

논문 2011-48SC-5-13

스마트폰을 이용한 정찰 및 전투 로봇의 설계와 구현

(Design and Implementation of Surveillance and Combat Robot Using Smart Phone)

김도현*, 박영식**, 권성갑***, 양영일*

(Do-Hyun Kim, Young-Sik Park, Sung-Gab Kwon, and Yeong-Yil Yang)

요약

본 논문에서는 스마트폰을 이용하여 원격감시 및 로봇제어를 위하여 로봇기술(*RT, Robot Technology*)과 정보기술(*IT, Information Technology*)의 융합기술인 *RITS*을 활용하여 구현된 정찰 및 전투 로봇의 프레임워크를 제안한다. 구현된 시스템에서 로봇에 장착된 카메라폰은 로봇을 제어하는데 활용할 뿐만 아니라 원격지에 있는 운용자의 스마트폰으로 영상정보를 전송한다. 따라서 운용자는 스마트폰의 주변지역을 정찰할 수 있다. 또한 운용자는 스마트폰을 이용하여 로봇의 움직임을 제어할 뿐만 아니라, 스마트폰으로 명령을 내려 로봇에 장착한 무기를 발사할 수 있다. 실험결과, 3세대 이동통신을 이용하여 원격지에서 실시간으로 로봇의 주변 환경을 정찰하고 로봇을 제어할 수 있을 뿐 아니라, 시야에서 관찰되는 영역에 로봇 있을 경우 2세대 이동통신이나 유선 전화기를 이용하여 실시간으로 로봇을 제어할 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose the surveillance and combat robot framework for remote monitoring and robot control on the smart phone, which is implemented with the fusion technology called *RITS(Robot technology & Information Technology System)*. In our implemented system, the camera phone mounted on the robot generates signals to control the robot and sends images to the smart phone of the operator. Therefore, we can monitor the surrounding area of the robot with the smart phone. Besides the control of the movement of the robot, we can fire the weapons armed on the robot by sending the fire command. From experimental results, we can conclude that it's possible to control the robot and monitor the surrounding area of the robot and fire the weapons in real time in the region where the *3G(Generation)* mobile communication is possible. In addition, we controlled the robot using the *2G* mobile communication or wired phone when the robot is in the visual range.

Keywords : Smart Phone, RITS, Surveillance and Combat Robot, 3G/2G Mobile Communication, DTMF

I. 서론

최근 아프가니스탄전과 이라크전에서 새로운 전쟁양상을 볼 수 있다. 미군은 약 400대 이상의 로봇병사들

을 실전에 투입하였고, 각종 폭발물 제거, 감시 및 정찰 임무를 훌륭히 수행하고 있다. 미 육군의 미래전투체계(*FCS, Future Combat System*)계획과 맞물려 전투로봇까지 투입되고 있는 실정이다^[1].

현재 로봇기술(*RT, Robot Technology*)에 대한 투자가 선진국을 중심으로 이루어져 있고 우리나라도 국가 주도로 집중적인 투자가 이루어지고 있다. 최근 로봇은 그 동안 주류를 이루던 산업용 로봇과는 달리 인간친화 인터페이스, 상호작용기술, 음성 인식, 물체 인식, 사용자 의도 파악 등 갖가지 최첨단 기술들이 요구되는 퍼스널 로봇, 복지 및 서비스 로봇 등이 각광을 받고 있

* 정회원, 경상대학교 반도체공학과
(Dept. of Semiconductor Engineering, Gyeongsang National University)

** 정회원, 진주MBC 경영기술국
(Jinju MBC)

*** 정회원, 연암공업대학 디지털 정보전자과
(Dept. of Digital Information Electronics, Yonam Institute of Digital Technology)

접수일자: 2010년8월20일, 수정완료일: 2011년8월8일

다. 로봇을 실제적으로 적용가능하고 널리 그 효과를 과급시킬 수 있는 분야중 하나는 국방 분야이다^[2].

