JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지 Vol. 25, No. 1: 115~123, Jan. 2021

철강선재를 위한 WoT 기반 스마트 생산관리시스템 설계 및 구현

김동현[1] · 허준환[2] · 김종덕[3*]

Design and Implementation of Smart Manufacturing Execution System based on Web of Things for Steel Wire

Dong-Hyun Kim[1] · Jun-hwan Huh[2] · Jong-Deok Kim[3*]

[1]Research Professor, Dong-Nam Grand ICT R&D Center, Pusan National University, Busan, 46241 Korea
[2]Integrated course Student, Department of Information Convergence Engineering, Pusan National University, Busan, 46241 Korea
[3*]Professor, Department of Information Convergence Engineering, Pusan National University, Busan, 46241 Korea

요 약

생산관리 시스템은 생산 공정 내의 모든 자원의 공정단위 생산계획을 현장에서 실행하는 것은 물론 생산 관련 품질 데이터까지 다루는 공장정보화시스템이다. 인공지능으로 자동화와 연결성이 극대화되는 4차 산업혁명이 화두가 되면서 제조업체들은 스마트 공장 구축에 관심을 보이나 막대한 구축비와 표준화되지 않은 생산 공정은 스마트 공장 구축에 걸림돌이 되고 있다. 그래서 본 논문은 노후화된 공장에서 스마트 공장 구축을 위한 제조관리 시스템을 설계 및 구현한다. 철강 선재 공정을 위한 기초 수준의 스마트 공장을 목표로 Web 기반의 제조공정 시스템을 제안한다. 제안 시스템은 REST API를 사용하여 기존 구축된 ERP 시스템과의 연동을 원활히 지원할 것이며 다양한 기기와 다양한 브라우저에서 사용할 수 있도록 확장성을 고려할 것이다. 제안한 WoT 기반 생산관리시스템을 구현하여 실용성을 보이겠다.

ABSTRACT

Manufacturing execution system is a factory information system that handles production-related quality data as well as executes production plans of process unit for all resources in the production process on site. As the 4th industrial revolution, which maximizes an automation and connectivity with artificial intelligence, has become a hot topic, manufacturers are showing interest in building a smart factories, but enormous construction costs and unstandardized production processes are obstacles to smart factory construction. Therefore, this paper designs and implements a manufacturing execution system for building a smart factory in a deterioration factory. we propose a Web-based manufacturing execution system aiming at a smart factory at the basic level for steel wire processing. The proposed system will smoothly support interworking with the existing ERP system using REST APIs, and will consider extensibility so that it can be used in various devices and browsers. We will show practicality by implementing the proposed WoT-based manufacturing execution system.

키워드 : 생산관리시스템, 스마트 공장, 사물인터넷, 사물 웹, 철강 선재

Key word : Manufacturing execution system, Smart factory, Internet of Things, Web of thins, Steel wire

Received 19 October 2020, **Revised** 20 October 2020, **Accepted** 26 December 2020

*** Corresponding Author** Jong-Deok Kim(E-mail:kimjd@pusan.ac.kr, Tel:+82-51-510-3519)
Professor, Department of Information Convergence Engineering, Pusan National University, Busan,46241 Korea

Open Access http://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.1.115 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/li-censes/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

오늘날의 제조업체들은 인건비의 상승과 노동인구의 감소로 운영에 어려움을 겪고 있으며, 특히 소비자들의 요구사항이 다변화, 다양화되면서 맞춤형 생산이 요구되고 있다. 그래서 제조업체들은 품질 향상, 납기 단축과 같은 생산성 향상을 통해 경쟁력을 확보하고자 노력하고 있으며, 변화하는 세계 시장에서 경쟁력 확보를 위해 생산 정보화에 많은 투자를 하고 있다. 특히, ERP (Enterprise Resource Planning), MES(Manufacturing Execution System), SCM(Supply Chain Management), CRM(Customer Relation Management) 등과 같은 여러 가지 정보화 시스템을 적극적으로 도입, 구축하여 운영하고 있다[1].

생산관리 시스템은 고객의 주문으로 제품생산을 시작하고 완성이 되어 품질 검사까지의 전 생산 활동을 관리한다. 국제 MES 협회인 MESA International에서는 수주에서 완제품 출하에 이르는 생산 활동을 최적화 할 수 있는 정보를 제공하는 시스템이라 정의하고 있다. 최근 4차 산업혁명의 시대를 맞아 스마트 공장이 중요한 화두가 되면서 MES에 대한 중요성이 증가하였다[2].

스마트 공장은 제품의 설계부터 유통, 판매에 이르는 공정 전체과정에 ICT(Information Communication Technology)를 접목한 것이다. 이것은 생산 설비와 정보 시스템을 통해 공장의 모든 정보를 실시간으로 수집하여 현재 상황을 파악하고, 수집된 데이터를 분석하여 목적된 바에 따라 스스로 제어하는 지능형 공장을 말한다. 이를 바탕으로 공장의 생산성이나 효율성을 높일 수 있다[3][4]. 제조공정은 생산제품에 따라 구성 요소가 다르다. 스마트 공장의 올바른 구축을 위해서는 공정마다 특성을 살려 스마트화를 실현해야 한다. 스마트 공장의 목표는 고품질, 고효율을 위한 제조 최적화와 제조 환경 기반을 구축하는 것이다. 단순히 기존의 공장 자동화의 수준을 넘어서 ICT와 제조기술이 접목된 지능화된 공장을 목표로 하는 것이다. 이러한 시스템은 공정 생성 때부터 고려되어야 하며 만약 기존 공정에 이러한 시스템을 구축하기 위해서는 큰 비용과 기존 시스템과의 연계와 같은 제약사항을 극복해야 한다. 따라서 본 논문은 이러한 제약사항을 극복하기 위해 라즈베리파이, QR(Quick Response) 코드 리더기 그리고 스마트폰을 이용하여 각종 장비의 정보를 수집하고 공정 단계별 프로세서를 적응적으로 동작시키는 Web 기반 시스템을 제안한다. 이를 위해 먼저 공정 단계를 모델링하고 모델링을 기반으로 시스템을 설계한다. 그리고 다양한 Web 기술을 이용하여 시스템을 구현한다. 구현된 시스템을 실제 현장에 적용함으로써 사용의 편의성과 실용성을 확인한다.

