



사물인터넷 구축을 위한 스마트폰을 이용한 이동로 봇의 제어

Mobile Robot Control using Smart Phone for internet of Things

유제훈* · 안성인** · 이성원* · 심귀보*†

Je-Hun Yu, Seong-In Ahn, Sung-Won Lee, and Kwee-Bo Sim†

*중앙대학교 전자전기공학부, ** (주)가온하이테크

*School of Electrical and Electronics Engineering, Chung-Ang University

**GAON High Tech Co.,Ltd

요 약

사물인터넷이 발전함에 따라 다양한 분야에서 적용될 수 있는 제품들이 개발되고 있고, 여러 연구들이 진행되고 있다. 사물인터넷의 여러 분야 중 스마트 홈은 실생활과 밀접하기 때문에 다른 분야보다 주목받고 있다. 자율이동로봇 또한 산업과 군사, 가정 등에서 적용되어 여러 역할을 수행하고 있다. 본 논문에서는 자율이동로봇과 사물인터넷을 결합하여 Smart housekeeping 로봇을 구현하였다. Smart housekeeping 로봇을 구현하기 위해 라즈베리 파이와 무선 USB 카메라, Huins 사의 uBrain 로봇을 사용하였다. 로봇을 제어하기 위해 핸드폰을 라즈베리 파이의 IP에 접속하였고 라즈베리 파이에서는 uBrain 로봇과 블루투스 연결을 하였다. 핸드폰에서 해당 명령에 맞춰 로봇을 제어하도록 구현하였다. 또한 사용자가 원할 경우 로봇이 자율 주행을 선택할 수 있도록 구현하였다. 무선 USB 카메라로 실시간 촬영하는 영상을 핸드폰 혹은 개인용 컴퓨터로 확인할 수 있도록 하였다. 이 Smart housekeeping 로봇은 집 내부를 실시간으로 확인할 수 있도록 도울 것이다.

키워드 : 인간-로봇 상호작용, 하우스키퍼 로봇, 사물인터넷, 자율 이동 로봇, 라즈베리 파이

Abstract

Owing to developments in the internet of things, many products have developed and various researches have processed, Smart home systems in Internet of things area are receiving attention from many people than the other areas, Autonomous mobile robots perform various parts in many industries. In this paper, a smart housekeeping robot was implemented using internet of things and an autonomous mobile robot. In order to make a smart housekeeping robot, Raspberry Pi, wireless USB camera, and uBrain robot of Huins Corp. is used. To control the robot, cell-phone connected with IP of Raspberry Pi, and then Raspberry Pi connected with uBrain robot using Bluetooth, a smart housekeeping robot was controlled using commands of a cell-phone application. If some user wants to move a robot automatically, we implemented that a robot can be chosen an autonomous driving mode from the user. In addition, we checked a realtime video using a cell-phone and computer. This smart housekeeping robot can help user check their own homes in real time.

Key Words : Human-Robot Interaction, Housekeeping robot, Internet of Things, Autonomous mobile robot, Raspberry Pi

Received: Jul. 30, 2016

Revised : Oct. 7, 2016

Accepted: Oct. 8, 2016

† Corresponding authors

kbsim@cau.ac.kr

1. 서 론

가정용 로봇 청소기, 감성 로봇, 산업용 로봇 등과 같이 최근 다양한 로봇 플랫폼들이 개발됨에 따라 효율적으로 로봇을 제어하기 위한 방법에 대한 연구가 요구되고 있다. 이러한 연구를 인간 로봇 상호작용 (Human-Robot interaction)이라 한다. 이 인간 로봇 상호작용은 다양한 산업에 접목되어 이용되고 있다 [1-3].

사물인터넷인 Internet of Things (IoT)는 주위의 사물 하나하나가 인터넷과 연결됨을 의미한다. 이러한 인터넷 연결을 통해 사물과 사람이 소통할 수 있고, 사물과 사물끼리도 소통할 수 있는 기술을 의미한다. 지금의 사물인터넷 기술은 클라우드와 빅데이터, 센서 네트워크 등과 결합하여 다양한 사물들을 연결하고 있다. 그리고 현재 이를 이용한 사물인터넷 제품들 또한 다양하게 출시되고 있다 [4-7].

