

## 모바일 기기에서 눈동자 추적을 통한 원격 제어

김수선<sup>1\*</sup>, 강석훈<sup>2</sup>, 김선운<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한양여자대학교 컴퓨터정보과, <sup>2</sup>인천대학교 정보기술대학 임베디드시스템공학과

### Remote Control through Tracking of Pupil on Mobile Device

Su-Sun Kim<sup>1\*</sup>, Seok-Hoon Kang<sup>2</sup> and Seon-Woon Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Computer Information, Hanyang Women's College

<sup>2</sup>Dept. of Embedded System Engineering, University of Incheon

**요 약** 본 논문은 스마트폰을 이용해 눈동자 중심을 추적하여 눈동자의 움직임에 따른 명령으로 치환하고, 이 명령을 통해 인터페이스를 제어하는 방법에 대해 제안한다. 눈을 통해 원격 제어를 하는 이 방법은 신체적 장애가 있는 사람이나 보다 편리한 입력 방법을 원하는 사용자에게 도움을 줄 수 있다. 기존의 방법 중 대표적인 방법으로 웹캠을 이용하여 사용자의 눈동자를 추적하는 방식은 사용자 위치의 거리나 각도에 제약이 존재한다. 하지만, 본 논문에서 제안된 방법은 휴대가 편리한 스마트폰을 이용한다. 제안한 방법은 무선 네트워크를 이용하여 사용자가 위치에 제약받지 않고 눈동자 추적을 통한 원격 제어를 할 수 있다. 이러한 방법은 PC 제어뿐만 아니라 원격 제어가 반드시 필요한 스마트 TV 제어에 효과적으로 활용될 수 있다.

**Abstract** This paper proposes a method to track the center of pupil and perform the remote control for interface based on the substituted commands according to movements of pupil under smart phone environment. The proposed method, which is a remote control through the movement of eyes, may be helpful for the handicapped people or users who want a more convenient input method. A method based on webcam, which is representative one among the previous methods to track pupil of user, has a few limitations on distance and angle between location of user and webcam. However, this paper uses smart phone that is convenient to carry. The proposed method can perform the remote control through tracking of pupil using wireless network without any restriction on the location of users. Thus, the method is effectively applied for controlling the smart TV that should be controlled on the distance as well as the remote control for PC.

**Key Words** : Recognition of eye movement, Image processing, Mobile devices, Remote control

### 1. 서 론

비접촉 인터페이스에 관한 연구는 다양한 방향으로 연구되고 있다. 대표적으로 음성 인식 서비스가 모바일 기기, ARS, 스마트 TV 등 다양한 분야에 적용되어 사용되고 있고, 뇌파 분석을 통한 제어 또한 꾸준히 연구되며 적용되고 있다[1]. 또한, 얼굴의 포즈 추정이나 눈동자 추적들의 기술들은 인간의 주된 입력 제어 도구인 손을 대

신할 수 있는 방법으로 제안된다[2]. 이러한 방법들은 사용자에게 보다 편리한 입력 방법을 제시할 뿐만 아니라 신체적 장애를 갖고 있어 손을 이용한 제어에 한계가 있는 사용자들에게 유용하게 적용된다.

본 논문에서는 여러 가지 제 2의 입력 방법 중 눈동자 추적을 이용하며, 특히 장애, 치료 등의 사유로 입력장치와의 거리를 일정하게 유지할 수 없는 상황에서 적용할 수 있도록 스마트폰을 이용한 인터페이스로 원격 제어가

본 논문은 한양여자대학교 2011년 2학기 교내연구비로 수행되었음.

\*Corresponding Author : Su-Sun Kim

Tel: +82-10-2290-2209 e-mail: sskim@hywoman.ac.kr

접수일 12년 01월 05일

수정일 (1차 12년 02월 27일, 2차 12년 03월 29일)

게재확정일 12년 04월 12일

가능한 방식을 제안한다. 기존의 눈동자 추적을 통한 인터페이스 제어 방식으로는 모니터 주변에 설치된 웹캠 등의 카메라를 이용하는 방법[3]과 사용자의 눈앞에 고정된 카메라를 이용하는 방법[4] 등이 있다. 첫 번째 방법은 저렴한 가격으로 사용이 가능하지만, 사용자 의 거리 및 각도가 제한되는 경우가 많다. 두 번째 방법은 거리에 영향을 받지 않고, 보다 정확한 결과를 받을 수 있지만, 높은 제작비를 요구한다.

