
아이트래킹 및 음성인식 기술을 활용한 지체장애인 컴퓨터 접근 시스템

A Computer Access System for the Physically Disabled Using Eye-Tracking and Speech Recognition

곽성은, Seongeun Kwak*, 김이삭, Isaac Kim**, 심드보라, Debora Sim**,
이승환, Seung Hwan Lee**, 황성수, Sung Soo Hwang***

요약 컴퓨터 대체접근 기기는 지체장애인의 사회활동 참여에 대한 욕구를 충족시킬 수 있는 방법 중의 하나로 정보통신기술의 발달과 함께 그 필요성이 증대되고 있다. 이러한 기기들은 대부분 발, 머리 등을 이용하여 컴퓨터에 접근할 수 있도록 하는데, 지체장애인의 특성상 발, 머리 등을 이용하여 마우스를 컨트롤하는 것은 쉽지 않으며 속도와 정확도면에서 한계가 있다. 본 논문에서는 기존의 대체접근 기기의 한계를 보완한 '지체장애인 컴퓨터 대체접근 시스템'을 제안한다. 제안하는 시스템은 아이트래킹 기술을 이용하여 사용자의 시선만으로 마우스를 이동시킬 수 있고 비교적 누르기 쉬운 외부버튼을 통해 마우스 클릭이 가능하며 음성인식을 통해 문자를 쉽고 빠르게 입력할 수 있다. 또한 마우스 우클릭, 더블클릭, 드래그 기능, 화상 키보드 기능, 인터넷 기능, 스크롤 기능 등 세부적인 기능을 제공하여 컴퓨터가 제공하는 대부분의 작업을 수행할 수 있다.

Abstract Alternative computer access devices are one of the ways for the physically disabled to meet their desire to participate in social activities. Most of these devices provide access to computers by using their feet or heads. However, it is not easy to control the mouse by using their feet, head, etc. with physical disabilities. In this paper, we propose a computer access system for the physically disabled. The proposed system can move the mouse only by the user's gaze using the eye-tracking technology. The mouse can be clicked through the external button which is relatively easy to press, and the character can be inputted easily and quickly through the voice recognition. It also provides detailed functions such as mouse right-click, double-click, drag function, on-screen keyboard function, internet function, scroll function, etc.

핵심어: *eye-tracking, physically disabled, voice recognition, computer accessibility*

*주저자 : 한동대학교 전산전자공학부 학부생

**공동저자 : 한동대학교 전산전자공학부 학부생

***교신저자 : 한동대학교 전산전자공학부 교수; e-mail : sshwang@handong.edu

■ 접수일 : 2017년 4월 10일 / 심사일 : 2017년 5월 22일 / 게재확정일 : 2017년 11월 3일

1. 서론

정보통신 기술의 발달은 사람들의 생활 양식에 큰 변화를 가져왔다. 영화시청, 쇼핑, 은행업무, 문서작업, 메일 등 많은 일상 활동에 컴퓨터가 활용되고 있으며 이는 현대인의 삶의 질을 높이는데 기여하였다. 그러나 아직까지 장애로 인해 컴퓨터 사용이 어려운 사람들이 있다. 이들에게 정보통신 기술은 생활의 편리함을 제공하기보다는 오히려 일반인과의 삶의 격차를 한층 더 벌려 놓았다.

표 1은 전체 국민의 정보화 수준을 100으로 할 때, 전체국민 대비 장애인의 정보화 수준을 의미한다. 표 1에서 볼 수 있듯이 장애인의 정보화 수준은 매년 증가하는 추세를 보이고 있으나 2010년, 일정 수준에 이른 후 크게 증가하지 못하고 있는 상황이다. 10년간 정부는 컴퓨터 및 인터넷 보급을 위해 힘썼다[1]. 그와 함께 장애인의 정보화 수준은 꾸준히 증가했지만 앞으로 남은 격차를 좁히기 위해서는 컴퓨터 및 인터넷 보급의 새로운 방안을 제시해야 한다는 것을 알 수 있다.

표 1. 전체국민 대비 장애인 정보화 수준(%)

2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
57.5	65.2	73.9	76.0	78.8
2009년	2010년	2011년	2012년	2013년
80.3	81.3	82.2	83.4	83.8

표 2는 장애인이 인터넷을 이용하지 않는 이유의 비율을 나타낸다[2]. 표 2에서 볼 수 있듯이 장애인이 인터넷을 이용하지 않는 이유는 사용방법 모름 및 어려움(35.2%), 필요성 부재(27%), 신체 제약으로 인한 어려움(11.1%) 등이다. 그 중에서도 신체 제약으로 인한 어려움을 해결하기 위해서 기존의 마우스와 키보드가 아닌 다른 방법을 통해 컴퓨터에 접근할 수 있도록 도와주는 다양한 제품이 개발되었다[3].

표 2. 장애인 인터넷 비이용 주 이유

구분	응답률(%)
사용방법 모름 및 어려움	35.2
필요성 부재	27
신체 제약으로 인한 어려움	11.1
이용비용 부담	8.3
본인에게 어떤 도움이 되는지 모름	6.9
기타	11.5

예를 들면 립스틱 마우스는 입술로 물어 입술의 작은 움직임으로 마우스 커서를 이동하고 입술의 아래 면과 윗면을 물어 마우스 클릭 기능을 수행하는 마우스이다. 노헨즈 마우스는 한

쪽 발에 슬리퍼 페달을 착용, 해당 발의 움직임으로 마우스 커서를 이동하고 다른 한 쪽 발로 스위치 페달을 눌러 마우스 클릭 기능을 수행하는 마우스이다. 큐하조노 마우스(Quha Zono)는 머리의 움직임을 통해 마우스 커서를 이동하고 호흡을 통해 마우스 클릭 기능을 수행할 수 있는 마우스이다. 이와 같은 대체접근 기기의 유용성은 사용자의 장애 정도와 선호도에 따라 다르겠지만 지체장애인의 특성상 발, 머리 등을 이용하여 마우스를 컨트롤하는 것은 쉽지 않으며 속도와 정확도면에서 한계가 있다.



그림 1. 립스틱 마우스(좌)와 노헨즈 마우스(우)

따라서 본 논문에서는 기존의 대체접근 기기의 한계를 보완한 '지체장애인 컴퓨터 대체접근 시스템'을 개발하고자 한다. 제안하는 시스템은 일반적으로 다른 신체기관보다 통제가 쉬운 눈과 입(음성)을 통하여 컴퓨터에 접근한다. 제안하는 시스템은 일순간에 일어나는 시선의 이동과 발성을 이용하여 마우스 통제와 텍스트 입력을 빠르게 수행하며 사용자 중심 인터페이스를 제공하여 정확도를 높인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 시스템의 구성에 대하여 설명한다. 3장에서는 제안하는 시스템의 구현에 대하여 설명하며, 4장에서는 제안하는 시스템의 실험 결과에 대해 설명한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 구성

본 논문에서 제안하는 시스템은 그림 2와 같이 아이트래커, 외부버튼, 소프트웨어로 구성되어 있다. 아이트래커와 외부버튼은 마우스의 역할을, 소프트웨어의 음성인식과 화상 키보드는 물리적인 키보드의 역할을 수행한다.



