

EOG를 사용한 가상현실 HMD용 키보드 구현

Keyboard for Virtual Reality Head Mounted Display using Electro-oculogram

김병준, 권기철, 양용만, 김 남
충북대학교 정보통신공학

Byeong-Jun Kim(kpj523@osp.chungbuk.ac.kr), Ki-Chul Kwon(kwon@osp.chungbuk.ac.kr),
Young-Man Yang(yym11@ict.ac.kr), Nam Kim(namkim@chungbuk.ac.kr)

요약

본 논문에서는 눈을 깜빡(eye-blink)일 때 발생하는 안전도(EOG, electro-oculogram) 신호를 이용하여 손을 사용하지 않는 가상현실 HMD(head mounted display)용 키보드 시스템을 제안하였다. 본 시스템은 디스플레이 소자, 자이로스코프센서, 중력센서, 뇌전도(EEG, electro-encephalogram) 센서 등으로 구성되며, 시스템의 제어 및 그래픽 처리 등을 위한 Unity3D 엔진으로 가상현실 HMD용 키보드 시스템을 구현하였다. 구현된 키보드의 방식은 한글의 경우 천지인 키보드 방식을 사용하였으며 영어, 숫자, 기호의 경우 3×4 방식을 사용하여 공간상의 문제를 해결하였다. 구현된 시스템을 통해 손을 사용하지 않고 목의 움직임과 안전도만으로 가상현실 HMD의 키보드 입력이 가능함을 확인하였다.

■ 중심어 : | 가상현실 | 키보드 | 안전도 | 눈 깜빡임 |

Abstract

A keyboard system for hands-free virtual reality head mounted display using electro-oculogram (EOG) signal which occurs during the eye-blinking is proposed. This system consists of display device, gyroscope sensor, gravity sensor and electro-encephalogram (EEG) sensor, and it is implemented with Unity3D engine for system control and graphic processing. If the input language of proposed keyboard system is Korean, i.e. Hangul, the Chonjiin keyboard method is utilized; but for the English spelling, numbers or special characters, 3×4 keyboard method is used in order to solve the spatial problem. By the implemented method, it can be verified that the user can handle the keyboard input of virtual reality head mounted display with only neck movement and EOG, instead of using hands.

■ keyword : | Virtual Reality | Keyboard | EOG(Electro-oculogram) | Eye-Blink |

1. 서론

최근 급속한 ICT(Information & Communication Technology) 관련 기술의 발전과 콘텐츠 제작 환경의 변화로 인하여 가상현실 분야의 기술개발에 대한 관심

이 집중되고 있으며, 다양한 관련 제품들이 발표되고 있다[1][2]. 가상현실 분야에 사용 되는 대표적인 디바이스는 VR(Virtual Reality) 헤드셋으로 디스플레이 소자, 컴퓨팅 엔진, 각종센서 등으로 구성되어 있다[3]. 이에 따른 연구 분야로는 해상도 개선, 시야각 개선, 지연

* 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 대학CT연구센터육성지원사업(IITP-2017-2015-0-00448)과 2017년도 한국연구재단의 국제협력사업(NRF-2017R1A2B4012096)의 지원을 받아 수행되었음.

접수일자 : 2017년 10월 19일

심사완료일 : 2017년 12월 04일

수정일자 : 2017년 11월 22일

교신저자 : 김 남, e-mail : namkim@chungbuk.ac.kr

시간 개선 등의 하드웨어 중심의 기술이 진행되고 있다 [4-6]. VR 헤드셋의 경우 구성 방법에 따라 PC(Personal Computer)와 유선 연결하여 사용하는 방법과 스마트폰을 사용하여 무선 연결하여 사용하는 방법[7], 그리고 VR 헤드셋 자체에 하드웨어를 구축하여 사용하는 방법으로 나눌 수 있다[8]. PC와 유선 연결하여 사용하는 경우 고사양의 그래픽을 보장하지만 유선으로 인하여 움직임의 제한이 많은 문제점이 있고, 스마트폰을 연결하여 사용하는 방법의 경우 움직임의 제한이 없는 장점이 있지만 고사양의 그래픽을 표현 못하는 문제점이 있다. VR 헤드셋 자체에 하드웨어가 구축되어 있는 방법은 앞서 말한 두 가지 방법의 장점을 모두 가지고 있다. VR 헤드셋의 경우 머리에 착용하여 사용하기 때문에 HMD 기반으로 구성된다[9]. HMD 기반의 경우 실제 환경에 있는 것처럼 사용자에게 몰입감을 제공해주지만 조작을 위해선 추가 컨트롤러가 필요하며, 이를 위해 다양한 방식의 컨트롤러 연구가 진행되고 있다[10]. 관련제품은 HTC社의 HTC VIVE와 같이 리모콘 같은 형태의 컨트롤러를 사용하는 방식, LeapMotion社의 LeapMotion과 같이 추가 장비를 사용하여 손을 인식하는 방식 등이 있다.

