

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2021.21.5.89>

JIIBC 2021-5-12

IIoT 기반한 핵심유틸리티의 유지보수 최적화를 위한 공동 활용 시스템

A Repository Utilization System to optimize maintenance of IIoT-based main point Utilities

이병옥*, 이건우**, 김영곤***

Byung-Ok Lee*, Kun-Woo Lee**, Young-Gon Kim***

요 약 최근 제조업에서 경쟁력 향상을 위해 IIoT/ICT를 적용한 지능형 생산 공정을 많이 도입하고 있으며, 공기압출기에서 수집한 데이터를 이용한 예방 조치로 가용성 유지, 생산성 향상 및 관리비용을 최적화하는 시스템이 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 전용 컨트롤 보드를 개발하고, 이를 원격으로 모니터링하기 위한 LoRa 통신 모듈을 적용하여 클라우드 서버에서 공기압축기에 대한 정보를 통합 수집 및 관리하였으며, 통합된 정보를 모든 운전자 및 관리자가 실시간으로 공통된 자료를 활용하도록 하였다. 이를 통해, M/S의 단계를 획기적으로 줄이고, 시스템 운용 가용성을 증대하였으며, 로컬 서버 운용 부담을 줄였다. 시스템 장애 상태를 공유함으로써 유지보수 지연시간을 획기적으로 줄였으며, 유지보수 직원의 유선 및 모바일 활용으로 실시간 상태 감지를 제공, 비용과 공간적 문제를 획기적으로 개선하였다.

Abstract Recently, manufacturing companies are introducing many intelligent production processes that apply IIoT/ICT to improve competitiveness, and a system that maintains availability, improves productivity, and optimizes management costs is needed as a preventive measure using environmental data generated from air ejectors. Therefore, in this study, a dedicated control board was developed and LoRa communication module was applied to remotely control it to collect and manage information about compressors from cloud servers and to ensure that all operators and administrators utilize common data in real time. This dramatically reduced M/S steps, increased system operational availability, and reduced local server operational burden. It dramatically reduced maintenance latency by sharing system failure conditions and dramatically improved cost and space problems by providing real-time status detection through wired and mobile utilization by maintenance personnel.

Key Words : Maintenance Optimization, Repository Utilization, Compressor, IIoT, LoRa

*정희원, 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과

**정희원, 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과

***정희원, 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과

접수일자 2021년 7월 31일, 수정완료 2021년 9월 30일
게재확정일자 2021년 10월 8일

Received: 31 July, 2021 / Revised: 30 September, 2021 /

Accepted: 8 October, 2021

***Corresponding Author: ykkim@kpu.ac.kr

Dept of Computer Engineering Korea Polytechnic University,
Korea

1. 서 론

최근 제조업에서 경쟁력 향상을 위해 IIoT/ICT를 적용한 지능형 생산 공정을 많이 도입하고 있으며 이를 위해 디지털 설비 투자도 이루어지고 있으며, 특히, 유지보수 분야에 대한 IIoT 기술을 적용한 가용성 확대 추세에 있다. 이 중 하나인 공기압축기는 업종에 상관없이 제조 공장들의 핵심 유틸리티로 대부분의 공장 설비의 주 동력을 제공하는 중요한 제조 유틸리티이며, 제조업중 80% 이상이 공압식 생산설비 및 장치를 도입 운전하고 있다. 이렇게 많이 운용되고 있지만, 실시간 운용 상태 및 유지보수가 어려운 실정이다. 특히, 공기압축기에서 소요되는 전압, 전류, 온도, 압력 데이터를 이용하여 공기 압축기의 상태를 모니터링하여 사전에 고장을 예방하며, 정확한 유지보수 시점에 점검 조치하여 고장 없는 설비 운영으로 생산성 향상 및 관리비용을 최적화하는 시스템이 필요한 시점이다. 스마트공장 도입으로 제조 현장의 운영자들이 컴퓨터 관리 및 전산 업무의 어려움을 겪고 있으며, 이를 해결하고자, 운영 장비를 클라우드 기반으로 통합 관리함으로써 가용성, 생산성 및 유지보수성을 증대하고자 한다. 본 연구에서는 전용 컨트롤 보드를 개발하고, 이를 원격으로 모니터링하기 위한 LoRa 통신 모듈을 적용하여 클라우드 서버에서 공기압축기에 대한 정보를 통합 수집 및 관리한다. 통합된 정보를 현장 운용자, 유지보수 운용자 및 관리자 모두가 실시간으로 우선 및 모바일을 통해 공동된 자료를 활용하고자 한다.

