

공급망 최적화 기술 적용을 위한 제조 데이터 수집 시스템

황재용¹ · 신성윤² · 강선경^{3*}

Manufacturing Data Aggregation System Design for Applying Supply Chain Optimization Technology

Jae-Yong Hwang¹ · Seong-Yoon Shin² · Sun-Kyoung Kang^{3*}

¹Professor, LINC+, Wonkwang University, Iksan, 54538 South Korea

²Professor, School of Computer Information & Communication Engineering, Kunsan National University, Kunsan 54150 South Korea

^{3*}Professor, Department of Computer Software Engineering, Wonkwang University, Iksan, 54538 South Korea

요 약

스마트 공장의 생산 계획 및 제조 데이터를 이용하여 AI 기반의 효율적인 재고 관리 및 물류 최적화 기술을 적용하면 해당 제조 기업의 생산성 향상과 고객 만족도 향상을 기대할 수 있다. 본 논문에서는 공장의 생산 공정에서부터 데이터를 수집하여 클라우드에 저장하고, 여기에 저장된 제조 데이터를 활용하여 추후 AI 기반의 공급망 최적화 기술을 적용할 수 있는 시스템을 제안하였다. 기존 시스템의 경우는 대략 10종~20종 정도의 데이터 타입을 지원했다면, 제안 시스템은 100종 이상의 데이터 타입을 지원하도록 설계 및 개발된다. 또한 수집 주기의 경우는 매 초당 1~2회의 데이터를 수집할 수 있도록 지원하며, TB 단위의 데이터 수집이 가능하다. 따라서 본 시스템은 자동화된 데이터 수집 체계를 갖추고 있는 스마트 공장 외에 기존의 전통 제조 현장에도 적용할 수 있도록 고안하였다.

ABSTRACT

By applying AI-based efficient inventory management and logistics optimization technology using the smart factory's production plan and manufacturing data, the company's productivity improvement and customer satisfaction can be expected to increase. In this paper, we proposed a system that collects data from the factory's production process, stores it in the cloud, and uses the manufacturing data stored there to apply AI-based supply chain optimization technology later. While the existing system supported approximately 10 to 20 data types, the proposed system is designed and developed to support more than 100 data types. In addition, in the case of the collection cycle, data can be collected 1-2 times per second, and data collection in TB units is possible. Therefore This system is designed to be applied to the existing factory of past in addition to the smart factory.

키워드 : 인공지능 기반 공급망 최적화, 데이터 수집, 엣지 게이트웨이, 인더스트리 4.0, 스마트 팩토리

Keywords : AI-based supply chain optimization, Data aggregation, Edge gateway, Industrie 4.0, Smart factory

Received 7 October 2021, Revised 2 November 2021, Accepted 4 November 2021

* Corresponding Author Sun-Kyoung Kang(E-mail:doctor10@wku.ac.kr, Tel:+82-63-850-6025)

Professor, Department of Computer Software Engineering, Wonkwang University, Iksan, 54538, South Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.11.1525>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

1.1. 개요

스마트 공장의 생산 계획 및 설비/제조 데이터를 이용하여 AI 기반의 효율적인 재고 관리 및 물류 최적화 기술을 적용하면 해당 제조 기업의 생산성 향상, 수익 증대 및 고객 만족도 향상을 기대할 수 있다. 최근 스마트 공장의 데이터 수집은 인터스트리 4.0(Industrie 4.0) 표준을 채용하는 경향이 강해지고 있으며, OPC-UA, AAS(Asset Administration Shell) 등의 기술이 활발히 적용되고 있다[1][2].

본 논문에서는 공장의 생산 공정에서부터 데이터를 수집하여 클라우드에 저장하고, 여기에 저장된 제조 데이터를 활용하여 추후 AI 기반의 공급망 최적화 기술을 적용할 수 있는 시스템을 제안하였다. 본 시스템은 자동화된 데이터 수집 체계를 갖추고 있는 스마트 공장 외에 기존의 통신 방식과 수집 체계에 머물러 있는 전통 제조 현장에도 적용할 수 있도록 고안하였다. 즉, 이 시스템은 OPC-UA 등의 표준 기술이 적용되어 있지 않은 공장에서 데이터 수집 자동화 기능을 적용할 수 있도록 엣지 게이트웨이(Edge Gateway)에서 OPC-UA 변환(adaptation)을 수행하며, 클라우드와 표준화된 OPC-UA 통신을 수행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 다음 절에서는 관련 연구에 대해서 살펴본다. 2장에서는 본 논문의 제안 시스템을 이용하여 수집된 데이터를 활용한 AI 분석으로 어떠한 효과를 얻을 수 있는지에 대해 알아보고, 관련 기술에 대하여 기술하였다. 3장에서는 본 논문의 제안 시스템 구조에 대하여 설명하였다. 4장은 본 논문의 제안 시스템이 실제 현장에 구현 적용된 사례를 살펴보고, 제안 시스템의 특성에 대하여 제시하였다. 5장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 제시하였다.

