

OPC 기반의 지능형 정밀 서보제어 분말성형 프레스 시스템의 설계 및 구현

유남현*

Design and Implementation of OPC-Based Intelligent Precision Servo Control Power Forming Press System

Nam-Hyun Yoo*

요약

금속분말 야금은 금속이나 금속산화물의 분말을 금형에 넣어 프레스로 압축 성형한 후에 고온으로 가열 소결하면 굳어지는 현상을 이용하여 독특한 모형의 부품이나 일정한 형태의 제품을 만드는 제조 기술이다. 분말 야금 프레스 장비는 자동차, 전자 부품 등의 핵심 정밀 부품을 만드는데 사용되기 때문에 이를 위하여 정밀한 서보 모터를 사용하여 제작되는 경우가 대부분이다. 본 논문에서 설계 및 구현한 지능형 정밀 서보제어 분말 성형 프레스 시스템은 상부 램 부분은 기계식 캠축을 사용하고 하부 램 부분은 고정밀 서보 시스템을 활용하여 정밀하게 제어함으로써 가격대를 낮추면서도 정밀도를 유지할 수 있는 장점을 가진다. 또한 OPC 기반의 모니터링 및 공정 데이터 수집 시스템을 설계 및 구현함으로써 향후 빅 데이터를 활용한 스마트 제조 관리 시스템에 적용될 수 있는 확장성을 제공한다.

ABSTRACT

Metal Powder Metallurgy is a manufacturing technology that makes unique model parts or a certain type of product by using a hardening phenomenon when a powder of metal or metal oxide is put it into a mold and compression-molded by a press and then heated and sintered at a high temperature. Powder metallurgical press equipment is mainly used to make the parts of automobile, electronic parts and so on, and most of them are manufactured using precise servo motor. The intelligent precision servo control powder molding press system which is designed and implemented in this paper has advantages of lowering the price and maintaining the precision by using the mechanical camshaft for the upper ram part and precisely controlling the lower ram part using the high precision servo system. In addition, OPC-based monitoring and process data collection systems are designed and implemented to provide scalability that can be applied to smart manufacturing management systems that utilize Big Data in the future.

키워드

Metal Powder Metallurgy, Servo Press System, OPC, Precision Control
금속 분말 야금, 서보 프레스 시스템, OPC, 정밀 제어

* 경남대학교컴퓨터공학과
• 접수일 : 2018. 11. 02
• 수정완료일 : 2018. 11. 23
• 게재확정일 : 2018. 12. 15

• Received : Nov. 02, 2018, Revised : Nov. 23, 2018, Accepted : Dec. 15, 2018
Dept. of Computer Science & Engineering, KyungNam University,
Email : hyun43@kyungnam.ac.kr

I. 서론

금속분말 야금은 우리나라 기계산업의 기반이 되는 뿌리 산업의 한 분야로써 금속이나 금속산화물의 분말을 금형에 넣어 프레스로 압축 성형한 후에 고온으로 가열 소결하면 굳어지는 현상을 이용하여 독특한 모형의 부품이나 일정한 형태의 제품을 만드는 제조 기술이다[1]. 분말 야금 프레스 시스템의 적용 분야는 뿌리산업 분야의 한가지인 주요 분야로써 일반 주조가 아닌 정밀 주조에 해당된다. 일본에서 설계 및 생산되는 분말 성형 프레스 시스템은 상부 램, 하부 램 및 피딩 장치까지 정밀 서보 모터를 사용한 제품을 출시하여 고가 제품군을 형성하고 있으나 정밀 분야에서는 꼭 필요한 생산 시스템이기 때문에 자동차, 전자 부품 등의 핵심 정밀 부품을 만드는 국내 시장을 일부 차지하고 있는 상황이다[2-3].

