



거리변환 벡터 기반 손가락 구분 인식을 이용한 핸드마우스 인터페이스 제안

Proposal of Hand Mouse Interface Using Separated Finger Recognition of Distance Transform Vector Based

저자 (Authors)	박중현, 강대성 Jung-Hyun Park, Dae-Seong Kang
출처 (Source)	한국정보기술학회논문지 12(1) , 2014.1, 31-37 (7 pages) Journal of Korean Institute of Information Technology 12(1) , 2014.1, 31-37 (7 pages)
발행처 (Publisher)	한국정보기술학회 Korean Institute of Information Technology
URL	http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE02353965
APA Style	박중현, 강대성 (2014). 거리변환 벡터 기반 손가락 구분 인식을 이용한 핸드마우스 인터페이스 제안. 한국정보기술학회논문지, 12(1), 31-37.
이용정보 (Accessed)	광운대학교 128.134.57.*** 2018/05/08 02:58 (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.

거리변환 벡터 기반 손가락 구분 인식을 이용한 핸드마우스 인터페이스 제안

박중현*, 강대성**

Proposal of Hand Mouse Interface Using Separated Finger Recognition of Distance Transform Vector Based

Jung-Hyun Park*, Dae-Seong Kang**

이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.
(No.2011-0011735)

요 약

이번 논문은 핸드마우스의 위치정보를 획득하기 위해서 안정적인 방법을 제안하고, 최종적으로 인터페이스 구현을 목적으로 한다. 우선 손 영역의 검출을 위해서 **조명변화에 안정적인 HSV영역으로 변환했다**. 검출한 영역을 **Two-Pass 라벨링**을 사용했으며, **내부에서 한 번 더 라벨링** 해서 손바닥 내부에서 생기는 잡음을 제거했다. 그리고 **손바닥 영역의 검출에는 거리변환벡터를 이용해서 무게중심법을 이용한 방법보다 정확성을 높였다**, 외부 요인들로 흔들리는 **중심점을 안정화하기 위해서 칼만 필터를 이용했으며**, **손바닥 중심으로부터 확장하는 두 개의 타원을 그려 엄지손가락과 나머지 손가락들을 구별해서 검출하도록 인터페이스를 구현했다**. 그 결과 4개 이벤트 구현에서 평균 97.3%의 높은 인식률을 보였다.

Abstract

This paper's purpose is a providing reliable method to acquire the position information of the hand mouse and implementing interface. To detect hand region, image is converted to HSV region which is stable in lighting changes. And then, the detected area is Two-Pass labeled and inner labeled again for removing the external noise. And to increase the accuract of the detection of the hand region the center point of the hand is used distance transformation vectors which is better performance than center of gravity point. Next, to stabilize the vibrating center point, Kalman filter is used and to distinguish a thumb and other fingers, two ellipses expanded from center point is used in this interface. As a result, the implementation of four events, showed a high recognition rate of 97.3% on average.

Keywords

hand detection, hand mouse interface, Kalman filter, distance transform, two-pass labeling

* 동아대학교 전자공학과
** 동아대학교 전자공학과(교신저자)
· 접수 일: 2013년 09월 11일
· 수정완료일: 2013년 12월 10일
· 게재확정일: 2013년 12월 13일

· Received: Sep. 11, 2013, Revised: Dec. 10, 2013, Accepted: Dec. 13, 2013
· Corresponding Author: Dae-Seong Kang
Dept. of Electronic Engineering, Dong-A University, 840 Hadan2-Dong,
Saha-Gu, Busan, 604-774 Korea.
Tel.: +82 51 200-6968, Email: dskang@dau.ac.kr

I. 서 론

카메라성능과 컴퓨터의 연산능력이 발전함에 따라 복잡한 영상처리가 필요한 핸드마우스의 기능이 다양해지는 추세다. 복잡한 알고리즘에도 실시간 처리가 가능하므로 컴퓨터는 물론 스마트 TV, 휴대전화기에서도 핸드마우스 기능이 제공된다[1][2]. 하지만 아직 기능이 제한적이며 Yes, No 정도를 인식하는 것이 현재 상용화된 상태이다. 그 이유 중 하나로 정밀한 제어를 위해서 스테레오 카메라, 글러브 데이터, 적외선 센서 등의 하드웨어를 사용하기에는 비용이 많이 들고 번거로운 점이 있다. 그래서 이번 논문에서는 기존에 많이 상용화되어 있는 웹캠기반으로 실시간 처리에 유리한 알고리즘과 인터페이스를 만드는 것에 중점을 두기로 했다. 향후 카메라를 이용해서 컴퓨터뿐만 아니라 TV, 휴대전화기 등의 가전제품에서의 활용도 기대할 수 있다[3]-[5].