그러나 컨트롤러를 사용하는 방식의 경우 손을 사용하는데 VR 환경에서는 컨트롤러를 볼 수가 없어 눈을 가리고 제어장치를 만지는 것과 같은 이질감을 느끼게 되고 또한 신체가 불편한 사람들의 경우 사용이 제한되는 불편함이 발생한다. 이러한 불편함을 해결하기 위한 방법으로 손을 사용하지 않고 뇌전도를 활용하여 커뮤니케이션을 할 수 있는 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI, Brain Computer Interface) 연구가 진행되고 있다 [11][12]. 뇌-컴퓨터 인터페이스는 뇌전도 획득장치를 통해 특정 상태의 뇌전도를 측정하여 특이점이나 특징을 추출하고, 이를 일반적인 제어 신호로 사용하여 컴퓨터나 기기 등을 제어하는 기술이다[13].

본 논문에서는 뇌전도 신호에서 검출할 수 있는 EOG를 이용한 가상현실 HMD용 키보드 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 디스플레이 소자, 자이로스코프 센서, 중력센서, EEG 센서 등이 들어있는 HMD 형태의 VR 헤드셋을 사용하였고 가상현실을 구축하기 위하여

Unity3D 개발 툴을 사용하였다. 제안된 시스템은 목의 움직임만으로 포인터를 이동시키고 눈을 깜빡일 때 발생하는 EOG를 키보드 입력으로 사용함으로써 다른 동작 없이 목 위의 두 가지 요소만으로 VR 헤드셋에서 키보드를 입력할 수 있다.

II. EOG를 이용한 가상현실 HMD용 키보드 시스템

EOG 신호는 대상자가 눈동자를 움직일 경우, 눈 주변의 근육을 움직일 경우 발생하는 신호다[14]. EOG 신호는 EOG 획득 장치뿐만 아니라 EEG 센서에서 획득이 가능하며 특히 눈을 깜빡일 때 특징이 강하여 특이점으로 사용할 수 있다.

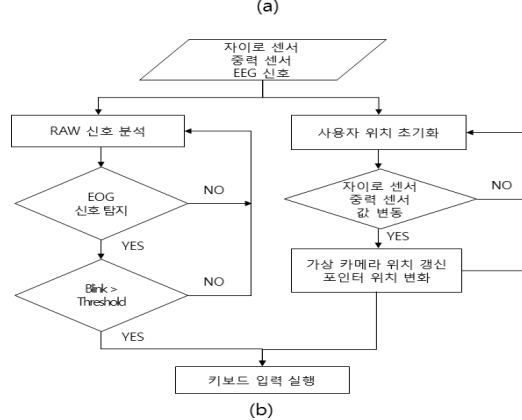
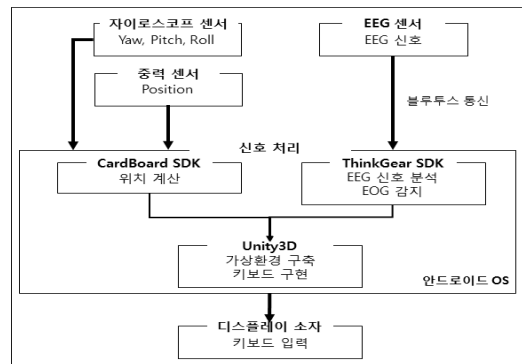


그림 1. 안전도를 이용한 가상현실 HMD용 키보드 시스템 (a) 구성도 (b) 입력 신호처리 흐름도

제한한 EOG를 이용한 가상현실 HMD용 키보드 시스템은 디스플레이 소자, 자이로스코프센서, 중력센서, EEG 센서 등으로 구성된다. [그림 1]은 EOG를 이용한 가상현실 HMD용 키보드 시스템의 구성도와 신호처리의 흐름도를 보여준다.

