

영상처리 기반의 제스처를 이용한 가상현실 입력기⁺

(Image Processing Based Virtual Reality Input Method using Gesture)

홍 동 균¹⁾, 천 미 현²⁾, 이 동 화³⁾*

(Dong-Gyun Hong, Mi-Hyeon Cheon, and Donghwa Lee)

요 약 정보 기술의 발전에 따라 유비쿼터스 컴퓨팅 기술이 대두되고 있다. 이에 맞춰 디바이스의 소형화와 사용자의 편리성을 증대시키기 위한 여러 연구가 진행되고 있다. 그중 몇몇의 제안된 디바이스들은 사용자가 착용해야 한다는 점과 손에 들고 동작시켜야 한다는 불편함이 있다. 본 논문에서는 이러한 불편함을 해결하기 위해 텔레비전 시청 시 사용할 수 있는 가상 버튼을 제안하였다. 텔레비전을 통해 영상 시청 시 전방에서 사용자가 영상을 시청한다는 점을 이용해 카메라를 TV 상단에 설치하여 카메라가 머리 위쪽을 촬영하게 한다. 촬영된 영상에서 배경과 손 영역을 분리하여 검출하고, 검출된 손 영역에 외곽선을 검출한 후 손가락의 끝점을 검출한다. 손가락의 끝점을 검출하면 전방을 촬영하고 있는 영상 상단에 가상 버튼 인터페이스가 출력되며 검출된 손가락의 끝점이 포인터가 되어 위치정보를 갖고 버튼 안쪽에 위치할 경우 버튼이 동작한다.

핵심주제어: HCI, 가상 입력기, 손 검출, 손 윤곽선 검출, 손가락 끝점

Abstract Ubiquitous computing technology is emerging as information technology advances. In line with this, a number of studies are being carried out to increase device miniaturization and user convenience. Some of the proposed devices are user-friendly and uncomfortable with hand-held operation. To address these inconveniences, this paper proposed a virtual button that could be used in watching television. When watching a video on television, a camera is installed at the top of the TV, using the fact that the user watches the video from the front, so that the camera takes a picture of the top of the head. Extract the background and hand area separately from the filmed image, extract the outline to the extracted hand area, and detect the tip point of the finger. Detection of the end point of the finger produces a virtual button interface at the top of the image being filmed in front, and the button activates when the end point of the detected finger becomes a pointer and is located inside the button.

Keywords: HCI, Virtual input machine, Hand detection, Hand contour extraction, Finger end point detection

* Corresponding Author: leedonghwa@daegu.ac.kr

+ 이 논문은 2016학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임.

Manuscript received August 31, 2019 / accepted October 02, 2019

1) 대구대학교 정보통신공학과, 제1저자

2) 대구대학교 정보통신공학과, 제2저자

3) 대구대학교 정보통신공학부, 교신저자

1. 서론

정보 기술의 발전에 따라 언제, 어디서나 시간과 장소에 구애받지 않고 컴퓨터와 상호 접속이 가능한 유비쿼터스 컴퓨팅 (Ubiquitous computing) 기술이 대두되고 있다 (Bang and

Kim, 2014; Kwon et al., 2016). 유비쿼터스 컴퓨팅 기술의 특성에 맞춰 디바이스들을 소형화하고 사용자의 편리성을 증대시키기 위해 3차원 공간에서 정보를 받을 수 있도록 하는 인터페이스 기술 개발에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다 (Lee et al., 2010; Kim and Song, 2013). 3차원 공간에서 정보를 받을 수 있도록 하는 인터페이스 중 하나인 SCURRY는 QWERTY 유형의 키보드는 기존 착용형 디바이스의 부피가 크고 불편하다는 단점에 착안하여 손가락의 움직임을 측정해서 문자를 입력하는 착용형 키보드를 제작하였다 (Kim et al., 1993). 하지만 센서를 착용하지 않을 시 사용이 불가능하다는 단점이 있다.

일상생활 속에서 다양한 디지털 입력 장치들을 사용하고 있다. 그중 가장 범용적으로 쉽게 접하는 기기인 리모트 컨트롤러는 주로 텔레비전을 작동시키기 위해 사용된다. 하지만 간단한 동작을 하는 데도 손에 지니고 작동 시켜야 한다는 점은 착용형 키보드인 SCURRY와 같이 큰 단점으로 작용한다. 본 논문에서는 리모트 컨트롤러가 가지는 단점과 유비쿼터스 컴퓨팅 기술에 핵심인 정보 단말기의 착용성과 사용자의 편리성을 고려해 카메라와 영상처리를 이용한 가상현실 입력기를 제작하도록 한다.

