

상용망 기반의 항만터미널 효율적인 관제시스템 설계

김용호^{1*}, 주영관², 문형진³

¹광주대학교 IT자동차학과, ²충북대학교 소프트웨어학과, ³성결대학교 정보통신공학부

Design of an Efficient Control System for Harbor Terminal based on the Commercial Network

Yong-Ho Kim^{1*}, YoungKwan Ju², Hyung-Jin Mun³

¹Dept. of IT-Automotive Engineering, Gwangju University

²Department of Computer Science, Chungbuk National University

³Dept. of Information & Communication Engineering, Sungkyul University

요약 해상을 통한 물동량이 전체 97% 차지하고 있어 효율적인 항만 운영 관리 시스템을 통해 작업효율을 높이는 동시에 운영비용을 절감하고, 관리자가 작업 지연 및 장비 지원이 필요한 상황이 발생한 경우 신속하게 이를 확인하여 대처할 필요가 있다. 기존 시스템은 GPS 을 이용한 야드 자동화 장비의 실시간 위치정보 확인을 토대로 작업 완료 혹은 작업 시작에 따라 입력된 정보로 위치 정보를 모니터링하고 있다. 기존 시스템보다 태블릿의 GPS 시스템으로 실시간 위치정보 확인 시스템이 야드 조업 장비의 위치 확인에 있어 더욱 정확한 정보 제공이 가능하다. 야드장 내의 통신망에서도 컨테이너로 인한 음영이 없는 상용 LTE 서비스를 활용한 망 구성이 컨테이너 처리 지연을 줄인다. 마지막으로 안드로이드나 IOS를 사용하는 스마트단말기의 도입과 인공지능을 활용한 컨테이너 처리 스케줄링을 통해 컨테이너 처리 어플리케이션의 스마트 단말 사용과 컨테이너 작업 스케줄의 최적화를 통한 최소 지연시스템을 구축한다. 스마트 단말의 도입과 인공지능을 활용한 컨테이너 처리 지연의 최소화는 컨테이너 정보 요구자인 소비자에게 실시간으로 컨테이너의 처리과정을 확인시킴으로써 항만 서비스의 질적 향상이 예상된다.

키워드 : 항만, 컨테이너, 상용망, 와이파이, LTE, 야드

Abstract The Seaborne Trade Volume accounts for 97% of the total. This means that the port operation management system can improve port efficiency, reducing operating costs, and the manager who manages all operations at the port needs to check and respond quickly when delays of work and equipment support is needed. Based on the real-time location information confirmation of yard automation equipment used the existing system GPS, the real-time location information confirmation system is a GPS system of the tablet, rather than a port operation system that monitors location information for the entered information, depending on the completion of the task or the start of the task. Network configurations also reduce container processing delays by using commercial LTE services that do not have shading due to containers in the yard also reduce container processing delays. Trough introduction of smart devices using Android or IOS and container processing scheduling utilizing artificial intelligence, we will build a minimum delay system with Smart Device usage of container processing applications and optimization of container processing schedule. The adoption of smart devices and the minimization of container processing delays utilizing artificial intelligence are expected to improve the quality of port services by confirming the processing containers in real time to consumers who are container information demanders.

Key Words : Harbor Terminal, Container, Commercial Network, Wifi, YARD

1. 서론

ICT 발달로 인해 생산기지의 다국화, 전 세계의

*Corresponding Author : 김용호(multi_kyh@hanmail.net) IJST 게재된 논문을 재정리 및 확장된 논문입니다.

Received February 9, 2018

Revised March 8, 2018

Accepted March 16, 2018

Published March 31, 2018

글로벌화, 급속도로 성장하는 경제, 중국, 인도 등의 신흥시장으로 인해 전 세계의 물동량은 지속적으로 증가하고 있다. 해상을 통한 물동량은 전체 물동량의 97%를 차지하고 있다. 해상을 통해 이동되는 컨테이너는 선박에 적하되기 전 또는 선박에서 양하되어 내륙으로 운송되기 전에 항만의 야드장에 임시 보관되어 관리되고 있다. 기존항만 시스템은 선박을 계선시키는 시설을 갖춘 접안 장소인 선석(Berth)과, 컨테이너 화물이 적재되는 야드장, 컨테이너화물이 야드장에서 외부로 또는 외부에서 야드장으로 출입하는 것을 관리하는 게이트(GATE), 컨테이너 화물을 처리하는 장비들인 안벽 크레인, 트레일러, 야드 크레인, 리치 스택커, 탑 핸들러, 포크 리프트를 포함하고 있다.