VR 헤드셋에 내장된 자이로스코프 센서와 중력 센서를 사용하여 머리의 움직임의 정보를 획득하고 이를 처리 하여 포인터로 사용한다. 그리고 EEG 센서를 통해 눈을 깜빡이는 동작에 대한 특징을 찾아내어 이를 키보드 입력으로 사용하고 다른 기기와의 호환이 가능하고 가상현실 구현을 위해 Unity3D 엔진을 사용하였다.

2.1 키보드 사용자 인터페이스 디자인

스마트폰과 같이 한정된 공간에서는 각각의 Key에 대한 버튼을 만들 경우 잘못된 입력을 통한 오타가 발생할 확률이 크고 공간이 부족한 문제가 발생한다. 또한 가상현실에서도 키보드를 실행할 경우 디스플레이 되는 공간의 일부분에 키보드 형태를 표시해야 하므로 공간에 대하여 제한이 발생한다[15]. 따라서 공간상의 문제를 줄이기 위해 한글의 경우 삼성사에서 스마트폰에 사용하는 친지인 키보드 방식을 사용하였고 영어와

기호, 숫자의 경우 3×4 키보드 방식을 사용하여 구현하였다[16]. 키보드 사용자 인터페이스 디자인 및 구성은 [그림 2]와 같이 한글, 영어, 숫자 및 기호로 구현하였으며, ‘한영’ 버튼을 통해 한/영 전환, ‘shift’ 버튼을 통해 소/대문자 전환, ‘123’ 버튼을 통해 숫자 전환, ‘기호’ 버튼을 통해 기호 전환 할 수 있도록 구성하였다.

2.2 EOG 신호검출을 위한 뇌전도 신호처리

본 논문에서는 EOG 신호검출을 위하여 EEG 센서의 경우 Neurosky社의 Mindwave Mobile제품을 사용하였고 이를 통해 Blink, Poor, Attention, Meditation, Delta, Low Alpha, High Alpha, Low Beta, High Beta, Low Gamma, High Gamma, Connect State등의 신호를 얻는다. Mindwave 제품의 경우 이마 센서부와 귀 연결부로 구성되어 있으며 연결부를 정확히 연결하였을 때 Bluetooth 통신을 통해 사용자의 뇌전도를 연결된 장치로 획득한다. Neurosky社에서 Mindwave 제품에 대해 제공되는 ThinkGear SDK에서는 뇌전도 신호를 분석할 수 있도록 내부 알고리즘을 구현해 놓았다. 이를 활용하여 획득된 뇌전도 신호를 분석하여 Eye-blink 동작을 할 때 생기는 Blink 값을 키보드 입력장치로 사용하도록 하였다. Blink 값은 눈 주변 근육의 움직임이나 Eye-blink의 동작을 할 때 생기는 안전도 신호로 사용하는 기기에서는 1초에 한번씩 0-255 사이의 값으로 출력한다[17]. 하지만 무의식적인 눈 깜빡임이나 눈 주변 근육의 움직임에 따른 값들은 사용자 의지에 의해 생기는 값이 아니기 때문에 노이즈 값으로 정의할 수 있다. 의식적으로 Eye-blink 동작을 할 때 발생하는 Blink값과 노이즈 동작에 의해 발생하는 Blink값을 확인하기 위하여 사용자 5명에게 반복적인 실험을 통해 Blink값을 확인하였다. 사용자 별로 차이가 있지만 의식적인 Eye-blink 동작을 할 때는 [표 1]과 같이 최소 43, 최대 92 값이 나왔고 대부분의 값은 60이상의 값을 확인하였고 노이즈 동작을 할 때는 [표 2]와 같이 최소 21, 최대 42 값이 나왔고 대부분의 값은 40이하의 값으로 나타내는 것을 확인하였다. 이를 통해 노이즈 값의 경우 사용자의 의지에 의한 Eye-blink 동작을 할 때 보다는 낮은 신호가 발생 되는 것을 확인하였다. 이를 근거로 [그림

