

디지털트윈 기반 현장 관리를 위한 센서 정보 수집 기법 및 시스템[☆]

Sensor Information Collection Method and System for on-site Management based on Digital-twin

서민재¹ 하준우² 임현규² 전지혜^{2*}
Minjae Seo Jun-woo Ha Hyeon-kyu Lim Jihye Jeon

요 약

최근 현장 관리 관제를 위해 디지털트윈 기술을 적용하고 현장에서 전달되는 실시간 데이터 변화 분석을 통해 현장 내 변화를 빠르게 파악하고자 하는 수요가 증가하고 있다. 디지털트윈과 같은 기술을 적용할 경우 조기 문제 대응 및 빠른 상황 대처가 가능하지만, 이러한 디지털트윈 기술의 장점을 극대화하기 위해서는 현장 정보를 수집하는 이기종의 센서 데이터를 적절한 주기에 맞춰 수집하고 관리하는 방법이 필요하다. 또한, 각각의 관리 목적에 맞게 시각화될 수 있도록 센서 정보가 각 관리 도메인별로 전달, 이상 상황을 파악하고 대응하는 방법에 대한 고려가 필요하다. 본 논문에서는 디지털트윈을 기반으로 현장 점검 관리를 위해 이종 센서 정보를 수집하는 방법 및 관련 시스템 구성을 제안한다.

☞ 주제어 : 디지털트윈, 센서 관리, 현장 관리, IoT

ABSTRACT

Recently, there is an increasing demand to quickly identify changes in the field by applying Digital-twin for on-site management control and analyzing changes in real-time data transmitted. When technologies such as Digital-twin are applied, early problem response and quick response to situations are possible. However, in order to maximize the advantages of digital twin technology, a method of collecting and managing sensor data that collects field information at an appropriate period is required. need. In addition, it is necessary to consider how sensor information is transmitted to each management domain and how to identify and respond to abnormal situations so that it can be visualized for each management purpose. In this paper, we propose a method for collecting heterogeneous sensor information and related system configuration for on-site inspection management based on digital twin.

☞ keyword : Digital-twin, Sensor Management, On-site Management, IoT

1. 서 론

최근 현장 관리 사고 소식이 자주 전해지면서 재난방지 특별법 제정 등 시설 및 작업 현장 안전 관리의 중요성과 필요성이 계속해서 강조되고 있다. 안전 강화를 위해 현장 대내외에서 다양한 관리 개선책들이 대두되고 있으나, 광범위한 현장 관리 규모, 야간 시야 확보 문제 등 현

실적인 어려움이 많이 존재한다. 특히 인력에 의존하는 현장 관리의 한계점을 보완하기 위해 최근에는 디지털트윈과 같은 기술을 현장에 적용, 활용하는 방법들이 고려되고 있다. 디지털트윈은 관리하고자 하는 실제 현장을 디지털 공간 내에 유사하게 생성하고, 현장 정보를 이기종 센서나 카메라와 연동한 후 전달되는 데이터를 통해 현장 변화를 빠르고 직관적으로 인지할 수 있게 하는 기술이다[1]. 디지털트윈을 적용할 경우 현장에서 전달되는 실시간 데이터 변화 분석을 통해 현장 내 변화를 빠르게 파악할 수 있으며, 실제 공간 위치를 쉽게 확인할 수 있어 조기 문제 대응 및 빠른 상황 대처가 가능하다.

이러한 디지털트윈 기술의 장점을 적용하기 위해서는 크게 2가지 측면의 고려가 필요하다. 먼저, 현장 정보를 수집하기 위해 이기종의 센서가 혼재되어있는 환경에서 이기종 센서로 부터 수집되는 데이터의 형태도 다르며

¹ Sales Strategy Office, STANS Inc., Seoul, 01811, Korea.

² Research Institute, STANS Inc., Seoul, 01811, Korea

* Corresponding author (jhjeon@stans.co.kr)

[Received 08 September 2023, Reviewed 13 September 2023, Accepted 25 September 2023]

☆ 이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021-0-00751, 0.5mm급 이하 초정밀 가시·비가시 정보 표출을 위한 다차원 시각화 디지털트윈 프레임워크 기술 개발)

목적과 중요도에 따라 수집되는 주기가 상이할 수 있어 이러한 수신 센서 데이터의 수신 및 관리 시스템의 구성이 필요하다. 센서 정보는 중간 서버에서 관리되다가 관리 도메인별 요청에 따라 센서 정보가 전송되어야 하는데, 이때 센서 종류와 주기가 각기 다르게 설정될 수 있다. 예를 들어, 특정 제약이나 조건 없이 센서 데이터를 빈번히 수집하는 경우, 과도하게 데이터가 누적되어 저장 공간의 문제가 발생하거나 불필요한 데이터로 인해 정보 탐색 시 지연이 발생할 수 있다. 반면 수집 주기가 너무 긴 경우에는 적절한 시점에 수집, 전달되지 않아 조기 대응이 어려울 수 있다. 따라서, 관리 목적별로 요구되는 주기에 맞춰 수집된 센서 데이터가 관리자에게 전달될 수 있도록 해야 한다.