II. 관련 연구

2.1 Distance Transform Vector

거리변환벡터는 검출된 이미지나 목표한 사물의 시작 픽셀값으로부터 멀어짐에 따라 가중치를 더해 거리변화에 따른 일정한 값을 얻는 알고리즘에 사용된다[6]. 이번 논문에서는 영상에서 중심점 획득을 위해서 0을 시작점으로 두고 거리가 멀어짐에 따라 255까지 증가시키는 방법을 선택했다. 영상에서 손바닥이 나오는 최대 크기를 설정해서 255를 넘어가지 않도록 정규화 과정을 거쳤다. 행렬을 각각의 픽셀값과 연산한 후 그 결과 값을 할당해 준다. 동시에 가중치 값 중에서 가장 큰 값을 받은 부분을 손바닥의 중심점으로 지정했다[7].

2.2 Kalman Filter

칼만 필터는 신호를 입력받아서 이전값과 비교한 뒤 실시간으로 예측하는 선형 시스템으로 필터링 방법의 하나다[8]. 필터는 여러 가지 측정데이터값에 포함된 노이즈를 제거하는 과정으로 원하는 정

보를 획득하는 방법이다. 이러한 특성은 물체의 움직임 예측, 보행자 움직임 추적 등 다양하게 사용되기도 한다. 필터링의 과정은 크게 시간을 갱신하는 예측단계와 측정치를 갱신하는 수정단계가 있다. 앞서 입력받은 값과 그다음 입력받은 값을 측정해서 정규분포에 따른 가중치를 주고 예측 단계를 거쳐서 예측값을 생성한다. 그 값으로 다음번에 입력받은 값을 공분산 갱신과 경중률에 따라서 수정하는 과정을 거친다. 이처럼 반복적인 연산과정을 거쳐서 데이터값을 추적하고 노이즈값을 제거하는 것이 칼만 필터 알고리즘의 흐름이다[9].

III. 제안하는 방법

3.1 제안하는 핸드마우스 블록도

그림 1은 이번 논문에서 제안하는 시스템 블록도이다. 최종적인 인터페이스 구성을 위해서 조명에 강한 HSV영역 변환을 통해서 손을 검출한다. 다음으로 빠른 연산속도를 가진 Two-Pass 라벨링을 시행하고 내부잡음 제거를 위해 ROI를 설정해서 내부 라벨링을 시행한다. 다음으로 거리변환벡터로 손의 중심점을 획득한 후 외부에서 발생하는 잡음에 강한 손 크기측정 알고리즘으로 손크기를 결정한다. 마지막으로 칼만필터를 이용해 포인터 흔들림을 안정화시키고 핸드마우스 인터페이스를 구성한다.

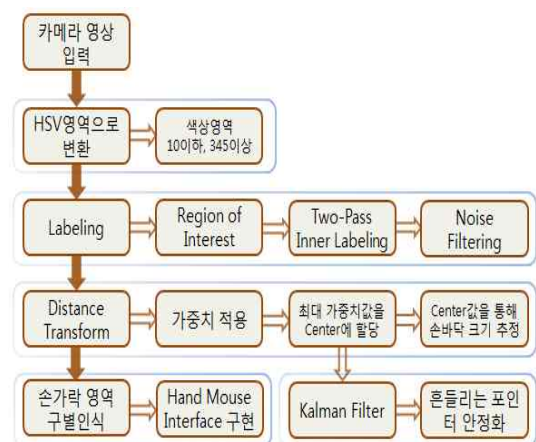


그림 1. 제안하는 시스템 블록도

Fig. 1. Block diagram of the proposed method

3.2 HSV영역 색검출

HSV 영역의 특징으로는 하나의 픽셀값을 색상(Hue)과 채도(Saturation) 정도(Value)에 따라서 정의한다는 것이다[10]. 먼저 색상 영역을 0~360중에서 한 가지 값으로 지정하면 그 색상에 따른 명도와 채도에 알맞은 픽셀을 지정해서 검출할 수 있다. 그래서 조명의 변화와 외부 빛의 영향에서 덜 민감하며 RGB 영역보다 정확한 성능을 기대할 수 있다. 이번 연구에서는 손바닥 색상영역으로 10 이하 색 영역과 345 이상 색 영역을 사용했다[11].

