

EWP 성능 검사를 위한 열 충격 모사시스템

유남현*

A Heat Shock Simulation System for Testing Performance of EWP

Nam-Hyun Yoo*

요 약

보쉬와 ZF 등과 같은 글로벌 자동차 부품 회사들은 친환경차 핵심 부품 중의 하나인 EWP (Electric Water Pump)에 대한 개발에 노력을 기울이고 있다. 친환경 자동차에서는 내연기관 엔진과 연동되던 쿨링 시스템보다는 내연기관 엔진에 독립적인 쿨링 시스템을 주로 사용한다. 이에 엔진과 별도로 작동되는 워터 펌프에 대한 연구개발 및 관련 생산 시스템에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 글로벌 부품 회사인 G사에서 사출 방식에 적합한 PPS 재질의 EWP 단점을 극복하고자 SUS로 둘러싼 EWP를 연구 및 개발하였으며, 양산에 들어가기 위하여 로봇 기반의 생산 장비를 개발 중에 있다. 본 논문에서는 생산된 EWP의 성능을 테스트하기 위하여 로봇 기반의 생산 시스템과 연동되는 열 충격 모사 시스템을 설계 및 구현하였다. 이 시스템을 활용하게 되면 실제 환경과 비슷한 환경에서의 EWP를 테스트함으로써 제품의 불량률을 줄일 수 있는 장점을 가질 수 있다. 동시에 테스트를 위한 모사 전 과정에서 생산된 모든 데이터를 저장함으로써 향후 빅 데이터 기반의 EWP 시스템의 CPS(: Cyber Physical System) 개발에 활용될 수 있다.

ABSTRACT

Global auto parts companies are making efforts to develop EWP(: Electric Water Pump) which is one of the core parts of environment friendly car. In eco-friendly automobiles, an independent cooling system is used rather than a cooling system that is linked to an internal combustion engine. Therefore, the research and development of the water pump operating separately from the engine and the related production system are being actively carried out. In order to overcome the shortcoming of EWP of PPS material suitable for injection system, G company which is a global parts company that researches and develops EWP around SUS and is in the process of developing robot-based production equipment for mass production. In this paper, a heat shock simulation system is designed and implemented that works with the robot-based production system to test the performance of the produced EWP. By using this system, it is possible to test the EWP in a virtual environment similar to the actual environment, thereby reducing the defect rate of the product. At the same time, all the data produced during the entire process for testing can be stored, which can be utilized in the future development of CPS(: Cyber Physical System) of EWP system based on big data.

키워드

Simulation System, EWP, Robot-based Production System, Big Data
모사 시스템, 전기 워터 펌프, 로봇 생산 시스템, 빅 데이터

* 경남대학교컴퓨터공학과
• 접수일 : 2018. 11. 05
• 수정완료일 : 2019. 02. 24
• 게재확정일 : 2019. 06. 15

• Received : Nov. 05, 2019, Revised : Feb. 24, 2019, Accepted : Jun. 15, 2019
• Corresponding Author : Nam-Hyun Yoo
Dept. of Computer Science & Engineering, KyungNam University,
Email : hyun43@kyungnam.ac.kr

I. 서론

친환경 자동차 시장이 급속도로 성장함에 따라 글로벌 부품업체들도 다양한 친환경차 핵심 부품을 독자 개발하여 완성차 업체에 공급을 확대하고 있다. 보쉬와 ZF와 같은 글로벌 부품업체를 중심으로 친환경차 핵심 기술개발에 역량을 집중하면서 향후 기술 주도권 확보에 다양한 연구개발을 진행하고 있다. 글로벌 자동차 생산 업체들은 기존 내연기관 자동차와 비교하여 상품 경쟁력을 갖춘 신규 모델을 계속 출시하고 있으며, 각국 정부의 적극적인 정책 지원은 향후에도 친환경자동차 시장 확대가 지속적으로 성장할 것으로 예상된다. 친환경 자동차는 내연기관 엔진과 연동되던 쿨링 시스템보다는 내연기관 엔진에 독립적인 쿨링 시스템을 주로 사용한다. 이에 엔진과 별도로 작동되는 워터 펌프에 대한 연구개발 및 관련 생산 시스템에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[1]. 최근 EWP(Electric Water Pump)에 대한 활용도가 증가하면서 기존 EWP에 대한 문제점을 극복하기 위한 다양한 노력들이 진행되고 있다. 이에 글로벌 자동차 부품 회사 중의 하나인 G사는 기존 사출 방식에 적합한 PPS 재질로 구성된 EWP 단점을 극복하고자 SUS로 둘러싼 EWP를 연구 및 개발하였으며, 양산에 들어가기 위한 자동화 로봇 기반의 생산 장비를 개발 중에 있으며 이에 대한 부가적인 검사 장비도 동시에 개발하여 생산성을 높이고자 다양한 노력을 기울이고 있다.

