

중소기업의 스마트팩토리 환경을 위한 IoT 장치 간 연계 알고리즘

정윤수
목원대학교 정보통신융합공학부

Linking Algorithm between IoT devices for smart factory environment of SMEs

Yoon-Su Jeong

Department of information Communication Convergence Engineering, Mokwon University

요 약 중소기업 및 영세기업들은 생산관리 뿐만 아니라 설비, 안전, 에너지 관리 측면에서 중소기업의 운영·관리를 위해서 다양한 시도를 하고 있다. 그러나, 중소기업은 투자 여력이 없어 중소기업의 경영 개선과 생산성 향상을 위한 스마트팩토리 구축이 쉽지 않은 상황이다. 본 논문에서는 중소기업에서 현재 운영 중인 공장 장비를 부분적으로 연동하는 스마트팩토리를 구축 알고리즘을 제안한다. 제안 알고리즘은 중소기업의 스마트팩토리 환경을 단계적으로 구축하여 운영할 수 있도록 전체 제조 공정 중 제품 정보와 출시 정보를 IoT 장치에 이용하여 수집·보관·관리·처리 하도록 하고 있다. 또한, 제안 알고리즘은 장치간 인증 정보를 중앙의 서버가 중앙집중식으로 관리함으로써 IoT 장치 수에 상관없이 IoT간 연계를 자동화하는 특징이 있다. 성능평가 결과, 제안 알고리즘은 스마트팩토리 환경을 구축하기 전의 공장 프로세스와 효율성을 평가한 결과 13.7% 향상된 결과를 얻었고, 공장 내 제품 처리 시간도 19.8% 향상된 결과를 얻었다. 또한, 공정 프로세스에 투입된 인력 투입 비용도 37.1% 감소된 결과를 얻었다.

주제어 : 중소기업, 스마트팩토리, 공정 프로세스, 사물인터넷, 인증, 해쉬체인

Abstract SMEs and small enterprises are making various attempts to manage SMEs in terms of equipment, safety and energy management as well as production management. However, SMEs do not have the investment capacity and it is not easy to build a smart factory to improve management and productivity of SMEs. In this paper, we propose a smart factory construction algorithm that partially integrates the factory equipment currently operated by SMEs. The proposed algorithm supports collection, storage, management and processing of product information and release information through IoT device during the whole manufacturing process so that SMEs' smart factory environment can be constructed and operated in stages. In addition, the proposed algorithm is characterized in that central server manages authentication information between devices to automate the linkage between IoT devices regardless of the number of IoT devices. As a result of the performance evaluation, the proposed algorithm obtained 13.7% improvement in the factory process and efficiency before building the Smart Factory environment, and 19.8% improvement in the processing time in the factory. Also, the cost of input of manpower into process process was reduced by 37.1%.

Key Words : Small Business, Smart factory, Factory Process, IoT, Authentication, Hash Chain

*Corresponding Author : Yoon-Su Jeong(bukmunro@mokwon.ac.kr)

Received March 12, 2018

Revised March 28, 2018

Accepted April 20, 2018

Published April 30, 2018

1. 서론

ICT 발전과 함께 제조업도 최근 많은 변화가 이루어지고 있다[1]. 특히, 4차 산업혁명이 대두되면서 제조현장에는 공장 자동화가 큰 이슈로 떠오르고 있다. 스마트팩토리는 기존 제조업의 생성 공정 및 관리를 자동화함으로써 연결성, 유연성, 지능성 측면에서 제조 생산품들이 다품종 대량생산이 가능해졌다[2].

국외에서는 인더스트리 4.0을 시작으로 국가 차원에서 스마트팩토리를 지원하고 있다. 스마트팩토리는 공장 안팎의 사물과 서비스들을 연계하여 가치를 창출하는 비즈니스 모델로 제시되고 있다. 스마트팩토리는 국외뿐만 아니라 국내에서도 그 중요성을 인지하여 ‘제조업 혁신 3.0’ 전략을 발표하였으며, 미래창조과학부와 산업통상자원부는 스마트팩토리 구축 사업을 실시하고 있다[3,4].

