ISSN 1598-0170 (Print)
ISSN 2287-1136 (Online)
http://www.jksii.or.kr

단조공정에서 설비 에너지 사용에 대한 웹 기반 실시간 모니터링 시스템 개발☆

The Development of a Web-based Realtime Monitoring System for Facility Energy Uses in Forging Processes

황 현 숙[1*] 서 영 원[1] 김 태 연[1]
Hyun-suk Hwang Young-won Seo Tae-yeon Kim

요 약

전 세계적으로 지구 온난화 및 에너지 비용 상승으로 인해서 에너지 절감에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히, 단조 공장들은 에너지를 많이 사용하기 때문에 에너지를 절감하면서 생산성을 향상시키는 방법에 대한 연구가 필요하다. 이러한 진입을 위한 한 가지 해결책으로 IoT 기반으로 각 설비의 에너지 사용량을 실시간으로 파악할 수 있는 시스템을 제안한다.

본 시스템은 생산 공장에서 사용하는 기존 기업자원관리시스템과 생산실행시스템과의 연동으로 작업일지 입력/관리, 설비/에너지 관리, 실시간 에너지 모니터링, 이력 검색, 데이터 분석 등으로 구성된다. 중심이 되는 실시간 에너지 모니터링 프로세스는 각 설비별로 기존 설치되어 있는 가스계량기와 전력계에 IoT 디바이스를 연결시켜 데이터를 실시간으로 수집한다. 그리고 수집된 에너지 사용량을 웹 또는 모바일에서 실시간으로 화면에 표출한다. 본 시스템의 장점은 생산 공정 단계에서 설비별 도시가스 및 전력 에너지 사용량의 변화, 사용요금, 에너지 환산, 온실가스 등의 정보를 웹 기반에서 실시간으로 파악할 수 있다는 것이다. 향후, 빅 데이터 기반에서 에너지 사용량을 수집하여 생산 공정별로 에너지 사용량을 분석함으로써 제품 생산 소요시간을 최소화할 수 있는 에너지 절감 방안 수립에 사용될 수 있다. 또한, 모바일 작업일지시스템과 생산 공정 최적화 모델과 융합하면 에너지를 절감하면서 생산성을 향상시키는 방안이 마련될 수 있다.

☞ 주제어 : 스마트공장, 단조 공정, 실시간 모니터링시스템, 공장에너지관리시스템

ABSTRACT

Due to global warming and increased energy costs around the world, interests of energy saving and efficiency have been increased. In particular, forging factories need methods to save energy and increase productivity because of needing amounts of energy uses. To solve the problem, we propose a system, which includes collection, monitoring, and analysis process, to monitor energy uses each facility in realtime based on the IoT devices.

This system insists of worksheets management, facility/energy management, realtime monitoring, history search, data analysis through connecting with existed ERP/MES Systems in manufacturing factories. The energy monitoring process is to present used energy collected from IoT devices connected with installed gasmeter and wattmeter each facility. This system provide the change of energy uses, usage fee, energy conversion, and green gas information in realtime on Web and mobile devices. This system will be enhanced with energy saving technology by analyzing constructed big data of energy uses. We can also propose a method to increase productivity by integrating this system with functions of digitalized worksheets and optimized models for production process.

☞ keyword : Smart Factory, Forging Process, Realtime Monitoring System, Factory Energy Management System

1. 서 론

전 세계적으로 급격한 경제 성장으로 인하여 에너지 비용이 지속적으로 상승하고 있어, 효율적인 에너지 사용에 대한 필요성이 증가되고 있다[1,2,3,4]. 국내에서는 2011년 IT기반 ESCO 시범 사업을 통해 생산정보와 다양

1 Technical Research Center, New Communication Infotech, Busan, 48058, Korea.
* Corresponding author (hwanghs29@gmail.com)
[Received 21 September 2017, Reviewed 08 November 2017, Accepted 28 December 2017]
☆ 이 논문은 2017년도 정부재원(미래창조과학부 여성과학기술인 R&D 경력복귀 지원사업)으로 한국연구재단과 한국여성과학기술인지원센터의 지원을 받아 연구되었습니다. (WISET-2017-374호)

☆ 본 논문은 2017년도 한국인터넷정보학회 춘계학술발표대회 우수 논문 추천에 따라 확장 및 수정된 논문임.

http://dx.doi.org/10.7472/jksii.2018.19.1.87

한 에너지 정보를 관제하고 분석하여 공장에 최적 에너지 패턴을 적용할 수 있도록 하는 공장에너지 관리시스템(FEMS: Factory Energy Management System)을 개발하여 보급 확산이 추진되고 있다[1]. 그러나 이러한 제도는 석유, 화학, 철강, 시멘트 등 에너지 소비를 많이 하는 대기업 위주로 도입이 확산되고 있고, 설치 확인 기준 가이드가 에너지 데이터의 측정과 분석, 제어가 가능한 공장에 유리하게 되어 있기 때문에 중소기업에게는 FEMS 시스템 구축의 기회가 쉽지 않은 실정이다[5,6].

