조절될 수 있다. 관로의 신설, 변경, 폐쇄로 인하여 센서 네트워크 맵의 감시구간이 변경되는 경우, 압력 예측 모델의 입력층, 은닉층, 출력층은 자동으로 변경된 감시구간에 적합하게 변경될 수 있다.
- [0052] 모델학습부(130)는 데이터베이스(120)에 실시간(1분 단위)으로 수집되어 저장된, 감시구간에 포함된 압력계, 유량계, 펌프, 전동밸브의 데이터를 검색하여 학습데이터셋(training data set)을 생성할 수 있다. 학습데이터셋은 학습데이터(training data)와 라벨데이터(labeled data)를 포함할 수 있다. 학습데이터는 감시구간에 포함된 압력계가 측정된 압력, 유량계가 측정한 유량, 펌프의 동작여부, 전동밸브의 개도값을 포함할 수 있다. 라벨데이터는 압력을 예측하려는 위치에 연결된 압력계가 측정한 압력이다. 학습데이터셋은 정해진 기간 동안 수집된 데이터를 이용하여 생성될 수 있다. 학습데이터는 최근 약 2주동안 수집된 데이터를 이용하여 생성될 수 있다.
- [0053] 모델학습부(130)는 감시구간에 포함된 압력계의 개수만큼 학습데이터셋을 생성할 수 있다. 예를 들어, 제1 감시구간(area-1)에 포함된 압력계는 6개이고, 각각의 압력계가 연결된 위치의 압력을 예측하는 6개의 압력 예측 모델 각각을 학습시키기 위하여 6개의 학습데이터셋을 생성할 수 있다. 그리고 학습데이터는 압력을 예측하려는 지점의 압력계를 제외한 나머지 압력계, 유량계, 펌프, 전동밸브 데이터를 포함하고, 라벨 데이터는 압력을 예측하려는 지점의 압력계가 측정한 압력이다.
- [0054] 도 4는 제1 압력계(P1)가 연결된 측정지점의 압력을 예측하는 제1 압력 예측 모델을 학습시키기 위해 생성된 제1 학습데이터셋을 예시적으로 나타낸 표이다.
- [0055] 도 4에 도시된 바와 같이, 제1 압력계(P1)가 연결된 측정지점의 압력을 예측하는 제1 압력 예측 모델을 학습시키기 위한 제1 학습데이터셋은, 제2 내지 제6 압력계(P2-P6) 제1 내지 제6 유량계(F1-F6), 및 펌프의 데이터로 이루어진 학습데이터와, 제1 압력계(P1)의 측정값으로 이루어진 라벨데이터를 포함할 수 있다. 도 4에서 펌프의 값이 1인 것은 펌프가 동작하고 있는 상태를 나타낸다. 모델학습부(130)는 도 4와 같은 형식으로 제2 압력계(P2)가 연결된 위치의 압력을 예측하는 제2 압력 예측 모델을 학습시키기 위한 제2 학습데이터셋을 생성할 수 있고, 동일하게 제3 학습데이터셋, 제4 학습데이터셋, 제5 학습데이터셋, 제6 학습데이터셋도 생성할 수 있다.
- [0056] 모델학습부(130)는 압력을 예측하려는 지점에 따라 생성된 학습데이터셋을 이용하여 압력을 예측하려는 지점에 따라 생성된 압력 예측 모델을 학습시킬 수 있다. 모델학습부(130)가 제1 감시구간(area-1)에 포함되는 6개의 압력 예측 모델을 학습시키는 과정이 완료되면, 사고감지부(140)가 학습된 압력 예측 모델을 이용하여 사고 발생 여부를 감지한다.
- [0057] 사고감지부(140)는 학습된 압력 예측 모델을 이용하여 감시구간 내의 어느 하나의 압력계가 위치한 지점의 압력을 예측하고, 예측한 압력과 실제 측정된 압력을 비교하여 사고 발생 여부를 감지할 수 있다. 사고감지부(140)는 압력 예측 모델에 실시간으로 계측기(20)로부터 수신되는 유량과 압력, 펌프의 가동상태, 전동밸브의 개도값을 입력하여 측정지점의 압력을 예측하고, 예측된 압력과 계측기(20)로부터 수신한 압력을 비교하여, 예측된 압력이 수신된 압력과 정해진 범위 이상으로 현저하게 차이가 나는 경우 사고가 발생한 것으로 판단할 수 있다. 사고감지부(140)가 압력을 예측하는 측정지점은 감시구간에 포함된 어느 하나의 압력계가 연결된 지점이다.
- [0058] 사고감지부(140)는 최근 약 2주 동안 데이터수집부(110)가 수집한 데이터에 기초하여 학습된 압력 예측 모델에, 실시간으로 데이터수집부(110)가 수집한 데이터를 입력하여 압력계가 연결된 측정지점의 압력을 예측할 수 있다. 감시구간에 포함된 압력계, 유량계, 펌프, 전동밸브의 데이터는 데이터수집부(110)에 의해 실시간으로 업데이트되어 데이터베이스(120)에 저장되므로, 사고감지부(140)는 학습데이터와 동일한 형태로 입력데이터를 생

성하고 학습된 압력 예측 모델에 입력하여 라벨데이터와 동일한 형태의 출력데이터를 획득할 수 있다.

[0059] 도 5는 사고감지부(140)가 제1 감시구간(area-1)의 제1 압력계(P1)가 연결된 측정지점의 압력을 예측하기 위해 생성한 입력데이터와, 압력 예측 모델이 예측한 출력데이터와, 제1 압력계(P1)가 측정한 압력과, 오차를 예시적으로 나타내는 표이다. 오차는 아래 수학적 식 1에 따라 계산될 수 있다.

