

논문 2012-49-9-34

# 스마트 기기의 비 접촉 사용자 인터페이스를 위한 비전 기반 고속 손동작 인식 기법

( Vision based Fast Hand Motion Recognition Method for an  
Untouchable User Interface of Smart Devices )

박 재 병\*

( Jae Byung Park )

## 요 약

본 논문은 스마트 기기의 비 접촉 사용자 인터페이스를 위한 비전 기반 손동작 인식 기법에 대해 제안한다. 먼저 스마트 기기의 저 용량 메모리와 낮은 계산 능력을 고려하여 컬러 원본 이미지를 그레이 스케일 이미지로 변환하고 해상도를 줄이는 전처리 과정을 수행한다. 다음으로 손의 수평, 수직 움직임을 분리하여 강인하게 손동작을 검출할 수 있도록 수평, 수직 주요 검출 대상 영역을 정의한다. 그리고 연속적으로 획득된 영상의 차분 영상으로부터 손의 움직임에 의해 주요하게 변화되는 픽셀들의 무게 중심을 구하고, 시간에 따라 변화되는 무게 중심 값에 대한 최소 자승 선을 정의하여 손의 움직임 방향을 인식한다. 제안한 방법의 효용성을 검증하기 위해 비전 시스템에 의한 실험을 수행하였다.

## Abstract

In this paper, we propose a vision based hand motion recognition method for an untouchable user interface of smart devices. First, an original color image is converted into a gray scaled image and its spacial resolution is reduced, taking the small memory and low computational power of smart devices into consideration. For robust recognition of hand motions through separation of horizontal and vertical motions, the horizontal principal area (HPA) and the vertical principal area (VPA) are defined respectively. From the difference images of the consecutively obtained images, the center of gravity (CoG) of the significantly changed pixels caused by hand motions is obtained, and the direction of hand motion is detected by defining the least mean squared line for the CoG in time. For verifying the feasibility of the proposed method, the experiments are carried out with a vision system.

**Keyword :** Smart Devices, Untouchable User Interface, Hand Motion Recognition

스마트 기기, 비접촉 사용자 인터페이스, 손동작 인식

## I. 서 론

최근 급격히 대중화되고 있는 스마트 기기 (Smart Devices)의 경우 손에 들고 사용해야 하는 특성상 터치 방식의 사용자 인터페이스가 주로 사용되고 있다. 대표



적인 터치 방식은 감압식과 정전식이 있다. 감압식 터치 방식의 경우 물리적 힘을 가해 터치가 이루어지는 방식으로 가격이 저렴해 과거에 많이 이용되었으나 화면의 선명도를 감소시키고 터치의 정확도가 낮은 단점이 있어 현재는 정전식이 대부분 사용되고 있다. 하지만 정전식 터치 방식의 경우도 비록 화면의 선명도를 감소시키지 않고 터치의 정확도가 높은 장점을 갖지만 전도성이 있는 물체로만 터치가 가능하고 가격이 고가라는 단점도 있다. 이러한 터치 방식을 이용하는 스마트 기기의 경

\* 정회원-교신저자, 전북대학교 전자공학부  
(Division of Electronic Engineering, Chonbuk  
National University)  
접수일자: 2012년8월23일, 수정완료일: 2012년9월4일

우 사용자의 손이 직접 닿지 않는 상황에서는 전혀 사용이 불가능하다. 그렇기 때문에 스마트 기기를 고정된 스피커 독(Dock)에 장착하고 음악을 듣는 경우 스마트 기기를 조작할 때마다 스피커 독이 위치한 곳으로 가야 하는 불편을 겪을 수밖에 없다. 또한 최근 로봇 공학 분야에서는 스마트 기기를 로봇 몸체에 부착해 로봇을 제어하는 연구<sup>[1~2]</sup>가 활발히 진행되고 있는데 이 경우에도 터치 방식을 이용한다면 매우 큰 불편을 감수해야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 스마트 기기의 비 접촉식 사용자 인터페이스로서 비전을 이용한 손동작 인식 기법을 제안한다. 비전을 이용한 손동작 인식에 대해서도 많은 연구가 진행되고 있다<sup>[3~5]</sup>.