본 논문의 이후 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구로 생산관리 시스템과 WoT에 대하여 설명한다. 3장에서는 시스템 설계로 철강 선재 공정을 분석하고, 그에 따른 공정 모델링을 공정별로 설명하며 4장에서는 설계된 시스템을 구현하기 위하여 전체 시스템 구조와 WoT 기반 제조관리시스템의 각 부분에 대한 설명과 구현된 시스템을 설명한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 도출하고 향후 연구 방향을 제시한다.

Ⅱ. 관련연구

2.1. 생산관리 시스템

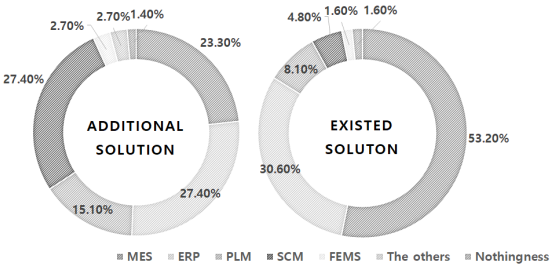

Fig. 1 The distribution ratio of existed and additional system

공정정보는 원자재 투입부터 제품생산까지 생산의 모든 데이터를 말한다. 수집된 공정정보는 하위 계층으로는 설비의 정보, 상위계층으로는 계획 시스템인 ERP 시스템과 연동하여 전사적인 자원관리부터 최하위 생산 장비 제어 및 통합을 위한 중요한 정보가 되며 스마트 공장을 구축하기 위한 기반이 된다.

제조업체들을 대상으로 현재 구축된 솔루션을 묻는 말에 생산성 향상에 초점을 맞춘 생산관리 시스템인 MES 도입이 53.2%로 큰 비중을 차지했으며, 더불어 추가 구축이 필요한 솔루션으로 23.3%로 ERP, SCM 솔루션 다음으로 비중이 높았다. 그림 1은 제조업체에서의 기존 시스템 분포와 추가 구축이 필요한 솔루션의 분포

를 나타낸다[5].

공정정보를 수집 활용하여 공장의 생산성 및 효율성 향상과 제품의 불량률 관리 및 생산 일정을 예측하고 관리하면서 공정 전반의 상태를 파악하는 것은 매우 중요하다. 시장의 제품 세분화와 다변화에 따른 다품종 소량 생산으로 제조업의 형태가 바뀌어 감에 따라 정보 시스템 기반의 생산관리 체계는 매우 중요하며, 이러한 제조 환경의 변화는 수주 제품의 품질이 수주에 상당한 영향을 미치는 결과를 가져오게 되고 고객은 더 높은 수준의 품질관리를 요구하게 된다[6].

현재까지 생산관리 시스템 연구는 특정 제품생산을 위한 시스템 구조를 제안하거나 시스템 내부의 메시지를 전달하기 위한 메시지 구조와 데이터 통신 구조에 관한 것이었다. 그러나 본 논문은 시스템 구조 설계부터 Web 기반의 구현을 위한 요소 기술까지를 포함하며 현장 적용을 통해 검증함으로써 이전 연구와는 차별점이 분명하다[7][8][9].

실제 생산 현장에서는 빠른 의사 결정이 매우 중요하다. 생산관리 시스템의 도입 배경은 생산 현장 관리를 위한 지식기반 정보체계의 미흡, 생산과정에서 발생하는 통합화 기능의 부재, 과학적이고 통계적인 공정 관리 도구의 필요, 공장/부서/공정/업무 프로세스 간의 정보 공유 미흡, 공정 및 품질 개선 활동을 지원하기 위한 도구 필요, 현장을 한눈에 파악하고 의사 결정을 내릴 수 있는 시스템의 구축이 필요하기 때문이다. 이러한 배경은 생산관리 시스템 도입을 통해 생산성 지표 향상, 생산 공정의 지식체계구축, 표준화/통합화를 통한 정보 공유, 실시간 현장 정보의 집계를 통한 종합 모니터링 시스템 구축과 보이는 현장 관리 실현을 목표로 한다.

2.2. WoT (Web of Things)

IoT(Internet Of Things)는 사물들이 통신 기능을 부여받은 다양한 통신인터페이스를 통하여 인터넷에 연결되어 서로 간에 통신을 할 수 있는 유기적인 환경을 의미한다[10].