본 논문에서는 널리 사용되고 있는 스마트폰을 이용해 눈동자 추적 및 제어 명령 전송을 수행하여 거리 및 각도에 영향을 적게 받고, 원격으로 인터페이스를 제어할 수 있는 방법을 제안한다. 스마트폰은 대부분 카메라와 눈동자 추적을 위한 연산이 가능한 고성능 프로세서를 갖추고 있으므로 원격 제어 기기로 사용될 수 있는 유용한 기기가 될 수 있다. 특히 장애인 혹은 환자 등 몸이 불편한 사람이 원거리에서 TV 등을 시청할 때, TV 등에 부착된 웹캠으로는 시청 가시거리 밖에 있는 눈동자의 움직임을 분석하는 것은 매우 힘들거나 비용이 많이 드는 일이며, 손을 사용할 수 없는 환경에 놓인 경우에는 웹캠이 인식할 만한 큰 동작을 입력하기도 곤란하게 된다. 이러한 경우에 휴대와 설치가 용이한 스마트폰을 이용하여 항상 사용자의 주변에서 눈동자를 추적하고, 눈동자의 움직임에 따른 명령을 부여하며, 부여된 명령을 전송하여 원격 제어 하는 방식이다.

## 2. 관련 연구

눈동자 인식을 통한 원격 제어는 다양한 접근과 방법으로 연구되고 있다. 눈동자 추적을 통한 원격 제어는 눈동자의 위치 및 운동을 실시간으로 정확하게 인식되도록 요구 한다. 눈동자 추적에 관련하여 눈의 형태 기반, 외형 기반, 하이브리드 기반의 접근에 대한 연구가 이루어 졌다[12]. 또한, 정확한 눈동자 추적을 위해 사용 환경 구성을 웹캠만을 이용한 방법과 카메라와 IR LED를 이용하는 방법, 스테레오 카메라를 이용하는 방법 등이 제안되었다.

일반적인 웹캠을 이용한 방법의 예로 Optical Flow를 이용하여 획득한 특징 벡터와 눈동자의 위치 정보를 이용하는 인터페이스 시스템이 제안된 바 있다[11]. 이 연구에서는 카메라에 입력된 영상에서 HSI 컬러모델의 Hue값과 TSL 컬러모델의 Tint값을 이용하여 얼굴 후보 영역을 획득하고, 그 영역에 대하여 PCA 변환을 이용해 얼굴 영역을 검출하였다. 그 후 얼굴의 기하학적 정보를 이용해 눈이 존재하는 얼굴 상단 영역에 템플릿 매칭으

로 눈의 위치를 획득한 후, 검출된 눈의 상, 하단 부분에 대하여 Optical Flow를 적용하여 특징을 추출하였고, 획득한 특징 벡터와 눈동자의 위치 정보가 제어에 이용되었다.

웹캠만을 이용한 방법은 고정된 웹캠의 특징 상, 낮은 카메라 해상도로 인하여 카메라와 피사체의 거리가 멀어질수록 정확한 눈동자 움직임 추적이 불가능하기 때문에 광각 카메라와 협각 카메라를 이용하여 눈동자를 추적해 내는 방법이 제안되었다[14]. 이 방법은 광각 카메라를 통해 얼굴 영상을 취득하고, 협각 카메라를 이용해 눈 영역을 확대하여 취득한다. 협각 카메라에는 광각 카메라에서 추출된 얼굴 특징점의 위치를 기반으로 한 자동 초점 조절, 상하/좌우 회전 기능이 포함되어 있다.

또한, 카메라를 이마에 장치하고 눈동자를 추적하여 컴퓨터 인터페이스로 사용할 수 있는 방법이 제안되었다 [13]. 이 방법은 그림 1의 마이크로 헤드용 CCD 카메라를 사용하여 눈의 움직임에 대한 영상에서 홍채의 경계를 추적하는 방법을 사용하였다.

