

## 지능형자동차 수출입항만 사이버물리시스템 설계에 관한 연구

안성순<sup>1\*</sup>, 이정배<sup>1</sup>, 김정준<sup>2</sup>, 손영호<sup>3</sup>, 구한모<sup>4</sup>

<sup>1</sup>부산외국어대학교 ICT창의융합과, <sup>2</sup>경북대학교 전자공학부, <sup>3</sup>영남대학교 컴퓨터공학과, <sup>4</sup>한국해양대학교 해운경영학과

### A Study on the Design of the Import/Export Ports Cyber-Physical System for Intelligent Vehicle

SungSoon Ahn<sup>1\*</sup>, Jeong-Bae Lee<sup>1</sup>, JungJoon Kim<sup>2</sup>, Young-Ho Sohn<sup>3</sup>, Han-Mo Koo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Creative Fusion ICT, Busan University of Foreign Studies

<sup>2</sup>School of Electronics Engineering, Kyungpook National University

<sup>3</sup>Department of Computer Engineering, Yeungnam University

<sup>4</sup>Department of Shipping Management Maritime and Ocean University

**요약** 온라인 무역 확산과 코로나19로 야기된 비대면 경제활동 증가는 전세계 교역량의 90% 이상을 점유하고 있는 해운물류 산업 디지털전환을 가속화 중에 있다. 디지털전환 과정 속에서 다양한 물류플랫폼과 자율운항선박 등 새로운 기술이 등장하고 있으나, 항만산업의 특수성과 복잡성으로 새롭게 등장하는 기술들이 항만산업 현장에 바로 적용되지 못하는 문제점도 발생하고 있다. 지능형자동차 역시 수출을 진행하기 위해서는 항만의 하역 인프라 개선 및 선박의 선적 기술 등 새로운 기술이 필요하나, 그에 관한 연구들은 미진한 실정이며, 기술개발 필요성 또한 공감대를 형성하지 못하고 있다. 본 논문에서는 지능형자동차를 수출입하기 위한 기술개발을 위해 다양한 전문가참여가 필연적이며, 참여한 전문가들 간 지식교환과 협업을 위한 도구로써 사이버물리시스템 활용을 제시하였다. 수출입 산업현장의 구성요소를 SOP, SOV, AOP, AOV, EOM, EOL로 정의하고, 울산항 자동차부두와 6부두를 대상으로 사이버물리시스템 프로토타입을 구현하였다. 또한, 항만시설물을 가상으로 배치하고 생성하는 결과를 보임으로써 지능형자동차를 위한 미래하역인프라 구성에 활용 가능한 방안을 도출해 보았다.

**Abstract** The marine transport industry accounts for more than 90% of global trade. In addition, online trading and COVID-19 accelerate the digital transformation of the marine transport industry. New technologies (e.g., logistics platform and maritime autonomous surface ship) have been developed as part of the above digital transformation, but the port industry's specificity and complexity make it difficult to apply these new technologies. The above situation is an industry problem and a risk. Interestingly, a similar problem and situation is also found in the import/export process of an intelligent vehicle. In particular, the ports need new technology to enhance their use in intelligent vehicles. But, the study of ports for an intelligent vehicle is not conducted at a sufficient rate. Hence, this paper designs a Cyber-Physical System for expert collaboration (e.g., in shipping, shipbuilding, and ICT) and import/export ports and implements a prototype based on this. In essence, this study promotes knowledge exchange between experts and the rapid development of new export/import technology for an intelligent vehicle.