WoT(Web Of Things)는 웹 기반 기술을 통해 사물들이 쉽게 통신할 수 있도록 제반 프로토콜과 기본 프레임워크를 제공하는 플랫폼이다. 연결되는 사물에는 스마트 TV, 냉장고, 보일러, 웨어러블 디바이스 등의 다양한 시스템이 있으며 HTTP 프로토콜을 중심으로 사물들이 연결되기 때문에 REST(RESTful)기반의 통신을 통해서 사물들이 웹 기반으로 연결되는 환경이라 할 수 있다[11].

HTTP 기반의 웹은 방화벽에 개방된 80번 포트를 의미하며 20년 가까이 웹 브라우저를 통해 안정적인 성능과 확장성이 충분히 검증되어 왔기 때문에 사물 간의 통신을 위한 기본적인 환경으로 채택되었다. REST 기술은 웹 서비스라 불린 SOAP(Simple Object Access Protocol) 기술이 더욱 경량화된 형태로 개발되어 실용화되었다. 사물이 가지고 있는 CPU, Memory, 저장장치 등의 성능이 대폭 향상되면서 사물 자체가 통신 기능을 능동적으로 수행 할 수 있는 서버 기술을 보유하게 되었다. 업그레이드된 사물은 스스로가 웹 서버로 동작하여 사물 간 또는 사람이 사물을 제어 할 수 있도록 표준화된 프로토콜과 통신 방식이 필요하게 되었으며, 그러한 요구사항으로 HTTP 기반의 REST 기술이 채택되게 되었다.

단순한 데이터 교환이나 하이퍼링크로 대변되었던 HTTP는 SOAP의 출현과 웹 2.0을 통하여 상호 협력 및 양방향 정보 공유 등의 개념이 새롭게 대두되었고, 웹 3.0이 도입되면서 HTML5 표준으로 다시 웹은 새로운 전기가 마련되었다. 사물의 통신 기능에 REST가 채택된 웹 서버로 동작할 수 있다는 것은 사용자가 사물들을 이용할 수 있는 새로운 서비스의 개발이 가능해지며 사물을 제어하는 방법이 여러 제조사마다 다른 프로토콜 사용으로 인한 복잡성이 제거되어 간편하게 연계 할 수 있는 환경의 도입을 의미한다. 가전제품 제조사들의 REST 지원 추세는 증가하고 있으며 웹에서 데이터를 더욱더 쉽게 주고받기 위한 단순 REST를 이용하여 웹 브라우저만으로도 통신이 가능해졌다. 그리고 어떤 사물에나 탑재할 수 있게 되었다. 특히 아두이노 또는 라즈베리파이와 같은 오픈 소스 하드웨어 플랫폼에 직접 탑재가 가능하게 되어 누구나 사물을 통하여 웹 서비스를 개발 할 수 있는 환경이 가능해졌다. IoT에서는 여러 컨소시엄마다 특별한 표준이 별도로 존재하지만, WoT에서는 HTTP만 지원되면 동작이 가능한 단순함으로 말미암아 이미 표준이 제정되었고 누구나 원하면 관련 서비스의 개발이 가능하게 되었다[12].

Ⅲ. 시스템 설계

3.1. 철강 선재 공정분석

철강 선재 공정은 Wire Rod를 공급받아 산세 공정,

신성 공정, 도금공정, 열처리를 거쳐 아연도금철선이나 경강선을 생산하는 과정이고 그림2는 원재료와 아연도금철선을 나타낸다.

Fig. 2 Wire Rod and zinc coated wire

그림3은 철강 선재 제조 공정도이다. 현재 제조관리 시스템이 없는 공장에서 원자재가 공장에 입고가 되면 담당자가 수기로 입고 품목에 대한 일일 일보를 작성한다. 원자재 입고를 시작으로 최종 완성제품으로 생산될 때까지 공정마다 일보를 담당자가 수기로 작성을 한다. 수기로 작성된 공정별 일보는 퇴근 시간에 관리자에게 전달되고 관리자는 다음날 업무 시작 전 해당 일보를 정리하고 생산 일정을 조율한다. 이렇게 모든 공정이 수기로 관리되므로 자료는 부정확하며 공정에서 작업 중인 제품에 대한 실시간 정보를 파악하기는 매우 어렵다. 그리고 다양한 종류의 제품을 생산하다 보니 표준공정이 아닌 중간 공정에서 완성제품으로 생산되는 경우 수기로 인한 오류 사항이나 완료 시점을 파악하기 어려운 문제가 있다.

철강 선재의 세부 공정에 대하여 설명하면, 산세 공정은 원재료가 생산된 이후 실제 공정에 투입되기 전까지 표면의 산화물층 즉 여러 가지의 스케일이 생긴다. 이러한 스케일이 생긴 상태에서 장기간 외부 환경에 방치하면 표면에 산화피막이나 수산화물이 생기는데 이것을 산으로 제거하는 기법이다. 비교적 긴 시간 산 수용액 중에 침적하여 스케일 또는 녹을 제거하는 방식이다. 신선 공정은 인발가공이라고도 불리며 금속의 소성가공에 사용하는 틀에 금속 선을 통과시켜 재료의 두께를 감소시키는 가공법이다[13]. 이 가공법은 단조 기법에 버금가는 만큼 오래된 금속가공 기술이다. 도금공정은 금속으로 된 물품을 전해된 수용액에 넣어 하나의 전극을 만들고 이 전극과 상대 전극 간의 전류를 통화시켜 그 표면에 금속을 석출시키거나, 화학적 변화를 일으키게 하여 필요로 하는 성질을 피 도체에 부여하는 것을 말한다. 열처리 공정은 적절한 온도로 가열하여 유지한 다음 냉각시켜 경도를 감소시키고 가공성을 향상하며 냉각가공이 쉽게 할 수 있도록 원하는 미세 1 조직을 얻는 공정이다. 도금과 열처리 공정은 연속 라인으로 구성이 되어있어 설계 시 하나의 공정으로 통합하여 처리하였다.