공장의 생산성을 높이기 위한 또 다른 분야로 스마트 공장에 대한 관심이 높아지고 있다[7]. 중소·중견 제조기업이 스마트 공장을 추진하려면 높은 비용이 소요된다. 따라서 각 기업은 도입 목표를 정확히 정하여서 연관성이 높은 공정에 집중하여 점진적으로 도입하는 방식을 사용할 것을 권고하고 있다[5][8].

국내 공정 설비 회사들은 여러 품종을 소량 생산함으로써 다수개의 설비로 제품 생산을 효과적으로 하기 위해서는 생산 공정을 개선[9]하고 설비별로 사용에너지를 실시간으로 조회하는 모니터링 시스템이 필요하다고 한다[10]. 특히, 단조는 원재료를 투입하여 가열, 프레스, 절단, 열처리 등의 가공 과정을 거쳐서 제품을 생산하는 공정 작업으로 에너지 소비를 많이 필요로 한다. 본 논문에서는 단조 공정회사를 테스트 베드로 해서 기존 설치되어있는 가스계량기와 전력계에 산업용 IoT 무선 센서 노드를 설치하여 사용 에너지를 실시간으로 조회하는 실시간 모니터링 시스템을 개발한다.

제2장에서는 관련연구로 최근 이슈가 되는 IoT 센서 네트워크, 공장에너지관리시스템, 스마트 공장에 대해서 설명하고 제3장에서는 설비 에너지 사용을 실시간으로 조회하는 모니터링 시스템의 프레임워크를 제시한다. 4장에서는 제시한 프레임워크를 기반으로 모니터링 시스템 설계 및 구현에 대해 기술하고 마지막으로 결론 및 향후 연구를 제시한다.

2. 관련 연구

본 장에서는 설비 공장에서 에너지를 효율적으로 관리하기 위한 IT 접근 방법인 공장에너지관리시스템과 스마트공장 구축에 대한 기술과 연구동향을 기술하고 설비 에너지 사용에 대한 모니터링 시스템의 프레임워크 제시에 필요한 개념적인 요구항목을 선정한다.

2.1 공장 설비별 IoT 센서 네트워크 구축

IoT 기술의 확산으로 제조업에서도 스마트 공장 구축에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 생산 및 제조업에서 구축되어 있는 다양한 센서 장치를 무선으로 연결하여 네트워크를 형성하여 효율적으로 데이터를 전송하는 기술에 대한 연구가 진행되고 있다[1][3][7][11].

현재까지는 정보통신기술이 사람이 개입한 인터넷 중심의 콘텐츠 기반이었으나, 4차 산업혁명의 도래로 사물과 사물간이 소통하는 IoT 환경에서의 다양한 사물들과 연결하여 보다 나은 실시간 정보 서비스를 제공하는 기술로 나아가고 있다. 이에 신뢰성과 전력 소모를 절감하는 스마트 공장에 적합한 IoT 무선 센서 네트워크 구축에 대한 연구가 진행되고 있다[12].

2.2 실시간 모니터링 시스템

센서 네트워크 구축으로 IoT 기반으로 물리적인 환경 구축한 후 생산 비용 절감을 달성하기 위해서는 수집한 데이터를 실시간으로 자동 집계 및 분석하여 의사결정을 돕기 위해 시각화 및 최적화하는 시스템 구축이 필요하다[2]. 또한, 빅 데이터기반의 분석, 관련 기업과의 정보 공유 및 협업으로 이어진다면 고도화 수준의 스마트 공장이 탄생하게 된다[10][13][14].

2.2.1 공장에너지관리시스템

에너지 관리시스템(EMS: Energy Management System)은 ICT 기술과 제어 기술을 활용하여 상업용 빌딩, 사업장(공장), 주택, 사회 인프라(전력망, 교통망 등) 등을 대상으로 에너지 흐름과 사용의 시각화 및 최적화를 위한 통합 에너지 솔루션으로 정의된다[3][5]. EMS는 적용 대상에 따라 주택전용으로 HEMS(Home EMS), 빌딩전용으로 BEMS(Building EMS), 공장전용으로 FEMS(Factory EMS), 지역 전용으로 CEMS(City/Community)로 분류되고, 가스, 전력 등의 에너지 흐름에 대한 모니터링과 설비·기기 등에 대한 제어 기능을 가진다. 국내에서는 2011년 산업부가 추진한 IT기반 ESCO 시범사업을 통하여 공장에 적용하여 구축 및 운영을 확대하여 에너지관리공단에서 FEMS 설치확인 기준 가이드를 제공하고 있다[6].

특히, FEMS는 공장에너지관리시스템으로 공장내의 생산라인 설비뿐 만 아니라, 배전, 공조, 조명 등에 대해 에너지 공급 및 사용, 가동상황을 모니터링하고 제어하는 시스템이다[1]. 이러한 시스템에는 기본적으로 설비들로

부터 값을 수집하여 보여주는 모니터링 기능을 비롯하여 설비들을 관리하는 공정관리, 성과관리, 제어기능, 분석기능과 관련 데이터베이스, 기존 전사적자원계획(ERP: Enterprise Resource Program), 제조실행시스템(MES: Manufacturing Execution System)와의 연계기능 등이 포함된다.

