Regular paper | Journal of the KIECS. pp. 167-172, vol. 17, no. 1, Feb. 28. 2022, t. 111, pISSN 1975-8170 | eISSN 2288-2189
http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2022.17.1.167

빅데이터 기반 스마트 항만 운용시스템

이우* · 김상현* · 오승홍* · 김원중**

The Smart Port Management System Based on Big-data

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

요 약

현재 광양항을 비롯한 수출입 항만에서 선박의 관제, 예선, 도선 작업은 선사와 상관없이 입출항 순서 등과 같은 요소에 따라 공동 배선제로 운영되고 있다. 또한, 이것마저도 수작업에 의해서 매우 비효율적으로 이루어지고 있다. 따라서 선박의 접·이안 등에 대한 업무의 표준화와 디지털화를 통하여 항만 및 선박 운용의 효율성을 높이기 위한 시스템의 개발이 절실히 요청되고 있다. 본 연구에서는 선박의 위치정보, 도예선 스케쥴, 입출항 운영정보, 기상정보 등과 같은 빅데이터에 기반한 스마트 항만 운용시스템을 설계하여 항만 및 선박 운용의 효율성을 높이는 방안을 제시하였다.

ABSTRACT

Currently, ship control, tug, and pilot work in import/export ports including Gwangyang Port are operated according to factors such as the order of arrival and departure regardless of the shipping company. Also, even this is done very inefficiently by hand. Therefore, there is an urgent need to develop a system to increase the efficiency of port and ship operation through standardization and digitalization of tasks related to Berthing and unberthing of ships. In this study, we propose a method to increase the efficiency of port and vessel operation by designing a smart port operation system based on big data such as vessel location information, pilotage and tug schedule, arrival/departure operation information, and weather information.

키워드

AI, Big Data, De-Identification, Harbor, Operation System
인공지능, 빅 데이터, 비식별화, 항만, 운영 시스템

Ⅰ. 서 론

현재 수출입 항만의 경우 공동 배선제로 운영되고 있어서 선사가 예선을 선택할 수 있는 권리가 없으며, 선박 입출항 순서 등의 요소들에 의한 배정으로 운영되고 있다. 또한, 이것마저도 자동화된 배선 시스템이 존재하지 않고 수작업에 의해 이루어지고 있다. 따라서 선박의 접·이안 등에 대한 업무의 표준화 및 디지

* 순천대학교 컴퓨터공학과(blue@iworks2018.kr, gold@iworks2018.kr, ohsh2866@gmail.com)
**† 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과
· 접 수 일 : 2021. 11. 29
· 수정완료일 : 2022. 01. 08
· 게재확정일 : 2022. 02. 17
· Received : Nov. 29, 2021, Revised : Jan. 08, 2022, Accepted : Feb. 17, 2022
· Corresponding Author : Won-Jung Kim
Dept. of Computer Engineering, Sunchon National University,
Email : kwj@scnu.ac.kr

털화 등을 통하여 항만 및 선박 운용의 효율을 높이기 위한 개선작업이 절실히 요구되고 있다[1-4].

일반적인 시계열 계량 분석 방법은 해운시장과 같이 변동성이 크고 다양한 원인에 따라 추세가 변화되는 시장에서는 예측정확도가 높지 않다. 따라서 전통적인 예측 방법을 보완할 수 있는 빅데이터 기반 인공지능을 활용한 분석 방법에 관한 연구가 필요하다[5-7].

AI를 기반으로한 항만 운영시스템을 통해 스마트 항만의 인프라를 구축하면 선박-항만-육상 간의 관련 정보의 연계가 가능하고, 항만 내 터미널의 환적 비효율과 선박과 트럭의 항만에서의 대기 시간을 획기적으로 개선할 수 있을 것이다. 해외 선진항만의 경우 항만에서 터미널 사이, 항만과 선박, 항만과 육상 등 수출 물류의 주요 참여객체들 사이에 효율적인 연계를 수행하고 있다. 하지만 국내의 경우 항만보안으로 인하여 데이터 가공이 어렵고, 실시간 데이터 수집 및 활용 체계가 미흡하며, 항만 신고 등에 대한 제약으로 축적된 공공 물류 데이터 활동이 저조하다[8-9].