3.2. 공정 모델링

공정 및 작업관리의 4요소인 4M 관리를 통하여 단위공정을 표준화한다. 이때 4M은 인원 관리(Men), 설비관리(Machine), 재료관리(Material), 작업 방법 관리(Method)로 이루어져 있으며 제조업의 조업도 측정 및 작업능률 향상에 사용되는 분석법으로 효율적인 생산을 추구하고 낭비 요소를 제거하여 기업의 이익과 생산성 향상에 도움을 준다.

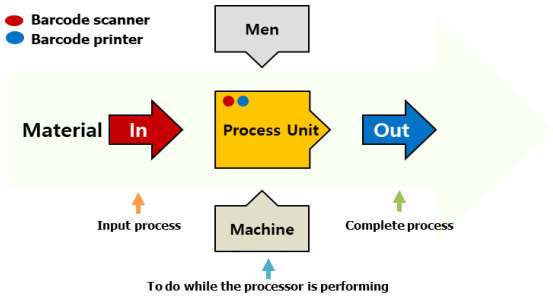

Fig. 4 The standard model of process unit

하나의 공정에는 원재료 또는 중간 재료, 사용자, 설비, 단위공정이 존재한다. 전체 공정에 대한 모델링을 진행하였고, 공정 투입 전, 후 과정에 진행해야 할 프로

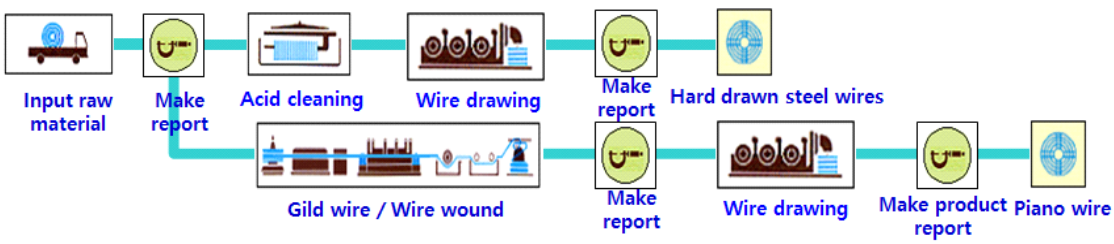

Fig. 3 The sequence of manufacturing process

세스와 정보를 명시하였다. 또한, 공정 수행정보를 표시하였고 바코드의 스캔과 프린터가 필요한 경우를 명시하였다. 전체 공정에 대한 단위공정 프로세스를 표준화하였으며 그림 4와 같이 모델링 하였다.

입고와 산세 공정에서는 원자재 바코드를 활용하여 정보를 수집하고 그 외의 공정은 중간재 라벨바코드를 활용한다. 단일 제품을 위한 공정 모델링으로 입고-산세-1차 신선-도금, 열처리-제품 검사 이렇게 5가지의 공정으로 구분하여 모델링을 진행하였다.

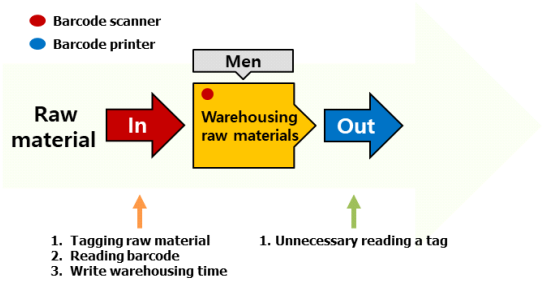

Fig. 5 Input process of raw material

입고공정은 정보 수집을 위해 원자재 태그를 활용하고 입고 예정 리스트에서 해당 원자재가 등록되어 있으면 입고 처리한다. 입고공정 모델은 그림5와 같다.

산세 공정은 원자재를 산세 공정 투입 전 바코드를 읽어 공정 시작 시각 정보를 등록하고 공정이 완료되면 공정 종료 시각을 등록한다. 공정과정은 그림 6과 같다.

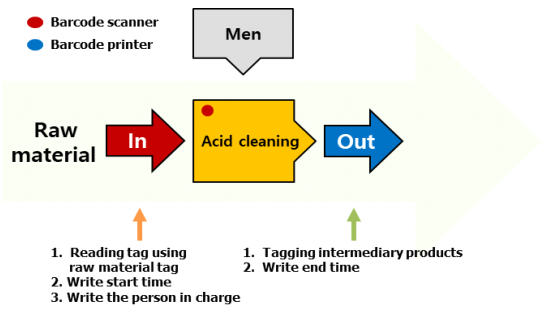

Fig. 6 Acid cleaning process of raw material

신선 공정은 바코드 정보 수집 시 원자재 태그를 활용하고 원자재 리딩 후 작업지시서에 대한 바코드를 리딩한다. 이때 해당 원자재의 강종정보와 작업지시서의 중간제품 정보를 확인한다. 중간재가 분할되면 분할 수를 입력하고 공정 시작 시간 정보를 기록한다. 이때 Web

