

인공지능을 이용한 스마트팩토리의 고장 진단 시스템 설계 및 개발

Design and Development of Fault Diagnosis System for Smart Factory Using Artificial Intelligence

배재환¹

Jae-Hwan Bae¹

요 약

최근 국내에서는 공장 자동화 시스템을 외부 네트워크와 연결하여 제어하고, 생산 장치로부터 생산되는 데이터를 생산 및 관리에 재이용하려는 시도가 활발하게 이루어지고 있다. 이러한 공장 자동화 시스템의 각 장치들을 네트워크로 연결하려는 시도는 사물인터넷(INTERNET OF THINGS)에 대한 관심의 증대와, 기술의 보편화에 따라 산업용 IoT(INDUSTRIAL IoT) 형태로 이용하려는 노력이 이루어지고 있다. 이러한 산업용 IoT는 단순히 공장의 생산 설비만을 네트워크화 하여 자동화 하는데 그치지 않고 공장 시스템의 세부적인 부분들까지 IoT에 참여시킴으로써, 자동제어, 각종관리가 이루어지도록 함과 아울러, 내외부의 다양한 데이터를 공장 운영에 이용하여 운영 효율을 크게 향상시키는 것이 가능하다. 특히, IoT를 적용하게 됨으로써 다양한 프로토콜의 다양한 장치를 시스템에 참여시킬 수 있게 되어 과거에 이용한 자동화 시스템에 비해 진보된 시스템의 구성이 가능하다. 이번 연구 논문에서 해결하고자 하는 기술적 과제는, 별도의 센서들을 사용하지 않고도 스마트 팩토리를 구성하는 장비들의 고장 예후를 검출할 수 있는 인공지능을 이용한 스마트 팩토리의 고장 진단 시스템을 설계 개발 하고자 한다.

핵심어 : 스마트팩토리, 고장진단, 인공지능, 임베디드, 자동화, IOT

Abstract

Recently, attempts have been made actively in Korea to control factory automation systems by connecting them to external networks and to reuse data produced from production devices for production and management. Attempts to connect each device of this factory automation system to a network are being made to use it in the form of industrial IoT (INDUSTRIAL IoT) as interest in the Internet of Things (INTERNET OF THINGS) increases and the technology becomes more common. This industrial IoT does not just network and automate only factory production facilities, but also involves even detailed parts of the factory system in IoT, enabling automatic control and various management, as well as using various internal and external data for factory operation. It is possible to greatly improve operational efficiency. In

¹ Department of Game Engineering, TongMyong University, Busan, Korea [Professor]
e-mail : bjhmail@naver.com

* “이 논문은 2022학년도 동명대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.(과제번호/2022B002)”

Received(November 28, 2023), Review Result(1st: December 14, 2023), Accepted(February 9, 2024), Published(February 29, 2024)



© 2024 The Authors. Published by NCISS.
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

particular, by applying IoT, various devices with various protocols can participate in the system, making it possible to configure an advanced system compared to the automation system used in the past. The technical challenge to be solved in this research paper is to design and develop a smart factory failure diagnosis system using artificial intelligence that can detect the failure prognosis of the equipment that makes up the smart factory without using separate sensors.

Keyword : Smart factory, fault diagnosis, artificial intelligence, embedded, automation, IOT

1. 서론

최근 국내에서는 특정 제품을 생산하는 공장에서 자동화 시스템에 의해 운영되고 있다. 이러한 공장의 자동화 시스템은 이전까지는 외부 네트워크와 연결되지 않고, 공장별 자동화 시스템 단위로 독립적인 네트워크를 구성하여 운영되는 폐쇄적인 형태였으나, 최근에는 이러한 공장 자동화 시스템을 외부 네트워크와 연결하여 제어하고, 생산 장치로부터 생산되는 데이터를 생산 및 관리에 재이용하려는 시도가 활발하게 이루어지고 있다. 이러한 공장 자동화 시스템의 각 장치들을 네트워크로 연결하려는 시도는 최근 사물인터넷(INTERNET OF THINGS)에 대한 관심의 증대와, 기술의 보편화에 따라 산업용 IoT(INDUSTRIAL IoT) 형태로 이용하려는 노력이 이루어지고 있다. 이러한 산업용 IoT는 단순히 공장의 생산 설비만을 네트워크화 하여 자동화 하는데 그치지 않고 공장 시스템의 세부적인 부분들까지 IoT에 참여시킴으로써, 자동제어, 각종관리가 이루어지도록 함과 아울러, 내외부의 다양한 데이터를 공장 운영에 이용하여 운영 효율을 크게 향상시키는 것이 가능하다. 특히, IoT를 적용하게 됨으로써 다양한 프로토콜의 다양한 장치를 시스템에 참여시킬 수 있게 되어 과거에 이용한 자동화 시스템에 비해 진보된 시스템의 구성이 가능하다. 이번 연구 논문에서 해결하고자 하는 기술적 과제는, 별도의 센서들을 사용하지 않고도 스마트 팩토리를 구성하는 장비들의 고장 예후를 검출할 수 있는 인공지능을 이용한 스마트 팩토리의 고장 진단 시스템을 설계 개발 하고자 한다. 논문의 주요 구성은 1장 서론, 2장 스마트 팩토리 개요, 3장 AI 고장진단 시스템 설계, 4장 결론으로 구성 된다.