3.3 Two-Pass Inner Labeling

실시간 연산처리에 적합한 Two-Pass 알고리즘으로 라벨링 후 그 결과를 ROI로 지정했다. 획득한 ROI 내부 라벨링을 시행해서 손바닥의 손금이나 손가락을 접을 때 생기는 그림자를 제거했다[12]. 기존의 Morphology 연산으로 손 내부와 외부의 잡음을 제거하면 검출된 원본 이미지의 손상을 일으킬 수 있지만, 제안하는 방법으로 내부에서 발생한 라벨들을 이진화된 손바닥 색으로 바꿔 그림자 부분을 제거해 원본의 손상을 줄였다.



(c) 내부 라벨링 결과 (d) 내부 잡음 제거
그림 2. 손가락을 접었을 때의 검출 결과
Fig. 2. Results of the folded fingers detection
(a) Original image (b) Detected image
(c) Inner labeled image (d) Noise filtering

그림 2의 (a)는 일부 손가락들을 접었을 때의 원본 이미지를 나타낸다. 그리고 (b)에서는 손가락을 접을 때 발생한 그림자나 외부 조명 환경으로부터 발생할 수 있는 기타 잡음을 나타내었다. (c)를 보면 Two-Pass 라벨링을 이용해서 내부 잡음들을 모두 검출한 결과를 사각형으로 나타낸 결과이다. 마지막으로 (d)에서 라벨링 된 값들을 잡음 외의 손바닥과 같은 픽셀값으로 이미지 값을 변경한 결과이다. 손바닥 내부에서 발생하는 잡음들이 손 외부로 양의 변화 없이 모두 사라진 것을 확인할 수 있다 [13].

3.4 거리변환벡터를 이용한 중심점 찾기

거리변환 벡터를 이용해서 손의 중심점을 찾았다. 무게중심법을 이용한 픽셀들의 가운데 값으로 중심점을 찾으면 연산량이 적지만 팔까지 카메라에 인식되면 손목 부분을 중심으로 찾는 경우가 발생한다.

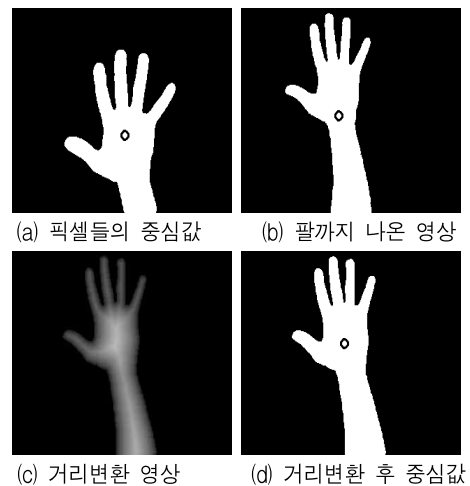


그림 3. 중심점 검출 결과

Fig. 3. Center point results

(a) Mean location (b) Center result (c) Distance transform
(d) Center result using distance transform

그림 3의 (a)와 (b)를 보면 무게중심법을 이용해서 중심점을 찾은 것이다. (b)에서 중심점으로 손목을 인식하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 (c)는 거리변환벡터를 이용해서 거리에 따른 가중치 값을

가시적으로 표현한 것이다. (d)에서는 (c)의 결과 값에서 최대 가중치 위치를 손바닥의 중심으로 설정했다. 손바닥뿐만 아니라 팔까지 나온 영상에서도 중심점을 정확하게 찾은 것을 볼 수 있다.

3.5 손의 크기정보 추출

손의 크기정보 획득을 위해서 거리변환벡터로 획득한 손의 중심점 정보와 중심으로부터 내접하는 원의 반지름을 이용했으며, 이 원의 반지름의 크기에 일정 상수를 곱해서 최종적인 손 크기를 결정했다. 그림 4에서처럼 중심점을 기준으로 손가락들의 움직임에도 크기 변화가 작은 영역인 $-30^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 부분을 5등분으로 나눠서 타원의 반지름을 늘리면서 손바닥 외부까지의 거리를 측정했다.