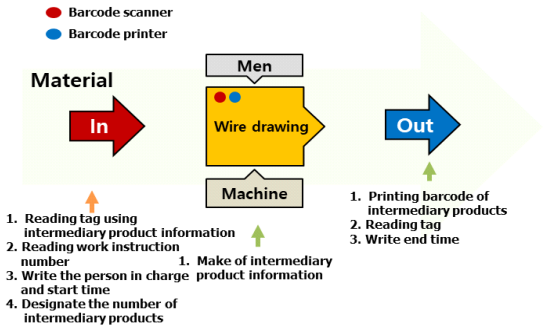

Fig. 7 Wire drawing process

프로그램에서 전달받은 정보를 바탕으로 중간재 정보를 생성하고 생성된 바코드 정보를 스마트 기기로 전달하여 중간재 라벨을 출력한다. 공정이 완료된 이후 해당 중간재 라벨을 부착하고 라벨의 바코드를 리딩 하여 공정의 종료 시각을 기록한다. 공정과정은 그림 7과 같다.

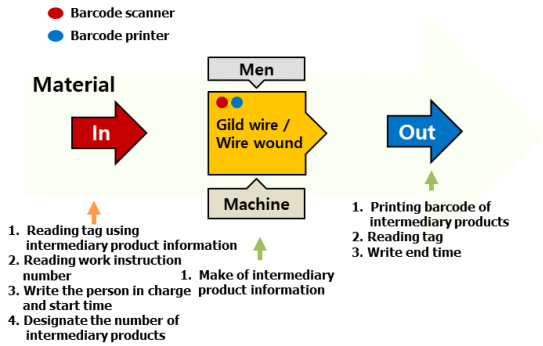

Fig. 8 Gild wire and wire wound process

도금, 열처리 공정은 중간재 바코드 리딩 후 작업지시서에 대한 바코드를 리딩한다. 이때 해당 중간재 정보와 작업지시서의 중간제품 정보를 확인한다. 중간재가 분할되면 분할 수를 입력하고 공정 시작 시각 정보를 기록한다. 이때 Web 프로그램에서 전달받은 정보를 바탕으로 중간재 정보를 생성하고 생성된 바코드 정보를 스마트 기기로 전달하여 중간재 라벨을 출력한다. 공정이 완료된 이후 해당 중간재 라벨을 부착하고 라벨의 바코드를 리딩하여 공정의 종료 시각을 기록한다. 공정과정은 그림 8과 같다.

제품 검사 공정은 중간재 바코드 리딩 후 공정 시작 시간 정보를 기록한다. 공정 완료 후 중간재 바코드 리딩 하여 공정의 종료 시각을 기록하며 공정과정은 그림 9와 같다.

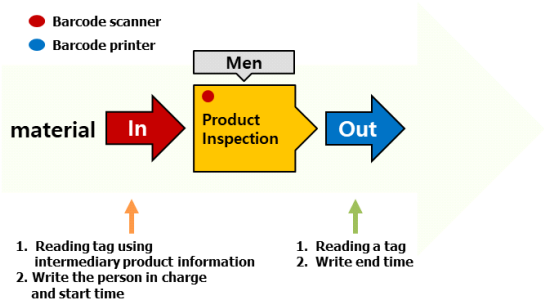

Fig. 9 Inspection process

3.3. WoT 기반 제조관리시스템 설계

본 연구에서는 WoT 기반의 제조관리 시스템 구축을 위하여 실용적인 측면 2가지를 고려하였다. 고비용의 산업용 PDA 장비가 아닌 저 비용의 스마트 기기를 활용한 시스템 구축과 Web 기반의 프로그램으로 접근환경의 제약을 줄이고 기존 구축된 시스템과의 통합성이다.

스마트 기기의 카메라를 이용하여 원재료, 중간제품 또는 작업지시서의 QR 코드를 스캔하여 작업을 진행해야 할 제품 정보와 작업에 사용될 원재료, 또는 중간제품의 정보를 확인하고 작업지시번호와 해당 공정의 시작과 종료 정보를 기록한다.

시스템은 Web 서버 기반으로 구성한다. 서버를 중심으로 공정별 작업자용 프로그램이 설치된 스마트 기기에서 현재 작업 진행 중인 코일의 정보와 작업지시 정보를 Web 서버로 전송하여 Web 프로그램에서 데이터베이스에 저장 관리하고 미들웨어에 전달하여 ERP 데이터베이스에 저장한다.

저장된 정보는 Web 프로그램과 ERP 프로그램에서 확인할 수 있다. 따라서 현재 비 가동 중인 공정정보를

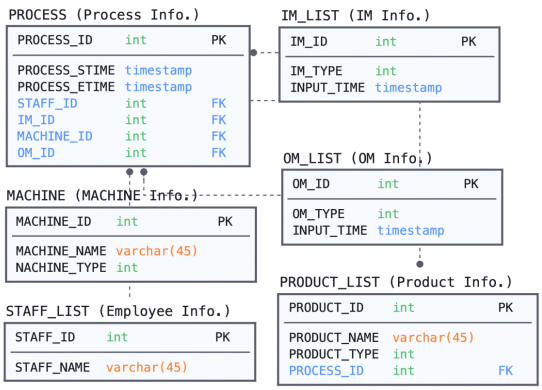

Fig. 10 DB Schema in MES based on WoT

파악하고 비 가동의 원인을 파악하여 전체적인 공정의 생산성을 향상할 수 있다.

