

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2018.183.159>

JIIBC 2018-3-21

제조설비 데이터 수집 표준을 이용한 설비 데이터 시각화에 대한 연구

A Study on the Visualization of Facility Data Using Manufacturing Data Collection Standard

고동범*, 박정민**

Dongbeom Ko*, Jeongmin Park**

요 약 본 논문은 스마트 공장의 모니터링을 위한 제조설비 시각화 시스템을 소개한다. 최근 기술 발달의 가속화와 제 4차 산업혁명, Industry 4.0과 같은 용어가 등장함에 따라 기존 제조공장의 스마트화를 위한 기술들이 조명되고 있다. 제조공장을 실시간으로 모니터링 함으로써 생산성 향상 및 의사결정의 도움을 줄 수 있는 생산관리 시스템은 스마트 패토리를 위한 중요한 기술 중 하나가 되며, 더 정확한 모니터링 및 응용 기술을 위한 디지털 트윈 기술의 적용 또한 중요한 이슈가 되고 있다. 그러나 디지털 트윈 구현을 위해서는 여러 제조사의 설비 데이터를 통합할 수 있는 통합 인프라가 필요하다. 따라서 본 논문은 이기종의 설비 데이터 수집 및 모니터링을 위한 국제 표준 프로토콜 기반의 데이터 수집 시스템을 활용해 설비의 실시간 정보를 확인할 수 있는 시각화 프로그램을 설계하고 개발한다. 이를 통해 하나의 공장에서 여러 제조사의 설비 데이터들을 통합하고 실시간으로 확인 할 수 있도록 한다.

Abstract This paper introduces a manufacturing facility visualization system for the monitoring of smart factories. With the development of technology and the emergence of such terms as the Fourth Industrial Revolution and Industry 4.0, technologies for smart factories are becoming more important. A Manufacturing Execution System that can improve productivity and help decision making by monitoring production plants in real-time is one of the key technologies for smart factories. The application of digital twin technology for more accurate monitoring technology is also an important issue. However, digital twin implementations require an integrated infrastructure that can integrate facility data from multiple manufacturers. Therefore, this paper designs and develops a visualization program that can verify real-time information of facilities using data collection system based on international standard protocol for heterogeneous collection and monitoring of facility data. This allows a factory to consolidate equipment data from multiple manufacturers and to view them in real-time.

Key Words : MES, Digital Twin, CPS, MTConnect

I. 서 론

최근 센서, 빅데이터, 인공지능 및 하드웨어 기술의 가

속화로 인한 4차 산업혁명의 등장과 함께 미국, 중국, 일본, 한국 등 제조업 중심의 국가는 지능형 공장 시스템 개발에 여러 노력을 기울이고 있다^[1]. 국내의 기존 제조

*준희원, 한국산업기술대학교 스마트팩토리융합학과

**정희원, 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과(교신저자)

접수일자: 2018년 4월 23일, 수정완료: 2018년 5월 23일

개재확정일자: 2018년 6월 8일

Received: 23 April, 2018 / Revised: 23 May, 2018

Accepted: 8 June, 2018

*Corresponding Author: jmpark@kpu.ac.kr

Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University,
korea

공장에서는 스마트공장을 구축하기 위해 다양한 컴퓨팅 및 센서, 자율제어 소프트웨어 그리고 실제 물리적인 시스템 자원들이 결합되어 운영되도록 노력하고 있고^[2-4], 이를 위해 실제 물리 세계와 사이버 세계를 결합해주는 기술 즉 디지털 트윈 기술의 중요성 또한 증대되고 있다^[5].

디지털 트윈은 가상 환경에서 실제 동작을 시뮬레이션 할 수 있는 현실적인 모델의 집합이다. 디지털 트윈기술을 이용해 가상의 모델과 데이터를 구축하고 이를 통해 실제 객체의 속성 조건 및 동작을 표현할 수 있으며 이는 원격 생산관리, 제조 시뮬레이션, 생산성 향상 등 여러 제조 및 서비스 분야에 적용이 가능하다^[6].

디지털 트윈 기술은 제조공장의 스마트화를 위해 통합된 생산 설비 데이터를 토대로 전체 공장 모니터링 및 관리자의 의사결정을 도와줄 수 있는 생산관리시스템(MES, Manufacturing Execution System)에 적용될 수 있다.

