

# 물류의 효율적 관리를 위한 자동화 시뮬레이션 시스템 설계

김상현\* · 이우\* · 오승홍\* · 이주완\* · 김원중\*\*

The Design of Automation Simulation System For Efficient Logistics Management

Sang-Hyun Kim\* · Woo-Lee\* · Seung-Hong Oh\* · Ju-Wan Lee\* · Won-Jung Kim\*\*

## 요약

현재 컨테이너 항만은 최신의 정보통신 기술을 활용한 자동화된 운영시스템에 의해 규격화된 컨테이너들은 최적의 적부계획(Stowage Planning)에 의해 체계적으로 이루어지고 있다. 그러나 단위 중량이 수십 톤에 이르는 철강 코일의 적부는 현재까지도 수작업으로 이루어지고 있어서 작업이 매우 비효율적이다. 그 결과로 작업들은 지연되고 안전사고들도 자주 발생되고 있다. 본 연구에서는 수작업에 의한 철강코일의 적부 과정에서 일어나는 판단착오, 체선, 안전사고 등을 방지하기 위하여 철강코일 적부 자동화 시뮬레이션 시스템을 설계하였다.

## ABSTRACT

In the current container port, the containers standardized by the automated operating system using the latest information and communication technology are systematically made according to the optimal stowage planning. However, loading of steel coils with a unit weight of several tens of tons is still performed manually, which is very inefficient. As a result, work is delayed and safety accidents occur frequently. In this study, an automated simulation system for loading steel coils was designed to prevent misjudgment, congestion, and safety accidents that occur during the manual loading process of steel coils.

## 키워드

Stowage Planning, Automation, Harbor, Modeling, Simulation  
적부 계획, 자동화, 항만, 모델링, 시뮬레이션

## 1. 서론

리하는 중추적인 화물 운송 수단이며, 우리나라의 항만들은 세계의 주요 항로상에 위치하고 있는 지리적 특성상 동북아시아 물류의 중심지로 발전하기 위한 현재 해상물류는 전 세계 교역량의 90% 이상을 차지

\* 순천대학교 컴퓨터공학과 (gold@iworks2018.kr), Received : Jan. 04, 2022, Revised : Jan. 26, 2022, Accepted : Feb. 17, 2022  
(blue@iworks2018.kr), (ohsh2866@gmail.com), Corresponding Author : Won-Jung Kim  
(md@argomarine.co.kr) Dept. of Computer Engineering, Suncheon National University,

\*\*† 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과 Email : kwj@scnu.ac.kr

• 접수일 : 2022. 01. 04  
• 수정완료일 : 2022. 01. 26  
• 게재확정일 : 2022. 02. 17

많은 장점을 가지고 있다. 따라서 항만물류산업은 우리나라가 국제적인 경쟁력 우위를 확보할 수 있는 전략 업종 중의 하나이다[1-3].

최근 들어 글로벌 물류 환경이 크게 바뀌고 있어서 국내 항만물류산업은 경쟁력 강화를 위하여 대형 선박 수주, 항만 시설 및 장비 확충 등 양적인 증대뿐만 아니라 운영시스템 효율화를 통한 질적인 효과 향상을 위해 노력하고 있다[4-6].

현재 부산항, 광양항과 같은 규격화된 컨테이너 항만은 최신의 정보통신 기술을 활용한 자동화된 운영시스템에 의해서 규격화된 컨테이너들이 최적의 적부계획에 의해 체계적으로 이루어지고 있다. 하지만 단위 중량이 수십 톤에 이르는 철강 코일의 적부는 현재까지도 수작업으로 이루어지고 있어서 작업이 매우 비효율적이다. 그 결과로 작업들은 지연되고, 부적절한 적부계획에 의한 안전사고들도 자주 발생되고 있다[7-9].

