

# 안구 입력 시스템 기반의 가상키보드 키 배열 연구

(A Study on Key Arrangement of Virtual Keyboard based on Eyeball Input system)

이사야\*, 홍진경\*\*, 이종섭\*\*\*

(Sa Ya Lee, Jin Gyeong Hong, Joong Sup Lee)

## 요약

안구 입력 시스템은 '아이트래킹 기술'과 '가상키보드 문자 입력 기술'을 기반으로 설계된 디지털 키보드 형식의 문자 입력 시스템이며, 이때 사용하는 가상키보드 구조는 직사각형의 QWERTY 배열로 양손 10개의 손가락을 동시에 활용하는 다중 입력 방식에 최적화된 구조이다. 하지만 '아이트래킹 기술'은 한 개의 초점만으로 입력해야 하는 안구운동 기반의 단일 입력 방식이기 때문에 다중 입력 방식인 직사각형 구조의 가상키보드와 함께 사용할 때 문제점이 발생한다. 이를 해결하고자 우선 안구에 연결된 근육의 형태와 종류 및 움직임에 관한 선행연구를 조사하였다. 그 후 안구의 동작원리가 직선이 아닌 원형으로 움직이는 것을 파악했다. 따라서 본 연구는 양손 입력에 최적화된 현재의 직사각형 구조로 배치된 가상키보드의 키 배열보다 회전운동에 적합한 원형 구조로 배치된 새로운 키 배열을 제안한다. 또한, 기존 직사각형 키 배열과 비교하여 원형 키 배열에 대한 성능 검증 실험을 진행하였고, 실험을 통해서 원형 배열의 키보드로 직사각형 배열 키보드를 대체 가능한지 확인하였다.

■ 중심어 : 안구입력시스템 ; 가상키보드 ; 아이트래킹 ; 키배열 ; 단일입력방식

## Abstract

The eyeball input system is a text input system designed based on 'eye tracking technology' and 'virtual keyboard character-input technology'. The current virtual keyboard structure used is a rectangular QWERTY array optimized for a multi-input method that simultaneously utilizes all 10 fingers on both hands. However, since 'eye-tracking technology' is a single-input method that relies solely on eye movement, requiring only one focal point for input, problems arise when used in conjunction with a rectangular virtual keyboard structure designed for multi-input method. To solve this problem, first of all, previous studies on the shape, type, and movement of muscles connected to the eyeball were investigated. Through the investigation, it was identified that the principle of eye movement occurs in a circle rather than in a straight line. This study, therefore, proposes a new key arrangement wherein the keys are arranged in a circular structure suitable for rotational motion rather than the key arrangement of the current virtual keyboard which is arranged in a rectangular structure and optimized for both-hand input. In addition, compared to the existing rectangular key arrangement, a performance verification experiment was conducted on the circular key arrangement, and through the experiment, it was confirmed that the circular arrangement would be a good replacement for the rectangular arrangement for the virtual keyboard.

■ keywords : eye input system ; virtual keyboard ; eye-tracking ; key arrangement ; single-input method

## I. 서론

### 1. 연구배경 및 목적

안구 입력 시스템은 안구의 움직임을 추적하여 데이터를 수집하는 '아이트래킹 기술[1]'과 '가상키보드 문자 입력 기술'을 기반으로 설계되었다. 일반적으로 이 시스템에서 사용자와 직접 소통

\* 정회원, 한동대학교 문화미디어디자인학과

\*\* 정회원, 한동대학교 문화미디어디자인학과

\*\*\* 정회원, 한동대학교 콘텐츠융합디자인학부

하는 화상키보드는 안구 외 근육을 사용하기 어려운 사람들에게 컴퓨터를 이용할 수 있는 유용한 수단으로서 활용되거나[2] AR/VR 환경에서의 활용성에 관해 연구되고 있다[3]. 이때, 화상키보드는 물리적 키보드 구조를 그대로 따르고 있으며, 가로 형태의 긴 직사각형 QWERTY 자판 배열이 적용된 구조이다. 이러한 직사각형 키보드 구조는 양손 10개의 손가락을 동시에 사용하는 다중 입력 방식을 기반으로 하고 있다. 사용자는 각각의 손가락을 지정된 위치에 놓고 각 손가락이 이동할 수 있는 범위 내의 키에 대해 최소한의 움직임으로 입력할 수 있도록 설계되었다.

그러나 안구 입력 시스템의 ‘아이트래킹 기술’은 기존의 양손을 사용하는 다중 입력 방식과 다르게 두 개의 안구가 응시하는 하나의 초점만으로 입력하는 단일 입력 방식이 적용된다. 따라서 단일 입력 방식이 적용된 ‘아이트래킹 기술’을 이용하는 안구 입력 시스템은 다중 입력 방식 기반의 직사각형 배열의 화상키보드 구조가 아닌 단일 입력 방식 기반의 새로운 배열의 화상키보드 구조가 요구된다.