그림 10은 WoT 기반 제조관리 시스템의 데이터베이스 스키마이다. 스키마는 공정을 기준으로 공정에 사용되는 장비와 장비를 다루는 작업자 그리고 공정을 위한 원자재와 중간재 및 생산을 위한 제품 정보로 이루어지며 상호 테이블 관계는 그림 10과 같다.

Ⅳ. 시스템 구현

4.1. 전체 시스템 구조

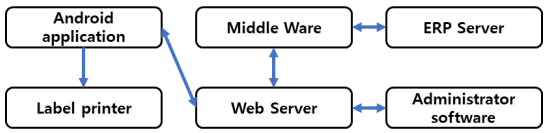

Fig. 11 Overall system structure map

그림 11은 전체 시스템 구조이다. Web 서버가 가장 중요한 역할을 한다. Web 서버는 작업자용 프로그램(Android application)에서 전달받은 정보를 ERP 연계 프로그램을 통하여 정보를 ERP 서버로 전달하거나 수주, 생산 지시정보 등을 가져온다. 또한, 작업자용 프로그램에서 바코드 리딩, 정보입력 등이 발생하면 Web 서버에 해당 정보가 전달되고 이 정보를 바탕으로 중간정보를 생성하고 작업자용 프로그램으로 전달한다. Web 서버로부터 전달받은 정보를 이용하여 작업자는 작업내용을 확인한다. 작업자의 확인이 끝나면 라벨프린터를 이용하여 해당 정보를 담은 라벨을 출력한다. 또한, 관리자용 프로그램에서는 현재 공정의 상태를 실시간으로 확인할 수 있다.

4.2. WoT 기반 제조관리시스템

전체 시스템은 Web을 기반으로 구성되며 기존 구축된 ERP는 서버, 클라이언트 기반의 시스템으로 정보를 연계하기 위해 Middle Ware를 구현하여 ERP 서버의 정보를 가져오거나 전달한다.

그림 12는 본 논문에서 제안하는 WoT 기반 제조 시스템의 Web 구조이다. 바코드로 스캔 된 작업지시서 번호, 원재료 또는 중간선 코일 번호는 Web 프로그램으로 전달되며 이것은 스마트 기기를 이용하여 확인할 수 있다.

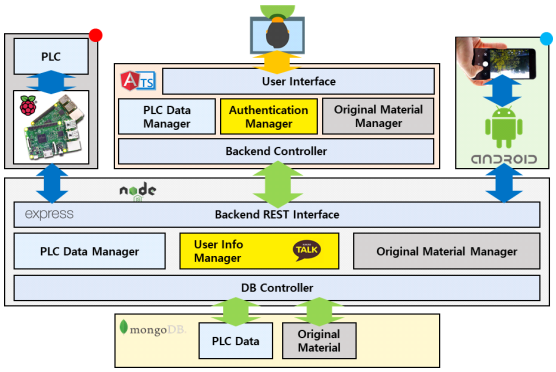

Fig. 12 Web architecture of proposed system

User Interface는 웹 브라우저를 통해 사용자가 원하는 정보를 화면에 표시해 주고 생산지시 정보 생성 및 원재료 업로드 등 사용자가 하는 모든 행위의 처리를 수행한다. Authentication Manager는 Web 시스템에 대한 접근 권한을 관리하는 임무를 수행한다. Open Authentication 방식의 인증 수단을 이용하여 구현하였다. Open Authentication 방식은 인증 절차가 간소하고 사용자에 대한 별도의 데이터베이스를 구성하지 않아도 되기 때문에 이전 방식의 인증시스템보다 보안에 강인하다. User Info Manager는 사용자에 대한 정보를 관리하는 모듈로서 인증된 사용자의 정보를 관리하는 임무를 수행한다. 정보의 저장 기능을 수행할 경우 해당 사용자의 정보를 전달받아 사용한다. Material Manager는 Web 프로그램에서 가장 중요한 모듈로서 제조관리 시스템의 모든 정보를 관리하고 필요한 모듈로 전달하는 역할을 한다. User Interface에서 생산 작업지시 번호 정보 조회와 작업지시 스케줄링, 작업자용 프로그램에서 전달되는 원재료, 중간 재료 정보를 관리하여 데이터베이스에 전달하는 역할을 수행한다. Middle ware의 Material Manager는 Web 시스템을 통해 전달받은 각 공정의 중간 재료 정보를 ERP 데이터베이스에 저장하고 관리하는 임무를 수행한다. ERP Data Manager는 이미 구축된 ERP 데이터베이스에 접근하여 Web 프로그램에서 요청한 정보를 가져오거나 Web 프로그램으로부터 전달받은 정보를 ERP 데이터베이스에 저장 관리하는 임무를 수행한다.

작업자용 프로그램은 안드로이드 기반의 프로그램으로 작업지시번호와 작업 Coil의 Lot No를 스캔하여 Web 프로그램으로 전달하고 Web 프로그램에서 전달된 데이터를 스마트 기기에 보여주는 역할을 한다. 작업자용 프로그램의 아키텍처는 그림 13과 같으며 Activity 단위로 구성하였다.