**Keywords** : Smart Port, Intelligent Vehicle, Cyber Physical System, Import/export, Marine Transport Industry

\*Corresponding Author : SungSoon Ahn(Busan University of Foreign Studies)

email: soon21@nsystem.kr

Received November 9, 2021

Accepted December 6, 2021

Revised November 18, 2021

Published December 31, 2021

## 1. 서론

전세계 교역량의 90% 이상을 차지하는 해운물류산업은 온라인 무역 급증 및 코로나19로 인한 비대면 경제활동이 확산되면서 디지털화가 빠른 속도로 가속화되고 있다. 고전산업으로 분류되고 있던 해운물류산업도 대형선사인 머스크가 정보통신기업 IBM과 합작하여 트레드랜즈를 발표하고, 각 물류주체 간 정보교류 표준화를 시도하는 등 디지털전환을 위한 노력을 진행 중에 있다.

국내 무역의존도는 70.4%(G20 국가 중 수출의존도 3위, 수입의존도 4위)이고, 그 중 99.7%가 해운물류로 이루어지는 만큼, 국내 해운물류 산업은 우리나라 경제의 대동맥이라고 할 수 있다[1]. 그 중에서 가장 많은 비중을 차지하고 있는 물품은 반도체이나, 자동차의 화물의 경우도 1996년 이후 5대 수출입 품목에서 단 한 번도 벗어난 적이 없는 대표적인 수출입 화물이다.

하지만, 수출입 자동차화물을 위한 하역기술은 국제적인 표준이 없으며, 화물수량 단위 또한 각 자동차 제조사별로 독자적인 기준을 사용하고 있다.

현대자동차의 경우 이미 단종된 엑센트 차종 1대를 기준으로 하여 AEU(Hyundai Accent Equivalent Unit,  $4.115\text{m} \times 1.62\text{m} = 6.66\text{m}^2$ )라는 독자단위를 사용하고 있으며, 토요타의 경우도 1966년 RT 43 Corolla 모델을 기준으로 RT 43( $4.125\text{m} \times 1.550\text{m} = 6.39\text{m}^2$ )이라는 독자단위를 사용하고 있다. 자동차 제조사별로 상이한 독자적인 단위사용은 수출입 자동차화물 특수성으로 운송 및 하역작업에서 지금까지는 문제가 발생되지 않았다.

하지만, 양산이 가능한 고성능 하드웨어 등장은 지능형자동차 기술수준을 고도화하고, 자율주행차량의 상용화 시점을 앞당김에 따라 자동차 수출입 환경에도 변화의 필요성이 생기게 되었다.

이를 뒷받침할 수 있는 근거는 정부의 미래자동차 2030 국가 비전 발표이다. 정부는 정책 발표를 통해 완전자율주행 상용화시점을 2027년까지 앞당긴다고 하였다[2].

완전자율주행은 조작부가 불필요한 레벨4의 자율주행차량을 말하는 것으로, 지금까지 수작업으로 진행한 자동차화물 하역기술로는 완전자율주행차량의 수출입처리가 불가능하다. 그럼에도 불구하고, 항만 및 선박에 대한 특수성을 고려한 자율주행차량에 대한 기술개발 및 투자는 미흡한 실정이다.

자율주행기능이 탑재된 지능형자동차가 2027년 상용화 후 수출하기 위해서는 수출하기 위한 항만에 대한 하역인프라 기술 뿐 아니라, 자동차운반선에 대한 선적 기

술도 필요로 하다. 그러기 때문에, 자율주행기능이 탑재된 지능형자동차를 수출하기 위해서는 정보통신기술 뿐 아니라 항만, 조선 등 다양한 전문가들 참여와 더불어 참여한 전문가 간 산업지식을 교환과 상호이해를 위한 협업활동은 필연적이다.

본 논문에서는 향후 지능형자동차 화물에 대한 글로벌 시장진입시점을 빠르게 진행 할 수 있도록, 해운물류 및 항만, 조선의 전문가와 자동차, 정보통신 전문가들 간 산업지식을 교환 할 수 있는 사이버물리시스템 개발 필요성을 이야기하고, 이에 대한 프로토타입을 설계하고 구현함으로써 새로운 해운물류 산업 자동화 및 지능화 혁신에 이바지 하고자 한다.