텔레비전을 통한 영상 시청 시 텔레비전 전방에서 사용자가 영상을 시청한다는 점을 이용해 카메라를 텔레비전 위쪽에 설치한다. 이 경우 카메라가 촬영하고 있는 영역은 가상 버튼을 동작시키기 위한 3차원 가상현실 공간이 된다. 이 영역에서 정보를 입력하기 위해 손 영역을 배경과 분리하고 손가락의 위치를 인식할 경우 가상 버튼이 나타나도록 한다. 이 가상 버튼과 인식된 손가락의 위치를 통해 텔레비전을 제어한다. 텔레비전 기능은 영상처리를 이용하여 특정 번호의 영상을 재생하도록 구현하였다.

2. 관련 연구

2.1 컬러 모델

컬러 영상을 표현하는 데 사용되는 모델로 RGB, HSV 그리고 YCbCr 등이 있다. 먼저 가장 기본적인 모델인 RGB 모델은 Red, Green, Blue의 총 3가지 성분 조합으로 이루어져 있다. 각각의 성분은 0-255 사이의 값을 가질 수 있어 이 값들의 조합으로 약 16만개 이상의 색상을 표현할 수 있다. 다음으로 HSV 컬러 모델은 Hue, Saturation, Value로 구성되어 있고 3가지 성분의 구분을 통해 영상을 표현 하며 HSV 컬러 모델의 장점으로 일정한 색을 갖는 객체를 검출하기에 용이한 컬러 모델이다 (Ahn et al., 2009). 마지막으로 YCbCr 컬러 모델은 피부 색상 검출에 가장 많이 사용되고 있는 모델이며 불균일한 색상 분포를 모두 검출할 수 있는 장점이 있다 (Park and Lee, 2010).

카메라를 이용하여 실시간으로 피부색을 검출할 경우 빛의 세기에 따라 피부색의 값이 변동된다. 그래서 사용할 영상에 어떤 컬러 모델을 사용 하느냐에 따라 손 영역 검출에 결과가 크게 달라 질 수 있다. 이때 RGB 컬러 모델은 빛의 세기에 따라 색상 정보가 변하는 문제가 있고 YCbCr 컬러 모델을 사용할 경우 노이즈가 많이 발생한다는 문제점이 있다 (Kim and Jung, 2008; Chae and Jun, 2015). 따라서 본 논문에서는 영상의 색상 정보를 빛과 노이즈에 강한 HSV 컬러 모델로 변환시켜 연구를 진행하였다.

2.2 손 영역 검출

손 영역 검출 기술은 손의 동작 추적 및 인식 등이 다양한 영역에서 이용이 가능하기 때문에 손 영역 검출 기술에 대한 여러 연구가 활발히 진행되고 있다 (Kim et al., 2010). 하지만 카메라를 이용하여 실시간으로 손 영역만을 검출한다는 것은 쉬운 일이 아니다. 손의 형태 자체의 복잡성과 일정한 형태를 가지지 않는 점과 주변 배경에 영향을 받고 빛의 세기에 따라 검출 결과가 달라지며 신체의 다른 영역과 겹칠 경우 손 영역 검출이 제대로 이루어지지 않는다는 기술적 어려움이 있다 (Kwon et al., 2017).

다양한 손 검출 알고리즘 중 Canny 알고리즘

을 이용하여 손을 검출하는 방법은 Canny 알고리즘을 이용하여 손의 외곽선을 검출하고 모폴로지 연산을 이용하여 영상의 노이즈를 제거하였다. 하지만 주변 환경과 빛의 영향을 많이 받아 손의 윤곽이 제대로 검출되지 않거나 윤곽선의 일부가 제거되는 문제점이 있다 (Konwar et al., 2014).

HOG-SVM을 이용한 손 검출 알고리즘은 사용자의 머리와 어깨를 차례대로 검출한 다음 손 영역을 찾는다. 찾은 손 영역 내에서 피부 색상 검출과 HOG-SVM을 이용해 손 영역을 검출한다. 하지만 사용자의 팔이 머리, 어깨와 일직선을 이루지 않을 경우 손 검출이 불가능하고 HOG-SVM을 이용하여 수행 속도가 오래 걸린다는 문제점이 있다 (Baek, 2013).