비전 시스템은 일반적으로 영상처리를 위한 대용량 메모리와 고성능 프로세서를 요구한다<sup>[6]</sup>. 하지만 상용화된 최신 스마트 기기의 경우 표 1에 보이는 것처럼 일반 개인용 컴퓨터에 비해서 매우 낮은 프로세서 성능과 저 용량의 메모리를 사용하고 있다. 그 뿐만 아니라 스마트폰과 같은 스마트 기기의 경우 전화를 위한 통신, 화면 출력, 진동 제어, 소리 제어 등 다양한 기능을 프로세서가 동시에 수행해야 하기 때문에 기본적으로 비전 작업까지 처리하기에는 무리가 있다. 따라서 스마트 기기의 프로세서와 메모리에 무리를 주지 않도록 계산량을 줄이는 것이 무엇보다도 중요하다. 이를 위해 본 논문에서는 먼저 스마트 기기의 카메라로부터 획득된

표 1. 사용 스마트 기기 사양  
Table 1. Specification of Commercial Smart Devices.

| 모델             | 이미지   | 사양                                  |
|----------------|---|-------------------------------------|
| Optimus LTE II |  | CPU : 1.5GHz Dual-Core<br>RAM : 2GB |
| Vega Racer2    |  | CPU : 1.5GHz Dual-Core<br>RAM : 1GB |
| iPhone 4S      |  | CPU : 1GHz Dual-Core<br>RAM : 512MB |
| Motorola RAZR  |  | CPU : 1.2GHz Dual-Core<br>RAM : 1GB |

컬러 원본 이미지를 그레이 스케일 이미지로 변환 후 이미지 해상도를 줄이는 전처리 과정을 통해 손동작 인식에 필요한 메모리 사용량과 프로세서의 계산량을 감소시킨다.

다음으로 전처리 과정을 마친 이미지에 대해 수평, 수직 방향의 주요 검출 영역을 각각 정의한다. 그 결과 손의 수평, 수직 방향 동작을 명확히 구분할 수 있다. 다음으로 손의 움직임 검출을 위해 연속적으로 획득된 이미지의 차분 이미지를 구하고 차분 이미지의 수평, 수직 주요 검출 영역내에 포함된 손동작 검출 영역의 무게 중심점을 구한다. 시간에 따른 무게 중심점의 변화를 최소 자승선으로 모델링하여 손의 수평, 수직 동작 인식뿐만 아니라 상, 하, 좌, 우 방향까지 인식할 수 있다. 수평, 수직 주요 검출 영역을 정의하지 않고 전체 이미지에 대해 수평, 수직 방향 무게 중심점을 구한 이전 연구<sup>[7]</sup>에 비해 본 논문에서 제안한 방법은 수평, 수직 움직임 정보를 따로 분리하여 다루기 때문에 계산량을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 좀 더 강인한 손동작 인식이 가능하다. 현재 상용화된 스마트 기기에서 좌, 우 손동작 인식에 대한 기술을 선보인 바 있으나 아직까지 인식을 문제로 인해 상, 하 수직 손동작까지 포함해서 인식하지는 못하고 있다. 본 논문의 연구 결과를 통해 좀 더 다양한 사용자 입력이 가능할 것으로 보인다.

본 논문의 이후 부분은 다음과 같이 서술되었다. II 장에서는 비전 기반 손동작 인식을 위한 기본 가정을 정의하고, 메모리 및 계산량 감소를 위한 전처리 방법과 최소 제곱법에 의한 손동작 인식 기법에 대해 제안한다. III 장에서는 실제 비전 시스템을 이용한 실험을 수행하여 제안된 기법의 실효성을 검증하였다. 마지막으로 IV 장에서는 결론을 맺는다.

## II. 손동작 인식 기법

### 1. 기본 가정

스마트 기기의 카메라를 이용한 고속 손동작 인식을 위해 먼저 다음과 같이 기본 가정을 정의한다.

- (a) 일반적인 스마트 기기의 경우 비록 개인용 컴퓨터에 비해 처리 성능이 매우 낮지만 손동작 인식의 신뢰성을 확보하기 위해 손이 움직이는 동안 획득 영상 이미지의 수가 최소한 4개 이상이어야

한다.

- (b) 손의 움직임 인식 시 배경 화면의 물체가 일정한 방향으로 움직이지 않아야 한다. 한 방향으로 움직이는 손과 일정한 방향으로 움직이는 다른 물체는 구분이 어렵기 때문이다.
- (c) 손의 움직임은 상, 하, 좌, 우 4 방향으로 움직인다.