1.2. 관련 연구

본 논문에서 제안하는 시스템과 같은 주제의 논문[3]에서는 OPC-UA와 AAS를 이용한 스마트 공장 구축에 대한 소개가 있다. 다만, 기존 공장에 존재하는 레거시 장비(legacy device)들에 대한 고려가 부족하다. 또한, 수집된 데이터를 활용하는 방안이 있어서 본 논문은 공급망 최적화를 위한 AI 분석 시스템에 활용하는 것을 고려하여 클라우드 플랫폼 및 빅데이터 플랫폼과의 연동

을 채용한 것이 특징이다.

한편 스마트 제조 플랫폼을 위한 다양한 연구가 인터스트리 4.0 기반으로 진행되고 있으며, 본 논문이 제안한 시스템도 그 일환으로 볼 수 있다[4].

II. 제안 배경 및 관련 기술

이 장에서는 본 논문에서 제시한 데이터 수집 시스템의 제안 배경에 대하여 설명하였다.

2.1. AI 기반 최적화 시스템

본 논문의 데이터 수집 시스템은 생산 계획 및 설비 데이터, 고객, 제품, 배송 차량 관련 데이터 등을 수집, 분석하여 수요예측 기반 재고관리 최적화 모델, 공급 차량 배차 최적화 모델에 필요한 데이터를 제공하고, 그림 1에서와 같이 이를 활용하여 최종적으로 AI 기반의 효율적인 재고관리 및 물류 최적화 서비스를 통해 최적의 지능형 공급망 서비스를 제공하고자 하는 데 그 목적이 있다.



Fig. 1 Target Services of Proposed System

이와 같은 목적을 달성하기 위해서는 공급망 최적화를 위한 제조 데이터 수집 및 활용 체계 구축이 필요하다. 즉, 제조 기업 수요예측을 위한 생산 계획 및 설비 데이터 수집, 고객(위치, 주문), 제품(종류, 양), 배송 차량(용량, 운행) 관련 데이터 수집, 생산 계획 및 설비 센서 데이터 10만 건/년, 재고 관련 데이터 15만 건 (제품, 상품, 원료 포함), 판매 및 공급망 데이터 1만 건 이상/년 등

의 자료 수집이 필요한 상황이다.

또한, 수집된 재고 및 배송 관련 제조 데이터의 사전 결합 탐지 및 수정을 통한 데이터의 완전성과 정확성을 확보하고, 데이터 품질 검증을 통해 양질의 제조 데이터 베이스를 구축하여야 한다.

빅데이터 및 기계학습 기반 공급망 최적화 서비스 플랫폼 구축을 위한 선결 과제로는 수요 예측 및 공급망 최적화 딥러닝 모델 개발에 필요한 생산, 재고, 판매, 공급망 관련 데이터 셋 구축, 대용량 데이터 수집·저장·분석·시각화 빅데이터 기반 운영 플랫폼 개발, 수요 예측 및 물류 최적화 모델 설계·분석·실행 플랫폼 환경 구축이 필요하다.

2.2. 인더스트리 4.0

앞 절의 인공지능 기반 최적화 시스템을 구축하는 데 있어서 제조 현장의 데이터 수집 뿐만 아니라 전사적인 자원 관리 모델이 필요하며, 인더스트리 4.0은 이러한 배경에서 산업 전 분야에 IT 기술을 접목하고 이를 통해 산업구조를 혁신할 목적으로 독일에서 제시한 프레임이다[5,6].

즉, 제조업 가치사슬 전반에 걸쳐 ICT 기술을 접목하여 사이버 물리 시스템(CPS: Cyber Physical System)을 구현하고, 실시간 모니터링 및 피드백 기능을 통해 공장 내의 생산 과정 뿐만 아니라, 제품 개발, 소비, 유통, 폐기에 이르는 전 과정을 포함하고 있다. 그림 2에서 보여지는 것과 같이 그 결과로 미래 스마트 팩토리의 핵심 가치로 얘기되는 자율성(Autonomy), 상호 운용성(Interoperability), 지속 가능성(Sustainability)을 확보할 수 있다.



