웹 GUI 기반 스마트 팩토리 공정 관리 및 공유 시스템

이상정*, 홍석준*, 정택성*, 한건욱*, 이인혜*, 정민교*, 민홍*
*호서대학교 컴퓨터정보공학부
e-mail:hmin@hoseo.edu

Web GUI based Smart Factory Working Process Management and Sharing System

Sang-Jeong Lee*, Seok-Jun Hong*, Taek-Sung Jung*, Geon-Uk Han*, In-Hye Lee*, Min-Kyo Jeong*, Hong Min*
*Division of Computer and Information Engineering, Hoseo University

요 약

최근 사물인터넷 분야에서 스마트 팩토리 부분은 많은 주목을 받고 있으며 관련된 연구도 많이 진행되고 있다. 기존의 스마트 팩토리 플랫폼은 제품 생산 효율성을 높여 비용을 줄이는 것을 목표로 센서로부터의 데이터 수집과 클라우드로의 전송, 대규모 데이터 분석을 통한 의사결정 등 자동화 부분에 집중되어 있다. 본 논문에서는 웹 GUI를 활용하여 응용 개발의 편의성을 높여 개발자가 아닌 공정관리자가 직접 공정을 제어할 수 있도록 했으며 유사 환경이 구축된 다른 공장에서 기존에 만들어진 공정 프로그램을 공유하고 재수정할 수 있는 시스템을 설계하였다. 또한, 프로토타입을 구현하여 제안된 웹 GUI기반 스마트 팩토리 공정 관리 및 공유 시스템의 운용 가능성을 검증하였다.

1. 서론

최근 사물인터넷, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 인공지능 관련 기술들의 발달로 제조환경도 급격하게 변화하고 있으며 4차산업혁명 (the 4fourth industrial revolution, Industry 4.0)으로 불리는 급격한 변화를 맞이하여 스마트 팩토리 분야가 활발하게 연구되고 있다[1]..스마트 팩토리는 다음과 같은 원리에 의해 설계된다 [2].

- 모듈화(Modularity): 시스템을 구성하는 구성요소들이 모듈로 분리되어 있어 목적에 따라 다양한 구성으로 쉽게 연결할 수 있어야 함
- 상호운용성(Interoperability): 설비와 설비, 업체와 고객 등 다양한 이해관계자들이 서로 정보를 공유할 수 있어야 함
- 분권화(Decentralization): 제품 생산 및 관리에 대한 의사결정이 각 제품의 종류와 고용주, 생산자, 고객 사이의 요구에 따라 다르게 이루어져야 함
- 확장성(Extensibility): 제품의 특성과 이해관계자의 요구에 따라 기능의 확장과 갱신이 편리해야 함
- 가상화(Virtualization): 현실 세계를 디지털로 변환하여 시뮬레이션할 수 있는 환경을 제공해야 함
- 서비스 중심(Service orientation): 제품 중심이 아닌 서비스 중심으로 제조환경이 변화해야 함
- 실시간성 (Real-time capability): 정해진 마감 시간 내에 제품 생산과 의사결정이 이루어져야 함

이러한 스마트 팩토리 설계 원리를 바탕으로 표1과 같은 연구 분야들이 연구되고 있다 [3]. 대부분의 연구들이 대량의 데이터 분석과 의사결정 등의 자동화에 집중되어 있으며 개발자와 공장에서 작업하는 근로자 사이의 역할을 구분하고 있다[4].

