

딥러닝 기반의 구조물 화재 재난 시 최적 대피로 안내 시스템

임재돈¹ · 김정집¹ · 홍두의¹ · 정희경^{2*}

Deep learning based optimal evacuation route guidance system in case of structure fire disaster

Jae Don Lim¹ · Jung Jip Kim¹ · Dueui Hong¹ · Hoekyung Jung^{2*}

¹Graduate Student, Department of Computer Engineering, Paichai University, Daejeon, 35345 Korea

^{2*}Professor, Department of Computer Engineering, Paichai University, Daejeon, 35345 Korea

요 약

구조물에서 화재 발생 시 화재의 발생 위치를 정확하게 파악하지 못해 화재 진압이 용이하지 못하는 문제, 연기나 유독가스로 시야 확보가 어려운 상태에서 비상구 및 탈출로에 대한 정보를 방향지시기와 LED 유도등에 의존하여 위험에 빠지는 문제가 빈번히 발생하고 있다. 이에 본 논문에서는 딥러닝 기반(RNN) 구조물 재난 시 최적의 대피로를 안내할 수 있는 시스템 알고리즘을 제시한다. 설치되어 있는 감지 센서를 이용하고, 센서별 검출된 데이터를 서버로 실시간 전송되며, 감지 센서 주변의 온도, 열, 연기, 유독가스 등의 정보가 전달된다. 그리고 이를 분석하고, 설정된 임계치 범위 내에 있는 가장 안전한 이동 경로를 파악한다. 이때 구조물 내에 있는 LED 유도등과 방향지시기에 실시간으로 정보를 전달하여 위험 요소를 피할 수 있는 서비스를 제공해 준다. 이는 구조물의 각 구역별 온도, 열, 연기, 유독가스의 정보를 파악할 수 있어, 구조물 재난 시 최적의 대피로를 안내받을 수 있을 것이라고 사료된다.

ABSTRACT

In case of fire in a structure, it is difficult to suppress fire because it can not accurately grasp the location of fire in case of fire. In this paper, we propose a system algorithm that can guide the optimal evacuation route in case of deep learning-based (RNN) structure disaster. The present invention provides a service to transmit data detected by sensors to a server in real time by using installed sensor, to transmit and analyze information such as temperature, heat, smoke, toxic gas around the sensor, to identify the safest moving path within a set threshold, to transmit information to LED guide lights and direction indicators in a structure in real time to avoid risk factors. This is because the information of temperature, heat, smoke, and toxic gas in each area of the structure can be grasped, and it is considered that the optimal evacuation route can be guided in case of structure disaster.

키워드 : 대피로 안내, 딥러닝, 센서, 화재 재난

Key word : Guide to evacuation, Deep Learning, Sensor, Fire disaster

Received 31 August 2019, Revised 6 September 2019, Accepted 20 September 2019

* Corresponding Author Hoekyung Jung(E-mail:hkjung@pcu.ac.kr, Tel:+82-42-520-5640)

Professor, Department of Computer Engineering, Paichai University, Daejeon 35345, Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2019.23.11.1371>

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/licenses/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

화재에 대한 신속한 예측과 경고는 인명 및 재산피해를 최소화시킬 수 있는 필수적인 요소이다. 그러나 재난 상황을 빠르게 인식하고 정확한 행동 매뉴얼을 적용함에 있어서, 인간이 모든 과정을 정확히 이행하기에는 한계가 있다[1,2].

대부분의 화재 시 소방당국에 따르면 화상에 의한 사망자는 없으며, 상당수가 연기나 유독가스 등으로 질식사한 것으로 추정된다고 하였다[3]. 일반적으로 화재가 발생하면 연기와 화염이 함께 발생하기 때문에 화재 감지 시스템은 연기와 화염을 모두 감지할 필요가 있다[4]. 전문가들은 실제로 화재가 발생했을 때 화상으로 희생되는 사람보다 연기나 유독가스를 마신 사망자가 더 많은 경우가 잦다고 설명하고 있다. 신속한 화재의 경고는 화재 피해를 줄이는 가장 좋은 방법이다[5,6]. 복잡화, 대형화된 현대 건물의 구조적 특성상 실제 화재 시 폭발 등으로 전력이 끊어지거나 연기에 의해 비상 유도등의 식별이 어려워 질 경우 비상구를 신속히 찾지 못하거나 비상구를 찾았더라도 안전한 탈출로가 아니어서 건물을 빠져나오지 못해 발생하는 인명사고 빈도가 지속적으로 늘고 있고 있는 실정이다.

