

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2013.13.1.121>

JIIBC 2013-1-18

제스처 클리핑 영역 비율과 크기 변화를 이용한 손-동작 인터페이스 구현

Implement of Hand Gesture Interface using Ratio and Size Variation of Gesture Clipping Region

최창열*, 이우범**

Chang-Yur Choi, Woo-Beom Lee

요약 본 논문에서는 UI 시스템에서 포인팅 장비를 대신할 수 있는 컴퓨터 비전 기반의 제스처 형상의 영역 비율과 크기 변화 특징을 이용한 손-동작 인터페이스를 제안한다. 제안한 방법은 효과적인 손 영역 검출을 위해서 HSI 컬러 모델을 기반으로 손 영역의 피부 색상(Hue)과 채도(Saturation) 값을 혼합하여 적용함으로써 제스처 인식에 있어서 손 영역 이외의 피부색 영역을 제거할 수 있으며, 빛에 의한 잡음 영향을 줄이는데 효과적이다. 또한 제시되는 제스처의 정적인 포즈 인식이 아닌 실시간으로 변화하는 제스처 클리핑 영역에서의 손 영역 화소 비율과 크기 변화를 검출함으로써 계산량을 줄일 수 있으며, 보다 빠른 응답 속도를 보장한다. 제안한 컴퓨터 비전 기반의 포인팅 인터페이스는 우리가 이전 연구에서 구현한 자가 시력 측정 시스템에서 독립적인 포인팅 인터페이스로 적용한 결과, 평균적으로 86%의 제스처 인식률과 87%의 좌표이동 인식률을 보여 포인팅 인터페이스로의 활용도를 보였다.

Abstract A vision based hand-gesture interface method for substituting a pointing device is proposed in this paper, which is used the ratio and size variation of Gesture Region. Proposed method uses the skin hue&saturation of the hand region from the HSI color model to extract the hand region effectively. This method can remove the non-hand region, and reduces the noise effect by the light source. Also, as the computation quantity is reduced by detecting not the static hand-shape recognition, but the ratio and size variation of hand-moving from the clipped hand region in real time, more response speed is guaranteed. In order to evaluate the performance of the our proposed method, after applying to the computerized self visual acuity testing system as a pointing device. As a result, the proposed method showed the average 86% gesture recognition ratio and 87% coordinate moving recognition ratio.

Key Words : Hand gesture, Pointing Device, Hand Region Segmentation, Ratio&Size variation of Gesture Region, Real-time Response

1. 서론

최근에 출시된 윈도우 8 운영체제에서는 제스처 인식

기반의 사용자 인터페이스(UI : User Interface)를 운영체제 기능의 한 부분으로 적용하고 있다. 이처럼 증강현실, 모션인식, 제스처 인식 등의 휴먼 컴퓨터 인터액션