수학적 식 1

$$\text{오차} = \frac{\text{예측압력} - \text{측정압력}}{\text{측정압력}} \times 100$$

[0060]

[0061] (예측압력 = 압력 예측 모델이 예측한 측정지점의 압력, 측정압력 = 압력계가 측정지점에서 실제로 측정된 압력)

[0062] 도 5에 도시된 바와 같이, 제1 압력계(P1)가 연결된 측정지점의 압력을 예측하기 위한 제1 입력데이터는 제2 내지 제6 압력계(P2~P6), 제1 내지 제6 유량계(F1~F6), 펌프의 데이터를 포함할 수 있다. 제1 입력데이터는 제1 압력 예측 모델에 입력되고, 제1 압력 예측 모델은 제1 출력데이터를 출력한다. 제1 출력데이터는 제1 압력계(P1)가 연결된 측정지점에서 예측된 압력이다. 이와 동일한 방법으로, 제2 내지 제6 압력계(P2~P6)가 연결된 각 측정지점의 압력을 예측할 수 있다.

[0063] 사고감지부(140)는 출력데이터와 측정데이터를 비교하여 사고 발생 여부를 판단할 수 있다. 출력데이터는 감시구간에 포함된 복수의 압력계 중 어느 하나의 압력계가 연결된 측정지점의 압력을 예측한 값이다. 측정데이터는 해당 압력계가 실제로 측정된 압력이다. 사고감지부(140)는 예측된 압력과 측정된 압력을 비교하여, 예측된 압력이 측정된 압력과 정해진 범위 이상으로 현저하게 차이가 나는 경우 사고가 발생한 것으로 추정할 수 있다.

[0064] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 제1 감시구간(area-1)에서 각 측정지점마다 예측된 압력과 측정된 압력을 나타낸 도면이다.

[0065] 도 6에 도시된 바와 같이, 사고감지부(140)는 제1 내지 제6 압력계(P1~P6)가 연결된 측정지점마다 압력 예측 모델에서 예측한 압력과, 각 압력계가 측정된 압력을 비교할 수 있다. 도 6은 사고가 2020-01-24 15:17 에 발생한 경우를 예시적으로 나타낸다. 사고지점(accident point, AP)은 제1 관로(pipe-1)에서 제4 압력계(P4)로 이어지는 관로의 분기를 지나, 제5 압력계(P5)와 제6 압력계(P6)가 연결된 관로가 나누어지기 전의 위치이다. 사고 발생 시점 이전(2020-01-24 15:14~14:16)에는 감시구간 내의 모든 측정지점에서 예측된 압력과 측정된 압력의 오차가 -2% 이상 2% 이하의 범위로 나타나는 것을 알 수 있다. 사고가 발생하지 않는 정상 상태에서 예측된 압력과 측정된 압력은 거의 일치하므로 압력 예측 모델이 잘 작동하는 것을 알 수 있다.

[0066] 사고 발생 시점(2020-01-24 15:17)에서 각 측정지점의 예측된 압력과 측정된 압력을 비교하면 큰 차이가 발생한다. 제1 압력계(P1)의 측정지점에서 오차가 9.47% 발생하고, 제2 압력계(P2)의 측정지점에서 오차가 8.32% 발생하며, 제3 압력계(P3)의 측정지점에서 오차가 -60.97% 발생하고, 제4 압력계(P4)의 측정지점에서 오차가 23.64% 발생하며, 제5 압력계(P5)의 측정지점에서 오차가 42.74% 발생하고, 제6 압력계(P6)의 측정지점에서 오차가 -10.29% 발생한다. 전체적으로 사고 발생 시점에서 오차가 크게 발생하는 것을 확인할 수 있다. 사고감지부(140)는 각 측정지점에서 예측된 압력과 측정된 압력의 차이가 정해진 범위 이상으로 현저하게 클 경우 사고가 발생한 것으로 판단할 수 있다. 사고감지부(140)는 오차를 계산한 결과 정해진 범위(오차가 5% 또는 10% 이상)보다 큰 경우 사고가 발생한 것으로 판단할 수 있다.

[0067] 관로의 어느 지점에서 관로가 파손되어 물이 유출되는 사고가 발생하는 경우, 관로의 압력이 낮아지므로 압력계가 연결된 측정지점의 예측된 압력보다 측정된 압력이 작아진다. 사고감지부(140)는 감시구간 내의 각 측정지점에서 예측된 압력이 측정된 압력보다 정해진 범위 이상으로 현저하게 큰 경우 사고가 발생한 것으로 인식할 수 있다. 예를 들어, 도 6에서 제1 압력계(P1), 제2 압력계(P2), 제4 압력계(P4), 제5 압력계(P5)의 측정지점에서 예측된 압력보다 측정된 압력이 크므로 사고가 발생한 것으로 판단할 수 있다. 사고 발생 지점에서 멀어질수록 압력의 변동에 의한 영향이 작아지게 되어 예측된 압력과 측정된 압력의 차이가 작아지게 된다.

[0068] 오차가 (-)값으로 판단되는 측정지점도 존재할 수 있다. 예를 들어 도 6의 제3 압력계(P3), 제6 압력계(P6)가 연결된 측정지점은 오차가 (-)값으로 판단되었다. 상수도망은 공급량의 조절과 최적운전을 위해 펌프를 수시로

교번 운전하고 있으며, 수용가 측에서도 밸브 수위제어를 위하여 밸브를 수시로 제어하고 있다. 상기 제어는 일시적인 압력의 급감을 나타내는 수충격을 발생시키며, 관 파손 사고 또한 일시적인 수충격을 발생시킬 수 있으므로, 사고 발생시 오차가 (-)로 나타나는 측정지점이 존재할 수 있다. 사고감지부(140)는 오차가 (-)로 나타나는 측정지점은 사고 발생 여부를 판단하기 위한 측정지점으로 이용하지 않는다. 사고감지부(140)는 오차가 (+)로 나타나는 측정지점들 중에서 정해진 범위 이상으로 큰 오차가 발생하는 측정지점이 존재하는 경우 사고 발생으로 판단할 수 있다.