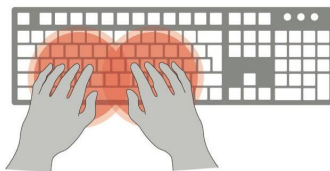


그림 1. 10개의 손가락을 이용한 다중 입력 방식

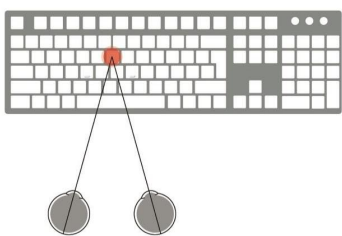


그림 2. 눈을 이용한 단일 입력 방식

이에 본 연구에서는 선행연구를 통해 안구의 움직임을 조사하였고, 안구의 동작원리에 맞도

록 키를 배열하여 안구 입력 시스템에 적합한 새로운 화상키보드 키 배열을 제안하였다[4][5]. 또한, 새로운 키 배열 구조가 기존의 키 배열 구조를 대체할 수 있는지를 비교 실험을 통해 검증하고자 하였다.

## 2. 연구 범위 및 방법

최종적으로 안구 입력 시스템에 최적화된 키보드를 완성하기 위해 총 3단계에 관한 연구를 차례로 진행해야 한다. 먼저 본 연구에서 문제점으로 제시한 손가락 움직임을 기반으로 한 직사각형 키 배열에서 안구의 움직임을 고려한 새로운 키 배열에 관한 연구가 필요하다. 다음으로 새롭게 개발한 키 배열 위에 현재 사용되는 QWERTY 자판 배열이 아닌 새로운 자판 배열에 관한 연구가 필요하다. 마지막으로 완성된 키와 자판 배열에 따른 사용성 평가를 통하여 완성도를 높인 새로운 화상키보드를 만드는 것을 최종목적으로 한다. 따라서 본 연구는 전체 연구과정의 첫 번째 단계로 안구 운동에 기반을 둔 새로운 키 배열을 제안한 후 이를 기존의 손가락 운동방식의 키 배열과 비교 실험하여 검증하는 것을 연구 범위로 지정한다.

실험에 앞서, 키보드 디자인을 구성하는 요소로는 키 배열, 자판 배열, 키 크기, 키와 키 사이의 간격, 키보드의 색상 등이 있다. 그중 가장 중요한 형태에 따른 키 배열뿐만 아니라 자판 배열에 대한 참가자들의 스테레오 타입이 실험 결과에 영향을 미치지 않도록 모든 키는 숫자로 대체하였고 입력 상황을 고려하여 총 세 가지 실험 환경을 설계하여 진행하였다.

첫 번째, 서로 다른 키 배열의 키보드에서 주어지는 특정한 키의 위치를 얼마나 빨리 찾을 수 있는지 실험하였다. 두 번째, 한 개의 키를 찾는 가장 일반적인 입력 단위인 단어 입력을 실험하기 위하여 연속되며 규칙성이 있는 5개의 숫자 조합을 제시하고 동시에 찾도록 실험하였다. 세

번째는 문장 형태의 입력 상황을 고려하여 규칙성 있는 26개의 숫자를 차례대로 탐색하도록 실험하였다.

비교 실험 후 새로운 키 배열에 대한 통계적 실험 결과뿐만 아니라 참가자의 종합적인 평가를 알아보기 위해 설문 및 인터뷰를 진행하였다. 새로운 키 배열을 통해 문자를 탐색할 때의 유용성, 새로운 키 배열이 안구 동작 원리에 맞는 동선을 제공할 때의 학습 용이성, 그리고 키 배열에 따라 문자를 탐색할 때의 사용 편이성에 관한 질문으로 구성하였다.

## II. 본 론

### 1. 기존의 화상키보드 종류

주로 전 세계에서 가장 널리 사용하는 컴퓨터 OS로 Windows와 Mac OS가 있는데, 두 운영체제가 전체 시장의 98.15%를 점유하고 있고, 두 OS는 기본적으로 화상키보드를 제공하고 있다. 화상키보드는 안구 입력 시스템에 필수적으로 필요한 기술이지만 Windows[6]와 Mac OS[7] 모두 손을 입력 도구로 한 물리적 키보드의 QWERTY 배열의 직사각형 구조를 그대로 사용하고 있다.

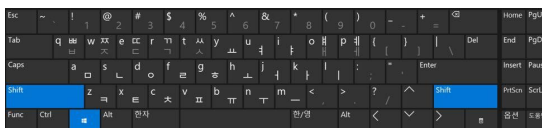


그림 3. window 10 화상키보드



그림 4. mac 화상키보드(keyboard viewer)

시선추적 하드웨어를 개발하는 회사에서도 화상키보드를 제공하고 있는데, 대표적으로 삼성

전자에서 발표한 아이캔플러스(EYECAN+)[8], Tobii사에서 개발한 TobiiDaynavox PcEye[9] 모두 기존의 직사각형 구조의 키 배열을 유지한 화상키보드를 제공하고 있다.

사각형 구조의 키 배열이 아닌 다른 형태의 키 배열을 디자인한 COREY STONE의 HERO Keyboard 사례도 있다[10].



