

디지털 트윈 기반 스마트 파이프 상태 감시를 위한 대시보드 개념모델 설계

홍필두* · 김남호
한국 폴리텍대학

Design of dashboard conceptual model for digital twin based smart pipe health monitoring

Phil-Doo Hong* · Nam-ho Kim
Korea Polytechnics

E-mail : iamhpd@kopo.ac.kr / namo@kopo.ac.kr

요 약

지하에 매설된 상·하수의 노후화를 관리하기 위한 환경부와 국내 지자체의 노력이 이어지고 있다. 한국환경산업기술원의 상·하수 혁신 기술 개발사업 지원으로 노후화에 따른 사고예측 및 교환시기 관리, 신규 매설 배관에 스마트 기능을 적용하는 사업을 진행하고 있다. 이러한 연구의 하나로 본 논문에서는 전체 연구의 핵심 특징 중 하나인 디지털 트윈 기반 스마트 파이프 상태 모니터링을 위한 대시보드 개념 모델의 설계를 제안하였다. 원격 제어와 모니터링이 주요 기능 중 하나이기 때문에 분산 송수신 에이전트를 배치해 모니터링 상황을 실시간으로 시각화하고 직관적인 UI를 배치해 사용자 친화력을 높였다. 이 제안된 특수 디지털 트윈 기반 스마트 파이프 상태 모니터링의 설계를 검증하기 위해 개념 모델 수준을 구성하고 에이전트 효과를 측정하여 우수성을 검증하였다.

ABSTRACT

Efforts by the Ministry of Environment and local governments in Korea are continuing to manage the aging of water supply and sewage buried underground. With the support of the Korea Institute of Environmental Industry and Technology's water and sewage innovation technology development project, it is conducting a project to predict and exchange accidents due to aging, and to apply smart functions to new buried pipes. As one of these studies, this paper proposes the design of a dashboard concept model for digital twin-based smart pipe health monitoring, one of the key features of the entire study. Since remote control and monitoring are one of the main functions, distributed transmission and reception agents are deployed to visualize monitoring situations in real time and to increase user affinity by deploying intuitive UI. To validate the design of this proposed special digital twin based smart pipe state monitoring, we construct the conceptual model level and measure the agent effectiveness to validate its excellence.

키워드

Integrated management system, Realtime Monitoring, Smart pipe, Digital Twin

1. 서 론

과거 지하에 매설된 상하수도의 노후화를 관리

하기 위한 노력은 국내 환경부 및 지자체에서 꾸준히 이루어지고 있다. 우리는 이에 대하여 환경부의 제원으로 한국환경산업기술원의 상하수도 혁신 기술 개발사업의 지원을 받아 다양한 지하매설물에 대한 노후화에 따른 사고예측 교체관리 및 신

* speaker

규 매설 관로에 대하여 스마트 기능의 적용등을 연구하는 사업을 진행중이다. 이러한 사업의 배경으로 국내 상황을 살펴보면 20년된 상수관로는 31% (5만8,234km)이며 정수장은 59% (286개소)에 달하는 등 70,80년대에 설치한 지방상수도가 급속히 노후화하고 있으며, 이를 점진적으로 교체하여야 하는 주기가 도래하고 있기 때문이다. 이에 대하여 30년전에 대비하여 IT기술은 비약적으로 발전해 왔다. 인공지능, IoT, 증강현실등의 기술은 상수도 관뿐만 아니라, 도시 전체의 인프라를 담당하는 스마트시티 분야에서도 활발히 적용되고 있다. 상수도관의 관리는 실제환경에서 예측, 분석, 적용등의 작업을 진행하는데는 비용과 시간에 제약이 많은 분야이다. 이러한 상황을 가상의 공간에서 시뮬레이션할 수 있도록 도움을 받을수 있는 기술이 디지털 트윈(Digital Twin)기술이다. 우리는 이러한 디지털 트윈 기술을 상수도 관리에 제안하였다. 실제 기존에 매설된 상수도관의 상태를 확인하기 위하여 지하를 직접 파는 공사없이 비파괴검사나 상태예측을 통하여 모니터링 하고 시각화한 기술이다. 반면 새로 매설되는 관로에 대하여 자가진단 및 상태 감시 기능의 센서를 부착한 스마트 파이프를 제안하였다. 이러한 사업이 전국으로 확대되기 위하여 본 연구는 전체 체계에 대한 개념모델(concept model) 설계 및 적은 지역의 테스트 베드에서의 실증을 목표로 하고있다.