*정회원, 상지대학교 컴퓨터정보공학부

**정회원(교신저자), 상지대학교 컴퓨터정보공학부

접수일자 2012년 10월 30일, 수정완료 2012년 12월 28일
게재확정일자 2013년 2월 8일

Received: 30 October 2012 / Revised: 28 December 2012 /

Accepted: 8 February 2013

**Corresponding Author: beomlee@sangji.ac.kr

School of Computer Information Engineering, Sangji University, Korea

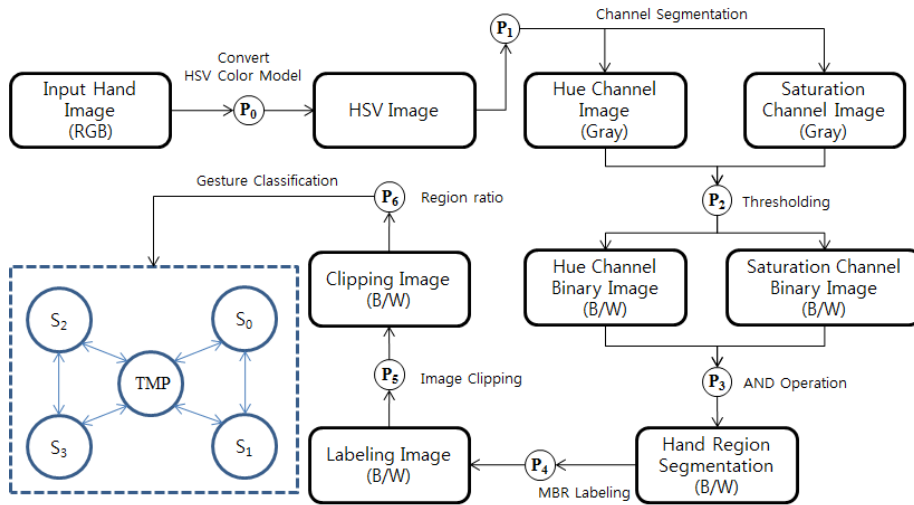


그림 1. 본 논문에서 제안하는 핸드 포인팅 인터페이스
Fig. 1. Hand Pointing Interface in our approach

(HCI : Human Computer Interaction) 기술은 아이폰, 아이패드, 갤럭시 시리즈, 테블릿 PC 등의 스마트 기기뿐만 아니라, XBOX, 플레이스테이션, WII 등과 같은 가정용 멀티미디어 게임 기기에서 그 활용도가 증가하고 있다.

기존의 손-동작 기반의 제스처 인식 분야는 크게 칼라 및 텍스처 정보 등을 제스처 분석에 사용하는 비전 기반 방식과 별도의 추가적인 입력 장치를 요구하는 데이터-장갑(Data-Glove) 기반 방식으로 나누어진다^{[1][2]}.

또한 제스처 인식에 있어서도 승리 표시나, 엄지 손가락 올림 등의 정적 움직임(static movement)인 포즈 인식과 손을 흔드는 인사와 같은 동적 움직임(dynamic movement)인 제스처 인식으로 구분할 수 있다. 여기서 제스처 인식의 방법으로는 PCA, HMM, 영상처리, 패턴 인식, 신경회로망 등의 방법들이 융합적으로 적용되어 사용된다. 그러나 이러한 방법들은 동일한 제스처일 경우에도 사람에 따라서 움직임 형태의 가변성이 크며, 빛 상태와 같은 촬영 조건의 제약 때문에 확실한 해법을 제시하지 못 하는 실정이다^{[1][2]}.

따라서 본 논문에서는 손 영역의 추출을 위해서 HSV 칼라모델로부터 색상(Hue) 채널과 채도(Saturation) 채널의 멀티 채널 정보를 이용하여 피부색과 유사한 정보 잡음에 대한 간섭을 최소화한다. 또한 손 동작의 인식에 있어서도 정적이 손 모양의 인식이 아니라 실시간 시스템에 효과적으로 적용하기 위해서 실시간으로 변화하는 손 영역의 화소 비율과 크기를 검출하여 분류 인식한다.

특히, 일반적으로 방향성을 감지하는 손 동작 기반의 포인팅 인터페이스의 경우에 손가락 끝점 인식을 기반으로 구현하는 경우가 대부분으로서 추가적인 계산량을 요구한다. 그러나 본 논문에서는 방향성 인지를 위한 손가락 시작점 및 끝점 인식 과정이 요구되지 않는다.

따라서 본 논문에서 제안한 방법은 실제 우리가 개발한 자가 시력 측정 시스템^[3]에서의 입력 장치를 위한 포인팅 인터페이스 장치로 적용함으로써 그 유효성을 보인다.

