

RFID 기반 스마트 생물학 실험실 캐비닛의 설계 및 구현

한영환¹ · 김병호^{2*} · 은성배³

Design and Implementation of a Smart Biological Cabinet using RFID

Youngwhan Han¹ · Byungho Kim^{2*} · Seongbae Eun³

¹Industry-Academia Collaboration Foundation, Konyang University, Nonsan 32992, Korea

^{2*}Department of Computer Science, Kyungsoong University, Busan 48434, Korea

³Department of Information and Communication, Hannam University, Daejeon 34432, Korea

요 약

RFID 기술을 활용한 스마트 캐비닛은 전자파 간섭으로 인해 인식 오류가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 생물학 실험실의 특성을 고려하여 생물학 실험에 사용되는 다양한 물품들을 효율적으로 보관하고 실시간으로 관리할 수 있는 RFID 기반 스마트 캐비닛을 설계하고 구현하였다. 효율적인 스마트 캐비닛 구현에 필요한 최적의 칸막이 거리를 실험을 통해 계산하였고 전자파 차단을 위해 철재 칸막이의 두께별 인식률과 전자파 차단 테이프를 이용했을 때의 인식률을 실험을 통해 구했다. 실험 결과 가장 효율적인 칸막이 구조는 전자파 차단 테이프를 부착한 1mm의 철판 칸막이를 사용하고 칸막이 간격은 30cm임을 보였다.

ABSTRACT

RFID-based Smart cabinets can make a recognition error owing to the electromagnetic wave interference. This paper proposes and implements a smart cabinet system for inventory management using RFID, especially which can be applied to biological laboratories. We calculate the optimal value of partition distance for the higher recognition rate between RFID tags and the reader, and the optimal partition thickness for electromagnetic wave absorption to achieve the higher recognition rate, in which two kinds of the partitions have been tested, a pure steel partition with various thickness and a thin steel partition attached with electromagnetic waves absorber. The experimental results show that the most recommended partition structure for the smart cabinets is one with the partition distance of 30cm and the partition thickness of 1mm attached with the electromagnetic wave absorption tapes.

키워드 : 스마트 캐비닛, RFID, 칸막이 거리, 전자파 차단, 생물학 실험실

Keyword : smart cabinet, RFID, partition distance, electromagnetic wave absorption, biological laboratory

Received 16 December 2017, Revised 26 December 2017, Accepted 12 March 2018

* Corresponding Author Byungho Kim(E-mail:bkim@ksu.ac.kr, Tel:+82-51-663-4787)

Department of Computer Science, Kyungsoong University, Busan 48434, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2018.22.4.611>

pISSN:2234-4772

© 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. 서론

RFID(Radio-Frequency Identification)는 전파를 이용해 사물에 부착된 태그를 자동으로 인지하고 추적하는 기술로써 제품 생산 및 유통, 재산 증명, 물품 관리, 출입 통제, 동식물 추적, 도서관리, 고속도로 통행료 시스템 등 다양한 분야에서 광범위하게 활용되고 있다[1]. RFID 태그는 안테나와 집적회로로 구성되고 집적회로에 저장된 정보는 안테나를 통해 RFID 리더기로 전달된다. RFID 기술을 개별 제품이 아닌 컨테이너나 캐비닛에 들어있는 다수의 물품 관리 용도로 사용할 때에는 전자파 간섭으로 인한 인식 오류가 발생할 수 있다[2 - 5]. 특히 사무실이나 실험실에서 일반적으로 사용하는 철재 캐비닛의 경우 물품에 부착된 태그들의 간섭 문제는 물론 철재 벽체의 전자파 반사와 산란으로 인해 인식이 떨어질 수 있는데 이를 해결하기 위한 연구들도 다수 수행되고 있다[6 - 9].

예를 들어 생물학 실험실에서는 실험에 쓰이는 물품과 미생물 등을 주로 캐비닛에 보관하는데 온도 변화와 같이 주변 환경 변화로 인한 오염이나 시약의 제조, 보관 및 운반과정에서 발생할 수 있는 제반 문제를 효율적으로 관리하는 일이 무엇보다 중요하다. 특히 시약의 손상은 비용 증가는 물론 실험 생명체의 오염으로 이어질 수 있어 연구 결과에도 심각한 영향을 미칠 수 있다[10, 11].

