

저전력장거리 기술과 임베디드 보드를 이용한 치매 돌봄 스마트 신발 구현

이성진¹ · 최준형¹ · 서창성² · 박병권³ · 최병윤^{4*}

Implementation of Smart Shoes for Dementia Patients using Embedded Board and Low Power Wide Area Technology

Sung-Jin Lee¹ · Jun-Hyeong Choi¹ · Chang-Sung Seo² · Byung-Kwon Park³ · Byeong-Yoon Choi^{4*}

¹Ph D Student, Department of Computer Engineering, Dong-Eui University, Busan, 47340 Korea

²CEO, #1199, 99, Centum dong-ro, Haeundae-gu, SCT Corporation, Busan, 48059 Korea

³Professor, Department Management Information System, Dong-A University, Busan, 49236 Korea

^{4*}Professor, Department of Computer Engineering, Dong-Eui University, Busan, 47340 Korea

요 약

본 논문에서는 저전력장거리 기술과 임베디드 보드를 이용한 치매 돌봄 스마트 신발과 응용 소프트웨어를 구현하였다. Cortex-M3 보드와 로라 모듈로 구성된 통신 모듈은 신발 밑창의 홈에 내장 된다. 위치추적 응용 소프트웨어는 임베디드 보드에서 제공하는 신호와 GPS와 로라 망을 이용하여 보호자가 치매 환자의 위치 추적할 수 있다. 외부 환경에서 스마트 신발의 위치 추적 및 데이터 전송 동작이 성공적으로 확인되었다. 이러한 실험을 통해 본 논문에서 개발한 스마트 신발이 치매 환자의 돌봄을 위한 실증을 막는 안전장치로 응용 가능할 것으로 판단된다.

ABSTRACT

In this paper smart shoes for dementia care using embedded boards and Low Power Wide Area technology and their application software are implemented. The communication board composed of Cortex-M3 board and LoRa module is embedded into groove made in outsole of smart shoes. Including the mold, the shoe outsole was manufactured by hand. By using application software and embedded board, caregiver can track the position of dementia patient using GPS and LoRa network. The location tracking and data transmission operations of smart shoes have been successfully verified in the outdoor environment. The smart shoes of this paper are applicable to a safety device to prevent the disappearance of demented patients through results of experiments and if bigdata is collected and analyzed by deep-learning, it may be helpful to analyze the predictive path of dementia patients or the pattern of dementia.

키워드 : 저전력장거리, 스마트 신발, 소물인터넷, 무선 네트워크, 치매 돌봄

Keywords : Low Power Wide Area, Smart Shoes, Internet of small things, Wireless network, Dementia care

Received 23 September 2019, Revised 29 September 2019, Accepted 18 October 2019

* **Corresponding Author** Byeong-Yoon Choi(E-mail:bychoi@deu.ac.kr, Tel:+82-51-890-1706)

Professor, Department of Computer Engineering, Dong-Eui University, Busan, 47227 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2020.24.1.100>

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

치매는 세계적으로 약 1,200만 명이 고통 받고 있는 질환이며, 세계보건기구(WHO, World Health Organization)는 2050년이 되면, 현재 5천만 명으로 추산되는 세계 치매 인구가 2050년에 1억 5200만 명에 이를 것으로 경고하고 있다[1]. 그림 1의 보건복지부 치매노인의 증가 추이 및 전망에 따르면, 65세 이상의 노인 중 치매 환자는 9.18%로 총 54만 명으로 집계된다[2]. 2000년 65세 이상 인구 비중이 7.2%로 고령화 사회에 진입했으며, 2026년에 20.8%로 초고령 사회에 진입하며, 2050년에는 37.4%에 도달할 것으로 전망되고 있어 치매 노인의 수가 빠르게 증가하고 있음이 확인된다. 치매 환자들의 경우 인지력은 낮지만 신체 기능이 정상일 경우 실종으로 이어질 확률이 높다. 이러한 치매 노인들을 초기 발견이 늦어지면 사망으로 이어질 확률이 크기 때문에 초기 발견과 돌봄의 중요성이 대두되고 있다[3].