<표 1> 스마트 팩토리관련 연구 분야

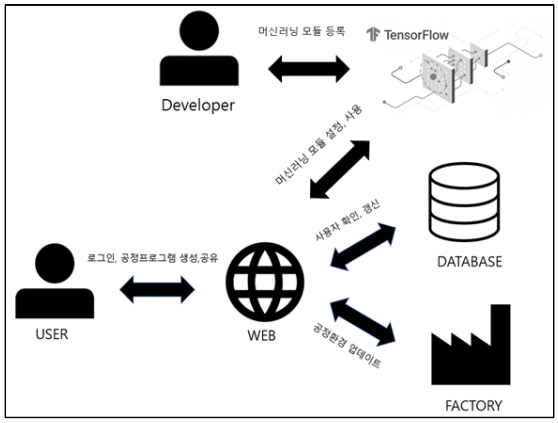
연구 분야	연구내용
Perspectives	관련 기술과 향후 발전 전망
System Design	기계적인 시스템 설계 및 구현
Workforce	스마트 팩토리 시스템 내에서 근로자들의 역할
Communication	구성요소 간의 통신
Control System	컨트롤 구조 및 클라우드와의 연동 방법
Digital Twin	물리적 공간과 사이버 공간의 상호 작용
Predictive Maintenance	선제적 대응을 통한 유지보수 비용 감소

본 논문에서는 스마트 팩토리 내의 장치 모듈들, 근로자, 개발자 사이에서 상호운용성 강화를 위해 웹기반 GUI를 공정 개발 및 공유를 지원하는 플랫폼을 설계하고 프로토타입을 구현하였다. 제안된 시스템은 전문 개발자가 아닌 공정관리자가 쉽게 시스템을 관리할 수 있도록 웹기반 GUI 모듈들로 트리거 액션기반 모델(Trigger-action based model) 프로그래밍이 가능하도록 하였으며 이를 다

른 공정 관리자와 쉽게 공유할 수 있도록 하였다. 또한, 개발자가 기계학습, 데이터 분석과 같은 고도화된 모듈을 추가로 개발할 수 있도록 확장성을 지원한다.

2. 시스템 설계 및 프로토타입 구현

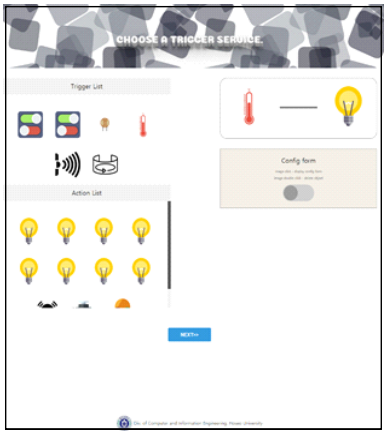
앞서 언급했던 것처럼 스마트 팩토리의 핵심 기술 요소는 상호운영성과 확장성이다. 제안 시스템은 그림 1에서와같이 공장에 설치된 각 스마트 객체들이 상호 연동하여 공정을 진행하는 과정을 개발자가 아닌 공정관리자가 웹 기반 GUI 에 의해 간단하게 프로그래밍한다. 새로운 스마트 객체가 추가되거나 영상 기반 양품 구분, 공장 환경 변화에 따른 적응형 공정 변경 등 기계학습 기반의 신규 모듈은 전문 개발자에 의해 개발되고 이를 웹에 등록하면 공정관리자는 양품과 불량품에 대한 사진 전송 등과 같은 간단한 설정을 통해 확장기능을 사용할 수 있다. 이를 통해 개발자와 공정관리자를 연결하고 공정 관리자 사이에 공정을 공유할 수 있는 시스템 제공을 통해서 실무자들의 노하우를 결합하고 개발자의 유지보수 시간을 단축하는 새로운 스마트 팩토리 시스템 운용이 가능하다.