다중 센서 카메라를 이용한 손 검출 방법은 Kinect를 사용해 영상의 깊이를 측정하고 손의 후보 영역을 정의하기 위해 워터세드 알고리즘을 이용하였다. 이 후보영역의 색상과 형태 정보를 측정하고 측정된 정보와 깊이 정보를 조합하여 손을 검출한다. 위 논문에서 경우 배경의 영향을 받지 않고 손 영역을 검출할 수 있다는 장

점이 있으나 손의 형태가 변할 경우 지속적으로 손을 검출할 수 없다는 문제점이 있다 (Park et al., 2013).

3. 연구 설계

3.1 구성도

Fig. 1은 본 논문에서 제안하는 전체적인 시스템 흐름도이다. 전체적인 시스템 구성은 입력 영상으로부터 손 영역과 배경을 분리하여 손가락의 끝점을 찾고 가상 버튼인터페이스를 출력하는 (A)알고리즘과 받은 신호를 처리하고 영상을 송출하는 (B)알고리즘으로 구성되어 있다. 먼저 (A)알고리즘의 구성은 입력 영상의 기본 컬러모델인 RGB 컬러모델에서 HSV 컬러 모델로 변환한다. RGB 컬러모델은 조명에 민감하게 반응하여 색을 정확히 분리할 수 없기 때문에 HSV 컬러 모델로 변환하여 손 영역과 배경을 분리한다.

손 영역과 배경을 분리한 후 조명이나 배경으

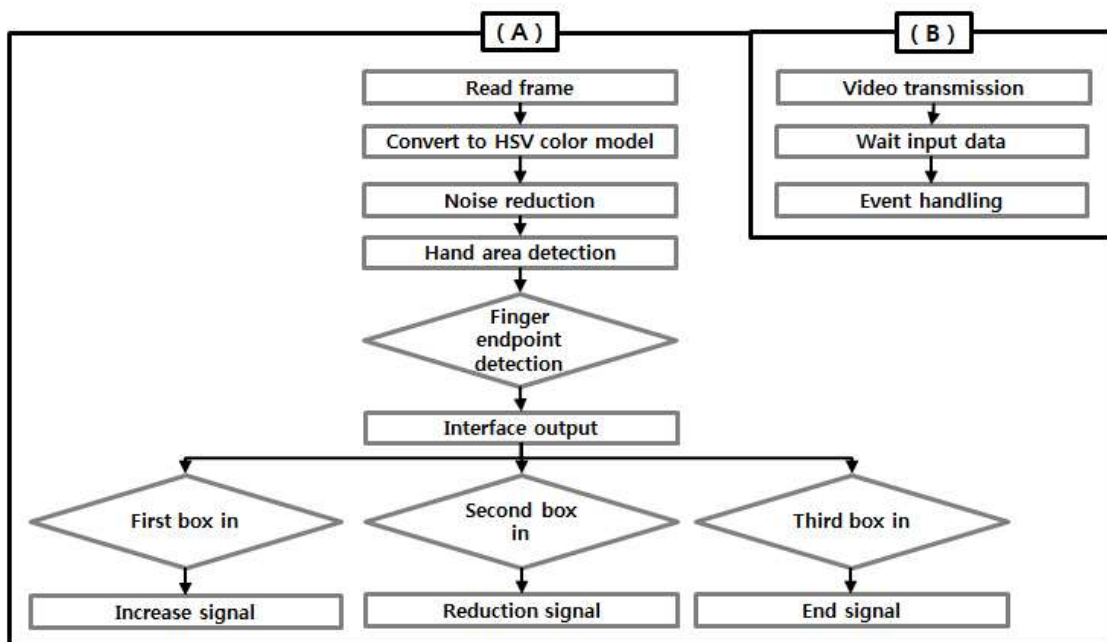


Fig. 1 Overall System Flow Chart

로 인해 발생한 노이즈를 제거한다. 노이즈를 제거한 손 영역은 가상버튼 인터페이스를 조작하기 위해 사용할 손가락 끝점을 검출한다. 손가락 끝점이 검출되면 영상 상단에 가상버튼 인터페이스가 출력되며, 출력된 가상버튼 인터페이스에 손가락 끝점을 넣어 (B)알고리즘에 값이 전달되고, 전달된 값에 따라 해당하는 영상을 출력한다.