항만에서 선박의 입출항을 자유롭고 안전하게 하기 위해서는 항만 관제시스템, 도선 서비스와 더불어 예선시스템의 역할이 매우 중요하다. 예선은 선박의 입출항과 접·이안을 지원함으로써 인명, 선박, 항만에 대한 사고 발생을 사전에 방지하여 재산상 피해를 최소화하거나 제거하는 기능을 수행한다. 따라서 예선시스템은 항만의 기능이 원활하게 이루어질 수 있도록 하는 가장 필수적인 기능이다. 그러나 이러한 중요성에도 불구하고 입출항하는 선박의 안정적인 접·이안을 지원하는 예선서비스는 관련 공공데이터를 활용하는데 많은 제약들이 존재하여 정보화가 많이 진행되지 못하고 있었다[10-12].

본 연구에서는 통합되지 못하고 비연계된 시스템 운영으로 인한 데이터의 불균형과 운영의 비효율을 해결하기 위하여 선박의 위치정보 등과 같은 선박 운영정보들에 대한 패턴분석을 통해 스마트한 도·예선 운영시스템을 설계하였다.

개발시스템에서는 위치기반의 선박 운영 데이터를 통해 항만 운영, 도·예선 스케줄, 입·출항 운영 정보를 분석하여 통합 관리하고, 실시간으로 정보를 제공하여 항만 운영의 효율을 높이며, 선박 운영 대기시간을 단축할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 기존의 계량 분석 등 전통적인 데이터에 인공지능을 활용하여 예측 정확도를 확보하는 방안을 제시한다.

II. 데이터 분석 인프라 구축

2.1 데이터 분석 서비스

데이터 분석 서비스를 구축하기 위해 과거의 운영 경험 및 통계자료, 실시간 운영자료, 해양 환경자료 등을 수집하여 데이터베이스를 구축한다. 또한 도·예선 인공지능 스케줄 운용 분석을 위해 분산된 데이터들을 통합하여 설계하였다. 즉, 주요 항만 운영정보인 AIS, VTS, PORT-MIS 관련 데이터를 항만 운영 예측 시스템과 연계하였다. 이렇게 수집된 데이터들을 바탕으로 선박의 진입시간을 자동으로 계산하여 기록하고 화물, 선박, 화주별 예상 작업시간을 제공할 수 있도록 한다.

선박의 운영시간을 단축하기 위해 선박 위치 데이터, 해상 기상정보 등의 매개 변수를 고려하여 도·예선 운영에 적용할 수 있는 예상 데이터들을 제공하는 데이터 분석 서비스를 그림 1과 같이 설계하였다.

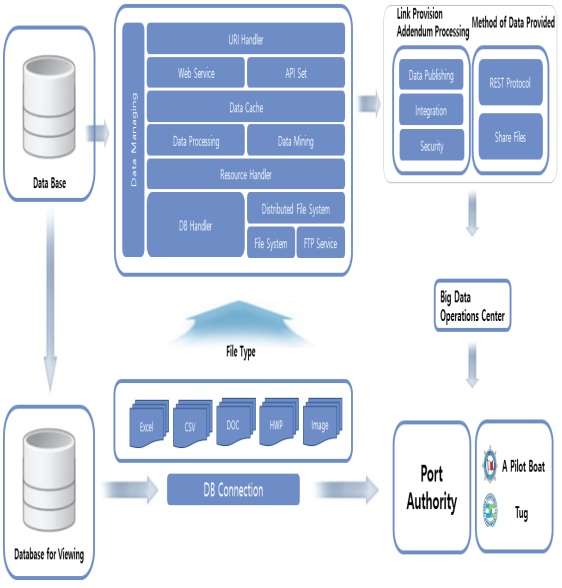

그림 1. 연계 제공 서비스 다이어그램
Fig. 1 The model of linked server diagram

2.2 데이터 분석 서비스 구성

데이터 분석서비스를 위해서 계층적 프로세스 모델을 데이터 기획단계, 데이터 분석단계, 데이터서비스 구현의 3계층으로 구성하였다. 데이터 기획단계에서는 비즈니스를 이해하고, 시스템의 범위를 설정하여 도메인의 문제점을 파악하는 단계이다. 데이터 분석단계에서는 정형/비정형/반정형 등 모든 내/외부 데이터를 포함한 데이터 속성, 오너, 담당자 등을 포함하는 데이터 정의서를 작성할 수 있도록 설계하였다.