이에 본 논문에서는 딥러닝 기반(RNN, Recurrent Neural Network) 구조물 재난 시 최적의 대피로를 안내할 수 있는 시스템 알고리즘을 제시한다. 설치되어 있는 감지 센서를 이용하여, 센서별 검출된 데이터를 서버로 실시간 전송하고, 감지 센서 주변의 온도, 열, 연기, 유독가스 등의 정보를 전달한다. 이를 분석하고, 설정된 임계치 범위 내에 있는 가장 안전한 이동 경로를 파악, 이를 구조물 내에 있는 LED 유도등 및 방향지시기에 실시간으로 정보를 전달하여 위험 요소를 피해갈 수 있는 서비스를 제공해 준다. 이는 구조물의 각 구역별 온도, 열, 연기, 유독가스의 정보를 파악할 수 있어, 구조물 재난 시 최적의 대피로를 안내받을 수 있을 것이라고 사료된다.

II. 시스템 설계

본 논문의 알고리즘은 화재감지 시스템을 이용하여 데이터를 서버로 전송하고, 실시간으로 축적된 데이터를 분석하여 온도, 열, 연기, 유독가스에 대한 이상 유무

를 판단하며, 이벤트 발생 시 현상에 대한 정보를 제공한다. 제공받은 정보를 통해 딥러닝 기반의 알고리즘에서는 제공 받은 정보를 분석하여 사용자들의 이동 경로를 실시간으로 안내해주는 서비스를 제공한다. 그림 1은 시스템의 구조를 나타낸다.

감지기는 복합 센서를 이용하는데 열감지 센서, 불꽃 센서, 연기센서, 가스센서로 구성하며, 각 센서별 측정된 값에 대해 변화 값을 측정한다. IoT 무선통신 코디네이터는 센서와 서버의 양방향 통신을 무선으로 제공한다. 서버에 축적된 데이터 값은 데이터베이스에 개별 센서 별로 적재된다. 이때 적재된 값은 제안된 기준치 값이 상위할 경우 어플리케이션을 통해 사용자에게 이벤트 발생 유무 및 실시간 데이터 및 변화량에 대한 값을 제공한다. 이벤트 발생 시에는 이상 현상에 대한 경고 및 대피안내를 통해 구조물 내부에 있는 사용자들에게 정보를 제공한다. 이벤트 값에 따라 이동경로를 결정하여 사용자에게 제공함으로써 보다 안전한 대피를 할 수 있도록 도와준다.

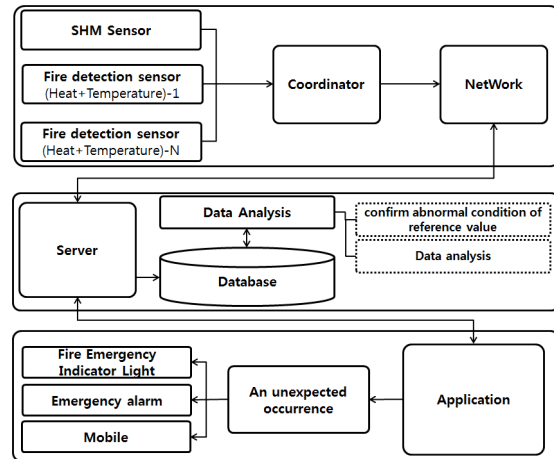


Fig. 1 Configuration diagram of situation control system

그림 2는 무선 화재 감지기의 구성을 나타낸다. 복합 센서를 통해 수집된 데이터는 컨트롤러를 통해 최종 값이 산출되어 이를 무선으로 전송된다. 실시간으로 데이터가 전송되며, 이는 이벤트 발생에 대한 분석 자료로 활용된다. 이는 실시간으로 데이터베이스에 축적되기 때문에 지속적인 관리 및 서비스 제공이 가능할 수 있다. 그림 3은 무선 화재 감지기의 흐름을 나타낸다.