## 2. 관련연구

### 2.1 수출입물류 산업현황

대형화된 글로벌 해운기업들은 자체 물량과 전문성을 앞세워 플랫폼 선점에 역량을 집중 중에 있으며, 세계 최대 선사인 머스크(Maersk)와 정보통신기업 IBM은 해운물류 비즈니스 공급망에 따라 각 물류주체들에게 안전한 정보공유 데이터망 제공을 통해 효율적인 글로벌 무역거래를 실현하는 블록체인 해상운송 플랫폼 트레드랜즈를 개발함에 따라 10개 이상의 선사와 175개 이상의 조직이 참여하여 총 600개 이상의 항만 또는 터미널 자료를 통해 3000만TEU 이상의 화물추적을 진행 중에 있다[3]. 또한 중국의 Ningbo항은 2016년 항만경제 모니터링·분석 플랫폼을 구축하여 기업 및 물류주체, 정부 관리부처의 효율성을 제고함으로써 항만 내 신고 데이터의 정확도·재활용률을 크게 개선시켰다[4].

하지만, 국내의 경우 수출입 물류의 99.7%가 해상 운송으로 처리됨에도 불구하고 선사-항만, 항만 내 터미널, 터미널-운송사 등 수출입물류 현장의 정보단절 및 연계 부족으로 표준화된 데이터 체계가 없다.

2017년 한진해운 파산사태로 글로벌 해운 동맹에서의 국내 선사들의 영향력 감소, 아시아-미국 등 주요 네트워크 붕괴 등으로 경쟁력이 약화되는 가운데 2019년부터 해양수산부 중심으로 스마트 해상물류 체계 구축전략을 발표를 시작으로 단계적으로 해운산업 재건 및 해상운송에 대한 표준화 작업을 진행 중에 있으며, 자율주행기능이 탑재된 지능형자동차에 대한 하역필요성을 제시하고, 그에 따른 연구개발 과제를 도출하는 등 긍정적인 면도 있다.

## 2.2 자율주행차량 산업동향

해외에서는 자율주행차량 시장을 선점하기 위해서 민간의 차량개발과 도로운행을 위한 기반 구축(통신·충전소)을 비롯하여 대규모 실증단지 마련, 법·제도 개혁을 추진 중에 있다.

국내에서도 미래자동차 산업 발전전략 발표(2019)를 통해 2024년까지 완전자율주행 제도와 기반을 세계 최초로 완비하는 것을 목표로 잡고, 국내 자동차 산업을 개방형 미래차 생태계로 전환계획을 밝혔다[2].

또한, 2020년 산업통상자원부, 과학기술정보통신부, 국토교통부, 경찰청은 공동으로 자율주행 기술개발 시장 선점을 위해 자율주행 기술개발 혁신사업을 2021년부터 2027년까지 1조 974억원을 투자한다고 밝히고, 사업단을 구성하여 사업을 추진 중에 있으나 산업통상자원부 16개 과제, 과학기술정보통신부 15개 과제, 국토교통부 13개 과제, 경찰청 9개 과제에는 수출입에 관한 기술개발 내용이 포함되어 있지 않다[5].

레벨4 이상의 자율주행차량 기술개발이 성공적으로 완료되어도 차량이 항만 야적장 및 선박 내 지정된 위치로 스스로 이동이 불가능하다. 그 이유는 자율주행차량에서 핵심기술 요소인 고정밀지도와 V2X 인프라가 항만 내 부재한 상황이기 때문이다.

국내 항만은 보안구역으로 설정되어 민간 등에서 접근이 어려울 뿐 아니라, MMS(Mobile Mapping System)을 활용하여 고정밀지도(HD MAP) 제작 시 선박이 부두에 접근 할 때마다 위치가 변경되는 점과 선박의 흔들림 등을 고려하여야 한다.