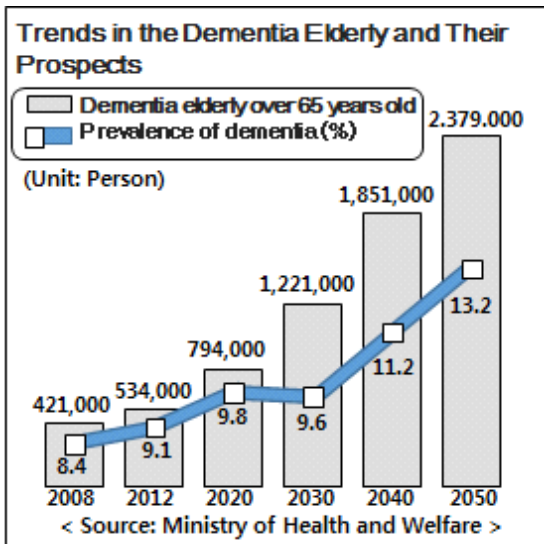


Fig. 1 Increase and prospect of dementia patients[2]

치매 환자 위치 추적을 위한 웨어러블 디바이스는 현재 많은 연구가 진행 중에 있다. 글라스 모양은 탈착이 쉬워 착용하기가 부적절하며, 부착 모양은 등 뒤에 붙었을 경우 탈착이 어려운 장점은 있으나, 주름진 피부와 땀, 각질 등으로 떨어질 문제가 발생된다. 트래킹 신발 모양은 치매 환자들의 착용에 거부감이 덜 한 장점이 있

어, 위치 추적을 위한 웨어러블 디바이스로 적합하다고 판단된다[4]. 스마트 신발의 경우 아두이노 기반 스마트 신발 모듈의 설계 및 구현 논문에서 GPS를 탑재한 위치 추적의 모듈 방식 및 운동량 분석을 제시하고 있으며, 사물인터넷 기반 스마트 신발 논문에서는 걸음걸이의 분석을 통한 헬스케어 스마트 신발에 대해 저술하고 있지만, 치매 환자를 위한 특화된 스마트 신발제품은 아직 미흡한 상황이다[5-6].

현재 노약자가 보호자의 일정 범위 이상을 벗어나면 알림 기능이 포함된 웨어러블 디바이스는 많은 진척이 되고 있으나, 노약자가 보호자의 일정 범위로 다시 돌아오기 전까지는 위치 확인이 어려운 문제점이 있다. 이 기술의 문제점을 보완하기 위해서 무선 네트워크 센서가 부착된 신발을 매개로 치매 노인의 위치 정보를 측정 한 후 현재 위치 전송을 전달하는 기술을 구현하고자 한다. 신발의 밑창에 추적 센서를 부착하여, 사용자가 걸거나 뛰더라도 떨어지지 않도록 구성하였고, 로라(LoRa, Long Range) 전용 통신 모듈을 부착하여, 모니터링 시스템으로 해당 위치를 즉시 발송할 수 있는 추적 센서를 부착하였다. 이동 환경에서 스마트 신발의 통신을 위해 사물인터넷을 위한 로라 망[7]을 이용하고, 충전이 가능한 배터리를 모듈로 구성하였고, 이를 지원하기 위한 구현을 위한 환자 모니터링과 경로 추적을 위한 응용 소프트웨어 시스템을 개발하였다.

본 논문의 2장에서는 스마트 신발 시스템을 기술하고, 3장에서는 결과와 성능 분석에 대해 다루며, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

II. 스마트 신발 시스템 설계

본 장에서는 저전력장거리 기술을 이용한 치매방지 스마트 신발 구현에 필요한 응용 소프트웨어, 위치추적 신발, 위치추적 모듈과 서버 시스템에 대해 기술한다.