사물인터넷의 여러 분야 중 실생활과 밀접한 관련이 있는 홈 네트워크가 다른 사물인터넷 분야 보다 다양한 연구들이 나오고 있다 [8]. 스마트 홈을 구현하기 위해 연구되고 있는 분야로는 스마트

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.

도어록과, 화재 감지, 스마트 조명 등이 있다 [8-10]. 이러한 스마트 홈들은 컴퓨터나 스마트폰을 통해 정보를 파악할 수 있고, 쉽게 제어할 수 있다 [8].

자율이동로봇은 산업과, 가정, 군사용 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 산업에서는 아마존의 물류 공장에 있는 키바 로봇 시스템을 말할 수 있다. 이 키바 로봇은 바닥의 바코드 스티커를 읽으며 물품을 운반한다. 군사용으로는 보스턴 다이내믹스의 빅독이 있다. 이 로봇은 네 발로 움직이는 로봇이며, 현재는 군사 훈련에 투입되어 군인과 같이 임무를 수행하고 있다. 가정용으로는 Housekeeping 로봇과 로봇청소기 등이 있다.

Housekeeping 로봇은 집안에 있으며 사용자가 원할 때 집 내부의 상황을 확인할 수 있도록 도와주는 역할을 한다 [11]. 현재 이 로봇은 집안 내부를 확인하는 로봇 혹은 애완동물을 돌봐주는 로봇, 메시지 전달, 스케줄 관리 등 다양한 기능을 포함한 형태로 개발되고 있다. 하지만 이러한 로봇들의 대부분은 움직일 수 없거나 자율적으로 이동할 수 있는 기능이 없기 때문에 능동적으로 집안 내부의 긴급 상황을 알리기 어렵다는 문제점이 있다.

본 논문에서는 위의 문제점을 해결하기 위해 자율이동로봇에 사물인터넷을 결합하여 외부에서도 집 내부의 상황을 확인할 수 있는 Smart housekeeping 로봇을 구현하였다. 이 자율이동로봇은 직접 스마트폰으로 제어하여 로봇의 움직임을 선택할 수 있으며, 사용자가 원할 경우 로봇의 움직임을 자율이동 모드로 선택하여 집안의 상황을 능동적으로 확인할 수 있도록 구현하였다.

2. 관련 연구

사물인터넷과 융합한 이동로봇은 최근에 활발하게 연구되고 있다. 연구되고 있는 이동로봇들은 핸드폰뿐만 아니라 RFID, EMG (Electromyogram), EEG (Electroencephalogram) 등을 이용하여 로봇을 제어하며, 집 혹은 화재현장 등에서 사용을 목적으로 개발되었다.

C. Turcu 외 1인은 사물인터넷을 위해 RFID 기반의 로봇과 사람 혹은 로봇과 로봇이 소통할 수 있는 시스템을 목표로 이를 위한 방법을 제안하였다 [12]. 로봇은 움직이며 RFID를 통해 로봇이 알고 있는 태그가 인식될 경우 그에 맞는 행동을 수행하는 시스템이다.

S. Wang 외 2인은 사물인터넷 기반인 Housekeeping 로봇을 개발하였다 [11]. 이 로봇은 Wi-Fi와 스마트폰을 이용하여 로봇을 제어하고, 집안의 상황을 확인할 수 있는 로봇이다. 하지만 이 로봇의 경우 스마트폰으로 로봇을 직접 제어해야만 로봇을 움직일 수 있다.

J. W. Kim 외 3명은 화재 감지를 위해 이동로봇을 이용하였다 [3]. 이 로봇은 EMG 신호를 기반으로 로봇을 제어한다. 이 로봇은

손으로 제어하기 힘든 곳에서 간단한 몸짓만으로 로봇을 제어하도록 구현되어있고, 화재현장에서 소방관을 보조하는 로봇을 개선하기 위해 구현되었다.

J. H. Yu 외 1명은 뇌파인 EEG 신호를 사용하여 로봇을 제어하는 방법을 고안하였다 [13]. EEG 신호는 일정 주파수로 깜빡이는 LED를 바라봤을 때 비슷한 주파수로 뇌파가 나타나는 현상인 Steady State Visually Evoked Potentials를 이용하여 데이터를 얻었으며, 이 데이터를 사용하여 로봇을 제어하였다. 이 로봇은 장소에 구애받지 않고 뇌파를 사용하여 로봇을 쉽게 누구든지 제어하기 위한 목적으로 구현되었다.