스마트팩토리를 도입하고 있는 중소기업에서는 기존에 운영해오던 공정 프로세스를 분석 및 개선하여 스마트팩토리 환경으로 바꾸고 있지만 중소기업 고유의 특성에 맞는 생산현장 문제점을 모두 파악하기에는 현재 어려움이 많은 상황이다[5-8].

본 논문에서는 중소기업의 제조환경을 스마트팩토리 환경으로 변화하였을 경우 프로세스에 투입되는 장비에 IoT 장치를 부착하여 장비에서 생산되는 제품 정보를 연계하여 능동적으로 의사결정이 실시간으로 이루어질 수 있는 알고리즘을 제안한다. 제안 알고리즘은 현재 운영 중인 전체 공장 프로세스 장비를 부분적으로 서로 연동하여 다품종 복합생산이 가능해질 수 있도록 한 것이 가장 큰 특징 중에 하나이다. 제안 알고리즘은 중소기업의 스마트팩토리 환경을 기존 환경에서 단계적으로 구축 및 운영할 수 있도록 IoT 장치에 제조 공정 중 발생하는 제품 정보와 출시 정보를 인식하여 제품 정보의 수집·보관·관리·처리 하도록 지원하도록 하였다. 또한, 제안 알고리즘은 장치간 인증 정보를 중앙의 서버가 중앙집중식으로 관리함으로써 IoT 장치 수에 상관없이 IoT간 연계를 자동화할 수 있도록 구성하였다. 제안 알고리즘은 기존 제조 환경의 생산 효율성과 비용 절감 효과를 얻기 위해서 다음과 같은 기능을 수행한다. 첫째, 제안 알고리즘은 공장내 설치된 IoT 장치를 통해서 제조공정을 추적 및 모니터링하는 것을 손쉽게 하였다. 둘째, 스마트팩토리 환경으로 구축되지 못한 기존 제조 시스템과의 연계를 통해 공정 프로세스를 확장할 수 있다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 스마트팩토리에 대해서 설명한다. 3장에서는 중소기업의 스마트팩토리 환경을 위한 IoT 장치 간 연계 알고리즘을 제시하고, 4장에서는 제안 알고리즘을 기반으로 효율성, 처리시간, 인력 투입 비용 등의 성능 평가를 분석한다. 마지막으로 5장에서는 이 논문의 결과를 요약하고 향후 연구에 대한 방향을 제시한다.

2. 관련연구

스마트팩토리는 새로운 개념이 아니라 기존 공장자동화(Factory automating)의 개념을 확장하여 생산시설을 무인화하고 자동화한다는 개념이다. 기존 공장자동화는 공정 프로세스를 단위 공정 별로만 자동화가 이루어져 전체 공정으로만 본다면 유기적이지 못한 단점이 있다. 그러나, 스마트팩토리는 전체 공정간 데이터를 서로 자유롭게 연계하여 전체 공정 프로세스를 최적화할 수 있다는 점이 장점이다[1].

스마트팩토리는 공장내 사물인터넷(IoT, Internet of Things)을 단위 공정에 설치하여 데이터를 자유롭게 연결, 수집, 분석하여 능동적인 의사결정이 실시간으로 이루어지기 때문에 제조 운영 환경이 다품종 복합생산이 가능해진 제조 시스템을 구현할 수 있다[9].

스마트팩토리는 다음과 같은 3가지 특성(연결성, 유연성, 지능성)을 가지고 있다. 첫째, ICT와 제조업 기술이 융합해 공장 내 장비, 부품들이 연결 및 상호 소통이 원활하게 이루어질 수 있는 연결성이 있다. 둘째, 다품종 복합(대량/소량) 생산이 가능한 유연한 생산체계가 가능한 유연성이다. 셋째, 변화하는 여건에 따라 스스로 의사결정을 내림으로써 능동적으로 대응할 수 있는 지능성이 있다[10].