본 논문에서 설계 및 구현한 지능형 정밀 서보제어 분말성형 프레스 시스템은 상부 램 부분은 기계식 캠축을 사용하고 하부 램 부분은 고정밀 서보 시스템을 활용하여 정밀하게 제어함으로써 가격대를 낮추면서도 정밀도를 유지할 수 있는 장점을 가진다. 프레스 전체에 서보 모터를 사용하는 경우에는 기술 중심의 일본 및 독일의 품질 경쟁력을 따라 가기에는 설계 기술이 부족하며, 저가의 중국 등의 후발 국가들의 가격 경쟁력을 이길 수 없기 때문이다. 또한 OPC 기반의 모니터링 및 공정 데이터 수집 시스템을 설계 및 구현함으로써 기존 시스템의 설계에 변경을 주지 않고 향후 빅 데이터를 활용한 스마트 제조 관리 시스템에 적용될 수 있는 확장성을 제공한다.

II. 관련연구

2.1 금속 분말 야금 프레스 시스템

금속 분말 야금 프레스 시스템에서 가장 필요한 핵심 기술은 고강도화와 고기능화를 들 수 있다. 고강도화를 위해서는 재료 내부의 기공을 줄여주는 고밀도화가 절대적으로 필요하다. 고강도화를 위하여 합금 성분을 추가하는 대신에 고밀도화를 구현하는 경우에는 추가적인 가격 상승이 없이 더 얇은 두께로 부품을 제작하는 것이 가능해 경량화 및 생산 원가를 낮출 수 있다. 이를 위해 고속 및 정밀 성형 기술의 확

보를 위하여 다양한 연구개발이 진행이 되고 있다.

국내에서 분말 성형 프레스 시스템을 제작하는 곳은 대화프레스, 삼원정밀기계, 정화프레스, 케이엠테크 등이 있다. 국내 기업들은 대부분 60톤급의 기계식과 유압식 프레스를 사용하고 있기 때문에 정밀한 부품 제작 분야에서 사용되지 못하고 있는 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서 설계 및 구현한 지능형 정밀 서보제어 분말 성형 프레스 시스템은 국내에서는 생산하고 있지 않다.

해외의 경우에는 일본, 독일 및 스위스 기업들이 대부분을 차지하고 있으며, 독일 및 스위스 기업들이 오랜 역사를 기반으로 고품질 프레스를 만들고 있다. 그 중에서 독일의 DORST사는 100년여의 역사를 가진 최고의 프레스 제품 생산 업체로 기계식, 유압식, 전기식 프레스를 생산하고 있으며, 세계 최대 판매사 중 하나이다. 일본은 주로 전기식 프레스를 주로 생산하고 있으며, 대부분 상·하부 및 부품을 공급하는 피딩 장치에도 정밀 제어 서보 모터를 사용하고 있어 고가의 제품이 대부분이다. 그림 1은 서보 모터를 사용한 독일 및 일본의 프레스 제품들이다.



그림 1. 기존 정밀 제어 서보 프레스 시스템

Fig. 1 Existent precision control server press system

2.2 스마트 팩토리

스마트 팩토리는 기존 제조 산업에 PLC 기반의 자동 제어 이외에 AI, Big Data, IoT 기술을 결합하여 제품의 기획, 설계, 생산, 유통, 판매 등 전 과정을 통합 시스템으로 관리함으로써, 리드 타임을 감소시키고 생산 원가를 낮추는 것을 지향하는 것으로써 생산성 향상, 에너지 절감 및 인간중심의 작업환경이 구현되고, 소비자 맞춤형 제조 등이 가능한 공장을 말한다[4].

스마트 팩토리를 구현하기 위한 전제 조건은 4MIE의 디지털화를 기반으로 한 공정 및 생산 데이터가 축적되어야 한다[5]. 4M은 작업자(Men), 기계(Machine), 재료(Material), 방법(Method) 등이며, IE는 환경(Environment) 및 에너지(Energy)를 의미한다. 이 중에서 기계(M)로부터 생성되는 데이터가 가장 기초 요소로써 모든 생산 과정에 사용되는 기계들은 RS-232C, PLC, 필드버스, 이더넷, TCP/IP 및 OPC 등을 통하여 실시간으로 연결되고 관련 데이터를 스마트 팩토리 생산자원 통합 관리 시스템으로 전송해야 한다[6]. 스마트 팩토리 통합 관리 시스템은 축적된 생산 자원의 데이터를 기반으로 효율적인 생산 및 공정 관리를 할 수 있기 때문이다. 본 논문에서 설계 및 구현한 지능형 정밀 서보제어 분말성형 프레스 시스템은 PLC를 기반으로 각종 기구부를 제어하기 때문에 OPC를 통하여 관련 데이터를 스마트 팩토리 통합 관리 시스템으로 전송한다. 그림 2는 스마트 팩토리 통합 관리 시스템을 활용한 참조 모델이다.