2. 스마트팩토리 개요

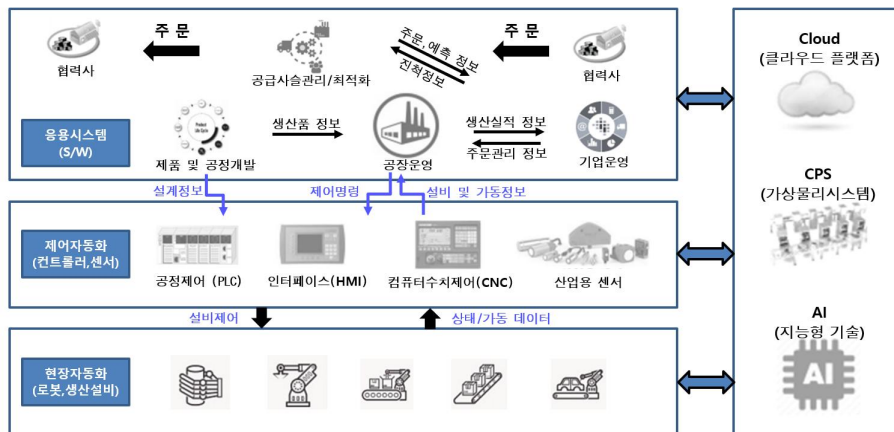
2.1 스마트팩토리 개요

스마트팩토리는 설계 및 개발, 제조 및 유통 등 생산과정에 디지털 자동화 솔루션이 결합된 정보통신기술(ICT)를 적용하여 생산성, 품질, 고객만족도를 향상시키는 지능형 생산공장으로 공장 내 설비와 기계에 사물인터넷(IoT)을 설치하여 공정 데이터를 실시간으로 수집하고, 이를 분석해 스스로 제어할 수 있게 만든 미래의 공장이다 [1].

지금까지의 공정 자동화 기술은 각각의 공정별로만 자동화가 이뤄져 있어 전체 공정을 유기적

으로 관리하기 어려웠다. 하지만 스마트팩토리는 ICT 기술 덕분에 모든 설비나 장치가 무선통신으로 연결되어 있어, 전후 공정간 데이터를 자유롭게 연계할 수 있고 이를 통해 보다 유기적이고 통합적인 최적의 생산 환경을 이룩할 수 있게 되었다. 관리 외적으로 비용 효율성도 높아 스마트팩토리가 구현하면 더 이상 값비싼 노동력에 의지하지 않아도 되고, 대량 생산이 야기하는 재고의 불확실성 문제에서도 자유로워졌다. 또한 자동화를 통해 생산 라인의 유연함이 더해져 개인 맞춤형 상품을 합리적인 가격에 즉각적으로 생산할 수 있게 되었다. 스마트팩토리는 기존의 중앙집권형 생산체제를 바꾸고 제조업이 생산의 분권화와 자율화를 가능하게 만든 것이다. 그러나 제조공정의 자동화는 아직까지 갈 길이 멀다. 제조공정 혹은 물류 부문 등에서 정형화 하기 어려운 부분들은 여전히 사람이 처리하고 있으며, 이를 자동화 할 수 있는 비정형 자동화 기술의 발전이 이루어져야 궁극적인 스마트팩토리 구축에 다가갈 수 있다 [2].