스마트팩토리는 다양한 형태의 공장 레이아웃 구현, 빠른 레이아웃 검토, 시뮬레이션을 통해 최적의 생산 운영 체계 구성, 공장 시설 변경에 대한 빠른 업데이트, 공장 설비의 검토 및 이력 관리, 영업 및 마케팅 자료로 활용 등에서 활용 범위가 다양하다[11-13].

3. 스마트팩토리 환경을 위한 IoT 장치 연계 알고리즘

3.1 개요

국내외적으로 스마트제조 공장의 자동화를 위한 다양한 노력을 하고 있지만 중소기업의 기존 생산 현장을 모두 자동화 기기로 대체하기에는 중소기업의 경제적 부담이 매우 크다[14,15]. 그러나, 중소기업의 경쟁력 확보 및 생산성 향상을 위해서는 중소기업의 생산현장을 자동화할 수 있도록 스마트 공장을 만들도록 정부차원에서 유도할 필요성은 있다[16]. 본 논문에서는 중소기업의 스마트팩토리 구현을 위한 IoT 장치간 연계 알고리즘이 처리되는 전체 과정을 Fig. 1처럼 정의하였다.

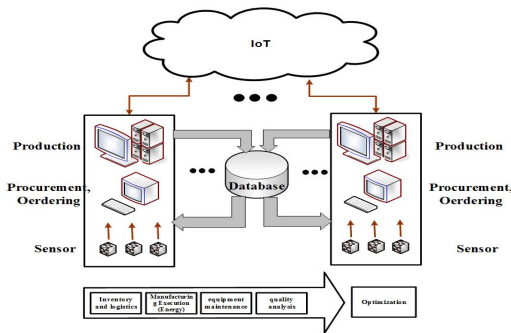


Fig 1. Product Factory Process of Proposed Model

Fig. 1처럼 중소기업의 생산현장에서 처리되는 프로세스는 중소기업의 생산 비용 절감, 생산 효율성, 인력 비용 절감 등에서 효과가 있다. 그러나, Fig. 1과 같은 프로세스가 만들어지기 위해서는 기존 생산현장을 자동화 시설로 교체하기 위한 많은 비용이 소비되는 문제점이 존재한다. 그러나, 생산현장을 Fig. 1처럼 변경할 경우, 기존 생산현장에서 사용되고 있는 시설물은 산업용 IoT 구현/활용, 실시간 모니터링, 제조이력관리, 품질문제 대응, 맞춤형 클라우드 서비스 등이 지원되는 생산현장으로 바뀔 수 있기 때문에 중소기업의 생산 비용 및 효율성 측면에서 많은 비용이 절감될 수 있다.

3.2 제조 제품간 연계 알고리즘

이 절에서는 스마트팩토리 내 생산 제품간 통합 관리를 위해서 제조된 IoT 제품을 효율적으로 연계하기 위한 알고리즘을 다음과 같이 4단계로 나타내고 있다.

· 1단계 : 제조 제품간 연결 알고리즘

이 단계에서는 스마트팩토리에서 생산된 제품의 효율

적인 관리를 위해서 새로 생성된 제품과 이전 생성된 제품간 연계 정보를 설정하기 위한 오프셋을 제품에 할당한다. Table 1처럼 오프셋에 사용되는 인덱스는 현재 생성된 제품 번호를 사용하고, 링크 길이는 제조 공정에서 생성되는 제품의 수와 같게 설정한다. 제조 제품간 연결은 제조 공정에 사용된 n 개의 IoT 장치에서 생성된 제품을 해쉬체인으로 각각 연결함으로써 제조 공정에서 생성된 제품의 관리가 효율적이다.

