JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지 Vol. 23, No. 12: 1673~1678, Dec. 2019

적층형 통신 모듈을 이용한 산업용 통신 게이트웨이 설계

남재현[1] · 엄상희[2*]

Design of Industrial Communication Gateway Using Additive Layer Type Communication Module

Jae-Hyun Nam[1] ·Sang-Hee Eum[2*]

[1]Professor, Department of Computer Education, College of Education, Silla University, Busan 46958, Korea
[2*]Associate Professor, Department of Early Childhood of Education, Dongju College, Busan, 49318, Korea

요 약

산업 통신에는 다양한 네트워크가 있으며 여러 가지 통신 방식을 사용한다. 기업에서는 생산 라인 확장, 공장 업그레이드, 네트워크 세분화, 시스템 통합 등을 위하여 산업용 장치와 네트워크 간에 통신 변환이 필요하다. 이것은 많은 제조회사가 제작한 설계자가 다른 다양한 기계 장치를 네트워크에 연결하고 전송하기 위하여 데이터 또는 프로토콜 변환을 위한 통신 장비가 제공되어야함을 의미한다. 본 논문에서는 적층형 통신 모듈을 사용하여 산업 통신 프로토콜 변환을 지원할 수 있는 산업용 통신 게이트웨이를 설계하였다. 제작된 게이트웨이는 RS485 시리얼 통신을 이용하는 개별 통신 모듈을 다층으로 연결하는 구조를 가지고 있다. 각각의 통신 모듈은 아날로그 데이터 카드, 디지털 데이터 카드, CAN 및 LAN 지원 카드로 구성하였다. 메인 보드 프로세서는 Atmega micro-processor를 사용하였고, RS485 시리얼 슬롯을 배치하여 적층형 통신 모듈 구조를 가지도록 하였다. 본 논문에서 제작된 적층형 산업용 통신 게이트웨이는 아날로그 및 디지털 I/O 기능과 CAN과 LAN을 지원할 수 있기 때문에 산업용 통신 제어 및 모니터링에 폭넓게 활용될 수 있다.

ABSTRACT

There are various networks and communication methods are used in industrial communication. Enterprises need to convert communications between industrial devices and networks for production line expansion, factory upgrades, network segmentation, and SI. This requires designers manufactured by many manufacturers to provide communication equipment for data or protocol conversion in order to connect and transmit various other mechanical devices to the network. This paper designed industrial communication gateway that can support the transformation of industrial communication protocol using multi-layered communication module. Industrial communication gateways have a structure that connects individual communication modules using RS485 communication to multiple layers. Each communication module consisted of analog and digital data card, LAN, and CAN-enabled card. The main board processor used Atmega micro-processor, and the RS485 slot was placed to have a multi-layer communication module structure. These additive layer type communication modules support analog and digital I/O functions and LAN and CAN for wide use in industrial communication control and monitoring.

키워드 : 산업통신, 프로토콜 변환, 통신모듈, 적층, 게이트웨이

Keywords : Industrial Communication, Protocol. Conversion, Communication Module, Additive Layer, Gateway

Received 28 July 2019, **Revised** 2 August 2019, **Accepted** 4 September 2019

*** Corresponding Author** Sang-Hee Eum(E-mail:nyx2k@naver.com, Tel:+82-51-200-3448)
Associate Professor, Department of Early Childhood of Education, Dongju College, Busan 49318, Korea

Open Access http://doi.org/10.6109/jkiice.2019.23.12.1673 print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright Ⓒ The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

Ⅰ. 서 론

인더스트리 4.0이 디지털 시대를 선도하게 되면서 비즈니스 모델, 환경, 생산 시스템, 기계, 운영자, 제품 및 서비스 등이 모두 디지털 네트워크로 연결하게 되었다. 이것은 높은 수준의 자동화 시스템과 소프트웨어가 적용되어 스마트 공장을 구현하고 있으며, 정보통신 기술이 공장 내부뿐만 아니라 외부의 여러 가지 가치 사슬의 모든 요소에 실시간으로 적용되고 있다. 이러한 추세는 스마트 제조 에코 시스템이라는 패러다임으로 등장하고 있다[1].