선박 접안 시 고정밀지도가 실시간으로 업데이트 하지 않을 경우 수출입 지능형자동차의 경로설정 오동작으로 이어져 차량이 바다로 추락 할 수 있다. 이러한 사고를 방지하기 위해서는 차량과 항만이 실시간 통신이 가능하도록 V2X기술의 항만적용이 필요하고, 하역과정에서 발생 가능한 다양한 문제를 예측하고 해결하기 위한 기술개발이 필요로 하다.

정부발표대로 2027년 자율주행차량이 상용화가 되었을 때, 수출입 산업현장에서 발생할 수 있는 문제들을 고민하지 않고 수출인프라를 시급하게 구성하게 될 경우 많은 시행착오가 예상된다.

## 2.3 사이버물리시스템 기술소개

임베디드 시스템의 응용분야가 전 산업분야로 확장된 부분에는 하드웨어의 기술적인 진보가 있다. 기존 산업에서 임베디드 시스템을 활용할 때는 저전력, 저용량, 실시

간성 등을 고려하였으나, 하드웨어의 고성능, 소형화에 따라 임베디드 시스템 개발 시 제약사양이 많은 부분에서 사라졌다.

이러한 추세에 따라 각 산업에서는 고성능 임베디드 시스템을 통신망과 연결하여 임베디드 시스템의 액츄에이터와 센서 등을 사이버환경에서 동일하게 구성하고, 중앙서버에서 연산을 한 결과를 임베디드 시스템으로 다시 피드백을 주거나, 중앙서버에서 넘긴 파라메타 값을 임베디드 시스템에서 연산 후 그 결과를 현실 속 타겟에 적용하여 제어 또는 센싱하는 기술을 활용하기 시작하였다.

사이버물리시스템은 위와 같은 임베디드 시스템을 활용하여 가상과 현실에서 동일한 환경을 조성하고 상호간 통신 및 제어, 연산, 분석이 가능한 시스템이라고 할 수 있다. 이와 같은 사이버물리시스템은 미국 제너럴일렉트릭(GE)에서 디지털트윈으로 상용화하여 제조업에 적용하기 시작하면서 항공, 헬스케어, 건설, 에너지, 국방, 도시설계 등 다양한 분야로 확산되고 있다.

국내에서도 임베디드 소프트웨어 개발방법론 중 통합 프로토타이핑을 통해 사이버물리시스템과 같은 개념을 정립하고, 시제품 제작에 들어가는 비용과 시간의 절감, 개발자 간 의사소통에 대한 방법으로써 연구가 진행된 바 있다[6].

본 연구에서는 국내에서 연구가 진행된 통합 프로토타이핑기법을 기반으로, 지능형자동차 하역장소인 항만에서 사용 가능한 사이버물리시스템의 설계와 프로토타입 모델을 제작한다.

## 3. 본론

### 3.1 사이버물리시스템 설계

#### 3.1.1 시스템개요

본 논문에서 구현하고자 하는 지능형자동차 수출입항만 사이버물리시스템 개념은 Fig. 1과 같다.

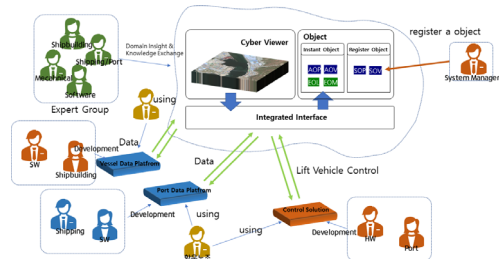


Fig. 1. CyberPhysicalSystem Concept

사이버물리시스템은 크게 가상뷰어와 객체관리, 연계 인터페이스로 구분할 수 있다. 가상뷰어는 2차원 또는 3차원의 가상 항만으로 조선, 해운, HW, SW 전문가들이 항만에 대한 이해도를 높일 수 있다.

연계 인터페이스는 각 전문가들이 개발한 솔루션과 본 사이버물리시스템과 연계방법으로 데이터 연계와 제어 연계 기능을 가지고 있다.