2.1. 스마트 신발 시스템 구성 및 구현

스마트 신발의 시스템 구성은 그림 2와 같다. 치매 환자에게 사용할 스마트 신발의 밑창에 로라 모듈을 탑재한다. 탑재된 로라 모듈은 내부에 포함된 GPS를 통해 피보호자의 위치를 파악하고, 로라 게이트웨이로 위치 정보를 전송한다. 로라 게이트웨이는 저전력장거리

(LPWA, Low Power Wide Area)통신을 위한 게이트웨이로, 밑창에 탑재된 로라 모듈 내부의 GPS 센서를 통해 위치 정보를 파악하고, 서버로 위치 정보를 전송 후, 위치추적 소프트웨어로 치매 환자의 위치를 파악한다.

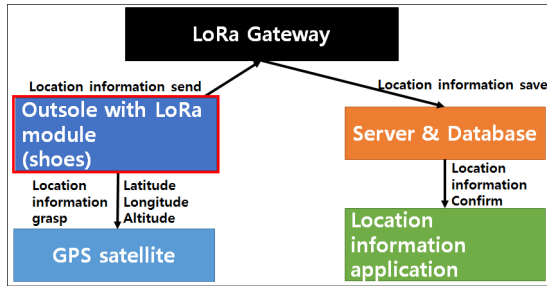


Fig. 2 Configuration diagram of the whole system

2.2. 위치 추적 응용 소프트웨어 설계

위치추적 응용 소프트웨어의 시스템을 구성하기 위한 순서도는 그림 3과 같이 구성된다. 보호자의 정보 및 감별을 위한 아이디 및 비밀번호 등의 개인정보를 서버의 데이터베이스에 저장한다. 저장된 보호자의 정보와 로그인 정보가 동일한 경우 보호자를 위한 전체 메뉴

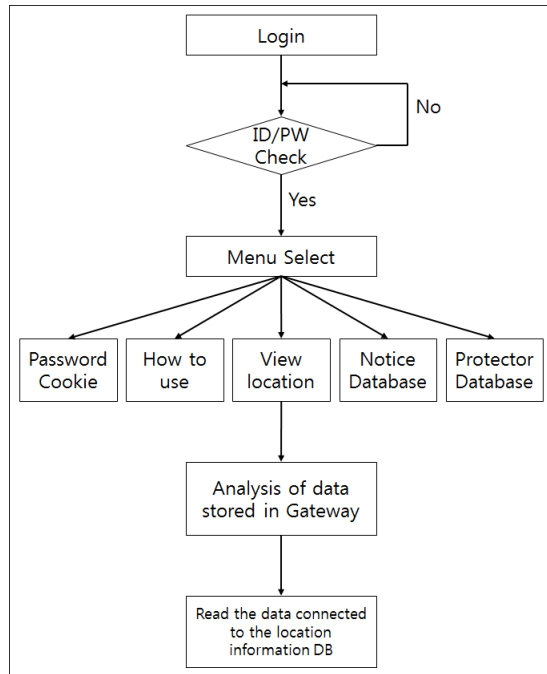


Fig. 3 Software Menu Diagram

를 구성하였다. 암호 잠금 쿠키를 사용하여, 위치추적 어플리케이션 내부에서 자동 로그인을 지원하는 기능을 갖고 있다. 또한 소프트웨어의 사용 방법을 나열한 메뉴, 피보호자의 위치를 파악할 수 있는 위치 보기 메뉴가 있다. 그리고 업데이트 공지사항을 알리는 Notice 데이터베이스와 피보호자 및 보호자의 정보를 수정할 수 있는 보호 데이터베이스를 선택할 수 있는 기능이 있다. 위치 보기를 선택할 경우 이미 등록된 피보호자를 선택할 수 있으며, 선택된 피보호자의 위치를 정해진 시간마다 추적하여 현재 위치를 서버의 위치정보 데이터베이스에 기록하고, 위치추적 어플리케이션은 기록된 정보를 읽은 후 화면에 표시한다. 위치추적 응용소프트웨어는 이클립스 루나 버전을 사용하였으며 안드로이드 환경으로 개발하였다.