그림 5. HERO keyboard

HERO 키보드는 모바일 환경에서 손가락을 이용한 키 입력의 동선을 최적화하여 효율적인 문자 입력을 지원한다고 하지만 안구운동 기반의 입력 환경의 움직임과 다르므로 해당 키보드의 배열을 안구 입력 시스템을 위한 키보드에 적용하는 것은 추가적인 연구가 필요하다. 이외에 안구 움직임과 키 배열의 구조적 효율성과 관련한 연구는 드문 상황이다.

### 2. 안구운동에 관한 선행 연구 조사

안구 입력 시스템은 눈동자의 움직임으로 키보드를 다룰 수 있도록 개발되었으며 눈동자는 안구 한가운데 위치하여 안구와 함께 움직인다. 안구는 2쌍의 직근과 1쌍의 사근이 연결되어 있다. 연결된 총 3쌍의 근육들은 외안근으로써 좌우, 상하, 앞뒤로 움직이는 선형 운동과 수직축, 수평축, 앞뒤 축을 중심으로 회전운동을 구현한다. 기본적으로 안구의 움직임은 선형 운동이 아닌 회전중심을 기준으로 한 회전운동이다[4]. 또한, 안구운동의 법칙과 관련하여 김성희(2019)는 Listing 법칙은 제1 위치에서 시작하는 모든 눈 운동은 y-축을 중심으로 하는 회전운동 없이, 수

평축(x-축) 또는 수직축(z-축)을 중심으로 하는 회전 때문에 발생함을 뜻한다고 하였다. 여기서 제1 위치(primary position)는 머리와 몸을 똑바로 세운 상태에서 정면을 보게 했을 때 눈의 위치를 말한다.

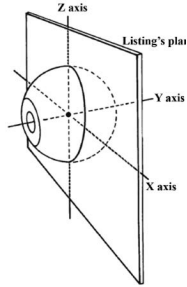


그림 6. Listing's Law

안구운동은 회전 방향뿐 아니라 기능에 의해서도 구분이 되기도 하는데, 한 지점을 바라보면서 한동안 정지하는 운동을 ‘응시 (fixation)’라 부르고, 또 다른 응시를 향해 빠른 속도로 일어나는 운동을 ‘도약 안구 운동’이라 한다. 이러한 운동은 인간의 주의와 정보의 획득, 그리고 이해와 밀접한 관련이 있다[5].

최인용·조한혁(2016)은 정보의 획득이나 처리는 응시에서만 일어나는 것으로 알려졌다고 하였다.



그림 7. 화상키보드 입력의 Sequence. 빨간 점이 도약 운동과 응시 운동 시 시선의 움직임을 나타낸다.

기존의 안구 입력 시스템을 통한 화상키보드의 입력은 특정 키의 내용을 획득하고 처리하는 응시 운동과 다른 키로의 움직임이 일어나는 도약 운동으로 진행된다.

현재의 폭이 긴 직사각형 구조의 키 배열은 도약 운동 측면에서 좌우 끝에 배치된 키들의 경우 상하에 있는 상대적인 이동 거리가 멀어진다. 응시 운동 측면에서는 응시 대상 외의 주변 대상이 시야에 들어오기 때문에 시선이 분산되어 특정 키를 응시하는 데 어려움을 겪을 수 있다.

따라서 안구운동에 적합한 키 배열을 제안하기 위해서는 먼저 안구의 기본적인 동작 원리, 즉 회전운동을 유도할 수 있는 키 배열을 고려해야 한다. 이는 특정 방향만의 움직임을 방지하고 장시간 동안의 움직임에도 피로를 유발하지 않기 위함이다. 또한, 다른 키로의 이동 동선 중에서 불필요한 이동을 최소화하거나 긴 이동 동선을 효율적으로 활용할 수 있는 형태로 데이터 입력 시에 오랜 시간 동안 움직임 필요가 없도록 해야 한다.

### 3. 안구운동에 적합한 키 배열

본 연구에서는 선행 연구에 기반을 두어 안구의 회전운동을 유도하기 위한 원형 형태의 키 배열을 제안하고자 한다. 이는 안구가 정면에 고정된 상태에서 Z축과 X축을 기준으로 상하 좌우 및 사선 방향의 움직임이 자연스럽게 형성되기 때문이다. 또한, 안구 입력 시스템에 적합한 키 배열은 안구의 중심점을 기반으로 한 회전운동 원리를 적용하기 때문에 ‘평면에서 한 점으로부터 일정한 거리에 있는 점을 모두 모아 놓은 집합’인 원형 형태의 키 배열을 최종적으로 선택하였다.

