

실시간 센서 데이터 연동을 통한 BIM기반 디지털 트윈 시설관리 시스템 및 방법에 관한 프레임워크 연구

심상균, 김현덕, 김승수, 김한별

(재)한국정보통신산업연구원

sksim@kici.re.kr, force80@kici.re.kr, sskim@kici.re.kr, khanb@kici.re.kr,

A Study on the Framework of BIM-based Digital Twin Facility Management System and Method through Real-time Sensor Data Integration

Sangkyun Sim, Hyunduk Kim, Seungsu Kim, Seul Lee, Hanbyeol Kim

Korea Information & Communication Industry Institute

요 약

본 논문은 실시간 센서 데이터 연동을 통한 BIM기반 디지털 트윈 시설관리 시스템 및 방법에 관한 것으로 온습도 센서, 비상벨 센서 등을 포함하는 하나 이상의 센서로부터 실시간 센서 데이터를 수신하고, 수신된 데이터를 Revit 및 Dynamo를 이용하여 BIM 모델 내 대응되는 매개변수에 자동 반영하며, 장비의 설치일자과 교체주기 매개변수를 기반으로 장비 수명을 예측한다. 예측된 교체 주기 정보를 색상 기반으로 시각화하여 사용자 단말에 표시하고 네트워크 속성정보를 그룹화하여 동일 대역의 장비를 색상으로 시각화함으로써 IP 대역 관리와 장애 발생 여부를 통합적으로 모니터링이 가능한 BIM 모델과 실시간 센서 데이터를 완전하게 통합하여 시설물의 유지보수, 장애관리 및 운영효율을 향상시키는 지능형 디지털 트윈 구현 기술에 관한 연구이다.

I. 서 론

최근 스마트 빌딩 및 시설관리(Facility Management, FM) 분야에서는 BIM(Building Information Modeling)과 IoT(Internet of Things) 기술을 융합한 디지털 트윈(Digital Twin) 기술이 빠르게 확산되고 있다. BIM은 건축물의 설계 및 시공 정보를 3차원 모델로 통합 관리할 수 있는 기술로, 설계 단계에서는 효율적인 시각화 및 협업이 가능하지만, 운영 단계에서는 실시간 데이터의 반영 및 예측적 유지보수 기능이 제한적이라는 한계를 가지고 있었다. 이에 따라, 센서 기반의 IoT 기술을 접목하여 BIM 모델과 실시간 운영 데이터를 연계하려는 시도가 활발히 이루어지고 있다. 기존의 BIM 시스템은 주로 설계·시공 중심으로 운영되어, 온도·습도·진동·전력 사용량 등 실시간 운영 데이터를 반영하지 못하거나, 별도의 모니터링 시스템을 통해 단편적으로 관리되는 문제가 있었다. 이에 따라 시설물의 상태를 종합적으로 파악하거나, 고장 및 이상 징후를 조기에 감지하기 어려웠으며, 유지보수 역시 사후 대응에 머무르는 경우가 많았다. 또한, 다양한 센서 데이터가 개별 플랫폼에서 관리되어 BIM 모델과의 데이터 호환성 문제, 속성정보 불일치, 시스템 간 통신 프로토콜 불일치 등으로 인해 통합적인 관리가 어려웠다. 특히, 건축물 내 설치된 수많은 장비들의 설치일자, 교체주기, 네트워크 IP, 속성정보 등이 상호 연계되지 않아 교체시기 예측의 자동화 및 유지보수 계획의 최적화가 불가능한 문제가 있었다. 이에 따라 설비 노후화에 따른 돌발 장애가 발생하더라도 실시간으로 감지하기 어렵고, 비상벨, 온습도 센서 등의 이상 상황 발생 시 즉각적인 BIM 기반 시각화 및 관리가 이루어지지 않는 한계가 존재하였다. 따라서, 최근에는 센서 데이터의 실시간 수집 및 BIM 모델 자동반영, 장비 교체주기 예측, 네트워크 기반 IP 시각화, 장애 예측 관리 등을 통합적으로 수행할 수 있는 지능형 BIM 디지털 트윈 시스템의 필요성이 대두되고 있다.

