

웨어러블 입력장치의 인터페이스 효율성에 관한 연구*

Studies of the Efficiency of Wearable Input Interface

이승룡** · 홍지영*** · 채행석*** · 한광희****†

Seung Young Lee** · Ji-Young Hong** · Haeng-Suk Chae** · Kwang-Hee Han****†

KIST 인지로봇연구단**

Center for Cognitive Robotics Research, KIST

연세대학교 인지공학연구실***

Cognitive Engineering Lab, Yonsei University

Abstract : The desktop interface is not suitable for the environment in which mobile devices are used commonly with moving, because much attention should be paid for it. And the miniaturizing of mobile devices increases the workload for using them, makes the operation speeds lower and makes more errors. So the study of appropriate level of the input interface for this changing environment is needed. In the aspect of mobile devices' input style and the complexity of the menu hierarchy, this study will look for the way to decrease the workload when doing some primary tasks and using mobile devices simultaneously with moving. The input style was classified into gesture input style, button input style, and pointing input style. The accuracy and speed were measured when doing dual tasks, including a menu searching task and a figure memory task, through one input style of three. By Changing the level of menu hierarchy in the menu searching task, the accuracy of task execution was examined. These Experiments were done in standing state and moving state. In both state the pointing input style was the highest in the accuracy of task execution but the slowest in the speed. In contrast, the gesture input style was not high in the accuracy but the fastest in the speed. This fact shows that the gesture input style is suitable for the condition needed for speedy processing rather than accurate execution when moving.

Key words : Wearable computing, input interface, cognitive workload

요약 : 웨어러블 컴퓨팅 환경은 대개 이동 중일 가능성이 많고 이때 눈과 손이 자유롭지 못하고 많은 주의가 필요한데 기존의 데스크탑 인터페이스 방식(WIMP)은 적합하지 않다. 또한 웨어러블 환경에서 모바일 기기의 소형화

* 본 연구는 산업자원부 중기거점과제에 의해 지원받았음(과제번호 2006-8-1653).

† 교신저자 : 한광희(연세대학교 인지공학연구실)

E-mail : khan@yonse.ac.kr

TEL : 02-2123-4723

FAX : 02-2123-4723

로 인하여 작은 화면에서 정보를 확인하고 처리해야 하기 때문에 기능 수행에 따른 인지부하가 늘어남과 동시에 수행 속도가 느려지고 많은 오류가 발생하는 등 어려움이 따른다. 이와 같이 변화된 환경에 적합한 입력 방식의 적정 수준을 찾는 연구가 필요하다. 본 연구는 이동 상황에서 모바일 기기를 사용할 때 동시에 여러 가지 일을 수행함으로써 걸릴 수 있는 인지부하를 줄여주기 위한 방법을 기기의 입력 방식과 사용되는 메뉴구조의 복잡성을 중심으로 분석하였다. 입력 방식을 포인팅입력 방식, 버튼입력 방식, 동작입력 방식으로 나누고, 이 방식들을 통한 메뉴탐색 과제와 화면에 제시되는 도형기억 과제를 동시에 수행했을 때 수행의 정확도와 과제수행 속도를 측정하였다. 또한 제시되는 메뉴탐색 과제의 메뉴계층의 수를 변화시켜서 입력 방식의 복잡성에 따른 과제 수행을 살펴보았다. 실험은 정지 상황과 이동 상황에서 모두 이루어졌다. 정지 상황과 이동 상황 모두에서 포인팅입력 방식이 과제 수행의 정확도가 가장 높은 반면 수행 속도에서 가장 느린 것으로 나타났다. 동작입력 방식에서는 수행의 정확도는 떨어졌으나 수행 속도는 빠르게 나타났다. 이는 이동 중에 수행되는 과제에서 정확도보다도 속도가 중요한 상황에서는 동작입력 방식이 적합하다는 것을 시사한다.

