

비드 데이터 가시화를 위한 용접 플랫폼 구현 -스마트 공장 구현 중심으로-

김국태¹, 김충민^{2*}, 이현수¹
¹금오공과대학교 산업공학과, ²더이음

Implementation of welding platform for bead data visualization -Focusing on smart factory implementation-

Kug-Tae Kim¹, Choong-Min Kim^{2*}, Hyun-Soo Lee¹

¹Division of Industrial Engineering, Kumoh National Institute of Technology
²The Ieum

요약 생산제조현장의 설비로부터 발생하는 데이터를 수집하여 이를 가시화하여 분석하고 활용하는 것이 스마트 공장의 핵심이다. 용접접합부분을 따라 용접되는 단일패스가 비드이다. 비드는 용접 중 발생하는 전류, 전압, 가스 유량 등의 데이터를 포함하고 있다. 본 논문에서는 이러한 비드의 특성을 활용하여 비드 데이터 가시화를 위한 용접 플랫폼을 구현하였다. 구현 방법은 다양한 용접기로 구성된 제조 현장에서 용접기 등으로부터 발생한 데이터를 PLC를 통해 IoT 미들웨어에 데이터를 수집할 수 있는 기능인 통합 용접 데이터 인터페이스를 구현하였고, 수집된 데이터를 사무실 및 현장의 운영자가 분석 및 활용할 수 있는 기능인 용접 플랫폼의 어플리케이션 기능을 구현하였다. 수집 데이터의 신뢰성 및 가독성을 확보하기 위해 전류, 전압, 가스 유량 등의 데이터 수집 주기를 0.1초로 설정하였다. 정량적인 성과는 재고감축 비용을 10.2%로 감축하였고, 가스소요량을 10%이상 감축한 것이다. 정성적 성과로는 생산측면에서 비드의 특성을 활용한 대시보드 구현으로 공장가동 실적이 디스플레이 되도록 하였으며, 품질측면에서는 품질문제발생 시 용접 중 생성된 데이터를 분석하여 품질 문제를 해결 할 수 있는 데이터 기반 문제 해결 역량을 갖추었다는 것이다.

Abstract The core of a smart factory is to collect, visualize, analyze, and utilize data generated from equipment at production and manufacturing sites. The single pass welded along the weld joint is the bead. The bead data includes the current, voltage, and gas flow rate generated during welding. In this study, we implemented a welding platform for visualizing bead data by utilizing the characteristics of these beads. The implementation method was to implement an integrated welding data interface, which can collect data generated from welders, etc., in IoT middleware through a PLC at a manufacturing site consisting of various welders. The collected data can be analyzed and utilized by operators in an office and in the field. The application function of the welding platform was implemented. To ensure the reliability and readability of the collected data, the data collection period for current, voltage, and gas flow rate was set to 0.1 seconds. Quantitative results include reducing inventory-reduction costs by 10.2% and reducing gas consumption by more than 10%. Qualitative results include the implementation of a dashboard utilizing the characteristics of beads in terms of production to display factory-operation performance and a database that can solve quality problems by analyzing data generated during welding when a quality problem occurs.

Keywords : Smart Factory, Big Data, MES, PLC, AI

*Corresponding Author : Choong-Min Kim(The Ieum)

email: chmin@hanmail.net

Received August 21, 2023

Accepted October 6, 2023

Revised September 18, 2023

Published October 31, 2023

1. 서론

마이클 포터 (Michael Porter) 교수는 기업의 경쟁력을 가치사슬로 정의하고 있다[1]. 3차 산업혁명인 정보기술 (Information Technology; IT) 도래와 더불어 기업은 경쟁력 강화를 위하여 공급자가치사슬 (Supply Chain Management; SCM), 기업 가치사슬 (Enterprise Resources Planning, ERP), 수요자 가치사슬 (Customer Relationship Management; CRM) 등의 IT 시스템을 적용하였다. Klaus Schwab에 의해 제창된 제 4차 산업 혁명은 정보통신기술(Information and Communication Technology; ICT)을 바탕으로 다양한 기술과 융합되는 새로운 기술혁명을 지칭한다[2]. 이러한 변화에 따라 기업은 운영기술 (Operational Technology; OT), 정보 기술, 자동화기술 (Automation Technology; AT)을 융합하여 최적화된 가치사슬을 구현하고자 한다.