## 2. 비전 기반 손동작 인식 기법

### 2.1 계산량 감소를 위한 이미지의 전처리 방법

스마트 기기의 낮은 성능을 고려하여 비전 처리에 따른 계산량을 줄이기 위해 스마트 기기에 부착된 카메라로부터 획득된 컬러 이미지에 대한 전처리 과정을 다음과 같이 수행한다. 먼저 컬러 원본 이미지를 다음과 같이 그레이 스케일 이미지로 변환한다.

$$p_k(m,n) = \frac{R_k(m,n) + G_k(m,n) + B_k(m,n)}{3} \quad (1)$$

여기서,  $R_k(m,n)$ ,  $G_k(m,n)$ ,  $B_k(m,n)$ 는  $k$ 시간에 획득된  $(m,n)$  픽셀의 빨강, 녹색, 파랑 성분을 의미한다.  $p_k(m,n)$ 는 그레이 스케일로 변환된 이미지의  $(m,n)$  픽셀 값이다. 이와 같은 방법으로 획득된 컬러 이미지로부터 그레이 스케일 이미지를 획득할 수 있다. 다음으로 영상 처리의 계산량을 줄이기 위해 획득된 그레이 스케일 이미지의 해상도를 줄인다. 본 논문에서 사용되는 원본 이미지의 해상도는  $640 \times 480$ 이며 다음식과 같이  $40 \times 40$  크기 단위로 평균값을 취해 원본 이미지의 해상도를  $16 \times 12$ 로 줄인다.

$$P_k(i,j) = \frac{\sum_{n=40j}^{40(j+1)-1} \sum_{m=40i}^{40(i+1)-1} p_k(m,n)}{40 \times 40} \quad (2)$$

여기서,  $p_k(m,n)$ 은 식 (1)에서 구한  $k$ 번째 획득된 그레이 스케일 이미지의 픽셀 값이며  $m=0,1,\dots,639$ 이고  $n=0,1,\dots,479$  값을 갖는다. 그리고  $i=0,1,\dots,15$ 이고  $j=0,1,\dots,11$ 이다. 해상도를 감소시키기 위해  $40 \times 40$  크기 단위로 평균을 취했기 때문에 연속적인 영상 이미지 사이의 작은 변화에 대한 민감도를 줄일 수 있다. 또한 II 장 1절의 기본 가정 (b)로부터 일정한 방향으로 이동하는 물체가 배경에 존재하지 않기 때문에 연속 이미지의 주요 변화는 손의 움직임에 기인한다고 볼 수 있다. 따

라서 주요 변화 픽셀의 검출을 위해 다음과 같이 차분 영상으로부터 2진 영상을 정의한다.

$$\overline{P}_k(i,j) = \begin{cases} 1, & \text{for } |P_k(i,j) - P_{k-1}(i,j)| \geq T_D \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

여기서,  $T_D$ 는 연속된 이미지의 차분 영상으로부터 주요 변화 픽셀을 인식하기 위한 문턱 값이다. 문턱 값  $T_D$ 에 따라 주요 변화로 인식하는 민감도가 결정된다.  $T_D$ 가 낮을 경우 작은 변화에도 매우 민감해지며  $T_D$ 가 높을 경우 작은 변화는 무시할 수 있다. 따라서 차분 영상에 대한 문턱 값  $T_D$ 는 이미지가 획득되는 환경에 따라서 결정해야 하는 중요한 변수가 된다.

다음으로 II 장 1절의 가정 (c)로부터 손의 움직임은 상, 하, 좌, 우 4방향 움직임으로 정의된다. 따라서 손의 움직임에 대한 방향성을 고려하여 수평, 수직 방향의 주요 영역을 그림 1과 같이 정의하였다. 이 때 수평 방향 주요 영역과 수직 방향 주요 영역은 각각 HPA