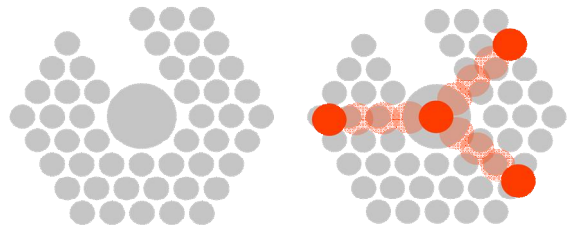


그림 8. 원형 형태의 키 배열 및 도약 운동

### 4. 실험 설계 및 수행

### 가. 실험을 위한 키보드 설계

본 연구에서 제안하는 새로운 원형 키 배열의 성능에 대해 기존의 직사각형 키 배열과 비교 실험하여 검증하고자 한다. 비교 실험 시 변수 발생을 최소화하기 위해 두 형태의 키 배열에 같게 적용해야 하는 조건은 총 4가지로 키의 크기, 키의 개수, 키와 키 사이의 간격, 색상이다.

키의 크기는 직사각형 키 배열과 원형 키 배열의 키 크기가 모두 같아야 하며, 원형 키 배열의 구조를 고려했을 때 키와 키 사이에 간격이 없으면 중심점과의 거리 때문에 키 크기의 차이가 발생할 수도 있기에 같은 크기의 도형으로 각각의 키를 배열한다.

키의 개수에 대해 실제 문자 배열도 적용될 사례를 고려하여 A-Z까지의 알파벳 개수와 같이 26개의 키에 기호를 삽입하여 실험하고 기호가 들어가지 않는 키는 공백으로 처리한다. 키에는 문자 대신 높은 가시성, 즉시 이해될 수 있는, 공통으로 판단하기에 이견이 없는 조건을 충족하는 기호로써 아라비아 숫자를 배치하였다.

필요조건을 모두 적용한 후 기존의 직사각형 화상키보드는 삼성의 아이캔플러스 화상키보드에 맞춰 디자인했고, 새로운 원형 화상키보드는 중심을 기준으로 360도 회전하여 키를 배치하되 키 개수에 따라 각 키 간의 여백이 차이 나지 않도록 디자인하였다.

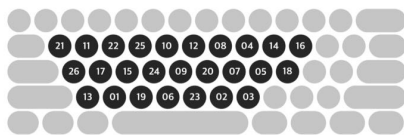


그림 9. 직사각형 키보드 구조의 랜덤 키 배열

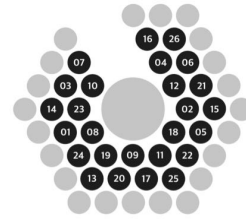


그림 10. 원형 키보드 구조의 랜덤 키 배열

모양이 다른 두 화상키보드 간의 익숙한 정도가 실험의 영향을 줄 수 있으므로 각 화상키보드에 배치할 숫자는 실험마다 랜덤으로 배치하고, 한 자릿수와 두 자릿수 간의 여백 차이 때문인 영향을 최소화할 수 있도록 한 자릿수에 0을 붙여 자릿수를 통일하였다.

### 나. 참가자

실험 참가자들은 모두 안구 입력 시스템의 사용 경험이 없으며 신체적 장애가 없는 사람들을 대상으로 하였고, 평소 컴퓨터 사용에 익숙한 사람들을 대상으로 모집하였다. 실험 참가자들은 남자 11명과 여자 20명으로, 총 31명이었다. 실험 참가자들의 시력은 교정시력을 포함해 일상생활에 문제가 없었으며, 눈에 특별한 이상을 가지고 있지 않은 이들로 구성하였다. 실험 참가자가 평소에 안경이나 렌즈 등을 사용하는 경우 실험 참여 상황에서도 같게 착용하도록 하였다.

### 다. 실험 환경

모든 실험은 화면과 음성으로 제시하는 숫자를 찾는 실험으로 사전 실험-본 실험-인터뷰 순서대로 진행하였다. 27인치 평면 모니터를 사용하였고, 모니터로부터 안구의 거리가 약 30cm 떨어져 있도록 하였다. 실험에서는 실제 안구의 움직임만을 사용한 효율성을 측정되도록 실험 참가자의 자세와 얼굴 방향이 정면을 고정된 채 목을 사용하지 않도록 요구하였다.

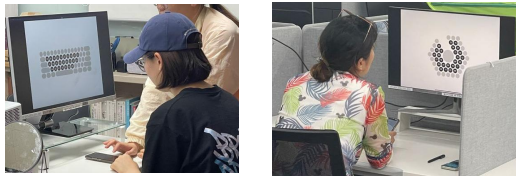


그림 11. 직사각형, 원형 화상키보드 실험화면

본 연구의 최초 실험 환경이 ‘아이트래킹 기술’을 이용한 환경이었으나, 연구 목적상 각각 다른 형태의 두 가지 키 배열을 비교하기 위하여 무작위로 주어진 키와 차례로 주어지는 키를 선택하는데 경과 되는 시간을 단순 비교하는 것이 목적이기 때문에 특정 키에 대해 응시 운동과 도약 운동을 측정하는 자판 배열에 관한 사용성을 평가하는 다음 연구에 ‘아이트래킹 기술’을 사용할 예정이다. 따라서 화상키보드를 보여준 후부터 제시한 숫자를 찾기까지의 시간을 측정하기 위해 실험 참가자 앞에 스마트폰을 놓고 숫자를 찾았을 때 탭 하도록 하였다.