그러나 디지털 트윈을 위한 기존 연구들은 제조사가 다르며 서로 다른 데이터 형식을 사용하는 제조설비들의 데이터 통합을 고려하지 않아 실제 제조공장에 적용하기 어렵다는 단점이 있다. 이러한 단점은 제조 공장 내부에서 서로 다른 제조사의 서비스 데이터 통합을 위한 국제 표준 프로토콜을 사용해 데이터를 수집함으로써 해결될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 국제 표준 프로토콜을 사용해 수집한 데이터를 토대로 제조공장을 실시간으로 모니터링할 수 있는 시스템을 제안하고 구현한다. 이를 통해 국제 표준 프로토콜을 적용한 데이터 수집 인프라 및 프레임워크를 제공하고, 실시간으로 수집되는 데이터들을 모니터링 할 수 있도록 한다.

제안 방법론은 총 4단계로 1) Data Request, 2) XML Analysis, 3) Data Processing, 4) Visualizing 단계를 수행한다. 제안 사항을 통해 국제 표준 프로토콜 기반으로 수집되는 제조설비 데이터를 제공받아 분석, 작업, 시각화 함으로써 제조 공장을 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 한다. 제안 방법론의 사례 연구로써 가상의 모터공장을 시뮬레이션 한다. 모터공장에서 발생하는 6축 로봇 팔과 로봇 팔에 부품을 전달해주는 AGV의 데이터를 표준 프로토콜을 사용해 실시간으로 수집하고, 실시간으로 수집되는 데이터를 시각화해 보여준다. 평가를 위해 실시간으로 발생되는 데이터가 시각화 프로그램에서 분석되기까지의 시간을 측정하고 디지털 트윈 구현에 중요한 요소인 고신뢰성 측면에서 분석한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 제조설비의 스마트화 및 데이터 수집에 필요한 기술을 설명하고, 3장에서는 본 연구의 제안 방법론과 시스템 구조를 설명한다. 4장에서는 시스템 데모 소개 및 성능 평가를 실시한다, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련연구

제 4차 산업혁명의 등장으로 기존 제조공장의 스마트화가 이루어지고 있으며 스마트공장을 위한 생산관리 시스템(MES) 및 디지털 트윈 기술이 중요한 이슈가 되고 있다. 본 장에서는 제조공장의 스마트화에 필요한 기본 기술 및 개념인 MES, 디지털 트윈, MT-Connect 표준에 대해 알아본다.

1. MES (Manufacturing Execution System)

생산관리 시스템은 제조 분야에서 공장의 데이터를 기반으로 비용절감, 품질 관리 및 저비용 고효율 생산을 할 수 있도록 생산 관리를 해주는 소프트웨어이다^[7]. MES는 주로 수집한 공장 데이터를 토대로 모니터링, 리포팅 기능을 제공하여 더 나은 공장 관리를 할 수 있도록 한다. MES는 직접 생산라인에 개입하여 상품을 제조하지는 않지만, 수집한 정보를 통합 및 분석하여 관리자로 하여금 문제에 대한 직관적이고 빠른 대처를 가능하게 하는 장점이 있다.

최근 제 4차 산업혁명의 도래로 공장의 자동화가 이슈가 되고 있으며 이에 따라 기존 MES의 발전이 요구되고 있다. 그러나 1) 통합 데이터 수집 인프라의 부재, 2) 근로자의 통합 데이터의 부족, 3) 수집 데이터로부터 더 나은 작업을 할 수 있도록 해주는 공통 프레임워크의 부족, 4) 시뮬레이션 및 프로젝트에 대한 지원 부족은 현재 MES의 발전에 부족한 점으로 꼽히고 있다^[8].

우리의 이전 연구에서는 통합 데이터 수집 인프라의 부재를 해결하기 위해 국제 표준 프로토콜인 MTConnect를 따르는 데이터 수집 시스템을 설계하고 개발하였다^[9]. 본 논문에서는 이러한 데이터 수집 시스템을 기반으로 직관적인 설비 현황을 모니터링 할 수 있는 시스템을 설계하고 구현한다.

2. 디지털 트윈

제 4차 산업혁명과 Industry 4.0은 최근 격변하는 기술과 시장에 맞춰 경제 및 사회를 위한 제조업 변화의 중요성을 강조하고 있다. 원가절감, 생산 효율 향상, 기존의 소품종 대량생산에서 단품종 소량생산으로의 제조 패러다임 변화를 촉진시키기 위해서는 제조 설비의 모듈화 및 자동화, 디지털화가 필요하다^[10].