객체관리는 가상뷰어에서 표시될 객체들의 모음이다. 객체들은 정적인 객체와 동적인 객체로 구분되고, 환경에 대한 테스트를 진행할 수 있는 환경객체로 구분된다.

전문가그룹이 가상뷰어를 통하여 항만에 대한 이해를 높이고, 각 각의 솔루션을 개발하게 되면, 본 사이버물리시스템의 연계 인터페이스로 각 각의 솔루션을 연계하여 솔루션 특성에 맞는 객체를 생성하게되고, 그 객체는 다시 가상뷰어에 반영하여 전문가 간 협의를 다시 진행 할 수 있다.

시스템 개념을 Fig. 2와 같이 시스템블록으로 정리하면, 각 구성요소는 다음과 같다.

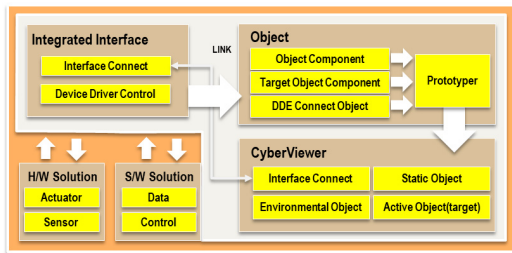


Fig. 2. System Block Diagram

객체관리(Object)는 가상뷰어(CyberViewer)에 올리기 위한 객체들의 모음으로 Object Component는 객체 간 상호작용이 없는 정적객체를 의미하고, Target Object Component는 객체 간 상호작용이 가능한 동적객체를 의미한다. DDE Connect Object는 디바이스 드라이버 연결에 사용되는 객체이다.

가상뷰어는 사용자들이 시각적으로 객체들의 동작상태를 확인 할 수 있도록 하는 시각화 기능이다. Interface Connect는 DDE Connect Object를 상속받아 가상뷰어와 실물객체 간 연동하는 역할을 수행한다. Static Object는 정적객체로써 항만시설물과 선박구성요소의 정적객체로 구분된다. SOP(Static Object Port)는 항만시설물 중 방파제와 같이 동작하지는 않는 객체를 표현하고, SOV(Static Object Vessel)은 정박하고 있는 선박 등을 표현한다. Static Object로 등록된 객체라도 파라메타 부여하여 신규 생성 시 Active Object로 등록 가능하다.

Active Object는 동적객체로써 Interface Connect를 통해 전달받는 파라메타에 따라 움직이는 객체이다. AOP(Static Object Port)는 항만시설물 중 조명탑과 같이 불켜짐, 불꺼짐 등과 같이 상태를 변화시킬 수 있는 객체를 표현한다. SOV(Static Object Vessel)은 선박이 부두에 접안 시 동작하는 램프 기능 등을 표현한다. Active Object라고 하더라도 파라메타를 주지 않을 경우 Static Object로 사용이 가능하다. Environmental Object는 환경객체로써 해양 또는 육상 내 기후, 재해 등을 표현하는 객체이다. 통상적으로 공공데이터를 연계해서 사용되지만, 재난 등을 표시 할 때 사용 할 수 있다. EOL(Environmental Object Land)는 육상환경 변수이며, EOM(Environmental Object Marine)는 해양환경 변수로 사용할 수 있다.

## 3.2 사이버물리시스템 구현

### 3.2.1 가상뷰어

지능형자동차 수출입항만 사이버물리시스템의 환경은 울산항 자동차부두와 6부두를 대상으로 하였으나, 3차원 그래픽으로 환경을 구현 시 상당한 시간이 소요되기 때문에 본 논문에서는 하이트맵을 이용하여 가상뷰어를 구성할 수 있도록 하였다. Fig. 3과 같이 하이트맵이 구성 되면 3차원지도가 구성 가능하다.