3. 실험 방법

3.1 전체 시스템 구성

본 논문에서는 사물인터넷을 이용하여 자율이동로봇을 제어하기 위해 그림 1과 같이 구성하였다. 그림 1의 우측에 있는 로봇은 본 실험에 사용한 로봇인 uBrain이다. 이 uBrain 로봇은 Huins사에서 교육용 목적으로 개발되었다. 이 로봇은 다양한 센서와 통신기기 등을 포함하고 있다. 이 로봇은 Cortex-M4 기반으로 제작되었으며,

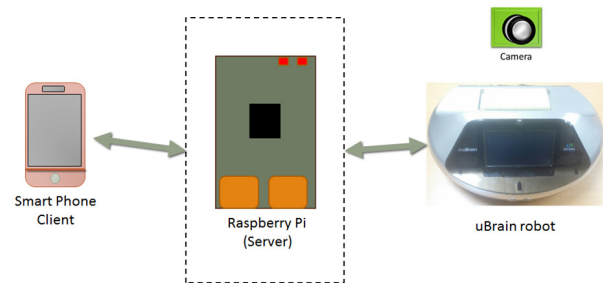


그림 1. 전체 시스템 구성도
Fig. 1. Overall system diagram

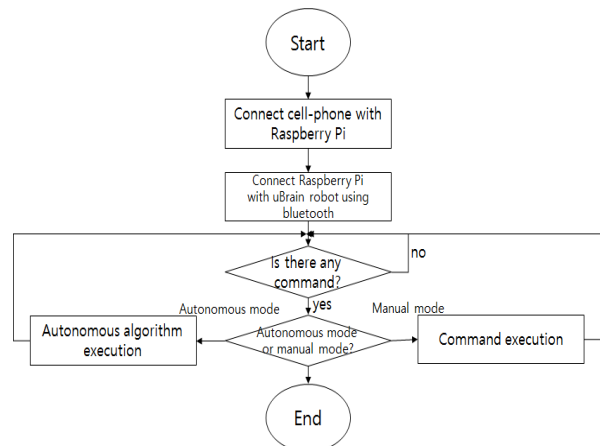


그림 2. 전체 시스템 흐름도
Fig. 2. Overall system flowchart

개발 환경으로는 Keil 사의 uVision 4를 사용한다.

스마트폰으로 로봇을 제어하기 위해 스마트폰과 라즈베리 파이의 연결을 인터넷으로 연결하였다. 연결 방법으로는 라즈베리 파이에 할당된 아이피에 스마트폰으로 연결하고, 신호를 보내고 받는 형태로 구현하였다. 라즈베리 파이와 uBrain 로봇은 블루투스로 명령어를 받도록 구현하였고, 해당되는 명령어에 맞춰 자율 주행 혹은 수동 주행을 하도록 구현하였다. 또한 카메라의 경우 USB 무선카메라를 이용하였다. 그림 2는 로봇을 제어하기 위한 전체 시스템에 대한 흐름도이다. 해당되는 명령어가 있을 경우 자율 주행 혹은 수동 주행을 하도록 구현하였다.

3.2 자율이동로봇 알고리즘

자율이동로봇을 구현하기 위해 uBrain 로봇의 전면과 측면에 있는 초음파 센서와 전면의 왼쪽과 오른쪽, 하단의 IR 센서를 사용하여 구현하였다. 먼저 라즈베리 파이와 로봇이 연결이 되었을 경우, 수동 조작 이동 혹은 자율 이동을 선택한다. 자율 주행일 경우 하단의 IR 센서는 바닥에 길이 있는지 절벽이 있는지 판단하여, 움직임을 결정한다. 로봇의 정면에 벽이 있을 경우, 로봇이 뒤로 움직인 뒤 오른쪽으로 돌아가도록 구현하였다. 그리고 로봇의 왼쪽 혹은 오른쪽에 벽이 있을 경우, 상황에 맞는 움직임을 결정하도록 구현하였다. 그림 3은 자율이동로봇의 움직임을 위한 흐름도이다. 이 로봇의 움직임은 기존의 우수법을 기반으로 자율 주행을 구현한 방법을 응용하여 자율 주행 방법을 구현하였다[3].