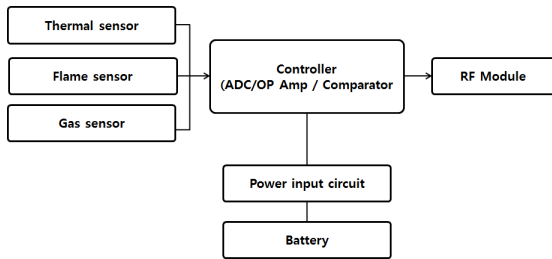


Fig. 2 Detector diagram of wireless fire

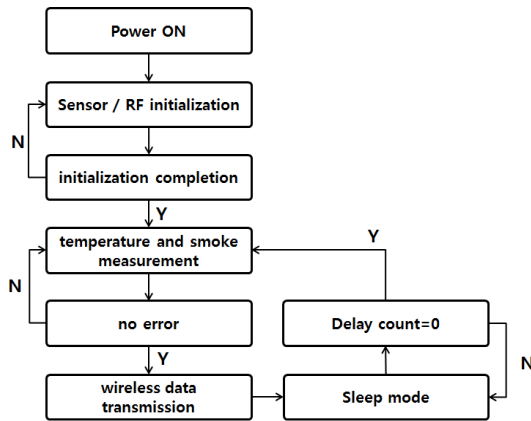


Fig. 3 Detector flowchart of wireless fire

그림 4는 무선 유도등의 구성을 나타낸다. 화재 및 응급 상황 발생 시 Coordinator로부터 전송된 On/Off 신호에 맞춰 유도등이 활성화되어 피해를 줄이기 위해 정확한 방향을 제시해줄 수 있다. Coordinator에서는 점등이 필요한 유도등에 신호를 주는 것뿐만 아니라 각 유도등 간의 동기를 맞추기 위해 동기화 값을 운용하고, 동기화 값에 의해 정확한 순서제어 배터리를 사용하는 제품은 대기전력을 최소화 수신모드로 설정된다. 주기적인 상황 파악을 위해 요철 패킷을 전송 후 응답 패킷을 받는 형식으로 구성 패킷교환 주기를 적절히 조절해 줄 수 있다. 그림 5는 무선 유도등의 흐름을 나타낸다.

그림 6은 화재감지 데이터 및 유도등 제어 가능한 Coordinator 설계에 대한 구성을 보여준다. Coordinator는 SHM(Simple Harmonic Motion) 센서 및 화재 센서로부터 서로 간섭되지 않는 상태에서 데이터를 수신하며, 무선 유도등과도 무선통신을 해야 하므로 RF 모듈 2~3개의 채널로 구성한다. 컨트롤러는 다중 RF 모듈 및 Ethernet 통신을 효율적으로 운용하였으며, OS base의 시스템으로 구성하였다. Linux가 올라간 컨트롤러 보드

를 기본으로 구성하였으며, RF 모듈은 USB 형태의 CDC 기기로 구성하여 확장성 및 데이터의 무결성을 보장하였다. 그림 7은 Coordinator Firmware 흐름도를 나타내었다.