2.3. 위치추적 모듈 구성 및 구현

표 1에 무선기술의 특성을 정리하였다. 무선 통신의 경우 WiFi, Bluetooth, RF-links, ZigBee, Cellular, LPWA 등으로 구분되며, 표 2에서와 같이 LPWA 무선 통신은 통신 범위가 2Km부터 최대 21Km까지 통신이 가능하여 다른 무선 통신보다 압도적인 거리의 통신을 지원한다. 치매 환자의 경우 이동한 경로를 추적할 때 최대한 먼 위치까지 추적하는 것이 중요하여, 로라 모듈 중 하나인 IM-L210 통신 모듈을 구성하여 실험을 진행하였다. IM-L210은 917~923.5MHz ISM(Industrial Scientific and Medical) 주파수 밴드, 4.5Kbps의 Data Rate, 안정적으로 최대 10Km의 데이터를 전송할 수 있다.

Table. 1 Comparison of local area wireless networks technology

Technology	Data rate	Range	Frequency
WiFi	54Mbps	150m	5GHz
Bluetooth	721kbps	10~150m	2.4Ghz ISM
RF-links	1Mbps	50~100m	2.4Ghz ISM
ZigBee	250kbps 20kbps 40kbps	100~300m	2.4Ghz ISM 868MHz 915MHz ISM
Cellular 3G	144.4Mbps 5.8Mbps	Variable	800MHz 1900MHz
LPWA	1kbps~ 30kbps	2km~21km	800MHz ISM or 900MHz ISM

신발의 밑창에 들어갈 위치추적 모듈은 로라 게이트웨이와 통신하고, 현재 위치를 GPS(Global Positioning System)를 알려주는 모듈이다. 그림 4는 위치추적 모듈의 내부 구성과 완성된 모습을 나타내고 있으며, 케이스는 강화 플라스틱으로 제작되었다. 모듈의 하단에는 충전이 가능한 리튬 폴리머 배터리를 추가로 장착하여 마이크로 5핀 케이블로 충전이 가능하다.



Fig. 4 Location tracking module

충전 후 유지 시간은 데이터 전송 시간, 대기 상태와 활성 상태에 따라 지속 시간은 식 (1)로 정의된다.

$$P_t = P_w \times 0.0016m.Ah/s + P_r \times 0.004m.Ah \quad (1)$$

P_t 은 총 전력량의 합을 나타내고 있으며, P_w 는 대기 전력 상태일 때 1초 당 요구되는 전력량을 나타낸다. P_r 은 통신에 필요한 전력량으로, 통신 속도가 빠를수록 전력량이 빠르게 소비된다. 수식 (1)의 계산을 바탕으로, 1000mAh 배터리를 사용할 경우, 대기 상태로만 유지할 경우, 현재 위치에 필요한 전력량은 소비가 되지 않으므로, 약 7일 동안 모듈을 유지할 수 있다. 15초마다 전송할 경우 약 2일 동안 모듈을 유지할 수 있다.

위치인식 기술은 로라 전용통신 모듈을 사용하였으며, SKT에서 무료로 배포한 로라 전용 통신 모듈을 토대로 개발되었다. 로라 통신 모듈은 내장 안테나가 포함되어 있어, 활동성이 많은 신발에 적용하기 적합하며, 글로벌 IoT 표준인 oneM2M 국제표준[8]이 적용되었다. 로라 게이트웨이를 사용할 경우 직접 네트워크를 구성할 수 있으므로 추가 비용이 없는 장점이 있어 실험을 위한 환경으로 적합하다. 위치추적 모듈의 전체 크기는 45mm × 20mm × 10mm로 구성되어 있어, 평균 240mm 성인 신발의 밑창에 들어갈 수 있는 크기로 구성하였다. 위치추적 모듈에 대한 상세한 특성은 표 2에서 확인할 수 있다.