그림 12. 실험에 사용한 스마트폰 앱 화면

실험에서 탐색해야 하는 모든 숫자 배열은 인터넷 사이트인 “난수 생성기[11]”에서 1부터 26까지의 숫자 범위로 생성하였다. 실험에 사용한 음성은 인간의 자연스러운 보이스를 지니면서도 피실험자들이 듣고서 명확하게 숫자를 구분할 수 있는 발음이 필요하였다. 이를 구현하기 위해 네이버에서 제공하는 클로바더빙 서비스를 이용하여 숫자를 입력한 후 오디오로 변환하였고 발음이 명확한 아나운서 직업의 목소리를 사용하였다.

## 라. 실험 가설 및 방법

본 실험 시작 전 사전 실험을 진행하였고, 실험 종료 후 실험에 관한 평가 설문조사와 인터뷰를 진행하였다. 사전 실험은 실험 진행 방식과 화상키보드에 대한 적응 시간을 제공하는 단계이기 때문에 각각의 화상키보드에서 같은 다섯 개의 난수를 음성을 듣고 찾도록 하였다.

사전 적응 단계가 끝난 뒤, 본 실험에서는 직사각형 키 배열로 먼저 실험 후 이어서 원형 키 배열을 실험하였다. 본 실험은 실험 1, 2, 3 순서대로 진행하였고, 각 실험의 설계 목적과 가설은 다음과 같다.

표 1. 실험 설계 목적과 가설

순서	목적	가설
실험 1	학습된 스테레오 타입을 최소화한 상태로 두 가지 다른 배열의 키보드에서 제시한 키를 찾을 때 경과시간을 측정하기 위함	스테레오 타입 최소화한 후 직사각형과 원형 키 배열을 이용한 숫자 탐색시간은 탐색 동선이 고려되어 원형 키 배열이 더 빠르거나 유의미한 차이가 없을 것이다.
실험 2	실제 입력환경과 유사한 인지도 가능하며 학습할 수 있는 환경에서 짧은 시간 숫자 탐색 시 차이는 시간을 측정하기 위함	문자 배열이 고정되어 이미 탐색한 숫자와 탐색해야 하는 숫자 간의 동선이 고려되어 원형 키 배열을 통한 숫자 탐색시간이 더 빠르거나 직사각형과 유의미한 차이가 없을 것이다.
실험 3	입력해야 하는 다음 문자를 인지할 수 있는 환경에서 오랜 시간 숫자 탐색 시 차이는 시간을 측정하기 위함	탐색해야 하는 숫자의 양이 늘어남에 따라 원형 키 배열을 통한 숫자 탐색시간이 직사각형 키 배열보다 빠를 것이다.

본 실험 1은 실험참가자에게 이미 익숙한 직사각형 키 배열과 처음 접하는 원형 키 배열 간의 학습된 스테레오타입을 제거하기 위해 실험이 진행될 동안 숫자를 탐색할 때마다 랜덤한 숫자 배열을 제공한 후, 특정한 키를 찾을 때 나타나는 차이를 보고자 하였다. 1부터 26까지의 숫자 중 5개를 랜덤으로 제시 후 하나의 숫자를 찾을 때마다 다른 숫자 배열을 제공하였다. 찾아야 할 숫자에 대해 실험 참가자들의 기억력에 의한 변수가 발생하지 않도록 화상키보드가 보이기 전에 한 번, 화상키보드를 보여준 후 음성으로만 한 번씩 숫자를 제시하였다. 실험 횟수는 5개의

숫자를 찾는 것을 1set으로 정의하고 직사각형과 원형 키 배열 모두 3set을 찾게 하였고, 각 숫자를 찾을 때의 시간을 측정하였다.

### 실험 1에 사용한 숫자 배열

	직사각형	원형
1	17 26 02 24 12	13 14 01 19 20
2	08 22 04 10 05	26 13 22 20 10
3	16 01 13 09 07	12 07 14 11 01

본 실험 2는 실험 1에서 화상키보드에 대한 스테레오타입을 최소화한 상태에서 단어 단위의 문자를 찾는 경우를 대신한 숫자들을 제시하였다. 단어를 입력할 때 다음 문자를 인지할 수 있는 것과 같은 환경을 제공하기 위해 규칙성을 보유한 숫자들을 제시하여 탐색하는 동안 다음 숫자를 어렵지 않게 떠올릴 수 있게 하였고, 숫자를 다 찾을 동안 숫자 배열을 고정하여 학습할 수 있는 환경에서 탐색하는 데 걸리는 총시간을 측정하였다. 숫자 제시는 실험 1과 다르게 화상키보드를 보여주기 전에 한꺼번에 보여주었으며 화상키보드를 보여준 후에 음성으로 하나씩 알려주었다. 마찬가지로 5개의 숫자를 찾는 것을 1set으로 정의하고 각각의 화상키보드 모두 3set씩 진행하였다.