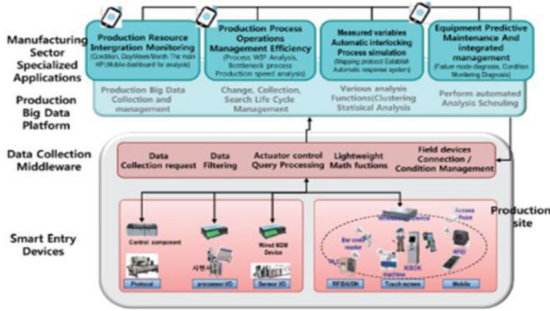


그림 2. 스마트 팩토리 참조 모델

Fig. 2 Reference model of smart factory

2.3 OPC

OPC(OLE for Process Control)는 자동화 시스템과 Automation/control 응용프로그램, 필드 시스템 및 디바이스와 비즈니스 및 관리 프로그램 간의 호환을 위한 마이크로소프트의 OLE/COM과 DCOM 기술을 기반으로 한 인터페이스 집합이다[7-10]. OPC는 하나의 프로그램이 COM으로 구현된 다른 프로그램의 인터페이스를 이용하여 그로부터 정보를 얻게 해주는 소프트웨어 아키텍처인 COM(Microsoft Component Object Model)에 기반하고 있다. OPC에서 지원하는

통신은 동기, 비동기 통신 방식 이외에도 Refresh와 Subscription을 지원하며, 이를 활용하여 Pull과 Push 방식의 서비스를 개발할 수 있다.

III. 시스템의 설계 및 구현

3.1 하드웨어 설계 및 구현

본 논문에서 설계 및 구현한 지능형 정밀 서보제어 분말 성형 프레스 시스템은 크게 서보 프레스 상부 램과 하부 램의 금형 위치를 추적하기 위한 정밀 센서 시스템, 정밀 서보 제어 하부 램, 지능형 통합 관리 소프트웨어, 서보 프레스 기구부, 유압 및 공압 제어 시스템 및 안전장치 제어 시스템으로 구성된다. 그림 3은 본 논문에서 설계 및 구현한 서보 프레스 시스템이다.

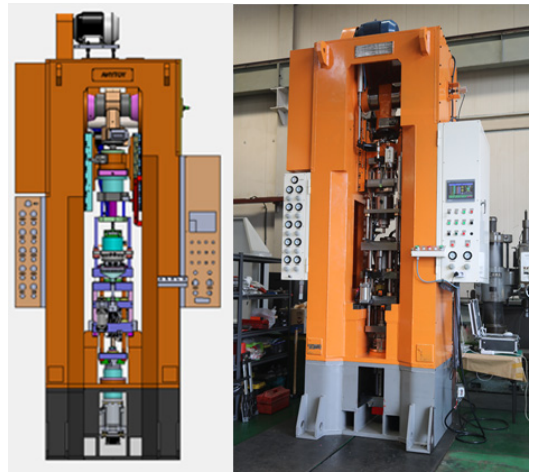


그림 3. 3D 모델과 실 시스템

Fig. 3 3D model & real system

상부 램의 경우 상부 램 상단에 모터와 벨트 풀리를 이용하여 캠축을 회전시키고 3상 인버터를 사용하여 전체 속도를 제어한다. 캠축은 상부 램과 연결되어 상부 램의 회전왕복 운동을 할 수 있도록 한다. 인코더를 이용하여 상부 램의 회전 속도를 하부 램으로 전달한다. 인버터 외에 클러치를 이용하여 상부 램의 움직임을 정지 할 수 있다. 금형 위치 추적을 위한 정밀 센서 시스템은 하부 램과의 위치를 정밀 위치 센

