



## 모바일 임베디드 기반의 물체검출 영상처리

Object Detection Image Processing based on the Mobile Embedded Environment

---

저자 (Authors)	김상훈, 권혁성 Sang-Hoon Kim, Hyuk-Sung Kwon
출처 (Source)	<a href="#">한국컴퓨터게임학회논문지 26(1)</a> , 2013.3, 115-121 (7 pages) <a href="#">Journal of The Korean Society for Computer Game 26(1)</a> , 2013.3, 115-121 (7 pages)
발행처 (Publisher)	<a href="#">한국컴퓨터게임학회</a> Korean Society For Computer Game
URL	<a href="http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE02370499">http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE02370499</a>
APA Style	김상훈, 권혁성 (2013). 모바일 임베디드 기반의 물체검출 영상처리. 한국컴퓨터게임학회논문지, 26(1), 115-121.
이용정보 (Accessed)	광운대학교 128.134.57.*** 2018/05/08 02:35 (KST)

---

### 저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

### Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

## 모바일 임베디드 기반의 물체검출 영상처리

김상훈, 권혁성

### Object Detection Image Processing based on the Mobile Embedded Environment

Sang-Hoon Kim\*, Hyuk-Sung Kwon

Dept. of Electrical, Electronic and Control Engineering, Hankyong National University  
Seokjeong-dong, Ansung-city, Kyunggi-do, Korea

(received February 15, 2013 ; revised March 15, 2013 ; accepted March 08, 2013)

#### ABSTRACT

The robot in this paper combines the suction and aerodynamic attraction to achieve good balance between strong adhesion force and high mobility. Experimental results showed that the robot can move upward on the wall at the speed of 2.9m/min and carry 5kg payload in addition to 2.5kg self-weight, which record the highest payload capacity among climbing robots of similar size. With two 11.1V lithium-polymer battery, the robot can operate continuously for half hours. A wireless camera system, zigbee protocol module and several sensors was adopted for detecting dangerous situation on the wall and for sending alarm signals to remote sensor node or controller based on the color normalization and image segmentation technique.

**Key words :** wall climbing, object detection, embedded image processing, adhesion technique

\*Correspondence to: Sang-Hoon, Kim,  
Tel.: +82-31-670-5290

E-mail: kimsh@hknu.ac.kr

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.

#### 1. 서 론

문화와 IT기술이 융합하여 인간과 근접한 새로운 미래기술들이 발달함에 따라 자연스럽게 가정에서도 인간의 역할을 대신하여 생활의 편의를 제공하는 지능로봇의 개념과 필요성이 대두되고 있다. 특히 인간의 생활에 도움을 줄 수 있는 지능로봇은 궁극적으로는 바닥과 벽면까지도 포함하여 이동성이 좋아야하고, 소형이고 경량화된 컴퓨터 환경에서도 다양한 콘텐츠와 필요한 기능을 갖추기 위하여 강력하고 검증된 내장 소프트웨어 환경과 응용 프로그램을 잘 구비해야한다. 본 논문에서는 지능로봇이 가정이나 교육환경에서 인간을 대신해 감시기능 등 안전을 위한 역할을 수행하거나 저학년 아동에 대한 상호 반응적인 게임(Interactive game) 또는 로봇에 기반한 상호반응적인 교육(Interactive education based on the mobile robot) 등에 활용[10]될 수 있도록 하기 위하여, 지면과 벽면을 이동 가능하도록 하고 소형 카메라를 통한 영상처리가 가능한 임베디드 소프트웨어 환경을 구축함을 목표로 연구가 수행되었다.

이러한 연구를 위한 하드웨어 플랫폼인 벽면 이동형 로봇은 과거에는 대형 구조물들에서의 안전관리나 그것들의 유지 및 보수 작업의 필요성에 의해 수행되었다. 과거에는 사람에 의해 진행된 작업들이었으나 대부분의 검사 및 보수 작업이 위험

하고 효율이 떨어지므로 벽면을 이용한 지능로봇에 대한 다양한 연구가 최근에 진행되었다 [1][2][3][4].