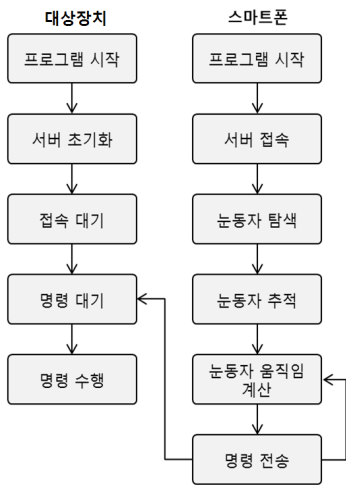
앞서 제안된 방법들은 웹캠 자체의 저해상도 문제를 갖고 있고, 그를 개선한 방법은 추가적인 비용이 발생하게 된다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 개선하기 위하여 눈동자 위치 추적 및 원격 제어 기기로 스마트폰을 사용하여 활용할 수 있는 방법을 제안한다.



[그림 1] 눈 응시 방향 추적 시스템  
[Fig. 1] An eye-gaze tracking system

## 3. 본 론

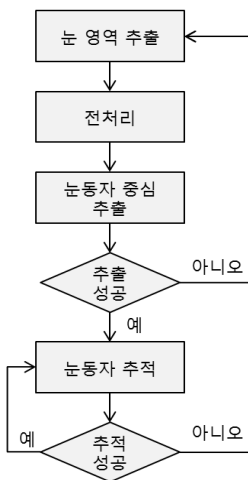
본 논문에서 제안하는 눈동자 추적을 통한 원격 제어에 대한 동작 흐름은 그림 2와 같다. 스마트폰에서 대상 장치와 접속이 완료되면, 스마트폰에서 눈동자를 추적하여 대상장치에 명령을 전송하게 된다. 대상장치에서는 명령을 수신하여 설정해 놓은 일련의 동작을 수행하게 된다.



[그림 2] 스마트폰을 통한 원격 제어 전체 흐름도  
 [Fig. 2] General flowchart of remote control using smart phone

### 3.1 눈동자 추출 및 추적

스마트폰에서는 그림 3과 같이 카메라를 통해 눈동자의 중심점을 추출하고 그 위치에 따른 명령을 원격으로 제어하기 위한 신호를 전송하는 역할을 한다.



[그림 3] 스마트폰에서의 눈동자 추출 과정  
 [Fig. 3] The process of pupil extraction on the smart phone

스마트폰에서는 인터페이스 제어를 위한 명령을 부여하기 위해 눈동자의 운동을 추출해 낸다. 눈동자 추적의 과정은 크게 눈동자 중심을 추출해 내는 초기화 단계와 추출된 눈동자 중심을 추적하는 추적 단계로 나눌 수 있다. 초기화 단계에서는 Haar-like Feature 알고리즘을 이

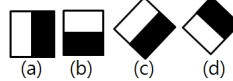
용해 눈 영역을 검출하고, 영역의 히스토그램 데이터에서 눈동자 중심을 얻어낸다. 추출된 중심좌표를 Pyramid Lucas-Kanade Optical Flow를 사용하여 추적하며, 추적에 실패했을 경우 다시 초기화 단계를 거치도록 구성하였다.

### 3.2 눈 영역 검출

눈동자를 검출하는 여러 가지 방법이 있다. 많이 사용되고 있는 방법으로는 객체의 템플릿을 만들고 템플릿과 비교하여 객체를 찾아내는 방법[5, 6]과 Viola와 Jones가 제안한 Haar-like feature와 다단계 분류기를 이용하는 객체 검출 방법[7]이 있다. 그 중 실시간처리를 위해 Haar-like feature를 이용한 실시간 얼굴 인식을 700Hz PC에서 초당 15프레임으로 검출하기도 하였다[8]. 또한, 스크립트 언어를 사용하는 웹 브라우저, 모바일 같은 저 사양의 환경에서도 적용된 사례가 있다[9, 10].

본 논문에서는 Haar-like feature를 사용한 눈 영역 검출로 크게 세 단계로 나눈다. 먼저, Haar-like feature를 이용해 눈 영역 특징을 추출한다. 그 다음 AdaBoost를 이용해 추출된 특징을 학습한다. 마지막으로 학습된 데이터를 이용해 입력된 영상에서 눈 영역을 검출한다[7].