한편, 서버에서 전달되는 센서 데이터가 관리 목적에 맞게 각 관리 도메인으로 전달, 적용되기 위해서는 센서에 대한 정보와 주기별 전달되는 센서값이 쉽게 파악할 수 있는 형태로 전달되어야 한다. 또한, 센서 정보를 통합 수집하는 서버에서 관리하는 센서별 이상 기준 정보와 실제 관리자가 원하는 이상 기준 정보가 다를 수 있어, 서버에서 이상 상황을 감지한 후, 센서 데이터와 이상 정보를 전달했을 때는 이미 문제가 발생하였거나 이상 상황임에도 제대로 인지하지 못해 전달하지 않는 경우가 발생할 수 있어 이를 방지하는 방법이 필요하다.

본 논문에서는 디지털트윈을 기반으로 현장 관리를 위한 이기종 센서 정보를 수집 및 관리 기법과 이를 적용할 수 있는 시스템 구성을 제안하고자 한다. 제안한 시스템에서는 종류와 주기가 다른 이기종 센서 데이터가 서버로 수집되고, 각 관리 도메인별로 필요한 정보의 정확한 전달이 가능하다. 또한, 관리 도메인에서 정보를 빠르게 파악하고 대응할 수 있도록 디지털트윈 표준을 참고한 DB 설계 및 서버와 관리 도메인 간 센서 데이터 전송 기법 등의 실제 구현을 통해 실험적 검증을 수행한다.

2. 관련연구

2.1 디지털트윈 데이터 동기화

디지털트윈은 실제 존재하는 공간을 디지털 상에 쌍둥이처럼 동일하게 가상공간으로 만들어 관리하는 기술로 최근 원격으로 현장을 파악하고 대응할 수 있도록 실제 공간을 가상공간 내에 동일하게 구축하고, 현장 정보를 센서나 카메라를 통해 파악하고 해당 위치에 필요한 정보를 매핑하여 제공한다[2]. 디지털트윈 기술은 주로

SOC(Social Overhead Capital, 사회기반시설), 대규모 사업장, 스마트 팩토리를 중심으로 적용되고 있으며, 크게 현장 정보를 인식 및 감지하기 위한 센서 관리 기술, 3D 공간 모델링 기술, 데이터 시각화 기술 등이 유기적으로 구성되어 있다. 본 논문에서는 다양한 디지털트윈 기술중에서 센서 관리 기술을 중점으로 다루고자 한다.

2.2 디지털트윈 기반 센서 관리 기법

디지털트윈 기반 센서 데이터를 관리, 처리하는 기법은 국내외에서 활발하게 연구가 이루어지고 있는 기술로, 본 논문의 센서 관리 방법 설계를 위해 다수 참고하였다. 참고문헌[3]에서는 무선 센서를 관리하기 위한 무선 센서 박스를 정의하고 해당 모듈을 통해 건물 관리를 수행하는 디지털트윈 기술을 제안하였다. 그러나 해당 논문에서는 센서 간 데이터의 전송을 조절하기 위한 방법에 대해서는 구체적으로 다루지 않고 있다.

참고문헌[4]에서는 IoT 플랫폼을 기반으로 디지털트윈 프로토타입을 설계하고 구현하는 방법을 제안하였다. 특히 IoT 국제 표준인 oneM2M 기술을 기반으로 디지털트윈 플랫폼을 구축하는 방법을 제안하였다. 해당 논문에서는 데이터 전송 및 동기화를 위한 데이터의 형태를 표준 적용하였으나, 제안된 디지털트윈 서비스에서 단일 관리 시스템에 전송하기 위한 구조로 관리 도메인에 차등적으로 전송하기 위한 기법은 고려하지 않고 있다.

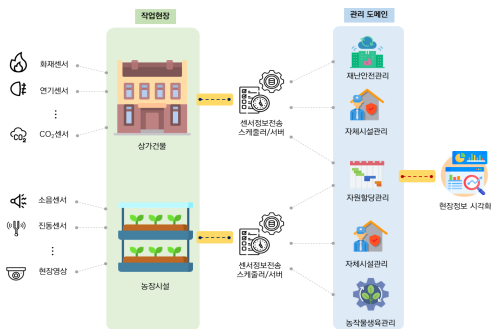
또한, 참고문헌[5]에서는 스마트 팩토리 내에 디지털트윈 기술을 적용하기 위해 IoT 통신을 기반으로 ZMP(Zone Master Platform) 설계를 제안하였다. 해당 논문에서는 다양한 센서 데이터를 획득하기 위한 그룹을 관리하고 상호호환적 데이터 교환 기능에 대한 정보로 안정성을 고려하였으나 중요한 이벤트가 센서에서 감지되었을 때 특정 그룹에 센서 정보 전송이 긴급으로 우선 처리하는 방법은 고려하지 않고 있다.