본 논문에서는 기존의 연구들에서 제안한 방식 중, 부착방식으로는 벽면 흡착방식을 하드웨어의 대형화 및 환경의존성을 개선하기 위해 유리하다는 이유[5][6]로 선택하였으며, 이동방식에서는 이동성을 고려하여 상용 모터를 활용한 바퀴이동식 [6][7]을 선택하였다. 특히 본 논문은 벽로봇의 안정적인 부착과 이동성을 기반으로 벽면에서의 위험 요인 발견과 기타 생활속에서 필요한 대상 물체의 인지와 지능적인 처리를 위해 영상처리가 가능하고 원격의 스마트 단말기와 실시간 통신이 가능한 환경을 구축하였으며 이상 물질을 탐지하기 위해 색상성분을 정규화하고 특정객체를 탐지 후 영상을 전송하는 방법을 구현하였다. 이러한 기능은 무인로봇을 이용해 위험한 벽 환경에서의 균열이나 이상 원인을 지능적으로 탐색하는 분야에 응용 가능하다[8][9].

## 2. 임베디드 시스템의 구성

### 2.1 임베디드 시스템의 H/W 구성

Table 1. Embedded Test Board Specification

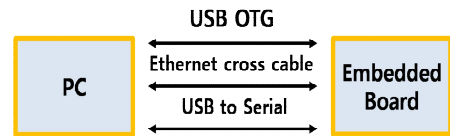
CPU	Samsung S5PV210 ARM Cortex A8	800MHz / 1GHz Application Processor
Memory	Mobile DDR2	512 Mbytes
	SLC NAND Flash	256 Mbytes
Display	7" WVGA (800*480) Color TFT with Touch Screen Interface	
Ethernet	SMSC LAN9220	10 / 100 Mbps Ethernet Controller
USB	USB 2.0 Host	
	USB 2.0 OTG	
Camera	5M Pixel CMOS Camera	
SD	SD / MMC Port 0	Standard SD Connector
	SD / MMC Port 1	Standard SD Connector
UART	UART Port 0	BT & Expansion Connector
	UART Port 1	D-SUB9 DEBUG
WiFi / Bluetooth	SDIO, 802.11 b/g 지원, BT(UART0)	

본 논문에서는 벽면 로봇 기반에서의 효율적인 영상처리를 위해 고성능의 영상획득을 위한 카메라 인터페이스, 처리된 데이터 저장을 위한 고사양의 메모리 컨트롤러, 결과값 출력을 위한 LCD 인터페이스등이 구비된 SoC를 선택하였다. 표 1은 이러한 요구조건을 갖춘 테스트 보드의 사양을 나타낸 것이다. 삼성의 S5PV210 마이크로 프로세서는 ARM Cortex A8 코어를 사용한 32bit RISC형 프로세서로서, 모바일 폰 및 일반 응용 제품들을 위한 저가, 저전력의 고성능 응용 프로세서이다. 또한 S5PV210은 ARMv7 아키텍처에서 SIMD확장

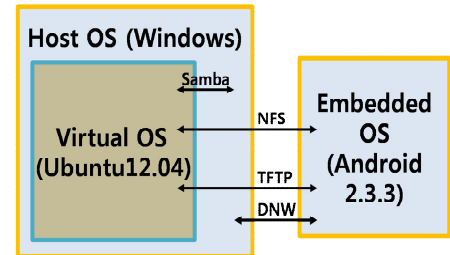
기능을 이용해 일부 최신 소프트웨어, 특히 미디어 코덱과 그래픽 가속기 부분에서 연산 유닛의 낭비를 개선하는 NEON 기술을 도입하였기 때문에 고속의 실시간 영상처리에 대하여 최선의 성능을 가진다.

이외에도 시스템 비용을 줄이고 시스템 전체적인 기능을 강화하기 위해 CMOS Camera, TFT LCD, Ethernet, UART, USB, WiFi / BT Module 등 많은 외부적 하드웨어를 포함하고 있다.