3.2 손 색상 검출

기본 색상 모델인 RGB 컬러 모델은 조명에 민감하게 반응하기 때문에 HSV 컬러 모델로 변환 한다. HSV 컬러모델은 빛에 따라 SV값이 조금씩 변동 되며 일반적인 조명이 있을 경우에 피부색의 값은 H_Min: 0, S_Min: 84, V_Min: 115 의 값들을 갖으며, 조명의 강약에 따라 H_Min 값은 0, S_Min 값은 7-95, V_Min 값은 115-176으로 변동된다. Table 1은 다양한 실험 환경을 바탕으로 확인된 피부색 평균 범위 값이다. 따라서 본 논문은 일반적인 조명일 때 갖는 피부색 값인 H_Min: 0, S_Min: 84, V_Min: 115 값으로 진행하였다.

영상에서 배경과 손 영역을 분리시키기 위해 이미지에 있는 색상 중 A 이상이고 B 이하인 색상에 대한 마스크를 만들어 저장하고 돌려준

Table 1 Skin Color Average Range Value

	Low light	Normal light	Strong light
(1)H_Range	0-255	0-255	0-255
(2)S_Range	46-255	84-255	95-255
(3)V_Range	77-255	115-255	176-255

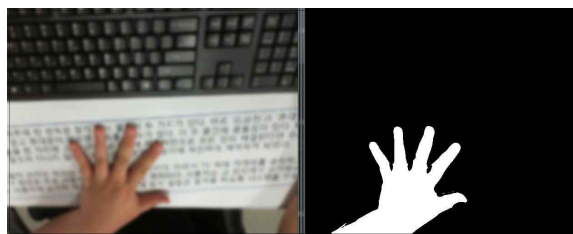


Fig. 2 Separation of Hand Area and Background

다. A는 H_MIN (0), S_MIN (84), V_MIN (115) 값을 넣고, B에는 H_MAX (256), S_MAX (256), V_MAX (256) 넣는다. 범위 값에 벗어나면 0, 범위 내의 값이면 1로 이진화를 시켜 손과 배경을 분리시킨다.

Fig. 2는 손 영역과 배경을 분리한 결과이다. 배경과 손 영역을 분리하게 되면 주변 환경에 의해 노이즈가 발생하고 손 영역에 조명의 영향으로 매끄럽지 않은 결과 이미지가 나타난다. 이렇게 발생한 노이즈는 모폴로지 연산(Morphology operation)을 수행함으로써 위와 같은 문제점들을 해결한다. 모폴로지 연산을 적용시키는 방법은 수식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} \text{erode}(x, y) &= \min_{(i,j) \in \text{kernel}} \text{src}(x+i, y+j) \\ \text{dilate}(x, y) &= \max_{(i,j) \in \text{kernel}} \text{src}(x+i, y+j) \end{aligned} \quad (1)$$

수식 (1)은 커널이 임의의 점 p위에 정렬될 때 커널 영역 안에 모든 점들의 결과값이 임의의 점 p의 값으로 변경된다. 침식(Erode)연산은 min 연산자(최소값 필터)를 사용하고, 팽창(Dilate)연산은 max 연산자(최대값 필터)를 사용하는 것을 제외하고는 방정식은 동일하다. 모폴로지 연산은 침식과 팽창이 기본적인 연산으로 해당되며 이를 활용하여 열림(Opening), 닫힘(Closing)연산을 이용하여 유용한 노이즈 필터링을 할 수 있다. 열림 연산은 먼저 침식 연산을 사용한 후 팽창 연산을 사용한다. 이러한 연산은 검출하는 객체 영역 밖에 순수한 노이즈를 제거하는 데 주로 사용된다. 닫힘 연산의 경우 팽창 연산을 먼저 사용하고 침식 연산을 사용함으로써 검출하는 객체 영역 안의 구멍 노이즈를 제거하거나, 연결된 영역의 넓이를 정확하게 유지하는 데 주로 사용된다.

Fig. 3은 모폴로지 연산의 기본적인 연산 예시를 보여주고 있다. src는 원본 이미지에 해당하고 구조 요소는 식 (2)와 같다.

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

본 논문에서는 식 (2)와 동일한 구조 요소를 사용했으며, 순수한 노이즈 제거와 연결된 영역을 확장하기 위해 열림 연산과 닫힘 연산을 각 1번씩 수행하였다.

Fig. 4는 원본 이미지에서 손 영역과 배경을 분리한 후 손 영역의 그림자로 인해 매끄럽지 않은 손 영역과 주변 환경으로 인해 생성된 순수한 노이즈를 모폴로지 연산으로 보완한 결과 이미지이다.