II. 관련 연구

1. IIoT

산업용사물인터넷(IIoT:Industrial Internet of Thing)은 기존의 공정의 자동화란 범주를 넘어 모든 제조공정을 정보화하는 것을 의미한다. 이는 일련의 제조공정에 설치된 센서로부터 수집되는 데이터를 토대로 정보화 시스템을 구축하여 각 공정을 실시간으로 관리, 모니터링하고 나아가 환경, 사람, 자재, 재고, 생산관리 시스템과의 통합을 통해 최적화된 생산성을 유지하는 것에 목적을 두고 있다. IIoT는 IoT의 하위 범주로 웨어러블 장치, 스마트 홈 기술, 자율 주행차 등의 소비자 대상 애플리케이션도 포함하며, IIoT의 개념도는 그림 1과 같다.

2. 유지보수 시스템

유지보수의 특징은 관리적인 면에서 기능 복잡도 증가에 따른 관리업무가 증가되고, 비용측면에서는 유지보수 운영비용이 전체 비용의 70 ~ 80%이며 인력운용 면에서는 신규 기술 개발보다 인건비에 대한 비중이 증가하는 특징들이 있다^[3]. 형상관리의 부재로 유지보수 이력관리와 계획없는 작업 우선순위의 변경이 발생할 수 있다.

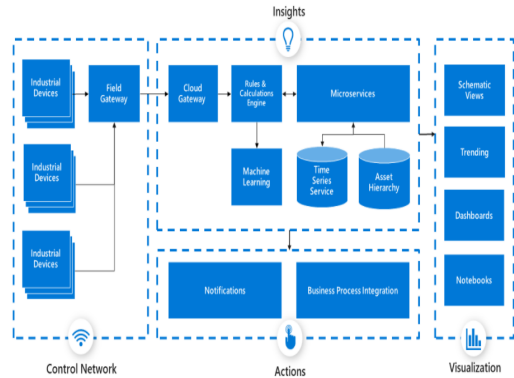


그림 1. IIoT 개념도
Fig. 1. Conceptual diagram of IIoT

유지보수 담당 인력의 동기부여가 미흡하고, 유지보수 자동화 도구가 부족할 수 있고, 시스템의 다른 부분에 영향을 미치는지에 대한 여부의 확인이 어려움으로 효율적인 업무 처리를 필요로 하며, 유지보수 최적화 개념도는 그림 2와 같다.

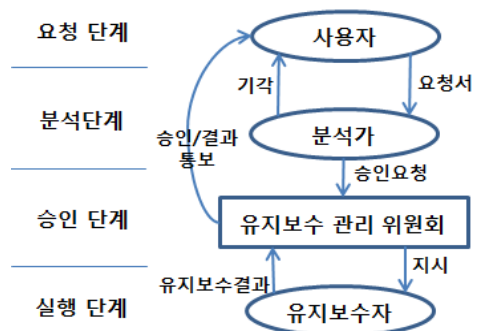


그림 2. 유지보수 최적화 개념도
Fig. 2. Maintenance Optimization Conceptual Diagram

3. 공동 활용 시스템

공동 활용 시스템은 정보의 전달에 있어서 정보의 수직 및 수평의 정보전달 자동화를 통해 관리업무에 효율

적으로 활용할 수 있는 전략과 기술을 의미한다. 정보의 공동 활용을 구성하는 요소에는 정보교환체계, 정보의 순환, 정보의 재구성 및 정보의 활용 전략 수립 등이 있다. 정보자원의 통합 관리를 위해서는 물리적 정보자원, 논리적 정보자원 및 서비스에 이르는 자원의 단계적 통합이 필요하다. 정보자원의 통합을 위해서는 구축된 정보시스템 아키텍처에 대한 정확한 이해가 필요하며, 이를 기반으로 공동자원을 선별한다^[5]. 그리고 각 컴포넌트의 배치 규격이 명시되어 있지 않고 정보의 흐름이 일관적이지 않아 아키텍처 분야의 비전문가들의 이해를 어렵게 할 수 있다는 한계점을 극복하기 위해서는 표준화된 공동 활용 시스템이 필요로 하고, 공동 활용 시스템 개념도는 그림 3과 같다.