Table. 2 Characteristics of LoRa communication module embedded in smart shoes

Items	Contents
MCU	STM32F103, ARM 32-Bit Cortex-M3 Core, 72MHz
LoRa	IM-L210
Sensor	Acceleration sensor
Display	LED 1(Power, Condition)
Button	Setting Button
GPS	L80
Memory	EN25Q64-104HIP, 8MB
Power	PMIC, LDO, Power coil
Power Connector	M8 Connector, Cable
Antenna	LoRa, GPS Antenna
PCB	FR-4, 4L, 1.5T, 25 × 45mm
Battery	Lithium polymer 4.2V 1000mAh

가속도 센서는 일정 시간 동안 사용자가 활동하지 않을 경우 효율적인 배터리 관리를 위해, 대기 상태로 변경되며, 배터리는 모듈 크기와 비슷한 리튬 폴리머 4.2V 1000mAh로 구성되었다. 전원 On/Off를 확인하기 위해 LED를 하나 추가하였고, 위치 추적을 위해 모듈 내부에 GPS를 포함하고, GPS 위치 추적을 위해 내부 안테나를 추가하였다.

2.4. 위치추적 신발 구성 및 구현

위치추적 테스트를 위해, 260mm의 신발에 들어갈 밑창에 45mm × 20mm × 10mm의 로라 모듈을 넣을 공간을 만들 필요가 있다. 밑창 제작은 금형 단계에서 부터 진행되어야 했으므로, 부산에 위치한 A 회사와의 협업을 통해, 전용 금형과 밑창 제작을 의뢰하였고, 구현된 신발 밑창의 결과는 그림 5와 같다.



Fig. 5 Outsole of smart shoes

2.5. 서버 시스템 구성 및 구현

서버 시스템은 신발 밑창에 위치한 모듈에서 위치 정보를 로라 게이트웨이로 전송하고, 전송된 위치 정보를 응용 소프트웨어로 전송하는 역할을 하고 있으며, 여러 사용자를 관리하기 위해 아이디 및 비밀번호, 위치 정보 등을 저장하기 위한 데이터베이스를 제작하였다. 운영 체제는 Centos 5.3을 사용하였고, 웹 서버는 Tomcat 6.0.18, Sevlet 2.5, JSP 2.1로 구성되어 있으며, 데이터베이스는 MySQL 5.6의 환경으로 구성하였다. 그림 6은 서버 시스템의 구성을 나타내고 있다. 모듈과의 위치 전송을 확인하기 위한 게이트웨이 상태, 모듈의 Tag 및 GPS 데이터 이력은 다수의 사용자를 관리하기 위해 제작되었으며, 장비 관리 및 사용자 관리 등이 내부 구성으로 제작되었다.

Admin	00.Main			
00. Gateway	01. Tag	02. Equip management	03. User management	04. Notice
Gateway condition	Tag record	Gateway state	Ward information	Notice
	GPS data record	Tag setting management	Protector information	
	Tag setting record	Device management	Smartphone management	

Fig. 6 Server Menu Diagram

III. 결과 및 성능 분석

신발의 밑창에 로라 모듈을 탑재하고 위치 추적을 확인하기 위한 어플리케이션을 설치한 후 부산광역시 동아대학교 승학캠퍼스에서 실험을 5회 진행하였다. 실험 목적은 로라 모듈과 로라 게이트웨이, 어플리케이션과의 통신이 가능한지를 판별하기 위한 실험으로, 로라 통신 모듈을 탑재한 밑창을 들고 10분 동안 이동하고, 1분마다 위치를 전송한 내용을 위치 추적 어플리케이션으로 표시되는지 확인하였다. 해당 실험은 총 5회 진행하였으며, 모두 어플리케이션에 표시됨을 확인하였다. 그림 7은 사용자가 동아대학교에서 이동하면서 위치가 추적되고 있는지 시험한 결과를 나타내고 있다.



Fig. 7 First experiment for smart shoes

다음 실험은 안테나와의 교신을 위한 실험으로 센텀시티에서 진행하였다. 사용자는 완성된 신발을 직접 신은 후 센텀시티 안의 회사 근처를 계속해서 이동하고 어플리케이션에 좌표를 찾을 수 있는지를 확인하였다. 로라 게이트웨이 근처에서 테스트를 진행하는 제약으로 인해, 비슷한 거리에서 위치 추적을 테스트하였으며, 총 5회 테스트 결과 10Km 이상 멀어질 경우 통신 성공이 줄어드는 것을 확인하였다.

