

스마트팩토리 디지털트윈 환경에서 데이터 지연시간 최소화를 위한 경량화 컨테이너 기반 운영체제 시스템의 성능 비교 분석

(Performance Comparison and Analysis of Lightweight
Container-based Operating System for Minimizing Latency of
Sensing Data in Smart Factory on Digital Twin Environment)

김성호, 권오연, 김정환, 변지현, 윤철진, 황상호*
(재)경북IT융합산업기술원

(Sungho Kim, Oeon Kwon, Jung Han Kim, JiHYeon Byeon, Cheol Jin Yoon and Sang-Ho Hwang)
(Gyeongbuk Institute of IT Convergence Industry Technology (GITC))

Abstract : In this paper, we conducted a performance comparison and analysis of lightweight container-based operating system for minimizing the latency of sensing data in smart factory on digital twin environment. We composed experimental environments of operating systems for a microsoft windows and a centos linux based on a docker container support. In experimental results, the containers on linux system reduced the average data latency of a centos container, a ubuntu container, and a mariadb container by 634.3%, 629.5%, and 110.7%, compared to the containers on microsoft windows system.

Keywords : performance comparison, lightweight, docker container, digital twin, smart factory

1. 서론

제조업 산업현장에서는 매년 사망사고에 대한 보고가 끊이지 않고 있다. 고용노동부 산하 안전보건공단에 따르면, 2021년 초 제조업 사업장 7,173 곳을 불시점검 결과, 점검 대상 중 3,937곳(54.9%)에서 위험 요인 8,102건이 적발되었다[1]. 특히 위험 요인 중 대다수는 고위험군 장비로 분류되는 컨베이어, 프레스, 분쇄기 등에서 끼임(2,942건)에 해당하는 위험 요인이 가장 많았으며, 뒤를 이어 떨어짐(1,872건), 부딪힘(1,277건), 화재·폭발(513건)과 같은 위험 요인도 조사되었다.

*Corresponding Author (shhwang@gitc.or.kr)

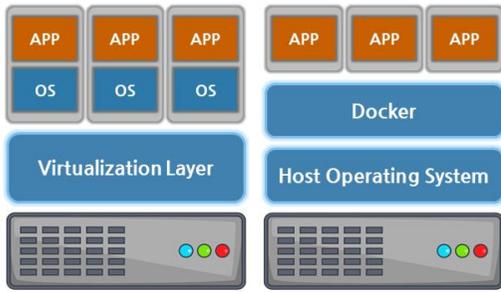
김성호, 권오연, 김정환, 변지현, 윤철진, 황상호 :
(재)경북IT융합산업기술원

※ 이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-02016, Digital Twin을 활용한 고위험군 장비 사용 작업자 안전관리 모니터링 플랫폼 개발).

이러한 문제점을 해결하기 위해, 제조업 산업현장에서는 산업현장 안전재해 및 제조 생산력 개선을 위한 스마트팩토리화를 진행하였다[2-4]. 최근 들어 제조업 산업현장에서는 스마트팩토리를 기반으로 가상 세계에서 현실의 복제를 형성하는 기술인 디지털 트윈(Digital Twin) 기술로 확장하는 연구도 진행 중에 있다[5].

디지털 트윈은 산업현장에 대한 많은 양의 데이터를 가상세계와 동일하게 보여줌으로써 안전재해 및 제조 생산력 증대에 새로운 패러다임을 제시하고 있다. 그러나 디지털 트윈 환경에서는 많은 양의 센서 데이터를 송수신하는 특성이 있다. 이는 서버 시스템 응답시간 등 많은 작업부하를 야기할 수 있으며, 이에 대한 정량적 지표를 통해 응답시간을 최소화 할 수 있는 비교 분석 지표가 필요하다.

본 논문에서는 디지털 트윈 환경에서 센서 데이터 송수신을 위한 경량화 컨테이너 기반 운영체제 시스템을 활용 및 선택을 위한 도커 컨테이너 기반 저장 시스템의 성능 비교 분석을 진행하고자 한다 [6]. 도커 컨테이너는 컨테이너 개념을 도입하여 응용 프로그램들을 개별의 컨테이너 단위로 관리하는



< 가상화 시스템 > < 도커 컨테이너 시스템 >

그림 1. 시스템 구조

Fig. 1. System architecture

것이다. 본 논문에서는 도커 컨테이너를 사용할 수 있는 운영체제인 윈도우즈와 리눅스의 성능 지표를 통해 컨테이너 성능을 비교 분석하고자 한다.

II. 경량화 컨테이너 기반 운영체제 시스템 성능 비교 분석

이 장에서는 경량화 컨테이너 기반 운영체제 시스템의 성능을 비교 분석을 진행하고자 한다. 그림 1은 가상화 시스템과 도커 컨테이너 구조를 보여주고 있다. 가상화 시스템은 가상 레이어 위에 개별 어플리케이션 장치 당 운영체제 설치를 통해 운영하는 구조이다. 해당 구조는 개별 운영체제에 대한 유연성을 가지고 있지만, 운영체제 구조적인 특성으로 인해 속도 저하가 필연적으로 발생한다. 반대로 도커 컨테이너는 가상화 시스템과 달리 호스트 운영체제를 관리하는 하이퍼바이저를 통해 응용프로그램 전달하는 것이 아닌 도커를 기반으로 어플리케이션을 실행한다. 도커 컨테이너는 컨테이너라는 단위를 통해 최소한 실행 단위로 응용프로그램을 실행한다. 이러한 과정을 통해 도커 컨테이너는 운영체제에서 발생하는 불필요한 응답시간을 감소시킬 수 있다.