Fig. 2 2030 Vision for Industrie 4.0 [6]

이때 인더스트리 4.0에서 사용되는 핵심 프로토콜이

OPC-UA이며, AAS를 통해 회사 내의 모든 자산(Asset)을 관리할 수 있도록 하며, 이에 대한 구체적 구현 사례는 [3]에서 소개되었다.

III. 제안 시스템

이 장에서는 본 논문이 제안하는 데이터 수집 시스템 아키텍처 및 프로토콜에 대하여 설명하였다.

3.1. 전체 구조

그림 3 은 시스템의 전체 구조를 보여주고 있다. 크게 세 가지 부분에서 데이터 수집이 진행되는데, 먼저 ERP/MES/WMS 관련 사내 자원관리/생산관리/재고관리 데이터베이스에서 클라우드 플랫폼으로의 데이터 수집이다. 이 과정에서 사내 보안으로 직접적인 접근이 불가능한 경우가 많고, 전체 데이터가 아닌 공급망 최적화에 필요한 데이터만을 중간의 임시 저장 데이터베이스(PostgreSQL D/B 사용)에 저장하고 이를 Apache NiFi 인터페이스를 통하여 데이터를 수집한다[7].

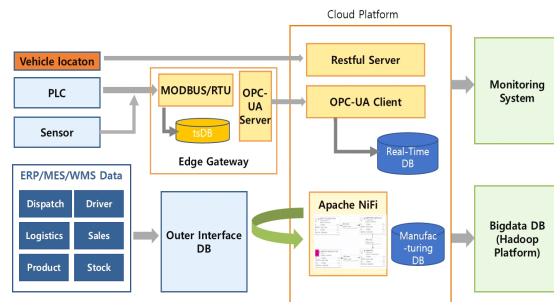


Fig. 3 System Architecture

그리고, 두 번째 제조 데이터 수집 부분은 공장의 각종 PLC나 센서로부터 실시간 데이터를 수집하며, 이는 엣지 게이트웨이를 통하여 수집하도록 한다. 이 과정에서 다음 절에서 설명할 표준 프로토콜인 OPC-UA를 사용한다.

끝으로 차량 위치 정보는 공급망 물류 체인을 담당하는 차량의 실시간 위치 추적을 통해 최적화된 의사 결정을 할 수 있도록 한다. 위치 정보는 차량 기사의 스마트폰이나 전용 단말기를 통해 Restful API를 통해 서버에 전송되고 저장된다.

위 세 가지 경로로 수집된 데이터는 클라우드 플랫폼

에 저장 관리되며, 그 이후 단계에서 빅데이터 DB 플랫폼을 통하여 AI를 이용한 공급망 최적화 모듈에 제공되며, 모니터링 시스템은 수요처의 요구에 따라 모니터링 대상이 선정되고 해당 대상에 대한 정보를 웹 인터페이스를 통하여 제공한다. 필요한 경우 이 모니터링 시스템은 클라우드 플랫폼에 위치할 수 있다.

3.2. 데이터 수집 프로토콜

아래 그림 4는 제조 데이터 수집 과정에 사용되는 프로토콜을 보여주고 있다.

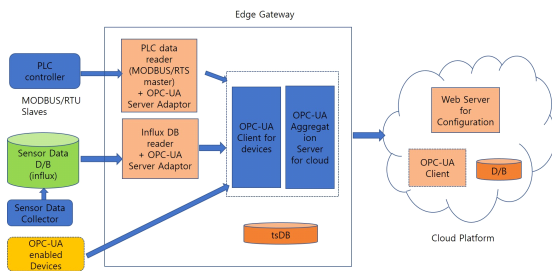


Fig. 4 Data Flow and Protocols in the Factory Data Collection System

공장에 설치된 PLC 데이터의 경우 MODBUS-RTU 프로토콜을 통하여 엣지 게이트웨이에서 수집하는데, 공장의 보안과 관련하여 둘 간에는 이더넷이나 WiFi 망이 아닌 시리얼(RS-485) 인터페이스로 연결된다. 일부 센서 데이터의 경우 기존에 별도의 수집 디바이스에 의하여 데이터베이스에 저장된 경우가 있으며, 이 경우에는 해당 데이터베이스로부터 데이터를 수집하는 모듈이 추가된다. 센서 데이터 저장으로 사용하는 데이터베이스는 시간 정보가 자동으로 저장되는 Influx DB가 많이 사용되며, 현재 지원 가능한 DB 인터페이스도 Influx DB만 구현되어 있다.