### 실험 2에 사용한 숫자 배열

	직사각형	원형
1	01 03 05 07 09	02 04 06 08 10
2	02 06 10 14 18	26 24 22 20 18
3	21 19 17 15 13	05 10 15 20 25

본 실험 3은 탐색해야 하는 문자를 실험 참가자가 즉각적으로 인지할 수 있도록 1부터 26까지의 숫자를 순서대로 모두 탐색하도록 하였다. 숫자 제시는 실험 2와 같이 화상키보드를 보여주기 전에 한꺼번에 보여주었고, 제시 후에는 음성으로만 하나씩 알려주었다. 또한, 숫자를 다 찾을 동안 숫자 배열이 고정된 사용 환경에서 탐색

하는 데 걸리는 총 시간을 측정하였다. 26개의 숫자를 찾는 것을 1set으로 정의하고 각각의 화상키보드 모두 1set씩 진행하였다.

### 실험 3에 사용한 숫자 배열

	직사각형	원형
	08 09 10 11 12 13 14	23 24 25 26 01 02 03
1	15 16 17 18 19 20 21	04 05 06 07 08 09 10
	22 23 24 25 26 01 02	11 12 13 14 15 16 17
	03 04 05 06 07	18 19 20 21 22

실험이 끝난 후 진행된 사용성 평가 설문조사 와 인터뷰는 실험 결과에서 나타나지 않는 사용자 경험 데이터 및 향후 추가적인 연구에 필요한 데이터를 수집하기 위해 진행하였다. 질문은 사용한 화상키보드에 대해 전반적인 만족도를 감정적인 단어를 통해 부정적인 의견(1점)-긍정적인 의견(5점)으로 측정하였으며 유용성, 학습 용이성, 사용 편의성에 대해 전혀 그렇지 않다(1점)-매우 그렇다(5점)으로 측정하였다.

인터뷰 질문은 다음과 같으며 그 외에도 참가자의 답변에 맞게 추가적인 질문을 통해 화상키보드 구조에 대한 다양한 데이터를 얻고자 하였다.

표 2. 인터뷰 질문

no.	인터뷰 질문
1	오늘 실험 중에서 가장 기억에 남는 게 있나요?
2	실험 1, 2, 3 을 하면서 각각의 차이점이 있으셨다면 어떤 차이점이 있는지 알려주시면 좋을 것 같습니다.
3	화상키보드의 시작점이 어디였으면 좋겠나요? 혹은 더 좋은 제안이 있다면 알려주세요.
4	실험을 통해서 전반적인 평가를 부탁하고, 혹시 이 실험에서 생각하시기에 보완해야 할 점이 있다면 어떤 것이 있는지 의견을 주시면 감사하겠습니다.

## 5. 결과 분석

### 가. 실험 데이터

먼저 모집단의 크기가 30 이상이기 때문에 중심극한정리에 의해 정규성 검정 없이 모수 검정을 하였다. 모수 검정은 하나의 집단 내에서 두 가지 관련 있는 조건 간의 차이를 비교하는 대응

표본 t 검정을 하였다.

표 3. 직사각형·원형 탐색시간 차이 비교 실험 1 (N=31)

구 분	기술통계량			t(p)	
	N	평균(M)	표준편차(SD)		
탐색 시간	사각	31	39.33	9.13	-1.14 (0.265)
	원형	31	41.52	11.25	

표 4. 직사각형·원형 탐색시간 차이 비교 실험 2 (N=31)

구 분	기술통계량			t(p)	
	N	평균(M)	표준편차(SD)		
탐색 시간	사각	31	39.13	8.91	0.25 (0.805)
	원형	31	38.77	7.54	

표 5. 직사각형·원형 탐색시간 차이 비교 실험 3 (N=31)

구 분	기술통계량			t(p)	
	N	평균(M)	표준편차(SD)		
탐색 시간	사각	31	53.61	13.68	2.12 (0.042)
	원형	31	49.64	11.77	

위 결과 값을 고려하였을 때 실험 1은  $t=-1.14$ ,  $p=0.265$ 로 직사각형과 원형 키 배열 간의 숫자 탐색시간의 평균에 유의미한 차이가 없으므로 가설 1이 채택되었다. 실험 2는  $t=0.25$ ,  $p=0.805$ 로 직사각형과 원형 키 배열 간 숫자 탐색시간의 평균에 유의미한 차이가 없으므로 가설 2는 기각되었다. 마지막으로 실험 3은  $t=2.12$ ,  $p=0.042$ 로 통계적으로 유의미한 결과가 나타났기 때문에 가설 3이 채택되었다.