Table 1. Concatenate Algorithm for IoT Devices

| |
|---|
| Algorithm 1 Linking Algorithm for IoT Device |
| Input The number of manufacturing equipment for establishment of IoT devices |
| Output offset of linking entry |
| 1: Procedure: linking entry Concatenate |
| 2: Offset[1] = 0 |
| 3: for i from 1 to n : |
| index = { i $i \in \mathbb{Z}$, \mathbb{Z} is integer } |
| offset[index+1] = offset[index] + linking_length |
| 4: end for |
| 5: end procedure |

· 2단계 : 새로운 링크 엔트리 구축

이 단계에서는 제조 공정에서 새로 생성된 링크 엔트리를 구축하는 과정을 Table 2처럼 나타내고 있다. 이 단계에서 새로 생산된 제품간 링크 정보는 링크 포인트 P_i^{i-1} 을 통해서 확인 가능하다.

Table 2. Construct new linking entry

| |
|--|
| Algorithm 1 Linking entry construct Algorithm for IoT Device |
| Input The linkage point P_i^{i-1} of new linking information |
| Output Linking pairs of Linking entry location |
| 1: Procedure: Linking point construct of linking entry |
| 2: for 1 from 1 to n : |
| 3: for i from 1 to n : |
| let linking triple $[I_{i-1}, I_i, I_{i+1}]$ |
| The linking pairs (I_{i-1}, I_i) and (I_i, I_{i+1}) from two linking pairs with correspondence estimates |
| 4: end for |
| 5: end for |
| 6: end procedure |

스마트팩토리에 구축된 IoT 장치의 제품정보는 식 (1)처럼 3중 연결을 통해 만들어진다.

$$\text{Set linking triple } [I_{i-1}, I_i, I_{i+1}] \quad (1)$$

여기서, I_i 는 IoT 장치에서 생산된 제품 링크 정보의 의미이다.

IoT 장치로부터 생성된 제품은 (I_{i-1}, I_i) 와 (I_i, I_{i+1}) 쌍을 통해 제품간 연계 링크 엔트리를 2개 구축함으로써 제품 관리의 효율성을 극대화할 수 있다.

· 3단계 : 링크 엔트리 결정

이 단계는 IoT 장치로부터 생산된 제품의 링크 엔트리를 결정하는 단계이다. 새로 생산된 제품의 링크 엔트리가 정상적으로 구축되었다면 링크 엔트리 $\langle I_i^{-1}, P_i^{-1} \rangle \in R_i^{-1}$ 에 새로 생성된 제품의 제품 정보 I_i 를 추가하고 그렇지 않다면 투영 행렬(Projection matrix) P_i 에 링크 엔트리 정보 I_i 에 대한 링크 포인트를 새로 정의하여 링크 엔트리 $\langle I_i^{-1}, P_i^{-1} \rangle$ 로 링크 포인트를 생성한다.

Table 3. Resolve Linking entries

| Algorithm 1 Resolve linking entries |
|--|
| Input Linking entries <name, location> using linking pairs |
| Output update Linking point p |
| 1: Procedure: Resolve linking entries |
| 2: for i from 1 to n |
| 3: for each linking entry in the talbe |
| 4: if linking entry is not defined: |
| 5: representation linking point and linking entry for each linking viewpoint: original linking entry I_i and projection matrix P_i |
| 6: output linking point of linking entry $\langle I_i^{-1}, P_i^{-1} \rangle$: |
| 7: else |
| 8: new linking entry = linking entry(name) |
| 9: update linking point p in linking entry $\langle I_i^{-1}, P_i^{-1} \rangle$ using new location |
| 10: add a new linking entry for I_i at linking entry $\langle I_i^{-1}, P_i^{-1} \rangle \in R_i^{-1}$ |
| 11: end if |
| 12: end for |
| 13: end for |
| 14: end procedure |

제안 기법은 Table 3처럼 $i+1$ 번째 제품과 연계하기 위한 상향 연계 링크 지점을 식 (2)처럼 나타낸다.

$$I_{i+1} = (R_{i+1}^i)^{-1} D_{(i,i+1)} [R_i^{i+1} I_i] \quad (2)$$

여기서, i 는 링크 인덱스를 의미하고, $D_{(i,i+1)}$ 는 제품간 링크 불일치도를 의미한다.