그림 2. 시스템의 구성 (아이트래커, 외부버튼, 소프트웨어)

2.1 아이트래킹

아이트래킹은 카메라를 통하여 사용자의 눈의 위치를 파악하고 특히 동공의 위치를 추적하여 사용자의 시선에 대한 정보를 획득하는 기술이다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 아이트래킹 기술을 기반으로 삼아, 마우스로 커서를 움직이는 것 대신 사용자의 시선으로 커서를 이동시킨다.

아이트래킹을 사용하기 위해서는 아이트래커가 모니터의 알맞은 위치에 설치되어 있고, 사용자는 사용자의 안구를 인식하기 위해서 캘리브레이션을 수행해야 한다. 또한 아이트래커를 작동시키는 소프트웨어가 컴퓨터에 설치되어 있어야 한다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 Tobii사의 EyeX를 아이트래커로 사용한다.

2.2 외부버튼

외부버튼은 최소한의 입력장치로 아이트래킹과 상호작용하여 마우스의 역할을 수행한다. 아이트래킹은 마우스의 이동을, 외부버튼은 마우스 클릭 기능을 수행한다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 Coms사의 페달/풋 스위치(Foot Switch)를 외부버튼으로 사용한다.

2.3 소프트웨어

아이트래킹과 외부버튼의 한계를 극복하기 위해 '툴바' 형태의 메뉴를 소프트웨어로 제공한다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 마우스, 키보드, 인터넷, 스크롤, 설정 버튼을 가진 '메인 툴바'가 항상 바탕화면에서 활성화되고, 인터넷 버튼을 누르면 '인터넷 툴바'가 추가적으로 나타난다.

2.3.1 음성 인식

본 논문에서 제안하는 시스템은 기본적으로 음성인식을 통하여 문자를 입력한다. 음성인식은 메인 툴바 - 키보드 버튼 - 마이크 버튼을 통해 사용된다.

2.3.2 화상 키보드

의미 없는 단어의 나열, id, 비밀번호와 같이 음성인식으로 입력할 수 없는 문자를 위해 화상 키보드를 제공한다. 화상 키보드는 한글, 영어, 숫자, 특수문자로 구성되어 있다.

3. 구현

3.1 마우스

제안하는 시스템에서 마우스 커서는 시선의 움직임에 따라 이동한다. 이를 위해, 아이트래킹 SDK에서 제공하는 함수를 사

용하여 응시점의 좌표를 알아낸다. 이후 Window API에서 제공하는 함수 SetCursorPos()를 통해 응시점의 좌표로 마우스 커서를 이동시킨다.

제안하는 시스템에서 마우스 클릭은 외부버튼을 누름으로 발생한다. 이러한 작동은 후킹 (Hooking) 기술을 통해 이루어진다. 후킹이란 어떠한 이벤트가 발생하여 생겨난 메시지를 가로채는 기술이다. 예를 들어, 'a'키를 눌렀을 때 이에 대한 메시지를 후킹하면, 'a'를 입력하는 대신 다른 Action을 발생시킨다. 이와 같은 방식으로, 외부버튼을 누르면 해당 메시지를 후킹하여, 마우스 왼쪽 버튼 Down 이벤트를 발생시킨다. 또한, 외부버튼을 떼면 해당 메시지를 후킹하여 마우스 왼쪽 버튼 Up 이벤트를 발생시켜 마우스 클릭이 작동한다.

3.2 키보드

본 논문에서 제안하는 시스템은 키보드의 역할을 기본적으로 음성 인식을 통하여 제공한다. 이에 더해, 음성 인식을 통하여 입력하기 힘든 id, 비밀번호 등과 같은 문자의 입력을 위해 화상 키보드를 제공한다.

3.2.1 음성인식

3.2.1.1 Speech To Text(STT)

음성인식은 Speech To Text(STT)라고 불리는 기술로서, 약 4~5년 전부터 모바일 플랫폼을 기반으로 발전해왔다. 그 결과로 다양한 모바일용 STT 오픈소스들이 공개되어 있다. 그에 반해 윈도우 프로그래밍용 STT기술은 대체적으로 많지 않다. 따라서 본 논문에서 제안하는 시스템은 윈도우 프로그램에서 사용할 수 있는 STT오픈소스 중 가장 접근성이 높은 Google Speech API를 사용하였다[6].

3.2.1.2 작동 흐름

제안하는 시스템의 음성인식 작동 흐름은 다음과 같다. 첫 번째로 POST 메소드를 통해 API Server에 flac형태의 음성 파일을 전송한다. 그 후 GET 메소드를 통해 음성을 Json형태의 데이터로 전달 받는다. 마지막으로 Json형식의 데이터에서 필요한 텍스트만 추출한 후 사용한다.

3.2.1.3 사용한 기술

제안하는 시스템에서는 음성 인식을 구현하기 위하여 여러 가지 라이브러리를 사용한다. 마이크를 통하여 소리를 녹음하기 위해 Window API를 사용한다. 그 후 wav파일의 형식을 맞추고 flac 파일로 변환하기 위하여 NAudio 라이브러리, CUETool 라이브러리를 사용한다. 마지막으로 API Server를 통해 전달 받은 Json형태의 문자를 파싱하기 위하여 Newtonsoft 라이브러

리를 사용한다.

3.2.2 화상 키보드

정확도가 떨어지는 아이트래킹의 한계를 극복하기 위해 제안하는 시스템은 화상키보드를 전체화면으로 제공한다.

3.2.2.1 버튼 크기 설정

PC마다 해상도가 다르기 때문에 화상키보드의 크기도 PC 해상도에 따라 달라져야 한다. 이에 화상키보드 생성 시 가장 먼저 PC 해상도를 측정한다. 측정된 해상도의 너비는 화상키보드 버튼의 열의 개수인 10으로, 높이는 행의 개수인 6으로 나누어 버튼 한 개의 크기를 계산한다. 예를 들어, PC의 해상도가 1920 x 1080인 경우에 해상도의 너비를 10으로 나누면 버튼의 너비는 192, 해상도의 높이를 6으로 나누면 버튼의 높이는 180이므로 버튼 한 개의 크기는 192 x 180이 된다.