산업용 모니터링과 제어 및 자동화 시스템 분야는 이더넷 통신으로 통합되어 가고 있으며 관련된 수요가 증가하고 있다. 모든 산업 환경에서 사용되는 장치들은 자체 프로토콜이 있으며, 기존의 필드 버스들과 여러 가지 다양한 프로토콜 표준들이 산업적 목적으로 이더넷 망에 사용되고 있다. 스마트 공장 등을 위하여 일반적으로 수집되는 데이터들은 여러 가지 다른 프로토콜들로 처리하게 되고 이들은 기계 장치 및 적용되는 통신 디바이스 제조사들에 의해 지원되어야 함으로 매우 어렵고 복잡하다. 이러한 다양한 이더넷 표준들은 제조사의 하드웨어와 소프트웨어 요구 조건에 따라서 매우 다양해지기 때문에, 디바이스 내에서 이들의 통합을 위한 특수한 프로토콜 변환기나 솔루션이 필요하다. 너무 많은 종류가 제시되다 보니 이더넷을 통한 산업용 통신네트워크의 표준화 방법을 찾으려고 IAONA(The Industrial Automation Open Network Alliance)가 출범하여 노력하였음에도 불구하고, 수많은 기존의 필드 버스 공급자들의 요구 사항에 따르는 근본적으로 다른 프로토콜들은 계속해서 생겨나고 있다[2,3].

산업 통신 시스템은 환경, 전력, 조선, 제조 현장의 통합 제어와 모니터링 시스템과 제조공정에서의 데이터 로깅 등을 가지고 있다. 이러한 통신 환경에서는 경쟁적으로 생산력 증대를 요구함으로 산업용 장치의 처리 속도를 점점 더 빠르게 하고 있고, 성능과 품질 관리뿐만 아니라 모니터링과 자동화 효율을 위하여 여러 가지 통신 방식을 개발하고 있다. 최근에 개발된 기기들의 경우 산업 네트워크 기술의 적용은 필수적이며, 유·무선 통신을 통한 모니터링을 지원하는 경우가 대부분이다. 하지만 값비싼 장비들을 추가로 구매하여야 하고, 신규 장비를 활용하기 위해서는 모니터링 소프트웨어 및 분석 프로그램의 구매가 필요하거나 사용자가 요구에 맞도록 수정하려면 많은 시간과 노력을 들여 분석하고 및 프로그램 개발 과정이 필요하다[4~6]. 최근 이더넷에 기반을 둔 통신과 관련된 산업 현장에 적용되는 통신방식 및 프로토콜의 경우 적용 현장의 환경 및 하드웨어 구성 사양에 따라 다양한 종류와 방식으로 현장에 적용이 되어 있기에 산업용 모니터링 시스템 개발 및 구축을 위해서는 해당 장비에 대하여 매번 하드웨어 시스템 분석과 통신 프로토콜 해석 작업을 통해 개발을 하고 있어 많은 개발 비용과 시간이 필요하다[7,8]. 이러한 모니터링 시스템 개발에는 필수적으로 각종 통신 방식(RS232, RS422, RS485, ProfiBus, CAN, CC-Link 등) 및 각종 통신 프로토콜(Modbus, NMEA 시리즈, Profinet과 EtherNet/IP 등)에 대한 전문지식 및 현장 적용 노하우가 필요한데 이러한 기술을 가진 엔지니어가 부족하여 간단한 모니터링 개발에도 많은 비용이 발생하고 있다[9,10].

본 논문에서는 통신 모듈을 적층형으로 사용하여 다양한 장비의 I/O와 프로토콜 변환을 지원할 수 있는 산업용 통신 게이트웨이를 제안하였다. 제작된 게이트웨이는 RS485 시리얼 통신을 이용하는 개별 통신 모듈을 다층으로 연결하는 구조를 가지고 있다. 각각의 통신 모듈은 analog data card, digital data card, CAN 및 LAN 지원 카드로 구성하였다. 메인 보드 프로세서는 ARM micro-processor를 사용하였고, RS485 시리얼 슬롯을 배치하여 통신 모듈을 추가할 수 있도록 설계하였다. 아날로그와 디지털 입력 데이터와 CAN 통신을 이용하는 산업용 장비에서 모니터링 하고자 하는 데이터를 획득하기 위해서 제작된 통신 모듈을 적용하면 쉽게 추출하여 변환할 수 있으며 이더넷으로 전송하는 것이 가능하다.

