

# 3차원 공간에서 손가락 제스처 인터랙션을 이용한 간접제어의 사용성에 관한 실험연구

## An Experimental Research on the Usability of Indirect Control using Finger Gesture Interaction in Three Dimensional Space

함경선\*, 이다혜\*\*, 홍희정\*, 박성재\*, 김진우\*  
연세대학교 기술경영학협동과정\*, 연세대학교 정보대학원\*\*

Kyung Sun Ham(ksham@keti.re.kr)\*, Dahye Lee(4821@yonsei.ac.kr)\*\*,  
Hee Jung Hong(hjhong@kipsi.re.kr)\*, Sungjae Park(sj.sungjae.park@gmail.com)\*,  
Jinwoo Kim(jinwoo@yonsei.ac.kr)\*

### 요약

자연스러운 컴퓨터 인터랙션(Natural computer interaction)을 위 신기술의 출현은 기업에게 제품 혁신이라는 새로운 기회를 안겨다 줄 수 있다. 본 연구는 인간이 갖는 소통의 방식 중에서 손가락 제스처 인터랙션에 관심을 갖는다. 그간 십 수 년간 걸친 기술 발전에 힘입어 상용화 수준의 기술이 마련됨에 따라 이를 활용한 제품이나 서비스가 곧 대중화 될 것이라는 생각이 현재는 지배적이다. 이 시점에서 저자는 이 제스처 인터랙션이 과연 쓸 만 할까라는 생각을 가지고 손가락 제스처 인터랙션이 사용자들에게 끼치는 인지적 인 영향을 알아보고자 실험연구를 진행한다. 손가락 제스처를 찌기, 집기, 잡기로 정의하고 각각 2차원과 3차원 공간에서 사용할 때 사용자들이 느끼는 사용성을 측정하여 제스처의 효과를 보여주고자 한다. LeapMotion 기술을 사용하여 2차원, 3차원 실험 도구를 개발하였고 48명의 피실험자를 통해 결과적으로는 2차원에서는 제스처간 사용성의 차이가 없으나 3차원에서는 그 차이를 발견할 수 있었다. 또한 모든 제스처가 3차원보다는 2차원에서 사용성이 좋은 것으로 나타났으며, 특히 3차원에서는 여러 손가락 보다는 하나의 손가락을 사용하는 것이 더 좋은 것으로 나타나 흥미를 끈다.

■ 중심어 : | 컴퓨터인터랙션 | 3차원 | 제스처 | 동작인식 | 사용성 |

### Abstract

The emerging technologies for the natural computer interaction can give manufacturers new opportunities of product innovation. This paper is the study on a method of human communication about a finger gestures interaction. As technological advance has been so rapid over the last few decades, the utilizing products or services will be soon popular. The purpose of this experiment are as follows; What is the usefulness of gesture interaction? What is the cognitive impact on gesture interaction users. The finger gestures interaction consist of poking, picking and grasping. By measuring each usability in 2D and 3D space, this study shows the effect of finger gestures interaction. The 2D and 3D experimental tool is developed by using LeapMotion technology. As a results, the experiments involved 48 subjects shows that there is no difference in usability between the gestures in 2D space but in 3D space, the meaningful difference has been found. In addition, all gestures express good usability in 2D space rather than 3D space. Especially, there are the attractive interest that using uni-finger is better than multi-fingers.

■ keyword : | Computer Interaction | 3 Dimension | Gesture | Motion Recognition | Usability |

\* 이 논문은 2013년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임  
(과제번호:NRF-2013R1A1A2A10012594)

접수일자 : 2014년 07월 31일

수정일자 : 2014년 09월 15일

심사완료일 : 2014년 09월 16일

교신저자 : 김진우, e-mail : jinwoo@yonsei.ac.kr

## I. 배경

컴퓨터의 성능이 발전하고 기능들이 다양해지면서 보다 편리하고 자연스러운 컴퓨터 인터랙션(Computer Interaction)이 뜨거운 이슈로 부각되고 있다. 마우스와 키보드로 대표되는 전통적인 PC 입력장치에서 사용자의 동작을 인식하는 게임기가 이미 보편화 되었고, 스마트폰이나 태블릿 PC의 영향으로 터치스크린(Touch screen)을 포함한 다양한 방식의 사용자 입력 기술은 점차 쉽고 편리한 사용자 인터랙션을 가능케 하고 있다. 제조자 입장에서 보면 이러한 기술들은 컴퓨터에 대하여 사용자의 의도를 전달하는 과정을 단순화시키거나 자연스러움을 실현하려는 노력으로 볼 수 있고 기능 외에도 사용자가 느끼는 '좋은 경험'으로 제품 경쟁력을 얻을 수도 있다. 이에 인지과학 분야의 도널드 노먼(Don Norman)은 사용자의 인터랙션 과정에서 실행과 그에 대한 평가의 단계를 좁혀주는 연결(Bridge)로 설명하고 있다. 사람은 목적으로 하는 일을 하고자 할 때 무엇을 어떻게 해야 할지에 관한 실행의 차이(Gulf of execution)과 그 행위에 따라 발생된 결과를 인식하는 평가의 차이(Gulf of evaluation)가 있다고 하고 제품 설계자는 이 차이를 좁혀주는 노력이 필요하다는 것이다[1].

상황에 따라 사용자의 행위를 컴퓨터 인터랙션에 활용하고자 하는 노력은 유니쿼터스(Ubiquitous) 컴퓨팅이라는 개념 하에서 상황인식(Context awareness) 분야로 이어졌고[2], 더 나아가서는 가상현실을 적용한 응용에서 사용자의 행위인식(Gesture recognition) 분야에서 활발한 연구가 진행되어 왔다[3][4]. 사용자의 인위적인 명령 없이도 주변 사물에 내재화된(Embedded) 컴퓨터를 능동적으로 동작할 수 있게 하거나, 몸 전체 또는 일부의 행위를 인식하여 컴퓨터로 만든 가상의 세계에서 자연스러운 인터랙션을 추구하는 것이다.

제스처에 있어서 인간의 손 또한 중요하다. 운동학적 도구뿐만 아니라 의사를 표현하고 전달하는 소통의 수단으로 활용되기 때문에 주목하지 않을 수 없는 것이다. 인간은 손을 사용하여 소통하는 것이 너무나 익숙하기 때문에 그것이 주는 자연스러움(Naturalness)은 컴퓨터

인터랙션에서 가장 핵심적인 개념 중의 하나가 될 수밖에 없다. 이에, 손을 이용한 컴퓨터 인터랙션 연구는 꾸준히 진행되어 왔다. 손에 부착할 수 있도록 고안된 센서장치를 이용한 인터랙션을 비롯하여[5] 카메라 장치를 이용한 비전 인식 기술[6] 등 다양한 기술적 진전이 이뤄지고 있다[7]. 이러한 맥락에서 최근에는 마이크로소프트(Microsoft)사의 키넥트(Kinect)센서와 같은 상용화된 센서를 이용한 공학적 인터랙션 연구가 많아지고 있다[8][9].