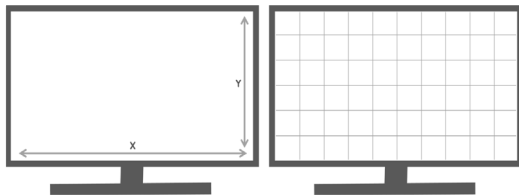


그림 3. 화상키보드 버튼 크기 설정 방법

3.2.2.2 버튼 생성

화상키보드는 많은 수의 버튼을 포함하는데, 각 버튼의 속성을 일일이 정의할 경우 코드가 길어져 가독성이 떨어지며 유지보수에 어려움이 있다. 이에 제안하는 시스템의 화상키보드는 각 버튼의 순서, 위치, 크기를 일일이 설정하지 않고 반복문을 이용하여 많은 수의 버튼을 간편하게 생성한다. 예를 들어, 그림 4와 같은 26개의 버튼을 생성하기 위해서 26개의 버튼 생성 함수를 각각 호출하는 대신 그림 5와 같이 반복문을 통해 간편하게 생성한다.



그림 4. 화상키보드(영문)

```
static string qwerty = "QWERTYUIOPASDFGHJKLZXCVBNM";
for (var i = 0; i < qwerty.Length; i++)
    new Button { Content = qwerty[i] }
```

그림 5. 화상키보드 버튼 생성 코드

3.2.2.3 문자열 전송

화상키보드를 통한 문자 입력 시 문자열은 화상키보드 내 텍스트박스에 입력된다. 입력을 마친 후 [확인] 버튼을 통해 본래 입력하고자 한 창으로 전송한다. 이를 자세히 살펴보면, 사용자가 메모장에 문자를 입력하고자 할 경우 윈도우의 포커스는 메모장에서 화상키보드 내 텍스트박스로 이동한다. 문자 입력을 마친 후 [확인] 버튼을 누르면 작성된 문자열을 클립보드에 저장한 후 화상키보드를 종료한다. 화상키보드가 종료되면 윈도우의 포커스는 다시 메모장으로 돌아가고 클립보드에 저장된 텍스트를 불러옴으로써 문자열이 전송된다.

3.3 인터넷

인터넷 브라우저는 아이트래킹을 사용하기에 적합한 UI를 제공하지 않는다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 그 한계를 극복하기 위해서 인터넷 툴바를 제공한다. 인터넷 버튼 클릭 시 인터넷 브라우저가 생성되고 그와 동시에 인터넷 브라우저 좌측에는 인터넷 툴바가 나타난다. 인터넷 툴바는 각 사이트에서 자주 사용하고 주요한 기능을 제공한다.

3.3.1 인터넷 브라우저 체크

인터넷 툴바의 기능을 구현하기 위해서 활성화된 윈도우가 인터넷 브라우저인지 아닌지 확인하는 작업이 우선적으로 필요하다. User32 DLL 함수를 호출하여 GetForegroundWindow() 함수로 현재 활성화된 최상위 윈도우의 핸들을 얻는다. 이후 Microsoft Internet Controls를 통해 WebBrowser 객체를 얻은 후 서로의 핸들을 비교한다.

3.3.2 인터넷 기본기능

WebBrowser 클래스에서 기본적으로 제공되는 함수를 이용하여 인터넷의 기본 기능을 구현한다. 뒤로 가기는 Back() 함수, 즐겨 찾기는 페이지를 특정 사이트로 이동시키는 Navigate() 함수, 창 닫기는 Exit() 함수를 사용한다.

3.3.3 인터넷 검색

Microsoft HTML object Library를 통해 현재 활성화된 인터넷 브라우저의 HTML document를 얻는다. 사이트별로 검색을 제어하는 방법이 다르기 때문에 HTML document에서 현재 창의 URL을 가져오고, getElementByName()을 통해 URL에 따른 검색 query element를 불러온다. 그리고 setAttribute()를 이용해서 검색할 텍스트를 query에 지정 후 WebBorwser에게 submit()함수로 전달하면 검색이 자동 실행된다.

3.3.4 인터넷 로그인

로그인 기능은 인터넷 검색의 원리와 같다. 하지만 로그인 기능의 경우 검색 기능과 달리 WebBrowser로 query를 전달하는 함수가 없기 때문에, 다른 방법을 취한다.

HTML code에서 제어하고자 하는 tag의 명칭을 알아낸 후에 HTML document에서 해당 tag를 추출한다. 추출한 tag의 작동을 HTML document에 내재된 함수로 제어한다. 즉, 입력 받은 ID와 비밀번호를 해당 query에 setAttribute()로 지정 후, 로그인 버튼 tag를 추출하여 HTML document의 click () 함수를 실행시키면 로그인이 자동 실행된다.

3.4 편의성

3.4.1 화면 분할

툴바는 상시 사용가능해야 하므로 늘 최상위에 위치한다. 따라서 툴바가 다른 프로그램을 가려 해당 프로그램을 사용하는 데 제약이 발생할 수 있다. 예를 들어 그림 6의 경우 툴바가 인터넷 익스플로러 일부를 가려 사용자는 인터넷 익스플로러의 우측 상단에 위치한 최소화, 최대화, 창 닫기 버튼을 누를 수 없다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 작업영역과 툴바가 위치한 영역을 구분한다. 작업영역을 조정하는 AppBarFunction 오픈소스를 통해 툴바를 App Bar로 등록하면 그림 7과 같이 작업영역이 툴바를 제외한 영역으로 축소되어 툴바가 작업영역을 가리지 않게 된다.



그림 6. 툴바가 익스플로러 일부를 가린 모습



그림 7. 툴바와 익스플로러의 영역이 분리된 모습

3.4.2 Gaze Keeper

화상키보드를 통한 문자 입력 시 사용자는 눈을 통해 버튼을

누름과 동시에 현재 문자열이 잘 작성되고 있는지 확인하여야 한다. 따라서 사용자는 입력부와 출력부를 번갈아 보아야 하는데 이와 같은 번거로움을 최소화하기 위해 그림 8과 같이 입력부에서도 입력중인 문자를 어절 단위로 출력시킨다.

구현방식은 다음과 같다. 먼저 출력부의 내용이 변경되는 이벤트를 체크한다. 해당 이벤트가 발생했을 시 이벤트 핸들러는 출력부의 내용을 어절 단위로 쪼개 배열을 생성하고, 생성된 배열의 마지막 요소를 입력부에 출력한다.