IoT 장치로부터 생성된 제품의 링크 포인트 p_i 는 이전에 생성된 제품과의 연계를 위해서 2개의 체인을 생성

한다. 그리고, 제안 기법에서는 IoT 장치로부터 생성된 제품간 연계성을 보충하기 위해서 불일치도 $D_{(i,i+1)}$ 를 사용한다. 불일치도는 식 (3)처럼 I_i^{i+1} 에서 I_{i+1}^i 까지 상향 일치되는 맵 $D_{(i,i+1)}$ 을 이용하여 I_i^{i-1} 부터 I_{i-1}^i 까지 하향 일치되는 지점을 찾는다.

$$I_{i-1} = (R_{i-1}^i)^{-1} D_{(i,i-1)} [R_i^{i-1} I_i] \quad (3)$$

· 4단계 : 제조 제품 연계 엔트리 정보 갱신

이 단계에서는 제조 제품 간 연계 엔트리 정보를 갱신하는 단계를 나타내고 있다. Table 4는 제조 제품 연계 엔트리 정보 갱신과 관련된 알고리즘을 보여주고 있다. Table 4처럼 생산 현장에서는 새로 제조된 제품이 엔트리 정보에 대한 offset을 추가하여 제조 제품의 연계 엔트리 정보 $\langle I_i^{-1}, P_i^{-1} \rangle$ 의 연계 포인트 P_i^{-1} 를 갱신함으로써 제조 제품간 연계 엔트리 정보도 동시에 갱신된다.

Table 4. Relocate update linking entry

| Algorithm 1 Relocate linking entry Algorithm |
|---|
| Input The updated linking entry and linking point P_i^{i-1} |
| Output New Linking entry |
| 1: Procedure: Relocate linking entry |
| 2: for i from 1 to n : |
| 3: for each linking entry |
| 4: add offset[i] to each linking entry to create new linking entry |
| 5: update linking point P_i^{i-1} at linking entry $\langle I_i^{-1}, P_i^{-1} \rangle \in R_i^{i-1}$ |
| 8: end for |
| 8: end for |
| 9: end procedure |

4. 평가

제안 알고리즘은 기존 생산현장의 생산 효율성, 생산 처리시간, 인력 투입 비용 등을 비교 분석한다. 특히, 제안 알고리즘은 생산 현장의 생산라인 중 1개의 라인을 대상으로 스마트팩토리 구축 전·후로 성능 분석한다.

4.1 생산 효율성

Fig. 2는 중소기업 생산현장에 적용한 제조 과정에 IoT 장치를 이용하여 생산된 제품의 생산 효율성을 기존 생산 현장과 비교 분석하고 있다. Fig. 2의 분석 결과, 제

안 알고리즘처럼 스마트팩토리 환경에 IoT 장치를 부착한 생산현장의 효율성이 기존 생산현장보다 생산 효율성이 13.7% 향상되었다. 이 같은 결과는 생산 제조 라인에 자동화 기술을 접목시켰기 때문에 생산 프로세스에 추가적인 기능이 필요하지 않았기 때문에 나타난 결과이다.

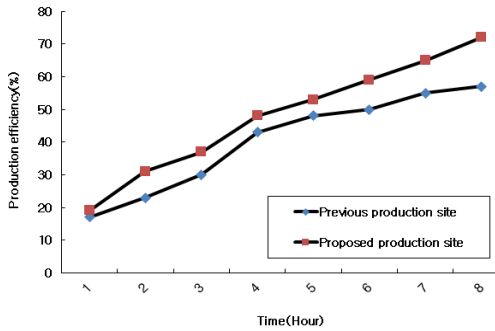


Fig. 2. Analysis of production efficiency

4.2 생산 처리시간

Fig. 3은 스마트팩토리 환경에 IoT 장치를 부착하여 생산품들을 통합 관리하고 모니터링할 때 기존 생산 프로세스와 비교하여 생산되는 제품의 처리시간을 비교분석하고 있다. Fig. 3 분석 결과, 제안 알고리즘은 기존 제조 프로세스보다 공장 내 제품 처리 시간이 19.8% 향상되었다. 이 같은 결과는 제품 프로세스를 수동화에서 자동화로 변화하여 시간당 제조 과정에서 처리되는 시간을 최소화하였기 때문에 나타난 결과이다.