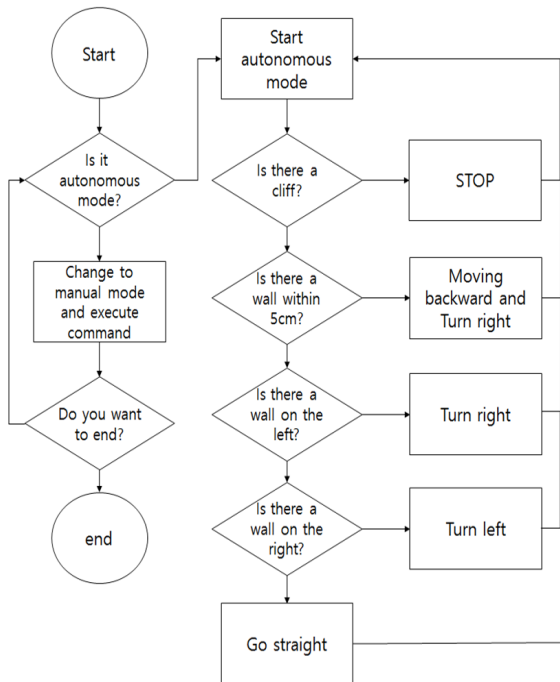


그림 3. 로봇 제어 및 자율 주행을 위한 흐름도
Fig. 3. Flowchart for robot control and autonomous driving

3.3 영상 확인 방법

본 논문에서는 로봇의 움직임에 따른 영상을 확인하기 위해 무선 USB카메라를 이용하여 로봇의 시야를 핸드폰으로 확인할 수 있도록 하였다. 무선 USB 카메라를 사용하여 촬영되는 영상을 라즈베리 파이를 통해 웹 스트리밍을 할 수 있도록 실시간으로 업로드를 하도록 구현하였다. 이를 구현하기 위해서 라즈베리 파이에서 사용되는 웹 스트리밍 방법 중 하나인 Motion을 사용하였다.

4. 실험 결과

4.1 자율 주행 결과

자율 주행 알고리즘을 구현하기 위해 uBrain 로봇의 초음파 센서와 IR 센서로 정면과 측면, 하단의 장애물 존재 유무를 확인하도록 구현하였다. 그림 4는 로봇이 자율주행하면서 각각의 위치에서 IR 센서와 초음파 센서로 장애물을 감지한 값이다. 여기서 IR 센서의 값이 2000보다 클 경우 2000으로 나타나게 구현하였으며, 값이 작을수록 장애물과의 거리가 멀다는 것을 의미한다. 그림 4의 안의 IR sensor Forward의 경우 uBrain 로봇의 하단에 있는 IR 센서를 의미하며, 바닥에 길이 있는지 혹은 절벽이 있는지 판단하는 역할을 한다. 측면의 장애물을 측정하기 위하여 IR 센서와 초음파 센서 두 가지를 사용하는 이유는 장애물을 검출하는 위치가 다르기 때문에, 초음파 센서로 장애물을 인지하지 못할 경우 추가적으로 IR 센서로 다시 검출하기 위해서이다. 그림 5는 uBrain 로봇의 하단 IR 센서의 위치와 정면의 초음파 센서, 양 측면의 IR 센서 및 초음파 센서의 위치를 나타낸다. 그림 5의 빨간 원은 초음파 센서를 의미하며, 파란 점선의 원은 IR 센서를 의미한다.

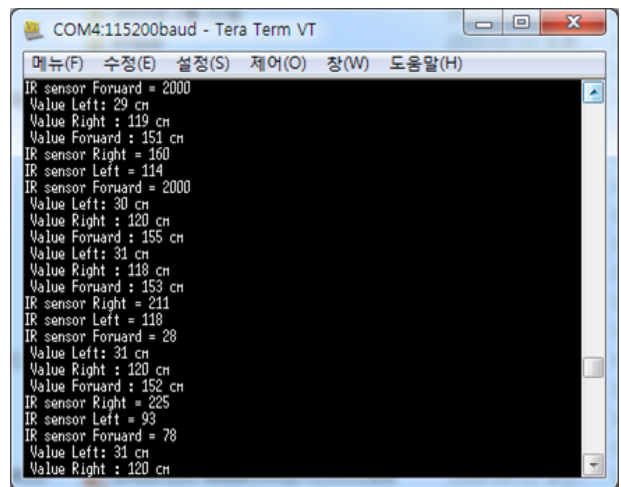


그림 4. IR 센서와 초음파 센서의 장애물 측정 값
Fig. 4. Measured values of some obstacle using IR sensors and ultra sonic sensors