주제어 : 웨어러블 컴퓨팅, 인지부하, 입력인터페이스

1. 서론

기술의 발전과 더불어 컴퓨터 사용 환경에도 많은 변화가 생겼다. 전자 기기의 소경량화가 이루어지고 전자 제품을 휴대하고 다니면서 이동 중 사용할 수 있게 된 것은 이러한 변화를 반영한 것이다. 최근 단순히 소지하고 다니는 개념에서의 모바일 컴퓨팅 환경을 넘어 컴퓨터를 신체나 의복에 달고 다니는 웨어러블 컴퓨터(Wearable Computer)라는 개념이 등장하고 있다. 변화된 컴퓨팅 환경의 특징은 전자 기기를 이동 중에 사용할 수 있고 동시에 여러 가지 일을 하면서 기기를 사용한다는 점이다. 이때 문제점으로 지적되는 것 중 하나가 사용자와 컴퓨터의 상호작용 방식이다. 데스크탑(desktop)환경에서는 마우스와 키보드를 사용해서 데이터를 입력하고 처리 결과를 확인하는데 어려움이 없었다. 그러나 이동 중에 전자 기기를 사용하면서 동시에 다른 일을 해야 하는 모바일 상황에서는 입력과 출력을 위해 손과 눈을 자유롭게 사용하지 못하고 주의를 모두 컴퓨터에 쏟아야 하는 상호작용 방식은 적합하지 않다. 이는 전자 기기의 사용으로 인하여 일의 수행을 떨어뜨리고 이동 중 발생하는 돌발 상황에 적절히 대응하지 못함으로 위험한 상황을 초래할 수 있다. 또한 동시에 여러 가지

일을 해야 하기 때문에 처리 용량의 한계에 부딪쳐서 인지부하에 걸리기 쉽다. 지금까지 이동 중 손과 눈을 자유롭게 해 주고 주의를 덜 기울이며 인지부하에 덜 걸릴 수 있는 상호작용 방식에 대한 연구들이 진행되어 왔다. 그 중에서 이동하면서 사용할 수 있는 입력 장치들인 동작을 이용한 입력 장치, 버튼을 누르는 입력 장치, 그리고 포인팅 입력 장치를 이용해서 목표물을 추적하는 과제를 수행하고 그에 따른 인지부하를 측정하는 연구도 있었으나[14], 동일한 기능인 포인팅 과제를 수행하는 입력 장치들에 대한 비교에 초점이 맞춰져 있었기 때문에 이동 상황에서 어떤 입력 방식이 더 적합한지에 대해서는 시사해주는 바가 적다고 할 수 있다. 또한 동작을 이용한 상호작용을 통해서 눈을 자유롭게 하고 주의를 덜 기울일 수 있는 방법을 찾는 다양한 연구들도 있었으나[22], 이런 연구들은 동작을 응용한 인터페이스의 구현에 중점을 두고 있어서 동작을 이용한 방식이 실제로 주의를 덜 빼앗고 인지부하를 낮춰줄 수 있는지에 대한 연구는 부족한 편이다. 본 연구에서는 어떤 입력 방식이 이동 중 전자 기기를 사용할 때 적합한지를 알아보고자 동작을 이용한 입력 방식과 기존에 많이 사용되던 버튼을 누르는 입력 방식, 그리고 목표물을 추적해서 선택하는 포인팅 입력 방식을 통한 과제 수행을 비교

하여 어떤 입력 방식에서 인지부하가 덜 걸리는지를 살펴보고자 한다. 또한 모바일 기기와 같이 작은 화면에서는 메뉴구조가 복잡할수록 입력 횟수가 증가하여 처리비용이 높아진다는 연구들[12]을 바탕으로 메뉴 구조에서 계층의 수를 변화시키는 것이 인지부하에 어떤 영향을 주는지도 알아보고자 한다. 이렇게 이동 중 전자 기기를 사용할 때 입력 방식과 메뉴계층 수를 통제하여 인지부하에 어떤 영향을 주는지를 밝혀냄으로써 입력 인터페이스를 통해서 인지부하를 줄여줄 수 있는 방법을 찾아낼 수 있을 것으로 기대된다. 아울러, 본 연구는 실제 산업 현장에서의 웨어러블 제품 개발시 고려해야 할 요소 중 입력인터페이스의 효율성에 대한 연구로 제품 개발 향상에 중요한 요소가 되리라 본다.

