

디지털트윈 환경에서 근로자 상태정보 가시화 시스템 연구

조영래, 정홍, 이재민*

ICT융합시스템공학과 국립금오공과대학교

manaste@kumoh.ac.kr, hong.jung@lig.kr, *ljmpaul@kumoh.ac.kr

A Research of Worker Status Information Visualization System in a Digital Twin Environment

Department of ICT Convergence System Engineering, Kumoh National Institute of Technology

Cho Young Rea, Jeong Hong, Lee Jae Min*

manaste@kumoh.ac.kr, hong.jung@lig.kr, *ljmpaul@kumoh.ac.kr

요 약

산업현장에 근무하는 작업자 및 중장비가 공존하는 환경에서 작업자의 안전을 보장하기 위한 작업자 상태 모니터링 시스템은 필수적이다. 최근에는 디지털 트윈을 이용한 제어 및 모니터링 기법을 통해 기존 방법 대비 제어성을 강화시킬수가 있으나 물리 모델 구현을 위한 여러 필수 요소에 대한 개발 및 성능 향상 기법, 가시화 기법 등이 필요하다. 본 연구에서는 그 중에서 디지털 트윈 구현을 위한 가시화 기법에 대한 연구를 진행하여 실제 환경을 3D 모델을 통해 정확도 높게 잘 표현할 수 있도록 Windows 환경기반 가시화 시스템을 제안한다.

I. 서 론

최근 딥 러닝 기반 비전 접근 방식을 통해 전통적인 객체 감지(Object Detection, tracking, Segmentation)방법의 한계를 극복할 수 있게 되었다. 연구자들은 연구 결과를 안전모 검출, 화재 및 개인 보호 장비, 근로자 추적이 가능하다. 그러나 작업자 감지 및 안전에 관련된 추적 모델을 하나의 시스템에 통합하는 작업은 시작 단계이다. 따라서 위험한 상황이 발생했을 때 작업자를 감시하고 경고할 수 있는 통합 기술개발이 요구된다.

또한 현재까지 이어진 사고원인 파악을 위해 오랫동안 서류 형식으로 관리해 왔고, 현재 구현되어있는 건설 안전 평가는 단발성에 그쳐 향후 일어날 일에 대해 예측하거나 사고 사례를 예로 들어 재발 방지 대책을 세운다 하더라도 실제 현장에서 준수한다 볼 수 없다[1]. 재해가 발생하고 그에 대한 재발 방지 대책을 수립하기보다는 기존에 발생할 수 있는 사고를 예방하기 위해 사이버 물리 시스템을 연계한 작업자 위험 관리 기술을 도입하고 사고상황 발생 시 신속한 대처를 위해 실시간으로 현장을 관찰하거나 예측 가능한 기술도입이 요구된다. 본 논문에서는 산업현장의 작업자 안전 확보를 위해 UWB, Wearable Sensor 등 IoT 센싱 기술을 이용하여 행동 기반 위험상황 가시화 및 모니터링을 위하여, 디지털트윈(Digital Twin) 기술을 이용한 현장 정보를 구축하고, 산업현장에서 수집된 센서/영상정보 데이터와 설비 및 장비의 안전정보 데이터, 사물기반 데이터 등을 디지털트윈 환경에 가시화하여 상시 작업환경 모니터링 시스템 구축에 대해 기술한다.

II. 디지털트윈 기반 시스템 구성

그림1은 기존 현장에서 운영하고 있는 시스템, 작업자 행동패턴 수집 시스템과 연동되어있는 연구대상 시스템의 구성도이다. 시스템의 구성은 작업자 행동 데이터를 수집하기 위한 Wearable MEMS 센서장치[2]를 사용하여 작업자의 상태정보 데이터를 확보하고, 수집된 데이터를 분석서버 및 디지털 트윈 서버로 전송한다. 분석서버로 전송된 데이터는 데이터의 성질, 분류 및 가공 여부를 미들웨어에서 판단하여 결과값을 디지털트윈 서버와 공유한다. 디지털트윈 서버는 분석서버의 데이터와 자체적으로 처리한 데이터를 대상으로 내부 저장장치에 저장할 데이터와 가시화할 데이터로 구분하고, 가시화 할 데이터 즉 작업자 상황을 디지털트윈 환경에 가시화 한다.