대부분의 연구들이 손 제스처를 사용한다면 자연스러움을 얻을 수 있을 것이라는 전제 아래 진행된 것이라고 보이지만, 역으로는 사용자가 느끼는 인지적 수준에서 그러한 제스처 인터랙션들이 과연 긍정적인 영향을 줄 수 있을지에 대한 궁금증을 갖지 않을 수 없다. 따라서 본 연구는 많은 인지과학 이론들이 뒷받침되고 상용화 수준에 이르고 있는 손 제스처 인식기술을 활용할 수 여건이 마련됨에 따라 손 제스처가 사용자에게 끼치는 인지적 영향을 알아보고자 실험연구(Experimental research)를 수행한다. 기술적 어려움이 많았던 과거에 비해 발전된 손 제스처 인식기술을 활용하여, 본 연구는 구체적으로 손가락 제스처에 초점을 맞춘다. 익숙한 손가락 제스처를 컴퓨터 인터랙션으로 사용하고 이것에 의해 생겨난 효과를 알아보는 것이다. 구체적으로는 사용자가 느끼는 포괄적인 사용성(Usability)을 알아보기 위해 시스템 사용성(System Usability), 인지된 편의성(Perceived Ease-of-use), 그리고 자기효능감(Self-efficacy)에 대한 손가락 제스처의 효과를 알아보고자 한다.

본 논문에서는 2장의 관련 연구를 통해 기존 논문의 동향을 분석하고 본 연구가 기여할 수 있는 방법을 찾아 가설을 설정한다. 3장에서는 가설검증을 위한 연구를 설계하고 수행하는 방법에 대해 설명한다. 이어 4장에서 연구결과를 요약하고 5장에서 이 연구가 주는 시사점과 연구의 한계, 향후 연구방향에 대하여 결론으로 마무리한다.

## II. 관련연구

### 1. 터치스크린(Touch screen)을 이용한 손가락 제스처 인터랙션 (Surface Interaction)

인간의 자연스런 동작을 컴퓨터 인터랙션으로 연결시키고자 하는 노력은 최근의 디스플레이 기술발전에 힘입어 테이블탑(Tabletop)이나 스마트폰(Smart phone)과 같은 터치스크린(Touch screen) 응용에서 많이 연구되고 있다. 터치스크린을 이용한 손가락 제스처는 화면을 직접 만지는 인터랙션 방식을 사용하기 때문에 화면상에 보이는 객체(Object)를 직접 손으로 다루는 형태를 취하게 된다. 즉 직접제어(Direct control)의 특성을 갖는 것이다[10]. 최근 들어서는 터치스크린에서 두 지점 이상에서의 터치를 인식할 수 있는 기술로 인해 두 개 이상의 손가락을 사용한 인터랙션에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

Benko[11]의 연구에서는 테이블탑 터치스크린을 대상으로 두 손가락을 이용한 보다 정밀한 선택(Selection) 기법을 제시하고 선택과정에서의 에러율(Error rate)와 이에 걸리는 시간 성능(Performance)과 사용성, 친밀성(Familiarity)을 측정하여 상호 비교하였고 두 손가락에 의한 3차원 인터랙션이 우수하다는 결과를 얻었다. 터치스크린에서의 손가락 제스처 인터랙션에 있어서 3차원 콘텐츠를 다루는 두 손가락 인터랙션에 관한 연구도 진행된 바 있다. Telkenaroglu[12]의 연구에서는 스마트폰과 같은 휴대기기의 터치스크린에 대하여 3차원 콘텐츠에 대한 인터랙션 기법을 제안하였다. 제안된 두 손가락 제스처 인터랙션을 통해 사용성, 성능 그리고 에러율을 비교하였다.

### 2. 3차원 공간 손가락 제스처 인터랙션 (Mid-air Interaction)

Thomas[7]에 따르면 손가락 제스처 인식기술은 세 가지 방식으로 분류할 수 있는데, 첫째는 장갑 형태로 고안된 센서장치를 부착하는 방식[5]과 손바닥과 손가락에 표시한 점을 컴퓨터가 인식하는 방식[13], 그리고 카메라 영상을 실시간으로 분석해서 맨 손 모양을 판단하는 방식이다. 상대적으로 실용적일 수 있는 후자의

맨 손 인식 방법은 최근 들어 많은 기술적 발전을 거듭하여 다양한 응용이 가능한 수준의 상용제품이 등장하였는데 키넥트나 림모션(LeapMotion)은 적외선 카메라로 수집된 영상을 분석하는 수준 높은 기술을 보여주고 있어 앞으로 관련 응용이 많아 질 것으로 보인다 [14][15].

3차원 공간에서의 제스처는 x, y, z 각 축에서의 이동과 회전에서의 각 자유도 3을 고려해야 한다. 이러한 특징은 사용자의 입력을 다양화 시킬 수 있는 장점은 있으나 인지적인 복잡도로 인해 사용자가 느끼는 어려움도 생길 수 있다. 즉, 자유도 6으로 얻을 수 있는 설계자의 선택 옵션이 다양해지게 되므로, 사용의 직관성과 인체공학적 특성을 고려한 제스처를 정의하는 것이 이슈가 된다. Nielsen[16]의 연구에서는 제스처 어휘(Gesture vocabulary)가 중요하다는 것을 지적하고 오즈의 마법사(Wizard-of-Oz) 실험을 통하여 제스처 집합을 정의하였는데, 사용성, 직관성(Intuitiveness), 은유적 기능(Metaphor), 그리고 인체공학(Ergonomics)의 원칙을 적용하였다.

앞서 설명한 터치스크린을 사용한 직접터치 방식의 인터랙션이 많아지고 있지만, 최근 디스플레이가 대형화 되면서 넓은 화면에 대한 사용자 입력이 제한 받게 되는데, 이때는 화면과는 떨어진 상태에서의 제스처 인터랙션에 의한 입력 방식이 유용할 수 있다. 부착형 센서를 사용하는 비콘(Vicon)사의 기술을 사용하여 수 미터에 이르는 매우 큰 디스플레이 장치와의 선택 작업에 대한 인터랙션을 위해 포인팅(Pointing)과 클릭(Clicking)에 대한 공학적 성능 실험을 진행한 연구[17]에서는, 작업 완료 시간이나 에러율(Error rate), 센서의 보정시간(Recalibration time) 등 기술적인 성능 비교 연구를 진행하였다. 이 외에도 가상현실(Virtual reality) 환경에서 자연스러운 인터랙션을 실현하기 위해 손을 사용한 인터랙션 연구[18]와 더불어, 최근 들어 손 인식 기술이 가능해지면서 손가락 제스처에 따른 성능 비교에 관한 실험연구도 진행되고 있다. Kulshreshth[19]의 연구에서는 인텔(Intel)사의 소프트웨어 개발 도구[20]를 사용하여 손가락으로 만드는 숫자를 인식하고, 엄지 손가락을 펴는 동작으로 메뉴를 선택하는 동작, 그리고

이 동작을 활용한 3차원 마킹 메뉴(Marking menu)[21]에 대한 성능 비교를 진행하였다. 선택시간(Selection time)과 정확도(Accuracy)등의 정량적 성능을 비교하였고 실험이 끝난 후 피험자를 대상으로 그들이 느끼는 어려움이나 피로도 등을 설문을 통해 측정하였다. 이 연구에서는 손가락으로 만드는 숫자에 의해 메뉴를 선택하는 것이 가장 우수한 것으로 나타났다.