II. 손 영역 검출

손 동작을 인식하기 위해서는 먼저 실시간으로 입력 되는 영상으로부터 손 영역을 분할하여야 한다. 그러나, 실제 카메라에서 들어오는 RGB 칼라 영상은 검출하려는 손 객체가 주위 광원의 밝기에 따라서 색상 정보가 훼손되기 때문에 이를 최대한 줄이는 방법이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 손 영역의 밝기에 의한 영향을 줄이기 위하여 HSI 컬러모델을 사용한다. HSI 컬러모델은 인간이 색을 인지하는 방식과 유사한 컬러모델^[4]로서 인간이 색을 인지하는 척도인 색상(Hue), 채도(Saturation), 밝기(Intensity)정보를 이용하여 색상을 표현한다^{[4][5]}. 특히, HSI 모델은 RGB 컬러모델과는 다르게 색상 정보와 밝기 정보를 분리하는 것이 가능하기 때문에 손 영역 검출에 있어서 빛의 영향을 최대한 줄여주는 것이 가능하다.

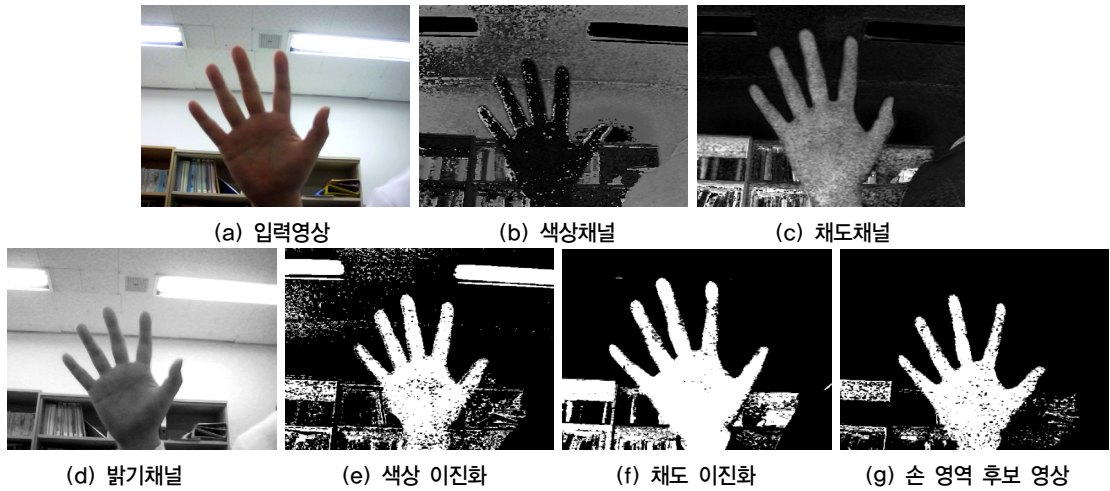


그림 2. 손 영역 검출 과정의 예
Fig. 2. Example of Hand-Region Detection Processing

손 영역 분할의 첫 번째 과정은 카메라에서 입력되는 그림 2(a)의 RGB 영상을 아래 식 (1)을 이용하여 HSI 컬러모델로 변환한다.

$$\begin{aligned}
 h &= \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5 \cdot [(r-g) + (r-b)]}{[(r-g)^2 + (r-b)(g-b)]^{1/2}} \right\} \\
 h &\in [0, \pi] \text{ for } b \leq g \\
 h &= 2\pi - \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5 \cdot [(r-g) + (r-b)]}{[(r-g)^2 + (r-b)(g-b)]^{1/2}} \right\} \\
 h &\in [0, \pi] \text{ for } b > g \\
 s &= 1 - 3 \cdot \min(r, g, b) \quad s \in [0, 1] \\
 i &= (R + G + B) / (3 \cdot 255) \quad i \in (0, 1)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

식 (1)에서 r, g, b는 실영상으로부터 획득된 R, G, B 값을 아래 식 (2)에 의해서 정규화한 값이며, $\min(\cdot)$ 는 최소값 함수를 의미한다^{[4][5]}.

$$r = \frac{R}{R+G+B}, g = \frac{G}{R+G+B}, b = \frac{B}{R+G+B}
 \tag{2}$$

그리고 계산된 r, g, b 값은 실제 영상 출력이나 특징 값 계산을 위해서 아래 식 (3)을 이용하여 선형변환 한 후의 값인 V 를 이용한다.

$$V = f_T(v, m) = v \times m
 \tag{3}$$

여기서, v 는 식 (1)에 의해서 계산된 r, g, b 값을 의미하고, m 은 변형 상수이다. HSI 컬러모델로 변환된 영상은 그림 2의 (b), (c), (d) 영상과 같이 색상, 채도, 밝기의 3가지 채널로 분리 된다. 색상 채널은 빨강, 녹색, 파랑의 색상 정보를 가진 영역이고, 채도 채널은 색의 선명도를 나타내는 채널로 동일색상에서의 선명도를 구별하는데 유용하며, 밝기 채널은 밝기 정보를 가진 영역으로 명암에 따른 객체 검출에 유용하다.