에너지 관리시스템에서는 수집한 데이터를 이용하여 에너지 사용량을 분석하여 에너지를 저감하는 생산 공정 방법과 에너지 정책 등을 제안할 수 있어야 한다. 특히, 4차 혁명의 키워드인 정보통신기술(ICT: Information Communication Technology)을 기반으로 IOT 기술, 빅 데이터, 스마트 공장 등과 융합하여 최종목표인 최적 에너지 패턴 등을 제공하는 능동적인 IT기반의 에너지 관리 시스템 도입을 시작하고 있다[2][4].

2.2.2 스마트 공장

스마트 공장은 보편적으로 “제품의 기획·설계, 생산, 유통·판매 등 전 과정을 정보통신기술로 통합하여 최소 비용·시간으로 고객맞춤형 제품을 생산하는 미래형 공장”으로 정의되고 있다[11]. 스마트 공장 분야는 사회가 점차 고령화, 저 출산으로 인하여 인구 비중이 낮아짐으로 생산방식이 부분적인 자동화에서 사물 인터넷을 기반으로 다품종 대량생산이 가능한 자동 생산 방식으로 변화하면서 전 세계적인 관심을 가지고 있다. 국내에서도 스마트 공장을 확산하기 위해 기업의 현장 실태 조사 및 요구사항을 분석하였다[15].

시스템 구축 측면에서는 스마트 공장은 공장의 생산 설비시스템을 기반으로 하는 수직적 통합과 고객의 요구사항을 시작으로 제품 개발 가치사슬 기반의 수평적 통합이 구현되는 공장을 의미한다[16]. 수직적 통합은 제품 생산에 관련되어 있는 다양한 설비로 부터의 센서 및 디바이스로 부터의 정보를 획득하는 프로그래머블 로직컨트롤러(PLC: Programmable Logic Controller), 생산프로세스를 관리하는 생산운영관리시스템(MES: Manufacturing Execution System), 창고관리를 위한 창고관리시스템(WMS: Warehouse Management System)을 거쳐 최고 상단인 전사적자원계획(ERP: Enterprise Resource Planning)과 유기적으로 관리되어야 한다. 수평적 통합은 고객이 원하는 요구사항을 도출하기 위한 제품기획부터 시작하여 제품을 생산하여 고객에게 전달하는 과정까지를 포함한다. 중소·중견 제조기업에서는 스마트공장 기술을 도입하기 위해서는 제품 개발 프로세스(제품설계-공정설계-생산/운영-A/S,Recycling) 관점에서 접근하여 도입하도록 권하고 있다. 초기에는 기업의 목표와 환경에 적합한 공정에 집중하여 점진적으로 스마트 공장을 확장하는 것이 효율적이다[16].

국내의 경우 스마트한 공장을 구축하기 위한 핵심기술로 스마트 센서, IoT, CPS, 3D프린팅, VR/AR, 에너지절감기술, 클라우드, 빅데이터, 홀로그램 등을 들고 있다. 국가기술표준원은 스마트 공장을 기업의 현장자동화, 공장운영, 기업자원관리, 제품개발, 공급사슬관리 등의 기준에 따라 ICT 미적용, 기초수준, 중간수준1, 중간수준2, 고도화 등 5개의 단계로 구분하여 작업내용을 모듈화하였다[11][17]. 최종 단계에서 기계 스스로가 판단하여 생산 제어를 가능하게 하는 가상물리시스템(CPS: Cyber Physical System) 구현에 도달하게 된다.

국내 스마트 공장 현장 실태 조사에서[15] 스마트 공장 시스템 솔루션의 도입 목적이 품질관리, 생산관리라는 응답이 가장 많았고, 도입한 계기로는 제품 생산에 관련된 정보를 실시간으로 파악하기 위해서라는 응답이 가장 많은 것으로 나타났다.

스마트 공장 구축의 요소기술은 크게 3부분으로 설명된다. 사물인터넷 기반의 디바이스 기술, 디바이스에서 수집된 데이터를 처리 및 분석, 모델링하는 플랫폼 기술, 기존 어플리케이션과의 연동 등에 관한 제조 어플리케이션 기술이다. 따라서 스마트 공장 구축을 위한 초기 진입 시스템으로 IoT 기반에서 센서로 부터 에너지 사용량을 수집하여 웹 기반에서 데이터를 실시간으로 확인하고 진단 및 분석 결과를 제공하는 기능을 가진 시스템일 것이다.