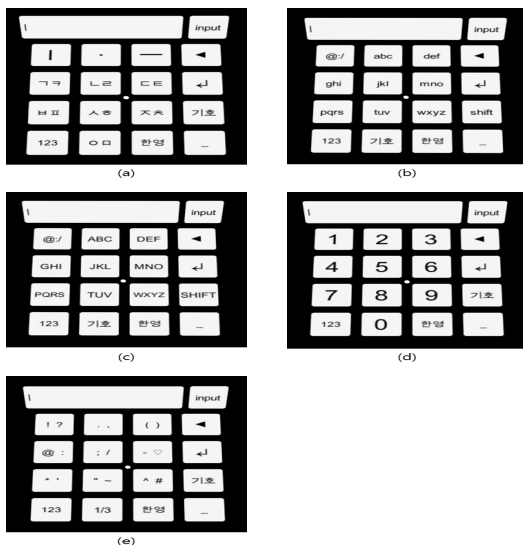


그림 2. 키보드 사용자 인터페이스 디자인 모습 (a) 한글, (b) 영어, (c) 영어+shift, (d) 숫자, (e) 기호

3과 같이 의식적인 Eye-blink 동작을 할 때 발생하는 Blink값과 노이즈에 의해 발생하는 Blink값의 비교를 통해 중간 값인 Threshold값을 50으로 설정하여 50이하의 값은 노이즈 값이라 정의하고 50이상의 값은 의식적인 Eye-blink 동작으로 정의하여 사용자의 의지에 의한 Eye-blink 동작일 때만 Blink 함수를 호출할 수 있도록 구현하여 키보드 입력장치로 사용하였다.

표 1. 의식적인 Eye-blink동작 시 발생하는 Blink값

사용자	Blink값							
사용자1	64	72	71	64	89	67	79	69
사용자2	65	61	78	69	63	72	75	59
사용자3	59	64	61	72	75	68	63	66
사용자4	74	92	81	84	79	69	64	65
사용자5	62	57	65	43	64	71	58	63

표 2. 노이즈 동작 시 발생하는 Blink값

사용자	Blink값							
사용자1	25	28	25	31	27	24	29	33
사용자2	28	23	23	24	21	32	24	27
사용자3	27	22	25	27	35	22	30	24
사용자4	36	42	26	35	29	39	34	35
사용자5	23	24	22	29	31	27	25	27

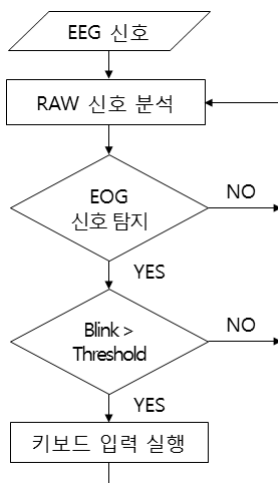


그림 3. 안전도(EOG) 판단 흐름도

2.3 키보드의 Key 선택을 위한 포인트 제어

본 논문에서의 가상현실은 Google社에서 제시한 Cardboard SDK와 Unity3D를 사용하여 구현하였고 Cardboard SDK에서 기본적으로 주어진 포인트에 UI를 입혀 사용자의 시선을 점 모양 포인트로 표현하였다. 이 포인트의 경우 [그림 4(a)]와 같이 항상 사용자가 보고 있는 디스플레이의 중앙에 위치하고 있는 특징을 가지고 있다. 포인트의 초기 위치를 확인하기 위해 [그림 5]와 같이 VR 헤드셋에 장착되어 있는 자이로스코프 센서와 중력 센서를 사용하여 현재 위치에 대한 위치 값을 확인한다. 포인트를 움직이기 위하여 [그림 6]과 같은 개념과 같이 yaw, pitch, roll 회전을 했을 때 변하는 자이로스코프 센서값과 중력 센서값을 획득하여 포인트의 위치가 움직이도록 구현하였다. 원하는 물체(버튼)를 바라보았을 때 확인을 위하여 [그림 4(b)]와 같이 포인트의 UI가 원이 되도록 하였고 만약 물체를 바라보지 않았을 경우 [그림 4(a)]와 같이 초기 포인트 형태로 돌아가도록 구현하였다.