(그림 1) 제안 시스템 개요

2.1 사용자 인터페이스

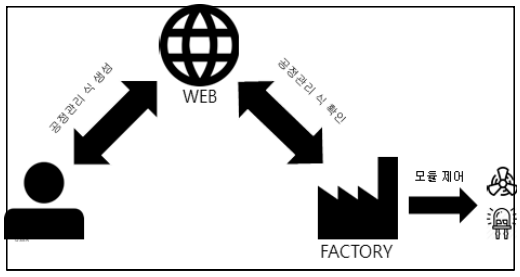
공정관리자는 그림2와 같은 드래그앤드랍(Drag and Drop) 방식의 사용자 인터페이스를 통해 트리거-액션기반 모델의 프로그램을 등록할 수 있다. 트리거는 주로 센서 모듈에게 적용되는 것으로 해당 센서의 값이 일정 조건을 만족하는 경우에 발생한다. 액션은 주로 액추에이터 모듈에게 적용되는 것으로 트리거가 발생하면 사전에 등록된 행동을 수행하게 된다. 예를 들어 '온도가 25°C이상이면 팬을 가동하라'는 명령어에서 온도가 25°C이상이라는 조건이 만족되면 트리거가 발생하며 팬이 가동되는 액션이 동작하게 된다. 이렇게 웹페이지를 통해 등록된 프로그램은 다른 사용자에 의해 공유 가능하며 재편집을 통해 세부 설정을 변경할 수 있다.



(그림 2) 사용자 인터페이스

2.2 서버와 제어 장치

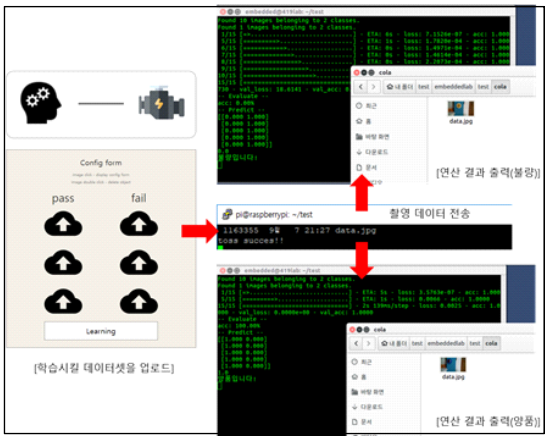
그림 3은 서버와 제어장치 사이의 연결 관계를 보여주고 있으며 웹서버에서 공정관리자가 공정관리 식을 작성하고, 해당 내용을 웹 서버에 공정관리 식 단위로 JSON 파일 형식으로 저장한다. 공정에서는 계속해서 공정관리자가 웹 서버에 등록한 공정관리 식 단위로 저장된 파일 리스트를 프로그램을 통하여 확인하여 해당하는 모듈들을 조건에 맞게 동작시킨다. 공정관리 식 리스트들을 실행시키는 프로그램은 공정관리자가 작성한 공정관리 식 리스트들을 모두 실행시킨다. 예를 들어 '온도가 25°C이상이면 팬을 가동하라'라는 공정관리 식과 '밝기가 50보다 작으면 LED를 켜라'라는 공정관리 식이 있다면 계속해서 조건을 확인하며 조건을 충족하면 모듈을 가동/비가동한다.



(그림 3) 서버와 제어장치

2.3 기계학습 모듈 등록

개발자의 경우 새로운 장치 모듈이 추가되거나 신규 기계학습 모델이나 설정을 위해 필요한 프로그램을 자체 개발하고 이를 웹에서 연동할 수 있도록 그림 4와 같은 인터페이스를 통해 신규 모듈을 등록할 수 있다. 기계학습을 위해서 TensorFlow 프레임워크를 사용했으며 데이터 셋이 부족한 경우에는 ImageDataGenerator를 통해 이미지를 추가로 생성한 후에 CNN(Convolution Neural Network)을 사용하여 판단의 정확도를 높인다.



(그림 4) 기계학습 모듈 등록

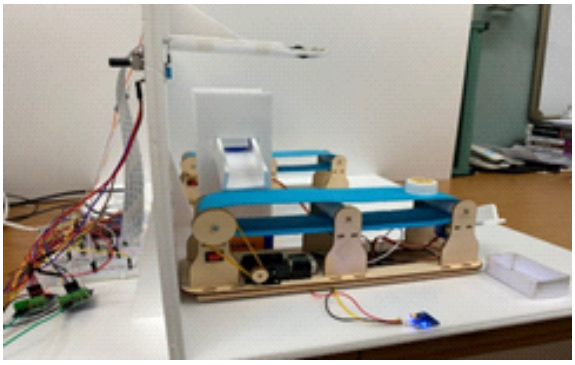
2.4 프로토타입 구현

제안 시스템의 운용 가능성을 시험하기 위해서 프로토타입을 구현했으며 세부 사양은 표2와 같고 그림 5와 같이 카메라를 통해 사물을 인식하고 양품과 불량품을 구분하는 응용을 개발하였다.