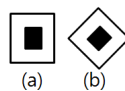
#### 1. Edge features



#### 2. Line features



#### 3. Center-surround features



[그림 4] Haar-like feature의 prototype  
 [Fig. 4] The prototype of Haar-like feature

#### 3.2.1 Haar-like feature를 이용한 눈동자 특징 추출

Haar-like feature는 단순 합에 대한 연산만 계산하는 방법으로 영상의 pixel 데이터를 이용한 연산이 아닌 특징을 이용한 가중치 곱의 합만을 계산한다.

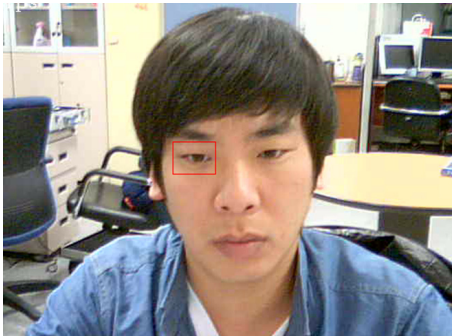
그림 4는 Haar-like feature의 prototype들로서 윈도우 특징에 맞게 위치가 변하기 때문에 인식할 영역에 따른 많은 특징 값을 나타내는 것이 가능하다.

### 3.2.2 AdaBoost를 이용한 학습

Haar-like feature로 추출한 특징을 분류기로 분류한 후 학습하기 위해서 AdaBoost 학습 알고리즘이 종종 이용된다. AdaBoost 학습 알고리즘은 Boost 알고리즘 중 단순하면서도 효율적인 알고리즘으로 눈 영역을 판단할 확률을 높여준다. 이 알고리즘을 사용해 각 분류기마다 단계가 올라갈수록 Haar-like feature의 prototype 이미지의 미세한 정보까지도 나타낼 수 있다. 이러한 그룹화는 인식 알고리즘의 성능을 높이기 위한 방법이다. 즉, 단계가 높을수록 그룹화를 통해 더 많은 수의 특징점 그룹이 생성되기 때문에 인식이 높아진다.

### 3.2.3 눈 영역 검출

입력된 영상에서 AdaBoost로 훈련된 눈동자 영역의 그룹을 이용해 눈동자 영역의 정보를 얻기 위해 영상을 피라미드 구조 형식으로 축소해 가면서 눈동자 영역을 결정하게 된다. 이러한 과정에서 눈동자 영역을 줄인 영상을 복원하는 과정에 여러 개의 후보 영역이 생기며 그 영역의 평균이 검출된 눈 영역으로 그림 5에서 보이고 있다.



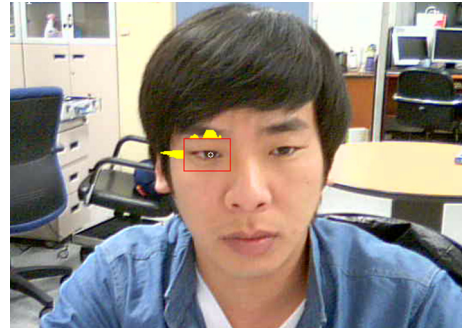
[그림 5] 눈 검출의 예  
[Fig. 5] An example of eyes detection

### 3.3 눈동자 중심 추출

Haar-like feature를 통해 얻어낸 눈 영역에서 눈동자 중심을 추출하는 작업은 눈 영역 중 절반의 영역만을 이용해 추출한다. 좌/우측 눈 중 한쪽 눈의 중심점만을 이용하기 때문이다. 히스토그램을 이용한 눈동자 중심점 검출을 그림 6에서, 눈동자 중심점을 검출하는 예를 그림 7에 보인다.



[그림 6] 히스토그램을 이용한 눈동자 중심점 검출  
[Fig. 6] The pupil center detection using the histogram



[그림 7] 히스토그램을 이용한 눈동자 중심점 검출의 예  
[Fig. 7] An example of the pupil center detection using the histogram

### 3.4 눈동자 추적

추출된 눈동자 중심점은 Pyramid Lucas-Kanade Optical flow 알고리즘을 이용해 추적한다. Optical flow에는 밀집 Optical flow와 희소 Optical flow가 있는데, Lucas-Kanade Optical flow는 밀집 Optical flow 기법 중 하나이다.

Lucas-Kanade Optical flow는 작은 지역의 윈도우를 사용하기 때문에 이 윈도우보다 큰 움직임이 발생했을 경우에는 움직임을 계산하지 못하는 단점이 있다. 이를 개선하기 위해 Pyramid Lucas-Kanade Optical flow가 제안되었다. 피라미드를 이용한 Lucas-Kanade 알고리즘은 일반 원본 영상으로부터 영상 피라미드를 구성하고, 상위 계층에서 시작하여 하위 계층으로 추적을 실행한다.