이러한 기술은 단순한 정보 시각화를 넘어, 시설물의 운영·유지보수를 자동화하고, 데이터 기반의 의사결정을 지원하는 방향으로 발전하고 있다.

II. 본론

스마트 빌딩의 고도화로 시설관리(FM)는 실시간 데이터 수집, 맥락화, 예측적 의사결정이 필수 요건이 되었다. BIM은 설계·시공 단계의 협업과 시각화에 강점을 보이나, 운영 단계에서의 실시간성 부족과 데이터 단절로 인해 센서 데이터, 유지보수 이력, 네트워크 속성이 파편화되어 관리되는 한계가 있다. 이에 본 연구는 다양한 센서에서 유입되는 스트림을 BIM 속성으로 자동 매핑하고, 수명 및 교체주기를 색상 기반으로 가시화하며, IP 정보를 이용한 네트워크 상태 진단을 결합한 일체형 프레임워크를 제안한다.

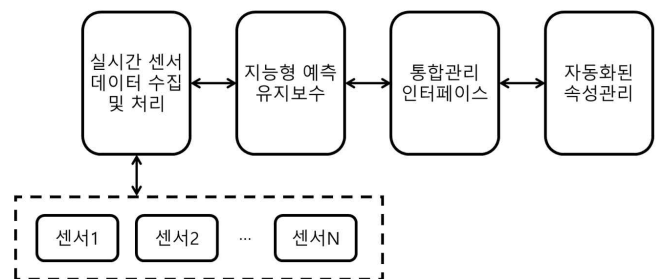


Fig. 1 실시간 센서데이터 연동 BIM 디지털트윈 시설관리 시스템(1)

Fig. 1는 실시간 센서 데이터 수집 및 처리 → 지능형 예측 유지보수 → 통합관리 인터페이스 → 자동화된 속성관리의 파이프라인으로 구성된다.

센서군(온습도, 비상벨 등)에서 유입되는 데이터는 표준 스키마로 정규화되어 후속 모듈로 전달된다.

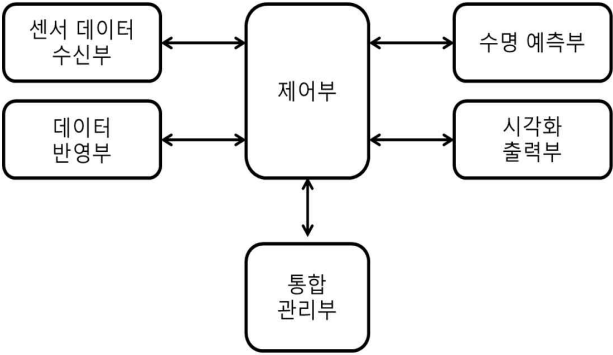


Fig. 2 실시간 센서데이터 연동 BIM 디지털트윈 시설관리 시스템(2)

Fig.2에 제안된 시스템은 다음의 다섯 개 핵심 모듈로 구성된다. 센서 데이터 수신부는 온습도, 비상벨 등 다양한 센서로부터 데이터를 수집하며, 센서별 위치 정보를 install location 매개변수로 자동 추출한다. 데이터 반영부는 수신된 데이터를 Revit 및 Dynamo API를 통해 BIM 속성정보에 실시간 반영하고, 수명 예측부는 장비의 설치일자과 교체주기 매개변수를 기반으로 수명을 자동 계산하고 교체시점을 예측한다. 이에 따라 시각화 출력부는 수명 상태를 색상으로 구분하여 BIM 모델 내 시각적으로 표시하며, 통합 관리부는 IP 속성정보를 기반으로 네트워크 대역, 장애 감지, 안전설비 상태를 통합 모니터링한다.