이러한 연구의 하나로 본 논문에서는 전체 연구의 핵심적 기능의 하나인 디지털 트윈 기반 스마트 파이프 상태 감시를 위한 대시보드 개념모델 설계에 대하여 다룬다.

전체 시스템인 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 모니터링상황을 실시간으로 잘 시각화된 UI체계를 구성할 것인가라는 것은 중요한 내용의 하나이다. 2장에서는 디지털 트윈 기반 스마트파이프 통합 관리 시스템 전반에 대하여 설명하고 본 논문의 범위에 관하여 기술하였다. 3장에서는 우리가 제안하는 특별한 디지털 트윈 기반 스마트 파이프 상태 감시를 위한 대시보드 개념모델 설계에 대하여 설명하였다. 마지막으로 본 논문의 결론을 맺었다.

II. 관련 연구

디지털 트윈 기반 스마트 파이프 통합 관리 시스템의 주요부분은 원격제어 및 모니터링이 주요한 기능이다. 이에 대하여 우리는 특별한 실시간

기반의 에이전트 기능 설계를 앞 연구에서 제안한 바 있다. 우리의 에이전트는 계층적 구조(Layered Architecture)를 가진 3개의 계층(layer)으로 구성된다. 첫 번째 Sensing Layer는 스마트 파이프의 센서와 그 신호를 전송하는 전송에이전트로 구성된다. 파이프에 대한 상태 데이터를 발생하자마자 상위 계층으로 바로 전송한다. 이때 전송되는 주요 데이터는 파이프에 공급된 수량에 대한 유속, 유압, 외부 압력등이다. 두 번째는 Data Filtering Layer 이다. Sensing Layer에 상단에 위치하여 수많은 지역에 매설된 파이프들을 어느 정도 지역적 단위로 묶어서 중간에서 감지된 데이터를 전송받아 분석하는 역할을 한다. 지역적 중요도와 관리 비용에 따라 판단하여 적절히 배정한다. 해당 계층에서는 지금까지 축적된 데이터를 가지고 기계 학습한 모델을 기반으로 Sensing Layer에서 올라온 신호를 분석하여 현재 수로 공급 상황의 심각도 레벨, 수로의 경로, 수로의 노후 정도를 판단할 수 있다. 물론 인공지능 모델을 활용하여 판단하는 것과 더불어 규칙 기반으로도 판단하여 상호 보완하는 방식으로 운영된다. 이 부분에 AI모델에 대하여는 다른 연구에서도 원리를 밝힌 바 있다. 마지막으로 최단 계층인 Decision Layer이다. Data Filtering Layer에서 판단한 값을 라벨링하여 Decision Layer로 전송한다. Decision Layer는 Data Filtering layer로부터 받은 데이터를 적절한 UI/UX로 표현한다. 전반적인 상황이 모니터링되며, 필요시 경고(Alert)할 수 있도록 설계하였다. 이 적절한 UI/UX표현이 본 연구의 핵심 부분이다.

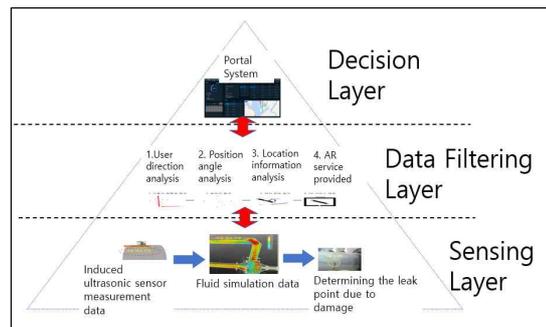


그림1. 실시간 모니터링을 위한 계층적 구조

III. 스마트 파이프 상태감시를 위한 대시보드시스템의 설계

무엇보다도 스마트 파이프 시스템의 상황을 직관적으로 인식하기 위하여, 사용자에게 대시보드 형식의 모니터링 시스템을 제공하는 것이 중요하였다. 대시보드 형식의 한 화면에서 제한된 UI에 많은 정보를 담기 위하여 효율적인 정보 전달체계를 설계하는 것과, 이 정보를 대시보드 형태의 웹

클라이언트로 구축할 수 있도록 개념 체계를 적립하는 것을 먼저 수행하였다. 우리의 스마트 파이프 상태 감시를 위한 대시보드 시스템의 설계 방향은 다음과 같다.