본 논문에서 용접 기업은 생산능력을 지표로 비드를 사용하고, 비드는 용접접합 부분을 용접하는 단일 패스로 용접 조건에서 발생하는 다양한 데이터를 포함한다. 용접기에서 발생하는 실제 전류, 전압, 가스 유량 데이터 값을 저장하는 비드 정보를 활용하여 용접 플랫폼을 통

한 데이터 가시화를 통해 스마트 공장을 구현하였다. 이를 위해 2.1 절에서 스마트 공장의 구성에 대한 기존연구를 살펴본다. 2.2 절에서 비드 개념과 기존 용접 시스템 문제점을 기술한다. 2.3 절에서 용접 플랫폼 프레임워크, 이 기종 용접기 인터페이스 구현, 용접 플랫폼의 정보 구성, 용접 플랫폼의 데이터 수집 및 제어로 용접 플랫폼 구현에 대하여 기술한다. 2.4 절에서는 용접 플랫폼 검증한다. 2.5절에서 용접 플랫폼 적용 성과를 기술하였다.

2. 본론

2.1 스마트 공장

스마트 공장 모델은 독일모델과 미국모델로 각각 다른 방향으로 발전하여 왔다. 독일모델의 스마트 공장은 실제 존재하는 공장을 복제한 모사품을 통해 현재 시스템을 예측하고 개선하는 사이버물리시스템(Cyber Physical System, CPS) 중심으로 발전하여 왔다[3]. 미국모델의 스마트 공장은 공급사슬 망 관점에서 네트워크 연계를 중심으로 발전해 왔다. 한국의 스마트 공장 모델은 대부분 독일모델을 바탕으로 하고 있다. 스마트제조혁신추진