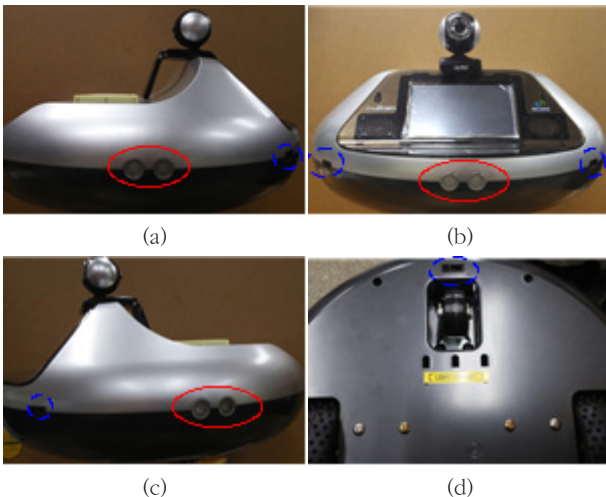


그림 5. 로봇의 IR 센서 (파란 점선) 와 초음파 센서 (빨간 선) 위치 : (a) 우측 모습 (b) 정면 모습 (c) 좌측 모습 (d) 하단 모습

Fig. 5. Locations of IR sensors (blue dotted line) and ultrasonic sensors (red line) in robot : (a) Right side view (b) Front side view (c) Left side view (d) Bottom side view

4.2 핸드폰을 이용한 로봇 제어

핸드폰으로 로봇을 제어하기 위하여 안드로이드용 애플리케이션을 구현하였다. 그림 6은 핸드폰으로 로봇을 제어하는 모습이다. 그리고 그림 7은 로봇을 제어하고 움직임의 결과를 확인하기 위한 안드로이드용 애플리케이션이다. 하단의 Auto mode 버튼과 Manual mode 버튼으로 자율 주행 여부를 선택할 수 있으며, 방향 버튼들을 이용하여 움직임을 결정할 수 있다. 각각의 방향들은 앞으로는 w, 오른쪽은 d, 뒤로는 x, 왼쪽은 a, 멈춤은 s, 자동주행 및 수동 주행은 j의 character 신호를 보내도록 구현하였다. 라즈베리 파이에서는 위의 character 신호를 로봇에게 블루투스로 보내도록 구현하였다.

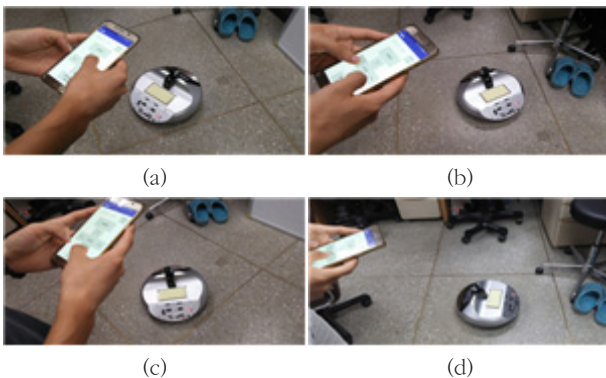


그림 6. 핸드폰을 이용한 로봇 제어: (a) 직진 (b) 좌회전 (c) 후진 (d) 정지

Fig. 6. Robot control using cell-phone : (a) Go straight (b) Turn left (c) Backward (d) Stop