서를 통하여 상부 램의 위치를 조정하는 시스템으로써 하단부에 금형의 세부 설정을 위한 별도의 구동부가 있으며 위치에 따른 오차를 보정하기 위하여 정밀 선형 센서인 Magnetostrictive sensor를 적용하여 최종 하부 램의 동작 제어를 진행하였다. 이외에도 상부 램의 정위치, 캠축 각도, 캠축 회전수, 인장력 가압력 프리셋, 역회전 허용각도, 가압력 저하 감지, 및 모터의 위치 조정을 통하여 상부 램이 유압 방식을 사용하지만 정확하게 하부 램의 기구부 부분과 일치하여 정밀도를 높일 수 있도록 설계 및 구현되었다. 정밀도는 mm 단위로 설정할 수 있다.

상부 램과 하부 램의 작동은 정밀하게 연동시키기 위하여 상부 램의 3상 모터가 인버터를 통하여 제어 되면 인코더에서 상부 캠축의 위치를 인식하여 하부 램에 신호를 전달하게 되고 기구부의 정밀오차 보정을 위하여 상부에 정밀 리니어 센서인 Magnetostrictive Sensor BTL6을 설치하고 리니어 센서와 인코더 데이터의 오차가 발생하는 경우 해당 위치를 보상하여 생산되는 제품의 오류를 방지한다.

하부 램 부분의 경우에는 대형 서보 모터를 사용하여 정밀도 및 상부 램으로부터 가해지는 압력 등을 버틸 수 있도록 하였다. 대형 서보 모터는 10톤 이상의 하중을 견딜 수 있도록 하였으며, 최대 스트로크는 80mm 이상, 반복 정밀도는 $\pm 0.05\text{mm}$ 이하, 최대 속도는 80mm/sec 이상으로 구현되도록 하였다. 10톤 이상의 고하중을 지지하기 위하여 대구경 볼 스크류를 사용하여 제어하였다.

3.2 소프트웨어 설계 및 구현

일반적인 서보 프레스 시스템은 PLC 기반으로 개발하기 때문에 생산 데이터나 공정 데이터가 별도로 저장되지 않고 생산된 수량이나 불량률만 기록이 되며 나머지 데이터들은 대부분 버려진다. 본 논문의 지능형 정밀 서보제어 분말 성형 프레스 시스템은 생산 데이터 및 공정 데이터를 실시간으로 저장하고 향후 빅 데이터 기반의 분석 시스템에 사용하기 위하여 OPC를 활용하여 생산, 공정 및 환경 데이터를 수집하고 저장하도록 하였다. 물론, PLC 제어 시스템과 TCP/IP로 연결하여 제어 패널 이외에도 사용자의 PC나 스마트 디바이스를 통하여 제어 및 모니터링 할 수 있도록 하였다. 그림 4는 지능형 정밀 서보제어 분

말 성형 프레스 시스템을 위한 제어 및 모니터링 시스템의 클래스 다이어그램이다.