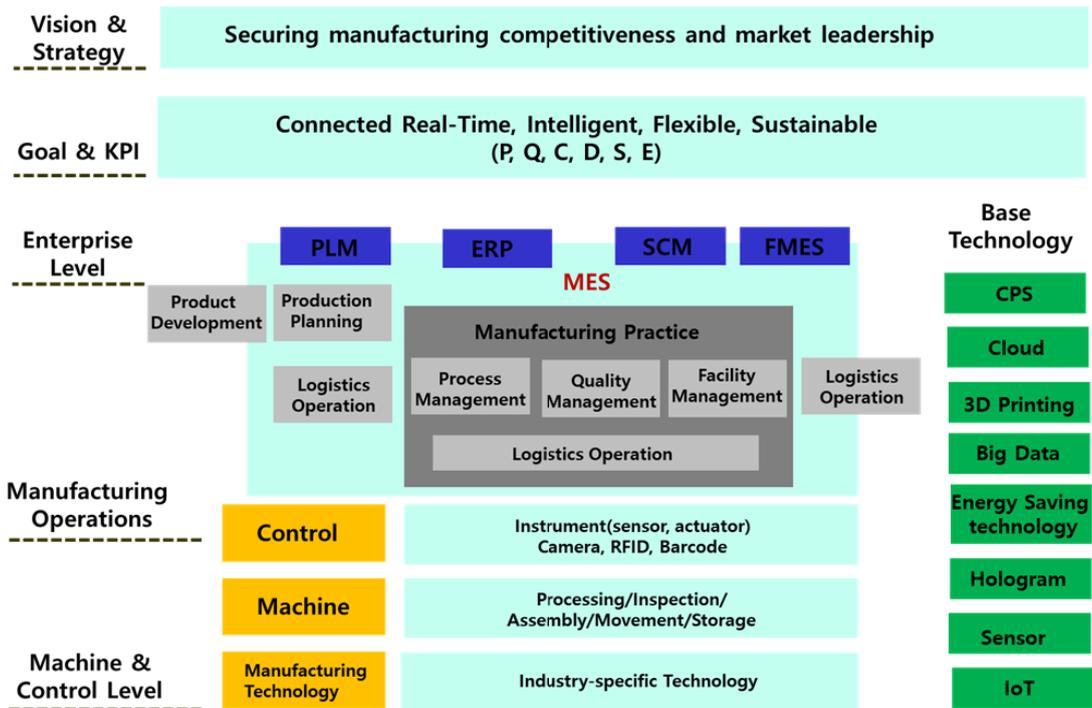


Fig. 1. KS X 9001 - 3 smart factory operation management system framework

단은 생산성에 중점을 두어 설계, 개발, 제조, 유통 판매 등 전체적인 과정이 사물인터넷, 빅 데이터, 클라우드, 인공지능(Artificial Intelligence, AI) 등 ICT기술을 적용하여 자동화 및 디지털화 구현하여 생산성을 향상시키는 것이 스마트 공장이라 정의하고 있다[4]. 산업통상자원부의 기술표준원은 실제 스마트 공장 구축 업무에 활용할 수 있는 스마트 공장의 운영관리 시스템을 KS X 90013의 진단평가모델에서 이를 표준화하였다. Fig. 1은 KS X 90013의 스마트공장 운영관리 시스템을 나타내고 있다[5].

Steve 등은 공정설비에 센서를 부착하여 네트워크를 통해 실시간 데이터를 수집하고 처리하며, 수집된 데이터를 기반으로 인공지능 알고리즘을 설계해 장비유지보수 및 제조 실무 등의 모든 작업을 조율하여, 생산품질 및 신뢰성을 높이는 것을 스마트 공장이라 기술하고 있다[6]. Kim 등은 감지, 판단 및 수행의 핵심 기능을 효과적으로 실행하는 것을 스마트 공장이라 기술하고 있다[7]. 감지는 생산 공정에서 제조자원의 상태 등을 실시간으로 집계, 측정 및 인식하는 것을 의미하며, 이를 위해서는 센서나 사물인터넷 등이 필요하다. 판단은 감지된 데이터를 통해 축적된 정보를 문제점의 진단이나 원인 분석, 개선 및 최적화 방안의 도출에 활용하는 것을 의미한다. 수행은 판단 결과에 따라 다양한 제조 자원들을 적절히 통제하는 기능을 의미한다.

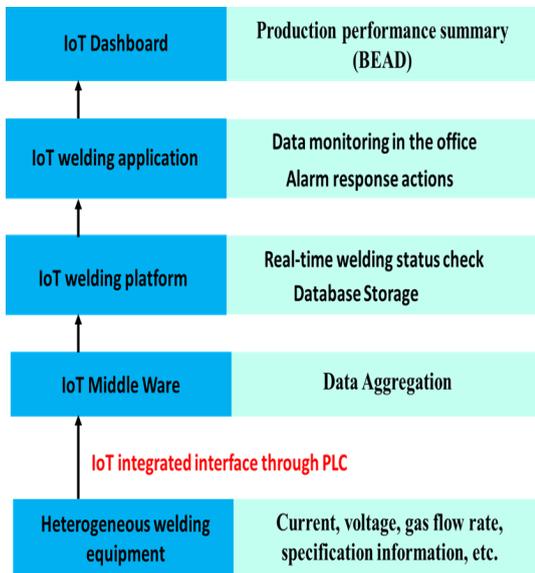


Fig. 2. Welding platform function implementation process

본 연구에서 스마트 공장의 적용범위는 다양한 용접기로 구성된 제조 현장에서 용접기 등으로부터 발생한 데이터를 PLC를 통해 IoT 미들웨어에 데이터를 수집할 수 있도록 통합 인터페이스 기능 구현이며, 수집된 데이터를 사무실 및 현장의 운영자가 분석 및 활용할 수 있는 용접 플랫폼의 기능 구현이다. Fig. 2는 용접 플랫폼 기능 구현 프로세스를 나타내고 있다.