3.3 손가락 끝점 검출

손 영역을 검출한 후 가상 입력 버튼에 클릭 역할을 하는 손가락 끝점을 검출한다. 손가락 끝점을 검출하기 위해 손 영역의 외곽선을 검출한다. 외곽선은 물체 모양이나 객체 인식에 활용되며, 외곽선을 정확하게 얻기 위해서는 검출된 객체가 정확하게 검출되어야 하며 이진영상이어야 한다.

Contours 검출 알고리즘을 사용하여 외곽선을

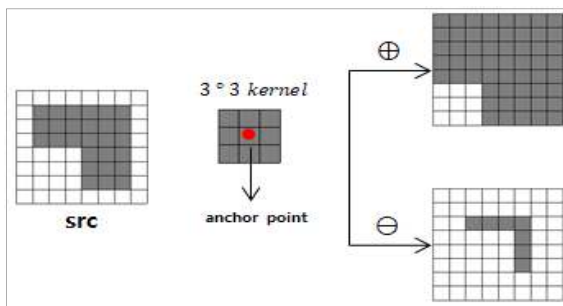


Fig. 3 Example of a morphology operation



(a) Before operation (b) After operation

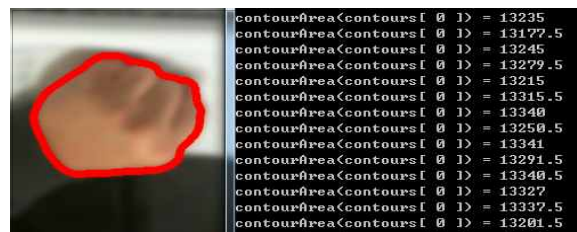
Fig. 4 Result Image After Morphology Operation

검출하고 수평, 수직, 대각선 방향의 점은 모두 제외한다. 손가락을 뺐을 경우를 제외한 손의 모양은 제외하기 위해 검출된 손 영역의 다양한 형태의 외곽선 면적을 구한다.

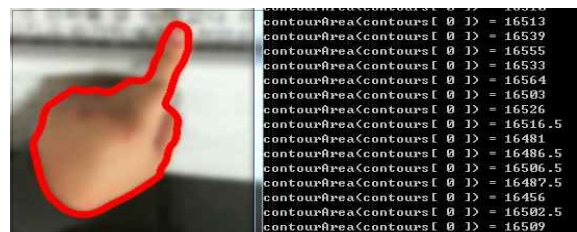
Fig. 5는 손의 형태를 다양하게 취하여 외곽선의 면적을 검출한 결과이미지이다. 손가락이 검출되지 않은 주먹일 경우의 이미지인 Fig. 5 (a)는 Contour의 면적이 15000 이하로 나타나며, 손가락이 검출되는 검지와 손바닥일 경우의 외곽선의 면적은 15000 초과로 나타난다. Contour의 면적이 15000 이하로 검출되면 모두 제외 하고 손을 검출한다.

Fig. 6은 손가락을 펴지 않았을 경우의 손의 형태를 제외한 결과 이미지이다. 본 논문에서는 손가락 끝점을 사용하기 때문에 검출된 손 영역에서 손가락이 없을 경우는 제외시킨다.