표 6. 가설 채택 여부

순서	가설	채택 여부
실험 1	스테레오 타입 최소화 후 직사각형과 원형 키 배열을 이용한 숫자 탐색시간은 탐색 동선이 고려되어 원형 키 배열이 더 빠르거나 유의미한 차이가 없을 것이다.	채택
실험 2	문자 배열이 고정되어 이미 탐색한 숫자와 탐색해야 하는 숫자 간의 동선이 고려되어 원형 키 배열을 통한 숫자 탐색시간이 더 빠르거나 직사각형과 유의미한 차이가 없을 것이다.	기각
실험 3	탐색해야 하는 숫자의 양이 늘어남에 따라 원형 키 배열을 통한 숫자 탐색시간이 직사각형 키 배열보다 빠를 것이다.	채택

본 실험에서 키 배열에 대한 익숙함에 정도가 실험에 가장 많은 영향을 줄 것이라고 예상하였지만, 원형 키 배열에 관한 결과는 긍정적이다. 왜냐하면, 실험 1, 2에서는 참가자에게 익숙한 직사각형 키 배열이 원형 키 배열보다 통계적으로 유의미하게 빠르지 않았고, 실험 3에서는 직사각형 키 배열과 원형 키 배열의 탐색시간이 유의미하게 차이가 난다고 하였으며 이러한 차이는 원형 키 배열로 찾는 시간이 직사각형 키 배열로 찾는 시간보다 빨랐다는 결과를 도출하였기 때문이다.

#### 나. 실험 후 설문조사

질문에 대한 답변 유도를 방지하기 위해 각 화상키보드별로 평가를 따로 부탁하였으며, 이 중 견해차가 크게 차이 나는 질문은 다음과 같다.

학습 용이성에서 사용법을 배우기 쉬웠다는 것에 대한 답변 중 직사각형 키 배열은 ‘약간 그렇다’가 35.5%로 가장 많았지만, 원형 키 배열은 ‘매우 그렇다’가 48.4%로 가장 많았다. 또한, 최소한의 흐름(혹은 단계)만을 요구한다는 것에 대해 직사각형 키 배열은 ‘보통이다’와 ‘약간 그렇지 않다’가 각각 29%이며 원형 키 배열은 ‘약간 그렇다’가 45.2%로 가장 많았다.

사용 편의성에서 사용에서 노력이 많이 들지 않는다는 것에 대한 답변 중 직사각형 키 배열은 ‘약간 그렇지 않다’가 32.3%로 가장 많았으며 원형 키 배열은 ‘약간 그렇다’가 48.4%로 가장 많았다.

#### 다. 인터뷰

인터뷰를 통해 수집된 자료는 반복적 비교 분석을 거쳐 가장 많이 언급된 5가지의 키워드로 분류하여 정리하였다.



표 7. 인터뷰 정리

구분	직사각형 화상키보드	원형 화상키보드
찾는 속도	익숙하므로 찾는 속도가 빨랐을 것으로 예상하였다.	처음에서는 사각이 빨랐을 것으로 생각하지만 익숙해지고 원형이 빨랐을 것으로 예상하였다.
익숙함	기존에 사용하던 물리적 키보드의 구조를 그대로 따르고 있으므로 실험에 사용한 화상 사각형 키보드 또한 익숙했다.	처음 보는 화상키보드이기 때문에 직사각형 화상키보드와 비교했을 때 낯설었다.
편리함	좌우로 움직이면서 찾는 것이 어려웠고, 어지러움을 유발하였다.	화상키보드를 따라서 동그랗게 훑으면 한눈에 숫자가 잘 들어왔다.
시선의 움직임	왼쪽 위에서 시작해서 지그재그로 움직이며 오른쪽 아래까지 훑는 방식	왼쪽 위 임의로 분리한 지점에서부터 시계방향으로 돌면서 훑는 방식
실험에 따른 차이	실험 1에서 익숙한 직사각형 화상키보드로 찾기가 더 쉬웠다고 느껴졌다.	실험 2, 3에서는 화상키보드와 친숙해진 후 찾아야 하는 다음 숫자를 예상할 수 있기 때문에 원형이 더 편하다고 느껴졌다.

또한, 참가자들에게 화상키보드를 스캔하는 동선을 물어봤을 때 원형 키 배열에 대해서 대부분 참가자가 중심축을 기준으로 동그라미를 그리며 훑었다고 답변하였다. 이는 연구에서 사용된 원형 키 배열이 앞서 분석한 안구의 동작 원리를 일으킬 수 있도록 설계되었음을 의미한다. 이때 참가자들은 원형 키 배열을 통해 탐색하는 것이 직사각형 키 배열을 통해 탐색하는 것보다 빨랐을 것이라고 예상하고 원형 키 배열에 대해 ‘눈이 편했다.’ ‘숫자를 찾는 것이 편리했다.’ 등의 답변을 하였다. 이미 익숙한 직사각형 키 배열과 비교하였을 때 매우 새로운 원형 키 배열은 참가자에게 낯선 느낌을 주었지만, 눈에 끼치는 심리적 영향력은 직사각형 키 배열보다 훨씬 긍정적이었음을 의미한다. 따라서 실험 결과를 통해 직사각형 키 배열과 견주어도 원형 키 배열의 성능이 뒤쳐지지 않았으며 참가자에게 미치는 심리적인 부분에서도 원형 키 배열이 유리함을 알 수 있다.

### III. 결 론

본 연구에서는 안구 입력 시스템에서 사용하기 적합한 키보드 구조를 안구의 움직임을 조사하여 제안하였고 31명을 대상으로 기존의 직사각형 키 배열과 비교 실험하였다. 이를 통해 원형 키 배열의 성능을 검증하고자 하였다.