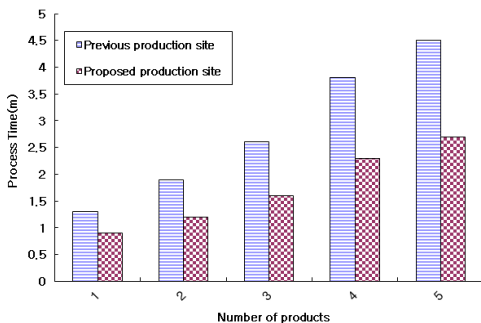


Fig. 3. Process time of Product production

4.3 인력투입 비용

Fig. 4는 스마트팩토리 환경으로 중소기업의 제조환경을 바꿔주었을 때 기존 제조환경과의 인력 투입 비용을

비교분석하고 있다. 분석 결과, 공장내 자동화를 구축화 제조 공정 프로세스가 기존 제조 공정 프로세스보다 투입된 인력 투입 비용이 37.1% 감소된 결과를 얻었다. 이 같은 결과는 제조 공정에 IoT 기술을 제조 장비에 투입했기 때문에 기존 인력이 사용하는 부분을 자동화로 바뀌기 때문에 나타난 결과이다. 그러나, 제조 공정을 자동화하기 위한 유지 인력은 최소한으로 유지해야 하는 문제점이 있다.

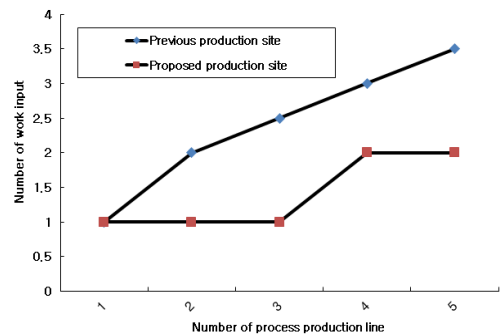


Fig. 4. Analysis of number of work input for process production line

5. 결론

최근 공장 자동화를 준비하고 있는 중소기업은 경제적 부담을 갖지만 경쟁력을 유지하거나 향상시키기 위해서 제조 공정 자동화를 추진하고 있다. 본 논문에서는 중소기업의 제조환경에 적합한 스마트팩토리 환경을 구축하기 하기 위한 IoT 장치간 연계 알고리즘을 제안하였다. 제안 알고리즘은 IoT 장치를 부착한 제품 정보를 중앙 서버가 효율적으로 모니터링하거나 체크할 수 있도록 제조 프로세스가 능동적 의사결정이 실시간으로 이뤄질 수 있다. 제안 알고리즘은 다품종 복합생산이 가능한 중소기업을 대상으로 IoT 장치를 서로 연동하여 제조 프로세스를 단계적으로 구축 및 운영할 수 있도록 제품 정보와 출시 정보를 인식하여 제품 정보의 수집·보관·관리·처리 하도록 하였다. 또한, 제안 알고리즘은 기존 제조 환경의 생산 효율성과 비용 절감 효과를 얻기 위해서 기존 제조 시스템과의 연계를 통해 공정 프로세스를 확장하는 기능을 추가하였다. 성능평가 결과, 제안 알고리즘은 스마트팩토리 환경을 구축하기 전의 공장 프로세스와 효율성을 평가한 결과 13.7% 향상된 결과를 얻었고, 공장 내

제품 처리 시간도 19.8% 향상된 결과를 얻었다. 또한, 공정 프로세스에 투입된 인력 투입 비용도 37.1% 감소된 결과를 얻었다. 향후 연구에서는 본 연구의 결과를 기반으로 중소기업에서 생산되는 제품별 불량률 자동 검출 알고리즘에 대한 추가 연구를 수행할 계획이다.