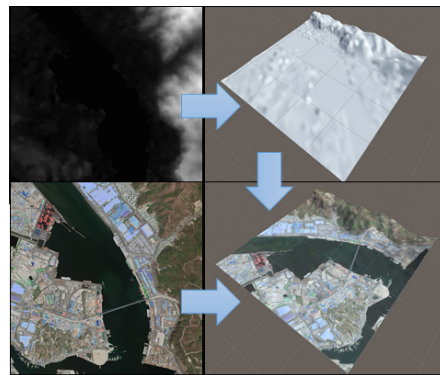


Fig. 3. CyberViewer 3D Map

### 3.2.2 연계 인터페이스

지능형자동차 수출입항만 사이버물리시스템에서는 다양한 이기종 솔루션을 수용할 수 있는 연계 인터페이스가 필요로 하다. Factory패턴을 응용하여 다음과 같이 http와 tcp, 파일, xml를 연결할 수 있는 인터페이스를 Fig. 4와 같이 설계했다.

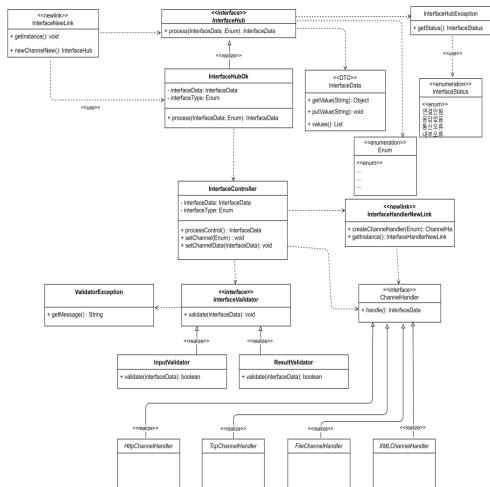


Fig. 4. Interface Class Diagram

### 3.2.3 사이버물리시스템 프로토타입

위와 같은 절차를 기반으로 지능형자동차 수출입항만에 사용가능한 사이버물리시스템을 Unity엔진으로 구현하였으며, Fig. 5를 통해 하이트맵이 적용된 모습을 확인할 수 있다.



Fig. 5. CyberPhysicalSystem Prototype

#### 4. 구현결과

제작된 프로토타입이 정상동작 여부를 확인하기 위해  
서 Fig. 6과 같이 SOP 생성 및 배치를 테스트하였다.  
SOP버튼을 클릭 시 하단에 SOP TestObject가 표시되  
고, 생성된 SOP TestObject버튼을 클릭 시 가상뷰어에  
서 큐브모양의 객체가 생성됨을 확인 할 수 있다. 객체  
생성 후 다른 곳으로 이동 배치도 가능함을 확인 할 수  
있다.



Fig. 6. CyberPhysicalSystem SOP Test(1)

Fig. 6의 객체들은 다중으로 생성이 가능하고 배치가 가능해짐으로써 Fig. 7과 같이 항만에 대한 구조물들을 생성하고 재배치가 가능함을 볼 수 있다.



Fig. 7. CyberPhysicalSystem SOP Test(2)

## 5. 결론

본 연구에서는 지능형자동차를 수출입하기 위한 항만 인프라 조성을 위해서 항만, 조선, 정보통신(소프트웨어, 하드웨어), 물류 전문가들 간 지식교환 및 각 산업지식이 해가 필수적임을 설명하고, 각 산업 전문가들 간 지식교환 및 산업지식이해를 위한 방법으로 사이버물리시스템 필요 기능을 제안하였다. 필요 기능을 위한 시스템적인 설계를 위해 연계 인터페이스 및 객체들에 대한 타입을 정의하고, 설계를 기반으로 울산항 자동차부두와 6부두를 대상으로 가상뷰어와 SOP 객체생성이 가능한 프로토타입을 구현하여 항만 구조물 등에 대한 배치작업이 가능함을 보였다. 이를 통해 지능형 자동차를 위한 미래하역인프라 구성에 활용 가능성을 보였다.

또한, 본 연구에서 제시한 객체타입과 프로토타입모델 기반으로 지능형자동차 수출입인프라 구성 뿐 아니라 항만 내 하역 시나리오 및 항만과 자율운항선박 간 연계시나리오 수립 등에 기여할 수 있다.