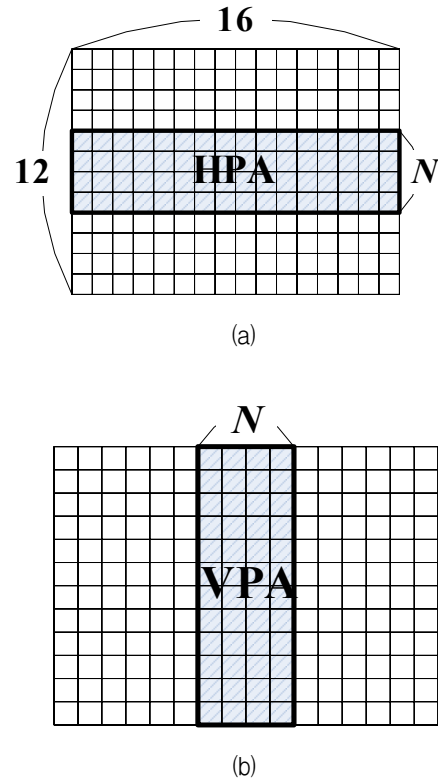


그림 1. 수평, 수직 손동작 인식을 위한 수평, 수직 방향 주요 검출 영역 정의 (a) 수평 방향 주요 검출 영역 (b) 수직 방향 주요 검출 영역

Fig. 1. Principal areas for detecting horizontal and vertical hand motions (a) Horizontal Principal Area (HPA) (b) Vertical Principal Area (VPA).

(Horizontal Principal Area)와 VPA (Vertical Principal Area)로 표시한다. 또, HPA와 VPA의 폭은  $N$ 으로 정의한다. 이와 같은 방법으로 수평 방향 손동작과 수직 방향 손동작을 완벽히 분리할 수 있다.

지금부터는 손동작 인식을 위해 수평 방향 주요 검출 영역 HPA와 수직 방향 주요 검출 영역 VPA에 초점을 두도록 한다. 먼저 HPA와 VPA의 0이 아닌 픽셀의 개수는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$H_{N_k} = \sum_{j = \lceil 11/2 - N/2 \rceil}^{\lfloor 11/2 + N/2 \rfloor} \sum_{i=0}^{15} \overline{P}_k(i, j) \quad (4)$$

$$V_{N_k} = \sum_{j=0}^{11} \sum_{i = \lceil 15/2 - N/2 \rceil}^{\lfloor 15/2 + N/2 \rfloor} \overline{P}_k(i, j) \quad (5)$$

여기서,  $\lceil \cdot \rceil$  과  $\lfloor \cdot \rfloor$  는 각각 천장 함수 (Ceiling Function)과 바닥 함수 (Floor Function)이다. 이 때 만약  $H_{N_k}$ 와  $V_{N_k}$ 가 모두 0이라면 연속된 이미지에서 주요한 변화가 발생하지 않았다는 것을 의미한다. 이와 달리  $H_{N_k}$ 가 0이 아니거나  $V_{N_k}$ 가 0이 아닐 경우 주요한 변화가 발생 했다는 것을 의미한다. 이를 이용하여 손의 움직임이 발생하기 시작하는 순간과 끝나는 순간을 표 2와 같이 검출 할 수 있다. 초기 상태에서 손의 움직임이 없을 경우  $H_{N_k}$ 와  $V_{N_k}$  값은 모두 0을 유지하고 있다가 손의 움직임이 발생하는 순간부터 0이 아닌 값이 된다. 따라서 0이 아닌 값에서 0으로 변화할 때가 손의 움직임이 시작되는 순간이다. 이렇게 손의 움직임이 시작된 후에는  $H_{N_k}$ 나  $V_{N_k}$  값이 0이 아닌 값을 유지하다가 손이 이미지 밖으로 벗어나 움직임이 없어지면 다시 0이 된다. 따라서 이 순간을 손동작이 끝나는 시점으로 검출 할 수 있다. 손의 움직임 방향을 인식하기 위해서 손의 움직임이 시작되는 순간부터 끝나는 순간까지의 연속된 이미지 정보를 이용하게 된다. 이 때 손동작을 인식하기 위해 사용되는 연속 이미지의 개수는 손의 움직임 속도에 따라 달라지기 때문에 획득해야

표 2. 손동작의 시작과 끝 검출 조건  
Table 2. Detection conditions of the beginning and the end of the hand motion.

| 손동작 | $H_{N_k}$ 또는 $V_{N_k}$ 의 변화 |
|-----|-----------------------------|
| 시작  | 0에서 0이 아닌 값으로 변화            |
| 끝   | 0이 아닌 값에서 0으로 변화            |

하는 이미지의 개수를 알기 위해 손의 움직임이 시작되는 순간과 끝나는 순간을 정확히 인식하는 것은 매우 중요하다.