해상화물의 선적검수 작업환경은 옥외작업장이 대부분이며, 실제 선적검수 작업을 수행하는 곳과 그 작업을 관리하는 공간이 서로 분리되어 있어서 선적검수현장의 정보를 수집하는 데에 많은 어려움이 있다. 이러한 작업제어 환경으로 인하여 현장 업무의 대부분은 디지털시스템이 아닌 작업자의 경험적 데이터에 의한 수기 및 문서로 관리되고 있다[9-12].

현재 항만의 철강코일에 대한 물류 프로세스는 먼저 부두에 접안한 선박의 정보와 구조를 확인하고, 제철소에서 생산된 화물을 확인하여 선박과 선적 담당자 간에 협의가 이루어진다. 즉, 적부계획서를 작성한 다음 작업지시 및 감독 등의 과정을 거쳐 선적 작업이 진행되고 있다. 이때, 선박 및 선적 제품의 특성에 따른 선적 절차, 하역지 순서에 따른 선적 방법 등 작업 중 고려해야 할 변수들에 대하여 담당자들이 판단하고 협의하는 절차를 거친다. 그리고 향후 오션적 및 화물 수량의 불일치 등에 대한 증빙과 원활한 하역작업을 위해 선적이 완료된 제품의 위치를 검수 작업을 통해 정확하게 표시하는 절차가 필요하다.

본 연구에서는 육상에서 선박으로 철강코일이 선적되는 과정에서 발생하는 비효율적인 작업 과정들을 개선하기 위한 자동화 시뮬레이션 시스템을 설계하였다.

자동화 시뮬레이션 시스템을 통하여 선적 검수의 빠른 진행 및 신뢰성을 높일 수 있으며, 수작업에 의

존하고 있는 비규격 철강 제품의 적부계획을 자동으로 계산하여 상호검토·조정하는 과정에서 일어나는 체선, 과오, 사고의 발생을 방지하여 물류비용을 낮추고 안전하게 선적할 수 있는 방안들을 제시한다.

## II. 항만 물류 검수 시뮬레이션 시스템

### 2.1 데이터 전송 및 통합관리 시스템

현재 항만의 물류 검수 작업은 다른 산업 현장들과 비교하여 자동화 비율이 매우 낮다. 가장 큰 원인은 선적검수 작업을 수행하는 곳과 작업을 관리하는 공간이 분리되어 검수 현장의 정보를 수집하기가 어렵고 정확성에도 문제가 있기 때문이다.

본 연구에서는 최종 고객 정보, 선사 정보, 관리 데이터를 통합 운영할 수 있도록 바코드 데이터 전송 및 통합관리 시스템을 개발하였다. 또한 관리 기본정보를 기준으로 최적의 선적 위치를 정의하였다. 또한, 다수의 발주자 기본정보를 통합하여 최종 선사에 제공되는 기본자료를 통합 정의하여 업무 진행의 비효율성을 개선하였다. 그림1은 수출 물류를 최적으로 적부하기 위한 시스템의 전체적인 구조이다.

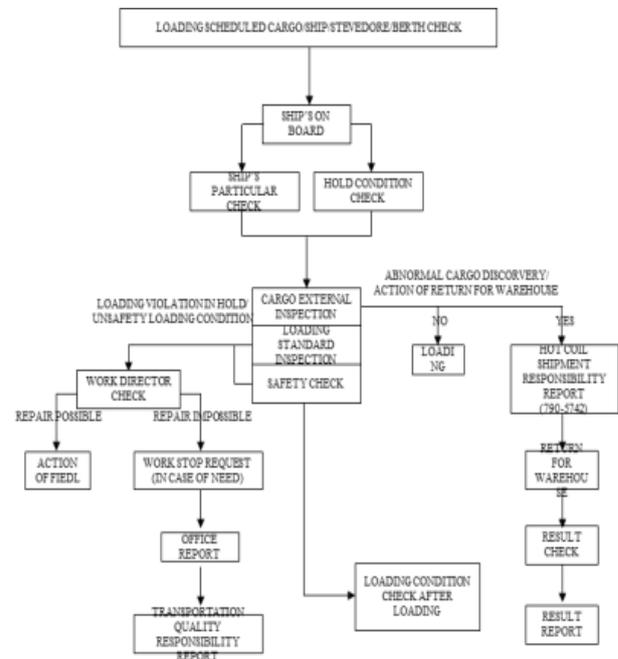


그림 1. 수출 물류 적부 시스템 구조  
Fig. 1 The Overall architecture of export logistics stowage system