그림 8. Gaze Keeper

3.4.3 응시점 필터링

응시점 필터링은 응시점의 떨림으로 인한 마우스 커서의 흔들림을 최소화 시키는 기능이다. 아이트래커로부터 응시점의 좌표를 얻은 후 필터링을 거친 후에 마우스 커서를 이동시킨다. 필터링 알고리즘은 현재의 응시점과 이전의 응시점을 비교하여 그 거리의 차이가 50pixel 이상일 때만 현재의 응시점으로 마우스 커서를 이동시키고 만일 50pixel 이하일 경우에는 마우스 커서를 이동시키지 않는다.

3.4.4 응시점 보정

아이트래커의 한계로 인해, 마우스 커서의 위치가 응시점의 위치와 다를 수 있다. 이와 같은 경우, 사용자는 응시점 보정을 통하여 마우스 커서와 응시점의 위치를 일치시킬 수 있다. 예를 들어, 마우스 좌표의 위치가 응시점의 위치보다 오른쪽에 위치한다면, 사용자는 'a'키를 누른다. 이 때 'a'키의 메시지를 후킹하여 마우스 커서의 위치를 5pixel씩 왼쪽으로 이동시킨다.

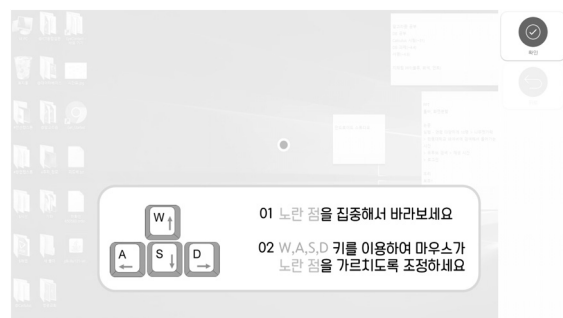


그림 9. 돋보기 보정 실행화면

3.4.5 돋보기

외부버튼을 3초 이상 누르면 돋보기가 실행된다. 일정영역을 확대시킴으로써 마우스 정확도를 향상시킨다. 이를 구현하기 위해 Karna.Magnification 오픈소스를 이용한다[4].

3.4.5.1 스탱워치

Window API에서 제공하는 Stopwatch object를 사용하여 외부버튼이 눌러진 시간을 체크한다. 외부버튼을 누르면 Stopwatch를 Start되고, 떴면 Stop된다. 측정된 시간이 3초 이상이면 돋보기를 실행시키고, 그렇지 않을 경우 실행시키지 않는다.

3.4.5.2 확대

돋보기가 실행되면, 마우스 커서를 중심으로 확대영역을 설정하고 해당 영역을 복사한다. 이후 전체화면 크기의 돋보기 창을 생성하여 복사된 영역을 확대, 출력한다. 이는 0.1초 단위로 반복 수행된다.

3.4.5.3 마우스 좌표 싱크

돋보기 창에서 일어나는 마우스 클릭 작동은 돋보기 창 아래의 창 즉, 실제 창에서 작동되어야 한다. 이를 위해 Karna.Magnification 함수인 SetWindowLong(this.Handle, -20, defaultStyle | 0x80000 | 0x20)를 사용하여 돋보기 창에서 발생한 마우스 메시지를 실제 창으로 전달시킨다[5].

돋보기 창에서 시선의 좌표는 간단한 비율 식을 통해 적절하게 변환되어 실제창의 마우스 위치를 결정한다. 시선의 좌표가 (eye_X, eye_Y)이고 확대영역의 왼쪽, 위 모서리의 좌표점이 (Source_X, Source_Y)일 때, 실제창의 마우스 위치는 (eye_X/확대비율 + Source_X, eye_Y/확대비율 + Source_Y)이 된다.

4. 실험 결과

4.1 실험 환경

본 논문에서 제안하는 시스템의 사용성 평가를 위해 네 가지 유형의 피실험자들이 기존의 컴퓨터 접근 방식과 제안하는 시스템의 속도 및 정확도, 편의성을 비교하는 실험을 수행하였다.

피실험자들은 다음과 같이 네 가지 유형으로 구분한다. 신체 제약이 없고 일반 키보드 및 마우스를 통해 컴퓨터를 사용하는 피실험자1. 손과 팔의 움직임은 자유로우나 손가락 사용에 제약이 있고 터치스크린 모니터를 통해 컴퓨터를 사용하는 피실험자2. 손과 팔 사용의 제약이 있으며 마우스 스틱을 통해 컴퓨터를 사용하는 피실험자3. 손과 팔 및 시선과 고개 고정 제약이 있으며 적합한 대체기가 없어 일반 키보드 및 마우스를

통해 컴퓨터를 사용하는 피실험자4.

속도 및 정확도 평가를 위하여 세 가지 실험의 수행 시간을 측정하였다. 기존의 컴퓨터 접근 방식으로 시간을 측정 후, 제안하는 시스템을 통하여 측정된 시간과 비교하였다. 본 실험을 통해 도출되는 속도는 특정한 목표를 달성하는데 까지 걸린 시간을 측정하므로 단순한 사용 속도뿐만 아니라 정확도까지 포함 할 수 있는 척도이다.

인터뷰 결과 피실험자들이 자주 사용하는 사이트는 네이버와 유튜브인 것으로 확인하였다. 이에 각 사이트의 주요 기능들을 활용하는 세 가지 실험을 계획하였다. 세 가지 실험은 다음과 같다. 네이버에 접속하여 로그인 하는데 걸리는 시간, 네이버에 '지체장애인'을 검색하는데 걸리는 시간, 마지막으로 유튜브에 '컴퓨터 대체접근 시스템'을 검색 후 첫 번째 동영상을 재생하는데 걸리는 시간을 측정하였다.

또한 편의성 측정을 위한 피실험자 별 인터뷰를 진행하였다. 편의성은 0(가장 불편함) ~ 10(가장 편함)점으로 평가하며, 기존의 컴퓨터 접근 방식과 제안하는 시스템을 비교하여 점수를 측정한다. 인터뷰의 결과는 편의성에 대한 근거로 제시하였다.

4.2 속도 및 정확도

4.2.1 네이버 로그인

피실험자가 기존의 컴퓨터 접근 방식과 제안하는 시스템으로 네이버 로그인을 완료하는 데까지 걸리는 시간을 측정한다. 표 3은 위 실험 결과를 나타내는 표이다.

기존의 컴퓨터 접근 방식을 통해서 네이버 로그인을 하는 방법은 다음과 같다. 바탕화면에 있는 인터넷 익스플로러 아이콘을 더블클릭하여 인터넷 창을 띄운다. 인터넷의 홈페이지는 네이버이고, 우측 상단에 있는 네이버 로그인 섹션에서 네이버 아이디와 비밀번호를 치고 로그인을 완료한다.