손이 움직일 때, 즉,  $H_{N_k}$ 가 0이 아니거나  $V_{N_k}$ 가 0이 아닐 경우 HPA와 VPA에서 0이 아닌 픽셀들의 무게 중심점은 각각 다음과 같이 구할 수 있다.

$$H_{C_k} = \frac{\sum_{j = \lceil 11/2 - N/2 \rceil}^{\lfloor 11/2 + N/2 \rfloor} \sum_{i=0}^{15} (i+0.5) \overline{P}_k(i, j)}{H_{N_k}} \quad (6)$$

$$V_{C_k} = \frac{\sum_{j=0}^{11} \sum_{i = \lceil 15/2 - N/2 \rceil}^{\lfloor 15/2 + N/2 \rfloor} (j+0.5) \overline{P}_k(i, j)}{V_{N_k}} \quad (7)$$

식 (6)과 식 (7)로부터 획득된 무게 중심점의 시간에 따른 변화를 분석해 손의 움직임 방향을 인식하게 된다.

## 2.2 최소 제곱법에 의한 손동작 인식

손의 움직임 방향을 인식하기 위해 II장 2.1절에서 구한 HPA와 VPA내의 0이 아닌 픽셀들에 대한 무게 중심점  $H_{C_k}$ 와  $V_{C_k}$ 를 각각  $(H_{x_k}, H_{y_k})$ 와  $(V_{x_k}, V_{y_k})$ 라고 정의한다. 먼저 수평 방향 손 움직임에 대한 방향은 그림 2와 같이 시간에 따른  $H_{x_k}$ 의 변화로 알 수 있다. 그림 2의 경우 시간에 따라  $H_{x_k}$  값이 점점 증가하고 있다. 이 경우 손이 좌에서 우로 움직이는 것을 의미한다. 만약  $H_{x_k}$  값이 시간에 따라 점점 감소한다면 손이 우에서 좌로 움직이는 것을 의미한다. 그림 2에서는 II장 1절의 가정 (a)에서 정의한 최소 개수인 4개의 이미지가 검출된 경우이다. 즉, 손동작 검출이 가능한 가장 빠른 손 움직임에 대한 그래프이다. 만약 손이 더 느리게 움직인다면 획득되는 이미지의 수가 더 많아지게 되고 결과적으로 시간에 따른  $H_{x_k}$  값의 변화율이 상대적으로 작게 나타난다. 이상적인 경우 시간에 따른  $H_{x_k}$  값은 단조 증가하거나 단조 감소해야 한다. 하지만 실제로 측정 오차 등으로 인해 단조 증가나 단조 감소 되는 경우가 많지 않다. 따라서 시간에 따른  $H_{x_k}$  값의 변화율을 판정하기 위해 획득된 점  $(k, H_{x_k})$ 와 거리 제곱의 합이 최소가 되는 최소 자승선을 이용한다. 최소 자승선의 기울기가 양수이면 손이 좌에서 우로 이동한 것을 의미하며 기울기가 음수이면 그 반대를 의미한다. 이러한 최소 자승선은 최소 자승법에 의해 구할 수 있다. 먼저

시간  $k$ 에 따른  $H_{x_k}$  값에 대한 최소 자승선을 다음과 같이 정의한다.

$$f(k) = H_a k + H_b \tag{8}$$

여기서,  $H_a$ 와  $H_b$ 는 각각 최소 자승선의 기울기와  $y$  절편을 의미한다. 다음으로 최소 자승법을 적용하기 위해 거리 제곱 오차를 다음과 같이 정의한다.

$$E(H_a, H_b) = \sum_{k=1}^M (H_{x_k} - (H_a k + H_b))^2 \tag{9}$$

여기서,  $M$ 은 손이 움직이는 동안 획득된 이미지의 개수이다. 식 (9)에서 구한 거리 제곱 오차를 최소화하려면  $H_a$ 와  $H_b$ 에 대한 편미분 값이 0이 되어야 한다. 이를 만족하는  $H_a$ 와  $H_b$ 는 다음과 같다.