### 2.2 임베디드 시스템의 S/W 구성



(a) Cross Development Model for hardware



(b) Cross Development Model for software

Fig.1 Interface Environment between PC and Embedded board

그림 1은 PC와 임베디드 보드의 대략적인 환경 구성도이다. 임베디드 보드는 최대한 간결하게 구성되어야하는 본연의 특징을 살리기 위해 내부적으로 컴파일러가 존재하지 않는다. 그러므로 PC와 임베디드 보드 사이에 교차 개발 환경(Cross Development Environment)을 구성하여야 한다. NFS와 TFTP를 이용하기 위하여 Ethernet cross cable을 연결하였고 DNW를 이용하기 위하여 USB OTG와 USB to Serial cable을 연결하였다. 안드로이드에서는 ADB Interface를 지원하기 때문에 USB to Serial cable을 이용하여 실시간 디버깅이 가능하다.

S5PV210의 ADB 드라이버는 Windows 32bit OS에서만 지원 가능하므로 Host OS는 Windows로, 안드로이드를 포팅하여 범용적인 응용 프로그램들을 이용하기 위해 Ubuntu 12.04 LTS (Long Term Support)를 사용하는 환경을 구축하였다.

## 2.3 임베디드 시스템과 스마트폰의 데이터 흐름

그림 2는 Android OS를 사용하는 임베디드 보드와 스마트폰 간의 대략적인 데이터 흐름도이다. 임베디드 보드와 스마트폰이 하나의 소켓 통신 기반 연결망(Wi-Fi, Wi-Fi Direct등)으로 묶여있다는 가정 하에 두 개의 포트를 사용하여 임베디드 보드의 영상 획득부터 보드로부터 수신한 영상을 스마트폰에 출력하는 단계까지 포함하고 있다. 멀티쓰레드 방식을 이용 가능한 Android OS에서의 동작이기 때문에 리소스를 효과적으로 관리하기 위하여 UI등을 담당하는 메인 쓰레드를 제외한 두 개의 서브 쓰레드를 사용하였다. 그림 2의 일련의 과정들은 임베디드 시스템에 부착된 카메라를 동작시키고 카메라가 얻는 영상을 한 장씩 캡처하는 것부터 시작한다. 한 프레임씩 영상을 캡처할 때마다 쓰레드 A에서는 시그니처(Signature) 알고리즘을 이용한 색 검출 알고리즘이 실행되고 검출 내용이 전송되며 쓰레드B에서는 캡처된 영상을 JPEG포맷으로 압축하고 전송하게 된다. 캡처된 영상 하나는 정수형 버퍼(buffer)에 담아 보내지게 되는데 한번에 7~8만개 정도를 보내게 된다. 전송 받은 영상은 안드로이드에서 지원하는 ImageView에 뿌려지고 초당 10회 가량의 실시간 영상을 볼 수 있게 된다. 또한 Toast 기능을 사용하여 물체가 감지되었을 때의 검출 결과를 표시하며 SoundManager를 이용하여 경고음이 울리게 된다. 임베디드 시스템에서 위와 같은 과정이 진행되면 사용자는 스마트폰의 어플리케이션에서 올바른 색 검출 결과와 현재 로봇이 보고 있는 영상을 실시간으로 확인할 수 있다.

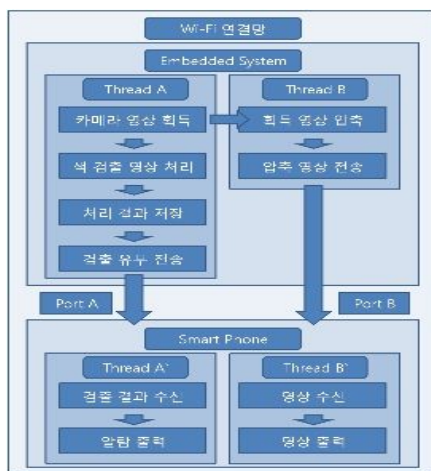


Fig.2 Data flow summary between embedded board and smart phone

## 3. 임베디드 시스템에서의 영상처리

### 3.1 색상 정규화(RGB Normalization) 알고리즘

색상 정규화 알고리즘은 빛의 세기와 상관없이 색상 요소들 간의 상관관계만으로 데이터 구조를 보편화하여 변환시키기 위한 방법이다. 즉, 자체 데이터에서 최장거리를 도출하여 이를 기준으로 모든 컬러 패치들의 RGB 데이터를 정정하는 것이며 RGB 컬러 모델에서 각 성분들을 정규화 하는 방법은 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned} R' &= R/(R+G+B) \\ G' &= G/(R+G+B) \\ B' &= B/(R+G+B) \end{aligned} \quad (1)$$