그림 4. 포인트 UI 모습 (a) 초기 포인트 상태, (b) 물체 확인 상태

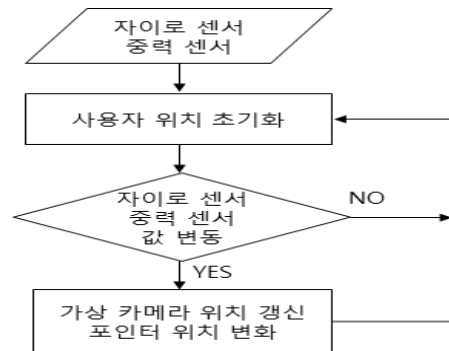


그림 5. 포인트 이동을 위한 흐름도

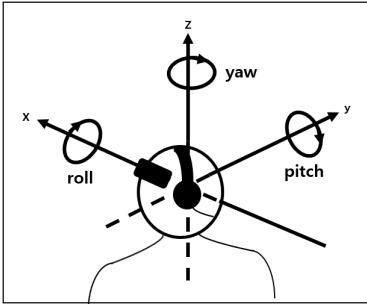


그림 6. yaw, pitch, roll 개념도

2.4 키보드 입력 방법

키보드의 입력은 [그림 7(a)]와 같이 키보드 버튼을 바라보지 않았을 경우 초기 포인터 모양인 점 모양을 하고 있으며 [그림 7(b)]와 같이 키보드 버튼을 바라보면 포인터 모양이 원 모양으로 바뀌게 되는데 이 때 Eye-blink 동작을 하면 포인터가 위치하고 있는 키보드 버튼의 해당하는 값이 입력 되도록 구현하였다. 키보드 입력 시 결과는 천지인 키보드의 원리와 같이 해당 버튼에 표시 되어있는 문자 순서대로 입력이 되도록 설정하였다. 예를 들어 한글 자음의 경우 ‘ㄱ’ 버튼은 한 번의 Eye-blink 동작 시 [그림 8(a)]와 같이 ‘ㄱ’이 입력되며, 두 번 Eye-blink 동작 시 [그림 8(b)]와 같이 ‘ㅋ’이 입력된다. 버튼에 표시된 첫 번째 자음에 대한 쌍 자음이 존재할 경우 세 번 Eye-blink 동작 시 [그림 8(c)]와 같이 ‘ㄲ’이 입력된다. 한글 모음의 경우 ‘ㅣ’, ‘ㅡ’, ‘ㅑ’ 버튼의 조합으로 모음을 만들 수 있으며 예를 들어 ‘ㅑ’를 입력 한다면 ‘ㅣ’버튼과 ‘ㅑ’ 버튼을 순서대로 입력 하면 된다. 영어 및 기호의 경우도 마찬가지로 Eye-blink 동작 수에 따라 해당하는 버튼의 표시 순서대로 키보드 입력이 되도록 구현하였다. 대문자 영어의 경우 ‘shift’ 버튼을 입력한 뒤 사용하고 기호의 경우 ‘기호’ 버튼을 누르게 되면 [그림 9]와 같이 3페이지로 나뉘어 있으며 ‘1/3’ 형태의 페이지 버튼 입력을 통해 원하는 페이지의 기호를 사용할 수 있다. 또한 ‘◀’ 버튼 입력을 통해 delete 기능으로 바로 전 입력한 값을 지울 수 있으며 ‘↵’ 버튼 입력으로 줄 바꿈을 할 수 있다. 그리고 ‘_’ 버튼 입력으로 띄어쓰기를 할 수 있으며 ‘input’ 버튼 입력으로 최종 입력을 할 수 있다.