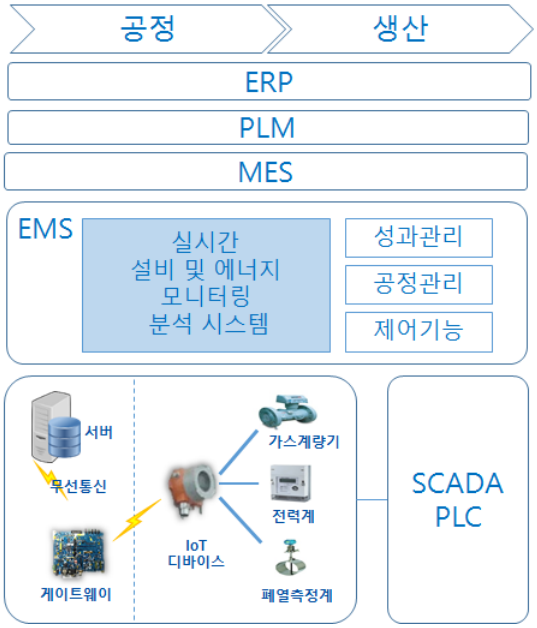
3. 설비 에너지 모니터링 프레임워크

스마트 공장을 구축하기 위한 기본 기술로서 IoT 기반에서 설비 에너지 사용에 대한 모니터링 시스템 개발에 대한 필요한 요소를 기반으로 프레임워크를 제안한다.

3.1 시스템 계층도

스마트 공장은 제품 기획부터 시작하여 설계, 공정, 생산, 제품 출시까지의 제품 개발 가치 사슬을 기준으로 공장의 생산 설비 관련 시스템을 통합하여 고객이 요구하는 제품 생산을 효율적으로 하기 위한 것을 목표로 가진다. 그림 1은 제안하는 설비 에너지 모니터링 시스템을 다른 생산 설비와 관련되는 시스템과의 계층도를 도시한 것이다. 설비 공장에 설치되어 있는 가스계량기, 전력계,

폐열측정계에 IoT 디바이스를 설치하여 게이트웨이를 통하여 검침되는 누적지침을 무선으로 서버에 전송하게 된다. 이때, PLC, 감시제어·데이터수집시스템(SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition) 등이 센서 관련 제어를 하는 운영 시스템이다. 에너지 관리시스템(EMS: Energy Management System)은 에너지 사용 및 가동상황을 모니터링하고 제어하는 시스템으로 본 논문에서 제안하는 모니터링 및 분석 기능을 가진 시스템과, 제어기능, 공정관리, 성과관리 등의 기능을 가진다. 에너지 관리시스템은 생산 프로세스를 관리하는 제조실행시스템(MES: Manufacturing Execution System)와 제품수명관리 (PLM: Product Lifecycle Management)을 거쳐 상단의 원재료 등의 제품을 관리하는 전사적자원계획(ERP: Enterprise Resource Planning) 등과 유기적으로 연계 및 확대 되어져야 하는 중간 역할을 담당한다.



(그림 1) 시스템 계층도
(Figure 1) System Architecture

3.2 프레임워크 설계

본 절에서는 에너지관리시스템 중에서 특히, 설비 공장의 에너지 사용량을 모니터링하고 분석하는 시스템에 필요한 요소들로 구성된 프레임워크를 제안한다. 공장에너지시스템 또는 스마트공장 관련 소프트웨어를 개발하기 위해 구성되어야 할 단위 프로그램을 포함한다.

그림 2는 설비 에너지 모니터링 프레임워크 구조를 나타낸 것이다. 가장 하위 계층인 IoT 센서 디바이스 구성, 데이터 수집, 관리자, 모니터링, 최상위 단계인 데이터 분석 등으로 구성된다.

우선, 제일 하단 계층인 원천 데이터는 기존 설비에 설치되어 있는 에너지 관련 전력계, 가스계량기, 폐열측정계의 값을 서버로 전송하기 위해 IoT 디바이스와 게이트웨이를 설치하는 단계이다.

두 번째 계층은 데이터를 수집하는 단계로 각 설비로부터 일괄적으로 전송해오는 데이터를 설비별로 모니터링하기 위해 전송 및 저장하는 단계이다. 이때, 대량의 데이터가 수집되기 때문에 빠른 속도의 검색을 필요로 하는 에너지 로그 데이터는 몽고데이터베이스에 저장한다. 원재료, 설비, 사용자, 에너지 관리 등 관리자 모듈 관련 데이터는 관계형 데이터베이스에 저장한다. 그리고 생산공정 및 원재료, 프로젝트 관련 데이터는 기존 MES 및 ERP 데이터베이스와 연계하여 사용한다.

세 번째는 관리자 계층으로, 원재료, 설비, 사용자, 에너지 계산 관련 등을 관리하는 계층으로 모니터링 및 검색에 관련되어 효율적인 관리를 지원한다.