한편, 로봇기술분야의 발전과 함께 휴대폰 기술은 정보기술(IT, Information Technology) 분야의 핵심기술로 산업 및 경제적으로도 매우 중요한 위치에 있다. 또한 PDA와 휴대폰이 결합된 스마트폰(Smart Phone)은 차세대 통신기기로서 카메라, MP3, DMB, 네비게이션 등의 고기능을 접목시켜 소비자의 기능에 대한 욕구를 증대시키고 있다. 그러나 이와 같은 기술들은 대부분 멀티미디어와 엔터테인먼트 중심의 콘텐츠 기반의 통신 서비스 기능에 만족해야한다.

본 논문에서 구현된 시스템은 스마트폰을 이용하여 실시간으로 로봇의 주변 환경을 모니터링하고 로봇의 이동을 제어할 뿐만 아니라 필요시 로봇에 장착한 무기를 발사하여 전투 임무를 수행하는 디지털 컨버전스의 대표적인 모델로 로봇기술(RT)과 정보기술(IT)의 접목 기술인 RITSRT&IT System)로 21세기 산업 및 경제적, 군사적으로 매우 중요한 분야가 될 것이다.

본 논문에서 개발된 로봇은 사용목적에 따라서 중소 대급에서 지뢰탐색, 제거, 정찰, 경계 및 순찰하는 용도로 군의 여러 분야에 적용할 수 있으며, 특히 실전에 투입하여 살상 또는 비살상 무기를 장착하여 원격으로 경고 및 사격까지 가능하여 적을 효율적으로 제압할 수 있다.

본 논문에서는 2세대 이동통신기술과 3세대 이동통신기술을 이용하여 근거리 및 원거리에서 로봇의 주변 환경을 모니터링하고 로봇을 제어할 수 있는 시스템을 설계하고 구현하였다. 구현결과, 적은 비용으로 이동통신이 가능한 지역에서 실시간으로 정찰 및 전투임무를 수행할 수 있음을 확인할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 정찰 및 전투 로봇의 프레임워크에 대하여 자세히 설명한다. III장에서 스마트폰을 이용한 로봇 시스템과 DTMF 톤 감지기 및 로봇제어 신호전달 시스템에 대하여 간략히 기술한다. IV장에서는 시스템 구현 및 시스템의 유효성을 확인하기 위한 실험을 수행하고 그 결과에 대하여 고찰한 후, 마지막으로 V장에서 결론을 맺도록 하겠다.

II. 정찰 및 전투 로봇 프레임워크

휴대전화를 이용하는 무선통신 기술은 전송되는 음성과 데이터 속도와 콘텐츠의 종류에 따라 1G

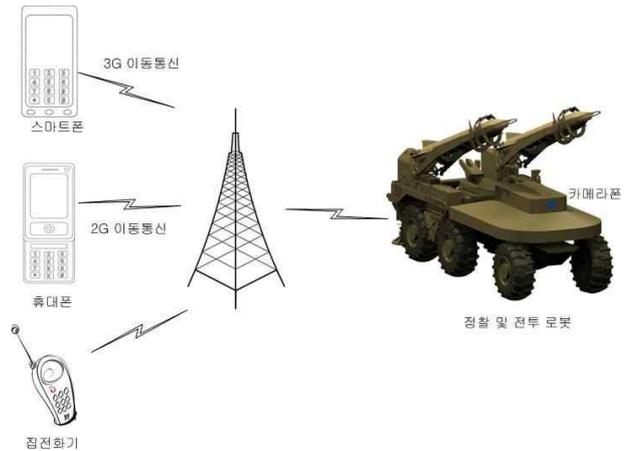


그림 1. 로봇과 송수신단말기로 구성되어 있는 정찰 및 전투 로봇의 프레임워크.

Fig. 1. The framework of surveillance and combat robot consisting of robot and terminals with Tx/Rx.