[0069] 사고감지부(140)는 예측된 압력과 측정된 압력을 비교하여 사고 발생 여부를 판단하나, 예측된 유량과 측정된 유량을 비교하여 사고 발생 여부를 판단하지는 않는다. 수용가의 물 사용 패턴은 수용가에 따라 다르고, 유량 변동에 큰 영향을 주는 대규모 수용가의 사용 패턴은 규칙성이 없는 밸브 조작에 의한 것으로 물 사용을 패턴화하기 어려워서, 유량을 예측하고 측정된 유량과 비교하는 것은 상수도망 운영의 성격상 관로 사고를 판단하기 위한 적절한 판단방법이 아니다. 따라서, 종래 유량을 예측하여 사고 감지를 수행하는 기술은 신뢰도가 낮다. 그러나 본 발명에서 제시하는 압력을 예측하여 사고 감지를 수행하는 기술은 관로 파손 사고 발생시 관로 내부의 압력 균형이 순간적으로 깨져서 사고지점(AP)에 인접한 압력계의 측정 압력이 매우 낮아지는 현상을 압력 예측 모델이 예측한 압력과 비교하여 검출하는 것이므로 신뢰성이 높다.

[0070] 다만, 사고감지부(140)는 예측된 압력과 측정된 압력을 비교하여 사고가 발생한 것으로 판단한 경우, 추가로 관로에 유입되는 물과 관로에서 유출되는 물의 유량을 집계하여 정해진 범위 이상의 오차가 발생하면 사고가 발생한 것으로 더 확실하게 판단할 수 있다. 도 6의 수지에 관한 표는 제1 관로(pipe-1)에 제1 유량계(F1)를 통해 유입되는 물의 양과, 제2 내지 제6 유량계(F2~F6)를 통해 유출되는 물의 양의 차이를 나타낸 것이다. 수지가 (-)값인 경우 유출되는 물의 양이 많음을 의미하고, 수지가 (+)값인 경우 유입되는 물의 양이 많음을 의미한다. 수지는 유량계의 측정 오류 범위에 따라 작은 값을 가질 수 있다. 수지는 정해진 범위 내의 값일 경우 사고가 발생한 것으로 판단하지 않고, 정해진 범위를 벗어나는 값을 나타내는 경우 사고가 발생한 것으로 판단할 수 있다. 도 6의 수지는 사고 발생 이전일 때 작은 값을 나타내지만, 사고 발생 시점에서 큰 값을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 사고감지부(140)는 제1 관로(pipe-1)에서 유출되는 물의 양보다 유입되는 물의 양이 매우 많으므로, 제1 관로(pipe-1)의 어느 한 부분이 파손되어 수지에 해당하는 양의 물이 누수되고 있다는 것을 알 수 있다.

[0071] 다시 도 2 및 도 6을 참조한다. 사고알림부(150)는 사고감지부(140)에서 사고가 발생한 것으로 판단한 경우, 사고 발생 및 사고지점(AP)의 위치를 사용자 단말(30)로 제공할 수 있다. 사고알림부(150)는 입출력부(180)를 통해 사고감지 서버(100)를 관리하는 사용자에게 사고 발생 및 위치를 알릴 수 있다. 사고알림부(150)는 사고가 발생한 것으로 판단되는 경우, 데이터베이스(120)에 저장된 GIS에 기초하여 관로의 실제 지도상 위치, 사고가 발생한 것으로 판단된 측정지점의 위치, 사고가 발생한 것으로 추정되는 지점의 위치를 사용자 단말(30)로 제공할 수 있다.

[0072] 사고알림부(150)는 감시구간 내에서 예측된 압력과 측정된 압력의 오차가 (+) 값인 측정지점을 선정하고, 해당 측정지점의 위치를 데이터베이스(120)에 저장된 GIS에 기초하여 획득할 수 있다. 사고알림부(150)는 GIS에 기초하여 획득한 해당 측정지점의 위치와 오차의 크기에 기초하여 사고지점(AP)이 어느 측정지점에 가까운지 판단할 수 있다. 예를 들어, 도 6에서 오차가 (+)값인 측정지점은 제1 압력계(P1), 제2 압력계(P2), 제4 압력계(P4), 제5 압력계(P5)가 연결된 지점이고, 이 중에서 가장 오차(42.74)가 큰 제5 압력계(P5)가 연결된 측정지점과 다음으로 오차(23.64)가 큰 제4 압력계(P4)가 연결된 측정지점 사이에서 관로 파손 사고가 발생한 것으로 판단할 수 있다.

[0073] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 방법의 각 단계를 나타낸 흐름도이다.

[0074] 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 AI를 이용한 상수도 실시간 사고감지 방법은, 상수도망에 설치된 계측기(20)로부터 측정데이터를 수신하는 데이터 수집 단계(S10), 상수도망에 설치된 계측기(20)로부터 수신한 압력 또는 유량의 오류를 보정하는 데이터 전처리 단계(S20), 센서 네트워크 맵에 기초하여 자동으로 감시구간을 결정하는 구간 결정 단계(S30), 상수도망 내에서 사고 발생 여부를 감시하기 위한 감시구간 내의 계측기(20)가 측정한 압력 및 유량을 포함하는 학습데이터셋을 이용하여 압력 예측 모델을 학습시키는 모델 학습 단계(S40), 학습된 압력 예측 모델에 계측기(20)로부터 실시간으로 수신되는 압력 또는 유량을 입력하여 감시구간 내의 각 측정지점의 압력을 예측하는 압력 예측 단계(S50), 및 예측된 압력과 실시간으로 측정된 압력을 비교하여 사고 발생 여부를 감지하는 사고 감지 단계(S60), 사고가 감지되는 경우 감시구간에서 사고가 발생한 위치를 추정하고, GIS 에 기초하여 사용자 단말(30)로 사고 발생과 사고 위치를 알리는 사고 알림 단계(S70)를 포함할

수 있다.