먼저 본 시스템은 데이터 수집 파트, 가공 파트, 저장 파트로 3개의 부분으로 구성되어 있다. 지하 매설물에 대한 보안 중요성을 고려하여 데이터 수집 파트에서는 데이터 전송 보안을 위해 암호화를 수행하고, 이 암호화된 내용으로 저장될 수 있도록 설계하였다.(그림 2) 또 한 데이터에 대한 접근 통제를 강화하여 권한관리(EAM)를 고려하여 권한을 사용자, 관리자, 운영자 그룹으로 구분하여 보안 체계를 강화하였다. 수집 저장되는 모든 데이터는 권한에 따라 행정 경계 혹은 일정 범위로 한정하여 제공해 주고, AR의 경우, 운영자로부터 발급된 시간이 지나면 데이터를 소멸되도록 데이터 보안 관리 체계를 설계하였다. 운영자와 달리 본 시스템의 사용자는 센서 데이터의 수집 즉시 3D 지도 기반의 웹과 증강 현실 모바일 앱을 통해서 정보를 확인하고 시각화된 내용을 직관적으로 살펴볼 수 있도록 설계하였다.

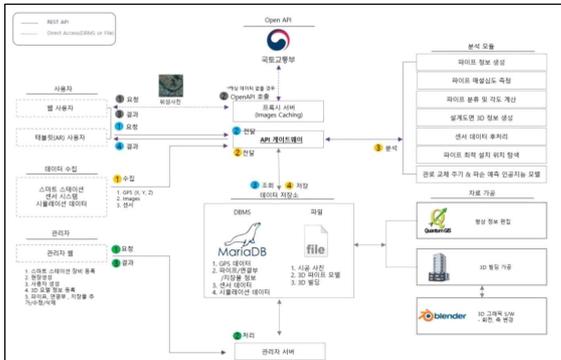


그림 2. 스마트 파이프 상태 감시를 위한 대시보드시스템의 설계

한편 서버 아키텍처 설계 때 웹 클라이언트와 모바일 클라이언트의 다중 플랫폼의 서비스가 가능하도록 설계하였다. 세부적으로는 REST (Representational State Transfer) 아키텍처를 준수하여 API를 설계하여 다 기종의 채널 매체 시스템이 접속하여 데이터를 주고, 받을 수 있도록 고려하였고, 필요시 Open-API를 활용하여 본 시스템과 정보를 주고받을 수 있는 기반을 고려하여 설계하였다. 본 시스템을 사용할 수 있는 권한을 웹, 모바일(태블릿), 데이터수집 센서를 다룰 수 있는 계층적 권한을 갖는 사용자와 이 권한뿐만 아니라 데이터의 편집까지도 수행할 수 있는 권한의 관리자로 구분하여 설계하였다. 데이터 교환은 JSON (JavaScript Object Notation) 혹은 XML (eXtensible Markup Language) 방식을 사용하며 데이터의 종류를 Kit값으로 가지고 센서 측정 데이

터를 값을 가지도록 하여 데이터를 서버로 전송하는 방식을 사용하였다. 센서 데이터 전송 장치의 개발 완료후 전송 장치와 서버 간의 데이터는 상호 간에 정의한 데이터 포맷으로 전송하거나 센서의 원천 데이터를 바로 수신하여 서버에서 원천 데이터를 분석하여 원하는 데이터를 추출하는 2 가지 방식을 고려하여 개발할 수 있도록 하였다. 위성 지도 제공을 위한 이미지는 국토 교통부에서 제공하는 OpenAPI (Application Programming Interface)를 활용하도록 하였다.

IV.결 론

우리가 최종 구현을 목표로 하는 디지털 트윈 기반 스마트 파이프 통합 관리 시스템에서 스마트 파이프의 상태 감시를 모니터링하는 기능은 중요한 부분의 하나이다. 이를 위하여 어떻게 효율적인 UI체계와 정보 전달 체계를 가진 대시보드를 설계하는 것이 본 연구의 핵심 사안이다. 본 연구에서 제안한 설계 개념을 실 구축시스템에 적용한다면 효율성이 높아질 것으로 예상된다. 단 본 제안은 개념모델 수준으로 해당 시스템을 실제로 활용하기 위해서는 보다 정교한 설계와 사용자 분석이 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]