본 논문에서는 전처리 과정으로서 손 영역을 검출하기 위해서 색상과 채도 채널의 융합 정보를 이용한다. 색상 채널로부터 피부색과 일치하는 영역을 검출하고, 채도 채널에서는 저채도 영역을 검출한다. 즉 피부색과 유사한 색상 영역이면서 채도가 낮은 영역들을 손 영역으로 정의하여 검출한다. 왜냐하면 피부색만을 이용하여 검출한 영역은 손 영역 이외에도 색상이 유사한 손목이나 얼굴, 목 등과 같은 동작 인식에 필요하지 않은 비-인식(Non-recognition) 영역들이 검출되기 때문에 이러한 영역들을 최소화하기 위해 채도 채널을 이용하여 비-인식 영역을 제거한다.

이때, 채도 채널은 사용자 동작을 취할 경우 손은 인체보다 카메라에 비교적 가깝게 위치하며, 또한 손바닥은 지면을 향해 있어 손바닥을 제외한 피부색 영역은 광원에 직접적으로 영향을 받아 채도가 높게 나오지만 손바

다른 광원에 간접적인 영향으로 다른 피부색 영역에 비해 채도가 낮게 나타난다. 따라서 검출된 피부색과 유사하고 채도 또한 낮게 나타나는 공통적인 영역이 실제 명령 제스처를 취하는 손바닥일 가능성이 높게 된다.

따라서 색상채널과 채도채널에서 피부색 영역과 채도가 낮은 영역을 검출하기 위해 아래 식 (4)를 이용하여 그림 2의 (b) 색상 채널과 (c) 채도 채널을 이진화한다.

$$I_B(x,y) = \varphi [I_{CS}(x,y) - T] \quad (4)$$

여기서, $I_{CS}(\cdot)$ 는 원 영상에서 채널 분리된 그레이 레벨 영상을 의미하고, $\varphi[\cdot]$ 함수는 임계값 T에 의한 임계 계단 함수를 나타낸다.

식 (4)에서 $I_B(\cdot)$ 는 이진영상으로 분리된 색상채널에서 피부색에 해당하는 검게 나타나는 영역을 임계값 T로 설정하여 임계값 T 이하일 경우에는 전경으로, 그 외 값은 배경으로 설정하여 영상 (e)의 색상 이진화 영상을 얻어낸다. 그리고 채도 채널에서 빛을 직접 받지 않는 채도가 낮은 영역을 임계값 T로 설정해 임계값 T 이하의 값을 전경으로, 그 외 값은 배경으로 설정하여 채도 이진화 영상 (f)을 얻는다.

그 다음으로 색상과 채도 이진화 영상으로부터 공통 영역을 검출하기 위해 아래 식 (5)의 영상곱(Image AND) 연산에 의해서 최종 손-영역 후보 영상 $I_{Hs}(\cdot)$

을 획득한다.

$$I_{Hs}(x,y) = I_{Hb}(x,y) \wedge I_{Sb}(x,y) \quad (5)$$

여기서, $I_{Hb}(\cdot)$ 와 $I_{Sb}(\cdot)$ 는 각각 식 (4)에 의해서 변환된 색상 이진영상과 채도 이진영상을 나타내고, \wedge 는 영상곱 연산자를 의미한다. 그림 2의 (g)는 실시간 제스처 인식의 대상이 되는 최종 손 영역 후보 영상으로서 이 영상에서 가장 큰 고립 영역이 손 영역으로 결정된다.