## 2.2 스마트 선복량 컨트롤 시스템

코일 적부계획 시뮬레이션을 위하여 스마트 선복량 시스템을 설계하였다. 스마트 선복량 시스템은 선박별로 Data Base를 구축하여 최대 선복량을 자동으로 계산하는 시스템이다. 화물, 선적/양하지 및 본선의 정보를 토대로 합리적인 적부와 고박 방법을 수립하여 제품과 선박의 특성에 따라 최적화된 적부계획을 제공하며, 단일화물과 복합화물의 경우 2단계 수량을 자동으로 계산한다. 또한, 최대 선복량에 따라 비어있는 공간을 자동으로 검출하여 효율적인 적재가 가능하다. 따라서 자동 계산에 따른 적재, 하역의 순서를 시뮬레이션할 수 있도록 설계하여 적부계획의 상호검토·조정하는 과정에서 일어나는 사고를 방지할 수 있도록 한다. 그림2는 ACSP(Automated Coil Stowage Planning) 시스템의 흐름도이다.

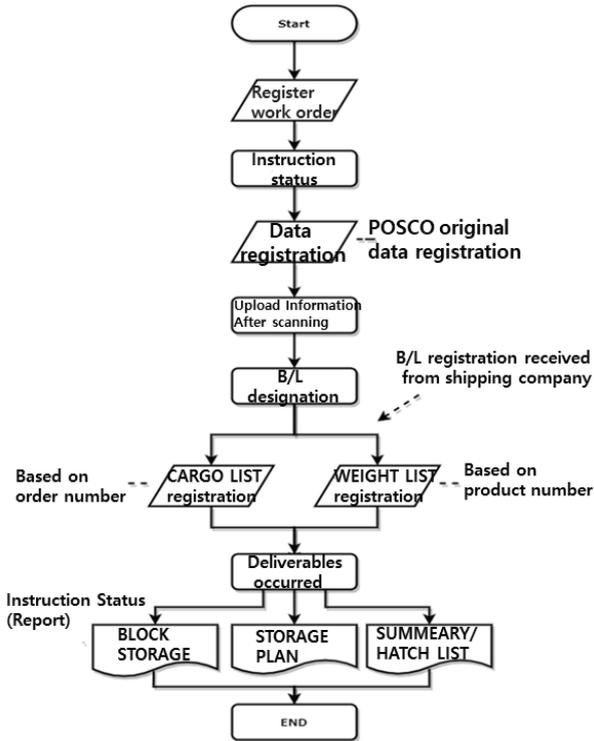


그림 2. 코일 적부계획 시뮬레이션 흐름도  
Fig. 2 Flow chart of coil stowage plan simulation

## III. 적부계획 자동화 시스템

### 3.1 적부계획 단계별 설계

적부계획은 선적이 시작되기 전 선적 지시서를 참조하여 각 화물이 적부 될 위치를 계획하여 작성한

적부계획으로 이에 따라 선적 작업이 진행된다. 그러나 실제 선적 작업 과정에서는 적부계획과 차이가 나게 되므로 선적이 종료되면 실제로 화물이 적부된 상황을 선창별로 정리하여 다시 작성한 후, 다음 양하항에 송부하게 되며 양하항에서는 이것을 참고하여 하역작업에 활용한다.