2.2 비드 개념과 기존 용접 시스템의 문제점

용접의 비드는 접합 부분을 따라 용접 토치 또는 전극의 단일 패스를 나타낸다[8]. 비드는 용접구간으로 사양에 따라 다양한 비드를 가지며, 원통형 제품을 용접할 경우 2개의 비드를 가진다. Fig. 3은 원통형 제품의 비드를 나타내고 있다.

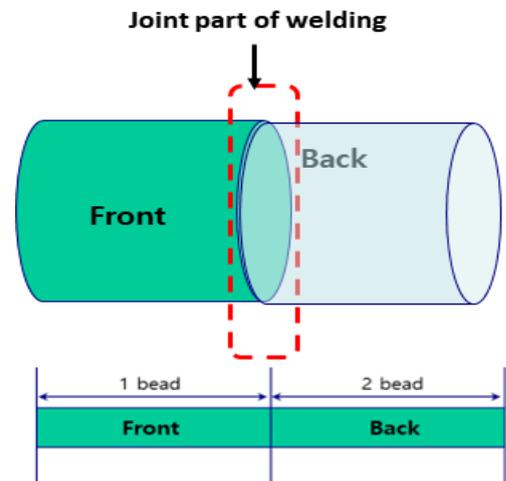


Fig. 3. Bead configuration for cylindrical products

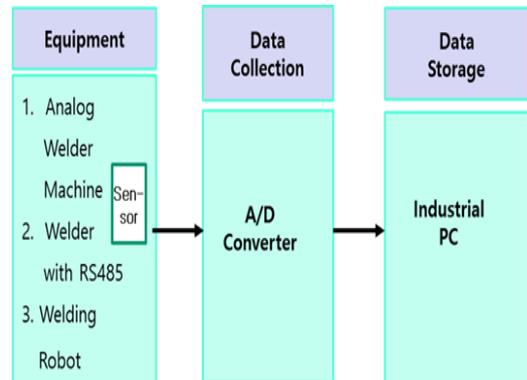


Fig. 4. Conventional welding system

기존 공정의 문제점은 첫째 용접기에서 발생하는 실제 데이터 값과 센서를 통해 측정된 데이터 값의 편차가 크에 따른 데이터 부정확성이다. 둘째 측정된 데이터 값이 제조 현장의 산업용 PC에 저장되기 때문에 사무실에서 사용할 수 없는 문제점이 있다. Fig. 4는 기존 용접 공정 구조를 나타내고 있다.

2.3 용접 플랫폼 구축

2.3.1 용접 플랫폼 프레임워크

프레임워크는 첫째 이기종 용접기에서 발생하는 데이터를 PLC에서 데이터 수집을 할 수 있도록 통합 인터페이스 기능 구현이다. 구현 방법은 2.3.2절의 이기종 용접기 인터페이스 구현에서 기술한다. 수집 데이터는 전류, 전압, 가스유량, 사양정보 등이다. 둘째 PLC에 수집된 데이터를 전송하고 제어하는 기능을 하는 IoT 미들웨어 기능 구현이다. 셋째 용접공정 전체를 관리하는 용접 플랫폼과 수집된 데이터를 저장 및 관리하는 데이터베이스 서버 기능 구현이다. 마지막으로 용접 플랫폼과 데이터베이스 서버 구축된 데이터를 사무실 및 현장에서 활용할 수 있도록 데이터 가시화 어플리케이션 기능 구현이다. Fig. 5은 용접 플랫폼 프레임워크를 나타내고 있다.