III. 제스처 분류 및 인식

본 논문에서 구현하는 사용자 인터페이스는 포인팅 입력 장치의 클릭 및 드래그 앤 드롭(Drag&Drop)에 의한 방향성 검출 기능을 목적으로 하고 있다.

먼저, 포인팅 장비를 대체하기 위해서는 적용 시스템에서 요구하는 각 이벤트에 대응하는 사용자 제스처를 정의해야 한다. 본 논문에서 정의하는 손-동작 명령은 그림 3에 나타낸 봐와 같이 (a) 초기(Init), (b) 클릭 다운(Click-Down), (c) 클릭 업(Click-Up), (d) 다음(next)의 4가지 제스처로 설정한다. 이 제스처는 기존 우리 연구에서 개발된 자가시력측정 시스템^[3]에 포인팅 입력 장치로 적용하여 시뮬레이션할 수 있도록 설정되었으며, 이때

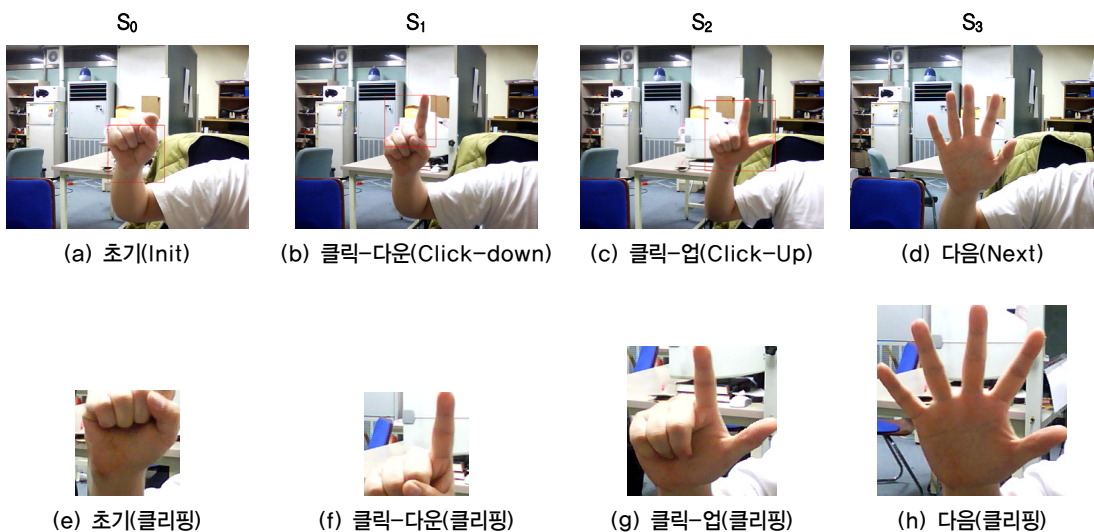


그림 3. 제스처 정의 및 클리핑 영상의 예
Fig. 3. Example of Gesture Definition Images and Clipping Images for Recognition

사용자 인터페이스 시스템은 사용자가 시력 측정을 위해서 제시된 란돌프 시표(Landolt's optotypes)를 보고 손동작으로 해당하는 시표의 티진 방향을 입력하도록 하고 있다.

실시간으로 입력된 영상으로부터 검출된 손 후보 영역을 분류하기 위해서는 인식의 대상이 되는 관심 영역의 획득이 필요하다. 본 논문에서의 인식 대상이 되는 관심 영역은 검출된 손바닥 영역의 최소 근접 사각형(MBR : Minimum Bounding Rectangle)을 의미하며, 검출된 최소 근접 사각형을 고립 영역으로 설정하기 위해서 라벨링(Labeling) 알고리즘을 사용한다^[6]. 이 때 손-영역 이외의 노이즈 고립 영역이 발생하기도 하는데, 이 경우에는 라벨링 알고리즘에 의해 고립 영역으로 지정되는 영역들 중 가장 큰 고립 영역을 손 영역으로 선택하여 검출한다. 왜냐하면, 제스처를 취하는 손 영역이 피부색 영역에서 가장 카메라와의 거리가 근접하고, 채도 값 또한 낮아서 가장 큰 영역으로 나타나기 때문이다.