위 두 가지의 경우에는 모두 스마트 공장이 아닌 전통 방식의 공장에서 취하던 데이터 수집 방법이며, 엣지 게이트웨이는 이러한 기존 공장의 데이터 수집 체계를 스마트 공장의 데이터 수집 체계인 OPC-UA 표준 프로토콜로 변환하는 변환 모듈이 존재한다.

클라우드 플랫폼에 설치된 OPC-UA 클라이언트는 엣지 게이트웨이의 OPC-UA 서버 모듈을 통하여 기존 방식의 데이터와 새롭게 설치되는 OPC-UA 내장 디바이스의 데이터 모두를 수집하도록 한다.

앞서 언급한 데로 OPC-UA 표준 프로토콜을 통한 데이터 수집이 이루어지는 경우에 인더스트리 4.0에서 스마트 공장의 자산관리 플랫폼인 AAS(Asset Administration Shell)로의 변환이 쉽게 이루어질 수 있다.

한편, 앞 절에서 ERP/MES 등의 데이터 연동을 위해서 Apache NiFi 시스템이 사용되었다고 하였는데, Apache NiFi는 시스템 간의 데이터 전달을 효율적으로 처리, 관리, 모니터링하기 위한 최적의 시스템이라고 할 수 있다. 분산 저장된 회사의 자산/물류 정보 등을 Apache NiFi를 통해서 클라우드 플랫폼에 주기적으로 수집, 저장하고 저장된 데이터들은 전처리 과정을 거쳐 빅데이터 플랫폼에 저장되고, AI 분석 모듈은 이에 접근하여 데이터 분석 및 의사 결정 과정을 진행할 수 있다.

IV. 적용 사례

본 장에서는 본 논문에서 제안한 제조 데이터 수집 시스템이 실제 적용된 사례와 해당 시스템의 성능에 대하여 다루었다.

아래 그림 5는 삼화페인트 안산공장에 설치된 제안 시스템의 구조를 보여주고 있다. Master PLC는 공장 내의 모든 PLC와 연결되고 각 PLC의 데이터를 엣지 게이트웨이를 통해 전달한다. 이때 사용되는 프로토콜은 3.2 절에서 언급한 데로 MODBUS-RTU이다. 이때 Master PLC와 엣지 게이트웨이는 시리얼로 연결되는데, 앞 절에서 상술한 보안 상의 이유 때문이다. 즉, 공중 인터넷 망과 물리적으로 구분된 제조 현장만의 망 구성을 통해 원천적으로 해킹이나 모니터링 시스템의 오작동으로 인한 생산 현장의 영향을 차단할 수 있다.

사내의 ERP 시스템은 별도의 이더넷 망을 통하여 웹 및 DB 서버에 연결되는데, 이는 3.1 절의 외부 인터페이스 DB에 해당한다. 즉, 이 DB를 통하여 클라우드 플랫폼의 자원관리 DB에 저장된다. 이 때에 Apache NiFi 시스템을 통하여 자동적인 데이터 수집, 저장, 관리가 이루어질 수 있도록 하였다.

그림에서 제외된 클라우드 플랫폼은 KAMP(인공지능 중소벤처 제조 플랫폼)에 설치될 예정이다[8]. KAMP는 중소벤처기업부에서 주관하는 제조 특화 AI 플랫폼으로 고성능 클라우드 인프라 및 제조 데이터 분석 도구 및 컨텐츠, 제조 AI 데이터셋 및 가이드라인 등을 제공

한다.

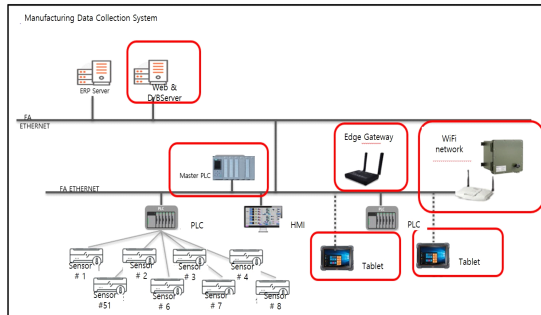


Fig. 5 Manufacturing Data Collection System Example

아래 표는 본 논문에서 제안한 시스템의 성능 및 특성을 기존 제조 데이터 수집 시스템과 비교하여 보여주고 있다.