### 3. 손 제스처 인터랙션의 사용성(Usability)

제스처 인터랙션으로 얻을 수 있는 사용자의 이점은 자연성(Naturalness), 표현의 자유(Freedom of expression), 학습 용이성(ease of learning), 그리고 사용자가 갖는 재주를 활용할 수 있다는 점이다. 이상적으로는 사용자는 인터페이스 장치에 구속되지 않고 주어진 태스크에 집중할 수 있게 해 준다[22]. 특히 사용자와의 인터랙션에 있어서 사용자가 느끼는 총체적인 사용성은 바로 직전 느꼈던 사용자의 주관적인 경험이 될 수 있다[23]. van Beurden[24]의 연구에서는 제스처 인터페이스 대하여 성능, 재미, 그리고 학습 용이성으로 사용성을 측정하였고, 더불어 실용성과 유희적 수준에 대한 측정을 적용하였다. 이와 관련하여 Wachs[6]는 손 제스처가 사회적으로 보급되기 위한 요건으로 사용성을 강조하며 그 가이드라인으로 미 항공우주국(NASA)의 TLX(Task Load Index)를 제시하고 있다. 사용성에 대해서는 많은 국제 표준들이 기준을 제시하고 있지만 자세한 내용보다는 개괄적인 기준을 제시하고 있는데, 대표적으로 ISO/IEC 91260-1에서는 제품에 대해 이해하고, 배우고, 사용하기 쉽도록 하는 특징으로 정의하고 있으며 ISO 9241-11은 보다 넓은 의미의 암묵적인 효율성과 신뢰성으로 “특정 환경에서 특정 사용자가 목적에 대하여 만족감 효과적이고 효율적으로 원하는 목적을 달성하도록 제품이 사용되는 정도”로 사용성을 정의하고 있다[25].

본 연구는 ‘손가락 제스처를 사용한 컴퓨터 인터랙션을 사용자는 정말 쉽고 편리하다고 생각할까?’라는 질문에서 시작한다. 기존의 연구는 크게 공학 연구와 인지과학 연구로 나뉘어 진행되었는데, 공학적 연구는 제스처 인식기술 그 자체를 개발하는 목적으로 이뤄진 연

구였으나, 인지과학 분야의 연구는 3차원 공간에서의 손가락 제스처 인터랙션에 있어서 당시 사용 가능한 기술에 국한되어 진행된 것이 대부분이었다. 다시 말해, 부착형 센서나 특수한 장치, 카메라에 의한 영상처리에 기반을 둔 최신 기술을 적용한 연구는 드문 상황이고, 그 기술에 기반하여 손가락 제스처에 의한 사용자가 느끼는 사용성에 초점을 맞춘 연구는 더욱 찾아보기 힘들었다. 아마도 그 이유는 이러한 연구를 가능하게 하는 기술적 수단이 최근에서야 가능했기 때문으로 보인다.

## III. 연구방법

### 1. 연구설계

본 연구는 앞서 말한 연구질문에 대하여 집게손가락을 이용하는 ‘찍기’ 동작과 검지와 엄지를 사용하는 ‘집기’ 동작, 그리고 다섯 손가락으로 움켜쥐는 형태의 ‘잡기’ 동작으로 제스처를 정하고 가장 간단한 형태의 선택(Selection) 태스크를 수행한다. 즉, 손가락을 사용한 제스처 인터랙션의 방식에 따라 사용자가 느끼는 사용성이 어떻게 달라지는지에 대한 문제를 연구하기 위해서 Wachs[7]가 제시한 바와 같이 손 제스처 인터페이스가 상용화 되고 활용되기 위해 필요한 사용성 기준에서 평가가 필요하다는 가이드라인을 감안하여 실험연구(experimental research) 진행하는 것이다.

여기서의 사용성은 많은 연구에서 그 정의를 두고 있지만, 본 연구는 ISO/IEC 91260-1 정의한대로 제품에 대해 이해하고, 배우고, 사용하기 쉽도록 하는 특징으로 사용성을 정의한다. 그리고 위에서 정한 제스처 동작에 따른 사용성의 차이를 알고자 하는 실험연구이므로 독립변인(Independent variable)은 제스처(찍기, 집기, 잡기)와 그것이 이뤄지는 공간의 차원(2차원, 3차원)이 된다. 세 가지 제스처를 각각 2차원과 3차원 공간상에서 실험 자극으로 사용하게 되므로 총 6개의 셀(cell)을 갖는 요인설계(Factorial design) 실험연구가 된다. 또한 종속변인(Dependent variables)은 제스처와 공간의 종류에 의해 영향을 받는 사용성이 되고, 앞서 정의에 맞

계 세 가지 변수로 측정한다. 즉, IT 제품에 대해 사용자가 느끼는 시스템 사용성(System Usability)을 Sauro[26]의 방식으로 측정하고, 사용자가 이 인터랙션을 수행할 때 느끼는 인지된 편의성(Perceived Ease-of-use)을 Subramanian[27]의 측정문항으로 측정한다. 그리고 제스처 인터랙션을 이용하여 태스크를 수행할 수 있는 자신감의 정도를 의미하는 자기효능감(Self-efficacy)을 Compeau[28]의 방식을 사용하여 측정한다. 또한 추가적으로 태스크를 시작하여 완료할 때까지 걸린 시간(초)을 성능 변수로 측정한다.

## 2. 가설설정

선택 태스크의 성능(performance)은 목표가 되는 타겟(Target)의 크기에 비례하고 타겟에 이르는 거리에 반비례하는 피츠의 법칙(Fitts' Law)[29]를 적용 받는데 Kabbash[30]은 영역 커서(Area cursor)의 개념을 도입하여 피츠의 법칙과 비교하여 타당성을 제시하였다. 손가락 제스처와 관련해서는 Moscovich[31]의 연구에서 손가락이 만들어 내는 영역을 커서로 활용할 때 타겟과 커서 영역의 상대적인 차이는 성능을 높인다는 결과를 보였다. 이렇듯 피츠의 법칙을 적용해 볼 수 있으므로 한 손가락보다는 여러 손가락을 사용할 때 만들어지는 영역으로 커서가 만들어지므로 다음의 가설을 설정할 수 있다.

가설 1-1: 모든 차원에서 찍기 제스처보다 집기 제스처가 시스템 사용성이 더 좋을 것이다.

가설 1-2: 모든 차원에서 찍기 제스처보다 집기 제스처가 인지된 편의성이 더 좋을 것이다.

가설 1-3: 모든 차원에서 찍기 제스처보다 집기 제스처가 자기효능감이 더 좋을 것이다.