(Generation), 2G, 3G와 스마트폰으로 다양하게 발전하여 왔다. 1세대 이동통신인 1G는 아날로그 신호를 직접 전송하지만, 2세대 이동통신인 2G에서는 디지털 데이터의 전송으로 깨끗한 음질과 디지털 서비스 제공이 가능하다. 2G에서는 저속의 데이터 전송이 가능한 데 비해, 3세대 이동통신인 3G는 고품질 영상통화가 가능할 정도의 고속 데이터를 전송할 수 있는 환경을 제공한다. 본 장에서는 2G와 3G 이동통신 기술을 사용하여 근거리 및 원거리에서 스마트폰(Smart Phone)을 이용하여 로봇 주위를 감시하고 로봇차량을 제어하며 필요시 장착된 무기를 발사하여 전투 임무를 수행하는 정찰 및 전투 로봇의 프레임워크를 기술한다.

그림 1은 본 논문에서 제안하는 정찰 및 전투 로봇의 프레임워크를 보여준다. 프레임워크는 영상과 명령을 전달하는 송수신 단말기와 로봇으로 구성되어 있다. 로봇에는 외부와 신호를 교환하기 위하여 카메라폰이 탑재되어 있으며, 로봇은 사용자가 스마트폰과 일반 폰 및 집전화기를 이용하여 실시간 정찰 및 제어가 가능하다. 운용자는 스마트폰을 이용하여 원거리 있는 로봇에 장착되어 있는 카메라에 입력되는 영상을 통하여 로봇 주위의 상황을 인식할 수 있고, 운용자의 스마트폰의 입력키를 이용하여 로봇에게 이동명령 및 발포명령을 줄 수 있다. 또한 시야에서 관찰되는 영역에 로봇이 있을 경우 2세대 이동통신이나 유선 전화기를 이용하여 실시간으로 로봇을 제어할 수 있다.

II장 1절에서는 정찰 및 전투 로봇의 구성과 기능에 대하여 설명하고, II장 2절에서는 정찰 및 전투 로봇의

운용에 대하여 설명한다.

1. 정찰 및 전투 로봇의 구성과 기능

정찰 및 전투 로봇 시스템은 모듈화된 통신 장비인 카메라폰과 무기를 장착할 수 있는 로봇차량, 장착무기, 병사에 의해서 조정되는 원격 통제시스템인 스마트폰으로 구성된다.

그림 2는 정찰 및 전투 로봇 시스템의 블록다이어그램을 보여준다. Tx/Rx Module은 운용자의 송수신 단말기로 통신을 수행하며 영상과 자료를 보내거나 자료를 수신하는 기능을 수행한다. Tx/Rx Module은 2G/3G 이동통신기술을 이용한다. Motor Driving Module은 로봇을 구동하기 위한 모터구동 신호를 생성한다. 로봇에는 여러 가지 센서가 장착되어 있다. Sensing Module은 센서로부터의 데이터를 처리하는 모듈로 인체 감지부, 거리 감지부, 장애물 감지부 등으로 구성되어 있다. Image Input Module은 카메라폰으로부터 영상이 입력된다. Display Module은 정보를 보여주거나 위험 시 경고음을 발생한다. Processing Module은 Tx/Rx Module, Sensing Module, Image Input Module로 부터의 신호와 명령을 해석하고 분석하여 임무를 수행한다.

보병이 사용하는 전투로봇은 휴대할 수 있도록 경량화해야 하며 로봇에 장착하는 센서들은 모듈화하고 임무를 고려하여 장착 할 수 있도록 한다. 전투로봇은 6개의 바퀴로 구동되며, 각 휠은 각각의 DC 모터로 구동된다. 횡방향제어(Lateral/Steering Control)와 종방향제어(Longitudinal/Speed and Spacing Control)가 가능하고 제자리에서 360도 회전도 가능하다. 거리탐지를 위해서는 4~30cm의 거리 탐지가 가능한 Sharp사의

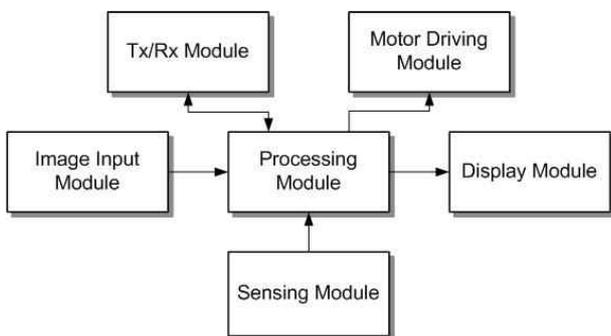


그림 2. Surveillance and Combat Robot의 블록다이어그램.