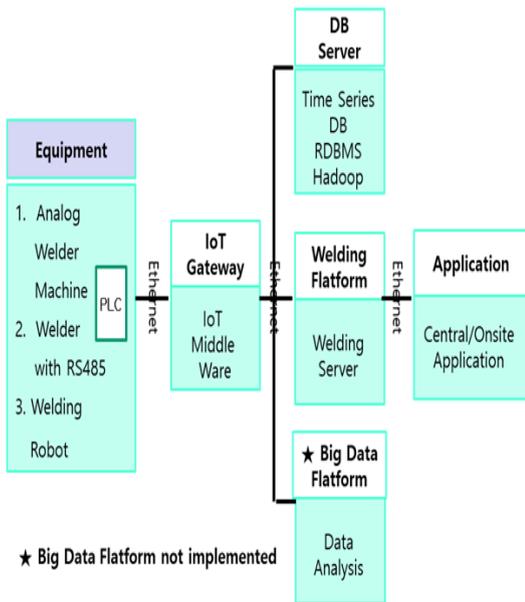


Fig. 5. Welding Platform Framework

2.3.2 이기종 용접기 인터페이스 구현

Kim은 이기종 용접기 인터페이스와 관련하여 다음과

같이 구현하였다[9]. 아날로그 용접기의 인터페이스는 용접기 자체에서 디지털 통신이 제공되지 않기 때문에 전류 및 전압 등의 아날로그 데이터 값을 PLC에 0.5초 단위로 평균한 데이터 값으로 변환하고 이를 PLC에 저장하여 구현하였다. RS485를 내장하고 있는 용접기는 용접기에서 생성되는 데이터를 0.5초 단위로 RS485 통신을 통해 PLC에 저장하여 구현하였다. 용접로봇은 용접로봇 자체가 가지고 있는 메인 PLC와 접점을 통해 PLC에 데이터 값을 저장하여 구현하였다. Fig. 6은 이 기종 용접기 간의 통합 용접 데이터 인터페이스 구현을 나타내고 있다.

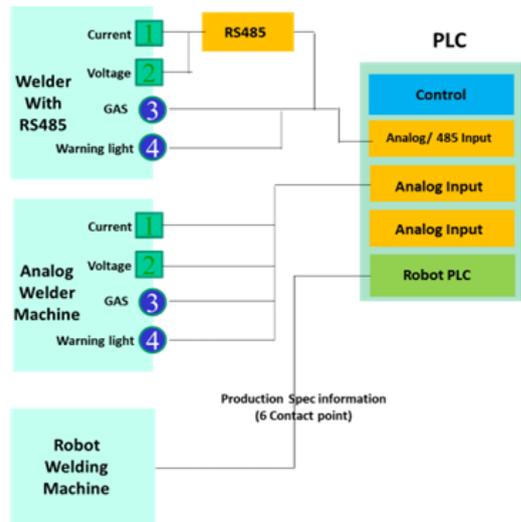


Fig. 6. Integrated welding data interface

2.3.3 용접 플랫폼의 정보 구성

용접 플랫폼의 기준정보 체계는 생산라인, 설비 PC, 용접기, 사양정보, 용접비드, 비드불량 정보로 구성하였고, Fig. 7은 기준정보 체계를 나타내고 있다.

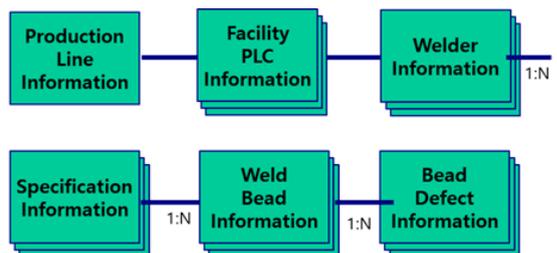


Fig. 7. Reference information system of Welding Platform

비드 정보는 전송 프래그, PLC ID, 라인, 공정, 사양, 용접기 ID, 용접 Job Seq., 용접시작 및 종료, 비드시작 및 종료, 비드 순번, 각 구간의 전압, 전류, 유량의 평균치 등으로 구성하였다. Table 1은 비드 정보의 구성을 나타내고 있다.