타겟을 선택하는 동작에 있어서 사람이 태어날 때부터 갖는 본능적인 동작 중의 하나가 잡는(쥐는) 동작일 것이다. 사람은 손을 이용해 진화를 해 왔듯이 손을 사용하는 것은 인간에게 가장 편리한 인터랙션 수단이 될 수 있을 것이다. 최근의 연구들도 손 전체를 사용하는 연구가 많아지고 있다. 손가락 제스처 인터랙션으로 선

택 태스크를 수행할 때 손가락 하나를 사용하는 것이나, 두 개의 손가락을 사용하는 것에 비해서 손 전체를 사용하는 것은 사용자가 익히기 쉽고 친숙하고 자연스럽게 사용할 수 있다. 그렇기 때문에 손 전체를 사용하는 것이 인터랙션 응용에 있어 이점을 제공하고 잘 실현된 잡는 방식의 인터랙션은 가상 환경에서 자연스러운 학습을 가능케 한다[32]. 따라서 손 제스처를 사용하는 우리의 실험 연구에서는 손 전체를 사용하는 관점에서 다음과 같은 가설을 설정할 수 있다.

가설 2-1: 모든 차원에서 집기 제스처보다 집기 제스처가 시스템 사용성이 더 좋을 것이다.

가설 2-2: 모든 차원에서 집기 제스처보다 집기 제스처가 인지된 편의성이 더 좋을 것이다.

가설 2-3: 모든 차원에서 집기 제스처보다 집기 제스처가 자기효능감이 더 좋을 것이다.

제스처 인터랙션은 사람의 행위를 통해 컴퓨터로의 입력을 실현하는 정보전달 방식으로, 의도하는 결과를 얻기 위해 사용하는 수단을 간략화 시키는 자연성(Naturalness)을 제공하는데 그 목적이 있다고 할 수 있다. 이는 Norman[1]이 말하는 사용자의 목적을 이루는 연결(Bridge)의 거리를 줄여주는 것인데, 사용자가 계획하고(Plan) 어떻게 할지를 구체화(Specify)한 뒤, 실행(Perform)하는 과정을 제스처 인터랙션이 단순화 할 수 있다는 것을 의미한다. 인지 심리학 이론에서는 ‘자극-반응 부합성(S-R Compatibility)’으로 설명하고 있으며 이를 실현하기 위해서는 공학적으로는 다차원 자유도(DOF: Degree of Freedom)가 뒷받침 되어 의도한 입력을 다양하게 제공할 수 있어야 한다. 3차원 공간에서 가질 수 있는 자유도는 6이고 이 공학적 수단은 편리한 인터랙션을 가능하게 함으로써 사용자가 마치 자신의 신체를 이용하는 듯 한 느낌을 갖게 할 수 있다. 이것을 “자기수용성(proprioception)”이라 하며 이를 통해 ‘자연성’을 가질 수 있다는 것이다[33]. 이 특징은 직관적인 상호작용(Intuitive interaction)이 가능하도록 해 준다. 따라서 3차원에서의 제스처 인터랙션은 사용자의 실제 환경과 가상공간의 불일치성을 줄여주므로 다음과 같이 가설을 설정할 수 있다.

가설 3-1: 모든 제스처는 2차원보다 3차원에서 시스템 사용성이 더 좋을 것이다.

가설 3-2: 모든 제스처는 2차원보다 3차원에서 인지된 편의성이 더 좋을 것이다.

가설 3-3: 모든 제스처는 2차원보다 3차원에서 자기효능감이 더 좋을 것이다.

반면, 사용자에게 자연스러움을 제공하기 위해서 만들어진 3차원 가상공간은 실제 세계와는 매우 다르다. 사용자는 실제 세계에서 제스처를 사용하고 가상공간에서 주어진 태스크를 수행하기 위해서 많은 인지처리를 하게 된다. 의도하는 대로 포인터가 움직여야 하고 손동작을 생각하면서 타겟을 선택하는 노력을 기울이게 된다. 사용자가 실제 세계와 가상 세계를 별도로 구분하지 않는다면 공간을 만들어내는 개발자가 원하는 상태가 되겠지만, 별도의 가상공간으로 인식하여 인지처리를 하게 되면 사용자에게는 자연스러움 대신 인위적인 어려움을 주게 될 수도 있다. 인지처리에 관련한 연구에서도 이러한 현상을 인지부하이론(Cognitive load theory)로 설명하고 있는데 가상공간에서 생겨나는 많은 정보를 인지적으로 처리하는 데 있어 한계가 있는 사용자의 인지 수용력으로는 부하로 작용하게 된다는 것이다[34]. 따라서 앞서 가설 3과는 대립되는 다음과 같은 가설을 설정할 수 있다.

가설 4-1: 모든 제스처는 3차원보다 2차원에서 시스템 사용성이 더 좋을 것이다.

가설 4-2: 모든 제스처는 3차원보다 2차원에서 인지된 편의성이 더 좋을 것이다.

가설 4-3: 모든 제스처는 3차원보다 2차원에서 자기효능감이 더 좋을 것이다.

선택 태스크에서는 사용자는 자신의 손을 직접 사용하는 것이 아니라 컴퓨터가 만든 공간에서 주어진 커서를 사용하여 입력을 전달하기 때문에 인지부하이론으로 볼 수 있는 공간적인 정보의 처리뿐만 아니라 Jacob[10]이 말하는 간접제어(Indirect control)에 관한 인지 수용의 부담을 가져야 할 수도 있다. 여기서 말하

는 간접제어는 터치스크린에서 직접 손을 접촉하여 입력이 전달되는 직접제어(Direct control)의 반대되는 개념으로 컴퓨터 마우스를 이용해서 공간 입력(Spatial input)을 수행할 때 마우스 포인터를 사용하는 것을 의미한다. 간접제어와 3차원 공간에 대한 인지적 부하로 인해 오히려 단일 집기와 잡기 동작을 고려하지 않고 손가락 하나로 수행할 수 있는 찍기 동작이 사용자에게는 더 사용하기 편하게 인식될 수 있을 것이다. 제스처에 의한 직접제어 방식이 주는 자연스러움이 있음에도 불구하고 단순한 선택 태스크에서 마우스를 이용한 방식이 더 좋은 성능을 보인 연구결과[35]도 있듯이 3차원 공간에서는 가설 1와는 대립하는 다음의 가설을 설정할 수 있다.

가설 5-1: 3차원에서는 찍기 제스처가 시스템 사용성이 더 좋을 것이다.

가설 5-2: 3차원에서는 찍기 제스처가 인지된 편의성이 더 좋을 것이다.

가설 5-3: 3차원에서는 찍기 제스처가 자기효능감이 더 좋을 것이다.