Fig. 2. The block diagram of Surveillance and Combat Robot.

GP2D120 IR 센서를 채택하였는데 전방향으로 탐지가 가능하도록 2개를 전면에 배치하였다. 그리고 비교적 근거리에서 거리 정확도가 높고, 온도변화(-10°~60°)에 영향을 덜 받으며, 센서 중에서 저렴한 IR 센서를 사용하였다.

2. 정찰 및 전투 로봇 운용

운용자는 송수신 단말기를 사용하여 로봇을 제어하거나 로봇으로부터 정보를 받는다. 정찰 및 전투 로봇 프레임워크에서 사용되는 송수신 단말기로는 그림 1에서 보여주는 것과 같이 스마트폰이나 휴대폰 단말기 및 유선전화 3종류를 사용하고 있다.

스마트폰을 이용하여 로봇을 운용하는 방식은 원격지에 있는 운용자가 3G 이동통신 망을 이용하여 스마트폰에 내장된 버튼을 눌러 명령을 로봇에 보내어 실시간으로 제어하는 방식이다. 운용자는 원격운용을 위해 정찰 및 전투 로봇을 운용지역으로 이동시킨다. 운용자는 원격통제 시스템인 스마트폰 단말기의 영상정보를 분석하면서 전투로봇의 정찰 임무를 계속 수행한다. 스마트폰으로 수신된 정보에서 적이 근접할 경우 로봇을 이용하여 원격경고와 교전이 가능하다.

2G 이동통신 휴대폰 단말기를 이용하여 로봇을 운용하는 방식은 로봇이 시야로 확인할 수 있는 근거리에 있는 경우 유용한 방식으로 휴대폰의 키패드 버튼을 이용하여 명령을 로봇에 전달하여 실시간으로 운용하는 방식이다.

운용자가 2G/3G 통신이 불가능한 곳에 있을 경우에는 유선전화를 이용하여 로봇의 움직임을 관찰하면서 운용할 수 있다.

현재 정찰 및 전투 로봇은 2가지 동작모드로 동작할 수 있다. 수동모드는 스마트폰이나 휴대폰 및 유선전화를 이용하여 로봇을 직접 제어하는 모드이다. 반면 자동모드는 정해진 경로를 따라 정찰하는 모드로 미리 정해진 상황이 발생했을 때 로봇은 경고음을 발생하고, 로봇에 탑재된 휴대폰 모듈의 카메라를 이용하여 주변 환경의 영상을 원격지에 있는 운용자에게 전송하는 모드이다.

III. 정찰 및 전투 로봇의 송수신 하드웨어 구조

본 논문에서는 2G/3G 이동통신 기술을 사용하여 원격지에 위치한 로봇과 정보를 주고받으며 로봇을 제어

하는 방법을 제안한다. 본 장에서는 정찰 및 전투 로봇에서 카메라폰과 데이터를 교환하는 하드웨어 구조에 대하여 자세히 설명한다.

그림 3은 그림 1의 Tx/Rx Module과 Processing Module에서 카메라폰과 데이터를 교환하는 부분의 구조를 보여준다. 카메라폰과 데이터 교환을 위해 카메라폰의 DS(Data Service) port와 DM(Diagnostic Monitor) port를 이용하였다. 그림 3에서 DTMF(Dual Tone Multi Frequency) Receiver 블록은 카메라폰에서 출력되는 DS port 신호를 변환하여 Processing module로 전달하는 블록이고 DM Driver 블록은 Processing Module에서 전달되는 데이터를 카메라폰의 신호로 변환하여 전달하는 블록이다.