2. 이론적 배경

2.1 컴퓨팅 환경의 변화

PC(Personal Computer)가 IBM에 의해 상용화된 이후로 기술 발달에 힘입어 컴퓨터가 계속해서 경량화, 소형화되었다. 그리고 현재에는 모바일 폰, PDA(Personal Digital Assistants)와 같이 휴대 가능한 전자 기기들이 등장하게 되었다. 소형화를 통해 휴대와 착용이 가능해진 정보기기들은 차세대 PC로 분류되고 있으며 차세대 PC 시장은 1995년부터 1999년까지 세계적으로 연평균 40.4%의 고속 성장세를 기록하였다(가트너 데이터 퀘스트, 2000). 또한 2010년에는 전세계 성인 PC 사용자의 75%가 차세대 PC를 사용할 것이라고 예상되고 있다. 이런 컴퓨팅 환경 변화의 주요한 특징은 바로 휴대가 가능해짐으로써 얻게 된 이동성(mobility)을 들 수 있다. 이처럼 전자 기기는 이동 중에 사용할 수 있게 변했지만 전자 기기의 입력 인터페이스는 기존의 데스크탑에서 주로 사용되던 WIMP(Windows, Icons, Menus, Pointing device)패러다임이 그대로 사용되고 있는 실정이다. WIMP 입력 인터페이스는 사용자가 움직이면서 수행

해야 되는 주된 일에 집중하지 못하고 정보 입력에 많은 주의를 기울이며 손과 눈을 모두 입력에 사용해야 되므로 이동성이 강조된 상황에 적합하지 못함을 알 수 있다[5]. 그러므로 이동성이 강조된 상황에 맞는 입력 인터페이스에 대한 연구가 필요하다. 이런 움직임 가운데 하나로 웨어러블 입력 인터페이스 연구를 들 수 있다. 웨어러블 입력 인터페이스 연구들은 입을 수 있는 입력 장치뿐만 아니라 이동 중 사용할 수 있는 입력 장치들을 사용하고 있다. 컴퓨터 입력 장치는 사용자가 처리하고자 하는 입력 정보들을 받아들이고 이 정보들을 컴퓨터가 이해할 수 있도록 변환하여 컴퓨터에 전달하는 하드웨어이다. 입력 장치를 통해서 들어온 정보들은 중앙정보장치에서 해석되고 처리되며 그 처리 결과가 다시 출력 장치에 보내져 사용자에게 전달된다. 입력 장치를 통해서 사용자는 문자나 숫자, 그래픽, 위치, 방향 등의 다양한 정보들을 전달할 수 있다. Cushman의 연구에서 입력 장치의 기능을 위치지정(pointing), 선택(selecting), 문자나 숫자 자료입력(data entry), 그래픽 자료입력(graphic input)의 4가지[1]로 구분했고, Foley[13]는 선택(selecting), 위치선정(positioning), 방향설정(orient), 경로지정(path), 정량자료 입력(Quantify), 문자자료 입력(Text Entry)으로 분류하였다. 웨어러블 입력 장치에 대한 연구는 이 중에서 위치선정과 문자자료 입력을 중심으로 진행되었다. 먼저 위치선정 기능을 이용한 포인팅 과제를 제시한 연구들을 살펴보면, Chamberlain[3]은 터치스크린(touch screen)과 트랙볼 마우스(track-ball mouse)로 정지 상황과 이동 상황에서 목표물을 선택하도록 한 결과 전체적으로 터치스크린이 더 나은 수행과 적은 인지부하(cognitive workload)를 보였다. Zucco[15]는 HMD(Head Mounted Display)를 쓰고 트랙볼 마우스, 자이로 마우스(gyroscopic mouse), 그리고 트위들러(twiddler)로 포인팅 과제를 수행했을 때 속도에서는 자이로 마우스가, 정확성에서는 트랙볼 마우스가 가장 좋은 결과를 보였다. 텍스트 입력 과제를 제시한 연구들을 살펴보면, Thomas[24]는 팔에 단 QWERTY

