

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2014.14.6.221>

IIBC 2014-6-32

스마트폰을 이용한 방재용 원격 조정 로봇의 프로토타입 모델 설계 및 구현

Design and Implementation of Prototype Anti-disaster Remote Control Robot Model using Smart Phone

최성재*

Sung-Jai Choi*

요약 본 연구에서는 사용자의 위치정보를 제공하는 GPS와 카메라가 탑재된 원격 로봇과 스마트폰 어플 기술을 응용하여 화재 발생, 원전 사고, HF 가스 누출등 과 같은 급박한 화재 상황에서 소방관을 투입하기 이전에 정확한 화재 및 가스 누출 사고 현장의 정보와 상황을 파악하여 인명 피해를 최소화 하면서 방재 활동을 실시 할 수 있도록 하고 정확한 초기 대응으로 피해를 최소화 할 수 있는 전략을 수립 할 수 있도록 하는 소형화된 원격 로봇을 설계 제작하였다. 원격로봇은 카 보디와 콘트롤러 디바이스로 구성된다. 컨트롤 디바이스의 쥐는 강도에 따라 grab의 단계를 10단계 까지 변경하는 것이 가능하였다. 초기 설계모델 로봇의 유용성에 대해 확인 하였다.

Abstract This paper presented a design which was a minimized remote control robot. This remote control robot was created for preventing life damage from conflagrations, nuclear events and HF gas accidents. This robot's system based smart phone that had camera and GPS systems. When fire came out, The robot figured out that how big fire was, where the fire was started and various aspects of situations. And The robot broadcasted the informations to smart phone using mobile application and wi-fi camera. By doing these, the fire mans could more accurate and be easier to plan a strategy for saving life. The body of robot are 2 parts. One is a car and the other one is a remote controller. By the power, 1step to 10steps, of grabbing remote controller could change the car's speed to move. Also, The prototype robot was already confirmed its utility itself.

Key Words : Anti-disaster systems, Android smart phone, Remote control robot, Wi-fi camera

1. 서 론

최근 고층 건축물의 화재 발생, 원자력 발전 시설의 파괴, 지진과 태풍, 쓰나미와 같은 급격한 기후 변화의 영향으로 인한 인명 피해와 물적 피해가 급증하고 있는 것이 현실이다. 2000년대 이후 전세계적으로 자연 재해

가 급증하고 있다. 대표적인 예인 후쿠시마 원전 사고(福島 原發 事故)는 2011년 3월 11일 도호쿠 지방 태평양 해역 지진으로 인해 진도 9의 지진과 지진 해일로 도쿄전력이 운영하는 후쿠시마 제1 원자력 발전소의 원자로 1-4 호기에서 발생한 방사능 누출 사고이다. 체르노빌 원자력 발전소 사고와 함께 국제 원자력 사고 등급(INES)의

*중신회원, 가천대학교 전자공학과
접수일자: 2014년 9월 25일, 수정일자: 2014년 10월 25일
게재확정일자: 2014년 12월 12일

Received: 25 September, 2014 / Revised: 25 October, 2014

Accepted: 12 December, 2014

*Corresponding Author : csj0717@gachon.ac.kr

Dept..of electronic engineering, Gachon university, Korea

최고 단계인 7단계(Major Accident)를 기록하였다. 2014년 현재도 계속적으로 원자로에서 방사능 물질이 공기중으로 누출되고 있으며, 빗물과 원자로 밑을 흐르는 지하수에 의해 방사능에 오염된 방사능 오염수가 태평양 바다로 계속적으로 누출되고 있다. 누출된 방사능 물질로 인해 후쿠시마 제1 원자력 발전소 인근 지대뿐 아니라 일본 동북부 전체의 방사능 오염이 심각한 상황이다. 일본에서는 후쿠시마 원전 사고로 인한 누출 방사능으로부터 피폭되는 인적 피해를 최소화 하기 위해 사고 직후 원격 로봇(ASTACO-SoRa)을 투입하여 파괴된 원전 건축물의 잔해 제거 작업을 실시하였다.