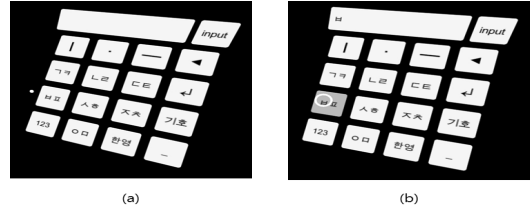


그림 7. 키보드 시스템 입력 모습 (a) 입력 전, (b) 입력 후

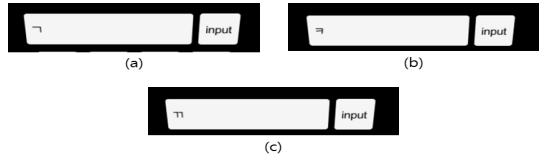


그림 8. 한글 입력 방식의 예 (a) ‘ㄱ’ 입력 (b) ‘ㅋ’ 입력 (c) ‘ㄲ’ 입력

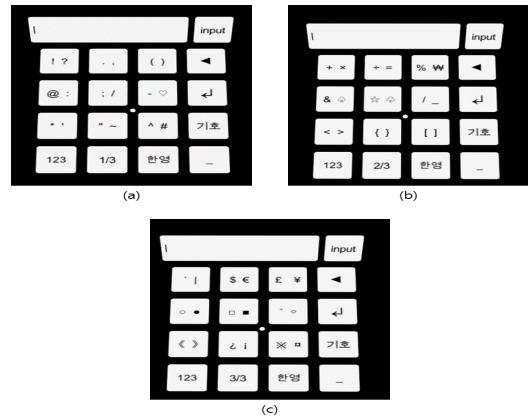


그림 9. 기호 (a) 1페이지 (b) 2페이지 (c) 3페이지

III. 실험 및 결과

키보드 입력 실험은 [그림 10(a)]와 같이 HMD에 스마트폰을 장착하여 착용하고 EEG를 획득하여 EOG를 검출하기 위해 EEG 센서를 머리카락이 닿지 않게 이마에 부착시키고 [그림 10(b)]와 같이 컷볼에 귀 연결부의 클립을 집어준다. 착용이 완료된 후 HMD에 장착되어 있는 스마트폰에서 검증용 어플리케이션을 실행시켜 실험준비를 하였다. 실험에 사용된 장비의 스펙은 [표 3]과 같다.

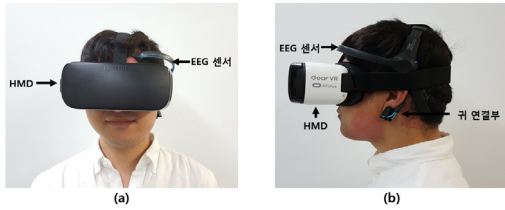


그림 10. 키보드 입력 실험을 위한 뇌전도 획득 장치와 HMD 착용 모습 (a) 정면에서 촬영한 모습 (b) 측면에서 촬영한 모습

표 3. 사용된 장비 스펙

구분	사양
EEG 센서	Neurosky Mindwave Mobile
HMD	Samsung Gear VR
스마트폰 (디스플레이 소자, 자이로스코프 센서, 중력센서)	Samsung Galaxy 7 edge (Android Version 7.0)

3.1 EOG 인식성공률 측정 실험

EOG 인식성공률을 평가하기 위해 Eye-Blink 동작 시 발생하는 EOG를 이용하여 인식성공률 측정을 위한 [그림 11]과 같이 검증용 애플리케이션을 구현하였다. 측정 실험은 검증용 애플리케이션을 통해 키보드 버튼 1개만을 구현하여 해당 버튼이 EOG에 따라 동작이 되는지 확인하는 실험이다.

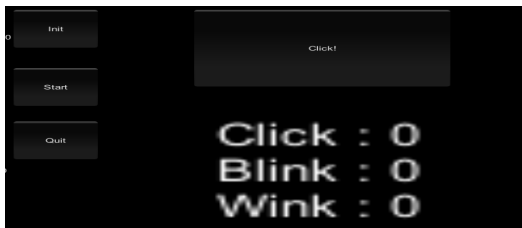


그림 11. 인식성공률 검증용 애플리케이션 초기화면

검증용 애플리케이션의 Click값은 클릭버튼을 바라본 후 Eye-Blink 동작을 사용자가 임의로 실행하였을 때 Click 버튼이 실행되면 1씩 추가로 카운트 되도록 하였고 Blink값은 EEG 센서가 EOG를 감지했을 때 1씩 추가로 카운트 되도록 하였다. 마지막으로 Wink 값은

사용자의 의지에 의해 눈 깜빡임을 했을 경우 본 논문에서 구현한 방식으로 EOG를 감지했을 때 1씩 추가로 카운트 되도록 하였다.

실험은 클릭 수가 100번 실행되기 위하여 몇 번의 시도가 있었는지를 판단하는 실험을 하였고 제안한 방식에 의한 인식이 성공한 비율은 다음 식 (1)과 같이 정의하였다. 또한 노이즈 값을 포함했을 경우 사용자의 임의로 Eye-Blink 동작을 했을 때와 무의식적인 동작에 의해 발생하는 값의 합이므로 인식성공률을 다음 식 (2)와 같이 정의하였다.

$$\text{인식성공률} = (100 / \text{Wink}) \times 100 \quad (1)$$

$$\text{인식성공률} = (100 / \text{Blink}) \times 100 \quad (2)$$

본 실험은 사용자 5명을 토대로 실험을 진행하였으며 결과는 [표 4]와 같이 최소 약 83%, 최대 약 92%의 인식성공률을 확인 할 수 있었고 평균 적으로 약 87%의 인식성공률을 가지는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 노이즈 값을 포함하였을 때 성공률은 최소 약 60%, 최대 약 69%의 인식성공률을 확인 할 수 있었고 평균 적으로 약 65%의 인식성공률을 가지는 것을 확인 할 수 있었다. 노이즈 동작에 의해 발생하는 Blink 값과 본 논문에서 제안한 방법에 의해 사용자가 의도했을 때 발생하는 Wink 값의 인식성공률의 비교를 통해 사용자가 의도한 동작과 노이즈 동작을 Threshold 값을 사용하여 구분이 되는 것을 확인하였고 그에 따라 인식성공률이 증가 한 것을 확인하였다.