Ⅱ. 적층형 산업용 통신 게이트웨이 설계

2.1. 산업용 통신 시스템

산업용 통신 시스템과 산업용 게이트웨이의 개념도는 그림 1과 같다. Sensing 층에서는 각종 태그와 센서의 정보, 여러 가지 디바이스의 정보와 그 장치들로 부터 아날로그, 디지털 데이터들을 획득하게 된다. 또한, 무선 통신이 기본적으로 적용되어 가고 있기에 WiFi와 블루투스 정보도 입출력으로 사용하고 있다. 이러한 정보들은 네트워크층에서 다양한 산업용 장비와 시스템에

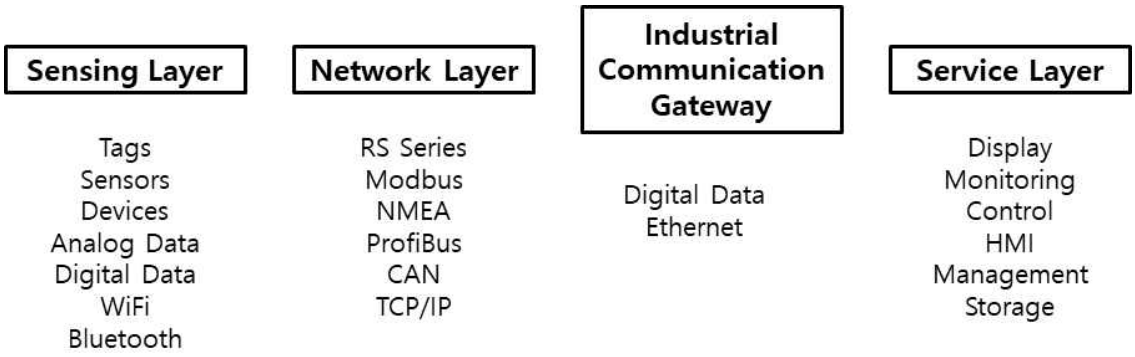

Fig. 1 The Structure of Industrial Communication System and Industrial Gateway

따라서 RS Series(RS232, RS422, RS485) 및 Modbus, NMEA, ProfiBus, CAN, TCP/IP 등의 여러 가지 통신 프로토콜을 이용하여 전송하게 된다. 이들 통신 데이터에서 서비스 층에서 사용할 수 있도록 통신프로토콜의 분석, 필요한 데이터의 추출 등의 과정이 필요하며 하나의 공통 통신 프로토콜로 전송하여 디스플레이, 모니터링 및 제어 시스템에서의 활용이 용이하게 할 수 있어야 한다. 또한 아날로그 및 디지털 센서로 부터 나오는 여러 가지 데이터들도 같이 수집되어 관리될 수 있어야 한다. 이 과정에서 이기종 장비들의 각기 다른 통신 프로토콜을 분류하고 해석하여 사용이 용이하도록 프로토콜을 변환하기 위한 통신 게이트웨이가 필요하며 다수의 장비들의 데이터를 동시에 수집 및 관리 할 수 있도록 확장성을 가지는 것이 매우 중요하다.

본 논문에서는 일반적으로 산업 장비들이 가장 많이 사용하는 CAN 통신과 아날로그와 디지털 신호를 입력받아 모니터링이 가능하도록 이더넷으로 프로토콜 변환을 가능하게 할 수 있는 산업용 통신 게이트웨이를 설계하였다. 또한 여러 장치들을 지원하기 위하여 확장성 있도록 적층형으로 설계하여 이론적으로는 최대 256개

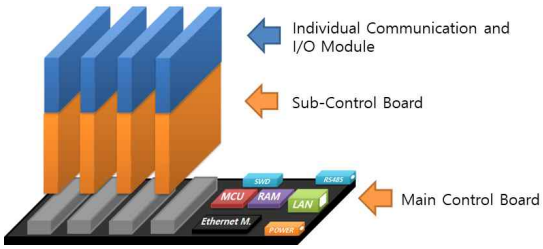

Fig. 2 The Multi-Layered Structure of Industrial Communication System

의 디바이스를 지원할 수 있도록 하였다.