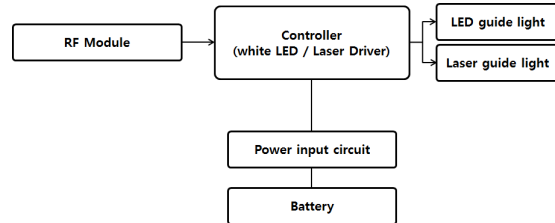


Fig. 4 Detector diagram of wireless fire

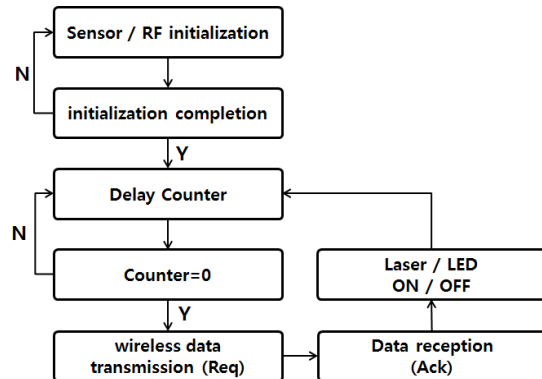


Fig. 5 Flow diagram of wireless guide light

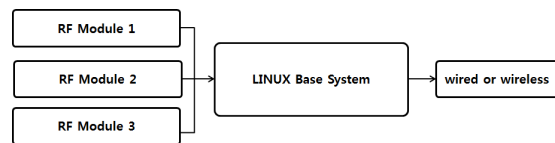


Fig. 6 Diagram of coordinator composition

그림 8은 딥러닝 RNN 알고리즘을 나타낸 것이다. X, Y, H는 각각 RNN모델에 대한 입력, 출력, 상태정보를 의미한다. 모델을 유닛수준으로 풀었을 때 각 유닛에 이전 유닛의 상태정보가 들어옴으로써 이전 입력들에 대한 정보를 유지하게 된다. 유닛수준의 각 파라미터들은 식 1로 계산된다[7,8].

$$h_n = \tanh(W_x x_n + W_h h_{n-1})$$

$$y_n = W_y h_n \tag{1}$$

이를 이용하여 RNN 알고리즘이 이벤트 발생에 따른 최단거리를 구하고, 회피 경로를 통해 최적의 대피로를

안내할 수 있도록 나타내었다.

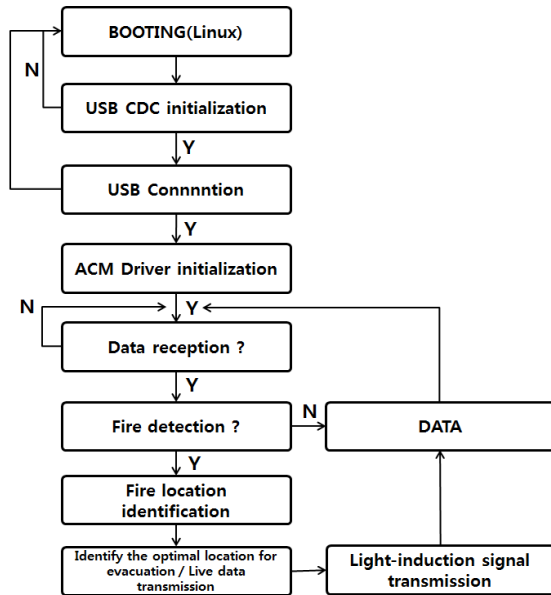


Fig. 7 Flowchart of coordinator firmware

III. 시스템 구현

본 장에서는 제안하는 구조물 재난 시 딥러닝 기반의 최적 대피로 안내 모듈 시스템의 구현을 다룬다. 이를 위해 사용자의 프로토타입을 구현하였다.

시스템의 프로토타입은 관리자가 현재 상태를 모니터링하고 이벤트 발생 시 화재 발생 현장을 파악하며, 구역 내 이상 현상(화재, 유독가스, 연기)을 파악하고 이를 대응하기 위한 모듈이다. 그림 9는 화재감지 및 유도등 연동 모니터링 시스템을 나타내주고 있다. 건물 내부의 평소 및 이벤트 발생 시 상태를 즉각 확인할 수 있으며, 개별 감지의 상태 및 실내 온도를 파악하여 관리자가 건물 내부의 각 온도를 확인할 수 있다. 이미지를 통한 건물 내부의 확인을 통해 확인이 가능하며, 건물내부의 무선 유도등의 상태 및 네트워크 상태를 확인할 수 있도록 하였다. 또한 연기, 유독가스, 온도에 대한 데이터를 실시간을 저장할 수 있어 이벤트 발생에 대한 이상 유무 파악 및 이벤트 발생 원인을 파악할 수 있다. 특히 이벤트 발생 시 발생한 구역의 위치에 따른 발생 원인을 파악하여 나타내 줄 수 있다. 이로 인해 이벤트 발생 구

역에 대한 회피로를 제공할 수 있어 재난 시 최적의 대피로를 관리자가 직접 확인할 수 있다.

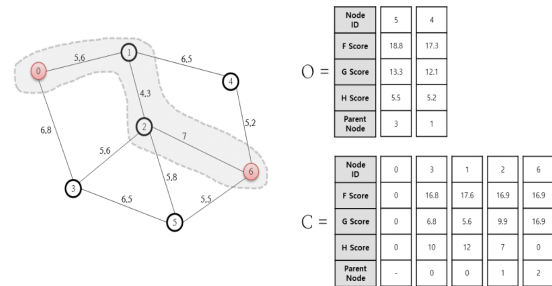


Fig. 8 Deep learning based RNN algorithm



Fig. 9 Monitoring system

IV. 고찰

본 장에서는 고찰 내용을 기술한다.