Fig. 7은 손가락 끝점을 탐색하는 알고리즘이다. 손가락의 끝점을 탐색하는 방법은 객체의 영역에서 x축 가장 아래의 점을 선택한 후 모든



(a) fist area



(b) Index finger area



(c) Palm area

Fig. 5 Outline Area of Detected Hand

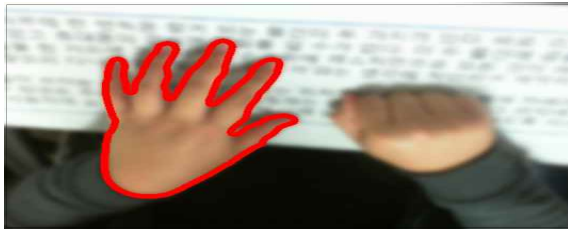


Fig. 6 Hand Type Exclusion

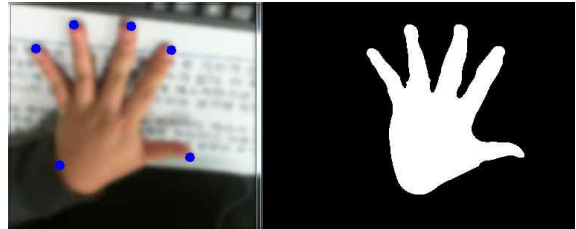
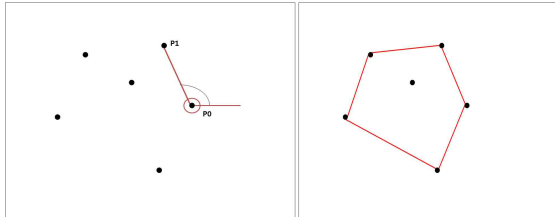
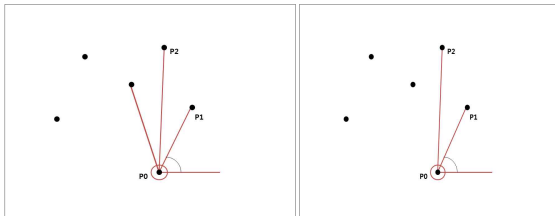


Fig. 8 Finger End Point Detection



(a) Select the lowest angle of the points



(b) Draw a polygon following the outermost point

Fig. 7 Finger Endpoint Navigation

점들의 각도를 구한 후 가장 각도가 낮은 점을 선택한다. 계속 반복하여 객체 영역의 최 외곽점을 모두 탐색한다. 탐색된 최 외곽점은 손가락의 끝점으로 정의하고 이러한 끝점은 가상 버튼을 입력하는 매개체가 된다.

Fig. 8은 Fig. 7의 최 외곽점 탐색 알고리즘을 이용하여 손 영역의 끝점을 탐색한 결과이미지이다. 손가락의 끝점이 정확하게 탐색된 것을 알 수 있으며 손 영역에서 가장 아래에 위치한 점은 손 영역 중 가장 아래에 위치한 최 외곽점으로 본 논문에서는 손가락을 가상 버튼 인터페이스에 입력하므로 이의 점은 제외한다.

Fig. 9는 Fig. 8에 나타난 손 영역의 최 외곽점을 중심으로 선을 잇는 이미지이다. 가상현실에서 가상 버튼 인터페이스에 들어갈 손 영역을 정확히 나타내고 표시한다.

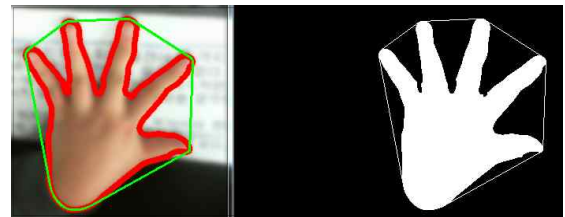


Fig. 9 Draw a Line Between Outermost Points

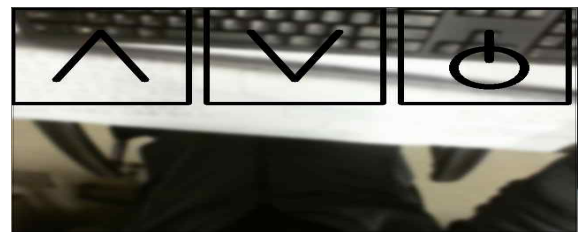


Fig. 10 Create a Virtual Button Interface

3.4 가상 버튼 인터페이스

Fig. 10은 가상 인터페이스를 나타내는 이미지이다. 영상의 창 크기는 640×480 이며 가상 버튼은 영상의 상단에 위치한다.

가상 버튼 하나 당 200×200 이며 총 가상 버튼의 크기는 630×200 의 크기를 갖고 있다. 각각의 버튼은 채널증가 버튼 1, 채널감소 버튼 2, 전원 OFF 버튼 3 으로 구성되어 있다.

3.5 출력 영상

본 논문에서 텔레비전 기능을 구현하기 위해 기존 동영상을 불러오도록 하였다. 사용되는 동영상은 총 10개로 사용자가 가상 버튼의 채널 올림 버튼을 누를 때 마다 다음 영상이 재생하

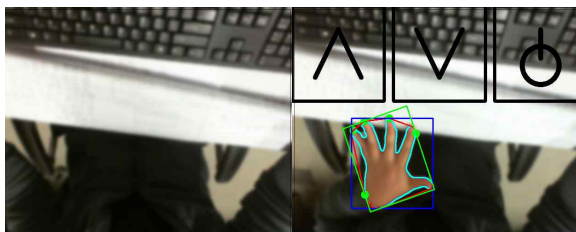
도록 하였다. 채널 내림 버튼을 누를 경우 그 전 영상이 재생된다. 마지막 영상이 재생될 때 채널 올림 버튼을 누를 경우 다시 첫 번째 영상을 재생하도록 하여 종료 버튼을 누르기 전까지 계속 동영상을 재생하도록 하였다.