2.2. 적층 구조의 통신 게이트웨이 설계

다양한 통신 장비들을 지원하기 위하여 본 연구에서는 적층 구조의 통신 게이트웨이를 설계하였으며 그림 2와 같은 개념도를 제안하였다. 아래쪽에 메인 컨트롤 보드를 두고 그 상단에 서브 컨트롤 보드를 쌓을 수 있는 구조로 구성하였으며, 서브 컨트롤 보드에 개별 통신 모듈과 I/O들을 연결하는 구조로 설계하였다. 통신 프로토콜 변환을 위해서는 1:1의 구조를 가지게 되지만 서브 컨트롤 보드 구조를 이용하여 개별 통신 모듈을 연결하고 이들을 메인 컨트롤 보드에 결합하면 1:N의 구조로 동시에 여러 가지 통신이 가능하게 된다. 서브 컨트롤 보드는 프로토콜 변환기의 역할과 메인 컨트롤 보드와 개별 통신 모듈들의 연결을 담당하고 있으며 아날로그 및 디지털 데이터의 입출력과 전송도 같이 할 수 있게 하였다. 메인 컨트롤 보드는 여러 개를 연결하여 확장성을 가지도록 설계되었고, 펌웨어 업로드 및 소프트웨어 파싱 부분을 반영하였으며, LAN망과 CAN망의 통신 기능을 구현하여 개별 통신 모듈의 데이터를 모아 전송하는 연결형 보드로서의 기능도 수행할 수 있도록 하였다.

2.3. 통신 프로토콜 변환기 구조

산업용 통신 데이터를 이용하기 위해서는 통신 방식 분석, 전송되는 데이터의 해석을 위한 프로토콜 해석과 사용자가 활용할 수 있도록 변환하는 3가지 기본 단계로 구성되는 프로토콜 변환 과정이 필요하다. 그림 3에는 본 연구에서 진행한 프로토콜 변환 과정을 나타내었다. 산업 통신에 사용되는 다양한 디바이스들의 시리얼

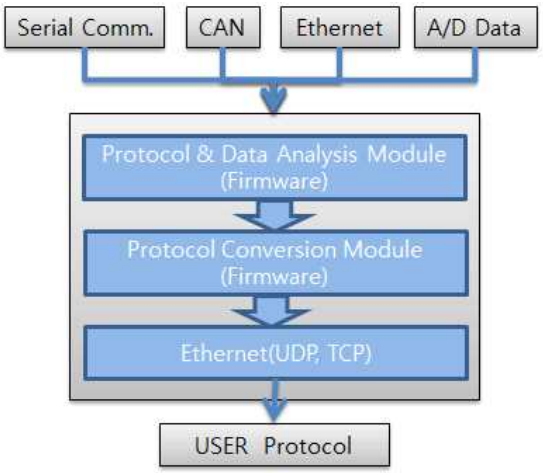

Fig. 3 The Structure of Protocol Conversion for industrial Communication

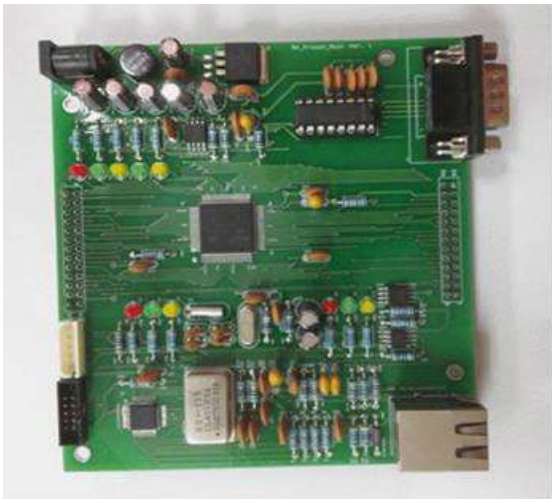

Fig. 4 The Developed Main Control Board for Industrial Communication Gateway

Fig. 5 The Developed Sub-Control Board for Industrial Communication Gateway

통신과 CAN, Ethernet과 같은 프로토콜들이 가지는 통신 및 Analog/Digital 데이터 입력들은 프로토콜 및 데이터 해석 부분을 통하여 개별 프로토콜 구조에 따라 분해된다. 분해된 개별 요소들은 프로토콜 변환 모듈을 통하여 사용자 프로토콜로 변환이 가능하다. 이렇게 변환된 사용자 목적에 적합한 데이터를 포함한 프로토콜은 표준화된 이더넷 통신 방식으로 전송이 가능하다. 따라서 다양한 모니터일 기기와 장비 또는 이더넷을 이용하는 산업용 모니터링 시스템의 목적에 맞도록 쉽게 적용이 가능하다.