획득된 손-동작을 포함하는 최소 근접 사각형 영역을 분류 인식하기 위해서는 먼저 인식되는 대상들 간의 분류 특징을 최대화하기 위하여 최소 근접 사각형에 대해서 클리핑(clipping) 작업을 수행한다. 본 논문에서 수행하는 클리핑 작업은 손-동작의 특징을 손-동작 영역의 크기와 영역 내에서의 손-동작 영역의 화소 비율을 특징으로 정의하기 위한 전처리 작업으로서 수행된다.

전처리 클리핑 작업은 손-동작 영역의 최소 근접 사각형의 넓이 값을 사각형의 수직방향으로 적용하여 정사각형 영역으로 클리핑하여 손-동작 영역을 재설정 한다. 그림 3의 (e), (f), (g), (h) 영상은 실영상에서 획득한 클리핑 영역의 예이다.

실시간 제스처 인식은 기존의 유선 포인팅 장비를 대체하기 위하여 4가지 제스처로 분류되어 각각의 용도에 맞는 이벤트와 연동된다. 연동되는 4가지 제스처 기능은 클릭 다운과 클릭 업의 마우스 이벤트와 다음 명령 수행을 위한 초기화 기능 그리고 해당 프로그램에 최적화된 이벤트 또는 매크로 기능을 포함한다.

클릭 다운(S_1)과 클릭 업 이벤트(S_2)는 드래그 앤 드롭 이벤트로 클릭 다운 후 이동하여 클릭 업 상태로 변경되는 이벤트를 의미하여 클릭 다운 상태의 포인팅 좌표와 클릭 업 상태의 포인팅 좌표 값을 획득하는 것이 목적이다. 그리고 초기(S_0) 기능은 연쇄적인 다음 기능의 입력을 위한 이벤트 사이의 차단 기능을 수행하며, 다음(S_3)

기능은 화면 컨트롤을 위한 화면 전환 기능을 수행한다.

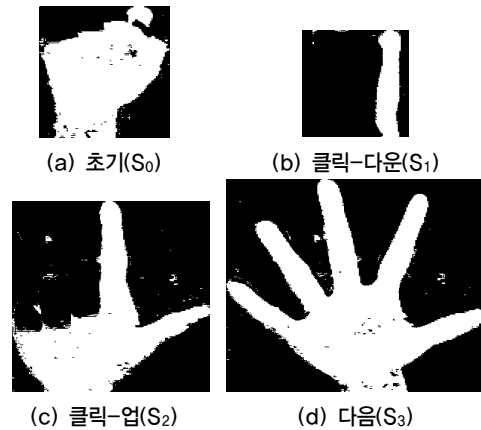


그림 4. 클리핑 이진 영상의 4가지 상태
Fig. 4. 4-States of the Clipping Binary Image

클리핑된 이진 영상에서 연속적으로 입력되는 실시간 제스처 인식하기 위해서는 먼저 그림 4와 같은 클리핑 영역의 이진 영상으로부터 상태 n 에서의 아래 두 특징을 계산해야 한다.

$$CS_n = C_w \tag{6}$$

$$CR_n = C_{hr} / C_T \tag{7}$$

위 식에서 CS_n 과 CR_n 은 각각 n 상태에서의 클리핑된 영역의 크기와 클리핑된 영역 내에서의 손-영역의 화소 비율을 의미한다. 여기서 C_w 는 클리핑 영역의 폭의 값, C_{hr} , C_T 는 각각 클리핑 영역의 손-영역의 화소수와 전체 화소수를 나타낸다.