제조 설비의 자동화 및 예상치 못한 문제를 해결하기 위한 자율 컴퓨팅 기술 또한 중요한 이슈가 되고 있다. 자율제어 시스템은 변화하는 환경에 맞춰 자시 자신의 행동을 수정해 최적의 결과를 도출해 낼 수 있는 시스템을 말한다^[11]. 소프트웨어 또는 설비의 자율제어를 위해서는 자기 자신의 상태를 정확하게 모니터링 할 수 있어야 한다. 또한 문제가 생겼을 때 대처하기 위한 행동을 선택하기 위해 자신이 수행할 수 있는 작업 가능 범위를 정확하게 인지하고 있어야 한다.

제조 자동화 시스템에서 이러한 일들을 구현하기 위해서는 현실 세계에서 이루어지고 있는 작업들을 사이버 세계에 투영하는 매우 현실적인 모델이 필요하다. 이러한 것들을 가능하게 해 주는 시스템 및 모델을 디지털 트윈이라고 한다. 제조 도메인에서 디지털 트윈 구현을 위해서는 먼저 설비 및 센서들의 데이터를 실시간으로 수집하고 시각화를 할 수 있어야 한다.

3. MTConnect: 제조설비 데이터 수집 표준

컴퓨팅 및 네트워크 기술의 발전으로 설비 및 센서의 데이터를 통합해 제조과정에서 다양한 제조설비와 데이터 연동이 가능하게 되었다. 그러나 이러한 서비스들은 제조사가 제공하는 별도의 데이터 형식과 프로토콜을 사용하기 때문에 서로 다른 제조사의 설비로 이루어진 제조 공장에서는 데이터 통합의 어려움이 존재한다.

이러한 문제점을 해결하고 제조설비와 응용프로그램 간의 데이터 교환을 위해 개발된 확장 가능한 통신 미들웨어 중 하나가 MTConnect이다^[12].

MTConnect는 DDS(Data Distribution Service), OPC(OLE Process Control)^[13]등의 산업용 표준 프로토콜이 지원하는 강력한 데이터 보안 기능을 지원하지 않는다. 그러나 MT-Connect는 제조 설비가 사용하는 소모품(예: 전기 드릴)의 마모상태까지 모델링 할 수 있기 때문에 물리 세계를 있는 그대로 디지털 세계에 투영화시키는 디지털 트윈에 적합한 데이터 수집 표준이다. 최근 MTConnect는 OPC 와 협력하여 OPC-UA라는 표준을

제정했다.

MTConnect 표준은 여러 제조사의 설비 데이터를 통합 수집 및 제공하기 위해 설비에서 전송되는 데이터를 표준 포맷으로 변경해주는 'Adapter', 데이터를 수집하고 관리하는 'Agent', 그리고 'Agent'로 데이터를 요청하고 응답받는 'Client'로 구성된다. 본 논문에서는 MTConnect 표준을 따르는 제조설비 데이터 수집 시스템으로부터 데이터를 제공받아 실시간으로 설비 상태를 시각화 해주는 프로그램을 설계하고 개발한다.

III. 시스템 프로세스 및 구조

본 장에서는 제조설비를 모니터링하기 위한 시스템 프로세스와 시스템 구조를 설명한다.

1. 시스템 프로세스

최근 실제 물리적 세계를 디지털 세계에 구현하고 동기화하기 위해 사이버-물리 시스템, 디지털 트윈 등과 같은 기술들이 활발하게 연구되고 있다. 물리세계와 디지털세계를 동기화시키기 위해서는 물리세계에서 실제로 발생하는 센서 데이터들을 통합하고 관리할 수 있는 기술과 동기화 데이터의 고신뢰성이 요구된다. 그러나 데이터 전송 방식이 다른 여러 제조사의 설비가 밀집되어 있는 실제 제조공장의 설비 데이터들을 통합하는 것은 어렵다. 따라서 본 절에서는 제조설비를 모니터링하기 위해 데이터 수집을 위한 표준인 'MTConnect'를 이용해 설비 데이터를 통합하고 시각화하는 시스템 프로세스를 위한 4 단계를 설명한다.