그림 3에서 DTMF Receiver 블록은 카메라폰의 DS port에서 출력되는 신호로부터 음성신호와 키패드 입력 신호를 분리한 후 키 입력 신호에서 주파수를 찾아내고 버튼에 해당되는 디지털신호를 생성하여 Processing Module로 전달한다. Processing Module에서는 DTMF Receiver 블록에서 전달되는 명령을 받아 로봇을 구동하는 신호를 생성하여 로봇은 주어진 임무를 수행하게 된다. 또한 DTMF Receiver 블록은 분리된 음성신호를 로봇의 스피커를 통하여 출력한다.

DM Driver 블록은 Processing Module에서 발생된 신호에 의해 다이얼 톤을 생성하여 전화를 걸고 운용자에게 음성 및 영상을 전달하는 기능을 수행한다. 자동 모드에서 동작할 때 미리 정해진 상황이 발생하면 로봇은 DM Driver 블록에서 신호를 생성하여 탑재된 휴대폰 모듈의 카메라를 이용하여 주변 환경의 영상을 원격지에 있는 운용자에게 전송한다.

정찰 및 전투 로봇을 운용할 때 운용자는 카메라폰에서 그림 4와 같이 배치된 키패드를 눌러 명령을 전달할 수 있다. 현재 구성된 명령어는 다음과 같다.

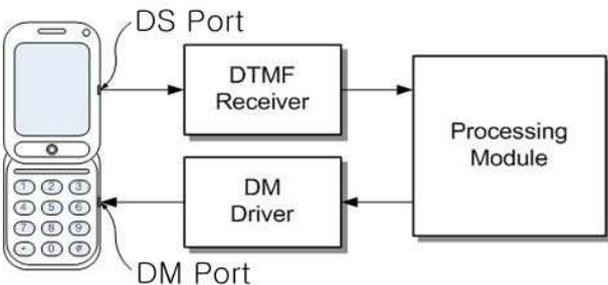


그림 3. Rx/Tx Module의 내부 블록 다이어그램.
Fig. 3. The detailed block diagram of Rx/Tx Module.

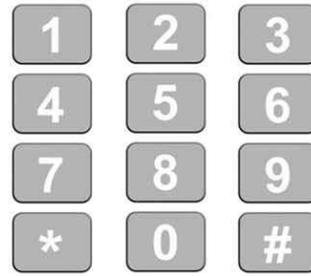


그림 4. 휴대폰 키패드의 배치
Fig. 4. The arrangement of the mobile phone keypad.

- 시작명령 : 그림 4의 1번 버튼을 3번 누름.
- 전진명령 : 그림 4의 2번 버튼을 누름.
- 후진명령 : 그림 4의 8번 버튼을 누름.
- 좌측방향전환명령 : 그림 4의 4번 버튼을 누름.
- 우측방향전환명령 : 그림 4의 6번 버튼을 누름.
- 무기발사명령 : 그림 4의 5번 버튼을 누름.
- 발사명령취소 : 그림 4의 7번 버튼을 누름.

위에 기술한 단순한 명령 외에도 여러 가지 다양한 명령을 전달할 수 있다.

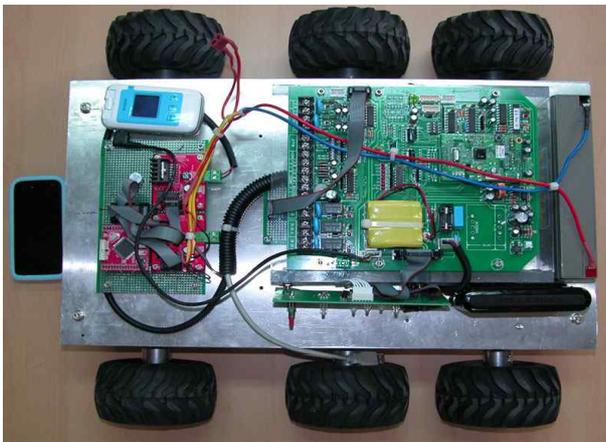
IV. 시스템 구현 및 실험

그림 5는 하드웨어로 구현된 정찰 및 전투 로봇 시스템과 로봇 차량의 외형을 보여 주고 있다. 그림 5에서 로봇에 장착된 카메라폰은 KT 통신망을 사용하고 운용자는 최신 스마트폰과 국내 이동 통신사망을 이용해서 실시간으로 정찰 및 제어가 가능한지 실험하였다. 또한 다양한 이동통신 단말기와 전화를 이용하여 로봇이 실시간으로 제어됨을 실험하였다.