제안하는 시스템을 통해서 네이버 로그인을 하는 방법은 다음과 같다. 우측 툴바의 가운데에 있는 인터넷 버튼을 클릭하여 인터넷 창을 띄운다. 인터넷 창이 띄어지면 인터넷 툴바가 자동으로 좌측에 띄어진다. 인터넷 툴바의 로그인 버튼을 눌러 화상 키보드로 네이버 아이디를 입력하고 화상 키보드의 전송 버튼을 누른다. 이후 비밀번호를 입력하고 화상 키보드의 전송 버튼을 누르면, 로그인이 완료된다.

표 3. 네이버 로그인 실험 결과

구분	기존의 컴퓨터 접근 방식(초)	제안하는 시스템(초)
피실험자1	16.49	20.91
피실험자2	21.36	24.27
피실험자3	68.51	55.29
피실험자4	87.77	119.06

실험 결과는 다음과 같다. 피실험자1과 피실험자2의 경우, 기존의 컴퓨터 접근 방식을 통한 네이버 검색 속도가 제안하는 시스템보다 각각 4.42(초), 2.91(초) 빠르다. 피실험자3의 경우, 제안하는 시스템을 통한 네이버 검색 속도가 대체 기기보다 13.22(초) 빠르다. 피실험자4의 경우, 대체 기기를 통한 네이버 검색 속도가 제안하는 시스템보다 31.29(초) 빠르다.

4.2.2 네이버 검색

피실험자가 기존의 컴퓨터 접근 방식과 제안하는 시스템으로 네이버에 접속하여 '지체장애인'을 검색하는 데까지 걸리는 시간을 측정한다. 표 4는 위 실험 결과를 나타내는 표이다.

기존의 컴퓨터 접근 방식을 통해서 네이버 검색하는 방법은 다음과 같다. 바탕화면에 있는 인터넷 익스플로러 아이콘을 더블클릭하여 인터넷 창을 띄운다. 인터넷의 홈페이지는 네이버로, 중간 상단에 있는 네이버 검색창에 '지체장애인'을 입력한 후 엔터를 눌러 검색을 완료한다.

제안하는 시스템을 통해서 네이버 검색하는 방법은 다음과 같다. 우측 툴바의 가운데에 있는 인터넷 버튼을 클릭하여 인터넷 창을 띄운다. 인터넷 창이 띄어지면 인터넷 툴바가 자동으로 좌측에 띄어진다. 인터넷 툴바의 검색 버튼을 눌러 화상 키보드를 띄운 후, 음성 인식 버튼을 누른다. 입력할 검색어를 음성으로 말한 뒤 음성인식 버튼을 다시 눌러 음성 인식을 끝낸다. 이후 화상 키보드의 전송 버튼을 눌러 검색을 완료한다.

표 4. 네이버 검색 실험 결과

구분	기존의 컴퓨터 접근 방식(초)	제안하는 시스템(초)
피실험자1	10.9	17.36
피실험자2	20.19	20.43
피실험자3	35.41	26.42
피실험자4	41.97	측정불가

실험 결과는 다음과 같다. 피실험자1의 경우, 기존의 컴퓨터 접근 방식을 통한 네이버 검색 속도가 제안하는 시스템보다 6.9(초) 빠르다. 피실험자2의 경우, 기존의 컴퓨터 접근 방식과

제안하는 시스템을 통한 네이버 검색 속도가 비슷하며 0.24(초) 차이가 난다. 피실험자3의 경우, 제안하는 시스템을 통한 네이버 로그인 검색 속도가 대체 기기보다 8.99(초) 빠르다. 피실험자4의 경우, 발음이 매우 어눌하여 음성 인식이 제대로 작동하지 않으므로 제안하는 시스템을 통한 네이버 검색 실험을 하지 못하였다.

4.2.3 유튜브 검색

피실험자가 기존의 컴퓨터 접근 방식과 제안하는 시스템으로 유튜브에 접속하여 '컴퓨터 대체접근 시스템'을 검색한 후 첫 번째 동영상을 재생하는 데까지 걸리는 시간을 측정한다. 표 5는 위 실험 결과를 나타내는 표이다.

기존의 컴퓨터 접근 방식을 통해서 유튜브 검색하는 방법은 다음과 같다. 바탕화면에 있는 인터넷 익스플로러 아이콘을 더블클릭하여 인터넷 창을 띄운다. 인터넷의 홈페이지는 네이버로, 인터넷 메뉴의 즐겨찾기에 등록되어 있는 유튜브를 클릭한다. 네이버에서 유튜브로 이동되면, 유튜브 중간 상단에 있는 검색창에 '컴퓨터 대체접근 시스템'을 입력한 후 엔터를 누른다. 검색이 완료되어 유튜브에서 새로운 검색창이 나타나면, 첫 번째 동영상을 클릭하여 재생한다.

제안한 시스템을 통해서 유튜브 검색하는 방법은 다음과 같다. 우측 툴바의 가운데에 있는 인터넷 버튼을 클릭하여 인터넷 창을 켜고, 인터넷 창이 켜지면 인터넷 툴바가 자동으로 좌측에 띄어진다. 인터넷 툴바의 즐겨찾기 버튼 - 유튜브 버튼을 눌러 네이버에서 유튜브로 이동시킨다. 인터넷 툴바가 유튜브 툴바로 전환되면, 유튜브 툴바의 검색 버튼을 눌러 화상 키보드를 띄운 후 음성인식 버튼을 누른다. 입력할 검색어를 음성으로 말한 뒤 음성인식 버튼을 다시 눌러 음성 인식을 끝낸다. 화상 키보드의 전송 버튼을 누르면 검색이 완료되어 유튜브에서 새로운 검색창이 나타나고, 첫 번째 동영상을 클릭하여 재생한다.

표 5. 유튜브 검색 실험 결과

구분	기존의 컴퓨터 접근 방식(초)	제안하는 시스템(초)
피실험자1	17.49	18.35
피실험자2	25.51	21.57
피실험자3	38.56	23.33
피실험자4	53.64	측정불가

실험 결과는 다음과 같다. 피실험자1의 경우, 기존의 컴퓨터 접근 방식과 제안하는 시스템을 통한 유튜브 검색 속도가 비슷하며 0.86(초) 차이가 난다. 피실험자2의 경우, 제안하는 시스템을 통한 유튜브 검색 속도가 대체 기기보다 3.94(초) 빠르다.

피실험자3의 경우, 제안하는 시스템을 통한 유튜브 검색 속도가 대체 기기보다 15.23(초) 빠르다. 피실험자4의 경우, 발음이 매우 어눌하여 음성 인식이 제대로 작동하지 않으므로, 제안하는 시스템을 통한 유튜브 검색 실험을 하지 못하였다.