Lucas-Kanade Optical flow를 적용하기 위해서는 밝기의 향상성, 시간의 지속성, 그리고 공간의 일관성이라는 기초 가정을 충족하여야 한다. 본 연구의 경우 일정한 밝기의 실내, 객체의 움직임이 아주 빠르지 않으며, 사용자가 있는 공간에서 이뤄지기 때문에 알고리즘 적용을 위한 기초 가정을 모두 충족한다.

임의 시점  $t$ 에서 프레임을  $I_t$ 라 하고,  $I_t$ 에서의 한 점을  $[x_i^t, y_i^t]^T$ 로 가정하면 연속된 프레임  $I_{t+1}$ 에서의 동일

위치 점은  $[x_i^t + \delta_x, y_i^t + \delta_y]^T$ 로 볼 수 있다. Optical flow는 식(1)을 최소화 하는  $\delta_x, \delta_y$ 에 의한 파라미터로 표현할 수 있다.

$$\epsilon(\delta_x, \delta_y) = \sum_{x=x_i^t-w_x}^{x_i^t+w_x} \sum_{y=y_i^t-w_y}^{y_i^t+w_y} (I_1(x, y) - I_2(x + \delta_x, y + \delta_y)) \quad (1)$$

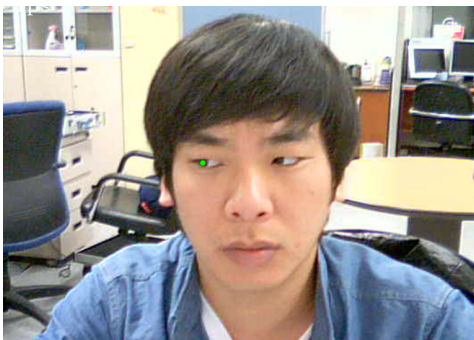
여기서  $w_x, w_y$ 는 Lucas-Kanade Optical flow에 적용되는 Mask 윈도우의  $x, y$ 값을 의미한다. 위 설명에 의거하여 본 논문에서 사용하는 Lucas-Kanade Optical flow를 아래의 파라미터로 구성된 식  $AV=b$ 로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} A &= [I_x(p_1), I_y(p_1); \dots; I_x(p_u), I_y(p_u)] \\ V &= [v_x, v_y]^T \\ b &= [I_t(p_1), I_t(p_2), \dots, I_t(p_u)]^T \end{aligned} \quad (2)$$

여기서,  $I_x(p_i), I_y(p_i), I_t(p_i)$ 는 영상 프레임  $I$ 를  $x, y, t$ 에 따라 편미분한 값을 의미한다. 식(2)의 파라미터 중 구하고자 하는 Optical flow  $V$ 는 다음 식 (3)과 같이 계산할 수 있다.

$$V = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n I_x(p_i)I_x(p_i) & \sum_{i=1}^n I_x(p_i)I_y(p_i) \\ \sum_{i=1}^n I_x(p_i)I_y(p_i) & \sum_{i=1}^n I_y(p_i)I_y(p_i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\sum_{i=1}^n I_x(p_i)I_t(p_i) \\ -\sum_{i=1}^n I_y(p_i)I_t(p_i) \end{bmatrix} \quad (3)$$

그림 8은 이러한 Pyramid Optical flow 알고리즘을 통해 눈동자 특징점을 추적하는 화면이다.



[그림 8] Pyramid Lucas-Kanade Optical flow를 이용한 눈동자 중심점 추적  
[Fig. 8] The pupil center tracking using Pyramid Lucas-Kanade Optical flow

## 4. 실험

### 4.1 실험 환경

본 논문에서는 삼성 1GHz 프로세서의 안드로이드 스마트폰을 사용하여 모바일을 통한 원격 제어 실험을 하였고, 사용된 전면 카메라의 해상도는 640x480이다. 또한, 해상도 640x480의 웹캠으로 웹캠을 이용한 눈동자 처리 결과가 거리에 따라 어느 정도 영향을 받는 지를 실험하였다.