- 1) 감지기, 중계기, 유도등 검증방법 및 에러 검출 보정
장거리 통신을 위해서는 송신 출력을 높힐 수 있도록 ISM Band(424, 447대역)의 출력은 최대 10mW 로 제한이 있어 송신 출력을 10mW로 하고, 유도등의 감도와 인접 채널 선택도를 향상 시켰다. WAM 모뎀에서는 데이터의 수신감도를 높이기 위해서 Digital Data Slicer 기능과 32종류의 패턴을 인식하여 에러를 검출하고 보정해 주는 기능 등을 사용하였다. 인접 채널 선택도를 높여주기 위해서 협대역의 크리스탈 필터 10M7.5B(4 Pole)를 사용하여 인접 주파수에 따른 영향을 줄여 수신 감도가 -122dBm 입력 시 에러가 거의 없도록 보정 하였다. 송신 시 사용자 데이터 앞에 최소 3Byte 이상의 Preamble 데이터(0xFF)를 부

가적으로 전송되었고, 사용자 데이터는 패킷화하여 전송을 하였다. 데이터의 정합을 확인하기 위한 CRC-16 데이터를 사용하고, 패킷의 최대 길이는 제약이 없지만, 장거리 통신 시는 작게 하는 것이 통신에 유리하다는 것을 알 수 있었다.

2) 딥러닝 알고리즘 구현

Table. 1 Deep Learning based RNN algorithm

```
Pseudo-code for a truncated version of BPTT, where the
training data contains  $n$   $n$  input-output
pairs, but the network is unfolded for  $k$   $k$ 
time steps:
Back_Propagation_Through_Time(a, y)
// a[t] is the input at time t. y[t] is the output
Unfold the network to contain k instances of f
do until stopping criteria is met:
    x = the zero-magnitude vector;
    // x is the current context
    for t from 0 to n - k
        // t is time. n is the length of the training sequence
        Set the network inputs to x, a[t], a[t+1], ..., a[t+k-1]
        p = forward-propagate the inputs over the whole
            unfolded network
        e = y[t+k] - p; // error = target - prediction
        Back-propagate the error, e, back across the whole
            unfolded network
        Sum the weight changes in the k instances of
            f together.
        Update all the weights in f and g.
        x = f(x, a[t]);
        //compute the context for the next time-step
```

표 1은 딥러닝 학습모델 개발 알고리즘을 구현한 것이다. 최단거리(A* 알고리즘) 및 최적 대피로 알고리즘을 통해 최적의 알고리즘을 나타내었다.

3) 최종 산출

상기 과정을 통해 이벤트 발생에 따른 최적의 대피로를 찾을 수 있었다. 이벤트 발생구역 및 대피로 안내의 설정된 값을 확인하고, 각각의 변화에 따라 기 설정된 수치 범위 이상으로 발생하는 경우, 회피 경로로 판단하고 분석을 통해 무선 유도등에 알람을 제공할 수 있었다. 이후, 각 변화가 기 설정된 수치 범위 이상으로 재 발생하는 경우, 화재 안내를 통해 정보를 제공할 수 있다. 서버는 감지기로부터 전송된 구조물의 상태를 수신하여 기 설정된 값과 비교하여 구조물 대피로의 안전 상태를 판단할 수 있다. 시스템에서 최적의 대피로를 안내하는 반응을 실험에 의해 증명하였다.

V. 결론

기 제시된 다양한 구조물 재난의 안전 기술들은 붕괴 및 기울어짐, 화재 등의 재난 사고에 대하여 사후 대책에 중심을 두고 개발되었다. 하지만 문제의 발생 시 원인에 대한 파악이 어렵고, 발생 시 정확한 정보의 부재로 인명피해가 빈번히 발생하여 화재 발생으로 인한 피해 및 영향에 관해 국내에서의 연구는 미비한 상태이다. 특히 화재는 대부분 연기로 인해 대피로 방향 상실 및 잘못된 정보에 의한 대피로를 이용하다가 발생하는 일이 대부분 이었다. 이를 해결하기 위해서 본 논문에서는 구조물 재난 시 딥러닝 기반의 최적 대피로 모듈 개발을 통해 재난사고 발생 시 인명 피해를 최소화 하고자 하였다. 기존에는 제시되지 않았던 구조물의 연기, 유독 가스 등에 대한 이상구조를 수집, 감지 및 분석하여 구조물 사용자의 안전을 최우선하는 알고리즘을 제안하였고, 구조물의 이상 현상에 대한 정확한 데이터를 제공할 수 있어, 이를 통해 구조물 사용자의 안전을 최우선 제공할 수 있을 것으로 사료된다. 향후 연구로는 RNN 알고리즘 이외에 다양한 알고리즘을 비교하여 시스템의 구현의 효율성을 검증해야 할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work(Grants No. S2651789) was supported by project for Cooperative R&D between Industry, Academy, and Research Institute funded Korea Ministry of SMEs and Startups in 2018.