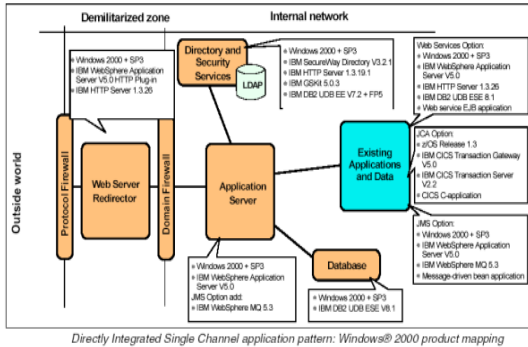


그림 3. 공동활용시스템 개념도
 Fig. 3. Conceptual Diagram of a Repository Utilization System

III. 본 론

1. 기능 요구사항

공기압축기를 생산하는 제조회사는 제조 후 판매 및 설치되는 공기압축기의 설치 정보 및 운영 시 발생 할 수 있는 예러 정보를 수집할 수 없다는 문제점과, 자사 제품의 품질 개선 및 신제품 개발에 관한 핵심 니즈를 파악하지 못함으로써 경쟁력이 뒤처지고 있다. 따라서, 제안하는 시스템의 기능 요구사항은 표 1과 같다.

2. 시스템 구성도

각 공장별 보유 공기압축기 사용 데이터 자동 생성 수집 저장 관리 운전정보 (필터/오일 관리주기, 운전 타임 주기) 이상 데이터 (압축, 온도), 실시간 고장 경고 알람

발생은 사용업체와 유지보수 업체 동시 관리 사용자 설정으로 사용업체와 유지보수 설비이력 공동관리 공기 압축기 고장정보 및 처리내용은 제조업체와 실시간 공유 관리, 공기압축기 부품별 고장 원인 파악 및 개선 기능이 있다. 사용자 기준으로 시스템의 실행 과정을 정리한 시스템 구성도는 그림 4와 같다.

표 1. 시스템 기능 요구사항
 Table 1. System Functional Requirements

1. 시스템 운전정보를 제공 받을 수 있어야 함
2. 발생 데이터를 저장, 기록, 보관, 관리할 수 있는 온라인 형태의 시스템이어야 함
3. 최신 사용정보 확인이 가능해야 함
4. 상시 확인 및 재사용이 가능한 공동 활용 플랫폼 요구
5. 공기 압축기 고장 예러 상태를 실시간으로 알람 받을 수 있어야 함
6. 고객(사용자)에게 유지보수 내용을 제공할 수 있어야 함
7. 이상 발생 내역 공유가 가능해야 함
8. 이상 발생 내역에 대한 피드백을 받을 수 있어야 함

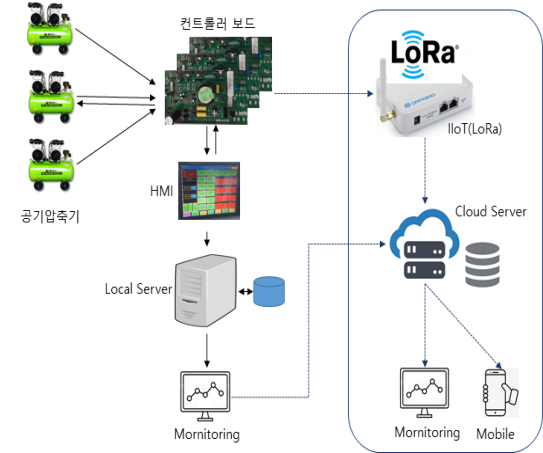


그림 4. 전체적인 시스템 구성도
 Fig. 4. Overall Management System Diagram

3. 시스템 처리 프로세스

기존의 시스템 처리 프로세스는 공기압축기에서 발생하는 데이터를 컨트롤러로 전송한 후에 컨트롤러는 HMI 컨트롤러를 통해 Display 및 제어한다. 컨트롤러에 설정된 기준치를 넘어서는 경우 HMI 컨트롤러는 공기압축기를 직접적으로 제어하고, 이상치 데이터를 로컬 서버로 전송하여 데이터를 모니터링 하도록 하였으며 개선된 시스템 처리 흐름도는 그림 5와 같다.