본 논문에서는 자동화 로봇 시스템으로 생산된 EWP의 성능을 테스트하기 위한 연동 모사 시스템을 설계 및 구현하였다. 이 시스템은 실제 환경과 비슷한 환경에서의 EWP를 모사 테스트함으로써 실제 운행 환경에서 불량률을 줄일 수 있는 장점을 가질 수 있다. 동시에 테스트를 위한 모사 전 과정에서 생산된 모든 데이터를 저장할 수 있는 모듈을 추가하여 향후 빅 데이터 기반의 EWP 생산 로봇 시스템의 CPS(Cyber Physical System)나 PLM(Product Lifecycle Management) 개발에 활용될 수 있다[2-3].

II. 로봇 기반의 SUS Wrapping Rotor 생산 시스템

2.1 기존 PPS Covered Rotor 기술의 문제점

EWP 모터는 내부에 전기모터가 있으며, 물로 인하여 전기모터의 수분흡수, 방수능력 저하로 인한 모터의 불량을 막기 위하여 회전 방식을 사용하여 케이싱하고 있다. 기존의 EWP 케이싱은 사출방식을 사용하며 소재는 PPS GF40를 사용한다. EWP를 케이싱할 때에는 인서트 예열, 레진 건조, 사출 조건, 금형 온도 등이 정밀하게 맞아야 제품이 안정되게 생산되는 단점이 있으며 약간의 오차가 발생하여도 품질의 산포가 크게 나타난다. 사출 공정 관리가 잘못되면 불량률 증가로 이어져 수익성을 떨어뜨리는 문제가 발생한다. 일반적으로 코어 표면에 자석을 붙이는 형태여서 자석부와 자극간의 골 사이에 두께차가 3~4배 정도 발생하여 사출강도가 불안정하게 될 가능성이 있고 자극간의 골이 훨씬 두꺼워서 사출시 골의 유동속도가 빨라 게이트 반대편을 채우고 올라오게 되므로 금형 내 잔류가스가 배출되지 못하여 자석부에 Weld Line, Pin Hole등이 남게 될 가능성이 있고 발생위치 및 정도를 정확히 예측하는 것은 어려움이 많다. 그림 1은 기존 PPS Covered Rotor방식으로 인하여 제작된 EWP에서 자주 발생하는 불량으로써 상단의 그림은 사출 과정에 공정 관리 불량으로 인하여 외부에 핀홀이 발생한 것이며, 하단 그림은 고온 환경에 장시간 작동되면서 발생하는 균열 현상이다[7-8].