4.3 편의성

피실험자가 기존의 컴퓨터 접근 방식과 제안하는 시스템의 편의성을 0~10 사이의 숫자로 표현한다. 척도는 0(매우 불편하다) ~ 10(매우 편하다) 이다. 숫자로 표현된 편의성에 대한 이유는 피실험자의 인터뷰로 진행하였다.

표 6. 편의성 점수 산정 결과

구분	기존의 컴퓨터 접근 방식(점)	제안하는 시스템(점)
피실험자1	8	4
피실험자2	6	4
피실험자3	3	6
피실험자4	2	2

표 7. 편의성 점수 산정 근거

구분	근거
피실험자1	기존에 쓰던 키보드와 모니터에 너무 익숙하여, 새로운 기기에 적응하는 게 힘들다. 특히, 눈을 사용하였을 경우 내가 원하는 것이 매우 작은 버튼일 때, 그 버튼을 누르는 게 많이 힘들다. 그에 따라 눈이 피로해 저서 기존에 쓰던 키보드, 마우스를 대체하기 힘들 것 같다.
피실험자2	음성인식으로 문자를 입력할 수 있는 것이 편하다. 마우스를 눈으로 조정하는 것이 조금 힘들다. 특히 화면의 가장자리 부분을 클릭하는 것이 어렵다.
피실험자3	음성을 통해 검색이 가능하여 한 글자씩 입력하는 것보다 빠르게 입력할 수 있다. 시선만 이동시키면 되기 때문에 마우스 스틱으로 컴퓨터를 사용할 때 보다 신체의 사용이 적어 편하다.
피실험자4	고개를 의지대로 움직일 수 없기 때문에 응시점 또한 흔들리게 되어 마우스 컨트롤이 매우 어렵다. 발음이 어눌하기 때문에 음성 인식기능을 사용할 수 없다. 제안하는 시스템이 익숙해진다면 기존의 대체 기기와 비슷한 수준으로 컴퓨터를 사용할 수 있을 것 같다.

4.4 분석 결과

신체제약이 없는 피실험자1의 경우 기존의 컴퓨터 접근 방식과 제안하는 시스템으로 각각 세 차례의 실험을 수행하여 그림 10과 같은 결과를 나타냈다. 모든 실험에서 기존의 컴퓨터 접근 방식이 제안하는 시스템보다 적은 시간이 소요되었다. 또한 편의성 테스트 결과 기존의 컴퓨터 접근 방식은 8점, 제안하는 시스템은 4점을 나타냈다. 이러한 결과를 토대로 피실험자1

은 컴퓨터를 기존의 컴퓨터 접근 방식으로 사용하는 것이 적절하다고 판단할 수 있다.

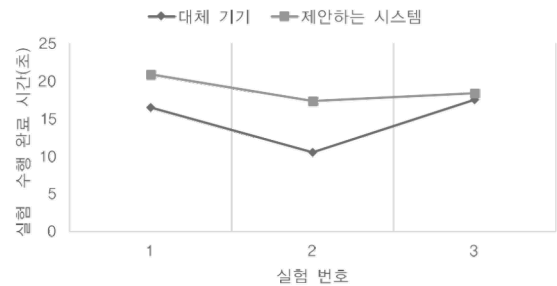


그림 10. 피실험자1의 실험 수행 결과

손과 팔의 움직임은 자유로우나 손가락 사용에 제약이 있는 피실험자2는 기존의 컴퓨터 접근 방식과 제안하는 시스템으로 각각 세 차례의 실험을 수행하여 그림 11과 같은 결과를 나타냈다. 실험1에서는 기존의 컴퓨터 접근 방식이 제안하는 시스템보다 빠르지만 실험2, 3에서는 제안하는 시스템이 기존의 컴퓨터 접근 방식보다 비슷하거나 빠른 수치를 나타내었다. 이는 실험2, 3에서 제안하는 시스템의 음성인식을 통한 검색어 입력 속도가 기존의 컴퓨터 접근 방식을 통한 검색어 입력 속도보다 빠르기 때문인 것으로 보인다. 이에 따라 피실험자2의 경우 마우스 조작 속도는 기존의 컴퓨터 접근 방식이 더 빠르나 검색어 입력 속도는 제안하는 시스템이 더 빠름을 알 수 있다.

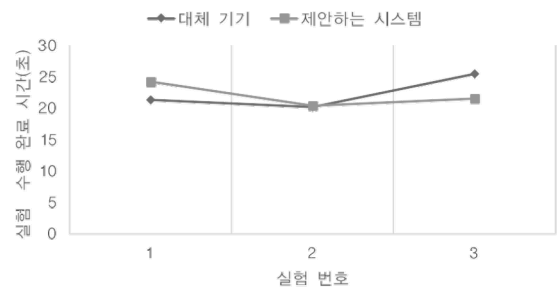


그림 11. 피실험자2의 실험 수행 결과

손과 팔 사용의 제약이 있는 피실험자3은 기존의 컴퓨터 접근 방식과 제안하는 시스템으로 각각 세 차례의 실험을 수행하여 그림 12와 같은 결과를 나타냈다. 모든 실험에서 제안하는 시스템이 기존의 컴퓨터 접근 방식보다 적은 시간이 소요되었다. 또한 편의성 테스트 결과 기존의 컴퓨터 접근 방식은 3점, 제안하는 시스템은 6점을 나타냈다. 이러한 결과를 토대로 피실험자3은 컴퓨터를 제안하는 시스템으로 사용하는 것이 적절하다고 판단할 수 있다.

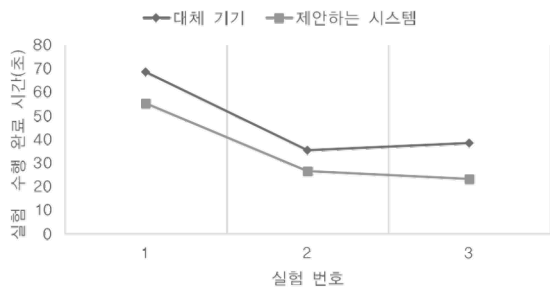


그림 12. 피실험자3의 실험 수행 결과

손과 팔 및 시선과 고개 고정의 제약이 있는 피실험자4는 기존의 컴퓨터 접근 방식과 제안하는 시스템으로 각각 세 차례의 실험은 수행하여 그림 13과 같은 결과를 나타냈다. 실험1에서는 제안하는 시스템이 기존의 컴퓨터 접근 방식보다 많은 시간 소요되었으며 실험2, 3에서는 제안하는 시스템을 통한 측정이 불가능하였다. 이를 비추어볼 때, 피실험자4에게 제안하는 시스템을 통한 컴퓨터 사용은 적합하지 않은 것으로 판단된다.