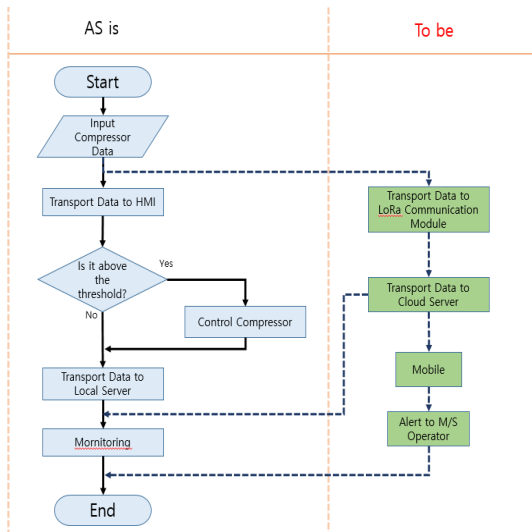


그림 5. 개선된 시스템 처리 흐름도
Fig. 5. Improved System Processing Flow Chart

하지만, 제안하는 시스템은 공기압축기에서 발생한 데이터를 컨트롤러로 전송하고, 컨트롤러는 LoRa 통신 모듈을 거쳐 클라우드 서버로 데이터를 전송한다. 이후 클라우드 서버는 PC 및 모바일을 통한 모니터링 서비스를 제공하여 모든 M/S 작업자들이 현황을 동시에 인지할 수 있도록 설계하였다.

4. 데이터베이스 설계

정보 및 시스템 관리 기능은 공기압축기/실시간 운전 정보 모니터링, 업체별 DATA 가공 정보 모니터링 및 실적 관리, 업체간의 제조정보/판매정보/유지보수정보/사후관리 정보를 관리 가능한 종합 모니터링 시스템으로 설계 하였다. 데이터베이스에서 장비관리테이블은 회사사, 대리점 정보, 설치공장, 모델명 등 설비에 대한 정보를 저장하고, 고객테이블에는 회사사 아이디, 비밀번호 등 고객의 정보를 저장하며, 총 DB 테이블 수는 15개 이다. 데이터베이스 구조에 대한 클래스 다이어그램 그림 6 과 같다.

장비관리 테이블을 중심으로 사용자, 회사정보와 연결되어 있으며 또한 장비의 유지보수를 위한 소모부품 정보를 관리 한다. 운전 중인 설비의 가동 데이터는 실시간으로 자동 집계되어 공동 데이터베이스에 저장되고 여러 가지 형태로 모니터링 된다. 구체적으로 살펴보면 데이터 전송은 공기압축기 - 클라우드 - 구분 코드, 서비스 버전, 메시지 길이(n), 메시지, *Checksum<CR><LF>의

로 운영되며, 응답은 (클라우드 -> 단말기) -구분코드, 서비스 버전, 메시지 길이, 응답 코드, *Checksum<CR><LF>으로 운영 된다.

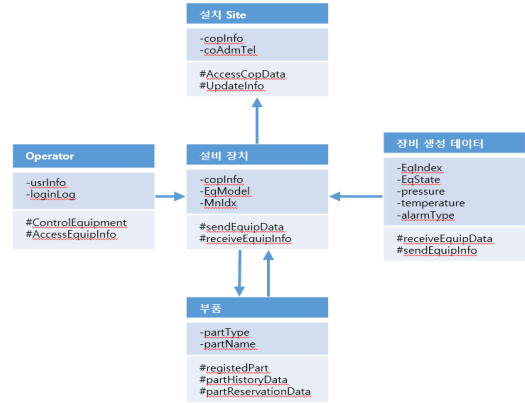


그림 6. 데이터베이스 클래스 다이어그램
Fig. 6. Database Class Diagram

5. 화면 설계

주요 메뉴 구성은 공기압축기를 사용하는 업체별 로그 관리되며, 가동 DATA가 공유 되어 유기적으로 연동하여 활용 되도록 구축 하였다. 부대기능으로는 모바일알람 발생 및 A/S 요청, 처리, 승인관리가 가능하다. 공기압축기의 기본정보, 취급정보, 보수정보 등록 관리한다. 업데이트정보 열람, 모바일 WEB/APP 연동으로 아이폰 확장성 확보 및 모니터링 및 대시보드(KPI), 종류별, 사양별, 사용 형태별 모니터링 조건 등록 관리, 공기압축기 군별, 유형별 모니터링 조건 등록 관리, 기간별(일일, 주간, 월간, 분기, 연간, 지정기간 등) 모니터링 조건 등록 관리 가능 하며 시스템의 초기 화면은 그림 7과 같다.