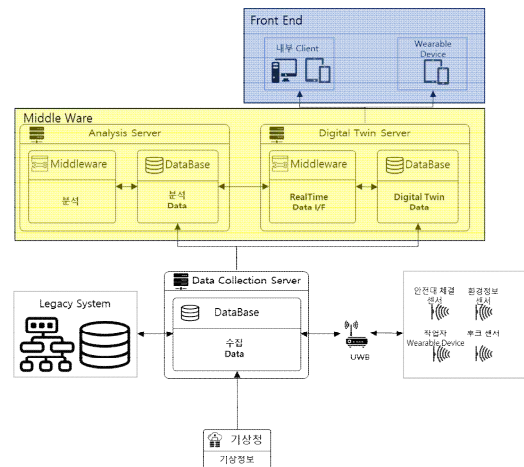


그림1. 디지털트윈 시스템 구성도

그림 2는 Digital Twin Software Architecture이다. 데이터베이스에 저장된 현장 작업자 상황 데이터는 미들웨어에서 1차 처리를 하고, 처리된 데이터를 디지털트윈 플랫폼으로 전송한다. 전송된 데이터는 3D엔진(Unity 3D)기반 각 컴포넌트를 통하여 위치(Position), 회전(Rotation), 크기(Scale)등을 제어하거나, 터레인(Terrain) 시스템을 이용하여 생성된 지형에 작업자의 행동을 가시화 할 수 있다.

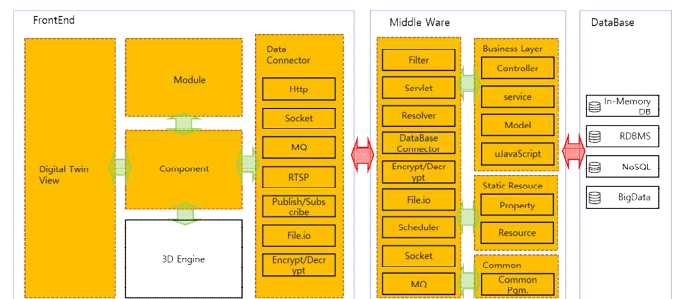


그림2. Digital Twin Software Architecture

III. 디지털트윈 시스템을 이용한 작업자 행동 가시화 방법

현장의 작업자 상황을 가시화 하기 위한 가장 중요한 요소는 “실시간성”이라 할 수 있다. 따라서 실시간 작업자의 상황정보 데이터를 수집하기 위하여 Socket.IO 방식을 사용 하였다. Socket.IO는 웹소켓(WebSocket) 프로토콜을 기반으로 하여 클라이언트와 서버가 실시간으로 데이터를 주고 받을 수 있게 한다. 서버에서 클라이언트로의 데이터 푸시(push) 기능을 지원하며, 클라이언트에서도 실시간으로 서버에 데이터를 보낼 수 있다.[3] 또한 디지털 트윈 3D 프로그램에서 IoT 센서로부터 수집된 데이터를 실시간으로 3D 모델에 반영하거나, 사용자가 시스템에서 변경한 설정을 실시간으로 장비에 적용하는 등, 동적 데이터를 빠르게 반영해야 하는 곳에 유용하다.

실시간으로 수집된 작업자 행동 상황 데이터는 현장의 크기에 따라 작업자의 수가 기하급수적으로 늘어날 수 있어 자칫 데이터의 폭주 현상이 발생할 수 있다. 따라서 수집 데이터의 적절한 통제가 필요하며, 이러한 상황을 해결하기 위하여 RESTful API를 사용 하였다. RESTful API는 각 리소스를 URI로 명확하게 식별하며, 이 리소스에 대해 GET(조회), POST(생성), PUT(수정), DELETE(삭제) 등의 HTTP 메서드를 사용해 자원에 접근하고 조작할 수 있다.[4] 디지털 트윈 시스템에서 RESTful API는 3D 프로그램이 서버로부터 데이터를 요청할 때 주로 사용된다. 예를 들어, 사용자가 디지털 트윈 모델에서 특정 장비의 상태 정보를 조회하거나, 설정 변경을 서버에 전달하는 등의 작업이 RESTful API를 통해 이루어질 수 있다.

