

디지털 트윈 기반 스마트 파이프 통합 관리 시스템을 위한 실시간 모니터링 에이전트 설계

홍필두

한국폴리텍대학

A Real-time Monitoring Agent Design for Digital Twin-based Smart Pipe Integrated Management System

Phil-Doo, Hong

Korea Polytechnics, BCTC

E-mail : iamhpd@kopo.ac.kr

요 약

디지털 트윈 기반 스마트 파이프 통합 관리 시스템은 자기진단 및 상태 감시 기능 센서 기능이 있는 수로 파이프를 지하에 매설하여, 이로부터 데이터를 전송받아 효율적인 운영 및 감시를 위한 통합 솔루션으로 스마트한 의사결정을 통하여 지하 상하 수도관을 혁신적으로 운영할 수 있는 시스템이다. 원격 제어 및 모니터링이 주요한 기능의 하나이기 때문에 어떻게 실시간으로 모니터링을 구성할 것인가 하는 사안은 중요한 이슈이다. 우리는 이를 위하여 특별한 실시간 기반의 에이전트 기능을 설계하였다. 본 논문에서는 이러한 이슈를 해결하기 위하여 센서 데이터들을 주고받는 전송 포인트를 기준으로 계층적 구조(Layered Architecture)를 제안하였다. 각각의 계층들에는 에이전트를 위치시켜 하위 계층을 바라보고 센서의 변화가 있는지를 실시간으로 주기적 감시를 진행하도록 하였다. 이에 대한 에이전트 시스템을 설계하고 개념모델 수준의 구현을 진행하여 우수성을 검증하였다.

ABSTRACT

The digital twin-based smart pipe integrated management system is an integrated solution for efficient operation and monitoring that we propose. We buried a waterway pipe underground with self-diagnostic and condition monitoring sensor functions. This pipe sends sensing data and accumulates it. Our system analyzes data to make smart decisions. The main functions of this system are remote control and monitoring. Therefore, "how to configure monitoring in real time" is a big issue. For this purpose, we designed a special real-time-based agent function. In this paper, to solve this problem, a layered architecture was proposed based on transmission points where sensor data are exchanged. An agent was placed in each layer to look at the lower layer and periodically monitor whether there were any changes in the sensor in real time. Finally, the agent system was designed and the conceptual model level was implemented to verify excellence.

키워드

Integrated management system, Realtime Monitoring, Smart waterway pipe

1. 서 론

현재 국내의 상하수도관 상황을 살펴보면 20년 된 상수관로는 31%(5만8,234km)이며 정수장은 59%(286개소)에 달하는 등 '70~'80년대에 설치한 지방상수도관이 급속히 노후화하고 있다. 또한 이러한 상하수도의 관리는 지방자치단체가 대부분 담당하고 있으나, 지방자치단체의 인구축소로 상수도 시설의 영세성이 가속화가 우려되고 있다.[1] 하지

만, 이러한 문제에 대응하고자 정부와 산하 기관단체에서 인공지능, IoT, 증강현실을 이용한 스마트 시티 정보 시스템 구축 및 많은 분야의 스마트 솔루션 개발을 진행하고 있으며 상하수도 분야에서도 디지털 트윈(Digital Twin) 기술을 활용하여 미래형 스마트워터시티 플랫폼 구축을 위하여 한국수자원공사에서 주도적으로 여러 가지 연구사업을 진행하고 있다. 이에 하나로 우리는 '자가진단 및 상태 감시 기능 결합형 스마트 파이프 시스템

을 개발'하여 국민이 안심하고 먹을 수 있는 수도물 만드는 것을 목표로 결정, 상태감시 기능 센서 시스템과 이 시스템을 결합 가능한 스마트파이프 개발하여 디지털 트윈 기반 스마트 파이프 통합 관리 시스템을 개발하고자 하는 연구를 진행 중에 있다.