키보드, 5버튼 코드 키보드, 가상 키보드로 텍스트 입력 과제를 실시한 결과 QWERTY 키보드가 가장 좋은 결과를 보였다. Lyons[16]는 트위들러(twiddler)로 텍스트 입력 과제를 수행한 결과 처음에는 다른 텍스트 입력 장치들보다 낮은 결과를 보였으나 여러 버튼을 동시에 누르거나 눌려진 버튼을 화면에 보여주는 개선 방안을 사용하고 반복해서 학습시킴으로써 과제 수행 속도와 정확성을 높였다. 위의 연구들은 웨어러블 입력 장치들에 대한 연구가 부족하다는 인식 아래에서 웨어러블 상황에 적합한 입력 장치들을 찾아보았다. 이런 연구들은 이동 중 입력 장치들의 입력 방식을 가장 잘 살릴 수 있는 방법을 연구하기보다는 단순히 특정 과제를 수행할 수 있는 입력 장치들의 수행 속도, 정확도, 그리고 인지부하 등을 비교하는 데 그쳤다. 그러나 이동 중 모바일 기기를 사용할 때에는 여러 가지 일을 동시에 하기 때문에 과도한 인지부하에 걸리기 쉬우므로 입력 장치들의 수행 비교에 그치지 않고 인지부하를 줄여줄 수 있는 입력 방식은 어떤 것이 있는지를 알아보는 접근 방식이 필요하다. 그래서 본 연구에서는 기존 연구에서 많이 사용된 입력 방식들인 포인팅입력 방식, 버튼입력 방식, 그리고 새로운 동작입력 방식을 비교해서 과제 수행과 인지부하에서 어떻게 차이가 나타나는지를 확인함으로써 이동 상황에 적합한 입력 방식을 찾아보고자 한다.

2.2 인지부하

현재 많은 심리학자들은 기억 체계를 크게 작업 기억과 장기 기억으로 나누어 살펴보고 있다. 작업 기억이란 인지 과정을 통해서 들어온 정보들을 잠시 동안 유지하고 조작하는, 현재 활성화된 부분을 말하고, 장기 기억이란 이러한 단기적인 정보들이 자동으로 전이된 것이 아니라 부호화의 과정을 거쳐서 현재 활성화되어 있지 않지만 단서에 의해서 인출될 수 있는 부분을 말한다. Baddeley의 연구에 따르면 작업 기억은 주의 기제인 중앙집행기(central executive)가

중심이 되고, 그 하위에는 음운루프(phonological loop)와 시공간 잡기장(visual spatial sketch pad)이 존재한다[2]. 음운루프는 청각적인 형태의 언어 자료를 대상으로 하고, 시공간 잡기장은 시각적이고 공간적인 정보를 처리한다. 작업 기억의 특성을 살펴보면, 한순간에 몇 개의 요소만이 처리될 수 있을 정도로 극히 제한된 용량을 가지고 있고, 별개의 독립된 처리기들로 구성되어 시각적 정보와 청각적 정보가 다른 처리 과정을 거치므로 두 채널을 통해서 정보가 부호화된다면 기억은 증진될 수 있다. 또한 시각적이고 공간적인 정보를 다루는 시공간 잡기장에서 시각적인 요소와 공간적인 요소가 별개의 체계에 의해 통제된다는 주장과 이를 뒷받침하는 강력한 증거들이 나오고 있다. 우리는 들어온 정보를 처리할 때 중요한 정보에 대해서만 선택적 주의(selective attention)를 주고 중요하지 않은 정보들은 여과하여 처리한다. 그와 동시에 주의를 분산시켜 동시에 여러 가지 과제를 수행하기도 한다. 이때 한번에 다양한 과제를 모두 처리하는 과정은 시간을 분할함으로써 이루어진다. 여기서 시간 분할(timesharing)이란 하나 이상의 인지적 과제들에 주의를 기울이거나 이들 사이에서 빠르게 주의를 전환함으로써, 하나 이상의 인지적 과제들을 동시에 수행할 수 있는 능력을 일컫는다. 이렇게 동시에 여러 작업을 수행하는 시간 분할의 과정에서는 작업 기억의 정해진 자원 이상을 필요로 함으로써 용량의 한계를 넘어서 과도한 인지부하를 일으킬 수 있다. 작업 기억의 정해진 자원 상황에서 인지부하를 낮추기 위해서는 되도록 자원을 효율적으로 사용함으로써 자원의 한계선을 넘지 말아야 할 것이다. 우리는 일반적으로 두 가지 시각적 정보를 동시에 처리하거나 두 가지 청각적인 정보를 동시에 처리하는 것보다 한 가지 시각적 정보와 한 가지 청각적 정보에 주의를 분산시켜서 동시에 처리하는 것에 더 능숙하고 이렇게 처리할 때 인지부하에 덜 걸린다. 즉 같은 자원을 가지고 경쟁하지 않고 다른 처리기로 처리함으로써 인지부하를 줄일 수 있음을 알 수 있다. 작업 기억의 인지부하와 처리 실패는 정보를 저