Ⅲ. 실험 결과 및 고찰

3.1. 적층형 산업용 통신 게이트웨이 구현

다양한 산업용 통신 장비들을 지원하기 위하여 설계한 통신 게이트웨이는 메인 컨트롤 보드, 서브 컨트롤 보드, 개별 통신 모듈의 3가지 부분으로 구성된다.

각종 통신 모듈 및 외부 데이터 신호 입력을 통합하여 입/출력을 제공하는 메인 컨트롤 보드는 그림 4에 나타내었다.

그림 5에는 메인 컨트롤 보드에서 제어하는 프로토콜 설정 및 변경 기능과 통신 연결을 담당하는 서브 컨트롤 보드를 나타내었다.

두 가지 보드는 MCU와 기본 통신 기능은 동일하며 Flash RAM과 EEPEOM 등을 가지고 있으며 하드웨어 사양은 다음과 같다.

1. MCU :ARM Microprocessor STM32F207
2. Input Port : 4 Channel I/O Port
4. Communication : PC Communication : PL2302
5. Serial to Ethernet : CSE-M53N
6. I/O 2CH(유무선 지원)
7. SWD Download
8. Input Power : 5VDC, 3.3V

개별 통신 모듈은 각 장비에서 전송되는 유무선 통신 및 데이터의 입출력을 담당하고 있으며 필요한 모든 통신 모듈을 장착할 수 있는 통신 보드를 설계 및 제작하여 장착이 가능하도록 할 수 있게 제작되었다.

그림 6은 다양한 개별 통신 모듈을 적층형으로 서브 컨트롤 보드와 메인 컨트롤 보드에 장착한 것으로 모듈별 통신 시험, 펌웨어 작업, 소프트웨어 작업 등을 수행할 수 있도록 여러 가지 통신모듈을 한꺼번에 장착한 상태를 나타낸 것이며 개발된 개별 통신 모듈의 지원 가능한 통신 기능 및 제작 사양은 표 1에 나타내었다.

Table. 1 Features and specifications of individual communication modules

Function
○ Serial : RS485, RS232 communication (common) ○ CAN I/O ○ Serial to Ethernet : CSE-M53N ○ Serial to WiFi :CSW-M85 ○ Analog Data 8CH Input ○ Relay, Pulse Data High/Low Signal Input
Specification
○ ISP Download : Main Board MCU download port 1CH (common) ○ Communication : Ethernet & CAN Module connector Output ○ Analog Input : 8CH, 1~5V, 4~20mA ○ MCU in module : Atmega 128 Microprocessor ○ MCU in Main: Atmega 256 Microprocessor ○ Digital Input : Open Collector, 8CH

Fig. 6 The Developed Sub-Control Board for Industrial Communication Gateway

3.2. 데이터 전송 실험 결과 및 고찰

제안된 적층형 산업용 통신 게이트웨이의 성능을 평가하기 위하여 Analog, Digital 데이터와 CAN Bus Protocol을 전송하는 실험을 진행하였다. 각기 다른 장비에서 데이터가 입력되는 것을 가정하여 별도의 라인을 구축하였으며 전송되는 데이터는 각 프로토콜별로 임의로 설정하여 전송하였다. 실험에 사용된 데이터의 개수는 1000개 이며, 게이트웨이로 전송된 데이터를 사용자 요구에 맞는 데이터를 추출하여 이더넷 통신 방식의 UDP프로토콜로 전송할 수 있도록 변환하여 전송하였다. 프로토콜의 종류에 따라서 데이터 전송 성공 개수와 실패 개수 및 오차율은 표 2와 같다. 실험 결과는 CAN Bus에서 0.7%, Analog 데이터의 경우 1.0%, Digital 데이터의 경우에 0.5%의 전송 오류가 발생하였으며, 이러한 오류는 프로토콜 변환에서의 실패한 데이터와 전송에 실패한 데이터가 포함된 것으로 산업용 모니터링 시스템에 적용하여도 문제가 없는 정도의 결과를 나타내었다.