4. 실험 결과

본 논문에서 실험에 사용된 컴퓨터 시스템은 Intel(R) Core(TM) i5-8250U CPU, UHD Graphics 620 GPU, 8GB RAM, Windows 10 64bit 운영체제로 구성된 시스템을 사용하였다. 촬영을 위해 사용된 카메라는 Microsoft LifeCam Cinema HD이며, 모든 결과 이미지의 해상도는 640 * 480 이다.

Fig. 11은 가상현실에서 가상 버튼 인터페이스 동작을 나타낸 이미지이다. 가상 버튼 인터페이스는 손가락 끝점이 검출될 경우 출력되며, 검출이 되지 않았을 경우 출력이 되지 않는다.

Fig. 12는 채널증가 버튼을 입력하는 이미지이다. 손가락 끝점이 채널증가 버튼에 들어가게 되면 가상 버튼 인터페이스는 채널증가 버튼을 제외하고 사라지며, 채널이 1 올라가게 된다.



(a) Original image (b) Create virtual button interface

Fig. 11 Virtual Button Interface Operation

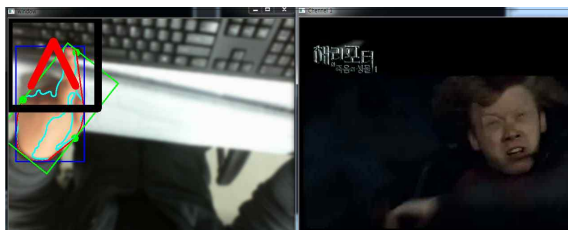


Fig. 12 Enter Channel Increase Button

Fig. 13은 채널감소 버튼을 입력하는 이미지이다. 채널감소 버튼에 손가락 끝점이 들어가게 되면 채널감소 버튼을 제외하고 나머지 버튼은 사라지며 채널이 1 감소하게 된다.

Fig. 14는 채널종료 버튼을 입력하는 이미지이다. 채널종료 버튼에 손가락 끝점이 들어가게 되면 채널종료 버튼을 제외하고 나머지 버튼은 사라지며 영상은 OFF 상태가 된다.

5. 결론

정보 기술의 발전에 따라 언제, 어디서나 시간과 장소에 구애받지 않고 컴퓨터와 상호 접속이 가능한 유비쿼터스 컴퓨팅 기술이 대두되고 있다. 유비쿼터스 컴퓨팅 기술의 특성에 맞춰 디바이스들을 소형화하고 사용자의 편리성을 증대시키기 위해 3차원 공간에서 정보를 받을 수 있도록 하는 인터페이스 기술 개발에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 3차원 공간에서 정보를 받을 수 있도록 하는 인터페이스 중 하나인 SCURRY는 QWERTY 유형의 키보드는 기존 착용형 디바이스의 부피가 크고 불편하다는

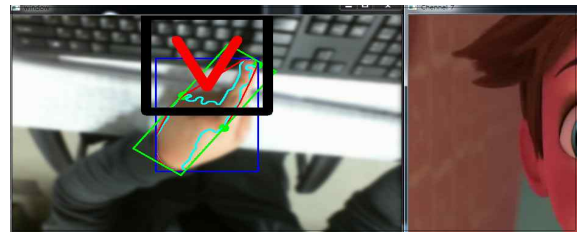


Fig. 13 Enter Channel Decrease Button

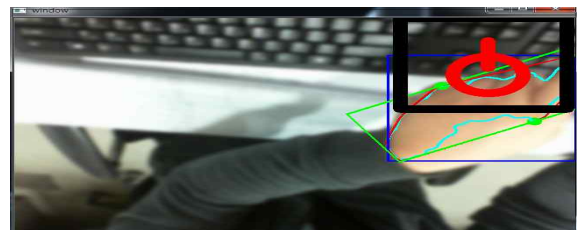


Fig. 14 Enter Channel End Button

단점에 착안하여 손가락의 움직임을 측정해서 문자를 입력하는 착용형 키보드를 제작하였다. 하지만 센서를 착용하지 않을 시 사용이 불가능하다는 단점이 있다. 본 논문에서는 기존 손 검출 알고리즘에 문제점들을 보완하며 검출된 손을 통해 리모트 컨트롤러 없이도 텔레비전을 조작할 수 있는 가상 버튼을 제안하였다. 카메라가 촬영되고 있는 영역에서 손의 위치만을 이용하여 기기를 제어할 수 있는 점은 거동이 불편하여 많은 움직임을 가질 수 없는 사용자에게 큰 도움이 될 것으로 보인다.