기존 항만 운영 시스템 관리자는 산업용 PDA를 통해 전달되는 작업 결과 정보를 수집하여 플래너가 수립한 작업 일정에 따라 실제로 작업이 실시되고 있는지를 모니터링 하는데, 작업이 지연되고 있거나 장비 지원이 필요한 경우 모니터링 결과를 통해 얻은 장비들의 작업 상황을 판단하여 필요한 장비를 적절히 선택하여 대처하고 있지만 야드장 내부에 설치된 무선망은 컨테이너 블록에 의해 무선 신호를 차단하는 음영지역을 만들어 내고 있어 무선망을 통한 통신이 항만 운영 시스템(TOS : Terminal Operation System) 관리자와 작업자 사이에서 종종 불안정한 통신이 이루어진다[1-3]. 또한, 항만에서 사용되는 산업용 PDA를 통해 최종 작업 결과만을 수집할 수 있어 장비들의 현재 이동 위치 및 작업 진행에 대한 실시간 모니터링이 불가능하다[4]. 이러한 경우 항만 운영 시스템 관리자가 작업 지연 또는 장비 지원 필요 등의 파악이 실시간으로 파악할 수 없어, 상황에 따라 작업에 필요한 장비 지원, 작업자 증원 또는 임무변경 등의 대응이 실시간으로 이루어지기 어려운 점이 있다. 항만에서 사용되는 산업용 PDA는 최근의 스마트폰 단말기에 비해 유지보수 비용과 고정된 소프트웨어 규격, 사용자 인터페이스 등에서 많은 단점을 갖고 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 최신 통신 방식과 기존 항만 시스템을 소개하고, 3장에서는 상용망 기반 항만 운영관리 시스템을 제안하고, 4장에서는 제안 시스템을 분석 및 논의하고, 마지막으로 5장에서 결론과 향후 연구를 기술한다.

2. 관련연구

2.1 통신 방식

Wi-Fi 는 모바일 단말기들의 무선랜을 연결하는 기술로 2.4GHz와 5GHz 무선 대역을 사용한다. 무선랜은 일반적으로 암호화 되어 보호되지만 대역 내에 위치한 기기는 무선랜 네트워크에 접근이 가능하다. Wi-Fi 기술은 노트북, 스마트폰, 태블릿, 프린터 등 다양한 장치에 적용되고 있다[5]

3G 는 3세대 이동통신 기술로 음성데이터와 비음성 데이터를 모두 전송이 가능하다. 3G는 국제전기통신연합이 지정한 IMT-2000 표준을 준수하고 있다. 최소 2MBit/s 정보 전송속도를 제공하고 있으며, 무선 음성 전화, 모바일 인터넷 액세스, 고정 무선 인터넷 액세스, 화상 통화 및 모바일 TV 기술에 적용되고 있다[6].

LTE (3GPP Long Term Evolution) 는 휴대전화 네트워크의 용량과 속도를 증가시키기 위해 고안된 4세대 무선 기술(4G)로 가기 위한 단계 기술로 4G의 요구사항을 만족하지 못해 3.9G라고 부르기도 한다. 100Mbps 의 하향링크, 50Mbps의 상향 링크 속도를 가지고 있고, 10ms 이하의 RAN round-trip time을 제공하고 있다[7].

중국은 에너지 시스템 전환을 위하여 10년 장기 프로젝트인 '그린 호라이즌(Green Horizons)' 에 착수하였다. 그린 호라이즌 프로젝트는 IBM의 인공지능 플랫폼 왓슨(Watson)과 빅데이터분석기술을 활용하여 중국의 지속 가능한 녹색 성장을 위한 방안을 모색하는 것으로 구체적으로 ①재생가능 에너지 예측, ②산업 에너지 최적화, ③도시 대기오염 관리 등 3가지 분야로 진행 중이다[8].

2.2 기존 항만 시스템

기존 항만 시스템에서는 항만 운영 시스템 관리자와 작업자 간의 정보 교환은 야드장 내부에 설치된 무선망과 터미널 오퍼레이팅 시스템(Terminal Operating System)이 탑재된 산업용 PDA를 사용하고 있다[9]. 항만과 선박에서 사용되던 PDA 대신 스마트폰을 이용하여 항만 및 선박용 컨테이너의 정보를 관리하고자 하는 기술이 개발되었으나, 스마트폰에 추가적인 스마트폰용 동글(Dongle)을 장착하고, 동글의 제어 및 관리를 위해 와이파이(Wi-Fi) 또는 3G

를 통해 관리서버와 통신을 수행하는 것으로, 컨테이너의 정보 신뢰성 향상과 컨테이너 모니터링 편리성과 관련된 내용에 한정되어 있었다.