와 같다. 이는 0~1사이의 어떤 값을 가지게 되는데 실제로 정규화 된 값을 이용하려면 각 값에 255를 곱하여 0~255 사이로 매핑(mapping)하는 방법을 취할 수 있다.

### 3.2 시스니처 알고리즘(Signature Algorithm)

광원의 세기에 의한 영향을 줄이기 위해서 RGB 정규화 방식을 사용했지만 이는 단순하고 한 정된 상황을 가정한다는데에 한계가 있다. 이를 개선하기 위해 Signature 방식을 반복하게 된다[8][9]. 대략적인 방법은 광원의 세기에 대한 정규화를 마치고 광원의 색상에 대해 정규화를 취한다. 이와 같은 방법을 반복하면 화소값은 4~5회의 반복 실행이내에 유일한 값으로 수렴하게 되는데 2차원적인 정규화가 색상 성분간의 평균 비인 (1, 1, 1)의 방향으로 수렴하기 때문이다. 반복처리는 R, G 성분의 변화값이 일정한 임계값 이하로 고정될 때까지 수행하게 되며 그 결과 색상 성분의 분포가 Gaussian 분포와 유사하게 된다. 정의된 색상 분포를 이용하여 입력영상 I를 흑백영상 G로 변환하며 이 결과는 물체의 색상에 가까운 화소일수록 밝게 표현되는 효과를 얻는다. 색상 변환식은 식(2)와 같이 정의하고 물체의 고유 색상영역에 대한 모델을 제시하였다. 여기서 N은 입력 영상의 화소수이며  $\bar{r}$ 과  $\bar{g}$ 는 각각 r과 g색상분포의 Gaussian 평균을 나타낸다. 또한  $\sigma_r$ 과  $\sigma_g$ 는 각각 r, g의 표준편차를 나타낸다.

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma_r\sigma_g} e^{-\frac{1}{2}\left\{\frac{r(x,y)-\bar{r}}{\sigma_r^2} + \frac{g(x,y)-\bar{g}}{\sigma_g^2}\right\}} \quad (2)$$

### 3.3 영상분할 알고리즘(Segmentation Algorithm)

영상 세그멘테이션(segmentation)은 영상 내의 관심 대상이 되는 물체의 영역을 추출하기 위해서 널리 연구되어 왔다. 본 연구에서는 그레이 영상에서 영역확장(region growing)에 기초한 영상 세그멘테이션 알고리즘을 설계하고 이를 구현한다. 영상은 먼저 블록으로 나누어지고, 각 블록에 대하여 블록 내의 픽셀들의 명암도를 평균한 대표 명암도(representative intensity)가 결정된다. 특정블록으로부터 시작하여 비슷한 특성을 가진 인접 블록을 병합하는 방식으로 세그멘테이션이 진행되며, 인접 블록의 병합 여부는 병합 임계값(merging threshold)에 따라 결정된다. 본 논문에서 제시된 영상 세그멘테이션 알고리즘은 대부분의 영상 세그멘테이션 기법에서 채택하고 있는 영상 필터링이나 블러링 등의 노이즈를 제거하기 위한 전처리 과정이 불필요하기 때문에 빠르고, 과잉 세그멘테이션의 가능성을 감소시켰으며, 관심 대상이 되는 물체의 영역을 복수 개 포함하고 있는 그레이 영상에서의 영상 세그멘테이션에 적합하게 설계되었다.