따라서, 본 논문에서는 관련 연구 사례와 디지털트윈 표준을 참고하여 이기종 센서 데이터 수집 및 관리 방법과 해당 시스템의 설계 방법을 제안한다. 특히, 앞서 제시한 논문에서 많이 다루지 않은 서버와 관리 도메인 간 데이터 관리 및 전송 방법에 대해서 상세하게 다루고, 현장 이상을 감지했을 때 빠르게 대응할 수 있는 방법에 대해서 제안하고자 한다.

3. 디지털트윈 기반 현장 점검 관리 시각화를 위한 이중 센서 정보 수집 기법 및 시스템 제안

3.1 서비스 시나리오

대규모 플랜트, 일반건물, 농장시설 등 실시간 점검 관리가 필요한 현장은 매우 다양하다. 그런데, 현장의 환경과 관제의 목적 및 특징에 따라 관제를 위해 설치가 필요한 센서의 종류는 매우 다양하며 각각의 센서로 수집되는 데이터 형식, 수집 주기 등이 상이할 수 있다. 그림 1에서 보여지는 바와 같이 일반적으로 현장에 설치된 이기종 센서 데이터는 모두 수집되어 전송 서버에서 관리한다. 특히, 각 관리 도메인에서 요구하는 센서 종류와 주기에 따라 센서 정보는 전송 서버 내 설치된 스케줄러를 통해 전송된다. 이기종 센서 정보를 전달받은 각각의 관리 도메인에서는 다양한 환경에서 발생한 상황을 감지 후 판단 여부에 따라 현장 정보를 여러 형태로 시각화한다. 이를 통해 동일한 현장에서 전달된 정보일지라도 각각의 관리 도메인 목적에 맞춰 특화된 시각화 기법을 통해 적절한 정보를 표출한다.



(그림 1) 디지털트윈 현장 관리 서비스 시나리오
(Figure 1) Digital-twin On-site Management Scenario

3.2 시스템 구성

디지털트윈 기반 센서 관리 시스템은 크게 현장과 관리 도메인으로 구분되고 중간에 현장 정보를 관리, 전달하는 서버로 그림 2에서 보여지는 바와 같이 구성할 수 있다.

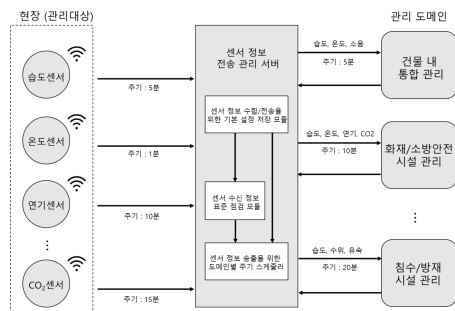
일반적으로 현장 정보를 다양하게 수집하기 위해 여러 종류의 센서가 다수 개 설치된다. 각 센서의 데이터 발생 주기는 관제 목적에 따라 다르게 설정될 수 있다. 전송된 센서 데이터를 관리하는 서버는 크게 3가지 기능 모듈로 구성된다. 먼저, 센서 정보 수집 및 전송을 위해 기본 설

정을 저장하는 모듈은 관리 도메인별 전송 센서 개수, 관리 도메인별 최근 센서 전송 시간, 관리 도메인별 설정 주기, 센서별 기초 이상 점검 값 등을 저장하고 관리한다.

다음으로, 센서 수신 정보 표준 점검 모듈은 표준이상 점검 값으로 기준으로 측정된 센서 데이터를 정상이 아닌 이상 상황으로 우선 감지하도록 한다. 각 관리 도메인에서는 각각의 현장마다 점검하려는 센서값의 이상 범위가 상이할 수 있다. 예를 들어, 수신된 센서 데이터에 대해 1차적인 감지 없이 주기에 맞춰서 전달될 경우 이미 이상 상황이 발생한 이후가 될 수 있으므로, 해당 센서 데이터값에 대해서는 먼저 센서 정보 전송 관리 모듈에서 체크하고 이상 감지 시 기준에 설정된 데이터 발생주기와 상관없이 우선 전송을 시도할 수 있도록 한다. 해당 센서 데이터의 표준이상 값에 대한 설정은 센서 정보 전송 관리 서버가 특정 값의 범위를 설정하거나, 이상 범위로 변화 감지 폭 설정 등에 따라 관리할 수 있다.