## References

- [1] Ministry of Oceans and Fisheries, Smart maritime logistics system policy strategy, Korea Policy Briefing, <https://www.korea.kr/>, 2019 [cited 2019 Jan 8]
- [2] Ministry of Trade, Industry and Energy, Future Automotive Industry Development Strategy, Korea Policy Briefing, <https://www.korea.kr/>, 2019[cited 2019 Oct 16]
- [3] G.W.Choi, KMI Weekly Shipping Market Focus, p.22, KMI, 2020, pp.2
- [4] Ministry of Oceans and Fisheries, Smart Import / Export Logistics Promotion Plan, Korea Policy Briefing, <https://www.korea.kr/>, 2020 [cited 2020 Feb 28]
- [5] Ministry of Trade, Industry and Energy, Policy News, Korea Policy Briefing, <https://www.korea.kr/>, 2021[cited 2021 Jan 14]
- [6] D.E.Kim, J.B.Lee, K.W.Rim, Y.S.Hwang, S.S.Ahn, "Design and Implementation for Cross Development Environment based on Virtual Prototyping Development Tools", *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol9, No.5, pp.40-49, 2009. DOI: <https://doi.org/10.5392/JKA.2009.9.5.040>

### 안 성 순(SungSoon Ahn)

[정회원]



- 2010년 8월 : 선문대학교 일반대학원 전자계산학과 (이학석사)
- 2017년 2월 : 부산외국어대학교일반대학원 ICT창의융합과 (박사수료)
- 2012년 3월 ~ 2021년 11월 : 울산향만공사 과장
- 2021년 12월 ~ 현재 : (주) 네오시스템 대표

<관심분야>

소프트웨어 방법론, 스마트항만

### 이 정 배(Jeong-Bae Lee)

[정회원]



- 1983년 2월 : 경북대학교 일반대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1995년 2월 : 한양대학교 일반대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1982년 3월 ~ 1991년 2월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2002년 3월 ~ 2014년 2월 : 선문대학교 컴퓨터공학과 교수
- 1991년 3월 ~ 2002년 2월, 2014년 3월 ~ 현재 : 부산외국어대학교 ICT창의융합과 교수

<관심분야>

산업안전, 임베디드시스템 및 로봇공학

### 김 정 준(Jungjoon Kim)

[정회원]



- 1983년 2월 : 한국과학기술원 전기전자공학과 (공학석사)
- 1997년 8월 : 루이지애나주립대학교 컴퓨터전기공학과 (공학박사)
- 1984년 11월 ~ 2011년 2월 : ㈜케이티 상무
- 2012년 3월 ~ 현재 : 경북대학교 전자공학부 교수

<관심분야>

U-컴퓨팅, 유무선통합망

### 손 영 호(Young-Ho Sohn)

[정회원]



- 1989년 2월 : 경북대학교 일반대학원 전자공학과 (공학사)
- 2002년 5월 : Texas A&M Univ., Electrical & Computer Eng. Dept. (Ph.D. 석박사통합)
- 2002년 9월 ~ 2005년 2월 : 영남대학교 전자정보공학부 객원교수
- 2005년 3월 ~ 현재 : 영남대학교 컴퓨터공학과 교수

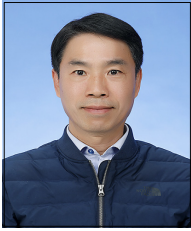
<관심분야>

IoT, 광섬유통신망

---

구 한 모(Han-Mo Koo)

[정회원]



- 1999년 8월 : 한국대학교 해사산업대학원 해사공학과 (공학석사)
- 1986년 3월 ~ 2005년 8월 : 현대상선/한진해운 해무부장
- 2007년 7월 ~ 현재 : 울산항만공사 뉴딜사업단 단장

〈관심분야〉

해운경영, 정보통신