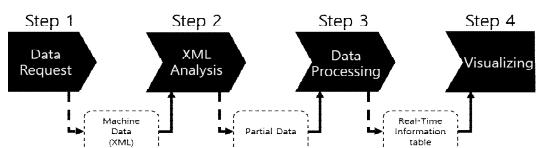


그림 1. 시각화 시스템 프로세스

Fig. 1. Process of Visualizing System

• Step1: Data Request

MTConnect 표준을 따르는 데이터 저장 및 제공 서버에 실시간 설비 데이터를 요청한다. 데이터 요청은 'http' 프로토콜을 사용하며 'MTConnect Agent'는 전달받은

요청에 대한 결과를 XML 형식의 문서로 제공한다. Step 1에서는 'MTConnect Agent'에서 설비 데이터와 함께 제공하는 'lastsequence' 값을 기준으로 계속해서 최신 데이터를 요청한다. 요청 'http' 프로토콜은 다음과 같다. 'http://mtcagentip:port/sample?from=lastsequence'. 리턴받은 XML 문서는 설비별 데이터, 데이터의 개수, 설비 id, 설비 데이터 번호 등을 표현한다. 그림 2는 웹 'MT-Connect Agent'로부터 전달받은 XML 데이터를 보여준다.

Device: GFAGie01; UUID: mtc_adapter001

Device : GFAGie01

Events

Timestamp	Type	Sub Type	Name	Id	Sequence	Value
2018-03-09T06:01:09.876048Z	Availability		avail	GFAGie01-dtop_1	15	UNAVAILABLE
2018-03-09T06:01:09.876048Z	EmergencyStop		estop	GFAGie01-dtop_2	16	UNAVAILABLE
2018-03-09T06:01:09.876048Z	AssetChanged			GFAGie01_asset_chg	24	UNAVAILABLE
2018-03-09T06:01:09.876048Z	AssetRemoved			GFAGie01_asset_rem	25	UNAVAILABLE

Condition

Timestamp	Type	Sub Type	Name	Id	Sequence	Value
2018-03-09T06:01:09.876048Z	Unavailable		system	GFAGie01-dtop_3	17	

Rotary : A

Samples

Timestamp	Type	Sub Type	Name	Id	Sequence	Value
2018-03-09T06:01:09.876048Z	Angle	ACTUAL	Aposition	GFAGie01_A_2	1	UNAVAILABLE

Rotary : C

Samples

Timestamp	Type	Sub Type	Name	Id	Sequence	Value
2018-03-09T06:01:09.876048Z	Angle	ACTUAL	Cposition	GFAGie01_C_2	2	UNAVAILABLE

그림 2. 웹으로 보여지는 MTConnect Data XML^[14]

Fig. 2. MTConnect data xml shown on the web

• Step2: XML Analysis

'MT-Connect Agent'로부터 응답받은 'XML' 타입의 문서를 분석하는 단계이다. 이 단계에서 응답받은 'XML' 데이터는 분석을 통해 설비 또는 센서의 개별적인 데이터로 분리된다. 분리된 데이터는 추후 단계에서 데이터 시각화 및 그래프 표현을 위해 사용된다.

• Step3: Data Processing

Step2에서 분리된 개별적인 설비 및 센서 데이터는 이 단계에서 시각화를 위해 처리된다. 먼저 설비별 데이터의 개수를 일정 시간 카운팅 함으로써 초당 몇 개의 데이터가 발생했는지 계산할 수 있게 한다. 또한 제공받은 설비 데이터는 별도의 로그로 표현할 수 있도록 한다.

• Step4: Visualizing

마지막 단계는 Step1부터 Step3까지의 프로세스를 거친 데이터를 토대로 설비 데이터를 시각화하는 단계다. Step3에서 계산한 초당 설비별 데이터를 막대그래프 및

원형(dot) UI를 통해 직관적으로 데이터 생성량을 파악할 수 있도록 했다.

2. 시스템 구조

제조설비 시각화 시스템의 구조는 실시간으로 수집되고 있는 설비 데이터와 Step1~4까지 순차적으로 수행한 후 나오는 결과물인 'Machine Data XML', 'Partial Data', 'Real-Time Information table'을 기반으로 동작하는 데이터 요청 및 수신 모듈(Data Requesting and Receiving module), 데이터 처리 모듈(Data Processing Module), 데이터 표현 모듈(Graphical Presentation Module)의 3가지 부분으로 구성된다. 그림3은 이러한 시스템의 전체적인 구조를 나타낸다.