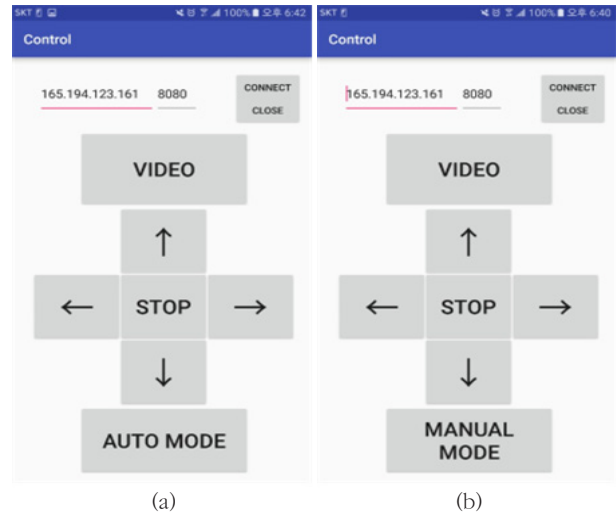


그림 7. 로봇 제어를 위한 안드로이드용 애플리케이션 : (a) 자율 주행 모드 (b) 수동 모드

Fig. 7. Application for Android to control a robot : (a) Autonomous mode (b) Manual mode

4.3 영상 확인

그림 7의 Video 버튼을 이용하여 로봇의 움직임을 핸드폰으로 확인하도록 구현하였다. 이를 구현하기 위해서 본 논문에서는 라즈베리 파이에서 웹 스트리밍을 구현할 수 있는 방법 중 하나인 Motion을 이용하여 로봇의 움직임을 실시간으로 확인할 수 있도록 하였다. 핸드폰 및 개인용 컴퓨터로 로봇의 영상을 확인하기 위해서는 해당 아이피에 뒤의 포트 번호 8085로 확인할 수 있도록 구현하였다. 그리고 무선 USB 카메라로 촬영되는 영상은 해상도는 320×240으로 설정하여 웹 스트리밍으로 업로드 되도록 구현하였다. 그림 8은 개인용 컴퓨터와 핸드폰으로 uBrain 로봇의 무선 USB 카메라로 집 내부와 유사하게 꾸민 연구 공간을 웹 스트리밍으로 확인한 결과이다.

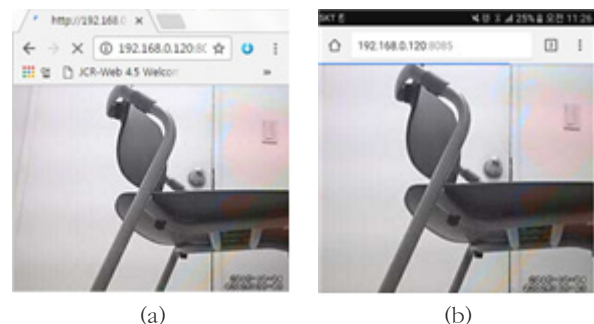


그림 8. 무선 USB 카메라를 이용한 영상 결과 : (a) 컴퓨터를 이용한 영상 확인 결과 (b) 핸드폰을 이용한 영상 확인 결과

Fig. 8. Image results using a wireless USB camera : (a) Image result using a computer (b) Image result using a cell-phone

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 사물인터넷을 이용하여 외부에서도 스마트폰으로 자율이동로봇을 제어하고 집안의 내부를 확인할 수 있는 Smart housekeeping 로봇을 구현하였다. 이 논문의 결과는 이 로봇은 인터넷을 사용하여 간단하게 집안의 애완용 동물이나 아이들이 잘 자내고 있는지 확인하는데 도움이 될 수 있을 것이다. 또한 집안에 도둑이 들었는지 확인하는데도 큰 도움을 줄 것이다. 또한 카메라를 이용하여 화재가 일어난 곳을 직접 확인하여 초기에 진압할 수 있을 것이라 생각한다.

앞으로 이 Smart housekeeping 로봇은 스마트 도어록과 결합하여 하나의 스마트 홈을 구현할 계획이다. 또한 다른 기기들과 연결하여 스마트 홈 시스템에 기능을 더 추가할 계획이다. 또한 이 Smart housekeeping 로봇에 가스 센서 혹은 모션 센서 등의 기능을 추가하여 가스 누출이나 화재 감지, 외부인의 침입을 방지하는 기능을 추가할 계획이고 추가적으로 음성 메시지를 보내는 기능을 구현할 계획이다.