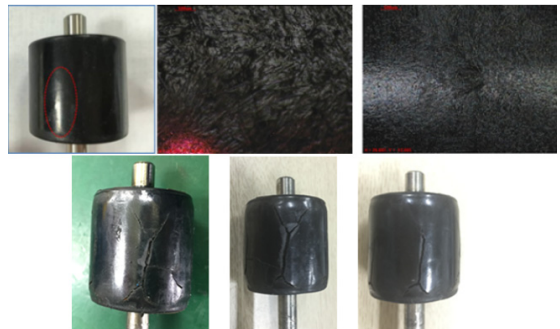


그림 1. 기존 EWP의 불량 생산 예
Fig. 1 Bad Examples of existent EWP

2.2 SUS Wrapping Rotor 용접 기술

SUS Wrapping Rotor 방식의 용접 기술은 이중 재

질 간의 열팽창 차이로 인한 틈새 발생, 사출 재질의 수분 흡수, 사출 표면의 Weld Line, Pin Hole 등으로 인한 방수능력 저하를 없앨 수 있으며 불량률을 낮출 수 있기 때문에 내구 신뢰성, 품질 및 가격경쟁력을 확보할 수 있다. 기존 방식에서는 인서트 예열, 레진 건조, 사출 조건, 금형 온도 등 많은 조건을 관리해야 하는 것을 단순화시킬 수 있어 품질의 산포가 줄어서 관리 비용 절감 및 불량률이 획기적으로 개선된다. 성능적인 측면에서는 Air Gap이 현재 양산품 0.8mm에서 개발품 0.3mm로 줄일 수 있어서 Air Gap Flux Density가 증가하여 토크, 출력, 효율이 10%이상 개선되고 출력밀도가 커져 현재 양산품보다 크기 및 중량을 10%이상 줄일 수 있다. 그리고 만일에 내부 모터의 자석이 이탈하는 경우 원심력에 의해 사출재질의 Rotor는 깨질 수 있으나 SUS Wrapping rotor는 충분히 견딜 수 있는 장점을 가진다[9-10].

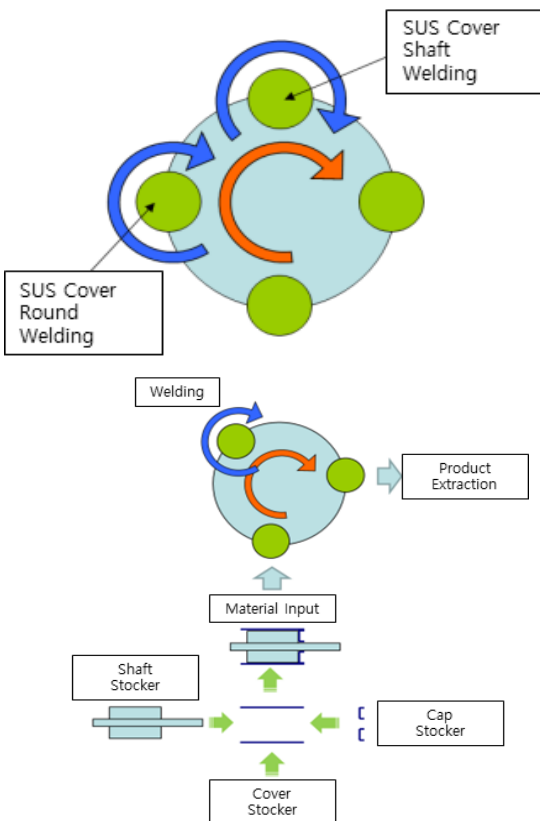


그림 2. 로봇 기반의 Rotor 생산 시스템의 동작 원리
Fig. 2 How the robot-based production system works

2.3 로봇 기반의 SUS Wrapping Rotor 생산 시스템

기존의 사출 방식이 아닌 SUS 재질을 활용한 Wrapping Rotor는 용접 방식을 사용한다. 그림 2는 본 논문에서 구현한 모사 시스템과 연동되는 로봇 기반의 SUS Wrapping Rotor 생산 시스템의 작동 원리와 SUS Wrapping Rotor를 생산하는 과정을 도식화한 것이다[4].



그림 3. 로봇 기반의 생산 시스템 & SUS Wrapping Rotor
Fig. 3 Robot-based production system works & SUS wrapping rotor

용접에 사용되는 부품 투입은 팔레트를 통하여 기본 Insert를 공급하고 Insert와 Can, Cap을 조립하여 용접 공정에 투입하는 방법으로 기본 설계 하였다. 팔레트는 24개이며, Can 및 Cap은 Parts Feeder를 통하여 공급 할 수 있도록 설계 및 구현하였다. 부품 조립의 경우 2축 로봇을 이용하여 조립하며, 부품 조립을 완료한 빈 팔레트에는 용접이 완료된 Rotor를 다시 적재 할 수 있도록 설계 및 구현하였다. 팔레트는 Loadless 실린더를 통하여 이동할 수 있도록 하였으며 조립 후 취출까지 최소 2장의 팔레트가 필요하다. 부품 취출은 용접 테이블에서 용접된 Rotor가 취출되