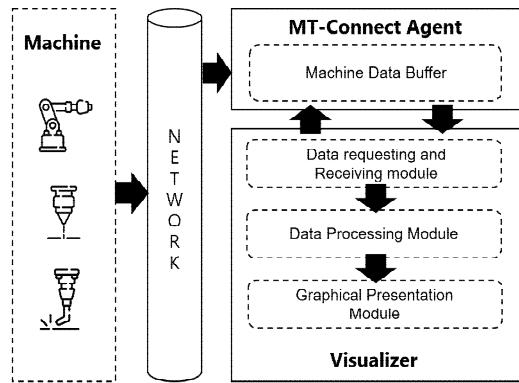


그림 3. 전체 시스템 구조

Fig. 3. Whole System Architecture

• 데이터 요청 및 수신 모듈

데이터 요청 및 수신 모듈은 주기적(예: 30ms)으로 공장설비의 실시간 데이터를 요청하고 XML 문서를 응답받는다. 이 XML 문서는 공장 설비의 데이터 시각화를 위해 쓰이며 분석 및 처리를 위해 데이터 처리 모듈로 전달된다. MTConnect의 데이터 수집 버퍼는 큐 구조로 이루어져 있으며, 버퍼에 저장되는 각각의 설비 및 센서 데이터는 별도의 번호를 지니게 된다. MTConnect Agent는 정보 제공을 위한 XML 문서에 제공하는 마지막 데이터의 번호를 명시해 놓는다. 이 모듈은 이러한 데이터의 마지막 번호(lastsequence 값)를 별도로 저장하며 다음 설비 및 센서 데이터 요청을 할 때 해당 번호 이후의 데이터를 요청한다. 그림 4는 MTConnect Agent로의 데이터 요청을 유사 코드로 나타낸 것이다.

Algorithm 1 Requesting and Interpreting XML Data

```

1: count ← 0
2: while true do
3:   xmlData ← requestData("AgentIP")
4:   nextSequence ← xmlData.getAttribute("nextSequence")
5:   while tempData ← xmlData.nextData() ≠ NULL do
6:     data.add(tempData)
7:     count ← count + 1
8:   wait(30)

```

그림 4. 데이터 요청 알고리즘

Fig. 4. Algorithm for Data Requesting

• 데이터 처리 모듈

데이터 처리 모듈은 수신 모듈로부터 전달받은 XML 문서를 토대로 서비스 및 센서별 데이터를 추출하고 카운팅한다. 데이터 추출 및 카운팅 결과는 ‘실시간 정보 테이블(Real-Time information table)’로 재구성한 뒤 데이터 표현 모듈로 전달한다. 표 1은 이러한 실시간 정보 테이블의 예이다.

표 1. 실시간 정보 테이블

Table 1. Real-time Information Table

Machine	Data_ID	Timestamp	Value
AGV_001	POS_X	12:36:42.4665215Z	1
AGV_001	POS_Y	12:36:43.0665215Z	1
6Axis_arm	Load	12:36:43.1658423Z	LOADED
6Axis_arm	POSITION	12:36:44.5365844Z	0
6Axis_arm	POSITION	12:36:45.6584211Z	1
6Axis_arm	POSITION	12:36:46.6784213Z	2
AGV_001	POS_X	12:36:47.7531457Z	3
6Axis_arm	J1_ANG	12:36:47.9632544Z	255
AGV_001	POS_X	12:36:48.8698542Z	4

• 데이터 표현 모듈

데이터 표현 모듈은 데이터 처리 모듈에서 처리한 데이터 및 통계 현황을 토대로 관리자에게 서비스 현황을 직관적인 시각적 형태로 제공해준다.

IV. 실험 및 결과

본 장에서는 제조설비 데이터 모니터링 시스템 데모를 소개하고 1)제조설비 데이터 생성, 2)제조설비 데이터 수집, 3)제조설비 데이터 모니터링 실시 의 3단계 프로세스로 데모 및 실험을 진행한다. 실험을 위해 전기 모터를 생산하는 공장에서 작업하는 6축 로봇 팔과 자동화 운송

로봇인 AGV를 모델링하고^[7], 실시간으로 시뮬레이션 데이터를 발생시킨다. 발생한 데이터는 MTConnect 표준을 통해 서버에 실시간으로 저장된다. 제조설비 데이터 모니터링 시스템은 MTConnect 서버에서 제공받는 데이터를 토대로 사용자에게 실시간 공장 데이터를 시각화하여 보여준다. 평가를 위해 1단계에서 생성된 데이터가 3 단계에서 모니터링 될 때까지의 시간을 측정한다.

• 프로그램 구조 및 UI

제조설비 데이터 모니터링 시스템은 제조설비에서 발생한 데이터를 저장하고 있는 데이터 수집 서버에 설비 데이터를 요청한 뒤 요청 받은 데이터를 기반으로 데이터의 흐름 및 서비스 데이터 로그를 출력해주는 프로그램이다. 그림 5는 이러한 시스템의 구조 및 프로세스를 도식화한 것이다.