본 논문에서는 우리의 시스템을 구축하기 위한 핵심 기술 중 하나인 디지털 트윈 기반 스마트파이프 통합 관리 시스템을 위한 설계 방법에 대하여 다룬다. 이러한 디지털 트윈 기반 스마트 파이프 통합 관리 시스템은 자기진단 및 상태 감시 기능 센서 기능이 있는 수로 파이프를 지하에 매설하여, 이로부터 데이터를 전송받아 효율적인 운영 및 감시를 위한 통합 솔루션으로 똑똑한 의사결정을 통하여 지하 상하 수도관을 혁신적으로 운영할 수 있는 시스템이다. 원격제어 및 모니터링이 주요한 기능의 하나이기 때문에 어떻게 실시간으로 모니터링을 구성할 것인가라는 것은 중요한 이슈이기 때문이다. 2장에서는 디지털 트윈 기반 스마트파이프 통합 관리 시스템에 대하여 보다 자세히 설명하고, 3장에서는 우리가 제안하는 특별한 실시간 기반의 에이전트 기능을 설명하였다. 마지막으로 본 논문의 결론을 맺었다.

II. 디지털 트윈 기반 스마트파이프 통합 관리 시스템

디지털 트윈 기반 스마트 파이프 통합 관리 시스템은 자기진단 및 상태 감시 기능 센서 기능이 있는 수로 파이프를 지하에 매설하여, 이로부터 데이터를 전송받아 효율적인 운영 및 감시를 위한 통합 솔루션으로 스마트한 의사결정을 통하여 지하 상하 수도관을 혁신적으로 운영할 수 있는 시스템이다. 이 자가 진단 및 상태 감시 기능 결합형 스마트파이프 시스템의 최종 목표는 스마트 파이프 운영 솔루션으로 완성될 예정이다. 스마트 파이프 운영 솔루션을 개발하는 과정은 3가지 세부 개발항목으로 나뉘어서 이루어진다. 이후 각각의 세부 항목의 기술이 하나로 결합하여 통합적인 시스템이 되는 것이다. 이에 따른 세부 개발 항목은, 첫째 자가진단 및 상태 감시 가능한 스마트파이프로부터 데이터를 전송받아 효율적인 운영 및 감시를 위한 통합 솔루션을 개발하고 4차 산업혁명 핵심 기술(인공지능, 증강현실 등)을 도입하여 똑똑한 의사결정을 할 수 있는 디지털 트윈 운영 솔루션을 개발 하는 것이다. 두 번째는 자기진단 및 상태 감시 기능 센서 시스템 장치 개발을 통하여, 관로의 물리적·화학적·구조적 상태변화 및 내부 유체의 이송 특성 등 성능 및 상태 감시가 가능한 관로 결합형 센서 시스템을 개발하는 것이다. 세 번째는 센서 시스템 장치와 관로의 이음부와 맨홀·밸브실에서 관로와 결합하여 사용 가능하도록 스마트파이프(관로)를 개발하고 성능 및 관련 인·검증, 내진·내침하, 염소 내부식성, 장수명 등 기존관 대비

성능 향상을 목표로 개발하는 것이다. 본 시스템을 개발하기 위하여 디지털 트윈 기반 스마트파이프 통합 관리 시스템에 대한 기술기반, 스마트파이프 상태 감시 센서 시스템의 개발, 센서 결합형 스마트파이프 개발방법이 주요한 핵심 기반 기술이다. 그림1은 최종 완성된 디지털 트윈 기반 스마트 파이프 통합관리 시스템 개념도이다

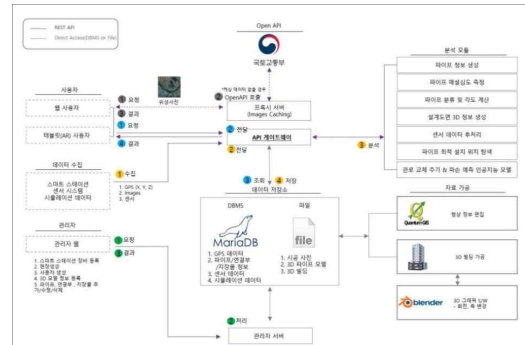


그림1. 디지털 트윈 기반 스마트 파이프 통합관리 시스템 개념도

III. 실시간 모니터링 에이전트 설계 방법 제안

디지털 트윈 기반 스마트 파이프 통합 관리 시스템은 원격제어 및 모니터링이 주요한 기능의 하나이기 때문에 어떻게 실시간으로 모니터링을 구성할 것인가라는 것은 중요한 이슈이다. 우리는 이를 위하여 특별한 실시간 기반의 에이전트 기능을 설계하였다.