Table 1. Composition of bead information

Item	Description	OP Digits
Transmit Flag	Transmission Classification	1
PLC ID	PLC Unique Number	3
Line Information	line Specific Information	3
Process Information	Process Number	2
Specification Information	Product specification information sequence	6
Welder ID	Welder identification number	1
Welding Job Seq.,	Base Job Seq.,	4
Bead Seq	Bead Order	4
Start of Welding	Year, Month, Day, Minute, Second of start of welding	14
End of welding	Year, Month, Day, Minute, Second of end of welding	14
Start of Bead	Year, Month, Day, Minute, Second of start of Bead	14
End of Bead	Year, Month, Day, Minute, Second of end of Bead	14
Bead Index	Bead section sequence number (by 1 second)	14
Voltage #1	Average value between 0.0 and 0.1 seconds	
Current #1		
Gas Flow #1		
~		
Voltage #N	Average value between N-1 and N seconds	
Current #N		
Gas Flow #N		

용접 플랫폼상의 비드 정보 구현은 다음과 같이 표시된다. 첫째는 설비 PLC 및 로봇의 용접 Job 정보로부터 용접 사양 정보별 전류 및 전압 기준정보를 표시한다. 둘째는 용접기에서 설정한 전류 값과 실제 용접기의 전류 측정값 정보를 표시한다. 마지막으로 로봇으로부터 용접 및 비드 시작과 종료를 나타낸다. Fig. 8은 전류 값에 대한 용접 정보 프로세스를 나타내고 있다.

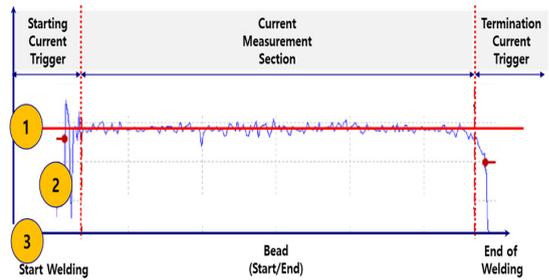


Fig. 8. Implementation of bead information on the welding platform

2.3.4 용접 플랫폼의 데이터 수집 및 제어

용접 플랫폼의 데이터 수집은 용접장비에서 PLC → IoT 미들웨어 → 용접 플랫폼으로 전송되며, 알람 및 제어정보는 용접 플랫폼에서 IoT 미들웨어 → PLC → 용접장비로 전송된다. 용접장비로부터 PLC에 전송되는 데이터는 첫째 용접기로부터 실측 전류 및 전압 정보, 둘째 가스유량계로부터 실측가스유량 데이터, 마지막으로 로봇으로부터 용접Job, 비드 데이터(순서, 시작, 종료), 용접 데이터(시작, 종료) 및 로봇 이상 데이터 등을 받는다. PLC에서 IoT 미들웨어로 전송되는 데이터는 공정라인, 공정명, 사양정보 및 용접과 관련된 정보 등이다. Fig. 9는 용접 플랫폼의 데이터 수집 및 제어를 나타내고 있다.