우리나라에서도 고리 원전등 다수의 원자력 발전소를 운영하고 있고 제2롯데 월드와 같은 초고층 상업용 빌딩과 35층 이상의 고층 아파트가 건축되고 있는 현실에서 방재에 사용가능한 초소형 로봇의 개발이 절실한 것이 사실이다.^[1]

우리나라는 2010년 발생한 부산광역시 해운대구 초고층 주상복합 건축물 화재와 반도체 공장에서의 독성물질인 불산(HF) 누출 사고로 인해 인명 사고를 줄이기 위한 초기 방재 대응에 관한 우려와 관심이 고조 되고 있다. 특히 HF 가스에 노출되는 경우 동물 실험을 통한 생리적 변화와 DNA 손상 결과를 확인하면 간, 폐,비장,홍순에 미치는 영향이 지대하고 해당장에서 출혈, 혈전등에 의한 기능 저하 뿐만 아니라 폐와 간에서 광범위한 괴사와 출혈이 발견 되었음 이 보고 된바 있다^[2]. 페타크(William J. Petak)은 재난 관리과정을 시간적 흐름에 따라 재난의 예방, 대응, 대비, 복구와 같이 4단계로 구분한 바 있고, 우리나라 소방공무원 282명을 대상으로 한 김진동의 재난관리정책 개선방안을 위한 우선 순위 분석 연구에 따르면 재난의 예방(0.358%), 대응(0.281%), 대비(0.219%), 복구(0.142%)의 순서로 중요도의 우선순위가 높다고 밝혀진바 있다^[3,4,5,6]. 따라서 본 연구에서는 사용자의 위치정보를 제공하는 GPS와 카메라가 탑재된 스마트폰과 원격 로봇기술을 접목하여 화재 발생, 원전 사고, HF 가스 누출등 과 같은 급박한 화재 상황에서 소방관을 투입하기 이전에 정확한 화재 및 가스 누출 사고 현장의 정보와 상황을 파악하여 인명 피해를 최소화 하면서 방재 활동을 실시 할수 있고 정확한 초기 대응으로 피해를 최소화 할 수 있는 전략을 수립 할 수 있도록 하는 소형화된 원격 조정 로봇을 설계 제작하였다.

II. 관련 연구

그림 1과 같이 현실세계와 가상현실을 융합하는 복합형 가상현실 시스템이라고도 불리는 증강현실의 목적은 실제 관찰하고 있는 사물이나 장소에 대한 부가적인 정보나 의미를 함께 제공하는 것이라고 할 수 있다.

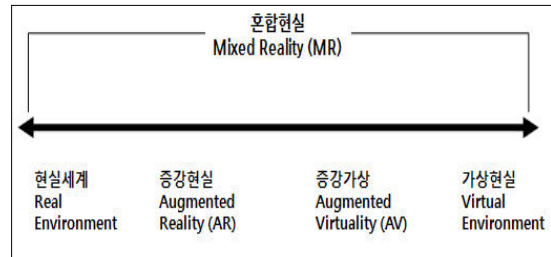


그림 1. 혼합현실의 종류
Fig. 1. Types of augmented reality

증강현실 기술은 사용자의 위치와 방향정보를 제공하는 ‘디지털 컴퍼스’ 내장한 스마트폰의 보급으로 빠르게 활성화되고 있다. 또한 Google, Naver 등에서 제공하는 Map API를 이용하여 실시간으로 입력되는 사용자의 카메라 영상에 사용자가 바라보고 있는 건물의 정보를 겹쳐 다양한 목적의 모바일 증강현실 애플리케이션이 개발되고 있다. 이러한 증강현실을 구현하기 위한 구성요소는 표 1 과 같다^[7]. 사용자와 콘텐츠간의 상호작용에 있어서의 증강 현실은 가상현실과 달리 사용자가 현실 세계에서 가상의 콘텐츠나 서비스와 직접적이고 직관적인 상호작용을 할 수 있는 장점이 있다.

시설물의 재난 안전관리를 위한 정보는 센서기반의 실시간 감지기능 뿐만 아니라 논리제어, 메모리, 통신기능이 부여된 지능형 센서로 진화하고 있다. 화재를 예로 들면, 차동식·정온식감지기, 반도체 열센서 등 열감지센서, 광전식감지기 등 빛(광)감지 센서, 이온화식감지기 등 연기 감지 센서들이 사용되고 있으며, 최근 무선통신기반 연기감지센서 등 ICT 기반의 데이터송신이 가능한 센서가 개발·활용되고 있다

이러한 센서기술은 USN(Ubiquitous Sensor Network) 및 정보네트워크, GIS(Geographic Information System) 기반 모니터링시스템 등을 구현하는 중요한 요소기술로 활용되고 있다^[8,9].