데이터 정의서의 정형 데이터는 저장된 API를 통해 RDMS(관계형 데이터베이스)를 사용하고, 데이터 스토어의 논리적, 물리적 설계를 구분하여 설계하였다. 비정형 데이터의 경우 AIS 내 GPS와 같은 비정형 데이터를 분석하기 위해 하둡, NoSQL 등을 이용한 논리적, 물리적 데이터를 설계하였다.

2.3 데이터 분석 알고리즘

선박 입·출항 데이터 분석을 기반으로 과거 선박 입·출항 운영 데이터와 위치 데이터를 통합하여 분석하는 선박 항적 운영 분석 알고리즘을 설계하였다.

또한, 선박의 진입시간을 자동으로 계산하여 기록하고, 화물, 선박, 화주별 예상 작업시간을 예측할 수 있도록 AIS, VTS의 통합 운영 알고리즘을 설계하였다. 선박의 운영시간을 최대로 단축하기 위하여 선박의 위치 데이터, 해상 기상정보 등의 매개 변수를 고려하였으며, 도·예선 운영 공식을 적용하여 운영 가능한 예상 데이터를 제공할 수 있는 선적 운영 최적 관리 의사결정 기법을 설계하였다.

2.4 데이터 비식별화

데이터의 활용도를 더욱 확대하기 위해서는 개인정보를 산업통계 산출 등과 같은 연구목적에 각 개인의 명시적 동의없이 활용할 수 없도록 하는 데이터의 비식별화가 필요하다. 개인정보를 비식별화하여 프라이버시를 보호하고 활용되는 데이터의 품질을 높이기 위해 가명을 사용한다.

본 연구에서는 데이터의 비식별화를 위해 가명화 처리를 하며, 민감정보 처리에 대한 세부 방안을 수립하여 가명화하는 정보에 대한 다양한 특성을 파악한다. 그리고 민감 정보에 따른 적합한 처리 기법을 통한 데이터 처리 방안을 제안한다.

가명처리를 위해 휴리스틱 가명화, 암호화, 교환 방법 등의 기술을 활용하며, 총계처리, 부분 총계, 라운딩, 재배열 등을 활용하여 총계처리가 이뤄지도록 설계하였다. 그림 2는 도선 데이터 가공의 예시이며, 그림 3은 민감정보 데이터에 대한 가공 예시이다.