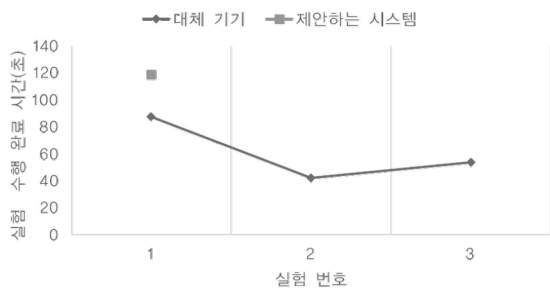


그림 13. 피실험자4의 실험 수행 결과

위와 같은 실험 결과를 종합하여 보았을 때, 제안하는 시스템은 피실험자3에게 적합한 컴퓨터 대체접근 시스템임을 알 수 있다. 또한 응시점의 정확도를 높이고, 몸의 떨림을 방지하고 고개를 고정시킬 수 있도록 보조하는 물리적인 장치를 개발한다면 피실험자2와 피실험자4에게도 제안하는 시스템이 기존의 접근방식보다 원활한 컴퓨터 사용을 도울 수 있을 것으로 보인다.

4.5 추가 실험

4.2와 4.3의 실험은 지체 장애 정도가 서로 다른 4명의 피실험자를 대상으로 진행된 실험으로, 실험 결과를 통해 이끌어낸 결론을 모든 지체장애인에게 일반화하는 것은 무리가 있다. 따라서 본 논문에서는 통계적으로 유의미한 결과를 도출하기 위해 추가 실험을 진행하였다.

피실험자3과 비슷한 정도의 장애를 가진 지체장애인, 즉 손과 팔 사용에 제약이 있어 일반 키보드 및 마우스 사용이 어렵지만 시선 및 고개를 고정할 수 있는 지체장애인에게 제안하는 시스템이 얼마나 유용한지 정도를 조사하기 위해 기존의 접근 방식과 제안하는 시스템의 속도 및 정확도를 측정하는 실험을 계획하였다.

본래 피실험자3의 장애 정도를 가진 지체장애인을 대상으로 실험하려 했으나, 충분한 인원을 섭외하는데 어려움이 있어 피실험자3과 유사한 컴퓨터 접근 환경에서 비장애인 12명을 대상으로 실험을 진행하였다. 피실험자 12명은 그림 14와 같이 손과 팔을 사용하지 않고 마우스 스틱을 통해서만 컴퓨터에 접근하도록 제한하였다. 또한 실험의 정확도를 높이기 위해 각 피실험자마다 각 실험을 3회 수행 후 평균값을 측정하였다. 이외의 실험 환경과 방법은 위 실험과 동일하게 진행하였다.



그림 14. 실험을 위한 컴퓨터 접근 환경

4.5.1 네이버 로그인

피실험자마다 기존의 컴퓨터 접근 방식과 제안하는 시스템으로 네이버에 접속하여 로그인 하는데 까지 걸리는 시간을 각각 3회 측정하여 평균을 낸다. 표 8은 위 실험 결과를 나타내는 표이다.

표 8. 네이버 로그인 실험 결과

구분	기존의 컴퓨터 접근 방식(초)	제안하는 시스템(초)
피실험자1	110,87	43,58
피실험자2	168,72	46,84
피실험자3	100,93	56,28
피실험자4	124,31	56,49
피실험자5	86,24	33,01
피실험자6	86,43	39,48
피실험자7	87,05	66,13
피실험자8	84,66	89,39

구분	기존의 컴퓨터 접근 방식(초)	제안하는 시스템(초)
피실험자9	81,37	44,29
피실험자10	77,48	39,48
피실험자11	62,57	51,12
피실험자12	117,11	48,63
평균	98,98	51,23
표준편차	26,99	14,35

실험 결과에 따르면 제안하는 시스템을 통한 네이버 로그인 속도 51.23(초)는 기존의 컴퓨터 접근 방식을 통한 로그인 속도 98.98(초)보다 빠르다.

4.5.2 네이버 검색

피실험자마다 기존의 컴퓨터 접근 방식과 제안하는 시스템으로 네이버에 접속하여 '지체장애인'을 검색하는 데까지 걸리는 시간을 각각 3회 측정하여 평균을 낸다. 표 9는 위 실험 결과를 나타내는 표이다.

표 9. 네이버 검색 실험 결과

구분	기존의 컴퓨터 접근 방식(초)	제안하는 시스템(초)
피실험자1	65,25	23,95
피실험자2	46,05	20,29
피실험자3	33,07	25,30
피실험자4	45,96	22,27
피실험자5	78,84	20,29
피실험자6	52,48	21,65
피실험자7	37,96	17,36
피실험자8	39,63	19,13
피실험자9	51,64	23,00
피실험자10	39,13	20,01
피실험자11	47,82	15,34
피실험자12	41,87	22,54
평균	48,31	20,93
표준편차	12,24	2,68

실험 결과에 따르면 제안하는 시스템을 통한 네이버 로그인 속도 20.93(초)는 기존의 컴퓨터 접근 방식을 통한 로그인 속도 48.31(초)보다 빠르다.

4.5.3 유튜브 검색

피실험자마다 기존의 컴퓨터 접근 방식과 제안하는 시스템으로 유튜브에 접속하여 '컴퓨터 대체접근 시스템'을 검색하여 첫 번째 동영상을 재생하는 데까지 걸리는 시간을 각각 3회 측정하여 평균을 낸다. 표 10은 위 실험 결과를 나타내는 표이다.

표 10. 유튜브 검색 실험 결과

구분	기존의 컴퓨터 접근 방식(초)	제안하는 시스템(초)
피실험자1	87,05	46,31
피실험자2	101,35	37,78
피실험자3	96,92	34,67
피실험자4	87,50	39,50
피실험자5	80,33	26,39
피실험자6	124,41	38,66
피실험자7	88,57	38,32
피실험자8	78,09	51,10
피실험자9	71,69	29,38
피실험자10	99,40	50,17
피실험자11	109,18	36,29
피실험자12	90,71	58,55
평균	92,93	40,59
표준편차	13,85	8,93

실험 결과에 따르면 제안하는 시스템을 통한 네이버 로그인 속도 40.59(초)는 기존의 컴퓨터 접근 방식을 통한 로그인 속도 92.93(초)보다 빠르다.

4.5.4 분석 결과

그림 15, 16, 17은 추가 실험의 T-test 검정 결과를 보여준다.