REFERENCES

[1] Y.H. Shin, J.S. Yun, S.H. Seo, and J.M. Chung “Deployment of Network Resources for Enhancement of Disaster Response Capabilities with Deep Learning and Augmented Reality,” *Journal of Internet Computing and Services*, vol.18, no.5, pp. 69-77, 2017.

[2] H.J. Jang, E.S. Kim, and J.Y. Park. “Development and Evaluation of Portable Multiple Gas Meter,” *The Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 20, no. 3, pp. 483-490, 2019.

[3] H.S. Lee, and G .H. Shin, “Fire Prevention and Status for the

- People Safety,” *Korean Journal of Security Convergence Management*, vol. 4 no. 1, pp. 59-72, Jun. 2015.
- [4] Y.J. Kim, and E.K. Kim, “Real-time fire detection based on CNN and Grad-CAM,” *The Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 22, no. 12, pp. 1596-1603, 2018.
- [5] N. M. Dung, and S.H. RO, “Smoke Detection Algorithm Using Deep Learning,” *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 42, no.7, pp. 1370-1379, 2017.
- [6] J.D. Lim, J.J. Kim, D.E. Hong, and H.K. Jung, “Safety Monitoring System of Structures using MEMS Sensor,” *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 22, no. 10, pp.1307-1313, 2018.
- [7] H.T. Cho, S.A. Lee, and S.W. Kang, “A Code Recommendation Method Using RNN Based on Interaction History,” *Korea Information Processing Society*, vol.7, no.12, pp. 461-468, 2018.
- [8] X. Yang, J. S. Lee, and H. K. Jung, “Fault diagnosis Management Model using Machine Learning,” *Journal of information and communication convergence engineering*, vol. 17. no. 2, pp. 128-134, 2019.



임재돈(Jaedon Lim)

2001년 서원대학교 경영정보학과 학사(경영학사)
 2004년 서원대학교 e-비즈니스학과(경영학석사)
 2008년 충북대학교 마케팅전공(경영학 박사수료)
 2006년 ~ 2009년 유원대학교 산학협력단 교수
 2017년 ~ 현재 배재대학교 컴퓨터공학과 박사과정
 2018년 ~ 현재 주더본코리아 사업운영지원팀장
 ※관심분야: 기술창업 및 사업화, IoT, Deep learning 등



김정집(Jungjip Kim)

2003년 한밭대학교 제어계측공학과(공학사)
 2019년 한양대학교 방재안전공학전공(공학석사)
 2019년 ~ 현재 배재대학교 컴퓨터공학과 박사과정
 2004년 ~ 2015년 ㈜파인원 연구소장
 2015년 ~ 2016년 ㈜제이앤유글로벌 기술이사
 2017년 ~ 현재 ㈜텔코코리아아이에스 대표
 ※관심분야: 기술창업 및 사업화, U-Health, IT 융합기술



홍두의(Dueui Hong)

1998년 건양대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 2006년 한밭대학교 정보통신공학과(공학석사 수료)
 2018년 배재대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
 2019년 ~ 현재 배재대학교 컴퓨터공학과 박사과정
 2017년 ~ 현재 ㈜텔코코리아아이에스 연구소장
 ※관심분야: H/W, Firmware개발



정회경(Hoekyung Jung)

1985년 광운대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 1987년 광운대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
 1993년 광운대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
 1994년 ~ 현재 배재대학교 컴퓨터공학과 교수
 ※관심분야: U-Healthcare, Ubiquitous Computing, USN, IoT, BigData, Embedded System