본 논문에서는 생물학 실험에 사용되는 다양한 물품들을 효율적으로 보관하고 관리할 수 있는 RFID 기반 스마트 캐비닛을 설계하고 구현한다. 서로 다른 물품에 부착된 태그들의 간섭을 최소화하기 위한 효과적인 전자파 차단 방법과 최적의 RFID 태그 인식 거리를 실험을 통해 구하고 실시간 물품 관리를 위한 스마트폰 앱을 개발한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 RFID 기반 캐비닛에 대한 기존 연구와 생물학 실험실의 특성을 살펴보고, 3장에서 스마트 캐비닛의 구현과 스마트폰 앱 구현, 최적의 RFID 태그 인식 거리 계산을 위한 실험 및 결과 분석, 칸막이 간의 간섭을 최소화하는 최적의 칸막이 구성을 위한 실험 및 결과 분석에 대하여 설명하고, 5장의 결론으로 마친다.

II. 관련 연구

2.1. RFID

RFID는 전파를 이용해 정보를 인식하는 기술을 말한다. RFID는 전원 공급 방식에 따라 두 가지로 분류할 수 있는데 RFID 리더기의 전원만으로 태그의 정보를 읽고 통신하는 수동형 RFID와 태그 자체의 전원으로 정보를 읽고 통신하는 능동형 RFID가 있다.

RFID에 사용되는 주파수는 해당 시스템에 근접한 텔레비전이나 다른 무선 통신 서비스와의 간섭을 최소화할 수 있어야 한다. 주로 사용되는 주파수 대역은 135KHz의 저주파 대역, 13.56MHz의 고주파 대역, 433.92MHz, 860~960MHz, 2.45GHz의 마이크로파 대역이다. 저주파 대역은 50cm~1m의 인식거리를 제공하고 동시 다수 판독은 어렵다. 13.56MHz 고주파 대역은 최장 1m 인식거리를 제공하고 비금속 장애물 투과성이 좋으며 상대적으로 가격이 저렴하다. 특히 초당 10개에서 40개의 태그를 인식할 수 있어 스마트 교통카드, 도서관, 재고관리 등에 주로 사용된다. 433MHz와 860~960MHz 대역은 가격은 고가이지만 인식거리가 길어 유통물류 분야에 주로 사용된다. 마이크로파 대역인 2.45GHz는 장거리 인식과 인식속도가 빨라 차량 통제 및 차량 흐름 모니터링 등에 사용된다.

2.2. RFID 기반 스마트 캐비닛

RFID 기반 스마트 캐비닛 제작의 관건은 캐비닛 안에 들어 있는 서로 다른 다수의 물품들을 간섭 없이 정확하게 인식하는 것이다. 크게 두 가지 문제로 구분할 수 있다. 첫째는 RFID 태그 인식거리를 고려한 최적의 구역 확정이고 둘째는 구역 간의 전자파 간섭으로 인한 인식 오류를 최소화할 수 있는 칸막이의 설치이다.

RFID를 이용한 열쇠관리용 철재 캐비닛 연구[8]에서는 6개의 랙과 360개의 태그가 설치된 철재 캐비닛에서 이 태그들을 간섭 없이 읽기 위한 최적의 안테나 위치와 그에 따른 인식률을 실험을 통해 계산하였다.

철재 캐비닛의 RFID 태그 인식 연구[9]에서는 UHF RFID 다중 태그 인식 실험을 통해 철재 캐비닛에 설치된 150에서 200여개의 태그를 인식할 때 철재 벽체로 인한 전자파 반사와 산란의 영향을 최소화하기 위한 태그의 방향, 간격, 위치를 계산하고 음영 구역을 확인하였다.

2.3. 생물학 실험실 특성

생물학 실험실에서는 실험에 사용되는 동물과 미생물의 효율적인 관리가 매우 중요하다. 특히 미생물과 동물 세포는 오염에 취약하기 때문에 실험에 직접적 관련이 없는 사람들의 실험실 출입이 제한되기도 한다 [12]. 또한 실험 환경 변화에 신속하게 대응하고 물품의 실시간 공급을 위해 실험실 물품의 실시간 재고 관리가 필요하다. 오염이나 재고 관리의 실수 뿐 아니라 시약의 제조 과정, 보관 및 운송과정에서 발생할 수 있는 제반 문제 또한 실험실 운영에 영향을 미친다.