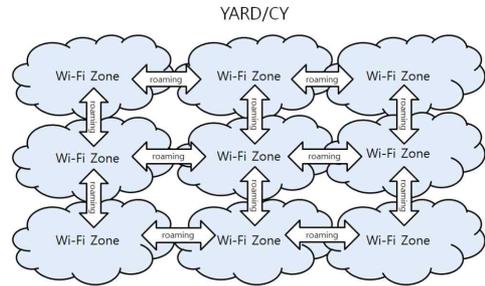
기존 항만 시스템에서 실시되는 외부 차량의 터미널 구입/구출 작업은 차량이 게이트(GATE)를 통과하면서 부터 시작되는데, 기존에 외부 차량이 제공받는 작업 정보는 컨테이너 구입/구출이 발생하는 야드장 내의 블록 작업 위치(Block-Bay)로 한정되었다 [10]. 이러한 정보 제공의 한계로 외부 기사들은 구입/구출 작업이 진행되는 시간을 예측하지 못해, 야드장 내에서 대기하여 야드장의 정체를 발생시키거나 장기 대기 기사들의 불만을 초래하는 문제점이 있었다.

과거 터미널은 수출입화물을 처리하는 항만으로 중요시 되었지만 현재에는 고부가가치를 창출하는 전략 산업으로 터미널의 효율적인 운용이 필요하다. 단순하게 터미널 상황을 모니터링하는 수준에서 자동적으로 문제를 찾아내고, 해결할 수 있는 시스템으로 발전하고 있다[11].

3. 제안시스템

3.1 제안 항만 시스템

컨테이너 터미널 시스템에서는 항만 자동화 장비들과 관제시스템 간에 통신이 이루어지도록 하기 위해서 802.11(a/g/n/ac) 무선통신망이 구축되었는데 이 방식은 주파수 범위에 따라 커버리지(coverage)가 각각 상이하며, 전송 대역폭이 높은 주파수 범위를 사용하는 무선 통신 방식일수록 벽, 장애물(컨테이너 혹은 건물 등)에 더욱 영향을 받기 때문에, 고속의 무선 환경을 구축하는데 많은 제약 사항을 가진다. 또한 구축된 무선망에 접속하는 단말기의 수신 성능을 향상시키기 위해 별도의 2.4GHz/5GHz의 추가 안테나 설치가 필요하며, 그 부수 설치물들은 우천 및 해풍으로 인해 부식 및 성능 저하 현상이 발생하게 되며, 구축된 무선 환경에 따라 서비스되는 무선 범위를 벗어나게 되며, 아래 그림과 같이 액세스 포인트들 간의 로밍이 필연적으로 발생하게 되어 무선 음영 지역이 발생한다.

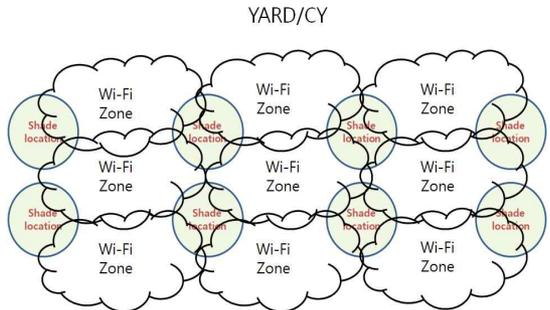


[Fig. 1] 802.11 a/g/n/ac based wireless environment roaming area

로밍이 발생하는 경계 구간에 진입하여 항만 운영 작업을 진행할 때 접속된 단말기는 신호 품질 및 기타 환경에 따라 접속될 액세스 포인트를 자동 검색하므로, 이는 작업 정보의 처리 지연 현상을 발생하며 항만 조업 생산성의 하락으로 이어지게 한다.