### 3. 실험환경



그림 1. 립모션(LeapMotion)

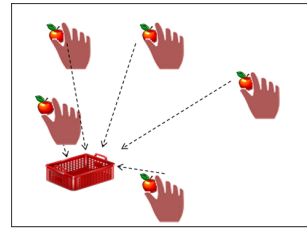
실험을 위해 사용된 디바이스는 동작 인식 입력 장치인 립모션[그림 1][36]이다. 이 디바이스를 원활하게 인식하면서 본 실험에 맞는 실험환경을 구축하기 위하여, Visual Studio를 사용한 C 프로그래밍과 유니티 3D(Unity 3D) 4.2 엔진을 이용하여 프로그램을 개발하였다. 이 3D 엔진을 사용하면 3차원 공간에 설정된 카메라의 위치에 따라 그 공간에 위치하는 객체별로 크기

나 그림자와 같은 3차원 효과가 각각 적용된다. 또한 프로그램 실행하면 상에 표출되지 않지만, 실험 시 걸린 총 시간을 로그데이터에 기록하여 실험자가 별도로 열람할 수 있게 하였다. 실험은 15.6인치 디스플레이와 인텔(Intel) Core i5프로세서, 그리고 Windows 7 사양의 노트북에 개발 프로그램을 설치하여 진행되었으며, 립 모션의 오작동을 최소화하기 위한 재 보정(Calibration) 절차를 활용하였다.

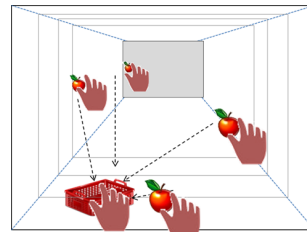


그림 2. 커서 및 제스처 정의

피실험자는 컴퓨터로 만들어진 가상의 공간에서 커서를 이용하여 태스크를 수행하는데 마우스 포인터는 한 가지 모양으로 통제한다[그림 2]. 이 포인터를 이용하여 검지가 가리키는 효과로 '찍기'를 가능하게 하고 검지와 엄지 사이의 공간에 타겟을 위치시키고 손가락으로 집을 때 '집기' 동작을, 타겟을 손바닥의 중앙에 위치시켜 잡았을 때 '잡기'가 가능하도록 구현하였다. 실험에서 주어진 태스크는 주어진 제스처를 사용하여 20개의 사과모양의 타겟을 선택하여 원하는 위치로 가능한 빨리 이동시키는 것으로 만들었다. 포인터와 타겟의 크기와 모양, 그리고 배경을 통제하고 2차원과 3차원으로 각각 가상의 공간을 구현하였다[그림 3][그림 4].



집기-2차원



집기-3차원

그림 3. 가상공간의 차원

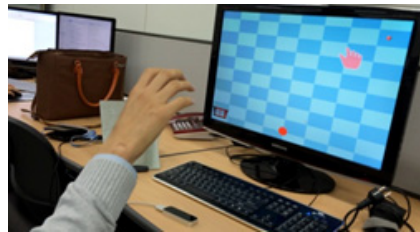


그림 4. 구현결과

#### 4. 참여자

실험에는 서울 소재 Y대학교와 S대학교 대학생과 대학원생들이 참여하였다. 컴퓨터를 익숙하게 사용하고 본 연구의 실험 도구인 립모션 제스처 인터랙션 경험이 없는 20대 남녀를 남자 24명, 여자 24명을 선발하였다.

#### 5. 실험절차

본 실험은 6개의 셀을 갖는 요인설계 실험연구이다.

그룹의 분류는 세 가지의 제스처(찍기, 집기, 잡기)와 두 개의 공간차원(2차원, 3차원)으로 설계되었고, 피험자간 설계(Between subject design)으로 피험자가 속한 집단 별로 자극을 달리하는 연구방법이다.

각 그룹마다 남자 4명, 여자 4을 무선 할당하여 6개의 그룹으로 구성하였다. 각 실험 그룹은 두 가지의 실험 모드를 진행하게 되는데, 첫 번째 모드는 제스처 인터랙션에 기술적 거부를 줄이기 위한 훈련(Training) 단계이다. 총 5개의 타겟(사과)을 주어진 바구니에 넣는 연습 단계로 두 번을 수행한다. 두 번째 모드는 본 실험으로, 손가락 제스처 인터랙션으로 총 10개의 고정된 타겟을 획득하여 그것을 바구니에 넣는 태스크를 수행한다. 태스크가 끝나면 컴퓨터는 측정된 성능을 기록으로 남기고 실험자는 7점 척도 설문 조사를 실시한다.

모든 사람은 실험자에 의해 실험의 목적과 방식, 그리고 지정된 제스처 인터랙션의 방식을 설명받고 약 10~15분간의 실험을 수행한다. 제스처 인식 장치인 립모션의 기술적 오류를 최대한 줄이기 위하여 실험자는 매 실험마다 재 보정(Calibration)을 수행한다. 모든 실험 참가자들에게는 소정의 현금을 지급했으며 실험 전 가장 빨리 태스크를 완료한 피험자 4명에게 인센티브가 지급된다는 것을 양지시키고 모든 실험이 종료된 후에는 그렇게 이행하였다.

IV. 연구결과

본 실험에서는 컴퓨터 사용경험이 있고 립모션 제스처 인터랙션 사용 경험이 없는 20대 남, 여 대학생 48명의 실험 참여로 수집된 정규성을 만족 (Kolmogorov-Smirnov 검정)하는 데이터를 사용하였다.

1. 2차원 공간에서의 분석

2차원 공간에서의 시스템 사용성(10개 문항), 인지된 편의성(3개 문항), 자기효능감(7개 문항) 측정 결과는 각각 크론바흐알파(Cronbach alpha)값이 .777, .579, .684로 신뢰성이 확보되었다. [표 1]의 일원배치 분산분석 결과와 같이 2차원 공간에서는 세가지 제스처에 따

른 시스템 사용성, 인지된 편의성, 자기효능감의 차이가 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 분산의 동질성을 만족하지 않는 성능 변수에 관한 대비검정에서는 찍기 동작과 비교하여 집기와 잡기 동작 성능이 유의한 차이를 보이지 않았다.

표 1. 일원배치 분산분석

	제공합	df	평균제공	F	유의 확률	
시스템 사용성	집단간	.618	2	.309	.686	.514
	집단-내	9.448	21	.450		
	합계	10.065	23			
인지된 편의성	집단간	.926	2	.463	.636	.539
	집단-내	15.292	21	.728		
	합계	16.218	23			
자기효능감	집단간	.158	2	.079	.205	.816
	집단-내	8.097	21	.386		
	합계	8.255	23			
성능	집단간	789.583	2	394.792	5.296	.014
	집단-내	1565.375	21	74.542		
	합계	2354.958	23			

2. 3차원 공간에서의 분석

표 2. 일원배치 분산분석

	제공합	df	평균제공	F	유의 확률	
시스템 사용성	집단간	3.858	2	1.929	3.510	.048
	집단-내	11.539	21	.549		
	합계	15.396	23			
인지된 편의성	집단간	3.815	2	1.907	1.563	.233
	집단-내	25.625	21	1.220		
	합계	29.440	23			
자기효능감	집단간	6.456	2	3.228	4.154	.030
	집단-내	16.319	21	.777		
	합계	22.775	23			
성능	집단-간	5420.083	2	2710.042	3.039	0.069
	집단-내	18729.875	21	891.899		
	합계	24149.958	23			

3차원 공간에서의 시스템 사용성(10개 문항), 인지된 편의성(3개 문항), 자기효능감(7개 문항) 측정 결과 또한 각각 크론바흐알파(Cronbach alpha)값이 .789, .767, .845로 신뢰성이 확보되었다. [표 2]에서 보여주는 바와 같이 3차원에서 시스템 사용성, 인지된 편의성, 자기효능감에 대한 일원배치 분산분석 검정에서는 시스템 사용성이 제스처 동작에 따라 유의한 효과를 보이고 있으



며,  $F(2, 21) = 3.51, p < .05, w = .41$ , 자기효능감 또한  $F(2, 21) = 3.23, p < .05, w = .45$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있다. 반면, 인지된 편의성은 집단간 유의한 차이를 보이지 않았다.