본 논문에서는 제안하는 적부계획은 수하인/송하인/선사의 운송 계약에 따라 배선량을 산정하여 선복량을 계산하고, 선적 제품, 선박의 특징 및 선적/하역량 규정을 반영하여 그림 3과 같이 선적계획 모델링 시스템에 의해 나타나도록 설계하였다. 화물의 적부 상황이 시각적으로 표현되므로 선적 및 양하 작업 시 화물들의 정확한 위치를 파악할 수 있고, 작업 진행 절차에 대해 관련 업체들의 사전 협의를 통해 효율적인 작업이 가능하므로 원활한 해상물류를 실현하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

그림 3은 선복량을 계산하고 선적 제품, 선박의 특징 및 선적/하역량 규정을 반영한 코일 선적계획을 모델링한 것이다.

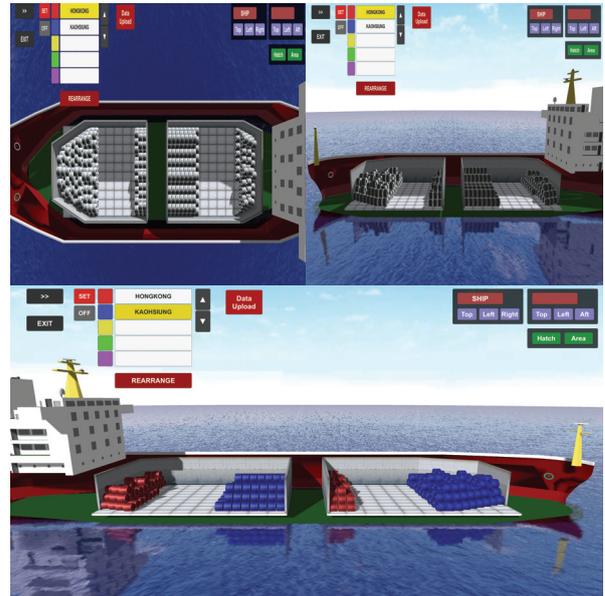


그림 3. 코일 선적계획 모델링  
Fig. 3 Modeling for coil shipment plan

### 3.2 웹기반의 ACSP 시스템

ACSP 시스템은 최대 코일 적부를 위한 자동화 적부계획 시스템이다. 본 연구에서는 보유 중인 선박에 대한 적부 데이터를 바탕으로 철강 제품 적부에 대한 선박의 변숫값을 추출하고 데이터베이스로 변환되도록

록 하였다.

생산 및 수출되는 철강 제품의 데이터수집, 분석 및 선적 방법에 대한 각각의 코드를 부여하여 분석할 수 있도록 설계하였다.

사용자가 전체적인 적부계획을 확인할 수 있도록 그림 4와 같이 Client GUI를 구성하였으며 다양한 데이터 제공을 위해 Flex를 기반으로 화면을 설계하였다.

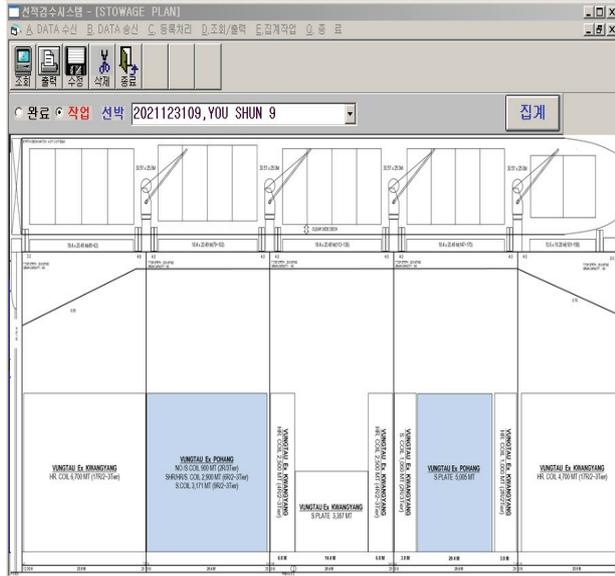


그림 4. ACSP 시스템 예상 Client GUI  
Fig. 4 Expected Client GUI of ACSP System

### 3.3 선적 밸런싱 알고리즘

선박은 특수한 운송주체로서 해상이라는 고정되지 않은 공간에서 대량의 화물을 운반하는 매우 복잡한 구조로 되어 있다. 또한, 특수물류인 철강 코일 역시 단위 부피에 비하여 매우 무거운 중량화물로 잘못된 선적은 해상에서의 대형 인명사고와 기름 유출에 의한 오염사고의 원인이 될 수 있다.