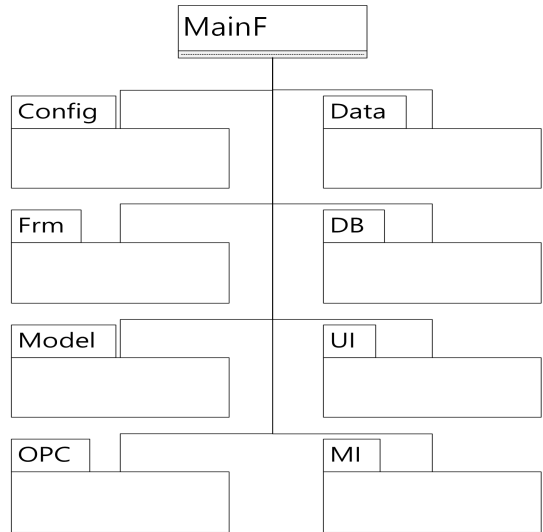


그림 4. 클래스 다이어그램
Fig. 4 Class diagram

Config 패키지는 AppConfig, XmlConfig, ConfigItem 등으로 구성되어 제어 및 모니터링 시스템의 각종 설정 내용들을 조정할 수 있다. 상부 램의 캠축, 인코더, 피더 시스템, 스톱퍼 등의 기구부 이외에도 OPC 미들웨어 서버와의 통신을 통한 데이터 수집에 대한 세부 내용도 설정 및 관리 할 수 있다. Data 패키지는 시스템 내에 사용되는 모든 코드들의 인코딩 방법 등을 정의하였으며, 문자열 데이터를 처리하기 위한 다양한 메소드들이 구현되어 있다. Frm 패키지는 사용자 인터페이스를 담당하는 부분으로써 MI 패키지에 사용되는 MaterialF, NewDataF, NewMaterialF, OpenDataF 이외에도 지능형 정밀 서보제어 분말 성형 프레스 시스템의 설정 및 데이터 수집을 위한 사용자 인터페이스인 NewProjectF, ProjectListF, ChosenDeviceF, ChooseOpenModelF, ServoPressU 등으로 정의되어 사용자로부터 필요한 데이터를 입력 받거나 입력해 해당하는 결과를 전송한다. DB 패키지는 데이터베이스에 접근하기 위한 접속 정보를 제공하는 DbHelper로 구성된다. 본 시스템은 오라클, MS-SQL 및 Access DB를 지원하여 다양

한 데이터베이스에서 작동하도록 하였다. Model 패키지는 제어 및 모니터링 시스템에 사용되는 기본 데이터 구조들을 정의하였으며, 정의된 세부 Model은 ProjectDTO, TagDataDTO, SearchItem, 및 ComboBoxItem 등으로 구성된다. UI 패키지는 Frm 패키지와 MI 패키지에서 사용되는 텍스트 박스, 콤보 박스 등의 하부 인터페이스의 세부 설정을 제어할 수 있다. 포함된 클래스로는 CustomTextbox, MainUIHandler, ListViewHandler, ServoPressHelper, VisualHelper 등으로 구성되어 있다. OPC 패키지는 OPC서버에 접속하기 위한 설정 정보 및 데이터 교환을 위한 랩핑 정보를 저장하고 있으며, COPCServer, OPCHelper 등으로 구성되어 있다. 본 논문에서 사용한 OPC Server는 Takebishi사의 DeviceXplorer를 사용하였다.

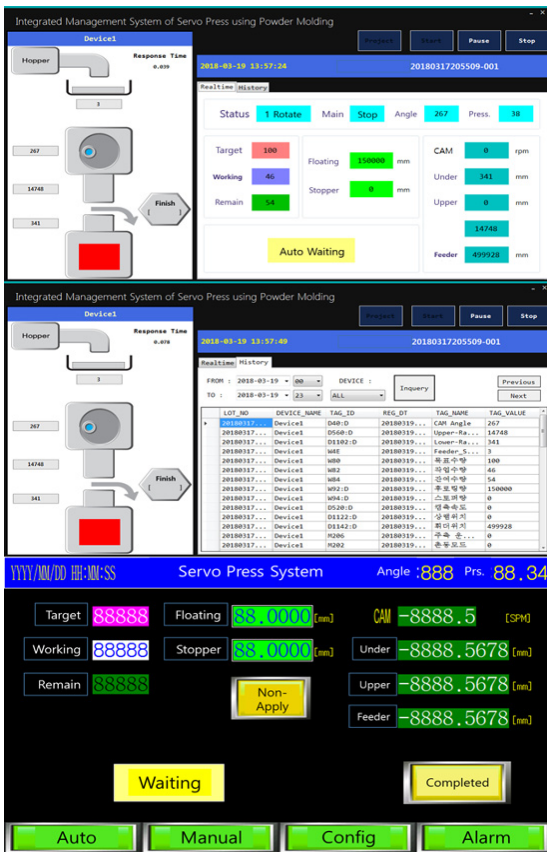


그림 5. 제어 및 모니터링 시스템 구현 화면
Fig. 5 Screen shots of main interface

MI 패키지는 Mixing Indicator의 약어로써 지능형 정밀 서보제어 분말 성형 프레스 시스템에서 사용되는 분말 성형 프레스를 위하여 금속의 종류, 혼합 비율, 생산량 등을 관리할 수 있는 패키지로써 하드웨어 시스템의 PLC 제어반과 동기화 되어 원격지에서도 지능형 정밀 서보제어 분말 성형 프레스 시스템의 상태와 설정을 수행할 수 있도록 지원한다. 그림 5와 6은 본 논문에서 설계 및 구현한 지능형 정밀 서보제어 분말 성형 프레스 시스템의 소프트웨어 구현 화면이다.