그림 8은 실험 결과를 나타내고 있으며, 전송 시간은 1차 테스트보다 빠른 시간인 15초 마다 전송하도록 설정하였으며, 최대 50개의 데이터를 추적하도록 설정하였다.

최근 위치 데이터는 20개까지 숫자로 표시할 수 있도록 설정하였으며, 번칙적인 실험을 위해, 달리거나 신호에 대기하는 등의 상황을 연출하였고, 10Km 이내의 모든 위치를 큰 오차 없이 전송에 성공하는 것을 확인하였다.

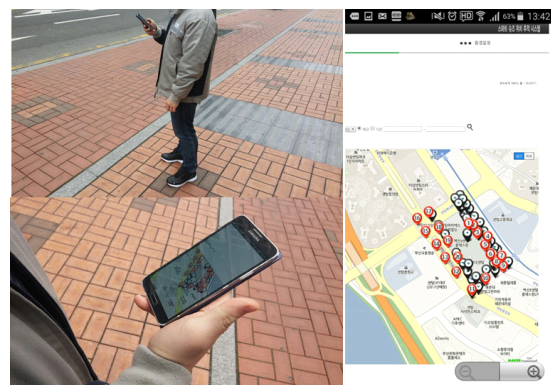


Fig. 8 Second experiment for smart shoes

표 3은 기존 스마트 신발 연구와 본 연구와의 특성 차이점을 분석한 내용이다. 논문[3]은 아두이노 보드를 사용하고 브레드 보드에서 실험을 진행하였고, 현재 논문은 모듈을 직접 제작하여 크거나 휴대성이 훨씬 높은 것으로 판단된다. 무선 네트워크의 차이점은 논문[3]은 블루투스를 사용하여 통신하고 별도의 게이트웨이가 없이 스마트폰으로 데이터를 전송받아 처리하지만, 현재 시스템은 로라 통신과 별도의 게이트웨이를 구축하여 피보호자(사용자)가 스마트폰을 별도로 소지하지 않고, 스마트 신발을 신은 상태에서 위치 추적이 가능하다.

Table. 3 Performance comparison for smart shoes

Items	reference[3]	Designed System
MCU	ATmega328	STM32F103, ARM 32-Bit Cortex-M3 Core, 72MHz
Wireless Network	Bluetooth HC-06	RoLa IM-L200
Sensor	Piezo element sensor	Acceleration sensor
GPS	Used	Used
Memory	ATmega328 2KB	EN25Q64-104HIP, 8MB
Target	Health Care	Tracking
Smartphone dependent	Yes	No

마지막으로 이전 논문에서 없는 가속도 센서를 추가로 장착하여, 사용자가 신발을 신지 않은 상태일 경우, 대기 상태로 변환되어 전력 소비를 감소시킨 점이 확인된다. 이 결과를 통해 본 연구에서 구현한 스마트 신발은 기존 연구 결과보다 치매환자를 훨씬 더 안심하고 돌볼 수 있음이 판단된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 저전력장거리 기술과 임베디드 보드를 이용한 치매 돌봄 스마트 신발과 응용 소프트웨어를 구현하였다. 구현된 스마트 신발은 외부 환경에서 실험을 한 결과 위치 추적 실험이 모두 성공적으로 진행되었다. 실험에서 15초마다 데이터를 전송할 경우, 이들을 못 버티는 것으로 확인되었지만, 1분마다 데이터를 전송할 경우 약 일주일 정도 배터리가 유지되어, 1분마다

데이터를 전송하는 것이 가장 적합한 것으로 확인되었다. 이러한 연구 실험 결과를 통해 치매 환자에게 스마트 신발이 적용될 경우 보호자가 손쉽게 치매환자의 위치 동선 파악이 가능할 것으로 판단되며, 보호자의 부담 역시 상당히 완화될 것으로 기대된다.