본 연구에서는 선적 실적정보와 해석정보를 이용하여 선적 밸런싱 알고리즘을 개발하였다. 선적 밸런싱, 선체 구조 강도, 복원성 등 선박 안정성 확보를 위하여 제한사항과 트립 등 선박의 운항 조건을 고려하였다. 또한, 고용량 적재 시스템 도입, 선박과 터미널 간 통신 부족, 화물 운영계획 부적절 등 적부 운영중 발생할 수 있는 잠재적인 요소를 고려하여 설계하였다. 그림 5는 선적 밸런싱을 위해 선체 외부 부력 상승량, 배의 길이 등의 변수를 분석한 것이다.

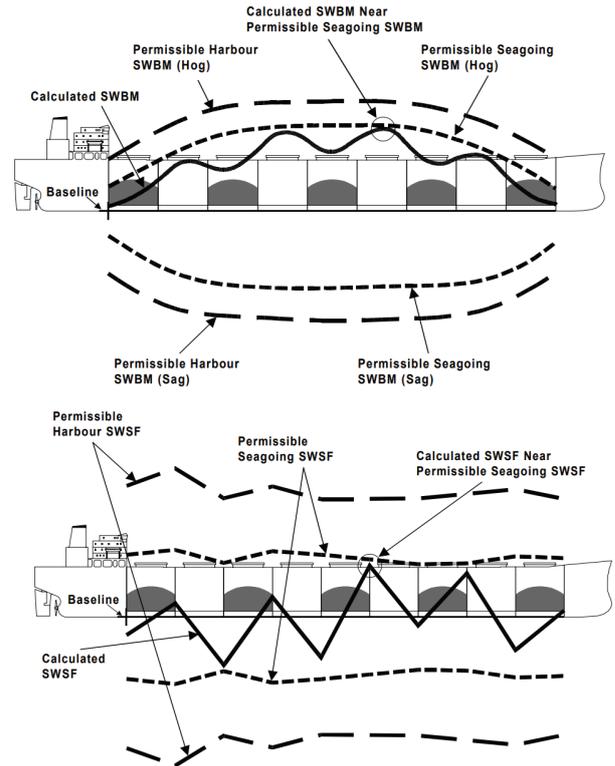


그림 5. 선적 밸런싱을 위한 데이터 분석  
Fig. 5 Data analysis for shipping balancing

### 3.4 선복량 검측 가상 시뮬레이터

철강 코일은 보통 선체를 가로질러 적재되며 하나 이상의 키 코일로 고정된다. 한 줄 높이보다 더 높게 적재하여 운반할 때 상부 코일의 무게는 코일이 접촉하는 지점을 통해 선박 구조로 전달된다. 본 연구에서는 그림 6과 같이 철강 코일 하중의 영향이 균일 하중으로 작용하는 것과 잠재적으로 점 하중으로 작용하는 것에 대한 비교를 유한요소해석을 통해 시각화하였다. 또한, 선적 실적 데이터를 기반으로 선박 구조적 안정성을 반영한 선복량 검측 가상 시뮬레이터를 구현하였다. 선복량 검측 가상 시뮬레이터는 특수 물류 선적 선체의 종류, 크레인의 종류 및 개수, 선체 위의 크레인 설치 위치 등의 입력방식을 통해 시나리오를 구성하였다. 그림 6은 층당 두 개의 키 코일을 가지는 단일층 코일 선적의 하중 분포이며, 그림 7은 선박 적재 물량 검측을 위한 가상 시뮬레이터이다.