$$H_a = \frac{\sum_{k=1}^M (H_{x_k} - \overline{H_{x_k}})(k - \bar{k})}{\sum_{k=1}^M (k - \bar{k})^2} \tag{10}$$

$$H_b = \overline{H_{x_k}} - a \bar{k} \tag{11}$$

여기서,  $\bar{k}$ 와  $\overline{H_{x_k}}$ 는 각각 시간  $k$ 와  $H_{x_k}$ 의 평균값을 의미한다. 결과적으로  $H_a$ 가 양수이면 손이 좌에서 우로 이동하며 음수이면 반대로 이동함을 알 수 있다. 수직 방향 손 움직임의 경우 수평 방향과 비슷하게 시간  $k$ 에 따른  $V_{y_k}$  값에 대한 최소 자승선의 계수  $V_a$ 에 의해 손의 움직임 방향을 검출 할 수 있다. 최소 자승선의 계수  $V_a$ 가 양수이면 손이 위에서 아래로 이동하며 음수이면 반대로 이동함을 알 수 있다.

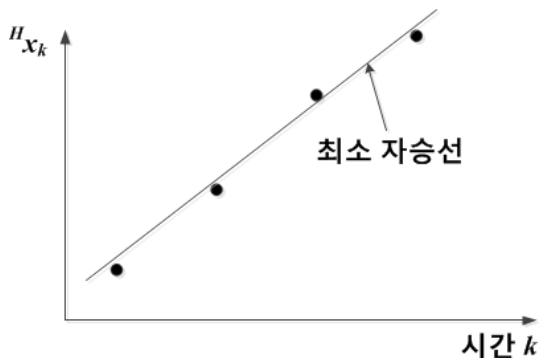


그림 2. 시간  $k$ 에 따른  $H_{C_k}$ 의  $H_{x_k}$ 의 그래프  
Fig. 2. Graph about  $H_{x_k}$  of  $H_{C_k}$  with respect to time  $k$ .

위에 기술한 바와 같이 HPA와 VPA의 무게 중심의 이동에 대한 각각의 최소 자승선의 기울기  $H_a$ 와  $V_a$ 에 의해 손의 수평, 수직 움직임을 인식 할 수 있다. 이 때 좌, 우 수평 움직임의 경우 시간  $k$ 에 따른  $H_{x_k}$  값의 변화는 큰 반면  $V_{y_k}$  값에 대한 변화는 0에 가깝게 나타난다. 이 때 상, 하 수직 움직임의 경우에는 반대로 나타난다. 다시 말해, 수평 움직임의 경우  $|H_a| \gg |V_a|$ 인 조건을 만족하며 수직 움직임의 경우  $|V_a| \gg |H_a|$  조건을 만족한다. 따라서 이 조건을 이용해 손이 움직이는 방향이 수평인지 수직인지 구분할 수 있으며 기울기의 부호에 따라 최종 방향을 판정할 수 있다.

### III. 실험 결과

제안된 손동작 인식 기법을 검증하기 위해 비전 시스템을 이용한 실험을 수행하였다. 손동작이 없는 상태에서 카메라로부터 획득된 배경 이미지는 그림 3과 같다. 그림 3은 카메라에서 획득된 컬러 원본 이미지를 그레이 스케일 이미지로 변환한 결과이다. 이렇게 획득된 그레이 스케일 이미지의 해상도를 640x480에서 16x12로 축소한 후 손동작 인식을 수행하였다.

그림 4에서는 좌에서 우로 이동하는 수평 방향 손동작 인식에 대한 차분 이미지 결과를 보여주고 있다. 그림 4 (a)는 손동작의 변화가 없는 상태로 차분 이미지의 모든 픽셀 값이 0임을 볼 수 있다. 다음으로 그림 4 (b)에서 차분 이미지에 0이 아닌 픽셀이 발생해 손동작

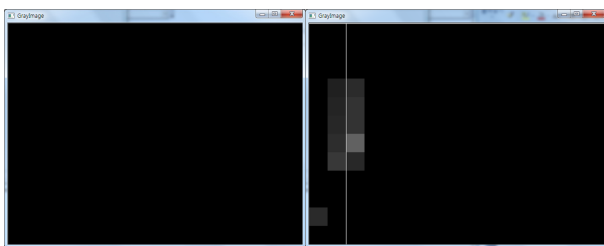


그림 3. 손 모션 인식 실험 배경 이미지  
Fig. 3. Background image for experiment of hand motion recognition.