이 에이전트들은 센서 데이터들을 주고받는 전송 포인트를 기준으로 계층적 구조(Layered Architecture)를 다음과 같이 제안하였다. 전체 시스템은 3개의 계층(layer)로 구성된다. Sensing Layer는 전국적 규모로 매설될 예정인 스마트 파이프들이 가지고 있는 센서와 전송에이전트로 구성된다. 이들은 현재 파이프에 대한 상태 데이터에 대하여 발생 즉시 상위 계층으로 전송한다. 파이프에 공급된 수량에 대한 유속, 유압, 외부 압력등이 그 주요 데이터이다. Sensing Layer에 상단에는 Data Filtering Layer가 존재한다. 수많은 지역에 매설된 파이프들을 어느 정도 지역적 단위로 묶어서 중간에서 감지된 데이터를 전송받아 분석하는 계층이다. 지역적 중요도와 관리비용에 따라 판단하여 적절히 배치할 수 있다. 해당 계층에서는 지금까지 축적된 데이터를 가지고 기계 학습한 모델을 기반으로 Sensing Layer에서 올라온 신호를 분석하여 현재 수로 공급 상황의 심각도 레벨, 수로의 결로, 수로의 노후 정도를 판단할 수 있다. 물론 인공지능 모델을 활용하여 판단하는 것과 더불어 규칙 기반으로도 판단하여 상호 보완하는 방식으로 운영된다. 해당 판단 값을 라벨링하여 이 데이터를 최단 계층인 Decision Layer로 전송한다. Decision

Layer는 Data Filtering layer로부터 받은 데이터를 적절한 UI/UX로 표현한다. 전반적인 상황이 모니터링되며, 필요시 경고(Alert)할 수 있도록 설계한다. 실제 주요한 의사결정값은 하위레이어인 Data Filtering Layer에서 처리하여 부하를 분산할 수 있다. 즉 Decision Layer는 Real-time 으로 Monitoring 하는 것이 설계에 주요 고려사항이기 때문이다.

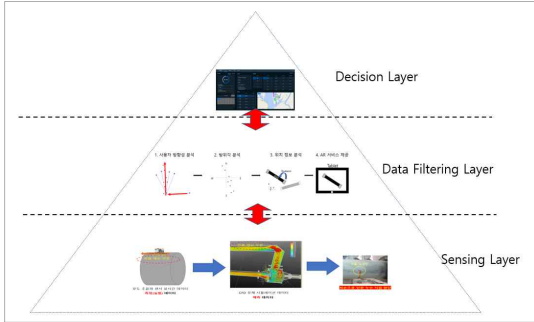


그림2. 실시간 모니터링을 위한 계층적 구조

이러한 계층을 나누어 각각에 계층들에는 하위 계층을 계속 바라보고 있는 에이전트를 배정하였다. 이 에이전트는 하위 계층의 변화된 값이 있으면 바로 전송받을 수 있도록 설계하였다. 즉 Data Filtering Layer의 에이전트는 하위 계층의 Sensing Layer를 바라보며 센서의 변화가 있는지를 실시간으로 주기적 감시를 진행하도록 하였다. Decision Layer의 에이전트는 하위 계층인 Data Filtering Layer에서 센서 데이터를 ML로 분석한 내용이 유의미한 사항이 도출되는지 실시간으로 감시하도록 하였다. 이러한 결과 전체 시스템이 유기적으로 진행될 수 있을 것으로 판단하였다. 또 이 내용을 개념모델 수준의 구현을 진행하여 우수성을 검증하였다.

IV. 결 론

일반적으로 광대하고 분산된 영역의 센서의 데이터를 분석처리하고 판단하는 메카니즘은 우리가 목표로 하는 디지털 트윈 기반 스마트 파이프 통합 관리 시스템에서 가장 중요한 기술 목표이다. 이를 위하여 실시간 모니터링 에이전트를 계층적으로 배치한다면, 모델 분석의 처리시간 측면에서 효율성이 높아질 것으로 예상된다. 단 본 제안은 개념모델 수준으로 해당 시스템을 실제로 활용하기 위해서는 보다 정교한 데이터 학습모델의 설계와 분산시스템 구현을 위한 노력과 정교함이 필요로 하며, 해당 사안은 향후 과제로 남긴다.

Acknowledgement

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 상하수도 혁신 기술개발사업 사업의 지원을 받아 연구되었습니다.(RE202101601)

References

- [1] 환경부, [물 순환 체계 회복을 위한 상수도 발전방향 연구], Jan 2019
- [2] Digital Twin, General Electric Company [https://www.youtube.com/watch?v=GF0mOCJnK0Q]