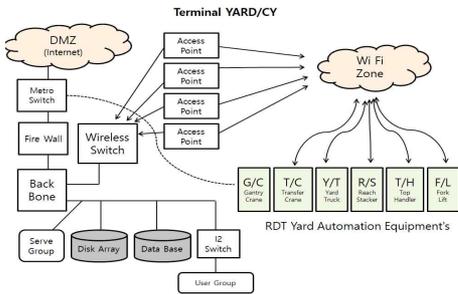
기존 컨테이너 터미널 시스템에는 Fig. 2 과 같이 복수의 무선 액세스 포인트가 설치되어 있으며, 각 설치된 액세스 포인트의 신호 도달 거리를 벗어나게 되면 무선 음영지역이 발생하게 된다.

또한 Fig. 2 와 같이 무선망에 장애발생으로 인해, 일부 구간 혹은 전체 구간의 통신단절 현상이 발생할 수 있게 된다. 즉 장애가 발생한 액세스 포인트의 교체 및 문제가 해결되기 전까지 음영지역 복구지연이 발생하게 된다. 액세스 포인트와 연결된 L2 스위치 장비의 장애 발생시는 전체 무선망에 장애가 발생할 수 있다. 갠트리 크레인의 하역 작업을 지원하기 위한 야드 트럭은 갠트리 크레인의 WI-FI 존 장애 시 연결 가능한 WI-FI 존까지 이동되어야 한다.



[Fig. 2] Shading areas of existing wireless environments

또한, 항만 야드 자동화 장비의 전산 처리를 위해 야드 및 C/Y의 광케이블 포설, 무선 AP 구축, 산업 PC 등이 필요 하며, 별개의 시스템을 독립적으로 관리함에 인력 및 비용, 장비의 생산중단(단종) 등의 문제가 발생한다. 케이블과 장비의 문제로 서비스를 중단시킬 수 있는 문제점을 제거하기 위해 보다 안전성이 높은 광통신망을 통한 태블릿 기반의 운영 시스템의 도입이 필요하다.



[Fig. 3] Existing port system

Fig. 3와 같이 기존 컨테이너 터미널 시스템은 관제 시스템과 항만 야드 자동화 장비들로 구성되어 있으며, 관제 시스템과 항만 야드 자동화 장비들 간의 통신은 무선으로 이루어져 있으며, 항만 야드 자동화 장비들은 다수의 액세스 포인트들이 형성하는 WI-FI 존을 통해서 관제 시스템에 접속해서 각각의 작업 수행을 위한 정보를 획득하거나 작업 수행 결과를 관제 시스템에 저장한다.

항만 야드 자동화 장비들에는 그림 4와 같이 트랜스퍼 크레인(T/C : Transfer Crane), 야드 트럭(Y/T : Yard Truck), 리치 스택커(R/S : Reach Stacker), 탑 핸들러(T/H : Top Handler), 포크 리프트(F/L : Fork Lift), 갠트리 크레인(G/C : Gantry Crane) 등이 있다. Fig. 4은 개발된 장비 및 테스트베드이다.

Transfer Crane | Yard Truck Transfer | Crone Testbed

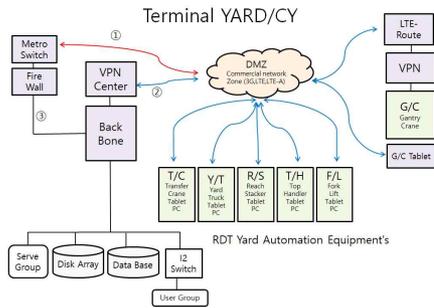


[Fig. 4] Port yard automation equipments

3.2 상용망 기반 항만 운영관리 시스템

본 논문에서 제시된 상용망 기반의 항만 운영 관리시스템은 Fig. 5에 도시한 바와 같이, 크게 항만 운영 장치와 상용망에 접속 가능한 가상 사설망 장치와 컨테이너를 처리하는 다수의 장비들과 게이트(GATE)에서 사용되는 복수개의 단말기를 포함하여 구현된다. 항만 운영 장치는 선석(Berth)에서 실시되는 컨테이너의 양하 작업 정보와 적하 작업 정보를 포함하는 본선 작업 정보와, 야드장에서 일정한 영역으로 구획된 복수개의 블록 중 하나의 블록에 컨테이너를 적재하거나 블록에 적재된 컨테이너를 이송하는 구입/구출 작업 정보와, 게이트(GATE)를 출입하는 컨테이너의 반입/반출 작업 정보를 처리한다. 항만 운영 장치는 데스크 탑 컴퓨터, 노트북으로 구현될 수 있다. 상용망은 3G, LTE, LTE-A를 사용하는 무선망으로 LTE 상용망은 기존의 회선 교환(Circuit-Switched) 기반의 통신을 배제한 ALL-IP 기반의 네트워크로 QoS관리 기능을 강화하여 실시간 서비스 및 비 실시간 서비스에 대해 차별된 QoS를 제공한다. 또한, 스마트 안테나 기술을 도입함으로써 무선 통신을 위한 bandwidth를 확장하여 제공하고 있다. LTE-A 상용망은 최대 100MHz의 광대역을 지원하며, 이를 위해 복수의 주파수 블록을 사용하여 광대역을 달성하는 캐리어 어그리게이션(carrier aggregation) 또는 대역폭 어그리게이션 (bandwidth aggregation) 기술을 사용한다.