- [0075] 데이터 수집 단계(S10)는 사고감지 서버(100)의 데이터수집부(110)가 상수도망에 설치된 계측기(20)로부터 계측기(20)가 측정한 데이터를 수집하는 것이다. 계측기(20)는 다양한 종류가 존재하고 계측기(20)마다 데이터를 제공하는 방식도 다를 수 있다. 계측기(20)에서 제공되는 측정데이터는 감시 제어 및 데이터 취득(Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA) 시스템을 이용하여 수집될 수 있다. 데이터수집부(110)는 SCADA 시스템을 통해 계측기(20)가 측정된 유량 또는 압력 등의 측정데이터를 수집할 수 있다.
- [0076] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 데이터 전처리 단계(S20)를 상세히 나타낸 흐름도이다.
- [0077] 도 8에 도시된 바와 같이, 데이터 전처리 단계(S20)는 사고감지 서버(100)의 데이터수집부(110)가 상수도망에 설치된 계측기(20)로부터 수신한 압력 또는 유량 데이터에 존재하는 오류를 보정하는 것이다. 오류는 계측기(20)로부터 오측되거나 결측된 유량 또는 압력이 존재하는 것일 수 있다.
- [0078] 데이터 전처리 단계(S20)는 오류의 개수가 정해진 개수보다 많은지 판단하는 개수 판단 단계(S21), 오류의 개수가 정해진 개수보다 적은 경우, 보간법을 사용하여 오류를 보정하는 보간 보정 단계(S22), 및 오류의 개수가 정해진 개수보다 많은 경우, 특정 시점의 데이터를 이용하여 오류를 보정하는 주기 보정 단계(S23)를 포함할 수 있다.
- [0079] 데이터 수집 단계(S10)와 데이터 전처리 단계(S20)는 모델 학습 단계(S40) 이전에 수행될 수 있고, 정해진 주기마다 반복 수행될 수 있다. 데이터 수집 단계(S10)와 데이터 전처리 단계(S20)에 의해 수집되고 보정된 데이터는 데이터베이스(120)에 저장된다. 데이터 수집 단계(S10)와 데이터 전처리 단계(S20)에서 데이터수집부(110)가 수행하는 동작은 상술하였으므로 생략한다.
- [0080] 구간 결정 단계(S30)는 사고감지 서버(100)의 모델학습부(130)에서 수행될 수 있다. 구간 결정 단계(S30)는 센서 네트워크 맵에 기초하여 자동으로 감시구간을 결정하되, 센서 네트워크 맵에서 배수지 및 펌프장에 의해 수리적으로 단절되거나 메인 유입 및 유출 유량의 계측 가능여부로 감시구간을 결정할 수 있다. 감시구간은 수리적 연결성(hydraulic connectivity)의 분석을 통하여 수리적으로 단절된 구간의 분할과 정수장 정수지 유출 유량계 이후 하류측 메인 관로상에 설치된 유량계의 존재 여부를 기준으로 자동으로 결정될 수 있다. 구간 결정 단계(S30)는 정해진 주기마다 수행될 수 있다. 예를 들어, 압력 예측 모델을 학습시키는 주기가 2주일인 경우, 구간 결정 단계(S30)는 2주마다 수행될 수 있다. 또는, 구간 결정 단계(S30)는 상수도망에서 관로, 계측기(20), 펌프, 전동밸브 등의 요소의 신설, 변경, 폐쇄 등의 변경이 존재하는 경우에 수행될 수 있다. 구간 결정 단계(S30)가 수행되어 감시구간이 변경되는 경우 해당 감시구간에 해당하는 압력 예측 모델을 다시 학습시키기 위하여 모델 학습 단계(S40)가 다시 수행될 수 있다. 구간 결정 단계(S30)에서 모델학습부(130)가 수행하는 동작은 상술하였으므로 생략한다.
- [0081] 모델 학습 단계(S40)는 사고가 발생하지 않은 정상조건에서 감시구간에 포함된 복수의 측정지점의 압력과 유량, 펌프 가동상태, 전동밸브의 개도값이 학습데이터이고, 감시구간에 포함된 어느 하나의 측정지점의 압력이 라벨 데이터인 학습데이터셋을 생성하는 학습데이터셋 생성 단계, 및 학습데이터셋으로 압력 예측 모델을 학습시키는 훈련단계를 포함할 수 있다.
- [0082] 모델 학습 단계(S40)는 모델학습부(130)에서 수행될 수 있다. 모델 학습 단계(S40)는 정해진 주기마다 수행될 수 있다. 예를 들어, 2주마다 한번씩 압력 예측 모델을 갱신하는 경우 모델 학습 단계(S40)는 2주에 한번씩 수행될 수 있다. 또는, 상수도망의 관로, 계측기(20), 펌프, 전동밸브 등의 요소의 신설, 변경, 폐쇄 등의 변경이 센서 네트워크 맵에 반영되어 감시구간이 새로 결정되는 경우, 새롭게 결정된 감시구간에 해당하는 압력 예측 모델을 학습시키기 위하여 모델 학습 단계(S40)가 수행될 수 있다. 모델 학습 단계(S40)에서 모델학습부(130)가 수행하는 동작은 상술하였으므로 생략한다.
- [0083] 압력 예측 단계(S50)는 사고감지 서버(100)의 사고감지부(140)에서 수행될 수 있다. 압력 예측 단계(S50)는 상기 압력 예측 단계(S50)는 실시간으로 계측기(20)로부터 수신되는 유량과 압력, 펌프의 가동상태, 전동밸브의 개도값을 입력데이터로 생성하는 입력데이터 생성 단계, 및 입력데이터를 학습된 압력 예측 모델에 입력하여 측정지점의 압력을 예측하는 모델 이용 단계를 포함할 수 있다.
- [0084] 입력데이터 생성 단계는 실시간으로 데이터 수신부가 수신하여 오류를 보정한 압력 및 유량 데이터와, 펌프의 실시간 가동여부, 전동밸브의 실시간 개도값을 입력데이터로 생성하는 것이다. 이때, 압력을 예측하려는 측정지점에서 측정된 압력은 입력데이터에서 제외된다. 즉, 학습데이터와 동일한 형태로 입력데이터를 생성한다.