영상 세그멘테이션은 각 영역이 동질의 특성을 가지게 하고 인접한 다른 영역은 서로 상이한 특성을 갖도록 영상을 복수 개의 영역으로 세그멘테이션하는 과정이다. 영상 세그멘테이션의 정형적인 정의는 식(3)과 같다.  $P()$ 가 인접 화소들의 그룹에 대하여 정의된 동질성 술어(homogeneity predicate)라 할 때, 영상 세그멘테이션은 집합  $F$ 를 연결된 복수 개의 부분 집합(subset) 혹은 영역( $S_1, S_2, \dots, S_n$ )으로 다음 조건을 충족시키면서 분할하는 것이다.

$$Y^N_{i=1} S_i = F, S_i \cap S_j = \emptyset, \text{ for } \forall i \neq j \quad (3)$$

영상 세그멘테이션 기법은 임계값(threshold)에 기초한 방법과 경계선에 기초한 방법, 영역에 기초한 방법 및 이들을 합성한 방법으로 구분할 수 있다. 본 논문에서는 임계값에 기초한 방법을 이용하며 원 영상을 이진 영상으로 변환하여 세그멘테이션을 함으로 임계값에 기초한 방법은 영상이 두 가지의 확연히 구분되는 영역을 가지고 있을 때 좋은 세그멘테이션을 제공한다

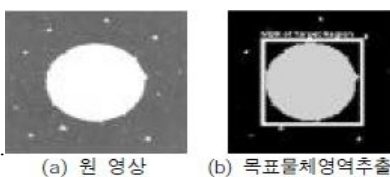


Fig.3 Object detected result

이와 같이 본 논문에서 수행된 임베디드 환경에서의 영상처리 전체 과정을 그림 4에서 보여준다.

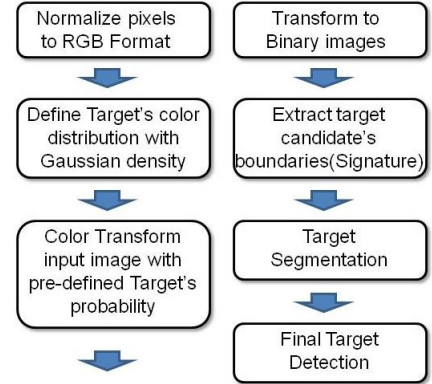


Fig. 4 Object detection procedure

## 4. 실험

### 4.1 실험 카메라 모듈의 SPEC

표 2는 실험 카메라 모듈인 MT9P111의 대략적인 사양이다. 5백만 화소의 MIPI형 카메라 모듈로 저전력과 적절한 해상도를 지원함으로써 이번 실험에 문제없이 동작하도록 되어있다.

Table 2. Specification of camera module

Input resolution	2592 * 1944
Output resolution	320 * 240
Frame rate (VGA)	30fps MAX
Frame rate (JPEG)	15fps MAX
Pixel	5M pixels
Input clock frequency	10 ~ 48MHz

### 4.2 압축률에 따른 송수신 속도

표 3은 위의 임베디드 시스템과 거의 흡사한 사양을 가진 스마트폰을 802.11g를 지원하는 Wi-Fi 환경에서 실험한 데이터이다. 영상의 해상도는 320 \* 240으로 고정하였으며 압축 포맷은 안드로이드에서 지원하는 JPEG으로 실험하였다. 압축률이 높을수록 전송 프레임 수는 높아지지만 높은 압축률에서는 물체 구분에 어려움이 따르므로 수신 영상의 질과 속도에 대한 절충선을 찾아야 할 필요가

있었는데 본문에서는 이 절충선을 50%로 결정할 수 있었다. 그림 5를 보면 압축률에 따른 영상 화질의 차이를 알 수 있다.