[그림 9] 거리 50cm에서의 눈동자 추적 예  
[Fig. 9] An example of eye tracking with distance of 50cm

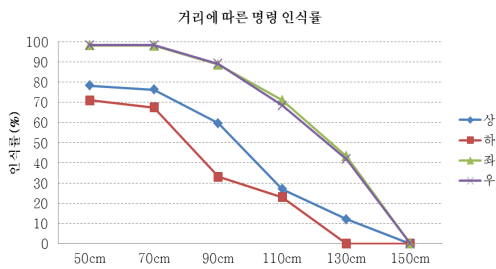
### 4.2 거리에 따른 웹캠의 눈동자 추적

본 논문에서는 고정된 웹캠과 사용자의 거리에 따른 눈동자 추적 정확도를 파악하기 위해 PC 환경에서 거리에 따른 인식 실험을 동일한 알고리즘으로 진행하였다.



[그림 10] 거리 130cm에서의 눈동자 추적 예  
[Fig. 10] An example of eye tracking with distance of 130cm

실험 결과 그림 11과 같이 사용자와 카메라의 거리가 멀어질수록 명령의 인식률이 저하되는 것을 확인할 수 있었고, 약 1m 이상으로 멀어졌을 경우, 평균 47.35%의 명령 인식률을 보였으며 1.5m 이상의 거리에서는 정상적인 원격 제어가 불가능하다는 것을 확인할 수 있었다.



[그림 11] 거리에 따른 명령 인식률(%)  
 [Fig. 11] The command recognition rate according to the distance

### 4.3 스마트폰에서의 눈동자 인식률

스마트폰으로 눈동자 추적 알고리즘을 이용한 눈동자의 명령 인식 실험은 스마트폰을 얼굴 정면에 배치하여 실험하였다. 그림 12는 스마트폰으로 눈동자를 추적하는 예이다. 평균 9~10fps의 속도로 추적하였고, 명령 인식률은 표 1과 같다.



[그림 12] 스마트폰에서의 눈동자 추적 예  
 [Fig. 12] An example of the pupil tracking using smart phone

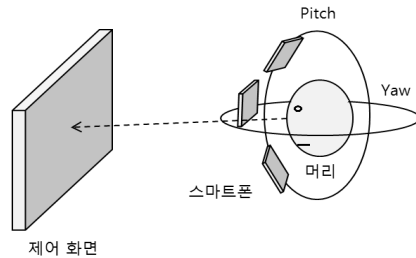
[표 1] 스마트폰에서의 명령 인식률(%)  
 [Table 1] The command recognition rate using smart phone

명령 인식률	상	하	좌	우	평균
	76.2	68.6	92.3	93.6	82.43

### 4.4 스마트폰에서의 위치에 따른 눈동자 인식

그림 13과 같이 스마트폰의 위치를 달리하여 Yaw각, Pitch각 변화에 따른 인식률 변화에 대한 실험을 진행하였다. 이 실험을 통해 사용자가 스마트폰이 화면을 가리지 않게 하기 위해 스마트폰을 다양한 위치에 두고 사용

했을 경우 위치에 따른 인식률의 차이를 확인할 수 있었다.



[그림 13] 스마트폰의 위치에 따른 인식률 실험  
 [Fig. 13] The recognition rate experiment according to the location of smart phone

스마트폰의 위치는 눈앞 정면을 볼 때 시선 수평면 기준으로 아래로 약 40도 방향, 40cm 정도 떨어진 곳에 고정 거치대를 설치하고 실험하였다. 이에 대한 실험 결과는 표 2와 같다. Yaw 각이 커질수록 좌/우의 인식률이 낮아지며, Pitch 각이 커질수록 상/하의 인식률이 낮아졌다. 15도 범위에서 인식률은 “하”방향을 제외하면 평균 80% 이상의 정확도를 가지는 것을 볼 수 있다. “하”방향의 경우 정확도가 상대적으로 낮은 이유는 눈동자가 내려가면 눈 영역의 크기가 같이 작아지기 때문이다.