한편 관리 도메인별로 수신되는 센서 정보는 주기가 상이할 수 있고, 수신을 원하는 센서 종류가 각기 다를 수 있다. 따라서, 센서 정보 송출을 위한 도메인별 주기 스케줄러를 별도로 구성한다. 해당 모듈은 요청된 발생주기, 센서 정보에 맞춰서 전송할 수 있도록 하며, 우선순위 설정 등에 따라 발생주기 외의 전송이 필요한 경우 다음 전송 시 다시 발생주기에 맞춰 전송하도록 조절한다.

각 관리 도메인은 현장의 특수한 상황에 따라 특정 관리 목적을 가지고 분리될 수 있다. 예를 들어, 하나의 관리 대상인 현장이 있을 경우, 해당 정보는 건물/시설 통합 관리실에서도 관리 할 수 있지만, 대상 건물이 소속된 화재/소방안전관리에 대한 관리실, 침수/방재 시설 관리에서도 활용할 수 있다. 즉, 해당 관리 도메인의 요청 사항에 따라 전송 주기, 센서 종류, 센서별 중요도는 달라지기 때문에 필수적으로 고려해야 한다.



(그림 2) 디지털트윈 센서 관리 시스템 구성
(Figure 2) Digital-twin Sensor Management System

3.3 현장 점검을 위한 이중 센서 정보 수집 기법

3.3.1 센서 관련 DB 구성

이기중 센서 정보의 전송을 위해 디지털트윈, 메타버스와 관련한 디지털 가상화 기술 표준인 IEEE 2888 표준을 참고하여 DB를 구성하였다[6][7]. 해당 표준을 기반으로 DB 구조를 설계하고 표 1과 같이 센서의 특성 설정을 위한 전송 구조를 제시하였다.

(표 1) 센서 특성 전송을 위한 DB 구조
(Table 1) DB Structure for Sensor Characteristic

명칭	의미
id	센서 디바이스 구별 식별자
sensorCapabilityBaseAttributes	센서 장치에 대한 전반적 스펙 정보
unit	센싱된 데이터에 대한 측정 단위
maxValue	센서가 감지할 수 있는 최댓값
minValue	센서가 감지할 수 있는 최솟값
offset	특정 절댓값에 도달하기 위해 기본값에 추가된 값
numOfLevels	센서의 최댓값과 최솟값 사이에서 감지할 수 있는 수준의 수
snr	지정된 출력 신호를 생성하는 데 필요한 입력 신호의 최소 크기
position	센서 위치 값
accuracyType	측정된 값의 근접도
percentAccuracy	0에서 1.0 사이의 값을 사용하여 상대적인 방식으로 측정된 양의 실제 값에 대한 근접도
valueAccuracy	절댓값으로 측정된 실제 값 근접도 (-값, +값) 등의 오차 범위

(표 2) 센서 데이터 및 이벤트 전송을 위한 DB 구조
(Table 2) DB Structure for Sensor Data and Event

명칭	의미
timestamp	센서가 획득한 시간 정보
type	센서 타입
value	센서 획득 값
event	이벤트 발생 시 이벤트 정보
sensedInforBaseAttributes	센서 데이터에 대한 전체 정보 그룹
id	센서 정보 구별 식별자
sensorIdRef	센서 디바이스 구별 식별자
groupId	2개 이상의 센서들을 그룹화하기 위한 그룹 식별자
activate	센서의 활성화 유무
priority	센서 정보 수신 처리에 대한 우선순위

```

{
  "id": "string",
  "sensorCapabilityBaseAttributes": {
    "unit": "ppm",
    "maxValue": "100",
    "minValue": "0",
    "offset": 0,
    "numOfLevels": 0,
    "sensitivity": 0,
    "snr": 0,
    "position": [10,10,10]
  },
  "accuracyType": {
    "percentAccuracy": 0,
    "valueAccuracy": [0, 0]
  }
}

{
  "timeStamp": "2020-04-23 18:25:43",
  "type": "Gas",
  "value": [21,0,0,0,0,0,0,0],
  "event": "string",
  "sensedInfoBaseAttributes": {
    "id": "string",
    "sensorIdRef": "string",
    "groupId": "string",
    "activate": true,
    "priority": 1
  }
}
    
```

(그림 3) 센서 DB의 JSON 작성 예시
(Figure 3) Example of Sensor DB for JSON

센서 특성을 전송하는 경우는 센서 정보를 등록하는 최초 1번만 전달하면 되지만, 센싱 및 이벤트 발생 시마다 전송하는 센서 데이터는 각 주기에 맞춰서 매번 전송된다. 표 2에서는 센서가 주기별로 전송하는 데이터에 대한 구조를 보여준다. 해당 센서 값을 통해 각 센서값들이 발생한 시간 정보나 센서값 또는 인식된 이벤트 정보에 대한 정보를 전달할 수 있도록 한다. 그림 3에서는 앞서 제시한 표 1과 표 2의 내용을 반영하여 적용가능한 센서 관련 정보로 구성된 DB에 입력이 가능한 JSON 형태의 작성 예시를 보여준다.