시약의 손상은 비용 증가는 물론 실험 생명체의 손상으로 이어져 연구 결과에도 문제를 야기할 수 있다. 따라서 생물학 실험실에서 실험실 물품의 효율적인 재고 관리는 매우 중요하다. 본 논문에서 제안하는 스마트 캐비닛은 이와 같은 생물학 실험실의 특성을 고려하여 설계함으로써 생물학 실험실에 최적화된 캐비닛 제작을 목표로 한다.

III. 스마트 캐비닛 구현 및 실험

3.1. 스마트 캐비닛 설계

RFID 기반 스마트 캐비닛 안에 들어 있는 서로 다른 다수의 물품들을 간섭 없이 정확하게 인식하기 위해 RFID 태그 인식거리를 고려한 최적의 구역 획정과 구역 간의 전자파 간섭으로 인한 인식 오류를 최소화할 수 있는 칸막이 설계가 필요하다.

RFID 태그 인식 거리와 간섭 실험을 진행하기 위해 먼저 시험용 캐비닛을 설계하였다. 시험용 캐비닛 본체는 시중에서 쉽게 구할 수 있는 일반 캐비닛으로써 그림 1과 같이 6개의 구역으로 구성하였다.

각 구역에는 인식거리는 짧지만 상대적으로 가격이 저렴하고 다중 태그 인식이 가능한 13.56MHz RFID 태그를 부착하였고 RFID 리더기가 태그들을 구분할 수 있도록 태그마다 고유 ID를 부여하였다.

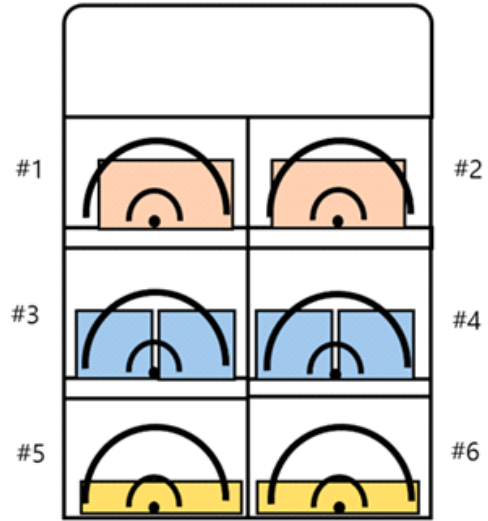


Fig. 1 Locating RFID Tags in Smart Cabinets

그림 2는 자체 제작한 RFID 리더기이다. RFID 리더기는 RFID 태그와 13.56MHz 주파수로 통신한다. 블루투스 모듈은 태그에서 읽은 정보를 스마트폰에 전송하기 위해 사용되며 아두이노를 이용해 제작하였다.

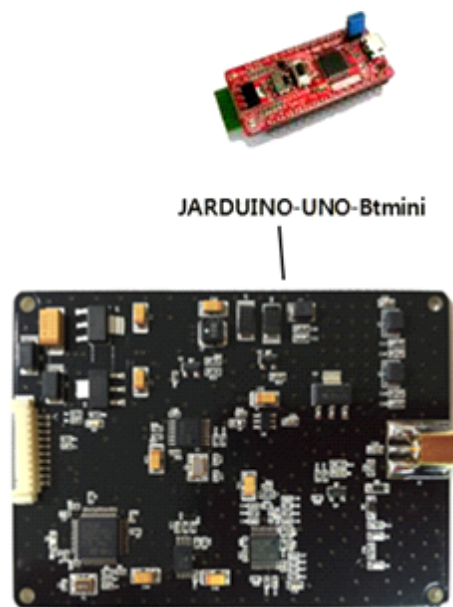


Fig. 2 RFID Reader and Bluetooth Module

스마트폰 앱은 RFID 리더기로부터 정보를 받아 캐비닛에 있는 물품의 수량과 위치를 계산하여 사용자에게 알려준다. 스마트 캐비닛 관리용 스마트폰 앱은 그림 3과 같다.