현재 다수의 사용자와 다수의 로라 게이트웨이의 통신 연동을 진행할 계획이며, 위치 추적을 위한 GPS 데이터는 배터리를 상당히 빠르게 고갈시켜 배터리 충전에 문제가 존재한다. 향후 연구로는 배터리 문제에 대한 해결책이 필요할 것으로 판단되며, 자주 이동하는 위치를 빅 데이터로 수집하고, 딥러닝으로 분석할 경우, 치매환자의 예측 경로 혹은 치매의 패턴 분석에도 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

REFERENCES

- [1] JoongAng Daily. WHO “2050 Dementia Population 152 million” ... Social cost more than 2 times [Internet]. Available: <https://news.joins.com/article/23467794/>.
- [2] Ministry of Health and Welfare, “Enforcement Regulation of the Dementia Control Act Regulatory Impact Analysis,” pp.3, 2011.
- [3] Y. M. Kwon, and S. K. Kim, “A Study on Trends in Wearable Devices for the Elderly,” *Society of Korean Traditional Costume*, vol. 21, no. 4, pp.143-156, Dec. 2018.
- [4] C. L. Lim, and J. H. Lee, “In-Depth Interview Analysis for Dementia Patient GPS Tracking Service,” *Journal of Digital Design*, vol. 15, no. 2, pp.481-488, Apr. 2015.
- [5] M. K. Nam, “An Analysis on the Present Condition of Smart Health Care Product Design Industry Centered on IoT,” *Journal of Korea Society of Design Culture*, vol. 22, no. 1, pp.116-126, 2016.
- [6] S. H. Seo, and S. W. Jang, “Design and Implementation of a smart shoes module based on Arduino,” *International Journal of Information and Communication Engineering*, vol. 19, no. 11, pp. 2697-2702, Nov. 2015.
- [7] SK Telecom. ThingPlug API Document [Internet]. Available: <https://thingplug.docs.apiary.io/>.
- [8] H. S. Choi, and U. S. Lee, “Internet of things platform technology and international standardization trend,” *The Korean Society Of Broad Engineers*, pp.8-30, Jul. 2015.



이성진(Sung-Jin Lee)

2007년 동의대학교 컴퓨터공학과 공학사
2010년 동의대학교 컴퓨터응용공학과 공학석사
2013년 ~ 현재 동의대학교 컴퓨터공학과 공학박사
※관심분야: 데이터 마이닝, 사물인터넷, 블록체인, 빅 데이터, 인공지능, 소형 컴퓨터, 양자 컴퓨터



최준형(Jun-Hyeong Choi)

2002년 동의대학교 컴퓨터공학과 공학사
2004년 동의대학교 컴퓨터멀티미디어공학과 공학석사
2012년 ~ 현재 동의대학교 컴퓨터공학과 공학박사
2019년 ~ 현재 제이더블유엔터테인먼트 기업부설연구소 소장
※관심분야: 임베디드시스템, 신호처리, 빅 데이터, 인공지능



서창성(Chang-Sung Seo)

2011년~현재 ㈜에스씨티 대표이사
2014년~현재 (사)부산정보기술협회 부회장
2016년~현재 스마트제조IT협의회 회장
2016년~현재 동아대학교URP사업단 산학협력 운영위원
※관심분야: 스마트공장, ERP, 빅 데이터, 데이터 마이닝, 사물인터넷, 스마트헬스케어



박병권(Byung-Kwon Park)

1988년~1993년 삼성전자 컴퓨터개발실 주임연구원
1998년~2000년 삼성전자 소프트웨어센터 선임연구원
2000년~현재 동아대학교 경영정보학과 교수
2019년~현재 동아대학교 빅데이터센터 소장
※관심분야: 스마트제조, 스마트물류, 스마트금융, 스마트헬스케어



최병윤(Byeong-Yoon Choi)

1985년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업
1992년 8월 연세대학교 전자공학과 공학박사
1993년 ~ 현재 동의대학교 교수
※관심분야: 임베디드 시스템 설계, 정보통신 알고리즘의 SoC 설계, 마이크로프로세서 설계, IT 융합 응용