또한 스마트 팩토리는 모든 설비, 장치에 무선통신으로 연결되어 있어, 데이터를 자유롭게 연계할 수 있다. 이를 통해 보다 유기적이고 통합적인 생산 환경을 조성할 수 있다. 또한, 스마트팩토리는 인력 비용이 절감되며, 자동화 생산을 통해 대량 생산 문제 해결 및 개인 맞춤형 생산도 가능해진다. 현대자동차그룹은 스마트팩토리를 활용한 미래 자동차 생산과정에 대해 공개했다. 자동차 제조 과정에서 사람, 로봇, 인공지능이 조화를 이루며 공장 전체가 하나의 인격체처럼 작동한다. 빅데이터를 기반으로 소비자의 선택을 예측하고 수요를 전망하는데, 생산을 사전 검증하고 계획을 확정하게 되면 생산활동을 시작한다. 이는 비슷한 차종만 혼류 생산했던 생산과정에서 상황에 맞게 다양한 차종 생산이 가능해진다. 이러한 과정에는 CPS(Cyber Physical System) 기술이 적용된다. 가상 세계에 똑같은 공장을 건설하고 똑같은 방식으로 작동하고 구현한다.



[그림 1] 스마트 팩토리

[Fig. 1] Smart Factory

이를 이용해 생산라인, 공급라인을 운영하며 문제점을 찾아내고 보완한다 [3]. 2022년 싱가포르의 HMGICS에서 스마트팩토리를 시작할 예정이다. 이번 연구 논문에서 해결하고자 하는 기술적 과제는, 별도의 센서들을 사용하지 않고도 스마트 팩토리를 구성하는 장비들의 고장 예후를 검출할 수 있는 인공지능을 이용한 스마트 팩토리의 고장 진단 시스템을 설계 개발 하고자 한다. [그림 1]은 스마트 팩토리에 관한 그림이다.

2.2 스마트팩토리 구축 방안

지금까지의 공정 자동화 기술은 각각의 공정별로만 자동화가 이뤄져 있어 전체 공정을 유기적으로 관리하기 어려웠다. 하지만 스마트팩토리는 ICT 기술 덕분에 모든 설비나 장치가 무선통신으로 연결되어 있어, 전후 공정간 데이터를 자유롭게 연계할 수 있고 이를 통해 보다 유기적이고 통합적인 최적의 생산 환경을 이룩할 수 있게 되었다. 관리 외적으로 비용 효율성도 높아 스마트팩토리가 구현하면 더 이상 값비싼 노동력에 의지하지 않아도 되고, 대량 생산이 야기하는 재고의 불확실성 문제에서도 자유로워졌다. 또한 자동화를 통해 생산 라인의 유연함이 더해져 개인 맞춤형 상품을 합리적인 가격에 즉각적으로 생산할 수 있게 되었다 [4].

스마트팩토리는 기존의 중앙집권형 생산체제를 바꾸고 제조업이 생산의 분권화와 자율화를 가능하게 만든 것이다. 그러나 제조공정의 자동화는 아직까지 갈 길이 멀다. 제조공정 혹은 물류 부문 등에서 정형화 하기 어려운 부분들은 여전히 사람이 처리하고 있으며, 이를 자동화 할 수 있는 비정형 자동화 기술의 발전이 이루어져야 궁극적인 스마트팩토리 구축에 다가갈 수 있다. 제조 분야별 구축 방안은 다음과 같다 [5].

기계부품 산업은 원재료나 부품을 조립하고 검사하는 노동집약적 산업으로 자재를 부착·조립해 검사하는 공정이 중요하며 부착·조립시 발생하는 공정데이터와 검사시 수집되는 검사데이터를 연계해 품질분석을 실시해야 한다. 즉 제품 불량시 불량원인을 즉시 확인해 원인별로 현장 개선을 해야 한다. 우선 작업지시 및 자재 Lot 단위의 물류추적과 품질·납기 관리가 중요하다. 생산에서는 라인별/작업조별 바코드 관리가 돼야 하며 생산실적과 현황을 파악할 수 있는 생산현황 모니터링과 자재의 입고 및 공정별 사용량 등을 관리할 수 있어야 한다 [6].

재고와 물류 부문에서는 자재 입출고 관리에 의한 자재이력관리와 원자재 불량품 및 반품관리를 할 수 있도록 고려해야 한다. 이를 통해 생산정보 집계 분석의 시스템화에 의한 업무 생산성이 증가할 수 있고 자재 Lot 추적 능력이 확보된다. 또한 생산실적관리, 작업 교체준비 등이 가능해 원가의 흐름 파악이 용이해진다. 특히 실시간으로 거래 정보를 제공해 고객사와 유대 또한 강화되는 측면이 있다.