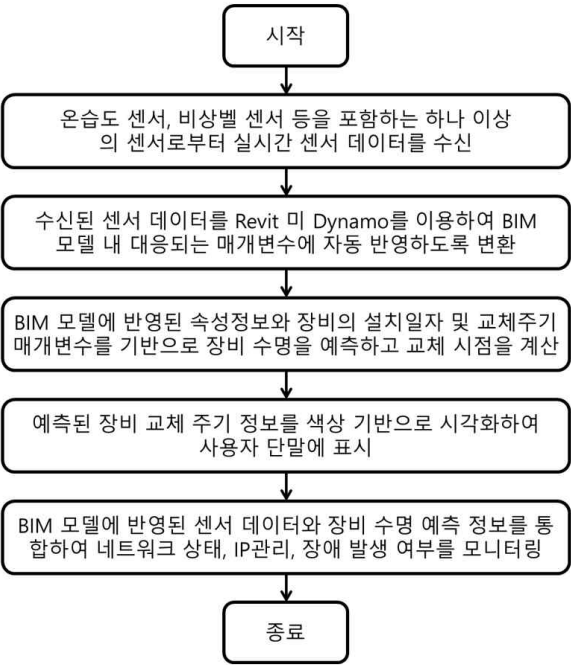


Fig. 3 실시간 센서데이터 연동 BIM 디지털트윈 시설관리 시스템(3)

Fig.3에 따라 시스템은 다음과 같은 절차로 작동한다. 센서에서 실시간 데이터가 수집되면, 데이터 수신부는 이를 Dynamo Script로 BIM 속성에 매핑 가능한 형태로 변환한다. Revit API를 통해 각 장비 객체의 매개변수가 자동 업데이트된다. 수명 예측부는 “설치일자 - 현재일자 = 사용

월수”를 계산하여 교체주기 대비 비율을 산출하고, 그 결과를 색상(녹색 - 양호, 노란색 - 경고, 적색 - 교체 필요)으로 시각화한다.

네트워크 IP 속성정보를 이용하여 동일 대역대 장비를 그룹화하고, 장애 발생 시 해당 그룹이 즉시 강조 표시된다. 통합 관리부는 이러한 정보들을 단일 BIM 모델에서 실시간으로 표시하여, 관리자는 시설의 상태, 네트워크, 교체주기 정보를 한눈에 파악할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 BIM과 IoT 센서 기술을 융합한 실시간 센서 데이터 연동형 디지털 트윈 시설관리 프레임워크를 제시하였다. 제안된 시스템은 실시간 데이터 수집, 자동 매개변수 반영, 수명 예측, 색상 시각화, 네트워크 통합관리 기능을 포함하여, BIM 환경 내에서 지능형 시설관리를 구현이 가능하다. 이를 통해 실시간 데이터를 BIM 속성정보와 자동 연동하는 알고리즘 구조와 교체주기 기반의 예측 유지보수 로직 및 시각화 체계 구현 그리고 네트워크 속성을 기반으로 한 BIM 내 논리적-물리적 자원 통합관리 모델 제안이 가능하다.

향후 연구에서는 AI 기반 이상 감지 및 자율 유지보수 모델과의 연동, 공공시설·병원 등 다양한 분야로의 확장, 그리고 클라우드 기반 BIM 서버 통합을 통한 스마트빌딩 디지털 트윈 플랫폼으로의 발전이 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (No.RS-2023-00220183, Development of BIM library standards for implementing 3D data modeling of information and communication facilities)

참 고 문 헌

- [1] 김현덕, 김진호, 진명성, 심상균 “정보통신설비 BIM라이브러리 개발을 위한 속성정보 연구”, 한국통신학회 하계학술대회 논문집, 2023.
- [2] 김현덕, 심상균, 김승수, 이슬, 김한별 “정보통신설비 BIM 라이브러리를 활용한 네트워크의 디지털 트윈 구현 방안”, 한국미디어학회, 2025.
- [3] 박소현, 한지수, 최립, 조찬원 “디지털트윈 구현을 위한 BIM 프레임워크 활용 방안”, (사)빌딩스마트협회, 2019
- [4] 조찬원 “BIM 라이브러리-기술콘텐츠 연계를 위한 정보프레임워크 기반의 정보 체계화 연구-부분상세를 중심으로” 빌딩스마트협회, 2016
- [5] “디지털 트윈 기반 지능형 댐 안전 관리 시스템”, 한국등록특허, 제 10-2773752호
- [6] “디지털 트윈 생성을 위한 데이터 수집용 드론”, 한국등록특허, 제 10-2423561호
- [7] “AI, IoT, 드론을 이용한 진단, 안전진단, 시설진단, 구조물진단의 방법 및 시스템” 한국등록특허, 제10-2773752호