[표 2] 스마트폰의 위치에 따른 명령 인식률(%)  
 [Table 2] The command recognition rate according to the location of smart phone

Yaw (degree)	Pitch (degree)	동작 인식률(%)			
		상	하	좌	우
0	0	76.2	68.6	92.3	93.6
±15	0	75.7	58.3	93.8	94.6
±30	0	68.6	57.2	75.3	69.6
±45	0	11.3	8.7	45.3	32.3
±60	0	4.3	2.1	21.1	35.4
0	±15	75.6	48.4	94.1	95.3
0	±30	34.5	9.8	94.4	96
0	±45	21.8	2.3	92.1	89.1
0	±60	9.2	2.3	93	86.5
±15	±15	74.8	52.4	92.6	94.6
±30	±30	36.3	53.6	77.5	94.6
±45	±45	13.4	11	43.1	94.6

### 4.5 눈동자 위치 변경에 따른 명령 조합

본 논문에서는 원격 제어 실험을 위해 눈동자 중심점의 이동에 따른 명령을 표 3과 같이 부여하여 전송하였다. 스마트폰은 추출된 눈동자 중심의 이동에 따라 각각의 명령을 식별할 수 있는 데이터를 전송하여 대상장치에서 수신하여 수행하도록 구성하였다. 위 명령은 눈동자

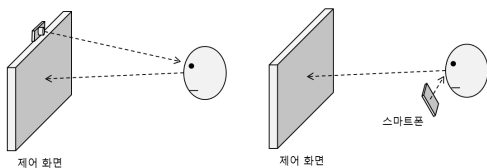
움직임에 의한 기본 명령이며, 본 논문의 실험에 적용되어 PC에서 확인하였다.

[표 3] 사용자 입력에 따른 명령 수행  
[Table 3] Command operations according to user inputs

구분	사용자 입력	수행 기능
마우스 모드	눈동자 이동	마우스 이동 (0.25초당 10포인트)
	눈 깜빡임 (0.5~1초)	클릭
	눈 깜빡임 (2초 이상)	키보드 모드로 변환
키보드 모드	상	방향키 상
	하	방향키 하
	좌	Ctrl + Tab
	우	Tab
	눈 깜빡임 (0.5~1초)	Enter
	눈 깜빡임 (2초 이상)	마우스 모드로 변환

### 5. 결론

본 논문에서는 기존의 웹캠을 통한 눈동자 추적 인터페이스가 가지는 원거리 인식을 저하에 따른 부분을 개선하고자 하였다. 또한 웹캠은 제어 대상에 물리적으로 연결되어 있기 때문에 휴대하면서 사용하기에 부적합할 수 있으므로 휴대하기 편리한 스마트폰으로 이용하고자 하였다. 눈동자 추적을 위해 IR LED, 머리에 착용되는 카메라 등을 사용하는 방법들은 부가적인 하드웨어가 필요하여 장소의 제약이나, 설치에 필요한 비용을 지불해야 한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 휴대가 가능한 스마트폰을 활용하여 눈동자 추적을 통한 원격 제어 방식을 제안하였다.



[그림 14] 웹캠을 이용한 방법과 스마트폰을 활용한 방법  
[Fig. 14] The method using webcam and smart phone

이 방법은 그림 14와 같이 제어가 필요한 대상과의 거리에 관계없이 소지한 스마트폰을 활용하여 눈동자 추적을 할 수 있으므로, 기존의 웹캠을 사용한 방법이 갖고 있는 거리와 각도에 대한 제약을 해결할 수 있다. 특히,

스마트폰과 같은 모바일 기기는 어디에나 위치시킬 수 있고 통신모듈을 활용할 수 있기 때문에 언제 어디서나 손쉽게 정보 전달을 위한 목적으로 사용할 수 있으며, PC와 같은 고정 장비에 대한 원격 제어 수단으로 사용하기에 적합하다.

뿐만 아니라 스마트폰은 자체적인 운영체제에 의해 구동되어 내부 처리를 통해 원하는 정보만을 취득 및 선별하여 PC에 대한 제어 명령으로 변환하고 전송할 수 있기 때문에 데이터 전송에 대한 부담 역시 줄일 수 있다. 또한 사용자 인터페이스를 위한 처리가 대부분 모바일 장비에서 이루어지므로 다양한 업무를 동시에 처리하고 있는 PC의 작업 부담도 줄일 수 있는 장점이 있다.

다양한 명령을 이용한 제어 실험을 통해, 제안하는 방법은 장애우나 환자 등 몸이 불편한 사람들도 거리와 각도에 관계없이 스마트폰을 이용해 눈동자 추적을 통한 인터페이스 사용이 가능함을 확인하였다.