그림 7. 시스템 화면
Fig. 7. System Screen

IV. 시뮬레이션

1. 온도, 압력 데이터 분석

첫 번째 데이터 중간 표는 한 달 간 수집한 시간의 흐름에 따른 온도, 압력, RPM, 전압, 전류의 변화 데이터이다. 전압은 약 40,000개의 데이터를 기준으로 평균 223.2V와 표준편차 5.3V로 약 3%이내의 약한 변화폭을 보임에 반해, 온도는 평균 84.3℃, 표준편차 14.3℃로 약 17%의 큰 변화폭을 보였다. 압력의 경우 평균 6.7Bar, 표준편차 1.7Bar로 약 26%의 변화폭으로 온도보다 165%정도 큰 변화폭을 보임을 확인하였으며, 이를 통해 온도, 압력의 이상치는 사용 하는 용도에 역기능을 줄 수 있음과 고장의 원인이 될 수 있음을 확인하였다. 또한, 시계열 데이터를 바탕으로 상관성 분석을 통한 상관계수가 약 0.73으로 온도와 압력 데이터 사이의 높은 상관 관계가 있음을 확인하였다. 또한 RPM의 평균은 1565, 표준편차는 541으로 약 33%의 변화폭을 확인할 수 있었으며, 압력과 RPM의 변화 패턴은 유사한 것으로 확인되었으며, 온도, 압력, RPM, 전압, 전류에 대한 각 시계열 데이터는 그림 8과 같다.

2. 부하율 데이터 분석

공기 압축기 부하율의 정상 수치는 일반적으로 60~80%를 기준한다. 따라서, 100%의 부하율은 공기 압축기의 스케일 아웃을 통한 확장이 필요한 시점으로 볼 수 있으며, 이를 통한 각 공기 압축기의 부하율을 정상 범위로 유지하는 것도 중요한 관리 항목이라는 것을 확인할 수 있었다. 공기압축기 1대의 장비에 대한 부하율 데이터 분석은 그림 9와 같다. 부하율 평균치를 유지하기 위해 여러 대의 공기압축기를 병렬로 연결하여 운영한다.

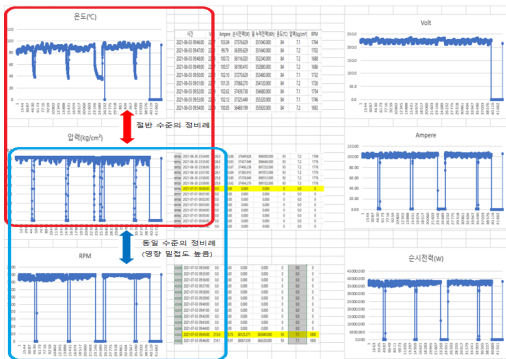


그림 8. 온도, 압력 데이터
 Fig. 8. Temperature and Pressure Data

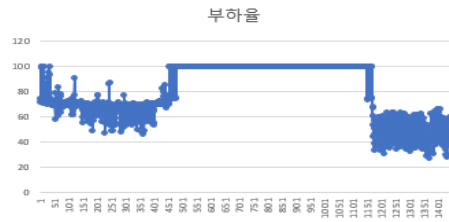


그림 9. 부하율 데이터
 Fig. 9. Load Rate Data

V. 결 론

최근 제조업에서 경쟁력 향상을 위해 IIoT/ICT를 적용한 스마트 생산 공정을 많이 도입하고 있으며 이를 위해 디지털 설비 투자도 이루어지고 있으며, 특히, 유지보수 분야에 대한 IoT 기술을 적용한 가용성 확대 추세에 있다. 이렇게 많이 운용되고 있지만, 실시간 운용 상태 및 유지보수가 어려운 실정이다. 사전에 고장을 예방하며, 정확한 유지보수 시점에 점검 조치하여 고장 없는 설비 운영으로 생산성 향상 및 관리비용을 최적화하는 시스템이 필요한 시점이다.

본 연구에서는 전용 컨트롤 보드를 개발하고, 이를 원격으로 모니터링하기 위한 LoRa 통신 모듈을 적용하여 클라우드 서버에서 공기압축기에 대한 정보를 통합 수집 및 관리한다. 통합된 정보를 현장 운용자, 유지보수 운용자 및 관리자 모두가 실시간으로 유선 및 모바일을 통해 공동된 자료를 활용하였다.