Table 3. Transferred frame rate according to the image compression rate

압축률(%)	초당 프레임 수(fps)
0%	1
25%	2~3
50%	5~6
75%	8

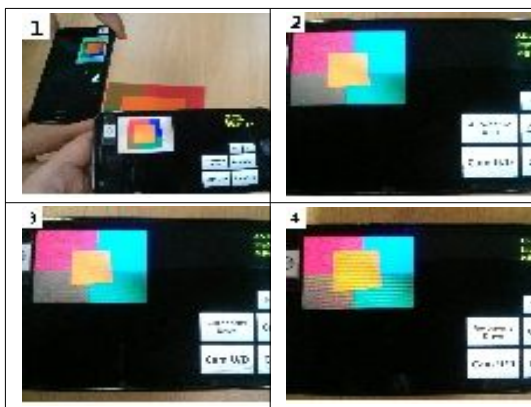


Fig. 5 Image quality in several compression rate (no.1-experiment environment, no.2-25%, no.3-50%, no.4 75%)

#### 4.3 함수별 크기 분석

표 4에서 알 수 있듯 기존의 PC에서나 가능했던 고사양의 영상처리를 임베디드 보드와 스마트폰에서 가능하게 하기 위하여 소스의 크기를 최대한 간소화하였다. 전체적인 소스의 크기가 크진 않지만 카메라에서 영상을 받아오는 부분이 콜백(Call back)형식으로 되어있기 때문에 꽤 많은 부하가 걸리는 것으로 예상된다.

Table 4. Comparison of program size for each function

	임베디드시스템	스마트폰
UDP통신	52	66
카메라	69	0
영상처리	162	0
영상 압축	5	0
블루투스	0	277
경고음	0	42
UI	6	128
자동 실행	10	0
총 크기	24KB	3,191KB

#### 4.4 화면에서의 확인

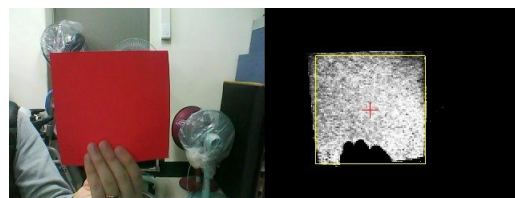


Fig. 6 Final test image for object detection

벽 로봇에 장착된 임베디드 보드의 카메라로 영상을 얻은 후, 그 결과를 임베디드 보드와 스마트폰의 플랫폼 환경에서 그림 4의 흐름도에 의한 영상처리 알고리즘을 적용하고 처리한 결과를 그림 6에서 보여주고 있다. 화면의 왼쪽은 왼쪽지에 있는 벽로봇에 부착된 MT9P111 카메라 모듈에 의해 캡처된 영상이고, 오른쪽 영상은 특정색상분포(빨강색)를 갖는 대상만을 필터링하여 검출해낸 결과를 흰색으로 강조한 결과 영상이다.

#### 4.5 측정 결과

실제 임베디드 보드에서 테스트 한 결과 현재 검출대상으로 설정된 파라미터들 범위의 붉은 계통의 영역을 필터링하여 출력한 결과를 볼 수 있으며 Signature와 Segmentation을 통하여 일정 분포 내의 영역을 성공적으로 구분해 낸 것을 알 수 있다. 제한된 개발환경에서 다양한 알고리즘을 탑재한 이유로 처리속도는 약 5~6fps정도로 낮게 구현되었는데 더 간소화하고 개선된 연산을 통해 속도를 개선하는 연구가 필요한 것으로 생각된다.

### 5. 결 론

본 논문에서는 지능로봇이 가정이나 교육환경에서 인간을 대신해 감시기능 등 안전과 감시를 위한 역할을 수행하거나 저학년 아동에 대한 상호 반응적인 게임 또는 교육 등에 활용될 수 있도록 하기 위하여, 지면과 벽면을 이동 가능하도록 하고 소형 카메라를 통한 영상처리가 가능한 임베디드 소프트웨어 환경을 구축함을 목표로 연구가 수행되었다.