실험 결과에 대해 총 3개의 실험 중 2개의 실험

에서는 익숙한 직사각형 키 배열과 비교하였을 때 새로운 원형 키 배열 간의 유의미한 차이가 없었으며, 직사각형 키 배열을 원형 키 배열로 대체할 가능성을 발견하였다. 나머지 1개의 실험에서는 직사각형 키 배열과 원형 키 배열 간의 통계적으로 유의미한 차이를 도출하였고 원형 키 배열의 탐색시간이 더 빨랐다.

설문 및 인터뷰에서는 직사각형 키 배열이 익숙했지만, 원형 키 배열이 익숙해진 후에는 직사각형 키 배열만큼 찾을 수 있었다고 하였다. 또한, 참가자들은 자신의 시선이 직사각형 키 배열에서는 지그재그로 움직이며 원형 키 배열에서는 시계방향으로 동그라미를 그리며 움직이는 것을 명확하게 인지하고 있었고, 한 번의 움직임으로 원형 키 배열을 훑을 수 있었다고 답변하여 편리함에서 원형 키 배열을 선호하는 것을 알 수 있었다.

본 연구를 통해 안구 입력 시스템에서 사용하고자 하는 화상키보드의 형태로서 직사각형과 원형의 성능이 크게 차이가 나지 않는다는 것을 알 수 있다. 특히 적은 양의 숫자를 찾는 실험에서는 유의미한 차이를 발견하지 못했지만, 많은 양의 숫자를 찾는 실험에서 유의미한 차이를 발견했기 때문에 직사각형 키 배열이 요구하는 눈근육의 움직임에 대한 피로도가 원형 키 배열보다 높을 수 있다는 가설이 추정된다. 이를 바탕으로 두 번째 연구에서 화상키보드 자판 배열에 따른 피로도 관점에서 심층적인 비교와 ‘아이트래킹 기술’을 통해 원형 키 배열에 적합한 자판 배열을 찾는 연구를 진행하고자 한다. 따라서 본 연구에서 제안하는 키 배열을 향후 연구를 통해 안구 입력 시스템에 최적화된 키보드를 제공할 수 있기를 기대한다.

### REFERENCES

[1] 서은선, “아이트래킹 연구 활성화를 위한 모바일 아이트래커의 활용,” 한국콘텐츠학회 논문지, 제16권, 제12호, 10-18쪽, 2016년 10월  
 [2] 정지홍, “장애인을 위한 화면 키보드(on screen

- key board) 디자인에 관한 연구,” *한국정보과학회 학술발표논문집*, 213-216쪽, 1997년 2월
- [3] 유혜미, 박태준, 조민정, 이상원, “시각 기반 가상 터치 키보드: 자유로운 사용성을 중심으로,” *PROCEEDINGS OF HCI KOREA 2023 학술대회 발표 논문집*, 750-755쪽, 2023년 02월
- [4] 김성희, “외안근의 구조와 운동,” *대한안신경의학회지*, 제9권, 제1호, 9-17쪽, 2019년 6월
- [5] 최인용, 조한혁, “순열 조합 이해 과제에서의 안구 운동 추적 연구,” *한국수학교육학회지*, 제26권, 제4호, 635-662쪽, 2016년 11월
- [6] Windows 10을 실행하는 장치에서 화상 키보드 크기 조정(2021).  
<https://supportcommunity.zebra.com/s/article/000020922?language=ko> (accessed Nov., 22, 2023).
- [7] Mac에서 키보드 뷰어 사용하기(2023).  
<https://support.apple.com/ko-kr/guide/mac-help/mchlp1015/mac> (accessed Nov., 22, 2023).
- [8] 중증장애인에게 아이캔플러스(eyeCan+)는 ‘팔’과 ‘다리’입니다(2014).  
<https://news.samsung.com/kr/중증장애인에게-아이캔플러스eyecan-는-팔과-다리입니> (accessed Nov., 22, 2023).
- [9] TD Control(2023).  
<https://www.tobiidynavox.com/products/td-control> (accessed Nov., 22, 2023).
- [10] Founding HERO Keyboard(2023).  
<https://coreystone.com/projects/hero.shtml> (accessed Nov., 22, 2023).
- [11] 난수 생성기(2023).  
<https://www.randomdecider.com/ko/> (accessed Nov., 22, 2023).



이사야(정회원)

2017년 한동대학교 콘텐츠융합디자인 학부 학사 졸업.  
2022년 한동대학교 문화미디어디자인 대학원 석사 졸업.

<주관심분야 : 디자인 전략, MR 디자인>



홍진경(정회원)

2022년 한동대학교 콘텐츠융합디자인 학부 학사 졸업.

<주관심분야: 서비스디자인, 그래픽디자인, UX디자인>



이중섭(정회원)

2001년 한동대학교 콘텐츠융합디자인 학부 학사 졸업.  
2006년 한동대학교 문화미디어디자인 석사 졸업.  
2014년 아이오와 주립대학교 그래픽 디자인 MFA

<주관심분야: 서비스디자인, 그래픽디자인, UX디자인>