실험결과 2세대 이동통신 단말기를 이용하여 정찰 및 전투 로봇의 운영은 이동통신 3사(SKTEL, KT, LGU+) 통신망에서 모두 성공적으로 수행되었으며, 영상통신을 이용하는 3세대 이동통신 기술을 이용한 정찰 및 전투 로봇의 제어는 KT와 SKTEL 통신망에서 성공적으로 수행되었다.

그림 6은 최근에 삼성에서 출시된 스마트폰 갤럭시S를 이용하여 로봇의 주변 환경을 모니터링하면서 터치키 입력으로 로봇을 실시간으로 제어하는 장면이다. 입력키를 누른 후 로봇이 동작하기까지 약 0.3초가 소요됨을 영상 분석을 통해 관찰 하였다.

영상분석을 위해 그림 7과 같이 동영상 편집 프로그램을 사용하여 휴대폰의 버튼 동작과 로봇의 바퀴의 움



(a)



(b)

그림 5. (a) 정찰 및 전투 로봇 시스템 구현 (b) 정찰 및 전투 로봇 외형

Fig. 5. (a) The implementation of surveillance and combat robot system (b) The exterior of surveillance and combat robot.



그림 6. 스마트폰 삼성 갤럭시(Galaxy)S를 이용한 정찰 및 전투 로봇 운영

Fig. 6. Operation of surveillance and combat robot system using samsung smart phone called Galaxy S.

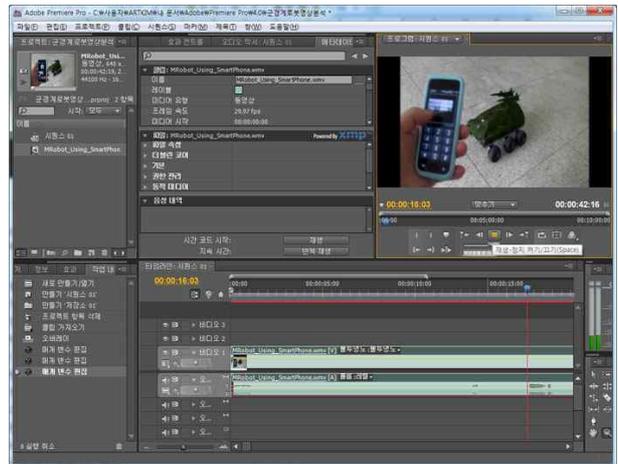


그림 7. 영상 자료를 이용한 영상 분석

Fig. 7. Imaging analysis using images data.

직임을 동시에 관찰할 수 있는 640×480 크기의 29.97 fps의 동영상을 이용하였다. 이동통신에서 통신지연시간은 사용자들의 통화량과 서로 다른 통신망간의 변환 기술에 따라 지연 시간이 조금씩 차이가 난다. 지연시간을 줄이기 위해서는 통신사는 가정용 전화, 휴대전화 등 다양한 방식의 음성통신망을 효율적으로 연결시켜주는 고품질의 통합기술이 요구된다.

향후 과제로는 GPS와 비전센서를 융합하여 로봇의 경로계획과 효율적인 장애물 회피 알고리즘을 적용하여 더욱 지능적인 정찰 및 자율주행이 가능한 로봇을 구현하도록 해야 하겠다.