본 논문에서는 안드로이드나 아이오에스 기반 스마트폰용 항만 운용 시스템을 제안한다. 항만 운용 시스템은 인공지능의 컨테이너 처리 스케줄을 학습시킴으로써 지연이 발생하는 과정의 지연을 고려해 최적의 처리조건을 만족하도록 스케줄링한다. 항만 운용시스템에 인공지능 스케줄링의 도입은 컨테이너를 처리하는 항만 작업 정보와 관련된 컨테이너의 구입/구출 작업 정보, 게이트(GATE)를 출입하는 컨테이너의 반입/반출 작업 정보 등의 처리 지연을 최소화함으로써 컨테이너 처리에 필요한 대기시간을 정확히 예측할 수 있어 컨테이너 처리 시간을 최적화할 수 있고 컨테이너 운반용 차량이 항만에 대기하는 시간을 크게 줄일 것이다.



[Fig. 5] Configuration of Port Operation Management System based on Commercial Network

4. 분석 및 논의

종래 컨테이너 터미널에서 자체 구축된 무선망으로 인해서 발생하는 문제점들을 개선하기 위하여, 상용망을 이용한 망구축 방법과 컨테이너 터미널 시스템, 컨테이너 터미널 시스템의 항만운영 방법을 연구하였다.

첫째, 단말기가 로밍이 발생하는 경계 구간에 진입하여 운영 작업을 진행할 때 접속된 단말기는 신호 품질 및 기타 환경에 따라 접속된 액세스 포인트를 자동 검색하는 동작을 반복 수행하므로, 이로 인해서 작업 정보의 처리 지연 현상을 발생하게 된다. 상용망을 사용하는 경우 3G/LTE/LTE-A 통신환경에 따라 보다 넓은 커버리지(coverage)가 제공되어 지며, 별도의 로밍 현상이 발생하지 않게 되어 안정적인 운영 환경을 보장하게 되어 통신 지연을 최소화할 수 있다.

둘째, 종래 산업용 PDA에 탑재되는 항만 운영 프로그램을 안드로이드나 아이오에스 기반으로 항만 운영 프로그램으로 변경하는 것을 제안하였다. 기존의 산업용 PDA 대체함으로써 구입비용과 유지보수비를 낮춤으로 항만 운영비용을 줄일 수 있었다.

셋째, 항만 운영 시스템의 컨테이너 스케줄러를 인공지능의 기계학습 기법을 활용한 최적화에 대해 제안하였다. 컨테이너의 처리 지연은 관련한 컨테이너 처리 시스템의 처리 지연과 해당 컨테이너의 운반을 위해 대기하는 컨테이너 운반 차량도의 대기를 유발한다. 이러한 지연은 항만 전체의 처리 지연으로 이어진다. 따라서 인공지능을 활용해 지연의 발생을 미리 예측하고 처리하도록 스케줄링을 수정하여 지연이 최소화되도록 시스템을 변경한다. 인공지능을 활용한 최

적 스케줄링은 항만 작업 정보, 관련된 본선 작업 정보와 구입/구출 작업 정보, 게이트(GATE)를 출입하는 컨테이너의 반입/반출 작업 정보 등을 최적화해 처리하도록 함으로써 지연이 최소화된 항만 운영시스템을 구축가능하게 할 것이고 최소의 지연을 보장하는 항만 운영 시스템이 될 것으로 판단된다.

Fig. 6 는 개발된 보드 PCB의 실제모습이다.



[Fig. 6] Developed board PCB

5. 결론

본 논문에서는 종래 컨테이너 터미널에서 자체 구축된 무선망으로 인해서 발생하는 문제점들을 개선하기 위하여, 상용망을 이용한 망구축 방법과 컨테이너 터미널 시스템, 컨테이너 터미널 시스템의 항만운영 방법을 연구하였다.