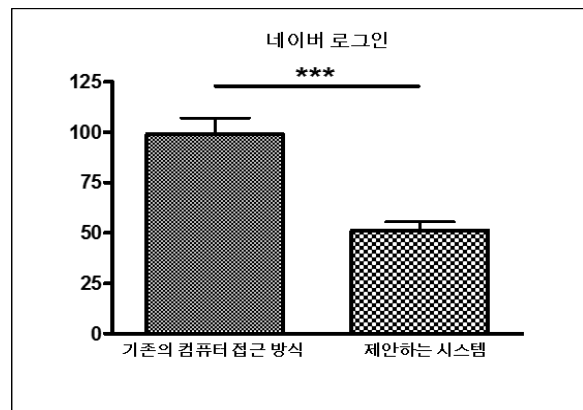


그림 15. 네이버 로그인 실험에 대한 T-test 결과

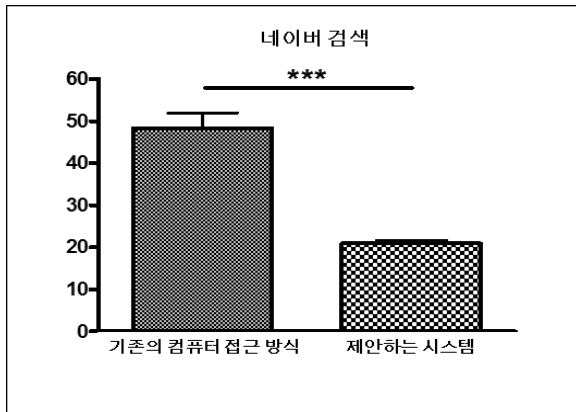


그림 16. 네이버 검색 실험에 대한 T-test 결과

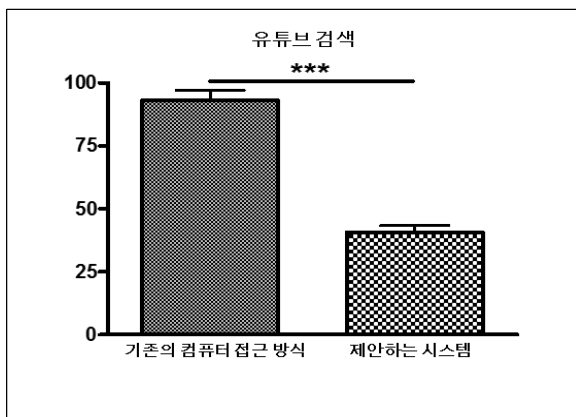


그림 17. 유튜브 검색 실험에 대한 T-test 결과

***: Two-tail significance level 0.001 이하에서 유의한 T 값을 나타냄($p < .001$).

T-test를 통해, 모든 추가 실험에서는 제안하는 시스템을 사용하기 전(기존의 컴퓨터 접근 방식을 사용)과 후의 유의미한 차이를 확인할 수 있다: 네이버 로그인, $p < .001$ (그림 14); 네이버 검색, $p < .001$ (그림 15); 유튜브 검색, $p < .001$ (그림 16). 따라서 제안하는 시스템이 피실험자3과 같은 유형에게 적합한 컴퓨터 대체접근 시스템이라는 결론은 통계적으로 유의미하다.

5. 결론

컴퓨터 없는 세상을 상상하기 어려울 정도로 컴퓨터는 우리 삶 깊숙이 자리 잡았다. 하지만, 여전히 신체 제약으로 인해 컴퓨터를 사용하지 못하여 사회 참여가 어려운 사람들이 있다.

본 논문에서는 아이트래킹과 음성인식을 이용하여 지체장애인이 컴퓨터에 쉽고, 빠르고, 정확하게 접근할 수 있도록 컴퓨터 대체접근 시스템을 개발하였다. 시선만으로 마우스를 이동시킬 수 있고 비교적 누르기 쉬운 외부버튼을 통해 마우스 클릭이 가능하다. 또한 툴바 형태의 인터페이스가 스크린 양 사이드에 제공되어 작업영역이 방해 받지 않으면서도 언제든지 다

양한 기능의 버튼에 접근 가능하다.

툴바의 인터넷 버튼 클릭 시 인터넷 툴바가 제공되어 인터넷에서의 작업을 쉽게 수행할 수 있다. 음성인식을 통해 문자를 쉽고 빠르게 입력할 수 있다. 아이디, 비밀번호 등의 입력도 화상 키보드를 통해 쉽게 수행 가능하며 입력중인 문자는 입력부에 어절 단위로 출력되어 시선이 분산되지 않는다. 뿐만 아니라 마우스 우클릭, 더블클릭, 드래그 기능과 응시점 설정 기능, 스크롤 기능 등 세부적인 기능을 제공하여 컴퓨터가 제공하는 대부분의 작업을 수행할 수 있다.

실험 결과, 제안하는 시스템은 손과 팔 사용에 제약이 있어 일반 키보드 및 마우스 사용이 어렵지만 시선 및 고개를 고정할 수 있는 지체장애인에게 적합하다는 것을 알 수 있다.

본 논문에서 제안하는 컴퓨터 대체접근 시스템을 이용함으로써 지체장애인들은 정보통신기술을 통한 편리한 생활이 가능하며 정보접근성 및 사회 참여도가 증가하여 전체적인 삶의 질을 향상시킬 수 있을 것이라 기대한다.

참고문헌

- [1] 사랑의 그린PC. 정부 컴퓨터 보급 사업. https://love-pc.nia.or.kr/common/pageLink.do?link=/front/intro/lovepc_info&InbMenu=intro01&gmbMenu=intro 2017.3.25.
- [2] 한국정보화진흥원. 2013 장애인 정보격차 실태조사. 2014.
- [3] 정보통신보조기기. “컴퓨터 대체접근 기기”. <http://www.at4u.or.kr> 2017.4.7.
- [4] Serhiy Perevoznyk. Windows Magnification API. <https://perevoznyk.wordpress.com/2010/09/06/windows-magnification-api-net> 2017.1.20.
- [5] Microsoft. Magnification API Overview. [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms692402\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms692402(v=vs.85).aspx) 2017.1.20.
- [6] SuperKev. Google Speech API, 그리고 음성인식 기술 <http://storyjava.tistory.com/143>. 2017.04.05.
- [7] 순순(programer). IT제품소개/아이트래커(eye-tracker-Tobii EyeX). <http://blog.soonsoons.com/220267889582> 2016.09.10.
- [8] Tobii Tech. Developer's Guide tobii EyeX SDK for .NET. <http://developer.tobii.com> 2016.09.24.
- [9] Microsoft. Internet Explorer object. [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa752084\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa752084(v=vs.85).aspx) 2017.02.19.