네 번째 계층인 모니터링은 설비별 에너지 사용량을 시각화하여 화면에 표시한다. 대시보드에는 실시간으로 설비별 가스, 전력, 온도 검침에 대한 사용량과 설비 가동유무에 대한 정보를 제공한다. 설비별 에너지 모니터링은 각 설비별로 10초당 가스, 전력 사용량을 실시간으로 보여주고 현재 가스와 전력 에너지의 사용량과 사용요금, 에너지 환산, 온실가스, 연도폐열량 등의 정보를 제공한다. 알람분석은 기준치의 에너지사용량을 넘어서면 알람을 보내고 이를 분석하여 제공하는 서비스이다. 공정과정 검색 및 공정작업일지는 생산 공정 과정에서 공정간의 이동시 작업일지를 디지털하여 실시간으로 공정 작업의 변화를 확인할 수 있는 서비스이다.

마지막인 데이터 분석 계층으로, 에너지 사용량을 설비별, 기간별, 시간대별로 비교 분석하여 에너지 소비 패턴을 추출하여 에너지 손실을 발견하게 된다. 최종적으로 생산 공정을 최적화하는 모델을 제공하여 에너지 사용 효율을 높이는 것이 목표이다. 즉, 이러한 설비 에너지 모니터링의 역할은 생산 공정 정보를 연결하면서 에너지 데이터를 실시간으로 수집하여 분석함으로써 에너지 절감 방법을 제시하도록 해야 한다.

(그림 2) 설비 에너지 모니터링 프레임워크
(Figure 2) Facility Energy Monitoring Framework

4. 모니터링 시스템 설계 및 구현

4.1 모니터링 시스템 설계

공정 설비별 에너지 사용을 효율적으로 관리하기 위한 실시간 데이터 수집, 검색 및 분석 기능을 갖는 통합 모니터링 시스템을 설계한다.

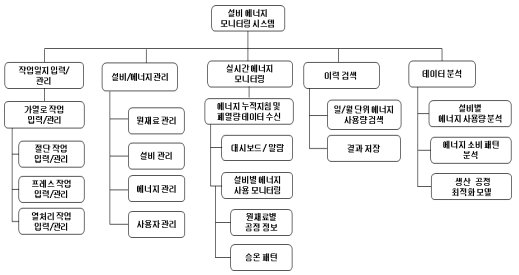
4.1.1 업무계층도

그림 3은 이러한 시스템의 업무도를 계층적으로 나타낸 업무계층도(HIPO: Hierarchy plus Input Processing and Output)이다. 업무별로 크게 작업일지 입력/관리, 설비/에너지관리, 실시간 에너지 모니터링, 이력검색, 데이터분석 등 5개로 분류한다.

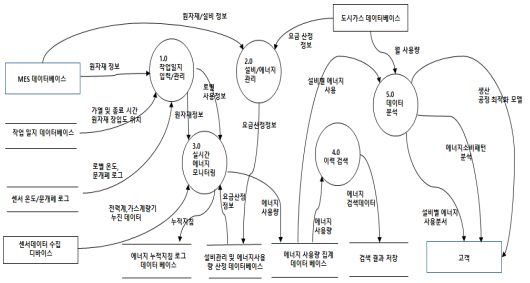
작업일지입력/관리는 생산 공정 과정에서 작업자가 필요한 정보를 디지털하는 프로세스이다. 설비/에너지 관리는 모니터링과 작업일지 관련 제품 정보등을 관리하는 프로세스이다. 이러한 준비 작업 후 실제 실시간 모니터링 프로세스를 수행한다. 대시보드, 알람, 각 설비별 에너지 사용 모니터링 기능이 포함된다. 최종적으로 수집된 에너지 사용량 데이터를 일, 월 단위로 검색하고 결과를 저장하는 이력검색과 에너지 사용량, 소비패턴 분석, 생성공정 최적화 모델을 위한 프로세스로 구성된다.

4.1.2 데이터 흐름도

그림 4는 모니터링 데이터를 검색 및 분석하기 위한



(그림 3) 업무 계층도
(Figure 3) Hierarchy plus Input Processing and Output



(그림 4) 데이터 흐름도
(Figure 4) Data Flow Diagram

상위 단계(level0)의 데이터 흐름도이다.

우선, 1.0 단계로 생산 공정과 관련하여 작업일지를 디지털하는 작업일지 입력 및 관리 단계로, 가열로부터 단조작업을 시작하여 프레스, 절단, 열처리 단계를 거쳐서 제품을 완성하는 과정에서 가동시간, 원재료 장입 위치도 등에 관한 정보를 관리한다.

다음 2.0 단계로 전체 설비와 에너지를 관리하기 위한 외부 데이터와 연계되어 설비/에너지 관리 프로세스를 수행한다. 필요한 외부 데이터로는 기존 제조실행시스템(Manufacturing Execution System :MES)으로부터 작업에 따라 필요한 원재료 정보와 도시가스 데이터베이스로부터 에너지 사용량을 계산하기 위한 요금 산정 정보이다.

IoT 디바이스로부터 수집된 에너지 누적지침을 실시간으로 표출하는 3.0 실시간 에너지 모니터링 단계로, 누적지침로그 데이터와 에너지 사용량을 저장한다. 이때, 1.0 프로세스로부터 나오는 로별 공정 정보를 사용하여 각 설비별 생산 공정 정보를 실시간으로 제공한다.