REFERENCES

- [1] Y. S. Jeong. (2017). A Study on improving manufacturing environment using IoT technology in small business environment. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(2), 83-90.
DOI : 10.22156/cs4smb.2017.7.2.083
- [2] J. S. Lee. (2017). A Study on the Effects of the Cooperative Philosophy between SMEs to the Cooperative Activities and Performance. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(9), 301-309.
- [3] A. S. Oh. (2015). Smart Factory Logistics Management System Using House Interior Position Tracking Technology Based on Bluetooth Beacon. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 19(11), 2677-2682.
DOI : 10.6109/jkiice.2015.19.11.2677
- [4] Y. S. Jeong, Y. H. Yon & J. H. Ku. (2017). Hash-chain-based IoT authentication scheme suitable for small and medium enterprises. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(4), 105-111.
DOI : 10.22156/cs4smb.2017.7.4.105
- [5] H. G. Park. (2014). *Industry 4.0, the future of the manufacturing industry in Germany*. Pohang: POSCO.
- [6] S. C. Kang. (2014). *German industrial revolution (Industry) 4.0*. NIPA Week Technology Trends.
<https://www.nipa.kr/main.it>
- [7] D. W. Kim & D. H. Kim. (2017). A Study on the R&D Capabilities of ICT SMEs in Yangje District. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(7), 265-272.
- [8] G. M. Lee & S. B. Kim. (2016). Technology Financing for Export-Import based Small and Medium Sized Enterprises: Focused on Supported Enterprises by the Export-Import Bank of Korea. *Journal of Digital Convergence*, 14(7), 11-20.
DOI : 10.14400/jdc.2016.14.7.11
- [9] B. C. Kim. (2016). The SME Informatization Level Analysis and Design for Privacy. *Journal of Digital Convergence*, 13(2), 121-126.
DOI : 10.14400/jdc.2015.13.2.121
- [10] Y. S. Jeong. (2016). A Study of An Efficient Clustering Processing Scheme of Patient Disease Information for Cloud Computing Environment. *Journal of Convergence Society for SMB*, 6(1), 33-38.
- [11] Y. S. Jeong. (2014). Tracking Analysis of User Privacy Damage using Smartphone. *Journal of Convergence Society for SMB*, 4(4), 13-18.
- [12] Y. S. Jeong. (2012). Design of Security Model for Service of Company Information. *Journal of Convergence Society for SMB*, 2(2), 43-49.
- [13] D. Ilic, S. Kamouskos & M. Wilhelm. (2013). A comparative analysis of smart metering data aggregation performance. *2013 11th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 434-439.
DOI : 10.1109/indin.2013.6622924
- [14] Y. S. Jeong. (2010). An Efficiency Management Scheme using Big Data of Healthcare Patients using Puzzy AHP. *Journal of Digital Convergence*, 13(4), 227-234.
DOI : 10.14400/jdc.2015.13.4.227
- [15] Y. S. Jeong. (2016). Design of Prevention Model according to a Dysfunctional of Corporate Information. *Journal of Convergence Society for SMB*, 6(2), 11-17.
DOI : 10.22156/cs4smb.2016.6.2.011
- [16] L. Raymond. (1985). Organizational Characteristics and MIS success in the Context of Small Business. *MIS Quarterly*, 37-52.
DOI : 10.2307/249272

정 윤 수 (Jeong, Yoon Su)

[정회원]



- 1998년 2월 : 충북대학교 전자계산학과 학사
- 2000년 2월 : 충북대학교 전자계산학과 석사
- 2008년 2월 : 충북대학교 전자계산학과 박사

- 2012년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 정보통신공학과 조교수
- 관심분야 : ICT 네트워크, 유·무선 통신, 정보보호, 헬스케어, 빅 데이터, 바이오인포매틱스
- E-Mail : bukmunro@mokwon.ac.kr