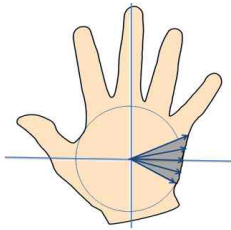


그림 4. 손 크기 측정을 위한 거리획득 구간
Fig. 4. Range to get the size

3.6 Kalman Filter를 이용한 포인터 안정화

손의 중심좌표를 획득한 후 좌표의 위치가 불안정한 것을 관찰했다. 이러한 현상을 칼만필터를 이용해서 안정화했다. 표 1의 왼쪽은 움직임이 없는 상태에서 포인터 위치의 흔들림을 보여준다. 이러한 현상은 마우스를 제어할 때 정확도를 떨어뜨리는 요인이다. 표 1의 오른쪽에서는 칼만 필터로 선형적인 포인터 값을 입력받아 예측한 후 다음 포인터의 값을 수정해서 나타낸 것이다. 이전 결과와 비교해서 흔들림이 줄어든 것을 확인할 수 있다. 표 2는 칼만 필터 사용 전후의 표준편차를 나타내었다. 두 개의 결과 값을 비교해 보면 칼만필터를 통해 포인터 위치의 분산을 줄여 핸드마우스 사용에 보다 안정적인 성능을 기대할 수 있다.

표 1. 손을 멈춘 상태에서 칼만필터 사용전후 영상

Table 1. Image before and after using the Kalman filter

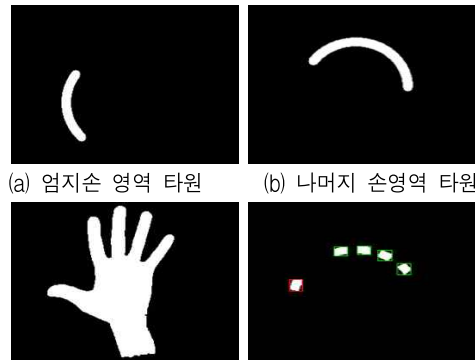
필터링 전의 위치값			필터링 후의 위치값		
	Poinx x	Poinx y		Poinx x	Poinx y
1	158	185	1	158	184
2	160	183	2	159	184
3	157	187	3	159	185
4	157	189	4	157	185
5	156	189	5	156	187
6	159	187	6	157	187
7	159	188	7	159	187
8	162	183	8	159	186
9	161	185	9	160	186
10	159	190	10	160	188
11	158	186	11	159	187
12	156	190	12	157	187
13	158	184	13	157	188
14	159	188	14	158	186

표 2. x, y좌표의 표준편차값

Table 2. Standard deviation of the x, y point

Kalman Filter	point x	point y
사용 전	1.743	2.431
사용 후	0.928	1.268

3.7 두 개의 타원을 이용한 손가락 개수 인식



(a) 엄지손 영역 타원 (b) 나머지 손영역 타원

(c) 손검출 영상 (d) 차연산 수행 결과

그림 5. 손가락 개수 검출 결과

Fig. 5. Detected results of the number of fingers

(a) Thumb region ellipse (b) The other region ellipse

(c) Detected image (d) Subtraction result

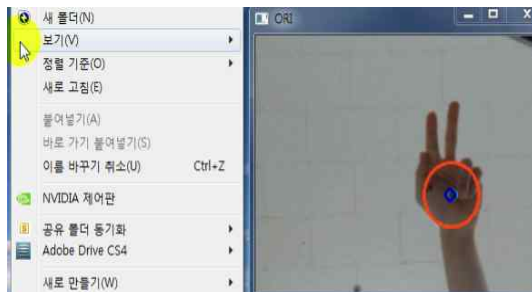
엄지손가락과 나머지 손가락들을 분리해서 인식하기 위해서 거리변환벡터를 사용해서 얻은 중심점을 기준으로 두 개의 타원을 그려서 손가락 부분과 차 연산을 했다. 다른 손가락들과 비교해서 상대적으로 짧은 엄지손가락은 앞서 그림 4에서 획득한