상용망을 사용하는 경우 3G/LTE/LTE-A 통신환경에 따라 보다 넓은 커버리지(coverage)가 제공되어 지며, 별도의 로밍 현상이 발생하지 않게 되어 안정적인 운영 환경을 보장하게 되어 지연 없는 안정적인 통신환경을 지원할 수 있게 되었다.

종래 산업용 PDA에 탑재되는 터미널 프로그램을 안드로이드 기반으로 터미널 프로그램으로 재개발하고 개발한 안드로이드 기반의 터미널용 소프트웨어를 탑재한 단말기 사용은 기존의 산업용 PDA 대체함으로써 구입비용과 유지보수비를 낮춤으로 항만 운영비용을 줄일 수 있었다. 마지막으로 스마트 단말의 도입과 인공지능을 활용한 컨테이너 처리 지연의 최소화는 컨테이너 정보 요구자인 소비자에게 실시간으로 컨테이너의 처리과정을 확인시킴으로써 항만 서비스의 질적 향상이 예상된다.

향후 연구로는 최신 인터넷 기술인 5G를 이용하고, 항만터미널에서의 고해상도의 영상을 기반으로 하는 관제 시스템 설계에 대한 연구가 필요하다.

REFERENCES

[1] Dong-Hee Hong, Chang-Gon Kim. (2015).

Improvement of wireless communications environment of Web-pad on board Yard tractor in container terminal use convergence technology. *Journal of Digital Convergence*, 13(8), 281-288.

- [2] U.S. Department of Energy, Solid-State Lighting: Brilliant Solutions for America's Energy Future. 2011; Available from: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/ssl_brochure_june2011.pdf
- [3] Schwarz FC. Time Domin Analysis of the Power Factor for rectifier Filter System with Overand Subcritical Inductance. *IEEE Transactions on Industrial Electronics and Control Instrumentation*. 1973; 20(2):61 - 68.
- [4] Yong Ho Kim, In Cheal Yoon. (2015), A Development of Controlling System of Harbor Terminal using on the Commercial Network, *Indian Journal of Science and Technology*, 8(35)
- [5] Wi-Fi, <https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>
- [6] 3G, <https://en.wikipedia.org/wiki/3G>
- [7] LTE, <https://en.wikipedia.org/wiki/LTE>
- [8] KOTRA. (2016.12), China's ICT Convergence Strategy and Implications for the Fourth Industrial Revolution. Global Strategy Report 16-014, 12-32.
<http://news.kotra.or.kr/user/reports/kotranews/20/usrReportsView.do?reportsIdx=6936>
- [9] Jong-Woo Kim, Seong-Ki Kim, Chang-Su Kim. (2001). The Implementation of JEMI Digital Map and GPS Integration Module based on PDA Environment. *The conference of Korea Multimedia*, 221-225.
- [10] Kyoungyeol Jang, Chunghoon Lee, Jae-Gon Kim, Seung-Kil Lim, Woosik Yoo. (2007). An Empirical Study on RFID Application to the Container Terminal Gate Management System. *IE interfaces*, 20(1), 69-78.
- [11] J.L.Choi, J.Y. Shin, J.R.Kim, J.W.Kim,(1989). Implementation of Integrated Container Terminal Control System. Conference of Korean Institute

of Navigation and Port Research. pp.353-357
<http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/article/articleSearchResultDetail.do?cn=NPAP07923331>

김용호(Yong-Ho Kim)

[정회원]



- 2005년 2월 : 조선대학교 전산계산학과(이학박사)
- 2018년 8월 : 호남대학교 경영학과 경영학박사
- 2012년 4월 ~ 현재 : 광주대학교 IT자동차학과 교수

- 관심분야 : IOT,정보시스템관리, SW공학,컨설팅,창업
- E-Mail : multi_kyh@hanmail.net

주영관(Youngkwan Ju)

[정회원]



- 2009년 2월 : 충북대학교 전산계산기공학과(공학박사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 소프트웨어학과 초빙교수

- 관심분야 : 임베디드시스템, 신호처리
- E-Mail : rainbow@cbnu.ac.kr

문형진(Hyung-Jin Mun)

[정회원]



- 2008년 2월 : 충북대학교 전산계산기학과(이학박사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 성결대학교 정보통신공학부 교수

- 관심분야 : 정보보안, 블록체인기술
- E-Mail : jinmun@gmail.com