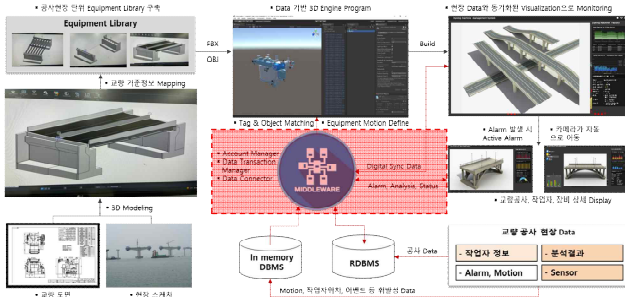


그림 3. Socket.IO와 RESTful API가 적용된 미들웨어 구성

본 연구를 통하여 연구된 방법을 통하여 가시화 시스템을 구축하면 시스템 성능을 최소화 가능하며, 실시간 현장정보(UWB, Wearable Sensor 등) 데이터를 수집, 분석, 가공 업무를 단일 시스템에서 수행할 수 있으므로 시스템 구축비용의 절감 효과를 얻을 수 있다.

IV. 구현결과

그림 4는 디지털 트윈 환경하에서 현장 작업자의 행동상황 정보를 가시화한 화면(예)이다. 작업 현장을 Unity 3D Engine 기반 삼차원 모델로 구현을 하고, 작업자 상황 정보를 수집하여 실시간 가시화 하였다. 작업현장 관리자는 현장을 직접 방문하지 않아도 시스템의 모니터링 기능을 이용하여 각 작업자의 위치, 행동 및 상황 정보를 실시간 모니터링 할 수 있다. 그리고 작업자 및 현장 상황정보를 이용하여 위험 상황을 분석 및 예측이 가능하다.

구분	기존방식	DT 모니터링 방식
기반	문서기반의 관리	시스템 기반 데이터관리
관리주체	현장 관리감독관	시스템 자동화
방법	현장상주 및 육안관리	원격 모니터링
장점	즉각적인 현장 상황조치	관리대상지역 실시간 관리
단점	관리대상지역 제한	시스템에 의한 원격조치

표 1. DT 기반 모니터링 시스템 도입 시 개선효과



그림4. 작업자 상황정보 구현결과

V. 결론

본 논문에서는 산업현장에서 발생 가능한 안전사고 예방을 위한 작업자 상황정보 모니터링 시스템을 연구 하였다. 작업현장에서 발생 가능한 수많은 안전사고를 본 연구에서 구축한 시스템으로 감지 및 예방할 수 있다고 판단하지 않는다. 다만 이러한 시스템의 연구 및 적용을 통하여 점진적인 기능적인 고도화가 수행된다면 추후 대형사고 및 인명 손실을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

예를 들면, 현장에서 작업하고 있는 중장비위 작업반경 이내에 작업자가 위치하고 있는 경우 또는 2인 이상의 작업자가 필요한 공정에 1인이 작업하고 있는 경우 등과 같은 표준작업절차지시서(SOP : Standard of Procedure)와 위배되는 공정 수행 시 위험 상황을 감지하고 해당 작업자에게 경고 및 조치방법을 전달함으로써 안전사고를 미연에 예방할 수 있다.

다만 상황 발생 시 관리자에 의한 상황모니터링 및 해결 방법과 동일한 수준으로 시스템에 의한 원격 모니터링, 상황전파 및 조치 성능을 업그레이드 할 수 있도록 연구할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 지역지능화혁신인재양성사업 (IITP-2024-RS-2020-II201612)과 대학ICT연구센터사업 (IITP-2024-RS-2024-00438430)의 연구결과로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] 권영일, “건설업 위험성 평가, 문서화에 그쳐선 안돼” 매일노동뉴스 전문가 칼럼 2022년 9월 26일
- [2] 김준경, 박세환, 염민교, 최재훈, “신체 부위별 MEMS 센서 데이터를 이용한 작업자 이상 상태 파악 연구” 한국안전학회 추계학술대회. (2023)
- [3] 김병진, “웹 기반 의료용 실내 측위 모니터링 시스템 연구“ 동의대학교 대학원 공학석사학위논문 2019년 2월
- [4] 오형식, “자동 API 생성 및 데이터 처리 성능 향상을 위한 RESTful, Redis 기반의 소형 API 플랫폼 설계” 한밭대학교 석사학위논문 2017년 8월

* 금오공과대학교 전자공학부 교수, email : ljimpaul@kumoh.ac.kr (교신저자)