4.0 이력 검색 프로세스로 저장된 에너지 사용량 데이터를 호출하여 시간별, 일별, 월별 등 시간별 에너지 사용 이력 검색을 제공한다. 최종적으로 5.0 데이터 분석 프로

세스에서는 설비별로 사용한 에너지를 분석하여 에너지 소비패턴분석과 생산 공정 최적화 모듈을 제공하는 단계이다.

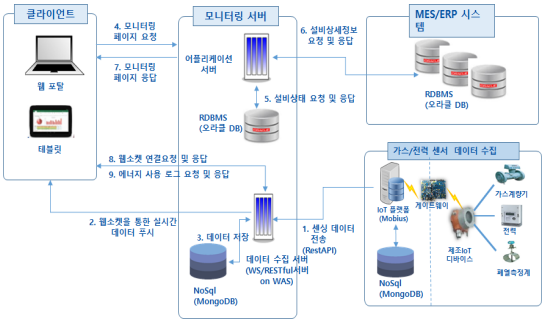
4.2 모니터링 시스템 구현

본 절에서는 4.1 절 모니터링 시스템 설계에서 제시한 기능 중에 실시간 에너지 모니터링과 이력 검색 기능을 구현한 환경과 기능을 설명한다.

4.2.1 구현 환경

그림 5는 실시간으로 수집된 데이터를 모니터링 및 검색하기 위한 구현 환경이다. 서버는 톰캣 WAS 서버를 사용하고 IoT 디바이스로 들어오는 데이터를 수집하기 위해 Mongo 데이터베이스와 검색 및 분석을 위한 오라클 데이터베이스를 사용한다. 웹 기반으로 구현하고 현장 작업자가 작업현장에서 실시간으로 편리하게 입력 및 검색할 수 있게 태블릿 환경에서 구동되도록 한다.

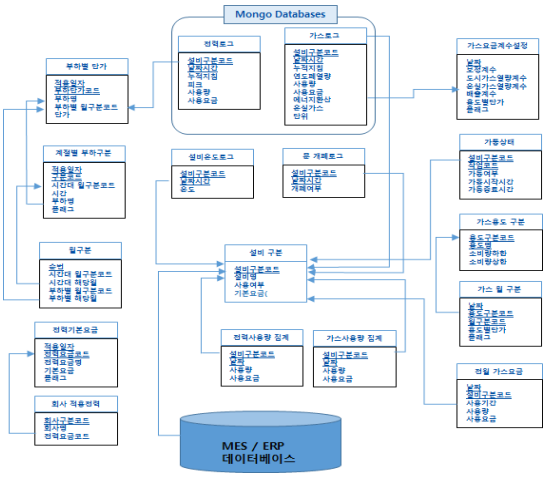
IoT 디바이스로부터 전송된 데이터는 데이터 서버에 웹 소켓을 통해 실시간으로 사용자 화면에 데이터를 보내주고 Mongo 데이터베이스에 저장해 둔다(단계1~단계3). 그리고 사용자가 어떤 설비의 모니터링 데이터를 요청하면 어플리케이션 서버를 통해 설비 상태를 확인하고 필요하면 MES/ERP 시스템에 접근하여 설비에 대한 상세정보를 받아와서 응답한다(단계4~단계7). 이때 실시간 데이터는 웹소켓을 통해 연결하여 에너지 사용량을 사용자 화면으로 푸시한다(단계8~단계9).



(그림 5) 시스템 구현 환경
(Figure 5) System Implementation Environment

4.2.2 데이터베이스 구조

그림 6은 기존 MES 데이터베이스로부터 원재료 및 설비 정보를 가지고 설비별 에너지 사용량을 실시간으로 모니터링 및 분석을 위해 사용하는 데이터베이스 구조이다. 데이터베이스는 실시간 데이터 수집을 원활히 하기 위해 접근 성능이 뛰어난 Mongo 데이터베이스를 사용하고 일반 검색을 위해 관계형 데이터베이스를 사용한다. 우선 IoT 디바이스로부터 수집되는 데이터를 몽고 데이터베이스로 관리하고 가스와 전력로그 테이블에 저장하고 시간별로 가스와 전력 집계 테이블에 저장한다. 전력요금을 계산하기 위해 전력기본요금, 계절별, 월구분 코드 등이 필요하고 가스 요금을 계산하기 위해 가스 요금 계수, 용도/월 구분 테이블이 필요하다.



(그림 6) 데이터베이스 구조
(Figure 6) Database Scheme

4.2.3 대시보드

그림 7은 실시간으로 들어오는 에너지 누적지침을 10초 단위로 표출하는 화면으로 전체 설비에 대한 에너지 누적지침을 나타내는 대시보드 화면이다.