면 단축로봇을 사용하여 팔레트까지 이송한다. Insert가 적재되어 있는 모든 팔레트에서 조립 부분까지 이동이 완료되면 팔레트는 자동으로 적재 부분으로 이동하게 되며, 적재 부분의 경우에도 모든 용접이 완료된 Rotor가 채워지고 나면 밖으로 취출되는 구조로 설계 및 구현되었다. 소재 조립 및 취출을 위한 로봇은 2축 직교로봇 2대를 이용하였다. 1번 직교 로봇의 경우 Insert의 조립 규정부 이동 및 Can과 Cap의 조립을 담당하고 Cap 조립의 경우 불소 폐드와 진공 압력을 사용하여 조립한다. 취출의 경우에는 용접된 Rotor를 배출구 쪽의 팔레트에 이송하는 역할을 수행한다. 그림 3은 구현한 모사 시스템과 연동되는 로봇 기반의 생산 시스템과 이 로봇을 통하여 생산된 SUS Wrapping Rotor이다.

III. Heat Shock Simulation System

SUS Wrapping Rotor를 사용하는 EWP는 엔진을 냉각시키기 위하여 사용된다. 일반적으로 엔진은 연소실에서 혼합기가 연소됨에 따라 발생한 열에너지 중 대략적으로 피스톤을 누르는 운동에너지가 되는 것은 30%, 배기와 함께 배출되는 것은 30%, 연소실을 형성하는 피스톤 및 실린더 헤드에 열로서 전달되는 것은 30%, 나머지 10%는 기계적인 마찰 등에 의해 손실된다. 이 중에 연소실 벽에 전달된 열은 신속하게 냉각시키지 않으면 피스톤 및 실린더 헤드에 잔류하여 그 부분의 온도가 높아지기 때문에 실린더 헤드가 변형되거나 윤활유의 유막이 끊어지는 등 엔진을 손상시키는 가장 큰 원인이 된다. 지나치게 냉각시키면 연소에 의한 열에너지의 많은 부분이 연소실 벽에 전달되어 열효율이 나빠지거나 혼합기의 기화가 충분히 이루어지지 않는 등의 문제가 발생한다. 따라서 엔진을 운전 상태에 맞추어 적당한 온도로 유지하는 것이 냉각 계통의 역할이며, 그 중에서 EWP가 핵심 부품이다. 냉각수가 워터 펌프(Water Pump)에 의해 실린더와 실린더 헤드를 둘러싼 워터 재킷의 밑에서부터 보내지고, 뜨거워진 냉각수는 회수되어 라디에이터(Radiator)로 유입된다. 주행 중에는 라디에이터에 통풍이 충분하기 때문에 문제가 없지만 서행 및 정차 중에는 라디에이터를 팬으로 강제 송풍하여 냉각시키

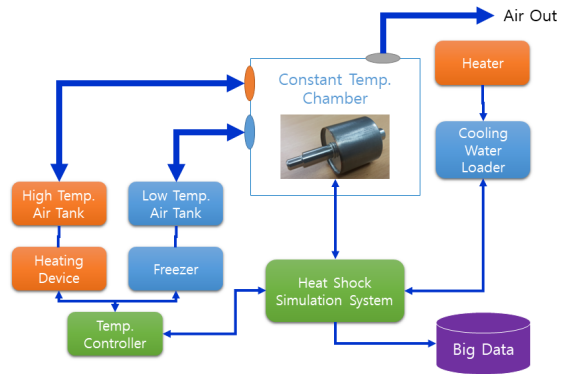


그림 4. Heat shock simulation system 구조
Fig. 4 Architecture of heat shock simulation system