- [0085] 모델 이용 단계는 입력데이터 생성 단계에서 생성한 입력데이터를 학습된 압력 예측 모델에 입력하여 감시구간에 포함된 복수의 측정지점 중에서 어느 하나의 측정지점의 압력을 예측하는 것이다.
- [0086] 입력데이터 생성 단계와 모델 이용 단계는 감시구간에 포함된 압력계가 연결된 측정지점마다 압력 예측 모델이 생성되므로, 복수의 압력 예측 모델마다 병렬적으로 수행될 수 있다. 압력 예측 단계(S50)는 실시간으로 반복 수행되며, 정해진 주기에 따라 학습된 압력 예측 모델이 업데이트되는 경우 업데이트된 압력 예측 모델과 감시구간에 따라 수행된다. 모델 이용 단계에서 사고감지부(140)가 수행하는 동작은 상술하였으므로 생략한다.
- [0087] 사고 감지 단계(S60)는 사고감지 서버(100)의 사고감지부(140)에서 수행될 수 있다. 사고 감지 단계(S60)는 예측된 압력과 측정기로부터 수신한 압력을 비교하여, 예측된 압력이 수신한 압력보다 정해진 범위 이상으로 현저하게 큰 경우 사고가 발생한 것으로 판단할 수 있다. 압력을 비교하여 사고가 발생한 것으로 판단되는 경우, 사고 감지 단계(S60)는 감시구간에 유입되는 물의 양과 감시구간에서 유출되는 물의 양의 수치를 계산하여 유입되는 물의 양이 유출되는 물의 양보다 정해진 범위 이상으로 많은 경우 사고가 발생한 것으로 판단하는 과정을 더 수행하여, 사고 발생 여부를 더 정확히 판단할 수 있다. 사고 감지 단계(S60)는 압력 예측 단계(S50)가 수행되어 압력을 예측하면 곧바로 수행될 수 있다. 사고 감지 단계(S60)에서 사고감지부(140)가 수행하는 동작은 상술하였으므로 생략한다.
- [0088] 사고 알림 단계(S70)는 사고감지 서버(100)의 사고알림부(150)에서 수행될 수 있다. 사고 알림 단계(S70)는 사고감지부(140)에서 사고가 발생한 것으로 판단한 경우, 사고 발생 및 사고지점(AP)의 위치를 사용자 단말(30)로 제공하는 것이다. 사고 알림 단계(S70)에서 사용자는 입출력부(170) 또는 사용자 단말(30)을 통해 사고가 발생한 사실, GIS 관망도에 기초하여 판단한 사고지점(AP)으로 추정되는 관로(10)의 위치 등을 제공받으므로, 신속한 사고 대처가 가능하다. 사고 알림 단계(S70)에서 사고알림부(150)가 수행하는 동작은 상술하였으므로 생략한다.
- [0089] 도 9는 본 발명의 일실시예에 따라 제5 압력계(P5)가 연결된 측정지점의 예측된 압력과 측정된 압력을 비교하여 도시한 그래프이다. 도 9의 확대도는 예측된 압력과 측정된 압력의 오차를 확대하여 나타낸다.
- [0090] 도 9를 참조하면, 사고 발생 시점 이전까지 제5 압력계(P5)가 연결된 측정지점에 대하여 예측한 압력과 측정된 압력은 거의 동일하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 그리고 사고 발생 시점(2020-01-24 15:17)에서 제5 압력계(P5)가 연결된 측정지점의 예측된 압력(P5(예측))과 측정된 압력(P5(측정)) 사이에 오차가 발생하는 것을 알 수 있다. 사고 발생 시점에서 예측된 압력(P5(예측))은 측정된 압력(P5(측정))보다 크게 나타난다. 이는 관로 파손에 의하여 순간적으로 물이 유출되어 압력이 낮아졌기 때문이며, 예상된 압력도 낮아졌지만 그보다 측정된 압력이 더 낮게 측정되어 오차가 발생하는 것을 확인할 수 있다.
- [0091] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따라 제5 압력계(P5)가 연결된 측정지점의 예측된 압력과 측정된 압력의 오차를 도시한 그래프이다.
- [0092] 도 10을 참조하면, 사고 발생 시점 이전까지 제5 압력계(P5)가 연결된 측정지점에 대하여 예측한 압력과 측정된 압력의 오차는 1% 보다 낮은 값으로 측정된다. 즉, 예측된 압력과 측정된 압력이 거의 동일함을 확인할 수 있다. 그리고 사고 발생 시점(2020-01-24 15:17)에서 오차가 42.74%(도 6 참조)여서 도 10의 그래프에서 거의 수직한 직선으로 나타나는 것을 알 수 있다. 따라서 사고감지부(140)는 오차가 급격히 증가하는 시점에서 사고가 발생한 것으로 판단할 수 있다. 사고 발생 시점 이후에도 급격한 오차가 더 측정되나, 이러한 2차 오차, 3차 오차들은 최초의 1차 오차의 발생 원인인 관로 파손 사고에 의하여 사후적으로 발생하는 오차이다. 따라서 사고감지부(140)는 사고 감지 단계(S60)에서, 최초에 큰 오차가 발생한 시점을 사고 발생 시점으로 판단할 수 있다.
- [0093] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세히 설명하였으며, 실시예는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당해 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함은 명백하다고 할 것이다.
- [0094] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속하는 것으로 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