카메라를 이용한 손 영역 검출과 손가락 끝 부분의 완벽한 검출을 위해 기계 학습 기술을 사용하여 해결할 수 있다. 또한 완벽한 손 영역을 검출하기 위한 첫 번째 방법인 색을 통한 이진화는 피부색 유사한 색이나 조명이 강하게 비추고 있는 환경일 경우 손 검출이 완벽히 이뤄지지 않는 문제가 있다. 추후 연구를 통해 기계 학습을 사용하여 손 검출이 완벽히 이뤄지게 할 것이며, 손의 제스처를 인식하여 버튼을 누르는 한정적인 방식이 아닌 여러 가지 제스처에 따라 동작하는 알고리즘을 추가하거나 동작하는 기기를 추가하는 등 활용도가 많은 시스템으로 발전시킬 것이다.

References

- Ahn, B. O., Park, J. W., Shin, H. C., Lee, S. H. and Choi, J. P. (2009). Recognition Interface Implementation of using Hand Gesture Pattern, *Journal of Korea Information Science Society*, 36(2C), 405-408.
- Baek, J. H., Kim, J. S., Yoon, C. Y., Kim, D. Y. and Kim, E. T. (2013). Part-based Hand Detection using HOG, *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, 23(6), 551-557.
- Bang, J. G. and Kim, B. M. (2014). A User Behavior Prediction Technique using Mobile-based Lifelog, *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, 19(6), 63-76.
- Chae, S. H. and Jun, K. K. (2015). HSV Color Model Based Hand Contour Detector Robust to Noise, *Journal of Korea Multimedia Society*, 18(10), 1149-1156.
- Lee, J. J., Kim, J. H. and Kim, T. Y. (2010). Fingertip Extraction and Hand Motion Recognition Method for Augmented Reality Applications, *Journal of Korea Multimedia Society*, 13(2), 316-323.
- Kim, H. G. and Jung, G. B. (2008). Real-time Face Detection System using YCbCr Information and Adaboost Algorithm, *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, 3(5), 19-26.
- Kim, Y. S., Soh, B. S. and Lee, S. G. (1993). A New Wearable Input Device: SCURRY, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 52(6), 1490-1499.
- Kim, S. H., Woo, Y. W. and Lee, K. E. (2010). Implementation of Mouse Function using Web Camera and Hand, *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, 3(5), 33-38.
- Konwar, A. S., Borah, B. S. and Tuithung, C. T. (2014). An American Sign Language Detection System using HSV Color Model and Edge Detection, *Proceedings of International Conference on Communication and Signal Processing*, April. 3-5, Melmaruvathur, India, pp. 743-747.
- Kim, C. G. and Song, B. S. (2013). Development of Home Training System with Self-controlled Feedback for Stroke Patients, *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, 18(1), 37-45.
- Kwon, M. R., Hong, K. J. and Jung, K. C. (2016). Customized Search System using Real-time Contexts of User, *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, 21(5), 19-30.
- Kwon, S. K., Kim, H. J. and Lee, D. S. (2017).

Face Recognition Method Based on Local Binary Pattern using Depth Images, *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, 22(6), 39-45.

Park, S. Y. and Lee, E. J. (2010). Hand Gesture Recognition Algorithm Robust to Complex Image, *Journal of Korea Multimedia Society*, 13(7), 1000-1015.

Park, M. S., Kang, S. H. and Chae, O. S. (2013). Robust Hand Detection and Tracking using Sensor Fusion, *Journal of KISS : Software and Applications*, 40(9), 558-566.



홍 동 균 (Dong-Gyun Hong)

- 대구대학교 임베디드시스템공학과 공학사
- 대구대학교 정보통신공학과 석사과정
- 관심분야: 영상처리, HCI, Deep learning



천 미 현 (Mi-Hyeon Cheon)

- 대구대학교 임베디드시스템공학과 공학사
- 대구대학교 정보통신공학과 석사과정
- 관심분야: 영상처리, HCI, Deep learning



이 동 화 (Donghwa Lee)

- 정회원
- 경북대학교 전자전기공학부 공학사
- 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 공학석사
- KAIST 건설및환경공학과 공학박사
- (현재) 대구대학교 정보통신대학 정보통신공학부 조교수
- 관심분야: Computer Vision, Robot Vision, Machine Learning