이렇게 함으로써, 기존 9단계였던 M/S의 단계를 3단계로 획기적으로 줄였으며, 데이터 공유를 통한 실시간 이상상태 감지로 시스템 운용 가용성을 증대하였으며, 클라우드 서버에서 공통 관리함으로써 현장 운용자의 로컬 서버 운용 부담을 없애고, 현장 운용자만 할 수 있던 장애인지를 공동 활용으로 현장 운용자, 유지보수 운용자 및 관리자 동시에 인지 할 수 있게 되었다. 또한, 부품 수급의 지연으로 인한 유지보수 지연시간을 획기적으로 줄였으며, 유지보수 직원의 유선 및 모바일 활용으로 실시간 감지를 제공하였다. 특히, 현장 LAN 공사 및 Local 서버 운용에 소요되는 부담을 IIoT LoRa 통신망을 활용함으로써 비용과 공간적 문제를 획기적으로 개선하였다. 향후, 실제 다수의 시스템에 연동하여 운용과 환경 조건을 고려한 제조 전반에 활용 가능한 플랫폼 연구가 필요하다.

References

- [1] Yeo-Jin Yoon, Tae-Hyung Kim, Joon-Hee Lee, Young-Gon Kim, "Big Data Refining System for Environmental Sensor of Continuous Manufacturing Process using IIoT Middleware Platform", The journal of the institute of internet, broadcasting and communication, Vol. 18, No. 4, pp. 219-226, Apr 2018.
DOI : <http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2018.18.4.219>
- [2] Se-Chun Oh, Young-Gon Kim, "A Study on MQTT based on Priority Topic for IIoT", The journal of the institute of internet, broadcasting and communication Vol. 19, No. 5, pp. 63-71, May 2019.
DOI : <http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2019.19.5.63>
- [3] Baek-Seol Gal, Seon-Yong Kim, "Fatigue Crack Optimum Management Using Multi-Step Optimization Integrating Inspection Information", Journal of Korean Society of Steel Construction, Vol. 30 No. 5, pp. 237-244, Oct 2018.
DOI : <http://dx.doi.org/10.7781/kjoss.2018.30.5.237>
- [4] Seon-Young Lee, Hyun-Mu Go, Won-Seok Park, Hyun-Jung Kim, "Maintenance Planning for Deteriorating Bridge using Preference-based Optimization Method", JOURNAL OF THE KOREAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS A, pp. 223-231, Mar 2008.
- [5] Soo-Jeong Shin, Young-Jin Choi, Seok-Chun Jung, Yong-Won Seo, "Architecture Description Model for Common IT Resource Identification in e-Government Systems" Journal of Korea Society of Information Processing. Vol 16,no4, pp.631-642, 2009.
DOI : <http://dx.doi.org/10.3745/KIPSTD.2009.16-D.4.631>
- [6] Young Nam Kim, Eui Hoon Lee, "Development of the Meta-heuristic Optimization Algorithm: Exponential Bandwidth Harmony Search with Centralized Global Search", Korea Academy Industrial Cooperation Society, Vol21, No.2, pp.8-18, Feb 2020.
DOI : <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.2.8>
- [7] Jae-wook Go, Hye-Jeong Kim, Bo-Kyung Lee, "Factory environmental management system based on MQTT using LoRa", The Journal of Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol 18, No.6, Dec 2018.
DOI : <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.2.8>
- [8] Jong-seok Choi, Yong-tae Shin, "Design of Efficient Big Data Collection Method based on Mass IoT devices", Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, Vol 14, No 4, Aug 2021.
DOI : <https://doi.org/10.17661/jkiict.2021.14.4.300>

저 자 소 개

이 병 옥(정회원)



- Lee Byung-ok received his BS in Industrial Systems Engineering in 2003 and a MS in Industrial Management Engineering at Inje University in 2005. He is currently the research director of RoadPia Co. and is a PhD. student in Computer Science and Engineering at Korea Polytechnic University. His research interests include process innovation, intelligent factory design and construction, and software engineering.

이 건 우(정회원)



- Kun woo Lee received his BS in low at Korea Polytechnic University in 2018. He is currently Master in degree department Computer engineering at Korea Polytechnic University. Areas of interest: IoT, Edge Computing, Distributed Processing System

김 영 곤(정회원)



- Young Gon Kim received his BS in Electronic Engineering at Kyungpook University in 1983 and MS in Electronic Engineering at Yonsei University in 1985, respectively. In 2000, he received his PhD in at KAIST. He is currently a professor at the department of Computer Science at Korea Polytechnic University. His research interests include Software Engineering, nformation communication system, object-oriented analysis and design, etc.