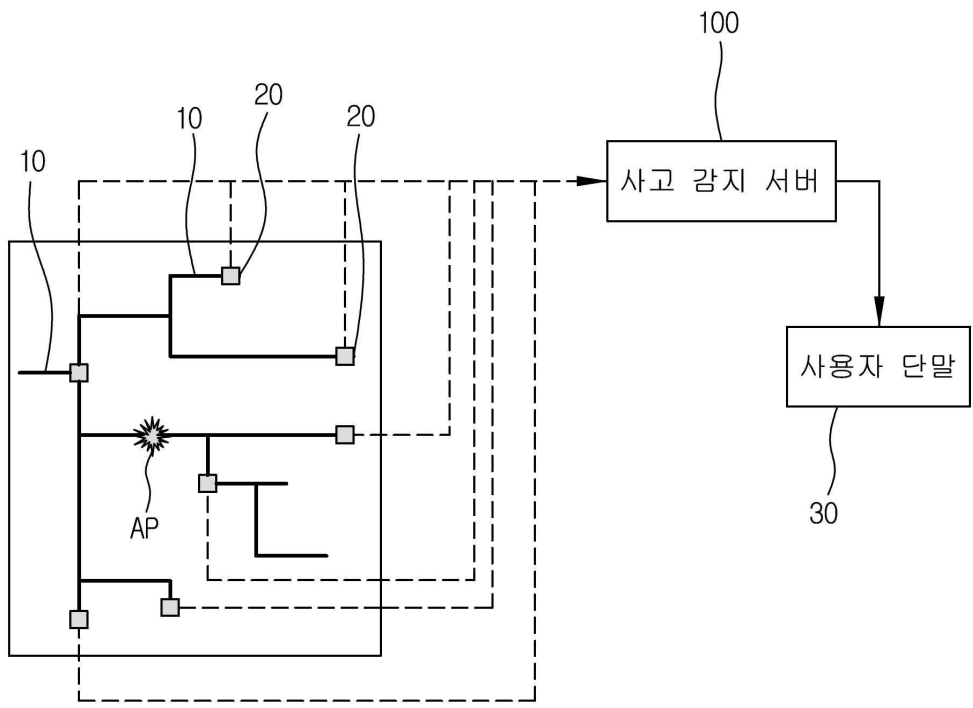
부호의 설명

- [0095] 10: 관로
- 20: 계측기

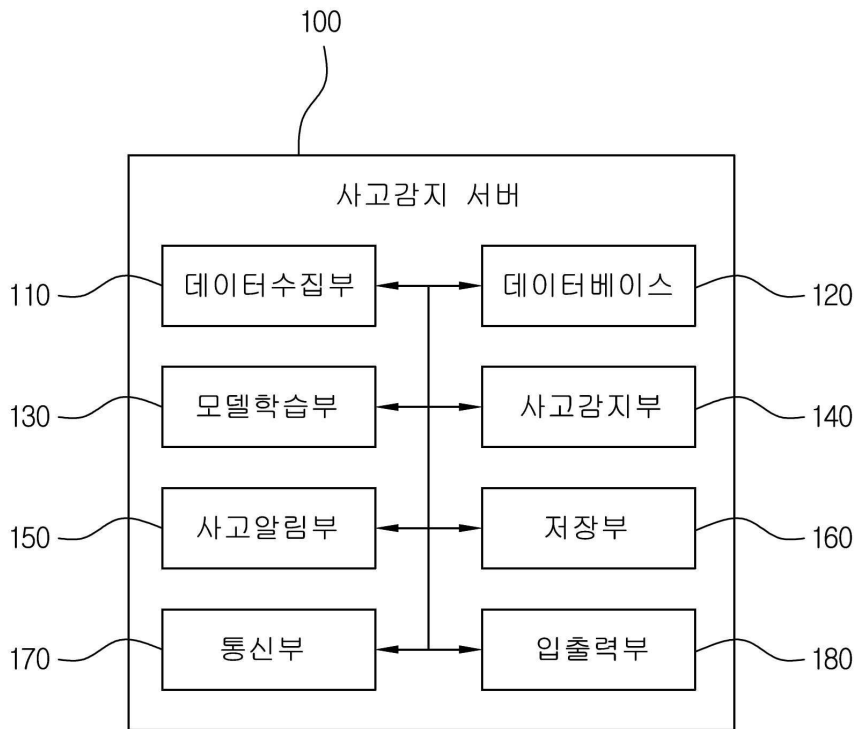
- 30: 사용자 단말
- 100: 사고감지 서버
- 110: 데이터수집부
- 120: 데이터베이스
- 130: 모델학습부
- 140: 사고감지부
- 150: 사고알림부
- 160: 저장부
- 170: 통신부
- 180: 입출력부