(그림 7) 대시보드
(Figure 7) Dashboard

4.2.4 설비별 모니터링

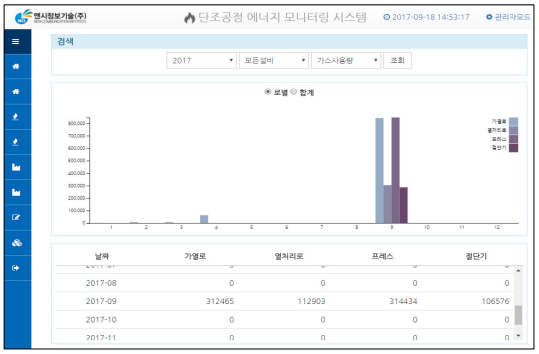
그림 8은 각 설비 로별로 가스 사용량을 10초 단위로 차트와 표출하는 설비별 모니터링 화면이다. 에너지 사용량에 따라 계산한 에너지 환산과 온실가스 정보를 제공한다. 향후, 작업지시 입력/관리 프로세스 구현이 완성되면 각 로별 작업공정 진행상황을 실시간으로 파악할 수 있게 된다. 원재료 장입위치와 원재료 정보, 가열 및 종료 예상시간 등에 대한 정보를 제공할 수 있다.

(그림 8) 설비별 모니터링

(Figure 8) Monitoring Screen for a Facility

4.2.5 설비별 사용 에너지 검색

그림 9는 전체설비에 대한 월별 가스 사용량에 대한 검색 결과 화면이다. 각 설비에 따른 세부 로별 사용량 분석을 비롯하여 데이터를 다량 수집하면 월별, 제품 완성 회차별 에너지 소비패턴 분석에 대한 결과를 제공할 수 있다.



(그림 9) 설비별 에너지 검색

(Figure 9) Energy Search for a Facility

4.2.6 관리자 설정

그림 10은 시스템, 원재료, 설비, 에너지, 사용자, 접속자 통계 등 시스템 관리를 위한 화면이다. 설비 관리에서 새로운 설비를 추가하면 설비별 모니터링 화면에서 추가된 설비의 데이터를 바로 확인하도록 구현하였다.

(그림 10) 설비 관리 화면

(Figure 10) Facility Management Screen

5. 결 론

스마트공장과 공장에너지 관리시스템 구축이 이슈화가 되고 있지만 중소기업들은 비용 측면에서 구축 작업을 시작하지 못하고 있는 실정이다. 이러한 진입 장벽을 열어주기 위한 하나의 방법으로 공장 설비들의 에너지 사용량을 웹과 테블릿 화면에서 실시간으로 모니터링할 수 있는 프레임워크을 제시하였다. 제시한 프레임워크를 기반으로 설치된 IoT 센서 네트워크로부터 수집된 설비별 에너지 사용량을 분석하기 위한 실시간 모니터링 시스템을 개발하였다.

본 시스템은 기존 단조 공정회사에서 구비하고 있는 가스계량기와 전력계를 IoT 디바이스로 연결시켜 데이터를 수집함으로써 웹 기반에서 실시간으로 에너지 사용량을 모니터링, 검색, 분석할 수 있는 장점을 가진다.

본 시스템은 테스트 베드 회사와의 데이터 사용에 대한 비밀유지계약으로 인해서 모든 설비별로 실제 데이터를 표출하지 못하는 한계점을 가진다. 하지만 에너지를 효율적으로 사용하기 위한 모니터링 및 분석 시스템 개발에 대한 가이드로 사용할 수 있을 것이다 .

향후 연구과제로는 수작업으로 사용하고 있는 작업일지를 디지털화하여 생산 공정 단계를 실시간으로 검색할 수 있는 기능을 구현하는 것이다. 또한, 수집한 데이터를 이용하여 빅 데이터를 구축하여 제품 완성에 따른 에너

지 사용 및 소비 패턴을 분석하는 기능을 제공하여 에너지 절감 정책에 대한 의사결정을 지원하는 시스템을 구축하는 것이다.

참고문헌(Reference)

[1] C.W. Kim, J. Kim, S.M. Kim, and H.T. Hwang, “FEMS Technology Embodiment and Applied Cases to Save Energy in Manufacturing Business,” Magazine of the SAREK, Vol. 44, No. 1, pp. 22-27, 2015. http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/article/articleSearchResultDetail.do?cn=JAKO201504164660112

[2] H.B. Lee, “The Improvement of Steam Energy-Efficiency through FEMS based on IT,” Ajou university Master Thesis, pp. 1-66, 2013. http://www.riss.kr/link?id=T13358025

[3] Si-O Seo, Seung-Yong Baek, Doyeop Keum, Seungwan Ryu, Choong-Ho Cho, "A Tutorial: Information and Communications-based Intelligent Building Energy Monitoring and Efficient Systems," Transactions on Internet and Information Systems, Vol. 7, No. 11, pp. 2676-2689, 2013. https://doi.org/10.3837/tiis.2013.11.007

[4] Hyunjeong Lee, Sangkeun Yoo, Yong-Woon Kim, "An Energy Management Framework to Smart Factory based on Context-awareness," 18th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), pp. 685-688, 2016. https://doi.org/10.1109/icact.2016.7423519