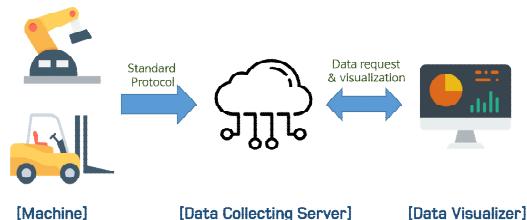


그림 5. 데이터 모니터링 시스템 구조

Fig. 5. Architecture of Data Monitoring System

• 1단계: 제조설비 데이터 생성

먼저 공장 시나리오 기반으로 제조설비 데이터를 생성한다. 데이터 생성은 우리의 이전 연구의 결과물인 제조설비 데이터 생성기를 통해 6축 로봇 팔인 ‘RV-7FL’과 AGV(Autonomic Guided Vehicle)의 데이터를 생성한다. 제조설비 데이터는 ‘시간(속성 이름)/속성 값’의 형태를 가지는 SHDR(Simple Hierarchical Data Representation)프로토콜을 따르도록 생성되며 다음 예와 같은 형식으로 출력된다. 예: ‘2018-04-03T:12:36:42.4665215Z’

• 2단계: 제조설비 데이터 수집

데이터 생성기에서 생성된 데이터는 MTConnect Agent 서버에 저장된다.

• 3단계: 제조설비 데이터 모니터링 실시

제조설비 데이터 모니터링 시스템은 3장에서 소개한 시스템의 4단계 프로세스를 따름으로써 MTConnect

Agent 서버에 주기적으로 측정된 데이터를 요청하며 응답 받은 XML형태의 문서를 분석하고, 분석한 결과를 프로그램 UI로 시각화해준다. 데이터를 생성하고 있는 로봇 팔과 AGV의 실시간 데이터 생성량을 막대그래프로 시각화해주며, 실시간 로그를 출력해 사용자에게 보여준다. 다음 그림 6은 제조설비 모니터링 시스템의 실행 과정을 보여준다.

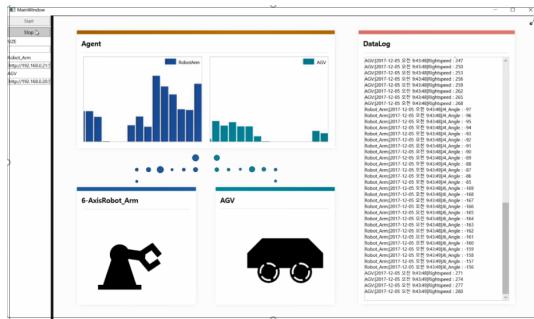


그림 6. 프로그램 실행 화면

Fig. 6. Program Execution UI

• 성능 평가

1단계에서 생성된 데이터가 제조설비 데이터 모니터링 프로그램에서 프로세싱 및 모니터링 되기까지의 시간을 측정한다. 1단계에서 공정 시나리오를 통해 120초간 생성된 로봇 팔(RV-7FL)의 데이터는 약 8000개이며, AGV 데이터는 약 2000개이다. 그림 7은 120초 동안 생성된 데이터의 누적 그래프이다.

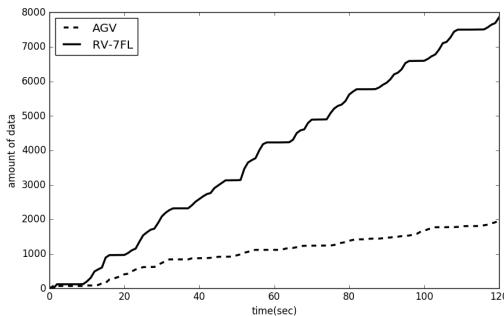


그림 7. 생성된 설비 데이터의 총량

Fig. 7. The total amount of Machine data generated

고신뢰성이 보장되는 공장 모니터링을 위해서는 제조설비에서 발생하는 데이터가 모니터링 시스템까지 전달되기까지 지연 시간이 적어야 한다. 데이터를 실시간으

로 모니터링하는 것은 현실 설비와 가상의 설비를 동기화시키는 디지털 트윈에서 또한 중요한 요소가 된다. 따라서 설비에서 120초간 발생한 데이터가 모니터링 시스템에 전달되기까지의 지연 시간을 측정하였다. 그림 8은 120초까지 1초 간격으로 데이터의 지연 시간의 평균을 나타낸 그래프이다. 데이터 지연 시간의 전체 평균은 108ms이며 최소 37ms, 최대 185ms의 지연 시간이 발생하였다.