전자부품 산업은 제조 과정에서의 공정 데이터와 검사 데이터를 연계해 품질을 분석할 수 있도록 하는 시스템이 요구되며 컨베이어와 바코드를 이용한 시스템 구축에 용이하다.

금형 산업은 정밀가공기술에 컴퓨터를 이용한 설계기술이 접목된 첨단 산업분야로 프레스 금형, 사출 금형, 고무 금형, 유리 금형 등이 있다. 최근 금형기술은 IT/NT/BT 분야와 접목해 초정밀, 장수명, 고기능성 금형을 선택해 집중적으로 개발하고 있으며 차세대 금형기술과 성형기술과의 시스템 융합을 통해 퓨전화가 급속히 진행되고 있다. 품질향상을 위해서는 실시간 모니터링 도입이 우선시 되어야 한다. 설계와 지시, 출하 검사를 연계한 설계품질 관리 시스템과 수정, 설계변경, 수리, 보수 대응 관리가 필요하며 생산에서는 현장에서 작업지시 및 관련 도면 정보제공과 설비 모니터링, 일관된 주조, 설계, 작업지시 프로세스 등이 구축되어야 한다.

제약 산업은 생명과 보건에 관련된 의약품을 생산하는 정밀화학산업으로 의약품 제조 가이드라인인 GMP(Good Manufacturing Practice)를 준수해야 하기 때문에 자재입고 단계부터 제품출고까지의 전 공정에서 생산물류추적이 가능토록 해야 한다. 최근 보령제약, 한미약품, 대웅제약 등이 스마트팩토리를 구축·운영하고 있다.

IoT 기반 스마트팩토리 환경에서 관리되어야 할 보안위협 요소는 4가지 유형으로 분류된다. 해커들은 디바이스 데이터의 무결성을 훼손시키거나, IoT 통신환경에서의 네트워크 공격, 기기와 사용자의 인증 우회, 애플리케이션 영역의 데이터 조작 및 무결성 훼손을 통해 공격을 진행한다. 따라서 4가지 위협에 모두 대응해야만 안전한 스마트팩토리 구현이 가능하다.

현대자동차그룹은 스마트팩토리를 활용한 미래 자동차 생산과정에 대해 공개했다. 자동차 제조 과정에서 사람, 로봇, 인공지능이 조화를 이루며 공장 전체가 하나의 인격체처럼 작동한다. 빅데이터를 기반으로 소비자의 선택을 예측하고 수요를 전망하는데, 생산을 사전 검증하고 계획을 확정하게 되면 생산활동을 시작한다. 이는 비슷한 차종만 혼류 생산했던 생산과정에서 상황에 맞게 다양한 차종 생산이 가능해진다. 이러한 과정에는 CPS(Cyber Physical System) 기술이 적용된다. 가상 세계에 똑같은 공장을 건설하고 똑같은 방식으로 작동하고 구현한다. 이를 이용해 생산라인, 공급라인을 운영하며 문제점을 찾아내고 보완한다. 2023년 11월 싱가포르 HMGICS에서 스마트 팩토리 준공식을 개최했다.

HMGICS는 싱가포르 도심에 위치해 고객의 니즈를 빠르게 대응할 수 있으며, 인공지능, 정보통신기술(ICT), 로봇틱스 등 첨단기술을 융합한 인간 중심의 제조 시스템을 바탕으로 시장 변화 및 수요에 탄력적으로 대응할 수 있는 다차종 소량 생산 시스템을 갖춘 것이 특징이다.

2.3 공장자동화 와 스마트팩토리의 차이점

자동화는 사람의 노동력에 의존하던 것을 기계화하고 프로세스를 표준화하는 과정에서 자동적으로 이루어지도록 하는 과정의 총칭. 인간의 노동시간은 최소화하고 생산성은 극대화하는 게 자동화의 궁극적인 목표다. 사람이 없어도 기계가 알아서 돌아간다거나 말이다. 컴퓨터는 자동화를 위해 많이 사용되는 유용한 도구다. 컴퓨터가 발명되고 난 이후에는 컴퓨터화를 통한 자동화가 많