Table. 2 The Result of data Communication

The Type of Protocol	Success[ea]	Fail[ea]	Error Rate
CAN Bus	993	7	0.7%
Analog	990	10	1.0%
Digital	995	5	0.5%

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 산업용 장비들의 다양한 통신 프로토콜을 지원할 수 있는 적층형 산업용 통신 게이트웨이를 제안하였다. 산업용 통신 시스템에서는 사용자가 필요한 데이터를 추출하여 이용하려면 많은 통신 전문 지식, 하드웨어, 소프트웨어 개발 능력 및 현장 적용 노하우가 필요하지만 전문적인 기술자가 부족하여 간단한 모니터링 프로그램 개발에도 많은 비용과 시간이 소모되는 등의 문제가 많다. 이를 개선하고자 사용자가 쉽게 필요한 데이터를 추출하여 모니터링에 이용할 수 있는 적층형 산업용 통신 게이트웨이를 설계하였다.

개발된 게이트웨이는 통신 모듈을 적층형으로 장착할 수 있으며 아날로그 및 디지털 I/O 기능과 CAN 통신의 데이터를 추출하여 LAN으로 전송할 수 있다. 또한 여러 종류의 산업용 장비들을 지원할 수 있도록 확장성이 있게 설계되어 다양한 프로토콜을 사용하는 산업용 통신 모니터링 시스템에 폭넓게 적용할 수 있다.

References

[1] V. Alcacer, and V. Cruz-Machado, “Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems,” *Engineering Science and Technology, an International Journal(JESTECH)*, vol. 22, no. 1, pp. 899-919, Jan. 2019.

[2] Texas Instruments, “Introduction to the Controller Area Network(CAN),” *SLOA101A* – August 2002 – Revised, Jul. 2008.

[3] R.V. Sonawane, and A.A. Naik, “Design and Implementing of Serial Ports to Ethernet Gateway on Embedded System,” *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, vol. 2, no. 10, pp.1-4, Oct. 2012.

[4] Dick Caro, *Automation Network Selection: A Reference Manual*, Third Ed. Unit 3. Introduction to Industrial Networks, International Society of Automation, 2016.

[5] S. H. Eum, and H, G, Hong, “Development of User Protocol Converter about Modbus and NMEA0183,” *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 19, no. 11, pp. 2584-2589, Nov. 2015.

[6] S. H. Eum, and B. H. Lee, “The Development of Industrial Communication Monitoring Board using AVR,” *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 20, no. 6, pp. 1177-1182, Jun. 2016.

[7] S. H. Eum, “A Programmable Protocol Data Conversion Algorithm for Industrial Machine Monitoring,” *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 21, no. 11, pp. 2139-2144, Nov. 2017.

[8] L. Reinfurt, M. Falkenthal, U. Breitenbücher, and, F. Leymann, “Applying IoT Patterns to Smart Factory Systems,” IBM Research Division, INPROC-2017-64, 2017.

[9] Jack Hsu, “Protocol Gateways, The Better Solution for Protocol Conversion,” Advantech, Technical White Paper, 2017.

[10] J. Won, and H. K. Park, “An Adaptive Power-Controlled Routing Protocol for Energy-limited Wireless Sensor Networks,” *Journal of information and communication convergence engineering*, vol. 16, no. 3, pp. 135 – 141, Sep. 2018.

엄상희(Sang-Hee Eum)

동아대학교 전기공학과 공학사
동아대학교 전기공학과 공학석사
부산대학교 전자공학과 공학박사
동주대학교 유아교육과 부교수
※관심분야 : 의공학, 인공지능, IT융합

남재현(Jae-Hyun Nam)

부산대학교 컴퓨터공학과 공학사
부산대학교 컴퓨터공학과 공학석사
부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사
신라대학교 컴퓨터교육과 교수
※관심분야 : 무선센서네트워크, VANET