Fig. 3 Android App. for the Smart Cabinet

3.2. 인식 거리 실험 및 결과 분석

RFID 기반 스마트 캐비닛 안에 들어 있는 서로 다른 다수의 물품들을 간섭 없이 정확하게 인식하기 위해 RFID 태그 인식거리를 고려한 최적의 구역 획정이 필요하다. 최적의 캐비닛 구역을 계산하기 위해 다양한 조건에서 태그 인식 거리 측정 실험을 수행하였다.

실험은 인식 거리를 5cm에서 40cm까지 10cm 단위로 구분하여 인식률을 측정하였다. 4회 실험을 통해 얻어진 결과는 그림 4와 같다.

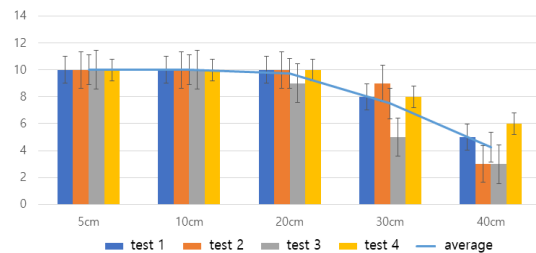


Fig. 4 RFID Tag Recognition Rate by the Distance

그림 4의 결과와 같이 인식거리가 20cm 이내에서는 한 번의 오류를 제외하고는 모두 인식했다. 하지만 30cm 이상에서는 인식률이 급격히 하락했고 40cm 거

리에서는 절반 이하의 인식률을 보였다. 따라서 캐비닛의 칸 사이의 거리는 30cm 이내가 적절하다고 판단할 수 있다.

3.3. 전자파 간섭 차단 칸막이 실험 및 결과 분석

두 번째 실험은 RFID 태그의 중복 인식을 막기 위해 13.56MHz의 전파를 차단할 수 있는 칸막이의 두께를 알아보는 것이다. 실험 방법은 그림 5와 같이 RFID 리더기와 태그 사이에 칸막이를 설치하고 각 10회씩 RFID 태그의 인식률을 실험하였다. 실험에 사용한 칸막이는 각각 1mm, 5mm, 10mm, 20mm 두께의 철재 칸막이이다.

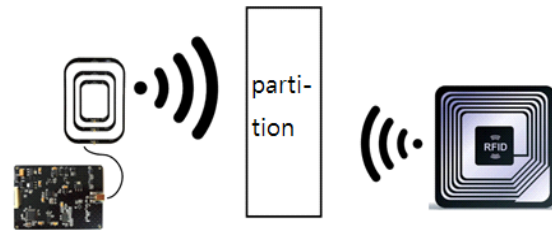


Fig. 5 Experimental Equipment for Interference Test

실험 방법은 4종류 두께의 칸막이에 대해 간격이 10cm, 20cm, 30cm, 40cm일 때 각 10회씩 측정하였다. 실험 결과는 그림 6과 같다.

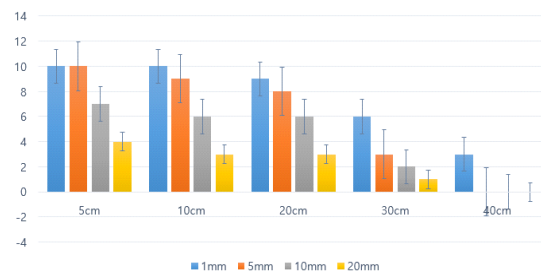


Fig. 6 RFID Tag Recognition Rate by Partitions with Various Thickness

그림 6의 그래프에 나타난 바와 같이 칸막이의 두께가 두꺼울수록, 또한 간격이 넓을수록 인식률이 낮아졌다. 인식률이 낮다는 것은 곧 간섭이 적다는 의미이다. 실험결과를 보면 칸막이 간격이 30cm이고 칸막이 두께가 20mm일 때 단 한 번만 인식된 것을 볼 수 있다. 따라

서 이상적인 칸막이 사이의 간격은 30cm 이상이어야 하고 칸막이 두께, 즉 바닥면의 철판 두께는 20mm 이상이어야 한다고 판단할 수 있다. 하지만 20mm의 철판을 칸막이로 사용한다는 것은 현실성이 떨어지므로 대체 방안을 3.4절에서 제시한다.