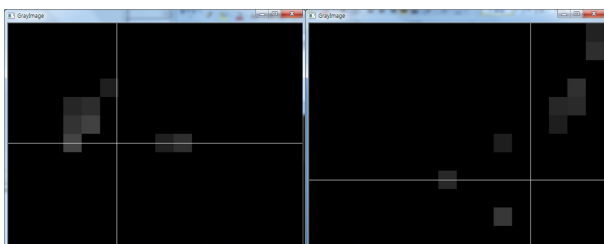
의 시작을 검출하였다. 이 순간부터 그림 4 (c), 그림 4 (d), 그림 4 (e), 그림 4 (f)를 연속적으로 획득하였다. 이 때 그림 4 (f)는 손이 이미지 영역을 벗어나 모든 픽셀 값이 0이 되므로 이 순간 손동작의 끝을 검출하고 이미지 획득을 멈추었다. 이렇게 획득된 그림 4 (b)에서 그림 4 (e)까지의 이미지에 대해 시간에 따른 무게 중심점의 위치를 계산하였다. 그림에서 세로 직선이 수평 방향 무게 중심 위치를 나타내고 가로 직선이 수직 방향 무게 중심의 위치를 나타낸다. 이 경우 수직 직선은 시간에 따라 오른쪽으로 이동하는 것을 확인 할 수 있었다. 그 결과 수평 방향 무게 중심점에 대한 최소 자승선의 기울기는 양수로 구해졌다. 하지만 수직 방향에 대한 무게 중심의 경우 그림 4 (b)와 그림 4 (e)에서는 수직 방향 주요 검출 영역에 0이 아닌 픽셀이 존재하지 않기 때문에 무게 중심을 구할 수 없었고 그림 4 (c)와 그림 4 (d)에서는 구할 수는 있었으나 일정 방향으로

증가하거나 감소하지는 않았다. 결과적으로 수평 이동에 대한 최소 자승선의 기울기가 수직 이동에 대한 최소 자승선의 기울기보다 크게 되어 수평 이동이 발생했다고 판정할 수 있었다.

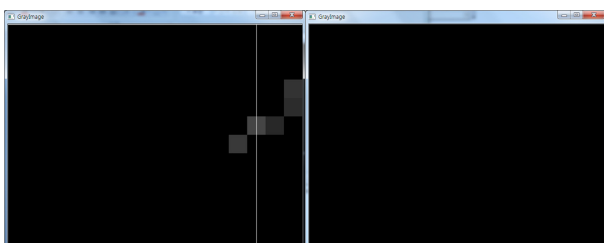
그림 5는 위에서 아래로 이동하는 손동작에 대한 결과를 보여주고 있다. 수평 손동작과 마찬가지로 그림 5 (a)와 그림 5 (b)에서 손동작의 시작을 검출하였고 그림 5 (e)와 그림 5 (f)에서 손동작의 끝을 검출하였다. 그림 5 (b)에서 그림 5 (e)까지 수직 방향 무게 중심이 시간에 따라 아래 방향으로 이동함을 볼 수 있다. 이에 따라 수직 방향 최소 자승선의 기울기는 양수로 구해졌다. 반면에 수평 방향 무게 중심은 시간에 따라 일정한 방향을 가지고 변화하지 않았다. 따라서 수직 방향에 대한 최소 자승선의 기울기가 수평 방향에 대한 최소 자승선의 기울기에 비해 매우 크므로 수직 이동이 발생했다고 판정할 수 있었다. 임의의 방향에 대한 손동작 실험



(a) (b)

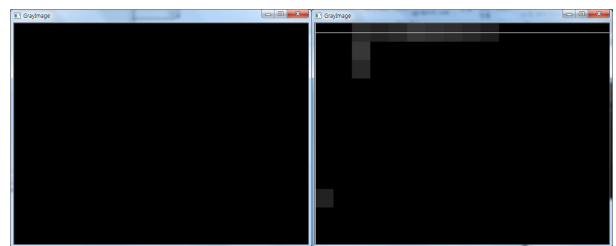


(c) (d)

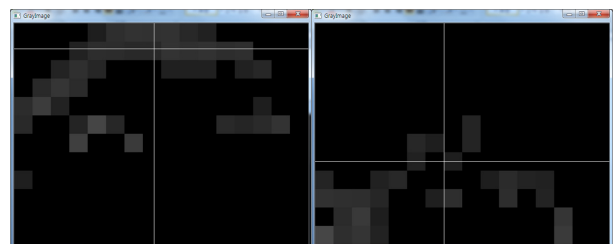


(e) (f)