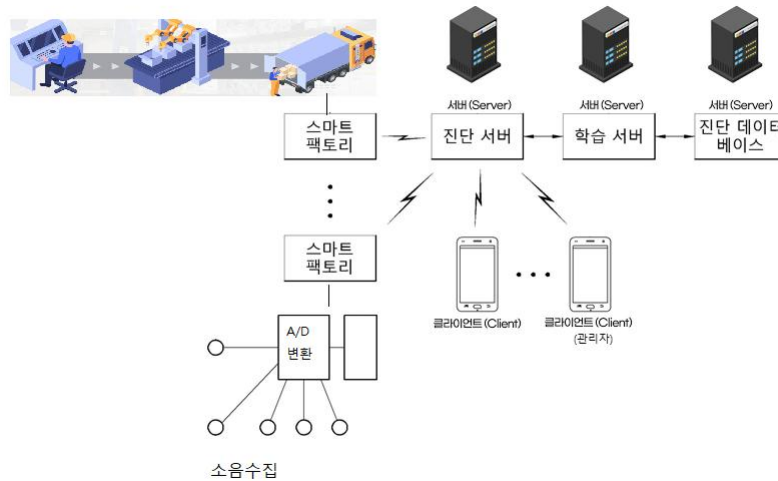
이 늘었다. 맥킨지 앤 컴퍼니는 자동화로 인해 2030년까지 4억명~8억명의 일자리가 사라지고, 그에 상당하는 새로운 일자리가 생겨날 것이라고 전망했다. 예측 가능한 신체업무, 데이터 처리 작업, 데이터 수집 등의 직업이 사라지고, 관리직과 전문직 등은 자동화 파고 속에서도 대부분 일자리를 유지할 것으로 내다봤다. 한국고용정보원에서 발간한 '기술변화에 따른 일자리 영향 연구'(2016)에 따르면 단순노무직종 중 90.1%가 2025년 로봇으로 대체될 위험에 놓일 것으로 조사됐다. 가장 대체율이 낮은 관리직(49.2%)도 대체율이 절반에 달했다. 자동화 도입의 원동력은 사람을 쓰는 것보다 얼마나 저렴해지는가에 있다. 최저임금을 올리면 올릴수록 자동화되어 절감할 수 있는 비용이 점점 늘어난다.

물류터미널이나 공장 내에서 로봇, CNC, PLC, 인공지능, 드론 등을 통해 사람을 줄이고 생산성을 높이는 것을 공장자동화(FA)라고 한다. 동아시아의 공장자동화에서는 화낙의 역할을 빼놓을 수 없다. 제4차 산업혁명 시대를 맞아 이런 FA 분야가 Smart해진다고 스마트팩토리라는 이름으로 더욱 촉진되고 있다. 폭스콘은 대규모 구조조정을 하고있다. 삼성전자는 공장, 도시 인프라, 호텔 숙박업, 농업, 아파트 및 주거환경 등 모든 장소 단위의 자동화를 적용하기 위해 SmartThings로 자동화를 구현하고 있다. 이와 같이 공장자동화 와 스마트팩토리의 차이점은, 기존 공장자동화를 다양한 신기술을 사용해 업그레이드 한것이 스마트 팩토리라고 할수 있다.

3. AI 고장 진단 시스템 설계

이번 논문에서 해결하고자 하는 기술적 과제는, 별도의 센서들을 사용하지 않고도 스마트 팩토리를 구성하는 장비들의 고장 예후를 검출할 수 있는 인공지능을 이용한 스마트 팩토리의 고장 진단 시스템을 설계 하고자 한다. 인공지능을 이용한 스마트 팩토리 고장 진단 시스템은, 스마트 팩토리의 장비들에서 발생하는 소음을 검출하는 소음수집부와, 상기 소음수집부를 통해 검출된 소음 데이터를 전처리하여 학습 부하를 줄이며, 진단 결과를 스마트 팩토리에 전송하는 진단 서버와, 정상 동작시의 소음 데이터 및 고장시 소음 데이터를 저장하고, 학습 결과 모델들을 저장하는 진단 데이터베이스와, 상기 진단 서버에서 전처리된 소음 데이터를 상기 진단 데이터베이스에 저장된 데이터를 이용하여 학습하여, 고장 예후 여부를 나타내는 진단결과를 상기 진단 서버로 제공하는 학습 서버를 포함한다.

논문에서 제안하는 AI 고장진단시스템에서는 먼저 스마트 팩토리 내부의 소음을 검출하고, 소음 패턴을 학습 및 분석하여 고장 예후를 검출함으로써, 스마트 팩토리를 구성하는 장비간의 데이터량 증가 없이 정확하게 고장 예후를 검출할 수 있는 효과가 있다. 또한, 별도의 센서를 사용하지 않음으로써 비용의 증가를 방지하고, 기존의 스마트 팩토리에 용이하게 적용할 수 있어 범용성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다. 아래 [그림 2]는 AI 고장 진단 전체 시스템 을 나타내었다.