표 4. 인식성공률 측정 실험 결과

사용자	Blink	Wink	기존 방식	제안 방식
사용자1	153	117	약 65.3%	약 85.4%
사용자2	145	108	약 68.9%	약 92.5%
사용자3	164	120	약 60.9%	약 83.3%
사용자4	154	112	약 64.9%	약 89.2%
사용자5	144	115	약 69.4%	약 86.9%

3.2 키보드 입력 실험

키보드 입력 실험 검증용 애플리케이션의 경우 [그림

12]와 같이 메모장 환경에서의 키보드 시스템의 모습을 구현하였고 머리 회전에 따라 포인터를 이동시키고 Eye-Blink 동작을 할 때 발생하는 EOG를 사용하여 포인터가 위치하는 키보드 버튼을 입력하는 실험을 진행하였다. 실험은 사용자에게 ‘안녕하세요’ 단어를 10번 입력하게 했으며 그 결과 [그림 13(a)]와 같이 ‘안녕하세요’ 단어가 입력되는 것을 확인하였고 이때 ‘input’ 버튼을 입력할 경우 [그림 13(b)]와 같이 메모장에 출력이 되는 것을 확인하였다. 실험 초기에 ‘안녕하세요’ 단어를 입력하는데 평균 42초가 소요 되었으며 이후 연습을 통해 평균 29초까지 줄일 수 있었다.

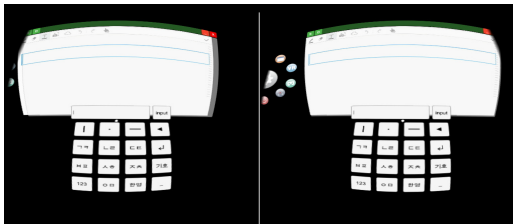


그림 12. 키보드 시스템 검증용 애플리케이션 초기화면



그림 13. 구현된 시스템으로 키보드 입력 결과 (a) 단어 입력, (b) 최종 입력

실험결과 손의 사용 없이 목의 움직임과 Eye-Blink 동작을 할 때 발생하는 안전도만을 사용하여 키보드 입력이 가능함을 확인하였고, 숙련을 통한 입력 소요시간의 단축이 가능함을 확인하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 EEG 센서를 사용하여 Eye-Blink 동

작을 할 때 발생하는 EOG를 이용한 가상현실 HMD용 키보드 시스템을 제안하였다. 제안된 가상현실 HMD용 키보드 시스템은 디스플레이 소자, 자이로스코프센서, 중력센서, EEG 센서 등으로 구성하였고 VR 헤드셋 자체에 하드웨어를 구축하여 사용하는 방법이나 VR 헤드셋에 스마트폰을 연결하여 사용하는 방법 모두 사용 가능하다.

실험을 통해 평균 약 87%의 인식률을 가지고 있는 것을 확인했으며 손의 사용 없이 목의 움직임과 EOG만으로 키보드 입력이 되는 것을 확인하고 연습을 통해 키보드 입력에 걸리는 소요시간도 단축시킬 수 있음을 확인하였다. 뿐만 아니라 포인터의 이동을 마우스의 이동 기능으로 사용하고 Eye-Blink 동작을 마우스 왼쪽 클릭 기능으로 사용하여 마우스 역할도 가능함을 확인하였다.

본 연구는 손을 사용하지 않는 입력장치로써, 일반인 뿐만 아니라 신체적 장애인들에게 유용할 것으로 판단되며, 향후 EEG 센서에서 EOG 뿐만 아니라 뇌전도의 다양한 신호를 이용하여 입력장치로 적용가능한지에 대한 연구를 진행하고자 한다.