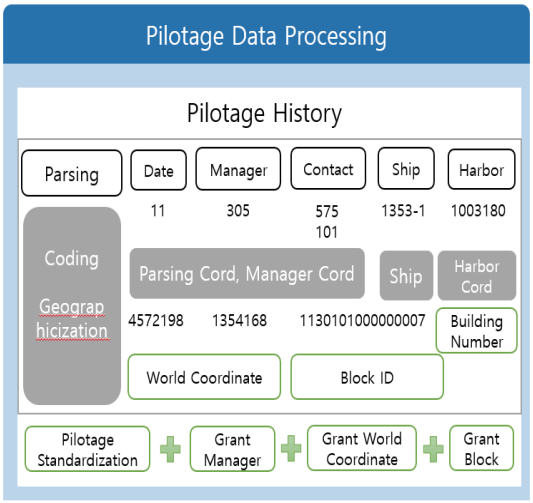

그림 2. 도선 데이터 가공 예시
Fig. 2 Example of pilotage data processing

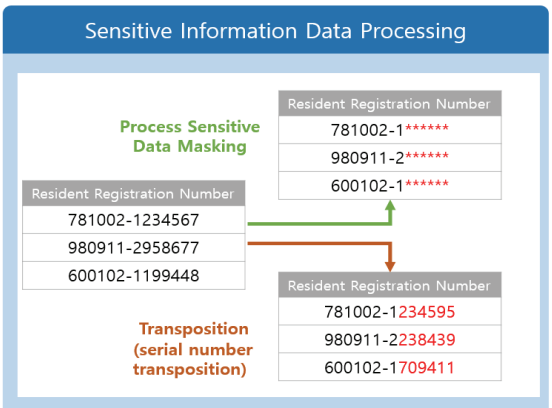

그림 3. 민감정보 데이터 가공 예시
Fig. 3 Example of sensitive information data processing

2.5 항만 운영 빅데이터 구축 및 운영

환경 데이터가 아닌 AIS(선박자동식별시스템) 자료를 기반으로 하여, 항만 운영 빅데이터를 활용한 다양한 해운 시황 예측이 가능하다. 본 연구에서는 특정

지리적 공간에 위치하거나 통과하는 선박을 실시간으로 분석하여 현장에서 선박 공급을 사전에 예측할 수 있도록 설계하였다.

신규로 생성되는 데이터는 기존의 데이터를 활용하여, 분석된 예·도선 항만 시스템으로 정의하며, 향후 해양수산부의 해양수산 빅데이터 플랫폼에 부분적으로 연계하는 것이 가능할 것이다. 또한, 연계 모듈과 국제적인 항만 운영시스템의 연계 데이터는 빅데이터 기술을 활용하여 데이터 스키마 표준을 마련하고, 도·예선 자동 운영시스템과 호환될 수 있도록 설계하였다.

항만 운영정보 관련 데이터의 논리적 통합 정보 제공을 위해 표준화 대상 및 범위 등 일관성 있게 설계하였다. 그림 4는 데이터 수집·운영·분석 서비스 구성도이다.

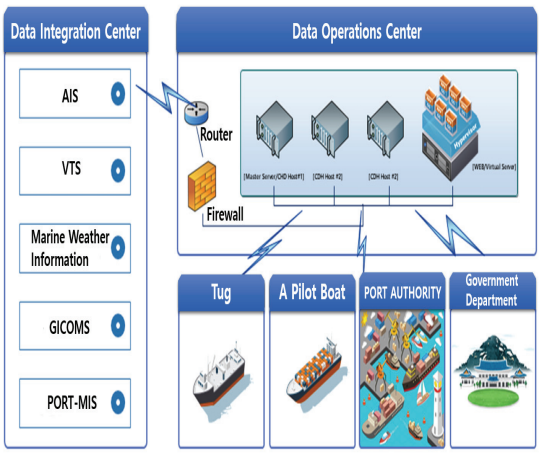

그림 4. 데이터 수집·운영·분석 서비스 구성도
Fig. 4 Data collection·operation·analysis service configuration diagram

III. 자동화 정보 시스템 설계

3.1 도·예선 배정 자동화 프로세스

본 연구에서는 도선 운영 데이터, 예선 운영 데이터, AIS 데이터의 특징점을 도출하고 상관관계 분석 및 공간 분석용 데이터셋 추출 등을 통해 변수 정의 및 예측변수를 생성하였다. 추출된 변수는 휴리스틱 기법, MIP, Multi-Scatter, Confusion Matrix를 통해 예선의 최적 항적 분석하였다. 또한, 그림 5와 같이 도선과 예선의 배정 자동화를 위해 도착 지연 발생 요소와 주요 예선 변수 중요도를 분석하여 설계하였다.

그림 5는 지연요인을 분석한 빅데이터 운영화면이며 그림6은 도·예선 배정 자동화 프로세스이다.