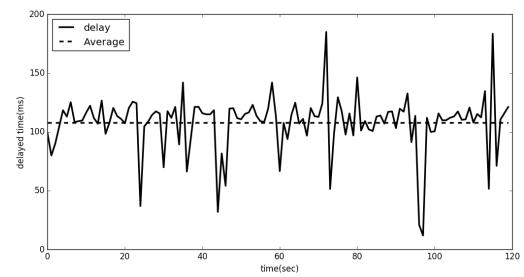


그림 8. 데이터 지연 시간

Fig. 8. Data latency

설비에서 생성된 데이터는 표준 프로토콜을 통해 MTCConnect Agent 서버에 저장되며, 클라이언트에게 요청받은 설비 데이터를 제공하기 위해 Agent 서버는 이 데이터를 XML형식으로 파싱해 전송한다. 제조설비 모니터링 시스템은 이 XML형식의 파일을 다시 해석해 사용자에게 데이터 현황을 보여준다. 이렇게 설비 데이터가 XML로 변환되고 다시 XML에서 시각화 프로그램이 분석하기 위한 개별 데이터로 변환되기 때문에 설비 데이터가 많을수록 지연 시간이 늘어날 수 있다. 그림 9는 초당 데이터 생성 개수와 초당 데이터 지연 시간 그래프를 비교한 것이다.

그림 9는 초당 생성되는 데이터가 줄어들수록 평균 데이터 조회 시간이 줄어든다는 것을 보여준다.

실험을 통해 초당 300개까지의 데이터를 평균 지연시간 103ms로 실시간 모니터링 할 수 있다는 것을 보였다. 이는 디지털 트윈 구현에 필요한 고신뢰성을 보장할 수 있다는 것을 보여준다. 그러나 본 논문에서는 가상의 설비 2개에 대한 데이터 시뮬레이션을 실시했지만, 여러 설비가 동시에 동작하는 실제 제조공장에서는 데이터 개수에 따른 지연시간의 차이가 더 크게 나타날 수 있다. 따라서 데이터 지연시간을 감소시킬 수 있는 후속연구를 진행할 필요가 있다.

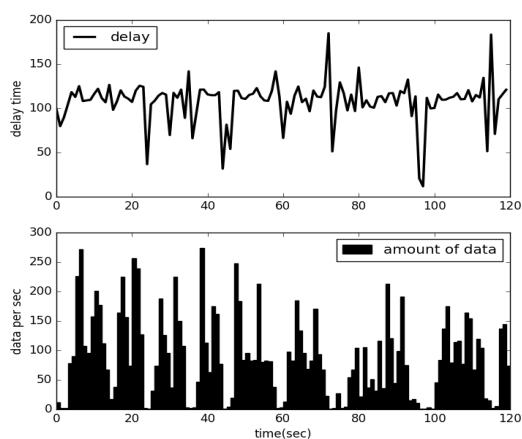


그림 9. 초당 데이터 발생 시간과 데이터 지연 시간의 비교
Fig. 9. Comparison of data generation time and delay time per sec

V. 결 론

본 논문에서는 서로 다른 제조사의 서비스 데이터를 통합하기 위한 데이터 수집 표준을 기반으로 제조설비의 실시간 모니터링을 위해 1) Data Request, 2) XML Analysis, 3) Data Processing, 4) Visualizing의 단계를 제안하였다. 제안 사항을 통해 표준 프로토콜 기반으로 저장된 서비스의 실시간 데이터를 관리자 및 사용자가 쉽게 서비스의 상태를 확인할 수 있었다. 디지털 트윈 관점에서 제조설비를 정확하게 모니터링하기 위해서는 고-신뢰성을 위한 데이터의 실시간 업데이트가 중요한 요소가 된다. 그러나 기존 제조설비 데이터 표준의 서비스 데이터를 XML로 변환해 제공하고, 제공받은 XML 문서를 다시 가공해 시각화하는 방법은 수많은 서비스가 동시에 동작하는 규모가 큰 제조공장에서 고-신뢰성이 악영향을 미칠 수 있다. 이는 시각화 시스템이 MTCConnect Agent를 통한 데이터 수신 방식이 아닌 표준을 따르는 데이터를 별로도 수신함으로써 해결될 수 있다. 또한 본 논문에서는 서비스 데이터 수집을 위해 가상의 서비스 데이터 생성기를 사용했기 때문에 실제 서비스 데이터를 통한 검증이 필요하다. 따라서 국제 표준을 따르는 데이터 수집 모듈과 디지털 트윈을 위한 데이터 전송 모듈에 대한 연구를 통해 데이터의 고-신뢰성이 향상될 수 있도록 차후 연구에서 다룰 예정이다.