표 3. 대비검정

	대비	대비값	표준오차	t	df	유의확률 (양측)
시스템 사용성	1	-1.275	.642	-1.986	21	.060
	2	-.650	.370	-1.754	21	.094
인지된 편의성	1	-1.083	.957	-1.132	21	.270
	2	-.750	.552	-1.358	21	.189
자기효능감	1	-1.357	.763	-1.778	21	.090
	2	-1.000	.441	-2.269	21	.034

대비 검정을 통해 찌기 동작에 비해 집기와 잡기 동작은 시스템 사용성,  $t(21) = -1.986, p < .05$ (단측),  $r = .40$ 과 자기효능감,  $t(21) = -1.778, p < .05$ (단측),  $r = .36$ 에 있어서 유의한 수준의 감소를 보였다.

또한, 분산의 동질성을 만족하지 않는 성능 변수에 관한 대비검정에서 찌기 동작과 비교하여 집기와 잡기 동작 성능이 유의한 차이를 보이지 않았다.

### 3. 제스처-공간차원 상호작용 효과

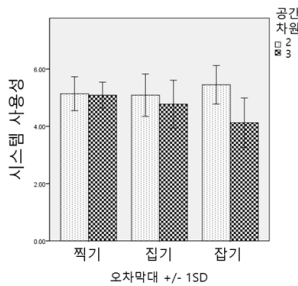


그림 5. 시스템 사용성에 대한 상호작용 효과

제스처와 공간차원의 상호작용 효과를 검정하기 위해 이원배치 분산분석을 수행하였다. 시스템 사용성에 대한 제스처 동작의 주 효과는  $F(2, 42) = .85, p = .435, \text{partial } \eta^2 = .04$ 로 유의미한 차이를 보이지 않은 반면에 제스처와 공간차원과의 상호작용 효과는  $F(2, 42) = 3.63, p < .05, \text{partial } \eta^2 = .15$ 로 유의미하게 나타났다. 2차원에서의 제스처 효과는 찌기( $M=5.14, SD=.59$ ),

집기( $M=5.08, SD=.74$ ), 잡기( $M=5.45, SD=.67$ )로 차이가 없었으나 3차원에서는 찌기( $M=5.08, SD=.45$ ), 집기( $M=4.77, SD=.83$ ), 잡기( $M=4.13, SD=.86$ )로 감소했음을 알 수 있다.

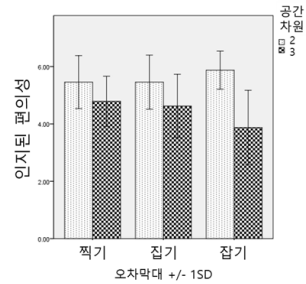


그림 6. 인지된 편의성에 대한 상호작용 효과

반면, 인지된 편의성에 대한 제스처 동작의 주 효과는  $F(2, 42) = .27, p = .768, \text{partial } \eta^2 = .013$ 로 나타났고, 제스처와 공간차원과의 상호작용 효과 또한  $F(2, 42) = 2.17, p = .127, \text{partial } \eta^2 = .094$ 로 유의미하지 않았다.

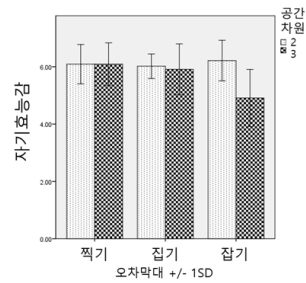


그림 7. 자기효능감에 대한 상호작용 효과

자기효능감에 대한 제스처의 주효과를 보면 그림 7에서 보는 바와 같이  $F(2, 42) = 2.09, p = .137, \text{partial } \eta^2 = .09$ 로 유의미한 차이를 보이지 않은 반면에 제스처와 공간차원과의 상호작용 효과  $F(2, 42) = 3.60, p < .05, \text{partial } \eta^2 = .098$ 로 유의미하게 나타났다. 즉, 2차원에서의 제스처 효과는 찌기( $M=6.09, SD=.69$ ), 집기( $M=6.02, SD=.43$ ), 잡기( $M=6.21, SD=.71$ )로 차이가 없었으나 3차원에서는 찌기( $M=6.09, SD=.74$ ), 집기( $M=5.91, SD=.89$ ), 잡기( $M=4.91, SD=.99$ )로 감소했음을 알 수 있다.

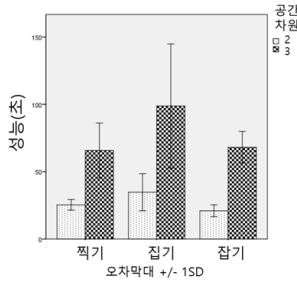


그림 8. 성능에 대한 상호작용 효과

마지막으로, [그림 8]의 성능에 대한 제스처 동작의 주 효과는  $F(2, 42) = 5.20, p < .05$  partial  $\eta^2 = .198$ 로 유의미한 차이를 보이고 있으나 공간차원과의 상호작용은  $F(2, 42) = 1.23, p = .304$  partial  $\eta^2 = .055$ 로 유의미한 결과를 얻지 못했다.

#### 4. 결과 고찰

기존의 연구결과를 바탕으로 본 연구에서는 손가락 제스처 별로 사용성의 차이가 있을 것으로 보았는데, 공간의 차원과는 상관없이 여러 손가락을 사용하는 제스처, 특히 잡기 제스처가 사용성이 좋을 것이라는 가설과 3차원에서는 한 손가락을 사용하는 찍기 동작이 오히려 사용성이 더 좋을 것이라는 대립 가설을 설정했다. 세가지 제스처와 두 가지 공간의 차원의 조합에 대한 각각의 실험군을 구성하고 시스템 사용성, 인지된 편의성, 자기효능감에 관한 설문으로 측정한 결과, 2차원에서는 각각의 제스처에 따른 유의미한 효과가 없는 것으로 나타났다. 반면 3차원에서는 시스템 사용성과 자기효능감에 대한 유의미한 차이를 얻을 수 있었고, 대비검정을 통해 여러 손가락을 사용하는 것 보다는 오히려 한 손가락을 사용하는 것이 더 좋은 것으로 나타났다.

여러 손가락을 사용하는 것이 사용성이 더 좋을 것이라는 가설은 피츠의 법칙에 근거한 연구결과를 인용하여 여러 손가락으로 만들어 내는 이른 바 ‘영역 커서 (Area cursor)’를 이용하면 타겟을 쉽게 선택할 수 있을 것이라는 주장에 근거한 것이다. 그러나 마우스나 키보드와 같이 별도의 장치기술을 적용하지 않은 상태에서는 이러한 주장이 그리 설득력을 갖지 못할 수도 있다.