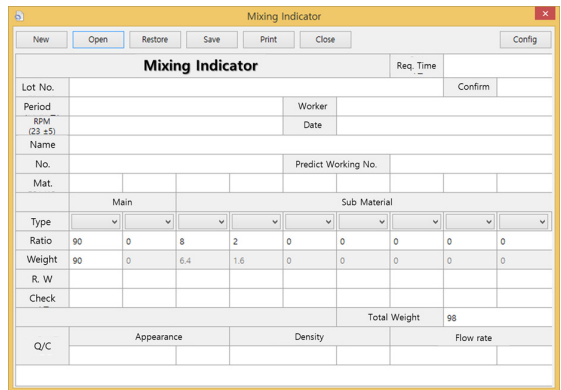


그림 6. Mixing Indicator 구현 화면
Fig. 6 Screen shots of mixing indicator

IV. 결론

2015년 이후로 우리나라 수출 주력 상품이었던 조선해양, 자동차 산업의 경쟁력이 하락하고 있는 추세이다. 다양한 이유가 제시되고 있지만 부품 및 모듈을 생산하는 중견기업 및 중소기업의 경쟁력이 떨어지고 있기 때문이다. 자동차 및 조선해양의 중간 부품을 생산하고 있는 중소기업들은 대부분 주조, 금형, 열처리, 용접 등 뿌리산업을 기반으로 하고 있다. 정부는 최근 이 중소기업들의 품질 및 원가 경쟁력을 향상시키기 위하여 스마트 팩토리 솔루션의 보급 사업을 적극적으로 추진하고 있으나, 단순한 자동화는 단기간의 대책일 수밖에 없다. 중소기업의 부품 산업 경쟁력을 키우기 위해서는 결국 부품을 생산하기 위한 생산기계의 경쟁력 강화가 필수 요소이다. 이에 본 논문에서는

자동차, 조선해양 및 전자 부품을 생산할 수 있는 지능형 정밀 서보제어 분말 성형 프레스 시스템을 설계 및 구현하였다. 이 시스템은 상부는 기존의 기계식 방식을 그대로 사용하고 하부는 정밀 서보 모터를 사용하는 하이브리드 방식을 적용하였다. 이 시스템은 기존 프레스 시스템과 비교하여 가격 경쟁력은 확보하면서 동시에 품질 경쟁력까지 확보할 수 있는 장점을 가지고 있다.

References

[1] 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.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 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.

[5] TTA, *Information management of smart factory based on production resources (4MIE) - Part 1 : Reference Model*, Seongnam, 2016.

[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] W. Mahnke, S. H. Leitner, *Mapping of COM OPC to OPC UA*. Heidelberg: Springer, 2009.

[8] B. Genge, C. Siaterilis, I. N. Fovino, and M. Masera, "A cyber-physical experimentation environment for the security analysis of networked industrial control systems," *J. of Computer & Electrical Engineering*, vol. 38, no. 5, 2012, pp. 1146-1161.

[9] R. Henßen and M. Schleipen, "Interoperability between OPC UA and AutomationML," In *Proc. 8th Int. Conf. on Digital Enterprise Technology*, Stuttgart, Germany, 2014, pp. 297-304.

[10] M. Schleipen, "OPC UA supporting the automated engineering of production monitoring and control systems," In *Proc. IEEE Intl. Conf. on Emerging Technologies and Factory Automation*, Hamgurg, Germany, 2008, pp. 640-647.

저자 소개



유남현(Nam-Hyun Yoo)

1999년 순천대학교 컴퓨터학과 졸업(이학사)

2001년 순천대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(이학석사)

2007년 순천대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(이학박사)

2013년 ~ 현재 경남대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야 : 상황인식, 지능형제어, 협업지능