표 1. 증강현실 핵심 기술

Table 1. Core technology of augmented reality

3D Modeling	가상 객체를 생성하기 위한 3D 모델링
Display Device	가상 객체와 현실 장면을 혼합해서 볼 수 있는 HMD
Camera Calibration	카메라의 파라미터를 계산할 수 있는 카메라 구경 측정
Location Tracking	사용자 위치 및 이동에 대한 감지 및 추적
Registration	가상 객체를 실제 환경에 올바르게 위치
AR Software	DB를 분석한 정보 및 가공된 정보를 프로그래프에서 3D 형태화
Mobile Internet Device	AR 프로그램, 카메라, 디스플레이 장치를 동시에 사용 가능

III. 시스템 구조 및 방재 시나리오

본 논문에서 제안하는 증강현실 기반 화재 방재 정보 시스템은 그림 2와 같다. 화재가 발생했을 경우 신고부터 출동, 도착까지 소요되는 시간은 평균 10분이지만 일상생활에서는 짧게 느껴질 10 여분이 화재 발생 장소에 고립되어 있는 당사자들에게는 마치 몇 시간처럼 길게 느껴지는 것이 사실이다. 소방관들이 화재 발생 장소로의 이동하는 시간 역시 도로 사정과 교통량의 흐름으로 인해 지연이 발생하는 경우가 비일비재한 것이 현실로 이런 출동 시간의 공백이 소중한 인명 피해로 이루어지게 된다. 따라서 이와 같이 어쩔 수 없이 발생하는 구조의 공백 시간을 피해자의 생명을 구할 수 있는 시간으로 바꾸기 위해 고안된 것이 원격 로봇이다.

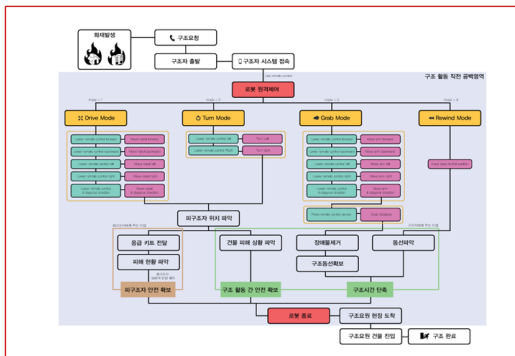


그림 2. 시스템 구조도
 Fig. 2. System Diagram

표2에 표시된 것처럼 소방방재센터 상황실에 화재 및 구난 신고 접수 후 10분 이내 소방관 출동과 인명 구조가 이루어지는 방재 대응 및 처리 시나리오를 구성하였다. 시나리오 상 상황실에 화재 신고가 접수되면 소방서 현장 근무자는 화재 상황을 전파하고 소방대원과 구급대원을 출동 시킨다. 상황실에서는 소방차가 출동하는 동안 화재 발생 건물 내 보관된 원격조정로봇 system에 접속하고 사고 현장의 로봇을 가동 시킨다. 스마트폰을 통해 전달된 정보와 화재 발생 건축물의 BIM (building information model)정보를 결합하여 생존자 구조 동선과 화재 진화 대응전략을 수립한다. 현장 도착 후에는 대응전략에 따라 소방관을 투입하고 생존자 정보와 화재 현장 정보로 확인된 구조 동선으로 가장 빠른 시간내에 생존자에 접근하고 생존자에게 방독면 전달한다. 유독 가스와 먼지로부터 생존자를 구조한 후 파악된 구조 동선에 따라 건물 탈출한다. 이어서 도착한 구급대원이 구조된 생존자를 응급 처치 후 중환자를 인접 병원으로 이송한다. 화재 진화 및 구조 작업 시나리오를 종료한다.