거리의 평균에 1.7배수의 값으로 반지름을 지정했으며 $145^{\circ} \sim 225^{\circ}$ 범위의 타원을 그려 그림 5의 (a)와 같은 결과를 출력했다. 그리고 나머지 손가락들은 거리의 평균에 2.3배수의 값을 지정하고 $0^{\circ} \sim 145^{\circ}$ 범위의 타원을 그려 (b)와 같은 결과를 출력했다. 이 두 개의 타원으로 검출된 손바닥 이미지인 (c)와 차 연산을 시행했고 각각의 엄지 영역과 나머지 영역을 따로 라벨링 하여 두 결과물을 하나의 영상에 넣었다. (d)의 결과처럼 엄지손가락이 분리되어 검출된 것을 확인할 수 있다.

IV. 실험 및 결과



(a)



(b)

그림 6. 핸드 마우스 인터페이스 영상

Fig. 6. Captured Image of the hand mouse interface

엄지손가락과 나머지 손가락들을 분리해서 인식한 결과로 엄지손가락은 Function키로 설정하고 나머지 손가락들은 Event키로 설정했다. 이벤트의 구현 알고리즘은 다음과 같다. 첫 번째로 라벨링으로 입력받은 Function키가 참인지 즉 엄지손가락이 펴져 있는지 확인한다. 그리고 동시에 Event 키의 값이 2개인지 확인되면 마우스의 이동이벤트가 실행된다. 두 번째는 Function키가 참이고 Event값이 1일 경우 왼쪽 마우스의 버튼을 Down한다. 그리고 이

상태에서 플래그를 이용해 드래그가 가능하다. 다시 Event가 2개가 되면 클릭이 실행된다. 세 번째로 Function값이 거짓이고 Event값이 2개인 경우에는 마우스 오른쪽 버튼 Down이 실행된다. 마우스 우측 버튼은 Up이 되면서 클릭 이벤트가 실행된다. 그림 6은 최종 결과 화면을 나타낸 것이다. (a)는 손가락을 한 개로 인식할 때 마우스를 드래그 하는 영상이며 (b)는 바탕화면 상에서 엄지를 접어 오른쪽 버튼을 클릭하는 영상이다.

표 3. 제안하는 핸드마우스 인터페이스 성능 평가

Table 3. Performance evaluation of the proposed hand mouse interface

마우스 Event	Frame 평균 처리시간(sec)
입력대기상태	0.0261
이동	0.0353
왼쪽버튼클릭	0.0356
오른쪽버튼클릭	0.0359
드래그	0.0355
마우스 Event	Event 인식률
이동	98.8%
왼쪽버튼클릭	97.6%
오른쪽버튼클릭	95.8%
드래그	97.1%

표 3에서는 전반적인 핸드마우스 인터페이스의 처리속도와 이벤트 명령을 내릴 때 인식률을 나타낸 것이다. 구현에 사용된 하드웨어와 소프트웨어는 Windows7 Professional k Service Pack 1(64bit), Intel Xeon E5520 2.26 8MB/1066 QC CPU, 8.00GB RAM, Microsoft Visual Studio 2008 Service Pack 1을 사용하였다. 첫 번째 표는 마우스 Event에 따른 120개 Frame의 평균 처리시간을 나타낸 것이다. 입력 대기상태는 38.3(Frame/sec) 정도의 성능을 보였다. 나머지 이동과 좌, 우클릭, 드래그의 경우 비슷한 처리속도가 나왔으며, 라벨링을 통한 내부 잡음 제거와 손가락 개수에 따른 이벤트 처리로 대기상태와 비교해 평균 0.0094sec 정도의 지연이 발생했다. Event 명령 시에는 28.2(Frame/sec) 정도의 성능을 보이는 것을 확인했다. 두 번째 표는 각각의 Event 명령을 250씩 시행했을 때에 대한 인식률이다. 이동상태의 인식률은 98.8%으로 좋은 인식률을 보였다. 하지만 엄지손가락을 접었을 때 시행되는 오른쪽버

튼 클릭의 경우 엄지의 움직임이 타원의 생성위치와 겹쳐서 인식률이 다른 이벤트와 비교해서 낮게 나왔다.