References

- [1] H.Y. Park, "Trend of Smart Factory and Manufacturing Technology", Journal of Korean Communication Society, Vol. 33, No. 1, pp. 24–29, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2015.12.017>
- [2] Shiyong Wang, Jiafu Wan, Daqiang Zhang, Di Li and Chunhua Zhang, "Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination", Computer Networks, Vol. 101, pp. 158–168, June 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2015.12.017>
- [3] Matthias Riedl, Holger Zipper, Marco Meier and Christial Diedrich, "Cyber-physical systems alter automation architectures", Annual Reviews in Control, Vol. 38, pp. 123–133, April 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2014.03.012>
- [4] H.S. Son and Y.C Kim, "A Transformation Method of Polygon Data for Visualization of Height Map in SEDRIS", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 15, No. 6, Dec 2015.
- [5] Qinglin Qi and Fei Tao, "Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and Industry 4.0: 360 Degree Comparision", IEEE Access, Vol. 6, pp. 3585–3593, Jan. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2793265>
- [6] Sebastian Haag and Reiner Anderl, "Digital Twin - Proof of concept", Manufacturing Letters, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.02.006>
- [7] E. Arica and D.J. Powell, "Status and Future of Manufacturing Execution Systems", Industrial Engineering and Management, Conf. of IEEE International, Singapore, pp. 2000–2004, 10–13 Dec 2017.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1109/IEEM.2017.8290242>
- [8] Martin Naedele, Hong-Mei Chen, Rick Kazman, Yuanfang Cai, Lu Xiao and Carlos V.A. Silva, "Manufacturing execution systems: Avision for managing software development", The Journal of

- Systems and Software, Vol.101, pp.59–68, Mar 2015.
 DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2014.11.015>
- [9] D.B. Ko, T.Y. Kim J.J. Kim and J.M. Park, “A Research on Sensor Data Collection and Processing System for Manufacturing Equipment Autonomic Control based Cyber Physical System”, Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 13, No. 3, pp. 643–649, 2018.
 DOI: <https://dx.doi.org/10.3923/jeasci.2018.643.649>
- [10] Roland Rosen, Georg von Wichert, George Lo and Kurt D.Bettenhausen, “About the Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing”, IFAC-PapersOnLine, Vol. 48, No.3, pp.567–572, Arg 2015.
 DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.141>
- [11] Debanjan Ghosh, Raj Sharman, H. Raghav Rao and Shambhu Upadhyaya, “Self-healing systems - servey and synthesis”, Decision Support Systems, Vol.42, pp.2164–2185, Jan 2007.
 DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2006.06.011>
- [12] J.M Park, D.B Ko and J.J Kim, “Autonomic Computing technology for high trust smart factories”, Journal of Korean Communication Society, Vol. 33, No. 11, pp.16–22, 2016
- [13] Nunzio Marco Torrisi, “Monitoring Services for Industrial”, IEEE Industrial Electronics Magazine, Vol. 5, No.1, pp.49–60, April 2011.
 DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.141>
- [14] <http://www.mtconnect.org/sample>

저자 소개

고 동 범(준회원)



- 2016년 : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 학사
 - 2018년 : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 학사
 - 2018년 ~ 현재 : 한국산업기술대학교 스마트팩토리융합학과 박사과정
- <주관심분야 : CPS, Autonomic Computing, Artificial Intelligence>

박 정 민(정회원)



- 2014년 ~ 현재 : 한국산업기술대 컴퓨터공학과 조교수
 - 2012년 ~ 2014년 : 한국전자통신연구원 선임연구원
 - 2011년 ~ 2012년 : 성균관대 연구교수
 - 2008년 ~ 2011년 : 동양미래대 조교수
 - 2003년 ~ 2008년 : 성균관대 BK21 연구원
- <주관심분야 : CPS, Autonomic Computing, Software Engineering>

* 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음.
 [R-20150505-000691, 가상-실제조설비 연동형 IoT기반 CPS플랫폼 기술 개발]