표 2. 방재 시나리오

Table 2. Rescue Scenario

상황	시나리오
09:01 AM 화재발생	서울시내 대형 건물에서 화재 발생 및 유독 가스 유출
09:04 AM 화재 신고접수 및 구급대원 출동	상황실에 화재 및 유독 가스 유출등의 구난요청 접수후 구급대원 출동
09:05 AM 상황 전파 및 소방대원출동	상황실 긴급 출동 명령에 따라 소방차 및 소방 대원 출동
09:05 AM 차량 이동중 ICU시스템 접속	출동중 상황실의 BIM 데이터 베이스 접속 건축물 입체 정보획득 및 화재 발생 장소에 기배치된 로봇 컨트롤러 시스템에 접속
09:06 AM 사고 현장 ICU 구동	로봇에 장착된 카메라로부터 화재상황을 실시간 전송받고 화재현장에 도착하기 전 화재 현장의 내부구조, 피해자의 현재 위치를 파악한다.
09:08 AM 생존자파악 및 구조 동선 확보	전송된 정보를 활용하여 화재 진압 작전을 수립하고 생존자 구조 동선을 확보한다.
09:09 AM 생존자 위치파악후 방독면 전달	로봇을 생존자 위치로 이동시키고 로봇에 부착된 방독면이나 산소호흡기 및 소화기를 전달 생존자가 간단한 응급조치를 할 수 있도록 한다.
09:14 AM 구급대원 현장도착 구조완료	생존자 구조 완료 후 중환자 병원 후송하고 화재 방재 작전 종료

IV. 원격조정 로봇 설계 및 제작

본 연구에서 제작하는 로봇은 Car body 와 Control device 로 구성된다. 소방관서의 동 단위 관리를 위해서 Car body 와 Control device 의 연결은 그림 3에 표시된 것처럼 1:N 연결방식을 지원하는 Xbee series 2 모델을 선정하였고, 1:1, Star, Mesh 와 같은 통신방식 중 여러 Xbee 간의 정보전달이 가능한 Mesh Network 방식을 선택하였다^[10,11].

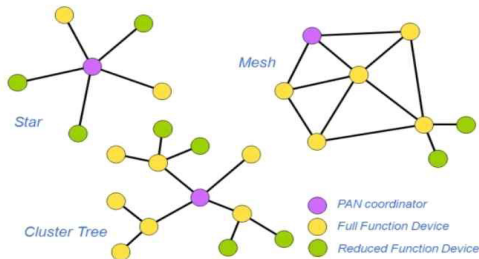


그림 3. 통신방식
Fig. 3. Network Type

또한 저 전력으로 구동되는 Xbee를 선택함으로써 사건발생 전까지 대기해야하는 로봇의 전력효율을 고려하였다. Car body에 부착되는 바퀴는 차체를 중심으로 해서 4개를 부착하였고 화재피해로 인해 로봇의 이동이 어려운 상황을 가정하여 차체의 회전 없이도 방향 전환이 가능하도록 그림 4에 표시된 Mecanum wheel을 선택하였다.



그림 4. Mecanum wheel
Fig. 4. Mecanum wheel

Mecanum wheel은 45° 각도로 달려있는 여러 개의 룰에 의해 바퀴 회전 시 45° 각도로 힘을 받아 움직이게 된다. Car body의 전체적인 움직임은 각 바퀴의 벡터 합

의 방향으로 이동하게 된다. 그림5에 표시된 것처럼 전후 좌우, 대각선 4방향, 시계 및 반시계 방향 턴 등 총 10가지 방향으로 이동이 가능해서 화재 현장의 특수한 상황에서도 차체의 회전 없이 원하는 방향으로 이동할 수 있도록 설계하였다.

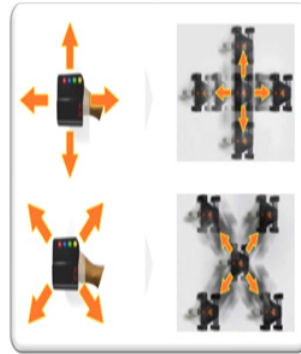


그림 5. Mecanum wheel 의 이동방향
Fig. 5. Direction of Mecanum wheel Movement

장애물을 만나서 정상 이동이 어려운 경우를 가정하여 로봇 팔을 장착해서 장애물을 치우며 이동할 수 있도록 설계하였다. 로봇 팔은 휴머노이드 로봇의 관절에 주로 사용되는 Dynamixel을 선택하고, 사용자가 구동 시키기 용이하도록 5개의 모터를 사용 사람의 팔과 유사한 형태로 설계하였다. Mecanum wheel을 통해 움직이는 Drive Mode, Turn Mode, 로봇 팔을 이용해 장애물을 치우는 Grab Mode 의 제어는 Control device에 ARS Sensor와 Pressure Sensor를 이용하여 사용자가 쉽게 제어할 수 있도록 설계하였다.