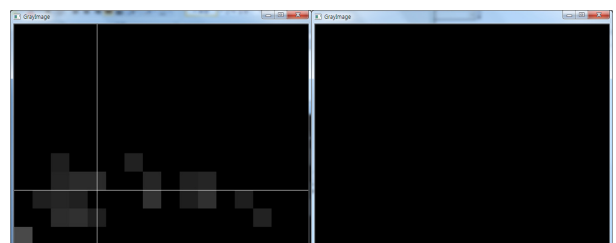
그림 4. 좌에서 우로 손이 움직일 경우 실험 결과  
Fig. 4. Experimental result for hand motion from left to right.



(a) (b)



(c) (d)



(e) (f)

그림 5. 위에서 아래로 손이 움직일 경우 실험 결과  
Fig. 5. Experimental result for hand motion from up to down.

험을 100회 반복한 결과 93% 이상의 성공률을 보였다. 이 때 최소 4장 이상의 차분 이미지를 획득할 수 있도록 손의 움직임 속도를 조절하였다. 이 보다 더 느리게 손이 움직일 경우 인식 성공률은 더 높아지기 때문에 일반적인 스마트 기기 사용 환경에서 비 접촉 인터페이스로 충분히 활용할 수 있을 것으로 보인다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 스마트 기기의 비 접촉식 사용자 인터페이스로서 비전 기반 손동작 인식 기법을 제안하였다. 이 때 스마트 기기의 저 용량 메모리와 낮은 계산 능력을 고려하여 영상 처리에 대한 계산량을 줄이기 위한 전처리 방법을 다음과 같이 제안하였다. 먼저 컬러 원본 이미지를 그레이 스케일 이미지로 변환하고 해상도를 낮춰 메모리 사용량과 계산량을 줄였다. 이렇게 축소된 이미지의 차분 이미지로부터 손동작에 의한 주요 변화 픽셀의 무게 중심을 구하고 시간에 따른 무게 중심의 변화를 최소 자승 선으로 표현하였다. 최소 자승 선의 기울기 값에 따라 손의 움직임 방향을 인식할 수 있었다. 제안된 손동작 인식 기법의 실효성을 검증하기 위해 비전 시스템을 이용한 실험을 수행하였고 93% 이상의 성공률을 얻었다. 본 논문에서 제안된 손동작 인식 기법은 비 접촉 사용자 인터페이스로서 메모리와 계산 능력에 제한이 있는 임베디드 시스템 기반 비전 응용 시스템에 활용 가능 할 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] <http://robotive.com/forum>
- [2] J. Y. Yeo, L. B. Truong, S. H. Shin, D. B. Kang, S. H. Lee, G. M. Jeong, "An Autonomous Control of Mobile Robot using Android Smartphone and X-Bot," The 7th International Conference on Multimedia Information Technology and Applications, pp.62-65, July 2011.
- [3] X. Zabulis, H. Baltzakis, and A. Argyros, "Vision-based Hand Gesture Recognition for Human-Computer Interaction," The Universal Access Handbook. LEA, 2009.
- [4] 김건우, 이원주, 전창호, "가이드라인을 이용한 동적 손동작 인식," 대한전자공학회 논문지-CI, 제47

권, 제5호, pp.1-9, 2010.

- [5] 지재영, 장경현, 이정호, 문영식, "다양한 환경에 강건한 DSTW 기반의 동적 손동작 인식," 대한전자공학회 논문지-CI, 제47권, 제1호, 92-103쪽, 2010.
- [6] M. Kölsch and M. Turk, "Robust Hand Detection," 6th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG'04), Seoul, Korea, 2004.
- [7] J. B. Park, S. H. Lee, and S. J. Park, "Monocular Vision-based Fast Hand Motion Detection using the Least Mean Square Method," The 7th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence 2010, Daejeon, Korea, 2010.

#### — 저 자 소 개 —



박 재 병(정회원)-교신저자

2000년 성균관대학교 전기·전자 및 컴퓨터공학부 학사 졸업.

2002년 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 석사 졸업.

2006년 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 박사 졸업.

2006년~2007년 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 BK21 박사후연구원.

2007년~현재 전북대학교 전자공학부 조교수.

<주관심분야 : 다중 로봇 제어, 이동 로봇 제어, 원격 로봇 제어, 로봇 비전>