3.4. 전자파 간섭 차단 테이프 실험 및 결과 분석

전자파 차단 테이프를 이용한 전자파 간섭 차단 연구도 활발하다[13, 14]. 본 연구에서도 철재 칸막이 대신 전자파 차단 테이프를 사용하여 전자파 간섭 차단 실험을 수행하였다. 실험에 사용한 전자파 차단 테이프는 500um 두께로써 13.56MHz의 주파수를 흡수할 수 있다[14].

실험 방법은 1mm 두께의 철판 칸막이에 전자파 차단 테이프를 붙이고 각 10cm, 20cm, 30cm, 40cm의 간격에서 각 4회씩 총 20회를 측정하였다. 실험 결과는 그림 7과 같다.

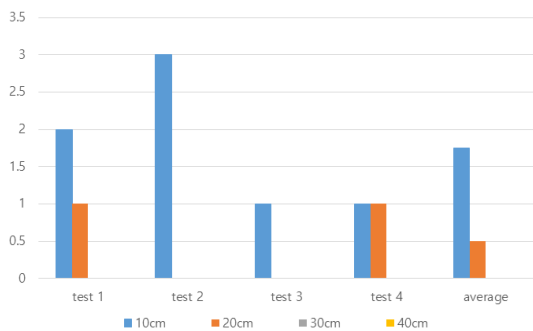


Fig. 7 RFID Tag Recognition Rate of Partitions with Electromagnetic Tape

그림 7의 그래프에서 보는 바와 같이 전자파 차단 테이프를 붙인 1mm 두께의 철판 칸막이의 경우 간격이 20cm 이내에서는 일부 인식이 되었지만 30cm 간격에서는 전혀 인식이 되지 않는, 즉 간섭이 완전히 차단되는 결과를 볼 수 있다.

그림 8은 3.3절의 그림 7의 결과와 전자파 차단 테이프를 부착하지 않은 20mm 두께의 철판 칸막이의 인식 결과를 비교한 것이다. 결론적으로 전자파 차단 테이프를 부착한 1mm의 철판 칸막이의 간섭 차단 효과가 전자파 차단 테이프를 부착하지 않은 20mm 두께의 철판을 사용한 것과 동일함을 확인할 수 있다.

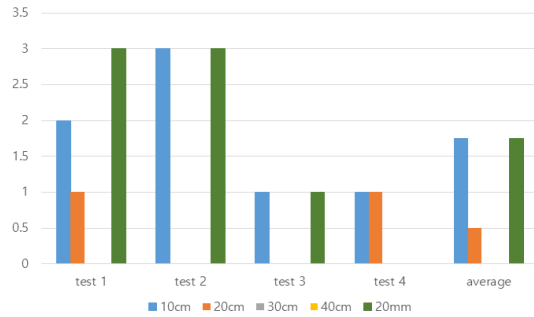


Fig. 8 RFID Tag Recognition Rate of Partitions with Electromagnetic Tape and with 20mm thick

IV. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 생물학 실험실의 특성을 고려하여 생물학 실험에 사용되는 다양한 물품들을 효율적으로 보관하고 실시간으로 관리할 수 있는 RFID 기반 스마트 캐비닛을 설계하고 구현하였다. 서로 다른 물품간의 간섭을 최소화하기 위한 효과적인 전자기장 차폐 방법과 최적의 RFID 태그 인식 거리를 실험을 통해 구하였다. 또한 캐비닛에 보관된 물품을 실시간으로 관리하기 위한 스마트폰 앱을 개발하여 스마트 캐비닛과 연동하였다.

RFID 기반 캐비닛과 같이 한 공간에 서로 다른 종류의 여러 물품을 인식할 때에는 전자파 간섭으로 인한 인식 오류가 발생할 수 있다. 특히 사무실이나 실험실에서 일반적으로 사용하는 철재 캐비닛의 경우 서로 다른 물품에 부착된 다수의 태그들로 인한 간섭 문제는 물론 철재 벽체로 인한 전자파 반사와 산란으로 인한 인식률이 급격하게 저하된다.

본 논문에서는 효율적인 스마트 캐비닛 구현에 필요한 최적의 칸막이 거리를 실험을 통해 계산하였고 전자파 차단을 위해 철재 칸막이의 두께별 인식률과 전자파 차단 테이프를 이용했을 때의 인식률을 실험을 통해 구했다. 실험을 통해 스마트 캐비닛 안에 들어 있는 서로 다른 다수의 물품들을 간섭 없이 정확하게 인식하기 위해 RFID 태그 인식거리는 30cm 이내이어야 하고 칸막이 구역 간의 전자파 간섭으로 인한 인식 오류를 최소화할 수 있는 칸막이 구조는 전자파 차단 테이프를 부착한 1mm의 철판이 전자파 차단 테이프를 부착하지 않은 20mm 이상의 두꺼운 철판을 사용한과 동일한 효과

를 보임을 확인하였다.