손가락을 사용하는 사용자의 입장에서는 기기를 다루지 않기 때문에 기기를 통해 만들어내는 선택공간에 대한 주장은 이 실험에서는 큰 의미를 갖지 못하는 것으로 보인다.

제스처 인터랙션에 있어서 가상공간의 차원도 사용성에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 저자는 실제 공간과 같은 차원인 3차원 공간에서 손가락 제스처의 사용성이 좋을 것이라는 가설과 오히려 3차원의 정보는 인지적 처리 과정에서 부하로 작용할 수 있다는 대립 가설을 설정하여 검증한 결과 시스템 사용성과 자기효능감에 있어 3차원 보다는 2차원에서의 효과가 크다는 것을 알 수 있었다. 사용자가 자연스럽게 인식할 수 있는 3차원 공간을 만드는 것은 매우 어려운 문제가 될 것 같다. 모든 것이 3차원으로 보여 저야 하는 문제도 있지만 커서를 자신의 손처럼 사용해야 하는 간접제어 방식에 있어서는 더욱더 어려운 숙제가 될 수도 있다. 본 실험에서는 2차원과 3차원의 차이에 의한 효과 차이만을 고려하기 위해서 모든 요인들을 통제된 상태에서 Z 축만을 이용했기 때문에 사용자가 인지하기에는 불완전한 3차원 공간일 수 있었을 것이다. 이원배치 분산분석에서 분산의 동질성이 만족되지 않고 대비검정에서 통계적으로 유의미하진 않았지만 3차원에서의 집기 ( $M=98.75, SD=46.05$ ) 동작이 찍기 ( $M=65.75, SD=20.39$ )와 잡기 ( $M=68.13, SD=11.80$ )보다 태스크 성능이 낮게 나왔다. 이유를 알아보기 위해 실험에서 가장 우수한 성능을 보여준 피실험자들을 대상으로 집기 태스크를 경험하게 한 후, 사후 인터뷰를 진행하였다. 그 결과, 집기 동작에서 3차원 공간을 인식하는데 오히려 어려움이 많았다는 것을 알 수 있었다.

“집기 동작을 앞으로 뻗으면서 하기가 어려워요. 찍기나 잡기 동작은 손이 앞으로 나가는 동작인데, 집기는 그렇게 하면 부자연스럽게 느껴져요. (표본 18)”

“보통 두 손가락으로 물건을 집을 땀 바닥에서 위로 들어 올리잖아요. 그래서 떠 있는 물체를 잡으려고 할 때 뭔가 이상한 느낌이었어요. 되게 힘들고, 조준이 잘 안 되더라고요. (표본 39)”

## V. 결론

발달된 기술에 힘입어 사람들은 더 편하고 유용한 인터랙션을 원하고 있다. 멀티미디어 콘텐츠를 제공하는 하드웨어 장치와의 인터랙션[37]을 포함하여 제스처 인터랙션과 기존 GUI(Graphic User Interface)의 호환을 위한 노력[38]에 이르기까지 다양한 분야에서 활발한 응용 연구가 진행되고 있는 추세이다. 또한 기업에는 새로운 기회가 될 수 있고 혁신적인 인터랙션은 제품 혁신으로 곧 바로 이어진다. 신기술이 제품에 적용 되었을 때 기업이 기대했던 것만큼 사용자의 사용자들의 만족이 있어야 할 것이고, 제스처 인터랙션도 그러한 신기술로 바라봐야 할 것 같다. 인간에게 유용하고 편리하게 다가설 수 있을 것이라고 생각하는 신기술도 '인간이 느끼기에' 정말 쓸 만한 것인지에 대한 생각을 다시 한 번 해 봐야 할 것 같다.

본 연구를 통해서 많은 요인들을 통제할 수밖에 없는 실험 환경에서 제한적으로나마 손가락 제스처 인터랙션의 사용성을 알아보았다. 신기술이 등장하면 기존의 연구를 그대로 적용하기에는 무리가 따를 듯하다. 이 기술을 사용하여 인지과학적 연구를 충분히 한 뒤에 제품에 적용시키는 노력이 필요할 것 같다. 물론 대중화 되기에는 충분한 시간이 더 필요할 지도 모르겠다는 생각이 든다.

추가적으로, 본 연구는 동작인식 센서인 립모션을 이용하여 제스처 인터랙션의 사용성을 알아 본 실험 연구이다. 여기서 사용한 제스처는 저자가 직관적으로 인식한 동작을 선정하여 선택이라는 단순한 태스크에 적용하였는데, 이 제스처 방식에 대한 고민이 더 필요할 듯하다. 스마트기기 및 컴퓨터 제조사들은 이러한 제스처를 어휘(Vocabulary)로 정의하여 그들만의 표준으로 사용하고자 노력하고 있는 추세이다. 그렇다면 이러한 어휘를 대상으로 다양한 태스크에 대한 사용성 실험연구를 진행하는 것이 그 결과를 일반화시키기에 더 타당할 것이라고 보인다. 또한 사용성의 연구뿐만 아니라 최근 제품의 차별성을 좌우하는 사용자 경험에 대한 연구로 확대 시켜볼 만하다. 사용자 경험은 복잡하고 다양한 측정을 요구하게 되므로 측정의 방식에 대한 연구

에서 시작하여 상황(Context)을 적용하는 실험 설계가 뒷받침되어야 할 것이다. 제스처 인터랙션이 적용되는 가상의 공간에 대한 연구도 의미가 있을 것이다. 단순히 Z 축을 적용한 원근감 효과에서 벗어나 사용자가 자연스러운 공간 환경을 인식하고 어려움 없이 원하는 태스크를 수행할 수 있는 주요 요인을 찾아내는 것이다. 끝으로 저자는 본 연구에서 만든 실험환경과 그 과정에 대한 이해를 돕기 위해서 온라인에 동영상 공개한다[39].

## 참고 문헌

- [1] D. A. Norman, *The design of everyday things*, Basic books, 2002.
- [2] G. Chen and D. Kotz, *A survey of context-aware mobile computing research*, Technical Report TR2000-381, Dept. of Computer Science, Dartmouth College, 2000.
- [3] V. Buchmann, S. Violich, M. Billinghurst, and A. Cockburn, "FingARtips: gesture based direct manipulation in Augmented Reality," in Proceedings of the 2nd international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australasia and South East Asia, pp.212-221, 2004.
- [4] E. Kaiser, A. Olwal, D. McGee, H. Benko, A. Corradini, and X. Li, "Mutual disambiguation of 3D multimodal interaction in augmented and virtual reality," in Proceedings of the 5th international conference on Multimodal interfaces, pp.12-19, 2003.
- [5] T. G. Zimmerman, J. Lanier, C. Blanchard, S. Bryson, and Y. Harvill, "A hand gesture interface device," in ACM SIGCHI Bulletin, pp.189-192, 1987.
- [6] J. P. Wachs, M. Kölsch, H. Stern, and Y. Edan, "Vision-based hand-gesture applications," Communications of the ACM, Vol.54, pp.60-71,