V. 결 론

본 논문에서는 2G/3G 이동통신과 유선전화를 이용하여 원격제어가 가능하며 주변의 환경을 정찰하며, 필요시 로봇에 장착한 무기를 발사하여 전투 임무를 수행하는 로봇을 설계하고 구현하였다. 구현한 시스템은 카메라폰이 탑재된 감시로봇을 운용자가 스마트폰을 이용해서 언제 어디서든지 로봇의 주변 환경을 모니터링하면서 스마트폰으로 로봇을 제어할 수 있을 뿐만 아니라, 로봇이 장애물을 발견했을 경우 사용자에게 현장의 상황을 영상으로 전송한다. 실험결과, 제한한 방법은 3G 이동 통신이 가능한 지역에서 실시간으로 로봇의 주변 환경을 화상으로 감시하고 원격으로 로봇을 제어 할 수 있을 뿐 아니라, 시야에서 관찰되는 영역에 로봇 있을 경우 2세대 이동통신이나 유선 전화를 이용하여 실시간으로 로봇을 제어할 수 있었다.

본 논문에서 개발된 정찰 및 전투로봇은 휴대용 소형 로봇으로 작전지역 경계 및 감시, 근거리 정찰 임무를 수행 할 뿐만 아니라, 이라크전과 같은 도시에서 일어나는 적 저격소와 급조폭발물의 위협에 대처하기 위해 도시형 전투로봇으로 활용할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] 서동철, 이우찬, 황춘식, “군 경계 및 감시로봇 운용개념 연구,” *한국군사과학기술학회지*, 제11권, 제1호, 5-14쪽, 2008년 2월
 [2] 오연택, “서비스 로봇의 동향 및 시장 전망,” *대한기계학회지 : 기계저널*, 제44권, 제4호, 34-43쪽, 2004년
 [3] 이문구, “실시간 무선 원격 제어 시스템에 관한 연구,” *전자공학회논문지*, 제46권, CI편, 제6호, 163-169쪽, 2009년

[4] 이동명, “원격제어기반 이동체 감지 및 변형 퍼스널 로봇시스템 설계 및 구현,” *한국산학기술학회논문지*, Vol. 11, No. 1, 159-165쪽, 2010년
 [5] Chao-Lon Wa, “Mobile Agent Based Integrated Control Architecture for Home Automation System,” *IROS*, Vol. 4, pp. 3668-3673, 2004
 [6] 정성욱, 조상현, 김태효, 박영식, “JAUS표준 기반의 모바일 로봇 원격제어 시스템 구현에 관한 연구,” *신호처리·시스템학회논문지*, 제9권, 제3호, 230-237쪽, 2008년
 [7] 김대현, 최양광, 김영석, “인터넷 웹 기반의 PSPM 원격제어시스템,” *전자공학회논문지*, 제41권, SC편, 제2호, 71-78쪽, 2009년
 [8] 최윤구, 송재복, “누적된 거리정보를 이용한 저가 IR 센서 기반 위치추정,” *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, Vol. 15, No. 8, August, 2009

저 자 소 개



김도현(정회원)
 1996년 경상대학교 반도체공학과 학사졸업
 1998년 경상대학교 반도체공학과 석사졸업
 2010년 경상대학교 반도체공학과 박사수료

<주관심분야 : 실시간영상처리, ASIC>



박영식(정회원)
 1997년 경상대학교 반도체공학과 학사졸업
 2011년 경상대학교 반도체공학과 석사졸업
 1997년 5월~현재 진주MBC 경영기술국

<주관심분야 : 디지털영상처리, 이동통신>



권성갑(정회원)
 1995년 경남과학기술대학교 전자공학과 학사졸업
 2010년 연암공업대학 디지털정보전자과 겸임교수
 1986년~현재 진주MBC 경영기술국

2000년~현재 (주)텔레비트 지도교수
 <주관심분야 : 이동통신, 방범재난 감시시스템>



양영일(정회원)
 1983년 경북대학교 전자공학과 학사졸업
 1985년 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사졸업
 1989년 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학박사졸업

1990년~현재 경상대학교 반도체공학과 교수, 공학연구원 연구원
 <주관심분야 : VLSI, 실시간영상처리>