V. 결론 및 향후 연구 방향

이번 연구에서는 최종적으로 마우스의 이동, 좌클릭, 우클릭, 드래그의 간단한 인터페이스를 제안하고 실시간 연산 시 안정적으로 사용할 수 있도록 설계하는 것에 중점을 두었다. 시행 결과 기존 마우스보다 손이 피로했으며, 뛰어난 정확성을 보이기 어려웠지만, 일반 마우스로는 구현이 힘든 손의 제스처 인식으로 컴퓨터, TV, Portable devices 등에서 유용하게 사용될 수 있다는 가능성을 확인했다. 향후 연구를 통해 보완할 점으로 첫째는 색 검출 후, 외형의 특징에 들어맞는지 판단하는 신경망 회로를 설계해 두는 것이고 두 번째는 배경 적응 방법을 통해서 노이즈를 줄이는 것이다. 두 가지 방법 중에 신경망을 이용한 특징 추출은 미리 학습을 시킨 후에 적용할 수 있으므로 실시간 연산에 조금 더 유리할 것으로 생각되며 중점을 두고 연구하겠다.

References

- [1] S. H. Shin and Y. J. Jeong, "UI Device for Smart TV using the Absolute Coordinates System Based on Camera", *Journal of KIIT*, Vol. 11, No. 6, pp. 189- 198, June 2013.
- [2] C. Y. Choi and W. B. Lee, "Implement of Hand Gesture Interface using Ratio and Size Variation of Gesture Clipping Region", *Journal of IIBC*, Vol. 13, No. 1, pp. 121-127, Feb. 2013.
- [3] Y. D. Joo, "Implementation of Facility Maintenance Management System using Smart Phones", *Journal of IIBC*, Vol. 13, No. 1, pp. 191-197, Feb. 2013.
- [4] G. S. Kim, J. W. Huh, and W. C. Song, "Zone based on Wireless Sensor Network Management Protocol for Smart Home", *Journal of IIBC*, Vol. 9, No. 5, pp. 65-71, Oct. 2009.
- [5] J. H. Yoo, "A Study on Real-time Processing for Hand Region Detection Using Modified PGF at an Image Segmentation Algorithm", *Journal of KIIT*, Vol. 10, No. 12, pp. 173-178, Dec. 2012.
- [6] J. Wang and Y. Tan Y, "Efficient Euclidean distance transform algorithm of binary images in arbitrary dimensions", *Pattern recognition*, Vol. 46, No. 1, pp. 230-242, Jan. 2013.
- [7] C. T. Huang and O. R. Mitchell, "A Euclidean distance transform using grayscale morphology decomposition", *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE*, Vol. 16, pp. 443-448, April 1994.
- [8] Y. J. Kwon and Y. M. Park, "Improvement of vision guided robotic accuracy using Kalman filter", *Computers&Industrial Engineering*, Vol. 65, No. 1, pp. 148-155, May 2013.
- [9] R. E. Kalman, "A new approach to linear filtering and prediction problems", *J. Basic Eng.*, Vol. 82, No. 1, pp. 33-45, March 1960.
- [10] Y. Deng. B. S. Manjunath, and H. Shin, "Color image segmentation", *Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR '99*, pp. 446-451, June 1999.
- [11] Li Shuhua and Guo Gaizhi, "The application of improved HSV color space model in image processing", *Future Computer and Communication (ICFCC)*, 2010 2nd International Conference on (Volume:2), pp. V2-10-V2-13, May 2010.
- [12] T. D. Haig and Y. Attikouzel, "An Improved Algorithm for Border Following of Binary Images", *IEE European Conference on Circuit Theory and Design*, pp. 188-122, Sep. 1989.
- [13] F. O. Araujo T, "*Detecting hands, fingers and blobs for multi-touch display applications*", *High Performance Computing & Simulation*, pp. 237 - 243, June 2009.

저자소개

박 중 현 (Jung-Hyun Park)



2013년 3월 : 동아대학교

전자공학과(공학사)

2013년 3월 ~ 현재 : 동아대학교

전자공학과 석사과정

관심분야 : 영상처리, 상황인식,
인공신경망

강 대 성 (Dae-Seong Kang)



1994년 5월 : Texas A&M 대학교

전자공학과(공학박사)

1995년 ~ 현재 : 동아대학교

전자공학과 교수

관심분야 : 영상처리, 비디오 색인
및 검색, 영상압축