Table. 1 System Performance

	previous system	proposed system
# of data type	10~20	~100
collecting cycle	1 sec.	0.5 ~ 1sec.
D/B size	100GB	1TB
Cloud Platform Integration	N/A	Y
Data Preprocessing for AI Analysis System	N/A	Y

표1에서 보여지는 것과 같이 기존 시스템의 경우는 대략 10종~20종 정도의 데이터 타입을 지원했다면, 제안 시스템은 100종 정도의 데이터 타입을 지원한다. 수집 주기의 경우는 매 초당 1~2회의 데이터를 수집할 수 있도록 지원하며, TB 단위의 데이터 수집이 가능하도록 한다.

특히, 클라우드 플랫폼에 대한 지원과 AI 분석 시스템을 위한 데이터 전처리 지원은 본 데이터 수집 시스템이 제안된 배경인 공급망 최적화를 위한 분석 시스템에 향후 적용될 수 있도록 한다.

V. 결 론

본 논문에서 제품 생산 회사의 공급망 최적화를 위해

생산/재고/자원 데이터를 확보하고, 이를 향후 AI 분석 시스템에 활용할 수 있도록 하는 시스템의 구조에 대하여 제안하였으며, 구축 사례를 소개하였다. 본 논문의 시스템은 기존 공장 스마트 공장 모두에서 적용할 수 있도록 엣지 게이트웨이를 활용하도록 하는 것이 그 특징으로, 기존 시스템 대비 저 비용으로 효율적인 시스템을 구축할 수 있다.

향후에는 수집 시스템을 실제 활용하여 스마트 공장 과 전통 공장 모두에서 공급망 최적화 기술을 적용할 수 있도록 하는 것을 목표로 하고 있다. 목표 시스템이 최종적으로 완성되면 인더스트리 4.0에서 추구하는 자율 적이고 상호 호환 가능하며 지속 가능한 생산 및 판매 시스템 구축이 가능할 것이다.

References

- [1] OPC foundation. The industrial Interoperability Standard [Internet]. Available: <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>.
- [2] S. Cavalieri and M. G. Salafia, "Insights into Mapping Solutions Based on OPC UA Information Model Applied to the Industry 4.0 Asset Administration Shell," *Computers*, vol. 9, no. 2, pp. 28, 2020.
- [3] Y. Lee and J. Jeong, "Design and Implementation of Facility Monitoring System based on AAS and OPC UA for Smart Manufacturing," *The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, vol. 21, no. 2, pp. 41-47, 2021.
- [4] M. Redeker, J. N. Weskamp, B. Rössl, and F. Pethig, "Towards a Digital Twin Platform for Industrie 4.0," *4th IEEE International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS)*, pp. 39-46, 2021.
- [5] F. Zezulka, P. Marcon, I. Vesely, and O. Sajdl, "Industry 4.0 - An Introduction in the phenomenon," *IFAC-Papers OnLine*, vol. 49, no. 25, pp. 8-12, 2016.
- [6] 2030 Vision for Industrie 4.0 [Internet]. Available: <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/Vision-2030-for-Industrie-4.0.html>.
- [7] Apache nifi [Internet]. Available: <https://nifi.apache.org/>.
- [8] KAMP(Korea AI Manufacturing Platform) [Internet]. Available: <https://www.kamp-ai.kr/>.



황재용(Jae-Yong Hwang)

배재대학교 정보통신공학과 박사
2008년~2021년 ㈜모비다임대표이사
2021년~현재 원광대학교 LINC+사업단 부교수
※ 관심분야 : 임베디드시스템, 인공지능



신성윤(Seong-Yoon Shin)

군산대학교 컴퓨터정보공학과 박사
한국정보통신학회 국문지부회장
한국정보통신학회 국제학술부회장
군산대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수
※ 관심분야 : 멀티미디어 시스템 및 응용, 가상현실, 텔레메틱스



강선경(Sun-Kyoung Kang)

2010년 원광대학교 컴퓨터공학과 박사
2016년 ㈜좋은정보기술 연구소장
2015년~현재 IITP 기술사업화 전문위원
2017년~현재 한국정보통신학회 국제학술이사
2017년~현재 원광대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 조교수
※ 관심분야 : 멀티미디어 시스템 및 응용, 빅데이터, 영상처리, 가상현실