References

- [1] EPCglobal Tag Data Standards Version 1.3 [Internet]. Available: http://www.epcglobalinc.org/standards/tds/TDS_1.3-StandardRatified-20060308.pdf, 2006.
- [2] S. Han, J. Min, "Development of Special Asset Management System Using RFID," *KCA Journal*, vol. 11, no. 6, pp. 33-41, June 2011.
- [3] M. Moon, B. Choi, "An Approach for Managing Storage Locations in RFID-Based Cold-Storage Warehouse System," *Journal of Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 15, no. 9, pp. 1971-1978, Sep. 2011.
- [4] O. Song, H. Lee, M. Moon, "Smart Shelf System Using Mobile RFID Reader and Smart Mobile Device," *Conference of Korea Computer Informations*, vol. 21, no. 2, pp. 119-122, July 2013.
- [5] F. Kimetya, C. Suel, Y. Chung, "Long Range Small Cavity UHF RFID Tag Antenna Design for a Metal Cart," *Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 28, no. 9, pp. 679-684, Sep. 2017.
- [6] A. Polycarpou, T. Samaras, J. N. Sahalos, "An RFID-based library management system using smart cabinets: A pilot project," *8th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*, pp. 2954-2955, 2014.
- [7] K. Lee, J. Lee, J. Lim, C. Park, J. Ban, "Performance Analysis of an RFID Shield Tunnel for Production Line Applications," *Journal of Korea Industrial and Information Technology*, vol. 13, no. 8, pp. 39-45, Aug. 2015.
- [8] Y. Chung, "Study of Reading Rate & Small UHF RFID Tags in The Key Management System in a Metallic Cabinet," *Journal of Korea Information and Communications Society*, vol. 35, no. 2, pp. 263-268, Feb. 2010.
- [9] Y. Kim, G. Kim, Y. Chung, "Recognizing RFID Tags in a Metallic Cabinet," *Conference of Korea Information and Communications Society*, pp. 207-210, 2006.
- [10] E. Ryu, S. Lee, "Efficient Asymmetric-Key based Untraceable Authentication for RFID Tags", *Journal of Security Engineering*, vol. 13, no. 2, pp. 91-98, Apr. 2016.
- [11] G. Rejoyce, O. Oni, O. Oshin, F. Idachaba, N. Nkordeh, "Development and Implementation of a Smart Medical Cabinet using RFID Technology in Developing Countries," *World Congress on Engineering*, vol. I, June 2016.
- [12] S. Cho, S. Seol, J. Park. "An Introduction of Management and Policy of Biological Resources," *Journal of Korea Technology Innovation Society*, vol. 11, no. 2, pp. 219-240, June 2008.
- [13] S. Moon, P. Jang, "Simulation of Eddy Current Loss for Absorption of EM Noise," *International Symposium on Magnetism and Magnetic Materials*, pp. 127-128, 2012.
- [14] DAVOCNM, Electromagnetic Waves Absorber [Internet]. Available: <http://www.davocnm.com/>.



한영환(Youngwhan Han)

2010년: 한남대학교 생명공학과 학사
 2013년: 한남대학교 생명공학과 석사
 2017년: 한남대학교 정보통신공학과 박사
 2017년-현재 건양대학교 산학협력단
 ※관심분야: IoT, 센서네트워크



김병호(Byungho Kim)

1990년: 연세대학교 전산학과 학사
 1992년: KAIST 전산학과 석사
 1997년: KAIST 전산학과 박사
 2007년-현재: 경성대학교 소프트웨어학과 부교수
 ※관심분야: 컴퓨터구조, 모바일 컴퓨팅, 인공지능



은성배(Seongbae Eun)

1985년: 서울대학교 전산학과 학사
 1995년: KAIST 전산학과 석박사
 1995년-현재: 한남대학교 정보통신공학과 교수
 ※관심분야: 실시간시스템, 유비쿼터스 센서네트워크