상태 n 에서의 CS_n 과 CR_n 이 계산되면, 아래 그림 5의 상태 천이도에 의해서 동작 인식을 수행한다. 이 때 표 1에 나타난 바와 같이 4가지 손 동작을 인식하기 위해서 상태 S_0 와 S_1 , 그리고 S_2 와 S_3 는 각각 CS_n 조건에서 동일 부류(class)로 1차 선인식(pre-recognition) 처리하고, 동일 부류 내에서 CR_n 조건에 의해서 다른 부류로 최종 후인식(post-recognition)하게 된다.

따라서 그림 5의 상태 천이도에서 인식은 S_0 에서 시작되며, CS_n 의 값에 의해서 부류 인식이 수행된다. 그리고 상태 T는 2차 부류 내 인식을 위한 임시 상태로서

CS_n 조건에 의해서만 부류 간 상태 이동이 가능하다. 또한 동일 부류 내에서는 CR_n 조건에 의해서만 상태 이동이 가능하다. 따라서 그림 5의 상태 천이도에 의해서 본 논문에서 구현한 손-동작 기반의 포인팅 인터페이스는 실시간으로 최적화된 포인팅 처리가 가능하다.

표 1. 상태천이표

Table 1. State Transition Table

1차 선인식	2차 후인식	부류 내 인식	
		CR(↑)	CR(↓)
부류1	CS(↓)	S ₀	S ₁
부류2	CS(↑)	S ₂	S ₃

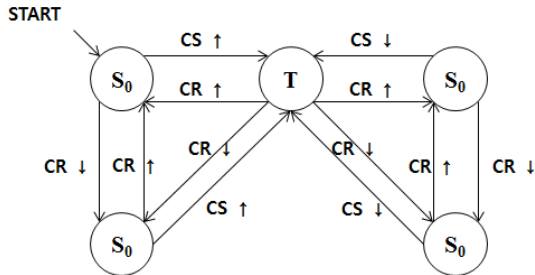


그림 5. 상태천이도

Fig. 5. State Transition Diagram

IV. 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 제스처 포인팅 인터페이스 시스템은 윈도우 7 환경에서 Intel社의 컴퓨터비전 라이브러리인 OpenCV 1.0^[7]과 마이크로소프트社의 MFC 라이브러리를 기반으로 C++ 언어를 이용하여 구현하였다.

포인팅 인터페이스의 성능 평가를 위해서는 우리가 이전에 연구했던 자가 시력 측정 시스템^[3]에 포인팅 장비의 대체 입력기로 적용하여 각 제스처에 대한 인식률을 측정한다.

인식률의 측정 방법은 측정을 수행할 동안 별도의 콘솔 화면을 생성해 인식된 제스처 유형과 해당하는 포인팅 좌표 값을 표시한다. 화면에 나타나는 메시지는 제스처 유형에 따라 초기(Init), 클릭 업(up), 클릭 다운(down), 다음(Next)의 4가지 유형 가운데 하나로 제시되며, 좌표 인식은 클릭-업과 클릭-다운 상태일 때, 제스처

이동에 의한 실제 좌표가 실시간으로 정확히 변화하는지를 확인한다.

표 2. 제스처 유형과 좌표 인식률

Table 2. Gesture Type and Coordinates Recognition Ratio

유형	제스처 인식				좌표 인식	
	초기	클릭 다운	클릭 업	다음	평균	불일치
인식률(%)	90	80	90	85	86	87

표 2는 제스처 유형과 좌표 인식률에 대한 시뮬레이션 결과이다. 평균 제스처 인식률은 86%이고 실시간 좌표 이동 인식률은 87%로서 포인팅 인터페이스로의 활용성을 보였다. 그러나 시뮬레이션에서 클릭-다운이 다른 제스처에 비해 상대적으로 인식률이 적게 나타난다. 왜냐하면 손가락을 뺀 방향이나 들어 올리는 위치에 의해서 손 영역의 형태가 변형되어 인식을 위한 클리핑 영역의 크기와 비율이 클릭-업 상태와 유사한 값을 보임으로서 클릭-업으로 인식되는 경우가 발생하기 때문이다.