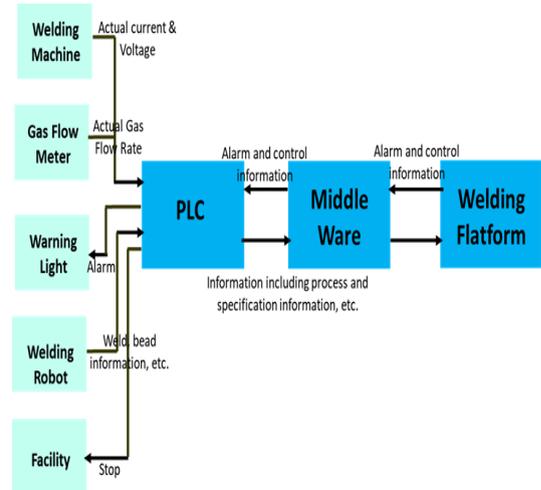


Fig. 9. Data collection and control of welding platform

2.4 용접 플랫폼 검증

용접 플랫폼 검증은 용접 플랫폼 어플리케이션 상에서 제품 코드의 시리얼 넘버를 클릭하여 용접 비드의 전류,

전압, 가스유량 등의 데이터를 확인하였다. Fig. 10은 용접 플랫폼 어플리케이션 구동을 나타내고 있다. Fig. 11은 전류 측정 화면, Fig. 12는 전압 측정 화면, Fig. 13은 가스유량을 측정하는 화면을 나타내고 있다.

	Working Day	Start Time	End Time	BEAD ID	J
>		10:34:25	10:34:51	1	
15		10:36:03	10:36:29	1	
16		11:14:01	11:14:27	1	
17		11:15:31	11:15:56	1	
18		11:17:07	11:17:32	1	
19		11:19:23	11:19:33	1	
20		11:20:12	11:20:27	1	
21		11:30:42	11:31:07	1	
22		11:35:01	11:35:26	1	
23		11:37:21	11:37:46	1	
24		11:41:46	11:42:11	1	

Fig. 10. Application screen of the welding platform



Fig. 11. Current measurement screen on application

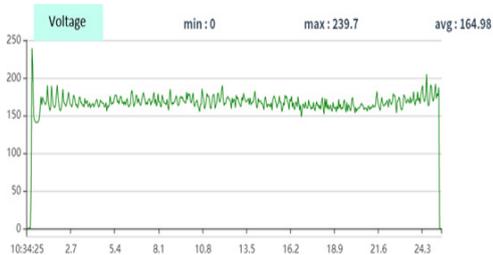


Fig. 12. Voltage measurement screen on application

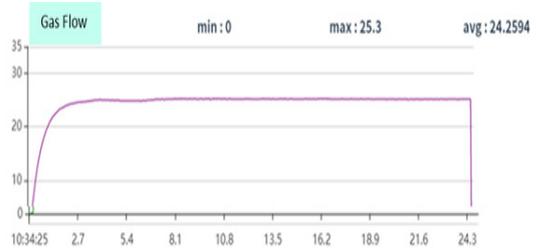


Fig. 13. Gas flow measurement screen on application

2.5 용접 플랫폼 적용 성과

정량적 성과로는 첫째 도입기업 MES 시스템 상에서 사내 내부 생산품의 연말기준 재고 금액을 측정하는 것이다. 내부 생산품에는 완제품 창고의 생산품 및 안전재고를 포함하였다. 시스템 도입 전인 2020년 연말재고 금액과 2022년 연말재고 금액을 비교한 결과 10.2%의 재고 감축 효과가 있었다. 둘째 구현된 용접 플랫폼의 가스유량 데이터 사용량 검토를 통하여 용접 시 사용되는 가스 소요량을 10% 이상 줄인 것이다.

생산측면에서 제철소는 연간 생산능력을 1년간 생산한 톤수로 나타내듯이, 용접 회사는 비드의 특성을 활용하여 연간 생산능력을 1년간 생산한 비드수로 나타냄으로 이를 통해 공장가동 실적을 측정할 수 있도록 구현하였다. Fig. 14는 일일 생산실적을 비드로 표시한 대시보드이다.

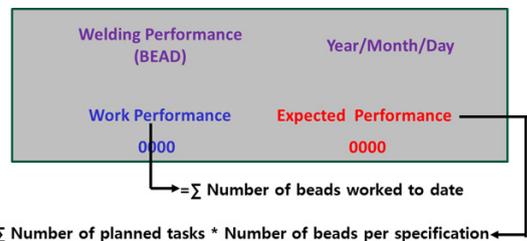


Fig. 14. Bead production performance dashboard

품질 측면에서 품질문제발생 시 용접 중 생성된 데이터를 분석하여 품질문제를 해결 할 수 있는 데이터 기반의 문제분석 역량을 갖추었다. 용접 플랫폼의 가장 큰 성과는 기존에 확인할 수 없었던 실제 용접 현장의 전류, 전압, 가스유량을 가시화하여 이를 활용할 수 있다는 것이다.