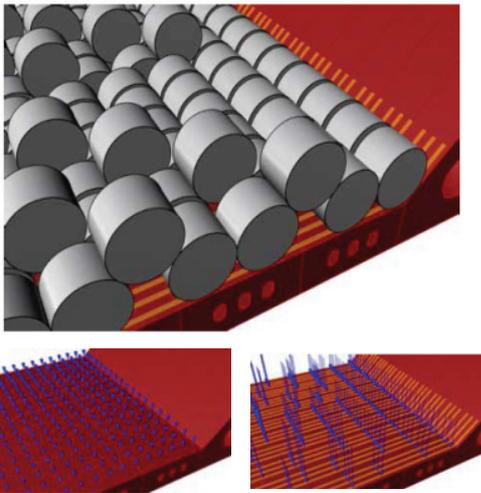


그림 6. 코일 선적에 따른 하중 분포  
Fig. 6 Load distribution according to coil shipment

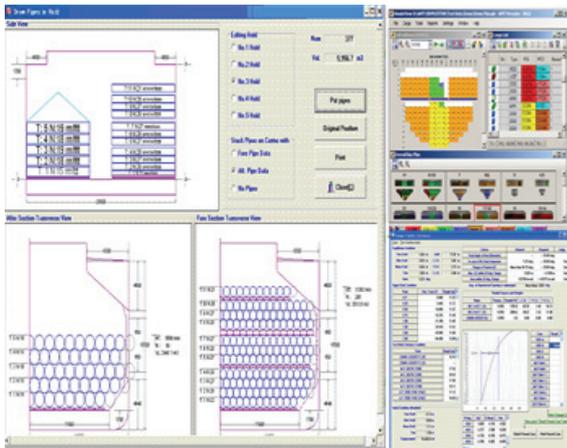


그림 7. 선박 적재 물량 검측을 위한 가상 시뮬레이터  
Fig. 7 Virtual simulator for ship load detection

### III. 결론

현재 항만의 선적 검수 과정에서는 작업을 수행하는 곳과 관리하는 공간이 분리되어 검수 현장의 정보를 수집하기 어렵다. 본 연구에서는 이를 해결하기 위해 고객 정보, 선사 정보, 관리 데이터를 통합하여 운영할 수 있도록 바코드 데이터 전송 및 통합관리 시스템을 설계하여 업무 진행의 효율성을 높이고 제품 검수에 따른 신뢰성을 확보하는 방안을 제시하였다.

본 논문에서는 선복량 최적화 코일 자동화 적부계획 시스템을 구현하기 위해서 선복량 컨트롤 시스템, 적부계획, ACSP 시스템을 통해 효율적인 작업을 가

능하며, 제품과 선박의 특성에 따라 최적화된 선적계획을 자동화 시뮬레이션으로 도출할 수 있다. 또한, 사용자가 선적된 물량을 쉽게 이해할 수 있도록 선적된 코일을 시각화하여 모델링하였다.

최종적으로 자동화 시뮬레이션 시스템을 통해 선적물류를 자동 계산하고 최적의 적재, 하역의 순서를 도출하여 적부 계획을 상호검토·조정하는 과정에서 일어나는 안전사고를 미연에 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 논문은 2020년도 과학기술정보통신부의 재원으로 지역SW서비스사업화지원사업(ITAS0837210110020001000300200)에 의하여 연구되었음.

### References

- [1] Y. Choi and L. Kim, "A Study on the Activation Plan of Port Logistics Industry through Analysis of Busan and Jinhae New Port," *Korea Distribution & Logistics Policy Association*, vol. 8, no. 1, 2021, pp. 95-107.
- [2] S. Kim, W. Kim, M. Jo, and J. Kwon, "The Shipping Inspection and Balancing Operating System The Shipping Inspection and Balancing Operating System," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 4, 2020, pp. 747-752.
- [3] Y. Park, G. Lee, and Y. Lee, "AUV Platform Design for Unmanned remotely Construction and Harbor Infrastructure," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 6, 2021, pp. 1089-1094.
- [4] J. Shin and H. Ryu, "Deep Q-Learning Network Model for Container Ship Master Stowage Plan," *J. of the Korea Society of Industry Convergence*, vol. 24, no. 1, 2021, pp. 19-29.
- [5] J. Park, "Ship Detection Using Visual Saliency Map and Mean Shift Algorithm," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 2, 2013, pp. 213-218.
- [6] J. Cha, Y. Kim, and Y. Shin, "A Study on the Development of Port Smartness Index," *The Korea Association of Shipping and Logistic*, vol.