3.3.2 서버-관리 도메인 간 센서 데이터 전송 기법

본 절에서는 센서 정보를 수집한 서버에서 관리 도메인에 정보 전송을 위한 방법을 제안한다. 먼저 각 센서는 설정된 주기에 맞춰 서버에 데이터를 전송한다. 수집된 데이터는 센서 종류에 따라서 별도 처리 없이 주기별로 일괄 전송되거나, 또는 정상-이상 범위가 미리 설정되어 있어 정상 또는 이상 범위에 해당하는 이벤트로만 값을 제공할 수 있다. 다음으로 센서 데이터를 중간 관리하는 서버에서 각 도메인으로 데이터를 전송하기 위한 처리 방법이 중요하다. 왜냐하면 기존의 고정된 주기에 따라 센서 데이터를 전송할 경우, 위급상황이 발생했음에도 센서 데이터를 못 받는 경우가 발생할 수 있다. 위급상황에 대해서 서버에서 일차적으로 먼저 판단하도록 한다. 하지만 해당 정보는 서버에서 일괄적으로 확인하는 정보이기 때문에 관리 도메인 모듈에서 판단하기에 위기 상황이 아닐 수 있다. 서버가 위급상황 판별을 위한 정보를 각 도

메인별로 가지고 있지 않거나, 이미 가지고 있더라도 도메인 관리 상황/관리자에 따라 위급상황에 대한 값은 변경될 수 있다. 따라서, 서버에서 현장 위험을 판별한 상황과 이후 관리 도메인이 현장 위험을 판별한 상황을 고려하여 다음과 같이 3가지 경우를 고려하여 수집 방법을 설계하였다.

i) 서버 및 관리 도메인 모두 정상 판별한 경우
 도메인 관리자가 요청한 주기에 맞춰 정상적으로 전달된 상황으로 도메인 관리자는 서버에 별도의 요청을 하지 않는다.

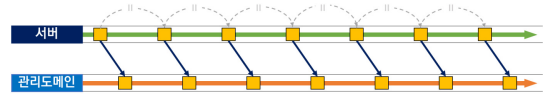
ii) 서버가 이상을 판별하였으나, 관리 도메인에서 정상으로 판별한 경우

도메인 관리자가 요청한 주기에 맞춰서 정상적으로 전달된다. 특정 값에 대해 서버가 이상을 판별하고 위급상황으로 판단하였을 때 기존 주기와 상관없이 즉시 이상 판별된 센서 정보를 도메인으로 전송한다. 해당 시간은 서버에 수신된 데이터가 이상으로 판별된 시점에 결정된다. 단, 해당 이상 정보를 도메인 모듈이 정상으로 판별하였을 경우, 도메인이 이상을 판별하는 기준 정보를 다시 서버에 제공하고, 서버는 다음 데이터부터 주기에 맞춰서 보낼 수 있도록 재조정한다. 또한, 새롭게 제공받은 이상 판별 기준 정보에 따라 업데이트된 정보로 판별하여 불필요한 위급 전송이 이루어지지 않도록 조절한다.

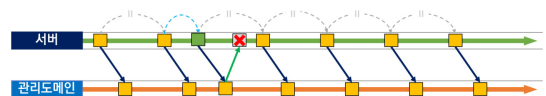
iii) 서버는 정상으로 판단하였으나, 관리 도메인에서 이상으로 판별한 경우

도메인 관리자가 요청한 주기에 맞춰 정상적으로 전달된다. 서버 기준에서 정상적인 데이터만 수집되어 기존 주기에 맞춰 수신된 데이터를 도메인별로 전송하였으나, 정상으로 전달된 센서 데이터를 수신한 관리 도메인에서는 관리 목적과 기준에 따라 데이터 이상을 판별하고 위급으로 판단하여 즉시 재전송을 요청할 수 있다. 해당 경우 재전송에 소요되는 시간은 서버가 정상주기로 판단하고 보낸 데이터가 수신되는데 소요되는 시간과 이상 데이터로 도메인이 판별한 후 위급 재전송을 서버에 요청하는 시간, 이후 중간 모듈에서 재전송된 데이터가 도메인 모듈로 도달하는 시간으로 결정된다. 이 경우 또한 도메인이 이상을 판별하는 기준 정보를 다시 서버에 제공하며, 서버는 새로 받은 판별 기준 정보에 따라 이상을 판별한다. 이후 서버나 도메

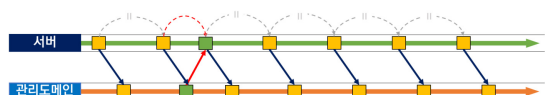
인 모듈로 전달된 데이터가 이상 상황으로 판단되지 않으면, 도메인 모듈은 이에 대한 추가적인 재전송 요청을 전달하지 않으며, 기존의 주기로 다시 유지된다.