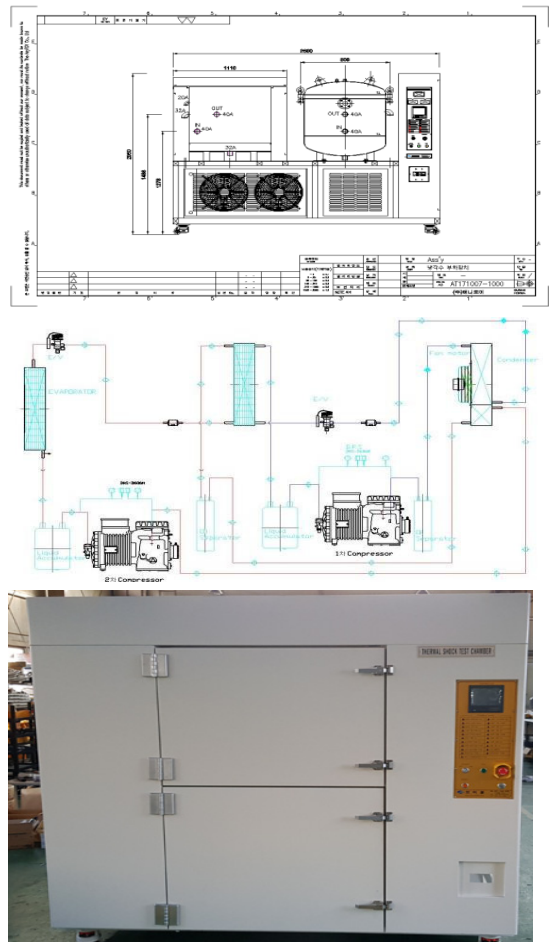


그림 5. Heat shock simulation system 하드웨어
Fig. 5 Hardware of heat shock simulation system

고, 온도가 낮아진 냉각수는 다시 펌프로 되돌려진다. 이와 같은 복잡한 환경에서 EWP가 작동이 되기 때문에 성능 테스트를 위해서는 엔진의 구동 환경과 비슷한 조건을 구성해야 한다. 이에 본 논문에서 설계 및 구현한 Heat Shock Simulation System은 자동차가 실제로 운항하는 조건에서의 ECU라고 가정하고 자동차가 실제 운항하는 조건에서 발생하는 다양한 환경 정보 등의 데이터를 토대로 모사 환경을 구축하여 실제 환경과 거의 비슷한 동일한 환경에서 EWP가 테스트 될 수 있도록 한다. 그림 4는 본 논문에서 구현한 Heat Shock Simulation System의 구조이며, 그림 5는 Heat Shock Simulation System을 위한 설계도 및 구현 화면이다. Heat Shock Simulation 시스템은 기본적으로 CAN 통신을 이용하여 신호를 송·수신하고 환경 센서를 설치하여 구동 환경 조건을 모니터링 할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어로 구성된다. 표 1은 Heat Shock Simulation System의 기본 사양이다.

표 1. Heat shock simulation system의 사양
Table 1. Spec. of heat shock simulation system

Performance Index	Specification
Max. High Temperature	150℃
Min. High Temperature	-40℃
Temperature Rise Rate	30 Sec.
Chamber Size	500mm ³

다양한 환경 테스트를 위한 제공되는 모사 환경은 외부 환경 온도, EWP 동작 온도, 외부 환경 습도, 모터 RPM, 동작 환경에 따른 전류과 전압, 토크 신호 생성 시스템 등으로 구성한다. 또한, 모사 환경을 통하여 테스트 되는 EWP로부터 생성되는 반응 신호를 수집하기 위한 수집 장치와 그 장치를 통해 수집되는 신호를 저장하기 위한 데이터베이스 등으로 구성되며, Heat Shock Simulation 모사 시스템에 적합한 시계열 데이터를 효율적으로 저장 및 관리하기 위한 데이터베이스 스키마를 설계하여 반영하였다.

그림 6은 Heat Shock Simulation System을 구성하는 Class Diagram과 작동 화면이다. MainF를 메인 사용자 인터페이스로 Config, Helper, Logger, Model, Serial, UI 패키지로 구성된다. Config 패키지는 본 시

스템과 관련된 각종 설정 파일을 다루며, Helper 패키지는 각종 설정 파일을 관리하기 위하여 사용된다. Logger 패키지는 Heat Shock Simulation System으로 생성된 로그 파일을 관리한다. Model은 데이터베이스에 저장되는 스키마를 관리한다. Serial은 CAN 방식의 통신 시스템과 및 PLC 시스템 간의 제어를 위하여 사용된다. UI는 사용자 인터페이스와 관련된 기본 설정 등을 관리한다[5-6].