<표 2> 프로토타입 사양

항목		사양
Web Server	CPU	Intel i5-1035 4-Core 3.60GHz
	Cache	6MB
	Memory	8GB
	Storage	1TB
	OS	Ubuntu Server 16.04 LTS
	DB	MySQL 5.6
Control Device	Model	Raspberry PI 3 B+
	CPU	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz
	Memory	1GB
	Network	2.4GHz/ 5GHz IEEE 802.11.b/ g/n/ac Wireless LAN
	Sensors & Actuators	PyCAM, DC motors, Step motors, LED, Temperature

버튼을 켤 때 컨베이어 벨트를 동작시키고 끄면 동작을 멈추는 공정관리 식을 생성하게 되면 생성된 공정관리 식에 맞게 모델들이 동작하게 된다. 모델학습 기능을 이용할 경우 공정관리 식 생성 페이지에서 학습시킬 모델의 양품, 불량품 이미지 데이터를 업로드 하여 서버PC에서 학습을 수행하게 된다. 프로토타입을 동작시키면 벨트 위의 실험 모델을 촬영하여 이미지 데이터를 서버PC로 전송하여 학습된 데이터와 비교하게 되어 양품, 불량품을 구분하게 된다. 이렇게 학습 결과를 다시 프로토타입 모델에게 전송, 서보 모터를 제어하는 공정관리 식에 의해 양품, 불량품을 구별하여 실험 모델을 두 개의 박스에 구별하여 담는다.



(그림 5) 프로토타입 구성

3. 결론

스마트 팩토리는 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 5G와 같은 관련 기술들의 발달로 다양한 연구가 진행되고 있으며 기업뿐만 아니라 정부에서도 많은 관심과 투자를 계획하고 있는 분야이다. 기존의 연구들이 자동화의 관점에서 플랫폼의 구조를 설계했지만 본 논문에서 제안하고 있는 플랫폼은 웹 GUI와 트리거-액션 모델 기반의 사용이 편리하고 단순한 프로그래밍 구조 및 저작 도구를 지원하여 전문 개발자가 아니라도 공정관리자가 직접 공정을 관리하는 기능을 설계하였다. 또한, 개발자가 새롭게 하드웨어나 기계학습 모듈을 추가할 수 있는 확장성을 지원하며 공정관리자 사이에서 프로그램을 공유하고 개선할 수 있는 기능도 지원한다.

사사

이 논문은 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2019-0-00708, 뉴로모픽 아키텍처 기반 자율형 IoT 응용 통합개발환경).

참고문헌

[1] J. Jung, B. song, K. Watson, and T. Uslander, “Design of Smart Factory Web Services Based on the Industrial Internet of Things,” in Proceedings of the 50th Hawaill International Conference on System Sciences, 2017, pp.5941-5946.

[2] M. M. Mabkhot, A. M. Ahmari, B. Salah, and H. Alkhalefah, “Requirements of the Smart Factory System: A Survey and Perspective,” Machines, Vol. 6, No. 2, pp.1-22, 2018.

[3] S. Wang, J. Wan, D. Li, and C. Zhang, “Implementing Smart Factory of Industry 4.0: An Outlook,” International Journal of Distributed Sensor Networks, Vol. 2016, pp.1-10, 2016.

[4] Y. Lu, “Industry 4.0: A Survey on technologies, applications and open research issues,” Journal of Industrial Information Integration, Vol.6, pp.1-10, 2017.