References

[1] K. E. Ko and K. B. Sim, "A Study on Human-Robot Interface based on Imitative Learning using Computational Model of Mirror Neuron System", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 23, no. 6, pp. 565-570, 2013

[2] J. H. Yu, K. E. Ko, and K. B. Sim, "Facial Point Classifier using Convolution Neural Network and Cascade Facial Point Detector", *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol. 22, no. 3, pp. 241-246, 2016

[3] J. W. Kim, W. Y. Lee, J. H. Yu, and K. B. Sim, "Autonomous Mobile Robot Control using the Wearable Devices Based on EMG Signal for detecting fire", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 26, no. 3, pp. 176-181, 2016

[4] Q. Zhu, R. Wang, Q. Chen, Y. Liu, and W. Qin, "IOT Gateway: Bridging Wireless Sensor Networks into Internet of Things", *IEEE/IFIP 8th International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing*, pp. 347-352, 2010

[5] S. I. Ahn, "Control of mobile robot using smart phone for IoT(Internet of Things)", Master's thesis, Chung-Ang University, 2015

[6] D. Tracey and C. Sreenan, "A holistic architecture for the internet of things, sensing services and big data", *13th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid*

Computing, pp. 546-553, 2013

[7] L. D. Xu, W. He, and S. Li, "Internet of Things in Industries: A Survey", *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 10, no. 4, pp. 2233-2243, 2014

[8] S. W. Lee, J. H. Yu, and K. B. Sim, "Real-time Streaming and Remote Control for the Smart Door-Lock System based on Internet of Things", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 25, no. 6, pp. 565-570, 2015

[9] S. Kumar, "Ubiquitous Smart Home System Using Android Application", *International Journal of Computer Networks & Communications*, vol. 6, no. 1, pp. 33-43, 2014

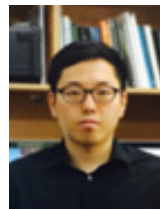
[10] M. Castro, A. J. Jara, and A. F. G. Skarmeta, "Smart Lighting solutions for Smart Cities", *27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*, pp. 1374-1379, 2013

[11] S. Wang, H. Zhao, and X. Hao, "Design of An Intelligent Housekeeping Robot Based on IOT", *International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences*, pp. 197-200, 2015

[12] C. Turcu and C. Turcu, "The Social Internet of Things and the RFID-based Robots", *4th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops*, pp. 77-83, 2012

[13] J. H. Yu and K. B. Sim, "Robot Control based on Steady-State Visual Evoked Potential using Arduino and Emotiv EPOC", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 25, no. 3, pp. 254-259, 2015

저자 소개



유제훈(Je-Hun Yu)

2015년 : 중앙대학교 전자전기공학부공학사
 2015년~현재 : 중앙대학교 대학원
 전자전기공학과 석사과정

관심분야 : 뇌-컴퓨터 인터페이스, 의도인식, 감성인식, 지능로봇, 지능시스템, 사물인터넷(IoT), 빅데이터 등.

Phone : +82-2-820-5319

E-mail : yjhoon651@cau.ac.kr



안성인(Seong-In Ahn)

1984년 : 중앙대학교 전자공학과 공학사
2015년 : 중앙대학교 정보대학원 정보통신학과
공학석사
현재 : (주)가온하이테크 대표이사

관심분야 : 사물인터넷(IoT), 빅데이터 등.

Phone : +82-31-688-0600
E-mail : siahn@gakonht.co.kr



이성원(Sung-Won Lee)

2015년 : 서경대학교 전자공학과 공학사
2015년~현재 : 중앙대학교 대학원
전자전기공학과 석사과정

관심분야 : 사물인터넷(IoT), 센서 네트워크, 임베디드, 보안
알고리즘 등.

Phone : +82-2-820-5319
E-mail : sungwon8912@cau.ac.kr



심귀보(Kwee-Bo Sim)

1990년 : The University of Tokyo 전자공학과
공학박사
1991년~현재 : 중앙대학교 전자전기공학부
교수
2006년~2007년 : 한국지능시스템학회 회장

관심분야 : 인공생명, 뇌-컴퓨터 인터페이스, 감정인식, 의도인식,
유비쿼터스 지능형로봇, 지능시스템, 컴퓨터이셔널
인텔리전스, 지능형 홈 및 홈 네트워크, 유비쿼터스
컴퓨팅 및 센서 네트워크, 소프트 컴퓨팅(신경망,
퍼지, 진화연산), 다개체 및 자율분산로봇시스템,
인공면역시스템, 지능형 감시시스템, 사물인터넷(IoT),
빅데이터 등.

Phone : +82-2-820-5319
E-mail : kbsim@cau.ac.kr
Homepage URL: <http://alife.cau.ac.kr>