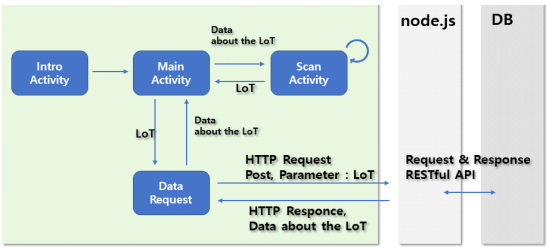

Fig. 13 The architecture of android application

Intro Activity는 작업자용 프로그램이 처음 시작되었을 때 필요 라이브러리들을 받아오고 정상 작동 및 Intro 화면을 표현하는 임무를 수행한다. Main Activity는 중앙처리 액티비티로 스캔 된 정보를 받아와서 Web 프로그램으로 전달하고 Web 프로그램에서 받아온 정보를 스마트 기기 화면으로 보여주는 역할을 하며 블루투스 기능을 이용하여 라벨프린터와 연결되어 라벨을 출력하는 기능을 수행한다. Scan Activity는 스마트 기기의 카메라를 이용하여 원재료 또는 중간 재료 등의 정보를 SCAN 하여 중앙처리 액티비티로 전달하는 임무를 수행한다. Data Request는 작업자용 프로그램에서 Data를 주고받는 임무를 수행한다. 원재료, 중간 재료 등의 정보를 Web 서버로 보내고 서버로부터 관련 데이터를 받아 중앙처리 액티비티로 전달하는 역할을 한다.

4.3. 구현

철강 선재를 위한 제조공정은 복잡하고 단순한 과정이 아니다. 그래서 전체 공정 중 일부분만을 가지고 구현 결과를 설명하겠다. 원자재 정보는 거래처에 제공이 되는 원자재의 SPEC 정보를 가지고 있다. 이는 엑셀 파

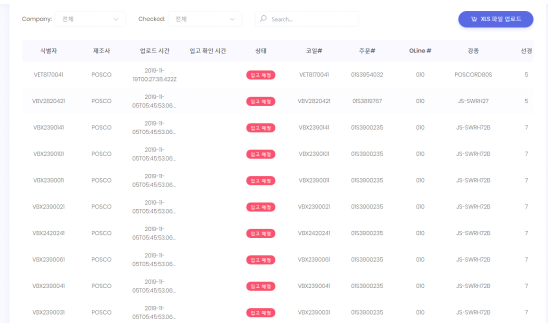

Fig. 14 Warehousing screen of raw material

일로 거래처에서 전달이 되면 해당 데이터를 올려 원자재 입고 예정 리스트를 생성하고 작업자용 프로그램에서 입고처리 시 확정 처리된다. 그림 14는 원자재 입과 화면이다.

Middle ware를 통하여 ERP의 수주정보와 생산지시 정보를 가져와 Web 프로그램용 생산지시 정보를 생성한다. 그림 15는 생산지시 정보 생성 화면이다.

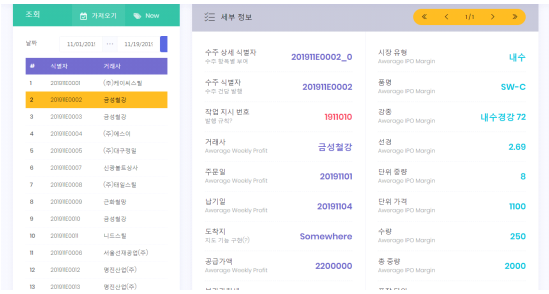

Fig. 15 Generation screen of production order information

Fig. 16 Monitoring screen of real time process

그림 16은 실시간 모니터링 화면이며 현재 공정에서 어떤 작업지시가 진행되고 있는지 확인할 수 있다.

Ⅴ. 성능분석

구현된 시스템은 작업자용 안드로이드 앱, 라벨프린터, ERP 서버와 연결하기 위한 미들웨어, 웹서버 그리고 관리자용 프로그램으로 구성된다. 표1은 작업자용 안드로이드 앱, 라벨프린터, 미들웨어, 웹서버 그리고 관리자용 프로그램에 사용된 주요 기능과 동작 상황을 확인한 것이다.

작업자용 안드로이드 앱은 4가지 주요 기능이 모두 이상 없이 동작하였으며 공정단계별 라벨프린터는 모두 이상 없이 동작하였다. 2가지 미들웨어 기능과 4가지 웹서버 기능도 이상 없이 동작하는 것을 확인하였으며 관리자용 프로그램을 통하여 현장에서 바코드로 스캔된 작업지시서 번호, 원재료 또는 중간선 코일 번호를 읽어 웹 서버로부터 해당 정보를 전달받아 스마트 기기를 이용하여 정보를 보여주고 작업의 시작과 종료, 작업 후 생성되는 코일의 수량 정보 등을 웹 서버로 전달되는 과정이 이상 없이 동작하는 것을 확인하였다.

Table. 1 Working status of developed functions according to category

Category	Development content	Working
Android Application	Intro Activity	O
	Main Activity	O
	Scan Activity	O
	Data Activity	O
Label Print	Printing each process	O
MiddleWare	Material Manager	O
	ERP Data Manager	O
Web Server	User Interface	O
	Authentication Manager	O
	User Info Manager	O
	Material Manager	O
Administrator Software	Transmit and receive a information to web server	O

Ⅵ. 결 론

스마트 팩토리는 4차 산업혁명이 제조업에 주는 메시지 가운데 가장 뚜렷한 특징으로 전체 산업의 혁명과 새로운 패러다임을 불러일으킬 것이다. 본 논문은 철강 선재 제조공정을 위한 WoT 기반 스마트 제조관리 시스템을 설계하고 구현하는 것으로 접근성에 제약이 없는 Web 기반 시스템을 이용하며 제조관리 시스템 도입 시에 수반되는 비용의 문제는 라즈베리파이 및 저가형 스마트 기기를 사용하여 극복하였다. 다품종 철강 선재라는 제품 특성에 맞는 공정 모델링을 위해 공정중심이 아닌 제품 중심의 시스템을 제안하였으며, 제안한 시스템은 구현을 통하여 시스템별 주요 기능의 동작 상황을 확인하였다. 그리고 통합 테스트를 통해 안드로이드 앱, 라벨 프린터, 미들웨어, 웹서버 및 관리자용 프로그램의 주요 기능들이 유기적으로 동작하는 것을 확인하였다.