### References

- [1] Sun-gil Cho, Min Cheol Whang and Munsung Han, "Cursor Movement System by BCI(Brain Computer Interface)"in Proc, Ergonomics Society of Korea Conference, pp.49-52, 2002.11
- [2] Zhiwei Zhu, Quiang Ji, "Novel Eye Gaze Tracking Techniques Under Natural Head Movement", IEEE Transactions on biomedical engineering, pp.2246-2260, 2007.12
- [3] Yoshinobu Ebisawa, "Robust pupil detection by image difference with positional compensation", International Conference, pp.143-148, 2009.5
- [4] Dongheng Li, David Winfield, Derric J. Parkhurst, "Starburst: A hybrid algorithm for video-based eye tracking combining feature-based and model-based approaches", IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2006.1
- [5] M. Betke and N. Makris, "Fast Object Recognition in Noisy Images using Simulated Annealing," in Proc. Fifth Int. Conf. Computer Vision, Boston, MA, USA, pp.523-530, 1995.1.
- [6] A. Yuille, P. Hallinan, and D. Cohen, "Feature Extraction from Faces using Deformable Templates," Int. Journal of Computer Vision, Vol.8, No.2, pp.99-111, 1992. 8.
- [7] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features," in Proc. IEEE

- Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, Kauai, HI, USA, pp.511-518, Dec. 2001.
- [8] P. Viola and M. Jones, "Robust Real-time Face Detection," Int. Journal of Computer Vision, Vol.57, No.2, pp.137-154, 2004.5.
- [9] T. Ephraim, T. Himmelman, and K. Siddiqi, "Real-Time Viola-Jones Face Detection in a Web Browser," in Proc. Canadian Conf. Computer and Robot Vision, Kelowna, BritishColumbia, Canada, pp.321-328, 2009.5.
- [10] J. Ren, N. Kehtarnavaz, and L. Estevez, "Real-Time Optimization of Viola-Jones Face Detection for Mobile Platforms," in Proc. IEEE Dallas Circuits and Systems Workshop SoC: Design, Applications, Integration, and Software, Dallas, TX. USA, pp.1-4, 2008.8.
- [11] Kihan Shin, Junchul Chun, "Real Time Eye Tracking based Interface System", Conference of the Korean Society For Internet Information, pp.247-251, 2007.6
- [12] Dan Witzner Hansen, Qiang Ji, "In the Eye of the Beholder: A Survey of Models for Eyes and Gaze", IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, pp.478-500. 2010.3
- [13] Do Hyoung Kim, Jea Hean Kim, Myung Jin Chung, "Human-Computer Interface using the Eye-Gaze Direction", Journal of IEEK Vol.38, No.6, pp.46-56, 2001.11
- [14] Kang Ryoung Park, "Gaxe Detection System by Wide and Narrow View Camera", Journal of Korea Information and Communications Society Vol.28, No.12, pp.1239-1249, 2003.12

**김 수 선(Su-Sun Kim)**

[정회원]



- 1984년 2월 : 서울과학기술대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
- 1986년 8월 : 한양대학교 산업대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 아주대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 1991년 3월 ~ 현재 : 한양여자대학교 컴퓨터정보과 교수

<관심분야>

멀티미디어, 컴퓨터 그래픽스, 모바일 시스템

**강 석 훈(Seok-Hoon Kang)**

[정회원]



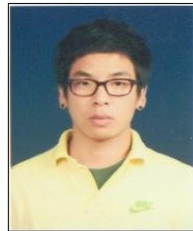
- 1991년 2월 : 한양대학교 공과대학원 전자통신공학과 (공학석사)
- 1995년 8월 : 한양대학교 공과대학원 전자통신공학과 (공학박사)
- 1996년 3월 ~ 2004년 2월 : 부산동서대학교 컴퓨터공학과 교수
- 2004년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 정보기술대학 임베디드시스템공학과 교수

<관심분야>

임베디드 시스템, 모바일 시스템, 인공지능

**김 선 운(Seon-Woon Kim)**

[준회원]



- 2011년 2월 : 인천대학교 정보기술대학 임베디드시스템공학과 (공학사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 대학원 임베디드시스템공학과 석사과정

<관심분야>

임베디드 시스템, 모바일 시스템, 인공지능