도커 컨테이너를 활용하여 스마트팩토리 디지털 트윈 환경에서 데이터 송수신에 대한 성능을 비교 분석하기 위해 본 논문에서는 표 1의 실험 환경을 기반으로 운영체제 시스템의 성능 비교 분석을 진행하였다.

도커 컨테이너의 운영체제 비교 분석은 CentOS, Ubuntu, MariaDB 최신버전의 컨테이너를 개별 구동 이후 성능을 비교하였으며, 테스트 방법에 대한 데이터셋은 표 2와 같다.

표 1. 실험 환경

Table 1. Experimental environments

Specification	Description	
CPU	Intel(R) Core(TM) i5-3570 CPU @ 3.40GHz	
Memory	Samsung DDR4 4GB	
NIC	Intel(R) 82579LM Gigabit Network Connection	
OS	Windows	Microsoft Windows 10 Pro
	Linux	CentOS 7.4-1708

표 2. 실험환경에 사용한 데이터셋

Table 2. Dataset of using experimental environment

Dataset	Methodology
CentOS latest	1,000 network ping latency
Ubuntu latest	1,000 network ping latency
MariaDB latest	10,000 data insert latency

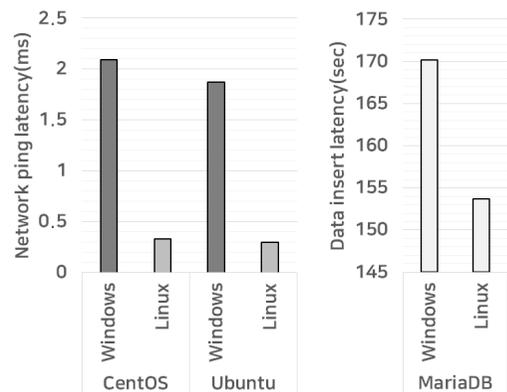


그림 2. 실험 결과

Fig. 2. Experimental results

성능 비교 분석의 신뢰성을 위해, 운영체제 CentOS 및 Ubuntu는 1,000회, 어플리케이션 MariaDB는 10,000회 테스트 후 비교 분석을 진행하였다. 그림 2은 CentOS, Ubuntu, MariaDB에 대한 성능 비교 분석 결과를 보여주고 있다.

그림 2에서는 리눅스 도커 컨테이너가 윈도우즈 도커 컨테이너와 비교하여 평균적으로 CentOS 634.3%, Ubuntu 629.5%, MariaDB 110.7%의 짧은 지연시간을 보였다. 이는 도커 컨테이너 환경이 윈도우즈 환경에서도 지원하나, 리눅스 환경에 최적화 된 것으로 판단할 수 있다. 또한 윈도우즈 운영체제는 개인 사용자용에 최적화되어 있기에 상대적으로 긴 지연시간이 소요되는 것으로 판단된다. 또

한 리눅스 운영체제는 윈도우즈 운영체제와 달리 시스템 내장형 서비스를 최소한으로 동작하고 있고, 이로 인해 단위 어플리케이션 처리에 대한 영향을 미친 것으로 판단된다.

앞서 비교 분석 내용을 종합하였을 때 본 논문에서는 스마트팩토리 디지털트윈 환경에서 센서 데이터 송수신을 위한 도커 컨테이너 운영체제 선택할 경우 리눅스 기반 도커 컨테이너를 활용하는 것이 효율적으로 판단되어 보이며, 이러한 결과로 종합해보았을 때 본 논문에서는 실시간 데이터 저장을 위한 도커 컨테이너 운영체제를 선택할 시 리눅스 운영체제를 선택할 경우 빠른 성능을 보일 수 있다는 것을 실험 결과를 통해 확인하였다.

III. 결론

본 논문에서는 디지털 트윈 환경에서 센서 데이터 송수신을 위한 경량화 컨테이너 기반 운영체제 시스템을 활용 및 선택을 위한 도커 컨테이너 기반 저장 시스템의 성능 비교 분석을 진행하였다. 실험 환경에서는 동일 환경 및 사양을 기반으로 윈도우즈 운영체제와 리눅스 운영체제를 설치하였고, 3개의 데이터셋을 통해 성능 비교 분석을 진행하였다. 성능 비교 분석 결과, 본 논문에서는 리눅스 도커 컨테이너가 윈도우즈 도커 컨테이너와 비교하여 평균적으로 CentOS 634.3%, Ubuntu 629.5%, MariaDB 110.7%의 짧은 지연시간을 보였다.

References

- [1] MOEL Report, "Statistics on the deaths of industrial accidents in 2020.", Ministry of Employment and Labor(MOEL), 4, 2021.
- [2] 심재윤, "스마트팩토리지원사업이 기업에 미치는 영향 분석", Doctoral dissertation, 2021.
- [3] 김현규, "스마트팩토리의 품질이 효율성과 활용도에 미치는 영향에 관한 연구", 기업경영연구, 제 27권, 제 4호, 145-161쪽, 2020.
- [4] 장석인, "해외 스마트 팩토리 (smart factory)의 정책 비교 연구: 독일, 미국, 일본, 중국을 중심으로", 기업경영리뷰, 제 12권, 제 2호, 75-90쪽, 2021.
- [5] 이현정, 김성혜, 이진영, & 유상근, "4차 산업혁명을 위한 제조 디지털 트윈 국제표준화 현황", 한국통신학회지(정보와통신), 제 37권, 제 7호,

43-50쪽, 2020.

- [6] Merkel, Dirk. "Docker: lightweight linux containers for consistent development and deployment." Linux journal, 2014.239, 2, 2014.