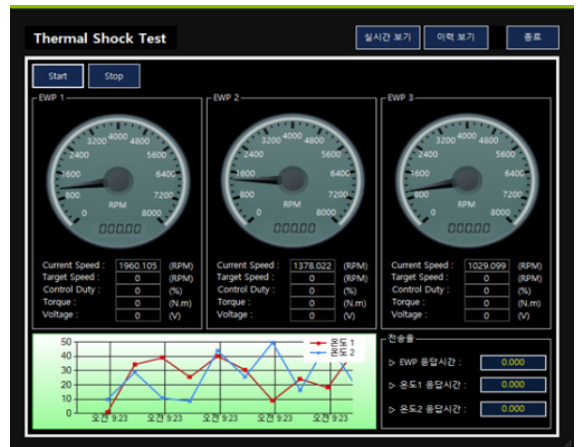
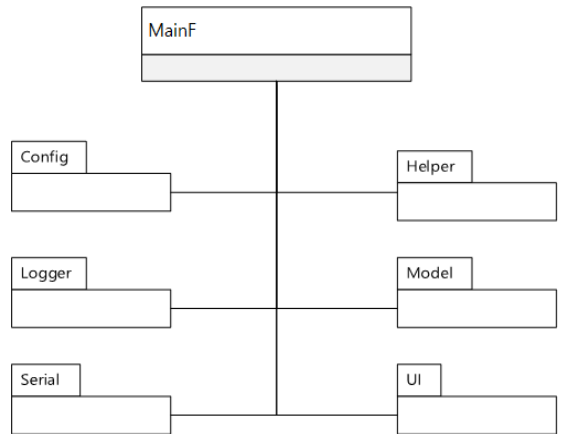


그림 6. Heat shock simulation system 소프트웨어
Fig. 6 Software of heat shock simulation system

V. 결론

글로벌 부품 회사인 G사는 SUS Wrapping Rotor를 기반으로 한 EWP를 연구 및 개발에 성공하였으며, 현재는 양산에 들어가기 위하여 로봇 기반의 생산

장비와 이를 위한 테스트 장비를 개발 중에 있다. 본 논문에서 설계 및 구현한 로봇 기반의 생산 시스템과 연동되는 모사 시스템은 실제 환경과 비슷한 환경에서 테스트를 수행하게 함으로써 제품의 불량률을 줄일 수 있는 장점을 가진다. 향후, 양상 과정에 진입하게 되면 본 시스템을 통하여 생성된 데이터를 축적하고, 축적된 데이터는 향후 빅 데이터 기반의 EWP 시스템의 CPS(: Cyber Physical System) 개발에 활용될 예정이다.

References

- [1] T. Masuta and A. Yokoyama, "Supplementary Load Frequency Control by Use of a Number of Both Electric Vehicles and Heat Pump Water Heaters," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 3, no. 3, May 2012, pp. 1253-1262.
- [2] F. Provost and T. Fawcett, "Data Science and its Relationship to Big Data and Data-Driven Decision Making," *J. of Big Data*, vol. 1, no. 1, Feb. 2013, pp. 51-59.
- [3] R. Rajkumar, I. Lee, L. Sha, and J. Stankovic, "Cyber-physical systems: The next computing revolution," In *Proc. IEEE Int. Conf. on Design Automation*, Anaheim, U. S. A., 2010, pp. 731-736.
- [4] K. Kim, "A Study on the Design and Implementation of EGSE for Digital Satellite Communication," *J. of the theea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 3, 2018, pp. 503-508.
- [5] D. Lee and Y. Na, "Present the Celeb-Bot Model Using Artificial Intelligence ," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 4, 2018, pp. 765-776.
- [6] J. Ko, "A study on dual system for fault tolerance of PLC," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 3, 2011, pp. 397-404.
- [7] J. Kim, K. Yoon, Y. Ko, G. Kim, and S. Lee, "Automobile parts press mold industry and technology trend," *Trends in Metals & Materials Engineering*, vol. 27, no. 2, Mar. 2014, pp. 36-37.
- [8] K. Osakada, K. Mori, T. Altan, and P. Groche, "Mechanical servo press technology for metal forming," *J. of Manufacturing Technology*, vol. 60, no. 2, 2011, pp. 651-672.
- [9] Y. Chai, "Development of heat system for productivity improvement of ball press pushing up equipment," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 11, 2016, pp. 1101-1106.
- [10] B. So and S. Shin, "The built of smart factory using sensors and virtual process design," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 6, 2017, pp. 1071-1080.

저자 소개



유남현(Nam-Hyun Yoo)

1999년 순천대학교 컴퓨터과학과 졸업(이학사)

2001년 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(이학석사)

2007년 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(이학박사)

2013년 ~ 현재 경남대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야 : 상황인식, 지능형제어, 협업지능