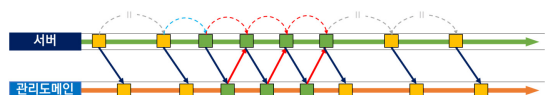
(그림 4) i)케이스에 대한 서버-관리도메인 데이터 흐름 (Figure 4) Server and management domain data flow for i)



(그림 5) ii)케이스에 대한 서버-관리도메인 데이터 흐름 (Figure 5) Server and management domain data flow for ii)



(그림 6) iii)케이스에 대한 서버-관리도메인 데이터 흐름 (Figure 6) Server and management domain data flow for iii)



(그림 7) iv)케이스에 대한 서버-관리도메인 데이터 흐름 (Figure 7) Server and management domain data flow for iv)

iv) 서버가 이상으로 판별하고, 도메인 모듈 또한 이상으로 판별한 경우

도메인 관리자가 요청한 주기에 맞춰 정상적으로 전달된다. 서버가 특정 데이터를 수신하였을 때 이상 데이터로 인식한 경우 위급상황으로 판별하여, 기존 주기와 상관없이 즉시 이상 판별 센서 정보를 도메인으로 전송한다. ii)와 같이, 해당 시간은 서버에 수신된 데이터가 이상으로 판별된 시점이므로 랜덤으로 조절된다. 전달된 데이터로 현장에 이상이 있는 것으로 판단한 도메인 모듈은 추가 이상 데이터에 대한 전달을 서버에 즉시 요청한다. 이러한 경우 iii)와 같이 재전송에 소요되는 시간은 서버가 정상주기로 판단하고 보낸 데이터가 수신되는데 소요되는 시간과 이상 데이터로 도

메인이 판별 후 위급 재전송을 서버에 요청하는 시간, 이후 서버에서 재전송된 데이터가 도메인으로 도달하는 시간의 합으로 결정된다.

4. 디지털트윈 기반 현장 점검 관리 시각화를 위한 이중 센서 정보 수집 기법 및 시스템 구현

제한한 시스템 및 수집 기법은 디지털트윈 서버를 활용하여 해당 서버내에 적용하였고 관리 용도로 주기별 요청 및 수신을 확인하였다. 서버는 Maria DB ver.10.7를 기반으로 구축하였으며, 클라이언트와의 통신을 위해서 JSON을 이용하였다. 관리자용 시각화 디지털트윈 플랫폼은 Unity 기반으로 프로그램을 개발하였다.

수집 센서를 설치한 두 장소에 대한 정보를 수집하되 관리 도메인은 단일로 개발하였다. 표 3은 수집하는 센서에 대한 정보를 보여준다. 수집 환경은 스마트팜과 일반건물로, 스마트팜에서는 값이 크게 변동하지 않는 데이터를 수집하기 때문에 주기를 1분 단위로 수집하였다. 한편 일반건물에 대해서는 재난 대비를 위한 몇 가지 센서를 부착하였다.

(표 3) 현장 수집 데이터 정보
(Table 3) On-site Collected Data Information

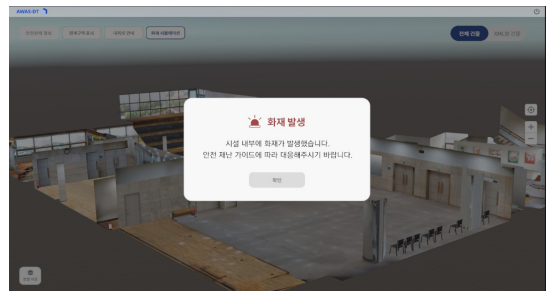
현장	센서종류	값범위	값유형	주기	특징
스마트팜	온도	-40~80	℃	60s	식물 생육 관리
	습도	0~100	%RH	60s	
	토양EC	0~20000	us/cm	60s	
	CO ₂	0~2000	ppm	60s	
	지온	-40~80	℃	60s	
	배액pH	0~13	pH	60s	
일반 건물	배액EC	0~20000	us/cm	60s	재난 관리
	온도	-40~150	℃	1000ms	
	연기	0~1000000	PTR	1000ms	
	VOC	0~100	ppm	700ms	
	HCI	0~20	ppm	700ms	