[5] Korean Environmental Industry & Technology Institute(KEITI), “FEMS Technology Trend and Application Plan,” Konetic Report Vol. 36, pp. 1-10, 2015. http://www3.konetic.or.kr/include/EUN_download.asp?str=WEBZINE.dbo.TBL_REPORT&str2=1679

[6] Korea Energy Agency, “FEMS Installation Standard Guide," pp. 1-31, 2015. http://www.kemco.or.kr/web/kem_home_new/info/data/open/kem_view.asp?q=19283

[7] J.M. Park, "Technology and Issue on Embodiment of Smart Factory in Small-Medium Manufacturing Business," The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 40, No. 12, pp. 2491-2502, 2015. https://doi.org/10.7840%2Fkics.2015.40.12.2491

[8] Hyun-Lim Yang, Tai-Woo Chang, "Exploring the Research Trend of Smart Factory in Korea by Journal Abstract Analysis," Korean Institute of Industrial Engineers, pp. 412-424, 2016. http://www.dbpia.co.kr/Journal/ArticleDetail/NODE07060137

[9] J.C. Kim, S.A. Jin, Y.H. Park, S.Y. Noh, and H.D. Lee, "A Design for Realtime Monitoring System and Data Analysis Verification TA to Improve the Manufacturing Using HW-SW Integrated Framework," Journal of Information Processing Systems, Vol. 4, No. 9, pp. 357-370, 2015. https://doi.org/10.3745/ktsde.2015.4.9.357

[10] Dae-Jin Um, Jung-In Choi, Ingyu Lee, "Development of Sensor Based Energy Management System," Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 28, No. 10, pp. 69-74, 2014. https://doi.org/10.5207/jieie.2014.28.10.069

[11] Dae Ho Byun, "Trend of Smart Factory and Model Factory Cases," The e-Business Studies, Vol. 17, No. 4, pp. 211-228, 2016. https://doi.org/10.20462/tebs.2016.08.17.4.211

[12] Y.S. Lee, S.H. Chung, “The IEEE 802.14.4e based Distributed Scheduling Mechanism for the Energy Efficiency of Industrial Wireless Sensor Networks,” Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers(KIISE), Vol. 44, No. 2, pp. 213-222, 2017. https://doi.org/10.5626/jok.2017.44.2.213

[13] Young-Sek Yoo, Han-Gyu Park, Seung-Hoon Back, Sung-Chan Hong, "A Study on Procurement Audit Integration Real Time Monitoring System Using Process Mining under Big Data Environment," Journal of Internet Computing and Services(JICS), Vol. 18, No. 3, pp. 71-83, 2017. http://doi.org/10.7472/jksii.2017.18.3.71

[14] Sanghun Jeong, "Inclusive Monitoring System for Process and Equipment State," Prospectives of Industrial Chemistry, Vol. 18, No. 5, pp. 36-46, 2015.

http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=3361600
[15] Hyunjeong Lee, Yong Jin Kim, Jeongil Yim, Yong-Woon Kim, Soo-Hyung Lee, "Analysis of Field Conditions and Requirements for Deploying Smart Factory," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 34, No. 1, pp. 29-34, 2017. https://doi.org/10.7736/kspe.2017.34.1.29
[16] Y.J. Cho, "Proposal to Construct Smart Factories of Small-Medium Manufacturing Business," Institute for International Trade, No. 02, pp. 1-33, 2016. http://iit.kita.net/newtri2/report/iitreporter_view.jsp?sNo=1499
[17] Seung-Jun Shin, Jungyub Woo, Wonchul Seo, "Developing a Big Data Analytics Platform Architecture for Smart Factory," Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 19, No. 8, pp. 1516-1529, 2016. https://doi.org/10.9717/kmms.2016.19.8.1516

◐ 저 자 소 개 ◑

황 현 숙(Hyun-suk Hwang)
2001년 부경대학교 대학원 정보시스템협동과정(경영학박사)
2001년~2001년 연구재단 국내 Post Doc. 연수과정
2006년~2007년 연구재단 국내 Post Doc. 연수과정
2002년~2016년 부경대학교 강의
2017년~현재 앤시정보기술(주) 기술연구소(기술이사)
관심분야 : 빅 데이터분석, 모니터링시스템, 공간데이터분석, 스마트 공장
E-mail : hwanghs29@gmail.com

서 영 원(Young-won Seo)
2015년 부경대학교 IT융합응용공학과(공학사)
2016년~2017년 UXIS(주) 근무(대리)
2017년~현재 앤시정보기술(주) 기술연구소(주임)
관심분야 : 머신러닝, 딥러닝, 모니터링시스템, 자연어처리
E-mail : jazz9008@gmail.com

김 태 연(Tae-yeon Kim)
2016년 부경대학교 대학원 정보시스템협동과정(공학석사)
2016년~현재 부경대학교 대학원 정보시스템협동과정(박사과정)
2003년~현재 앤시정보기술(주) 대표
관심분야 : 정보시스템구축, 모니터링시스템, 스마트공장
E-mail : ncinf@hanmail.net