그림 6. grab mode 동작
Fig. 6. grab mode operation

또한 Laser 모듈을 사용한 포인터를 장착하여 로봇 팔을 이용해서 Grab이 가능한 위치를 사용자가 정확히 알

수 있도록 하였고, PIR Sensor로 피해자를 파악할 수 있도록 설계하였다. 전력 사용량이 1W로 저전압, 고 전류로 구동되는 Power LED를 car body의 전조등으로 설계했고 열에 약한 LED의 취약점을 고려하여 방열판을 부착하였다. 차체에 내장된 회로에는 $1K\Omega$ 가변저항을 달아 사용자가 원하는 밝기로 조절하여 사용할 수 있도록 설계하였다.

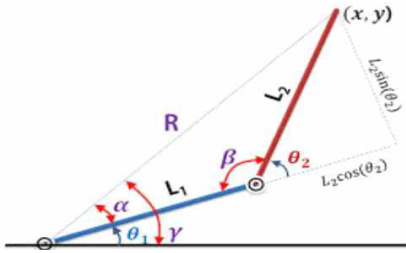


그림 7. Inverse Kinematics
 Fig. 7. Inverse Kinematics

포인터로 지시된 위치를 모터의 제어 각으로 변환하기 위해 Inverse Kinematics를 적용 했다. 여기에 Motion profiling을 적용하여 로봇 팔이 자연스럽게 움직이도록 설계 하였다. 각각의 모터에 대한 제어 각의 비율을 구한 후 큰 각도로 움직이는 모터에 대해선 더 빠르게 움직이도록 해 동작이 끝나는 시점을 맞추었다.

화재상황을 실시간으로 전송받기 위해 무선 Wifi로 영상을 전송해주는 DRC-Wifi V3.0 카메라 모듈을 사용하였고, 이를 통해 사용자의 핸드폰으로 사고현장의 영상을 받아볼 수 있게 설계하였다. 일반 DC모터 대신 최대 Torque가 $7.5kg*cm$ 인 기어드모터를 동력으로 선택했고, 로봇의 기능 중 하나인 Rewind Mode의 동작을 위해 거리 값을 Feedback 할 수 있는 엔코더모터를 부착했다.

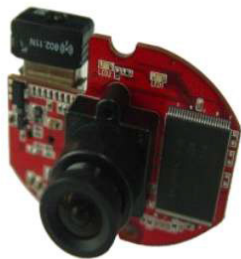


그림 8. DRC-Wifi V3.0 카메라 모듈
 Fig. 8. DRC-Wifi V3.0 camera module

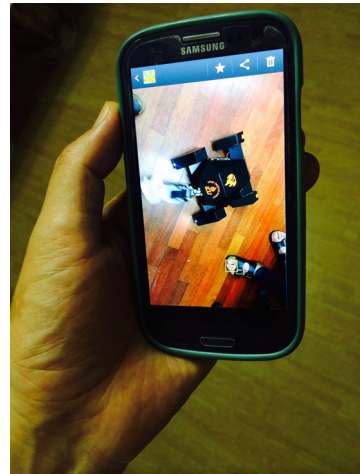


그림 9. 스마트폰 사진
 Fig. 9. Photography of smart phone

Control device의 내부 회로는 그림 10과 같이 ARS, Xbee 등을 간결하게 구성하여 추후 고장진단 및 회로 응용이 쉽도록 설계되었다.

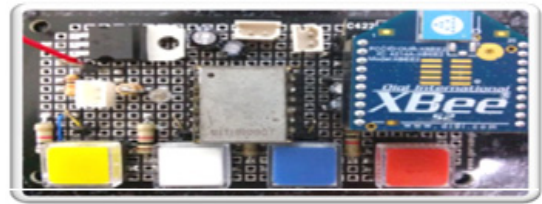


그림 10. Control device 회로
 Fig. 10. Control device circuit

제작된 prototype 로봇의 외관 형태와 동작사진은 그림 11과 같다.



그림 11. 원격조정 로봇의 구조 및 실제 동작 사진
 Fig. 11. Photography of Remote control Robot Architecture and practical operation