[그림 2] AI 고장 전체 시스템

[Fig. 2] AI fault diagnosis whole system

본 논문에서는 인공지능을 이용한 스마트 팩토리 고장 진단 시스템에 관한 것으로, 스마트 팩토리의 장비들에서 발생하는 소음을 검출하는 소음수집부와, 상기 소음수집부를 통해 검출된 소음 데이터를 전처리하여 학습 부하를 줄이며, 진단 결과를 스마트 팩토리에 전송하는 진단 서버와, 정상 동작시의 소음 데이터 및 고장시 소음 데이터를 저장하고, 학습 결과 모델들을 저장하는 진단 데이터베이스와, 상기 진단 서버에서 전처리된 소음 데이터를 상기 진단 데이터베이스에 저장된 데이터를 이용하여 학습하여, 고장 여부 여부를 나타내는 진단결과를 상기 진단 서버로 제공하는 학습 서버를 포함한다. 이를 통해서, 스마트 팩토리 내부의 소음을 검출하고, 소음 패턴을 학습 및 분석하여 고장 여부를 검출함으로써, 스마트 팩토리를 구성하는 장비간의 데이터량 증가 없이 정확하게 고장 여부를 검출할 수 있는 효과가 있다. 또한, 별도의 센서를 사용하지 않으므로써 비용의 증가를 방지하고, 기존의 스마트 팩토리에 용이하게 적용할 수 있어 범용성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

4. 결론

최근 국내외 산업계에서 이슈가 되고 있는, 스마트 팩토리는 모든 설비, 장치에 무선통신으로 연결되어 있어, 데이터를 자유롭게 연계할 수 있다. 이를 통해 보다 유기적이고 통합적인 생산 환경을 조성할 수 있다. 또한, 스마트팩토리는 인력 비용이 절감되며, 자동화 생산을 통해 대량 생산 문제 해결 및 개인 맞춤형 생산도 가능해진다. 현대자동차그룹은 스마트팩토리를 활용한 미래 자동차 생산과정에 대해 공개했다. 자동차 제조 과정에서 사람, 로봇, 인공지능이 조화를 이루며 공

장 전체가 하나의 인격체처럼 작동한다. 빅데이터를 기반으로 소비자의 선택을 예측하고 수요를 전망하는데, 생산을 사전 검증하고 계획을 확정하게 되면 생산활동을 시작한다. 이번 논문에서는 스마트 팩토리 내부의 소음을 검출하고, 소음 패턴을 학습 및 분석하여 고장 예후를 검출함으로써, 스마트 팩토리를 구성하는 장비간의 데이터량 증가 없이 정확하게 고장 예후를 검출할 수 있는 효과가 있다. 또한, 별도의 센서를 사용하지 않음으로써 비용의 증가를 방지하고, 기존의 스마트 팩토리에 용이하게 적용할 수 있어 범용성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

References

- [1] J. H. Bae, "Fault diagnosis system of smart factory using artificial intelligence" Korea Patent Office (KR), Application No. 10-2020-0014761, January 25, 2022.
- [2] H. J. Chang, D. N. Kim, "A Study on big data utilization for implementation of the resident participation type safe community planning of the smart city", Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, vol. 9, no. 5, October 2016, pp. 478-495.
- [3] D. Thompson, T. Baranowski, R. Buday, J. Baranowski, V. Thompson, R. Jago, M. J. Griffith, "Serious video games for health: How behavioral science guided the development of a serious video game", Simulation & gaming, vol. 41, no. 4, December 2010, pp. 587-606, doi: 10.1177/1046878108328087.
- [4] K. M. Johnstone, A. A. Gramling, L. E. Rittenberg, Auditing: A Risk-based approach to conducting a quality audit, South-western/Cengage Learning, 2014.
- [5] B. H. Gu, "Study on the Application of ROK Military Virtual Combat Training Simulation using Serious Game", The Korean Society of Mechanical Engineers spring-fall conference, April 9-14, 2013, GunSan, Korea, pp. 33-34.
- [6] O. K. Ibedu, Information System Auditing, Regional Course on Computer Applications In Accounting Auditing and Financial Management, 2009.