이를 위하여 본 연구에서는 진공흡착방식을 이용한 벽오르는 로봇에 영상처리를 탑재하기 위한 임베디드 시스템의 설계와 영상처리 알고리즘의 구현에 관한 연구를 수행하였다. 벽로봇은 안정적인 부착과 이동성을 기반으로 벽면에서의 위험 요



인 발견과 지능적인 처리를 위해 영상처리가 가능하고 원격의 스마트 단말기와 실시간 통신이 가능한 환경을 구축하였으며 이상 물질을 탐지하기 위해 색상성분을 정규화하고 특정객체를 탐지 후 영상을 전송하는 방법을 구현하였다. 이러한 기능은 무인로봇을 이용해 위험한 벽 환경에서의 균열이나 이상 원인을 지능적으로 탐색하는 분야에 응용 가능하다. 특히 본 연구를 통해 Mobile용으로 주로 사용되던 임베디드 시스템에서도 고성능의 영상처리들이 가능한 것을 확인하였고 기술적 추세인 Android Smart Phone에서도 고급의 영상처리를 구현할 수 있는 가능성을 확인하였다. 아직까지는 실시간이라고 할수 있는 30fps 이상의 성능을 구현하진 못했지만 다양한 필터연산과 물체검출 알고리즘 등을 시도하였고 프로그램을 더 간소화하고 개선함으로써 처리 속도의 개선 등 충분한 가능성을 확인할 수 있었다. 이러한 모바일환경의 상호 반응적인 영상처리기술을 미래에 컴퓨터 가상환경과 3차원 실제공간 환경에서 활용하면 온-오프라인으로 연결하는 실감 액션 게임인 로봇의 벽차기 또는 벽오르게 게임등에도 응용가능할 것으로 본다.

## 감사의 글

본 연구는 한경대학교 2011년도 학술연구조성비의 지원에 의한 것임

## 참고 문헌

### Journal Articles

- Clark, J; Goldman, D; Lin, P; Lynch, G; Chen, T; Komsuoglu, H; Full, R; Koditschek, D. (2007). Design of a Bio-inspired Dynamical Vertical Climbing Robot, Proceedings of Robotics: Science and Systems 2007, Atlanta, Georgia, USA, June, 2007, on line proceedings,
- Hirose, S. & Tsutsumitake, H. (1992). Disk rover: A wall-climbing robot using permanent magnet disks, Proceedings of the 1992 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 2074--2079, Raleigh, NC, 1992.
- Li Jun, GAO Xueshan, FAN Ningjun, LI Kejie, JIANG Zhihong and JIANG Zhijian , CHINESE JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERIN , Adsorption Performance of Sliding Wall Climbing Robot (2010)
- Tomotuki Yamaguchi, Yoshiaki Sorioka, Sunhong Park, and Shuji Hashimoto , Department of Applied Physics, Waseda University, SIEN: Telescopic-Arm Climbing-Support Robot (2009. 2)
- Manuel F.Silva and J.A.Tenreiro Machado , Instituto Superior de Engenharia do Porto Portugal , A Survey of Technologies and Applications for Climbing Robots Locomotion and Adhesion (2006. 9)
- Jizhong Xiao and Ali Sadegh The City College, City University of New York USA , City-Climber: A New Generation Wall-climbing Robots (2008)
- MJ Kang, HP Moon, HR Choi, Master's thesis, SeongkyoonKwan University, A Study on the Design and Control of Wall Climbing Robot using Impeller (2010.1)
- HK Yang, KH Min, The Accelerated Color Pen Rendering Technique on the Game Image, Journal of The Korean Society for Computer Game, Volume24. NO.4, December 2011
- Sangmoo Lee, Sanghoon Kim, Intelligent Motion Detection Method based on the Mobile Robot, Journal of The Korean Society for Computer Game NO. 18, Sep 2009
- JW Bae, SS Kim, The Design and Development of Board Game based on the Intelligent Humanoid Robot, Journal of The Korean Society for Computer Game NO. 20, March 2010

---

**〈著者紹介〉**

---

**김 상 훈 (Sang-hoon Kim) 정회원**

1999년 2월 : 고려대학교 전자공학과 박사

2004년 1월 ~ 2005년1월 University of Maryland, College Park, Visiting Professor

1999년 9월 ~ 현재 : 국립한경대학교 전기전자제어공학과 교수

〈관심분야〉 Image processing, Robot Vision, embedded system

**권 혁 성 (Hyuk-sung Kwon) 준회원**

2013년 2월 : 한경대학교 정보제어공학과 졸업

〈관심분야〉 object detection, wall-climbing robot, embedded system