- 2011.
- [7] M. C. Thomas and A. P. M. S. Pradeepa, "A COMPREHENSIVE REVIEW ON VISION BASED HAND GESTURE RECOGNITION TECHNOLOGY," *International Journal*, Vol.2, 2014.
- [8] Z. Ren, J. Meng, J. Yuan, and Z. Zhang, "Robust hand gesture recognition with kinect sensor," in *Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia*, pp.759-760, 2011.
- [9] Z. Ren, J. Yuan, J. Meng, and Z. Zhang, "Robust part-based hand gesture recognition using kinect sensor," *IEEE Trans. Multimedia*, Vol.15, pp.1110-1120, 2013.
- [10] R. J. Jacob, "Human-computer interaction: input devices," *ACM Computing Surveys (CSUR)*, Vol.28, pp.177-179, 1996.
- [11] H. Benko, A. D. Wilson, and P. Baudisch, "Precise selection techniques for multi-touch screens," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, pp.1263-1272, 2006.
- [12] C. Telkenaroglu and T. Capin, "Dual-finger 3d interaction techniques for mobile devices," *Personal and ubiquitous computing*, Vol.17, pp.1551-1572, 2013.
- [13] L. Lamberti and F. Camastra, "Real-time hand gesture recognition using a color glove," in *Image Analysis and Processing - ICIAP 2011*, ed: Springer, pp.365-373, 2011.
- [14] F. Weichert, D. Bachmann, B. Rudak, and D. Fisseler, "Analysis of the accuracy and robustness of the leap motion controller," *Sensors (Basel, Switzerland)*, Vol.13, pp.6380, 2013.
- [15] Z. Zhang, "Microsoft kinect sensor and its effect," *MultiMedia, IEEE*, Vol.19, pp.4-10, 2012.
- [16] M. Nielsen, M. Störning, T. B. Moeslund, and E. Granum, "A procedure for developing intuitive and ergonomic gesture interfaces for HCI," in *Gesture-Based Communication in Human-Computer Interaction*, ed: Springer, pp.409-420, 2004.
- [17] D. Vogel and R. Balakrishnan, "Distant freehand pointing and clicking on very large, high resolution displays," in *Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp.33-42, 2005.
- [18] M. Moehring and B. Froehlich, "Effective manipulation of virtual objects within arm's reach," in *Virtual Reality Conference (VR)*, 2011 IEEE, pp.131-138, 2011.
- [19] A. Kulshreshth and J. J. LaViola Jr, "Exploring the usefulness of finger-based 3D gesture menu selection," in *Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems*, pp.1093-1102, 2014.
- [20] <http://software.intel.com>
- [21] S. Zhao and R. Balakrishnan, "Simple vs. compound mark hierarchical marking menus," in *Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp.33-42, 2004.
- [22] D. J. Sturman, *Whole-hand input*, Massachusetts Institute of Technology, 1991.
- [23] M. Hassenzahl and N. Sandweg, "From mental effort to perceived usability: transforming experiences into summary assessments," in *CHI'04 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp.1283-1286, 2004.
- [24] M. H. van Beurden, W. A. Ijsselstein, and Y. A. de Kort, "User experience of gesture based interfaces: a comparison with traditional interaction methods on pragmatic and hedonic qualities," in *Gesture and Sign Language in Human-Computer Interaction and Embodied Communication*, ed: Springer, pp.36-47, 2012.

- [25] N. Bevan, "International standards for HCI and usability," *International journal of human-computer studies*, Vol.55, pp.533-552, 2001.
- [26] J. Sauro, "Measuring usability with the system usability scale (SUS)," ed, 2011.
- [27] G. H. Subramanian, "A Replication of Perceived Usefulness and Perceived Ease of Use Measurement," *Decision Sciences*, Vol.25, pp.863-874, 1994.
- [28] D. R. Compeau and C. A. Higgins, "Application of social cognitive theory to training for computer skills," *Information systems research*, Vol.6, pp.118-143, 1995.
- [29] P. M. Fitts, "The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement," *Journal of experimental psychology*, Vol.47, p.381, 1954.
- [30] P. Kabbash and W. A. Buxton, "The "prince" technique: Fitts' law and selection using area cursors," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp.273-279, 1995.
- [31] T. Moscovich and J. F. Hughes, "Multi-finger cursor techniques," in *Proceedings of Graphics Interface 2006*, pp.1-7, 2006.
- [32] M. Prachyabrued and C. W. Borst, "Virtual grasp release method and evaluation," *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol.70, pp.828-848, 2012.
- [33] M. R. Mine, F. P. Brooks Jr, and C. H. Sequin, "Moving objects in space: exploiting proprioception in virtual-environment interaction," in *Proceedings of the 24th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, pp.19-26, 1997.
- [34] F. Paas, J. E. Tuovinen, H. Tabbers, and P. W. Van Gerven, "Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory," *Educational psychologist*, Vol.38, pp.63-71, 2003.
- [35] S. Meyer, O. Cohen, and E. Nilsen, "Device comparisons for goal-directed drawing tasks," in *Conference companion on Human factors in computing systems*, pp.251-252, 1994.
- [36] <http://www.leapmotion.com>
- [37] 최종훈, "영상콘텐츠용 디지털액자의 제스처 인터랙션 방식," *한국콘텐츠학회논문지*, Vol.10, pp.120-127, 2010.
- [38] 박기창, 서성채, 정승문, 강임철, 김병기, "GUI 어플리케이션 제어를 위한 제스처 인터페이스 모델 설계," *한국콘텐츠학회논문지*, Vol.13, pp.55-63, 2013.
- [39] <http://www.youtube.com/watch?v=XL2Eak4CX6g>

#### 저 자 소 개

##### 함 경 선(Kyung Sun Ham)

정회원



- 2012년 9월 ~ 현재 : 연세대학교 기술경영학협동과정 박사과정
- 2000년 1월 ~ 현재 : 전자부품 연구원 책임연구원

<관심분야> : Human Centered Design, 기술혁신, 혁신시스템

##### 이 다 혜(Dahye Lee)

준회원



- 2013년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 정보대학원 디지털문화콘텐츠/UX 석사과정

<관심분야> : Human Centered Design, Experience Design, Sound UX

홍 희 정(Hee Jung Hong)

정회원



- 2013년 3월 ~ 현재 : 연세대학교  
기술경영학협동과정 박사과정
- 2010년 2월 ~ 현재 : 한국지식  
재산전략원 선임연구원

<관심분야> : UX Innovation, 지식재산 전략, 기술 혁신

박 성 재(Sungjae Park)

정회원



- 2012년 9월 ~ 현재 : 연세대학  
교 기술경영학협동과정 박사과정
- 2002년 8월 ~ 현재 : 외환은행  
전략기획부 과장

<관심분야> : Product Innovation, Open Innovation,  
Crowd Funding

김 진 우(Jinwoo Kim)

정회원



- 2011년 9월 ~ 현재 : 연세대학  
교 기술경영학협동과정 주임 교수
- 1994년 9월 ~ 현재 : 연세대학  
교 HCI Lab 지도교수
- 1994년 9월 ~ 현재 : 연세대학  
교 경영대학 교수

<관심분야> : Human Centered Innovation, Science  
for Experience, Experience Design