37, no. 1, 2021, pp. 113-140.

- [7] I. Lee, I. Kong, S. Lee, and K. Lee, "Smart Factory Applicable to Port Logistics Enterprises in the Hinterland Complex: A Case Study of Gwangyang Port," *J. of Corporation and Innovation*, vol. 44, no. 3, 2021, pp. 117-130.
- [8] S. Won and E. Lee, "A Study on Smart Technologies for Port-Centric Logistics," *Korea E-Trade Research Institute*, vol. 19, no. 2, 2021, pp. 1-25.
- [9] S. Choi, "An Empirical Study on the Difference in Perception of Introducing Smart Port between Port Operators and Users in Gwangyang Port," *The Korea Port Economic Association*, vol. 36, no. 3, 2020, pp. 99-114.
- [10] D. Choi, "A Study on Core Technologies and Application Trends for Smart Logistics Implementation," *Korea Academy of International Commerce*, vol. 32, no. 4, 2020, pp. 135-157.
- [11] M. Park and J. Kim, "The Fourth Industrial Revolution and an Exploratory Approach to the Application of Smart Logistics to Incheon Port," *Korea Logistics Research Association*, vol. 28, no. 4, 2018, pp. 47-59.
- [12] T. Kim, M. Ha, and S. Choi, "Effect of Cargo Employee Recognition of Work Environment on the Job Satisfaction and Organizational Commitment in the Port Industry," *J. of Korea Port Economic Association*, vol. 34, no. 4, 2018, pp. 85-104.

저자 소개



**김상현(Sang-Hyun Kim)**

2017년 광주대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)  
 2020년 순천대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

2020년~현재 순천대학교 대학원 컴퓨터공학과 재학중(공학박사)  
 2018년 6월 ~ 현재 (주)아이웍스 대표이사  
 ※ 관심분야 : 디지털트윈, 빅데이터, AI,



**이 우 (Woo Lee)**

2015년 청암대학교 컴퓨터정보과 졸업(공학사)  
 2020년 순천대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

2020년~현재 순천대학교 대학원 컴퓨터공학과 재학중(공학박사)

2018년~현재 (주)아이웍스 기술개발부 이사 재직중  
 ※ 관심분야 : 스마트팜, 홈네트웍, 사물인터넷통신



**오 승 흥(Seung-Hong Oh)**

2021년~현재 순천대학교 대학원 컴퓨터공학과 재학중(석박사통합)

2020년 9월 ~ 현재 코리안튜터 대표  
 ※ 관심분야 : Web-RTC, 빅데이터, AI,

**이주완(Ju-Wan Lee)**



2003년 목포해양대학교 항해학과 졸업(공학사)  
 2020~현재 순천대학교 경영행정대학원 물류학과 재학중(물류학석사)

2008년 9월 ~ 현재 아르고마린토탈(주) 상무이사  
 ※ 관심분야 : 스마트항만, 물류플랫폼, IoT



**김 원 중 (Woo-Jung Kim)**

1987년 전남대학교 계산통계학과 졸업(이학사)  
 1989년 전남대학교 대학원 전산통계학과 졸업(이학석사)

1991년 전남대학교 대학원 전산통계학과 졸업(이학박사)

1992년 ~ 현재 순천대학교 컴퓨터공학과 교수  
 ※ 관심분야 : 분산시스템, 빅데이터, Context Awareness, 인터넷 서비스