3. 결론

본 논문에서는 스마트 공장의 핵심사항인 실제 용접 시 발생하는 데이터를 PLC를 통해 수집하여 이를 용접 플랫폼을 통해 디스플레이 되도록 구현하였다. 이를 위해 다양한 용접기로 구성된 제조 현장에서 용접기 등으로부터 발생한 데이터를 PLC를 통해 IoT 미들웨어에 데이터를 수집할 수 있는 기능인 통합 용접 데이터 인터페이스를 구현하였고, 수집된 데이터를 사무실 및 현장의 운영자가 분석 및 활용할 수 있는 기능인 용접 플랫폼의 기능을 구현하였다. 또한 수집된 데이터의 신뢰성 및 가독성을 확보하기 위해 전류, 전압, 가스 유량 등의 데이터 수집 주기를 0.1초로 설정하였다.

향후 연구 분야로는 데이터베이스 서버에 저장된 양질의 용접 데이터를 분석하여 용접 품질분야에 적용하는 것이며, 또한 분석 용도에 따라 다양한 활용이 기대된다.

"Establishment of an integrated welding monitoring system for cylindrical thin plate products", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society Vol. 24, No. 5 pp. 601-606, 2023.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.5.601>

김 국 태(Kug-Tae Kim)

[정회원]



- 1994년 2월 : 동아대학교 공과대학 전자공학과 (공학사)
- 2018년 2월 : 국립금오공과대학교 컨설팅대학원 (컨설팅학석사)
- 2020년 2월 : 국립금오공과대학교 산업공학과 (박사 수료)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 한가람컨설팅협동조합 이사장

<관심분야>

Smart Factory, Big Data

References

- [1] Porter, M. E. "The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance," NY: Free Press, 1985. (Republished with a new introduction, 1998).
- [2] Klaus Schwab, "The Forth Industrial Revolution," World Economic Forum, 2011.
- [3] Walter Benjamin, "The Work of Art in the Age of Mechanical Reproduction," *Illuminations*, New York, 1969. DOI: <https://doi.org/10.2307/827791>
- [4] Smart Manufacturing Innovation Promotion Team, <https://www.smart-factory.kr>
- [5] Smart factory operation management framework, Agency for Technology and Standards, Ministry of Trade, Industry and Energy, <https://e-ks.kr/streamdocsPage3>
- [6] Steven Liang and Manik Rajora, "Intelligent Manufacturing Systems: A Review," International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research Vol. 7, No. 3, May 2018. DOI: <https://doi.org/10.18178/ijmerr.7.3.324-330>
- [7] Eok Kim, Seungtaek Kim, "Smart Factory Implementing a Flexible Production System: Effective Operation Plan for Production Strategy," Deloitte Anjin Review, Issue 4, 2015. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/kr/Documents/insights/deloitte-anjin-review/04/kr_insights_deloitte-anjin-review-04_08.pdf
- [8] <https://industriestdays.com/welding/what-is-a-bead-in-welding/>
- [9] Kugtae Kim, Choongmin Kim, Hyunsoo Lee,

김 충 민(Choong-Min Kim)

[정회원]



- 1992년 2월 : 울산대학교 전자전산기공학과 (공학사)
- 2022년 11월 ~ 현재 : 더이음 대표

<관심분야>

Smart Factory, Big Data

이 현 수(Hyun-Soo Lee)

[정회원]



- 2002년 2월 : POSTECH 기계산업공학/ 생산공학 석사
- 2010년 8월 : Texas A&M University 시스템공학 박사
- 2011년 9월 ~ 현재 : 국립 금오공과대학교 산업공학과 교수

<관심분야>

Smart Factory, Deep Learning