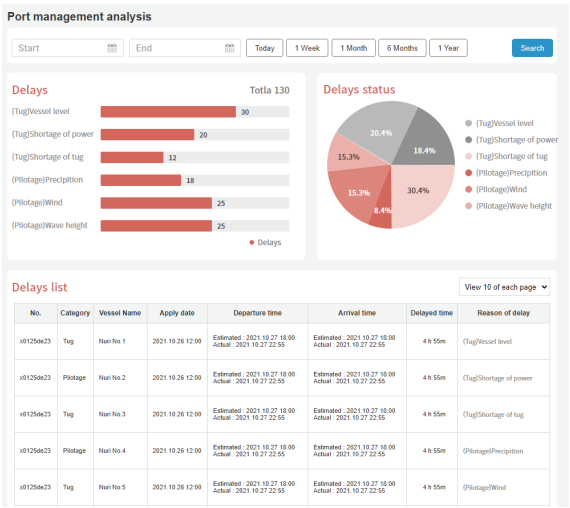

그림 5. 지연요인 분석 화면
Fig. 5 Delay factor analysis screen

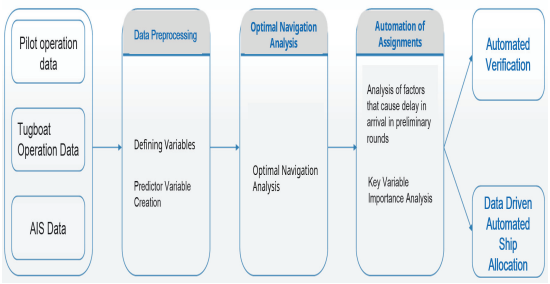

그림 6. 배정 자동화 프로세스
Fig. 6 Automation process for ship allocation

3.2 항적 항로 최적 운영 분석 시스템 설계

항만 최적 운영 데이터 구현을 위해 2차원 분포형 데이터 유출모델을 적용한 최적 경로 운영 분석, 데이터 분석 기반 운영정보 최적 관리기법, 의사결정 지원를 수행하며, 기타통합 분석을 적용하여 분석 결과를 도출하도록 설계하였다. 스케줄링 최적화를 위해 예인선의 마력, 예인선의 수, 예인선과 대형선박 사이의 거리를 제약조건과 경계 조건으로 설정하여 그림 5와

같이 MIP 모델을 적용하여 최적의 스케쥴링 값을 도출하였다.

그림 7은 선박 스케줄링 휴리스틱(An Upper Bound)와 선박 스케줄링 알고리즘(A lower bound)을 통해 도출한 최적의 스케줄링 값이다.

선박 스케줄링 휴리스틱은 가장 먼저 출발하거나 도착하는 선박을 찾아 같은 시간에 실행할 수 있는지 확인하고 그렇지 않으면 선박을 한 시간 앞으로 이동하고 확인을 다시 수행하며 일정이 잡힐 때까지 모든 선박에 대해 이 작업을 반복하였다.

선박 스케줄링 알고리즘(An Lower Bound)은 CAMS-CPLEX를 사용하여 낮은 계산 시간으로 하한을 도출하였으며 Upper Bound(상한)의 목적 값과 Lower Bound(하한)의 목적 값이 같을 때 최적의 스케줄링 데이터를 도출하였다.

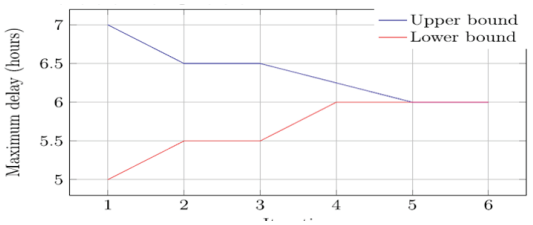

그림 7. 최적의 스케줄링 값 도출
Fig. 7 Deriving the Optimal scheduling value

Ⅳ. 결론

본 연구에서는 항만에서의 주요 운영 데이터를 활용하여 이원화된 시스템 운영으로 인한 데이터의 불균형, 운영의 비효율화를 개선하는 방안을 제시하였다.

본 연구는 빅데이터를 활용하여 항만 진입 선박의 진입시간을 자동 계산하는 알고리즘을 개발하였다. 또한 화물, 선박, 화주별 예상 작업시간을 예측하고 최단 거리 예선 배차를 적용하여 선박의 체선을 감소시킬 수 있는 항적 항로 최적 운영 분석 시스템을 설계하였다.

대규모 선박의 식별 정보 등을 익명·가명화 처리한 후 정보를 분석하여 예측하면 항만에서의 혼잡도를 해소하고, 작업의 자동화 및 효율화를 높일 수 있을 것이다.