참고 문헌

- [1] 류한석, *가상현실(VR)시장의 전망과 시사점*, 광학세계, 2015.
- [2] 정보통신정책연구원, *가상현실(VR)생태계 현황 및 시사점*, 정보통신방송정책, 2016.
- [3] 김익재, *가상현실 기술동향*, 방송과 미디어, 2016.
- [4] T. A. Clarke and J. G. Fryer, "The development of camera calibration methods and models," *The Photogrammetric Record*, Vol.16, No.91, pp.51-66, 1998.
- [5] Elisabeth Adelia Widjojoa, 황재인, "모바일 폰을 사용한 비디오 투과식 증강현실에서의 왜곡 보정과 시야각 조정," *방송공학회논문지*, 제21권, 제1호, pp.43-50, 2016.
- [6] 차재광, 이상호, 김시호, "원격 UGV 컨트롤을 위

- 한 VR HMD의 지연 현상 해결 방법,” 대한전자 공학회 하계종합학술대회, 제37권, 제1호, pp.1799-1800, 2014.
- [7] 서종환, 노환범, “3차원 VR 콘텐츠의 마우스-키보드 조작 UI 개선,” 한국콘텐츠학회논문지, 제5권, 제6호, pp.184-192, 2005.
- [8] http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=counterpoint_korea&logNo=220809537186&redirect=Dlog&widgetTypeCall=true
- [9] Takashi Shibata, “Head mounted display,” Displays, Vol.23, No.2, pp.57-64, 2002.
- [10] 박경범, 이재열, “가상현실 환경에서 3D 가상객체 조작을 위한 인터페이스와 인터랙션 비교 연구,” 한국CAD/CAM학회논문집, 제21권, 제1호, pp.20-30, 2016.
- [11] 최종석, 방재원, 이의철, 박강령, 황민철, 이정년, “휴먼 컴퓨터 인터페이스를 위한 뇌파 측정 장치 성능 분석,” 한국방송공학회 하계학술대회, pp.490-493, 2011.
- [12] 남영주, 권기철, 김병준, 이의신, 김 남, “안전도를 이용한 가상현실 헤드셋의 입력시스템 구현,” 한국콘텐츠학회논문지, 제16권, 제9호, pp.739-750, 2016.
- [13] 김홍현, 김응수, “안면근 신호를 이용한 최소 자판 문자 입력 시스템의 개발,” 한국정보통신학회 논문지, 제14권, 제6호, pp.1338-1444, 2010.
- [14] 김민성, 김창현, 이주장, “안전도 신호 분석을 통한 지형 로봇 제어 기법의 개발,” 제어로봇시스템학회논문지, 제10권, 제9호, pp.755-762, 2004.
- [15] 김소정, 신원영, 주혜림, 박준, “립모션을 이용한 천지인 가상 키보드,” 한국정보과학회 학술발표논문집, 제12호, pp.1484-1486, 2014.
- [16] http://navercast.naver.com/contents.nhn?rid=59&contents_id=1850
- [17] 김수중, 정해봉, 김영철, 이태수, “안전도(EOG) 신호를 이용한 수면 중 안구운동 추적시스템(EMTS) 개발,” CICS 2009 정보 및 제어 학술대회 논문집, pp.97-98, 2009.

저 자 소 개

김 병 준(Byeong-Jun Kim)

준회원



- 2016년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2016년 2월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 석사 과정

<관심분야> : AR, VR, 입체 영상 처리시스템, 디지털 영상처리

권 기 철(Ki-Chul Kwon)

정회원



- 1996년 2월 : 상주대학교 전기전자공학과(공학사)
- 2000년 2월 : 충남대학교 전자공학과(공학석사)
- 2005년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학박사)

- 2002년 ~ 2008년 : 프리젠테크 부설연구소 연구원
 - 2008년 ~ 현재 : 충북대학교 연구교수
- <관심분야> : 디지털 영상처리 및 의료영상처리, 입체, 영상 처리 시스템

양 용 만(Yong-Man Yang)

정회원



- 1998년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 1998년 3월 ~ 2000년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 석사 과정 수료
- 2016년 4월 ~ 현재 : ICT 폴리텍대학 직업훈련 교사

<관심분야> : 네트워크 보안, 광통신, IoT

김 남(Nam Kim)

중신회원



- 1981년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
 - 1983년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학석사)
 - 1988년 8월 : 연세대학교 전자공학과(공학박사)
 - 1992년 8월 ~ 1993년 8월 : 미국 Stanford 대학교 방문교수
 - 2000년 3월 ~ 2001년 2월 : 미국California Technology Institute 방문교수
 - 1989년 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수
- <관심분야> : 광정보처리, 광통신, 이동 통신 및 전파, 전파, 마이크로파 전송 선로 해석, EMI/EMC 및 전자파 인체보호 규격