id	type	time_stamp	attributes_sensor_id_ref	attributes_activate	attributes_priority	sensor_value1
3,454,680	TP	2023-09-05 17:11:43.000000	10001TP1020	1	1	27
3,454,679	TP	2023-09-05 17:11:43.000000	10001TP1012	1	1	0
3,454,678	TP	2023-09-05 17:11:43.000000	10001TP1032	1	1	30
3,454,677	TP	2023-09-05 17:11:43.000000	10001TP1028	1	1	29
3,454,676	SM	2023-09-05 17:11:43.000000	10001SM1008	1	1	0
3,454,675	TP	2023-09-05 17:11:43.000000	10001TP1016	1	1	26
3,454,674	TP	2023-09-05 17:11:43.000000	10001TP1000	1	1	0
3,454,673	TP	2023-09-05 17:11:43.000000	10001TP1004	1	1	30
3,454,672	SM	2023-09-05 17:11:20.000000	10001SM1260	1	1	0
3,454,671	TP	2023-09-05 17:11:19.000000	10001TP1256	1	1	30
3,454,670	TP	2023-09-05 17:11:19.000000	10001TP1236	1	1	26
3,454,669	SM	2023-09-05 17:11:19.000000	10001SM1252	1	1	0
3,454,668	TP	2023-09-05 17:11:19.000000	10001TP1248	1	1	27
3,454,667	SM	2023-09-05 17:11:18.000000	10001SM1240	1	1	0
3,454,666	TP	2023-09-05 17:11:18.000000	10001TP1244	1	1	28
3,454,665	SM	2023-09-05 17:11:18.000000	10001SM1232	1	1	0
3,454,664	TP	2023-09-05 17:11:18.000000	10001TP1228	1	1	28
3,454,663	TP	2023-09-05 17:11:18.000000	10001TP1224	1	1	28
3,454,662	SM	2023-09-05 17:11:16.000000	10001SM1216	1	1	0
3,454,661	TP	2023-09-05 17:11:16.000000	10001TP1220	1	1	30

(그림 8) 수집된 데이터 기반 DB 구성 예시
(Figure 8) Example of DB based on collected data



(그림 9) 센서 데이터에 대한 관리 플랫폼 그래프 표출
(Figure 9) Management platform graph display for sensor data



(그림 10) 센서 데이터 기반 긴급 상황 인식 이벤트 처리 예
(Figure 10) Example of emergency situation recognition event processing based on sensor data

일반건물에 설치된 센서는 재난 대비를 위해 1초 미만으로 데이터를 수집할 수 있도록 하였다. 그림 8에서는 수집된 데이터 DB 구성 예시를 보여준다. 다만 실제 서버에 입력되는 주기에 맞춰 관리 도메인에서도 수집할 경우, 너무 많은 데이터가 누적되어 실제 관제하고자 하는 정보를 탐색하기 어렵거나 시각화 및 데이터 탐색 측면에서 어려움이 있다. 따라서 큰 환경 변동이 없는 스마트팜은 30분 주기로 정보로 처리해도 식물의 생육에 크게 문제가 없을 것으로 판단해 변경 수집하였다. 재난 관리를 위한 일반건물은 주기를 전체 센서 중 최대 길이인 1초로 설정하고 신속하게 정보를 전달받을 수 있도록 하였다.

관리 도메인으로 수집된 데이터는 그림 9와 같이 센서 변화 그래프가 표출될 수 있도록 하였다. 화재와 같이 위급 상황 이벤트가 센서 데이터를 통해 인식, 감지되었을 경우에는 그림 10과 같이 긴급 알람을 제공하게 하여 관리자가 즉시 대응할 수 있도록 개발하였다. 제안 방법을 적용할 경우 센서 정보를 원하는 주기로 수집해 현장을 파악하고, 문제 발생 시 현장에 빠르게 대응할 수 있는 것을 확인하였다.

5. 결 론

본 논문에서는 디지털트윈으로 구축한 서비스에서 이기종 센서를 통해 수집된 정보를 이용하여 현장 변화를 빠르게 감지하고 관리 도메인에서 조기 문제 대응 및 빠른 상황 대처가 가능하도록 정보를 전송하는 시스템과 전송 기법을 제안하였다.

먼저, 현장 정보를 수집하기 위해 이기종의 센서가 혼재되어있는 환경에서 해당 센서 데이터를 적절한 주기에 맞춰 수집하고 전달할 수 있도록 서버 내 주요 모듈 기능과 시스템 구조 설계 방안을 제시하였다.