V. 결론

본 논문에서는 포인팅 장치의 대체를 위한 손 동작 인식 기반의 UI 시스템을 제안했다. 제안한 방법은 별도의 포인팅 장비나 입력 도구를 요구하지 않고 응용 프로그램과 별도의 독립적인 형태로 실행된다. 또한 손 동작의 인식에 있어서도 정적이 손 모양의 인식이 아니라 실시간으로 변화하는 손 영역의 화소 비율과 크기를 검출하여 분류 인식하기 때문에 실시간 적용에 효과적이다. 그러나 입력 인터페이스로서 상용화하기 위해서는 제스처 유형이 4가지 정도로 작고, 수행되는 명령을 변경할 수 있는 옵션이 제한적이다.

따라서 이러한 제한점을 해결하여 지원 가능한 제스처 유형을 증가하고, 타 시스템으로의 변경 적용을 위해서 수행되는 명령을 변경할 수 있는 옵션을 추가한다면, 본 논문에서 시뮬레이션 한 의료용 측정 기기의 입력 대체 장비로서의 효율성이 크다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] R. Z. Khan and N. A. Ibraheem, "Survey on Gesture Recognition for Hand Image Posture", Computer and Information Science Vol. 5(3), pp. 110-121, 2012.
- [2] S. Mitra and T. Acharya, "Gesture Recognition: A Survey", IEEE Trans. on SMC Vol. 37(3), pp. 311-324, 2007.
- [3] Changyur Choi and Woobeom Lee, "A Self Visual-Acuity Testing System based on the Hand-Gesture Recognition by the KS Standard Optotype", Journal of The Institute of Signal Processing and Systems, Vol. 11(4), pp. 303-309, 2010.
- [4] A.R. Smith, "Color Gamut Transform Pairs", SIGGRAPH 78, pp. 12-19, 1978.
- [5] Gary R. Bradski and Santa Clara, "Computer Vision Face Tracking For Use in a Perceptual User Interface", Intel Technology Journal Q2, pp. 1-15, 1998.
- [6] Fu Chang, Chun-Jen Chen, Chi-Jen Lu, "A Linear-Time Component-Labeling Algorithm Using Contour Tracing Technique", Computer Vision and Image Understanding, Vol. 93(2), pp. 206-220, 2004.
- [7] Intel. Open source computer vision library: Reference manual. 2001.
- [8] P. Garg, N. Aggarwal, S. Sofat, "Vision Based Hand Gesture Recognition", World Academy of Science, Engineering and Technology 49, 2009.
- [9] G. R. S. Murthy and R. S. Jadon, "A Review of Vision based Hand Gestures Recognition", International Journal of Info. Tech. and Knowl. Mang. Vol. 2(2), pp. 405-410, 2009.
- [10] X. Shen, etc., "Dynamic hand gesture recognition: An exemplar-based approach from motion divergence fields", Image and Vision Computing 30, pp. 227-235, 2012.
- [11] V. A. Prisacariu and I. Reid, "3D hand tracking for human computer interaction", Image and Vision Computing 30, pp. 236-250, 2012.

※ 이 논문은 2011년도 상지대학교 교내 연구비 지원에 의한 것임.

저자 소개

이 우 범(정회원)



교수

• 2007년 3월 ~ 현재 : 상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수
<주관심분야 : 뉴로비전컴퓨팅, IT융합의료기(한방의료영상), 제스처인식>

• 1995년 : 영남대학교 컴퓨터공학과 학사
• 1997년 : 영남대학교 컴퓨터공학과 석사
• 2000년 : 영남대학교 컴퓨터공학과 박사
• 2000년 3월 ~ 2004년 2월 : 대구과학대학교 컴퓨터공학과 교수
• 2004년 3월 ~ 2007년 2월 : 영남대학교 전자정보공학부 컴퓨터전공 특임

최 창 열(정회원)



• 2010년 : 상지대학교 컴퓨터정보공학부 (학사)
• 2012년 : 상지대학교 컴퓨터정보공학과 (석사)
<주관심분야 : 영상처리, 한방의료영상 진단기, 컴퓨터비전>