공정과정에서 수집된 정보는 향후 생산성 향상을 위한 기초 데이터로 활용 가능할 것이다. 본 연구를 통해 WoT 기반 제조공정 시스템의 기반이 확립되었으며 이후 데이터 마이닝과 같은 고도화를 통해 스마트 공장으로 발전하는 계기를 마련하였다. 그리고 추후 이와 관련된 연구가 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2020R1I1A306594711).

References

[1] J. Y. Lee, W. B. Zhao, Y. H. Park, E. Lee, S. D. Noh, H. J. Jo, Y. J. Jo, and S. O. Choi, "A Study on the Production Informatization Strategy for Korean SMEs of Manufacturing Industries(I) - Evaluation of Production Information Level," *Journal of The Korean Society for Precision Engineering*, vol. 30, no. 2, pp. 194-205, Feb. 2013.

[2] H. T. Yang, "Policy Measures for Revitalizing the Artificial Intelligence-Based Smart Factory," *The Journal of The Korean Institute of Communications Sciences*, vol. 45, no. 9, pp. 1659-1665, Sep. 2020.

[3] K. S. Park, J. M. Park, W. K. Yun, and S. J. Yoo, "DQN Reinforcement Learning: The Robot's Optimun Path Navigation in Dynamic Environments for Smart Factory," *The Journal of The Korean Institute of Communications Sciences*, vol. 44, no. 12, pp. 2269-2279, Dec. 2019.

[4] C. T. Woo, S. S. Il, and J. C. Lee, "Survey Analysis on Small and Medium-Sized Suppliers of Smart Factory and Improvement Plan for Them," *Entrue Journal of Information Technology*, vol. 17, no. 1, pp. 77-88, Dec. 2019.

[5] J. S. Kho and J. P. Jeong, "Design and Implementation of Smart Factory MES Model Based on Process Visualizationa for Small and Medium Business in Korea," *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, vol. 19, no. 5, pp. 135-141, Oct. 2019.

[6] S. H. Sik and J. Y. Won, "Implementation and Effectiveness of Flexible Manufacturing Execution System," *Journal of The Korea Management Engineers Society*, vol. 21, no. 2, pp. 57-71, Jun. 2016.

[7] J. S. Kho and J. P. Jeong, "Design and Implementaion of Smart Factory MES Model Based on Process Visualization for Small and Medium Business in Korea," *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, vol. 19, no. 5, pp. 135-141, Oct. 2019.

[8] H. C. Kim, "A Study on The Real-Time Collection/Analysis/Processing Intelligent IoT," *Journal of the KIECS*, vol. 14, no. 2, pp. 317-322, Apr. 2019.

[9] J. S. Han, "MES system based on real-time process capability management," *Journal of The Society of Computer and Information*, vol. 25, no. 11, pp. 115-122, Nov. 2020.

[10] Y. S. Jeong, D. B. Yoon, and S. S. Shin, "An IoT Information Security Model for Securing Bigdata Information for IoT Users," *Journal of Convergence for Information Technology*, vol. 9, no. 11, pp. 8-14, Nov. 2019.

[11] M. Durgun and L. Gokrem, "VLC4WoT : Visuble Light Communication for Web of Things," *KSII Transactions on Internet and Information System*, vol. 14, no. 4, pp. 1502-1519, Apr. 2020.

[12] J. W. Shon and S. M. Hong, "Provision of Responsive Web User Interface Service for Wireless Router Network Setting in IoT Home Hubs and Devices," *The Journal of The Korean Institute of Communications Sciences*, vol. 45, no. 02, pp. 368-374, Feb. 2020.

[13] C. S. Moon and N. S. Kim, "Study on Dimensional Change in Wire Product During Wire-Drawing Process," *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 36, no. 7, pp. 723-730, Jul. 2012.

김동현(Dong-Hyun Kim)

2013년 부산대학교 전자전기컴퓨터공학과 (공학박사)
2013년 ~ 현재 : 부산대학교 동남권 그랜드 ICT 연구센터 연구교수
※관심분야 : 무선통신, 사물인터넷, 무선 멀티미디어 방송 시스템, LPWAN, 강화학습, SDR, 대규모 근거리 광대역 통신망

허준환(Jun-Hwan Huh)

2015년 부산대학교 정보컴퓨터공학부 (공학사)
2015년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 정보융합공학과 석박사통합과정
※관심분야 : 무선 이동통신, 사물인터넷, LPWAN, SDR, 최적화, LoRa, 무선 근거리 광대역 통신망

김종덕(Jong-Deok Kim)

2003년 서울대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
2004년 ~ 현재 : 부산대학교 정보융합공학과 교수
2016년 ~ 현재 : 부산대학교 동남권그랜드 ICT 연구센터 부센터장
※관심분야 : 무선통신, 사물인터넷, 무선 멀티미디어 방송 시스템, LPWAN, 인공 신경망, 최적화, 무선랜