한편 수집되는 센서는 각 데이터의 형태나 주기가 다를뿐더러, 수집되는 모든 정보가 전달되는 것은 저장 및 탐색을 위해서 적절하지 않기 때문에 특정 센서 정보만 별도의 주기로 관리 목적에 맞게 전달되는 것이 필요하다. 관리자가 센서 정보를 전달받는 과정에서 관리 목적에 부합하게 전달받고 시각화된 정보의 확인이 가능하도록 관련 DB 구조를 설계하였고, 서버와 관리 도메인 간의 전송 기법을 제안하였다. 본 논문에서는 서버와 관리 도메인 간 데이터 관리, 전송 방법에 대해서 상세하게 다루고, 현장 이상을 감지했을 때 빠르게 대응할 수 있는 방법을 제안하기 위해 최근의 표준 연구를 참고하였다는 점에서 의미 있을 것으로 보인다.

향후 연구로는 다른 도메인에서도 범용적으로 활용할 수 있도록 공용 정보와 특화정보를 포함한 DB 구조 설계가 필요하며, 여러 도메인에 센서 정보를 제공하고 재요청 및 센서 설정 업데이트 과정에서 발생 가능한 지연 문제 등에 대한 해결 방안들을 추가 연구하고자 한다.

참고문헌(Reference)

- [1] S. Haag and R. Anderl, "Digital twin - Proof of concept," *Manufacturing Letters*, Vol. 15, No. 2, pp.64-66, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.02.006>
- [2] F. Tao, et al., "Digital Twin in Industry: State-of-the-Art," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol. 15, No. 4, pp.2405-2415, 2019.
<https://doi.org/10.1109/TII.2018.2873186>
- [3] SH Shin, MC Park, "Implementation of Digital Twin based Building Control System using Wireless Sensor Box," *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, Vol. 25, No. 5, pp.57-64, 2020.
<https://doi.org/10.9708/jksci.2020.25.05.057>
- [4] JH Kim et al., "Design and Implementation of IoT Platform-based Digital Twin Prototype," *Journal of Broadcast Engineering*, Vol. 26, No. 4, pp. 356-367, 2021.
<https://doi.org/10.5909/JBE.2021.26.4.356>
- [5] SH Park and JH Bae, "A Design on The Zone Master Platform based on IIoT communication for Smart Factory Digital Twin," *Journal of Internet of Things and Convergence*, Vol. 6, No. 4, pp.81-87, 2020.
<https://doi.org/10.20465/KIOTS.2020.6.4.081>
- [6] IEEE Standards Association - IEEE 2888.1: Specification of Sensor Interface for Cyber and Physical World
- [7] IEEE Standards Association - IEEE 2888.3: Orchestration of Digital Synchronization between Cyber and Physical World
- [8] L. Kendrik, P Zheng and C. Chen, "A state-of-the-art survey of Digital Twin: techniques, engineering product lifecycle management and business innovation perspectives," *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 31, pp. 1313-1337, 2020.
<https://doi.org/10.1007/s10845-019-01512-w>
- [9] A. Fuller, Z. Fan, C. Day and C. Barlow, "Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research," *IEEE Access*, Vol. 8, pp. 108952-108971, 2020.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998358>
- [10] C. Semeraro, M. Lezoche, et al., "Digital twin paradigm: A systematic literature review," *Computers in Industry*, Vol. 130, pp. 1-42, 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103469>

◎ 저 자 소 개 ◎



서민재(Minjae Seo)

2013년 서울여자대학교 영어영문학과/멀티미디어학과(문학사/공학사)
2016년 서울여자대학교 일반대학원 정보미디어학과(이학석사)
2021년 서울여자대학교 일반대학원 컴퓨터학과(공학박사)
2021년~현재 ㈜스탠스 영업전략실 과장
관심분야 : 디지털트윈, IoT, 방송시스템
E-mail : minm@stans.co.kr



하준우(Jun-woo Ha)

2022년 동명대학교 정보보호학과(공학사)
2022년~현재 ㈜스탠스 기업부설연구소 연구원
관심분야 : 3D 시각화, 디지털트윈
Email : xodnr213@stans.co.kr



임현규(Hyeon-kyu Lim)

2010년 건국대학교 커뮤니케이션디자인학과(미술학사)
2011년~2016년 Clusoft 대리
2016년~2018년 Dentium 대리
2018년~현재 ㈜스탠스 기업부설연구소 책임연구원
관심분야 : 3D 그래픽, 영상 디자인, Graphic Shader
E-mail : hklim@stans.co.kr



전지혜(Jihye Jeon)

2007년 수원대학교 전자공학과(공학사)
2009년 수원대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
2017년 서울과학기술대학교 대학원 정보통신공학과(이학박사)
2008년~2013년 ㈜하이트론씨스템즈 선임연구원
2017년~현재 ㈜스탠스 대표이사
관심분야 : 컴퓨터비전, 3D 생성, 디지털트윈, 데이터 가시화
E-mail : jhjeon@stans.co.kr