V. 결론

본 논문에서는 안드로이드 체제 스마트폰을 이용하여 화재 발생 현장의 정보를 제공하고 피해자의 위치를 인식하고 초기 대응으로 인명을 구제 할 수 있는 방재 로봇의 초기 모델을 설계하고 제작하였다. prototype 로봇의 구동을 통해서 로봇 팔에 사용된 Dynamixel을 바퀴로 사용될 때의 Rolling 모드가 아닌 일반모드에서는 300°를 0~1023의 단계로 나누어 스텝 당 약 0.29° 씩 제어할 수 있음을 확인 하였다. 초소형 Laser 모듈형 포인터 부착으로 시야가 확보되지 않는 화재 발생 현장에서도 제거해야할 장애물이나 생존자를 정확하게 파악하고 처리 및 구조가 용이 함을 확인 하였다. 또한 PIR 센서가 피해자를 쉽게 파악 할 수 있도록 하였으며 Pressure sensor는 사용자가 직접 장애물을 잡는 느낌이 나도록 Control device의 감싸 쥐는 부분에 추가 설계 함으로써 Control device를 쥐는 강도에 따라 Grab의 단계를 10단계로 변경 가능하도록 설계되었다. 본 로봇이 실제 상황에서 사용된다면 극한 상황에서의 생존자 구조와 방재 활동에서 발생 할 수 있는 소방관들의 피해를 최소화 하는 등의 목적을 달성할 것으로 사료된다.

향후 연구과제로는 제작된 시제품 로봇의 차체 구조를 300°C 이상의 고온에 견딜 수 있는 자재로 교체하는 문제와 로봇의 전체적인 크기와 무게를 조정하는 문제, 보관중인 로봇의 대기 전원의 수명을 연장 시키는 방안과 wifi 상태가 불량하여 스마트폰 어플이 연동 되지 않는 최악의 경우를 가정한 대응책에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

References

- [1] Jai-Pil Jeon, Hae-Sool Yang, "A Study on method to construct system of u-Safe disaster management support", The Journal of The Korea Academia-Industrial cooperation Society, proceeding of the annual spring conference, pp. 121-124, 2008.
- [2] Sung-Soo Kim, Nam-Wook Cho, Eun-Ha Oh, Dong-Ho Rie, "A Research for Pathological Analysis of Hydrogen Fluoride(HF) Toxicity ", The Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation(KOSHAM), Vol.12, No.6, pp. 15-21, 2012.
- [3] Jin-Dong Kim, " An Analysis on the Order of Priority in Disaster Management Policy", The Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation (KOSHAM), Vol.10, No.2, pp. 61-68 , 2010.
- [4] Soon-Joo Wang , Jae-Myeong Chung, " Analysis of Patient Transport in Taegu Fire Disaster", The Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation (KOSHAM), proceeding of the annual spring conference, pp. 248-254, 2003.
- [5] Eui-Tae Yoo, Sung -Je Cho, " Incident Shock and Related Factors in Rescue Workers", The Journal of The Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.14, No5, pp. 2225-2233 , 2013.
- [6] Eui-Tae Yoo, Sung -Je Cho, " The Impact of Emotional Exhaustion and Physical Symptoms in about Rescue Workers Incident Shock", The Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation (KOSHAM), Vol.13, No3, pp. 69-75 , 2013.
- [7] Hwa-Min Lee, Sung-Jai Choi, " Design and Implementation of Bridge Information System using Smart Phone", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol.13, No.5, pp. 155-161 , 2013.
- [8] Joong-Jin Park, Chang-Hee Chung, "Development of Location Estimation and Navigation System of Mobile Robots Using USN and LEGO Mindstorms NXT", The Journal of The Institute of Control, Robotics and Systems ,Vol.16, No.3, pp. 215-221 , 2010.
- [9] Joong-Jin Park, Gyoo-Seok Choi, Chang-Hee Chung, In-Ku Park, Jeong-JinKang, "Remote Navigation and Monitoring System for Mobile Robot Using Smart Phone", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol.11, No.6, pp. 207-214, 2011.
- [10] HanBACK Electronics LTD, "Ubiquitous Sensor Network System", ITC, pp. 1-90, 2007.
- [11] Soon-Hwa Lee, Jae-Sun Yoon, Chang-Bock Kim, Seung -Gag Lim, "A Scheme of Relay Device

Deployment for Rapid Formed the Adhoc Backbone network and Optimization of Communication Coverage in Disaster Scene”, The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol.11, No.6, pp. 31-39, 2011.

저자 소개

최 성 재(중신회원)



- 1981년 : 충남대학교 전자공학과 (공학사)
- 1985년 : 한양대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2004년 : 명지대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2007년 ~ 현재 : 가천대학교 IT대학 전자공학과 교수

<주관심분야 : 반도체 소자 제조공정기술, RF 회로해석, 인터넷방송통신 융합부분, RF Mobile 통신, RFID/USN 응용분야>