도면

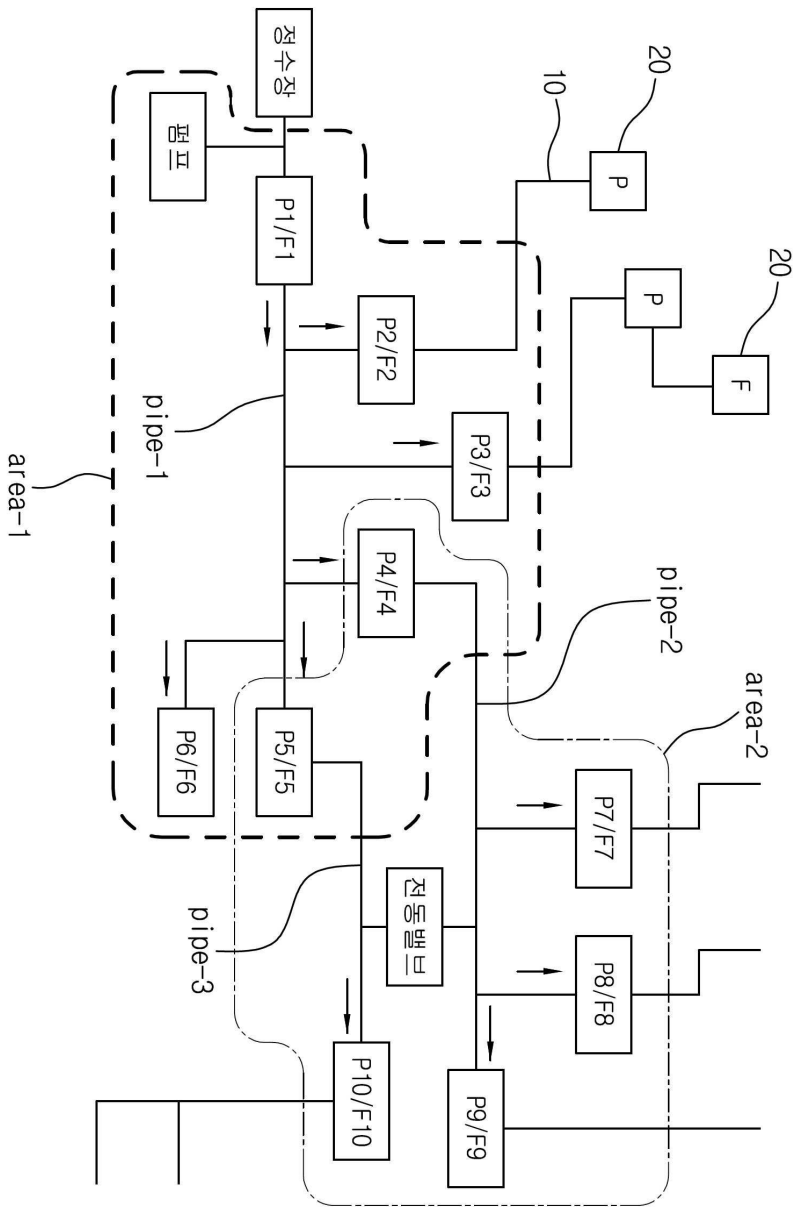
도면1



도면2



도면3



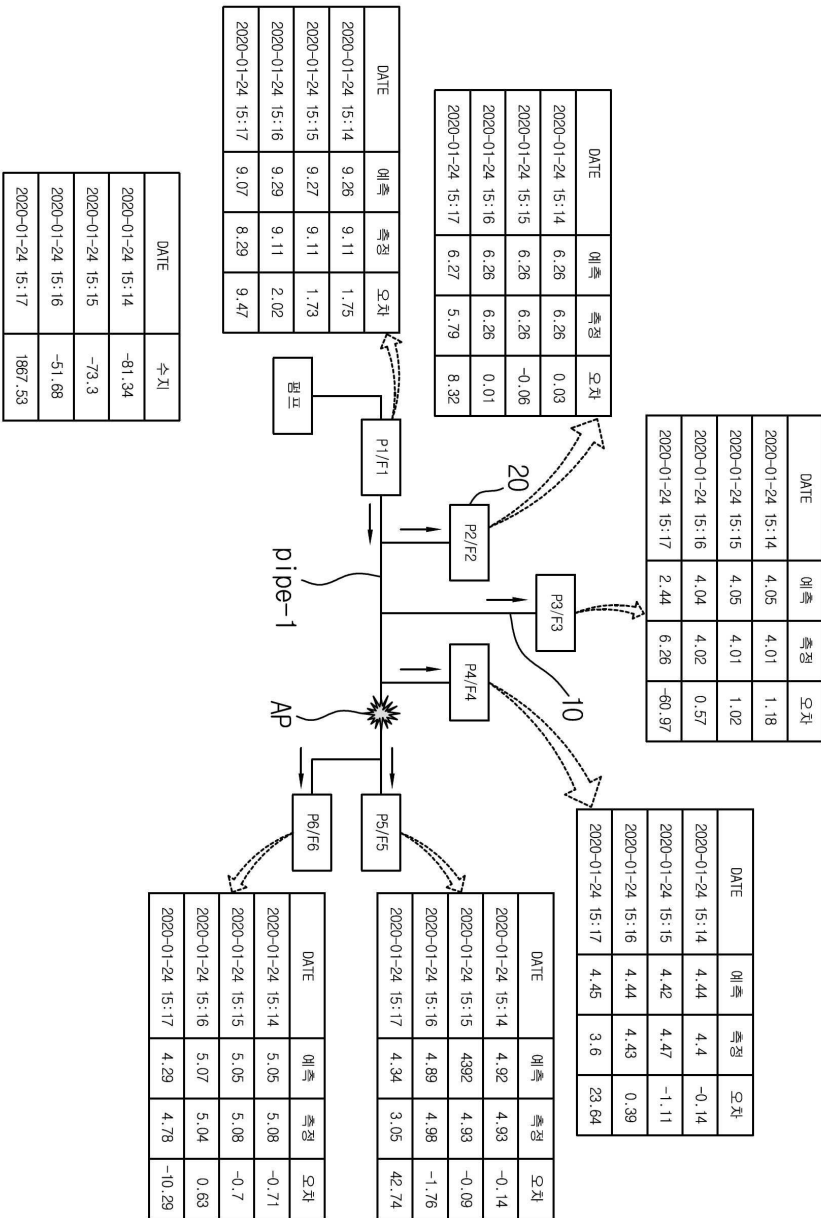
도면4

확습데이터셋														라벨데이터
확습데이터														
DATE	P2	P3	P4	P5	P6	F1	F2	F3	F4	F5	F6	필포	P1	
2020-01-23 0:00	6.15	4.08	4.55	4.63	4.77	507.50	79.78	0.76	48.50	70.59	307.87	1	9.24	
2020-01-23 0:01	6.15	4.09	4.48	4.63	4.77	502.75	80.43	0.72	48.20	70.95	302.45	1	9.24	
2020-01-23 0:02	6.15	4.08	4.51	4.63	4.77	512.00	80.13	0.67	51.32	71.30	308.58	1	9.24	
2020-01-23 0:03	6.15	4.09	4.50	4.63	4.78	512.75	79.93	0.68	48.66	71.66	311.82	1	9.24	
2020-01-23 0:04	6.15	4.08	4.56	4.63	4.78	518.75	79.83	0.70	48.93	72.01	317.28	1	9.24	
2020-01-23 0:05	6.15	4.09	4.57	4.63	4.77	509.75	80.08	0.68	55.31	72.37	301.31	1	9.24	
2020-01-23 0:06	6.15	4.08	4.54	4.63	4.77	510.75	80.45	0.68	52.80	72.72	304.10	1	9.24	
2020-01-23 0:07	6.15	4.08	4.59	4.63	4.78	510.00	79.95	0.69	52.07	73.08	304.21	1	9.24	
2020-01-23 0:08	6.17	4.08	3.92	4.63	4.78	534.25	80.75	0.65	44.70	73.43	334.72	1	9.24	