또한, 각종 항만 데이터의 자동분석을 통해 도출된 데이터를 활용하여 항만 운영, 선박 관리, 선대 실시간 모니터링, 해사 관리 등에서의 문제점을 도출할 수 있을 것이다. 이러한 문제점들에 관한 개선 연구를 통하여 단순 의사결정 지원뿐만 아니라 학문적, 사회적 가치를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

향후 AIS(자동 선박 식별시스템)를 기반으로 항계 예측뿐만 아니라 항만의 접안 및 대기 선박 정보, 육상의 하역 시간, 계절에 따른 특성 데이터를 융합하여 항만 작업의 효율성을 높이는 연구를 계속하고자 한다.

감사의 글

본 논문은 2021년도 과학기술정보통신부의 재원으로 데이터플래그십 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임. (20210323-YAV4)

References

[1] M. Lee, H. Choi, D. Lim, and K. Kwak, “A study on competitiveness of small ports - Focus on the Ports of Jeollado,” *J. of Korean Navigation and Port Research,* vol. 34, no. 10, 2010, pp. 817-821.

[2] W. Kim, “A Heuristic Model for Appropriation of Voyage Allocation under Specific Port Condition Using Regression Analyses - With a Case Analysis on POSCO-owned Port,” *The Korea Port Economic Association,* vol. 29, no. 3, 2013, pp. 159-174.

[3] T. Lee, “Smart Port Policy Trend of Europe and Singapore and Its Political Implications,” *The Korea Port Economic Association,* vol. 36, no. 1, 2020, pp. 77-90.

[4] E. Kim and G. Kim, “An Analysis of Ship’s Waiting Ratio in the Korean Seaports,” *J. of Korean Navigation and Port Research,* vol. 40, no. 1, 2016, pp. 35-41.

[5] J. Lee, M. Jin, H. Lee, and G. Yoon, “A Study on the Priority Analysis of Yeosu-Gwangyang Port Development Strategy,” T*he Korea Port Economic Association,* vol. 37, no. 3, 2021, pp.

19-34.

[6] M. Cho, "A Study on the History, Classification and Development Direction of Artificial Intelligence," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences,* vol. 16, no. 3, 2021, pp. 519-524.

[7] H. Ryoo, "A Study on the Stabilization of System for Big Data Transmission of Intelligent Ventilation Window based on Sensor and MCU," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences,* vol. 16, no. 3, 2021, pp. 551-558.

[8] M. Seo and G. Kim, "Vessel Positional Information Service using AIS and XML AIS Information Application," *J. of information and communication convergence engineering,* vol. 15, no. 12, 2011, pp. 2590-2598.

[9] M. Park, E. Kim, K. Kim, S. Hong, J. Song, and S. Yoo, "Moving Object Tracking System AISgfor Dock Safety Monitoring," *Korea Institute of information and Communication Engineering*, vol. 10, no. 8, 2015, pp. 867-874.

[10] C. Lim and S. Park, "Real-Time Marine Vehicle Management System," *Korea Institute of information and Communication Engineering*, vol. 8, no. 7, 2013, pp. 995-1002.

[11] Y. Ahn, S. Kang, and Y. Lee, "A Study on the Development of Text Communication System based on AIS and ECDIS for Safe Navigation," *J. of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, vol. 21, no. 4, 2015, pp. 403-415.

[12] 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.

저자 소개

이 우 (Woo Lee)

2015년 청암대학교 컴퓨터정보과 졸업(공학사)
2018~현재 순천대학교 대학원 컴퓨터공학과 재학중(공학석사)
2018년~현재 ㈜아이웍스 기술개발부 이사 재직중
※ 관심분야 : 스마트팜, 홈네트웍, 사물인터넷통신

김상현(Sang-Hyun Kim)

2017년 광주대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
2018년~현재 순천대학교 대학원 컴퓨터공학과 재학중(공학석사)
2018년 6월 ~ 현재 ㈜아이웍스 대표이사
※ 관심분야 : 디지털트윈, 빅데이터, AI,

오승홍(Seung-Hong Oh)

2021년~현재 순천대학교 대학원 컴퓨터공학과 재학중(석박사통합)
2020년 9월 ~ 현재 코리안튜터 대표
※ 관심분야 : Web-RTC, 빅데이터, AI,

김원중 (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 : RFID/USN, 빅데이터, Context Awareness, 인터넷 서비스