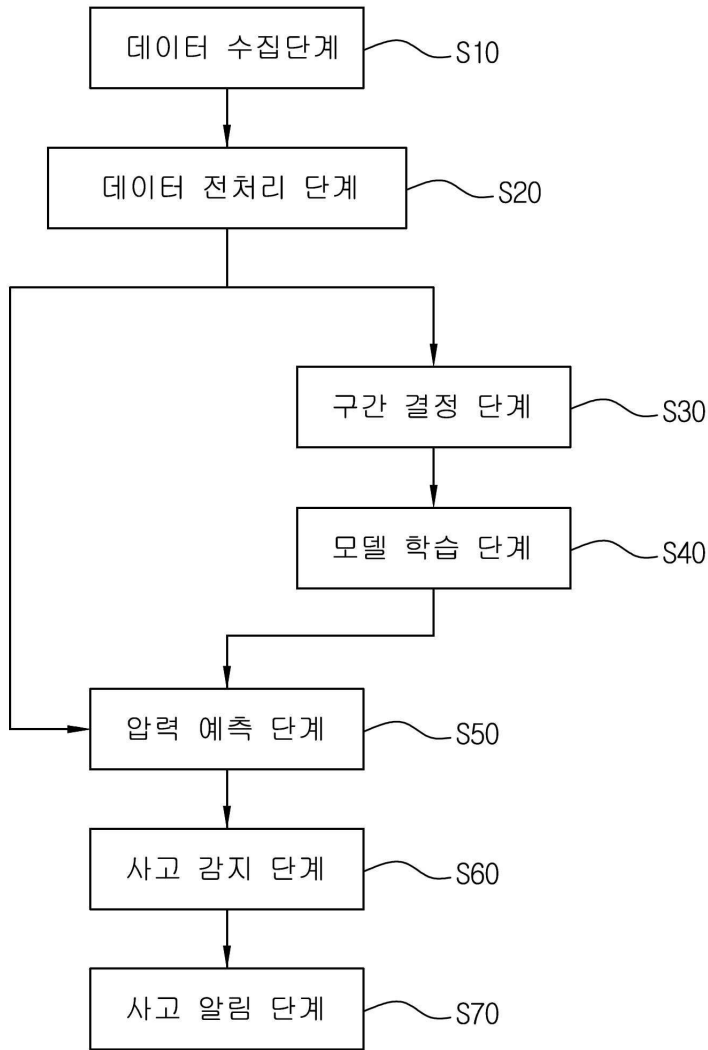
도면5

DATE	입력데이터											출력데이터		오차율 (%)	
	P2	P3	P4	P5	P6	F1	F2	F3	F4	F5	F6	필포	P1		P1
2020-01-24 15:14	6.26	4.01	4.40	4.93	5.08	1205.00	136.40	0.71	66.23	0.00	1083.00	1	9.11	9.26	1.75
2020-01-24 15:15	6.26	4.01	4.47	4.93	5.08	1211.00	135.58	0.76	64.97	0.00	1083.00	1	9.11	9.27	1.73
2020-01-24 15:16	6.26	4.02	4.43	4.98	5.04	1231.75	136.03	0.70	66.60	0.00	1083.00	1	9.11	9.29	2.02
2020-01-24 15:17	5.79	6.26	3.60	3.05	4.78	2201.00	103.38	20.78	36.32	173.00	0.00	1	8.29	9.07	9.47

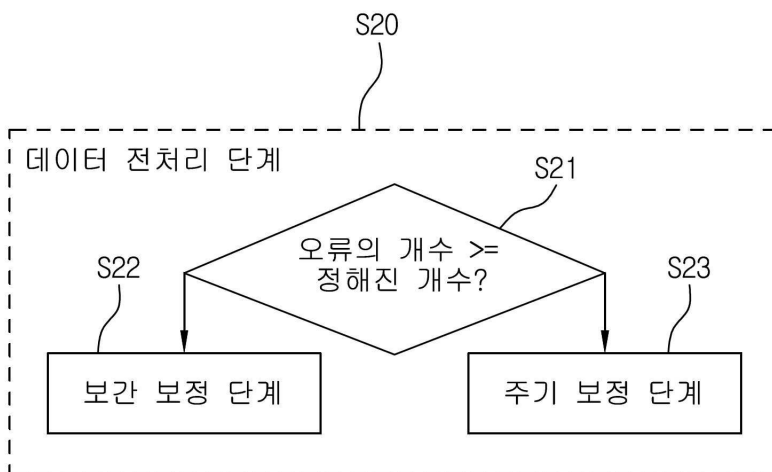
도면6



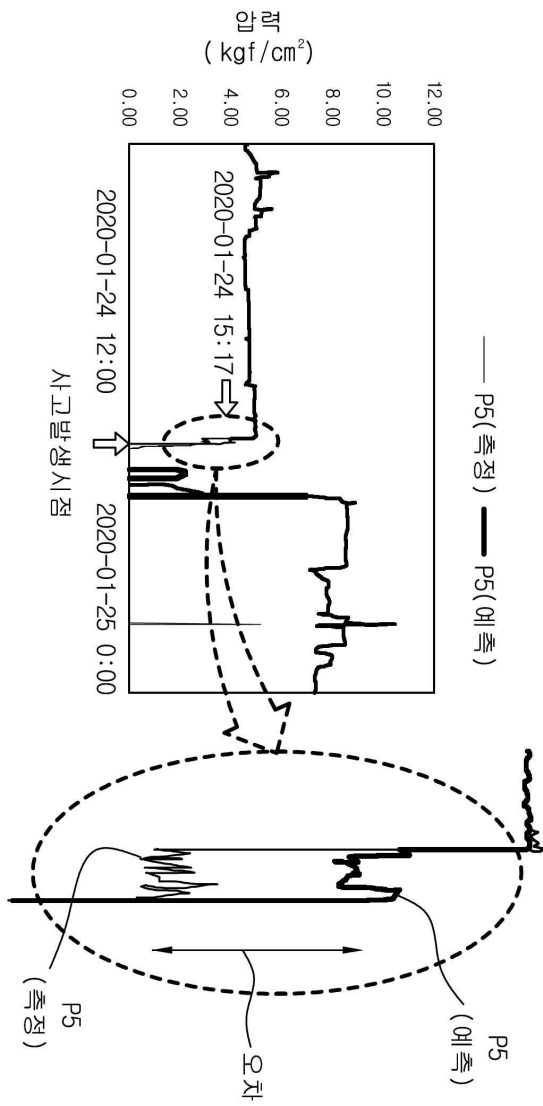
도면7



도면8



도면9



도면10