장하고 처리하는데 필요한 자원의 양에 좌우된다 [14]. Brian[11]은 PBI(Phone-Based Interaction)상황에서 동시에 수행하는 과제의 수와 전화기 메뉴 구조가 작업 기억에 영향을 줄 수 있는지를 살펴보았다. 동시에 수행하는 과제의 수는 단일 과제와 이중 과제를, 전화기 메뉴 구조는 깊은 메뉴 구조와 넓은 메뉴 구조를 살펴보았다. 그리고 정보를 저장하는 데 실패한 경우에는 정보 에러(information error)가 발생하고 정보를 처리하는데 실패한 경우에는 선택 에러(choice error)가 발생한다고 하였다. 또한 운전 상황에서 휴대 전화를 사용할 경우 대화의 내용이 복잡할수록 주의를 분산시킬 가능성이 높아짐을 밝힌 연구 [7]를 통해 여러 과제를 동시에 수행할 때 과제가 복잡해질수록 주의를 분산시키고 인지부하가 높아짐을 알 수 있다. Haseloff는 모바일 폰과 같은 모바일 기기는 작은 화면과 입력 장치의 제약이 따름을 지적하였다[9]. 이런 제약 때문에 사용자의 버튼 조작 횟수가 증가되어 처리비용이 높아질 수도 있다[11]. 이 연구들을 통해서 모바일 폰과 같은 전자 기기를 사용해서 동시에 여러 가지 일을 수행했을 때 동일한 채널의 정보가 많이 주어지고 처리해야 될 내용이 복잡해지며 메뉴 구조에 따라 입력 횟수가 증가하면 인지부하가 증가함을 알 수 있다. 인지부하의 측정 방법으로는 이중 과제를 사용한 방법(dual task methodology)과 주관적 측정치를 이용한 방법이 있을 수 있다. 이중 과제를 사용해서 상당한 양의 인지적 자원을 요구하는 메뉴선택 과제의 난이도를 증가시키면 사용할 수 있는 전체 자원의 양이 줄어들게 되고 이것은 궁극적으로 도형기억 과제의 수행을 떨어뜨릴 수 있다. 이때 메뉴선택 과제의 수행 차이가 없다면 도형기억 과제의 수행의 차이는 메뉴선택 과제의 난이도 차를 나타낸다고 할 수 있다. 그리고 인지부하를 측정하는 가장 직관적이고 쉬운 방법은 주관적으로 평정을 받는 것으로서 작업부하를 여러 차원에서 하나 이상의 척도로 평가하는 Subjective Workload Assessment Technique(SWAT: Reid & Nygren, 1988)과 NASA Task Load Index (TLX: Hart &

Staveland, 1989)[9,17] 등이 있다. 본 연구에서는 NASA TLX를 이용해서 주관적인 인지부하를 측정하였다. 이 측정 도구는 인지부하를 6개의 하부 척도들인 정신적 요구(mental demand), 물리적 요구(physical demand), 시간적 요구(temporal demand), 과제 수행(performance), 노력(effort), 그리고 좌절감(frustration)에 대해서 21점 척도로 평정하는 것이다.

2.3 동작입력 인터페이스

음성이 아닌 인간의 의사소통 방식 중에서 대표적인 것이 동작(gesture)이다. 인간과 컴퓨터의 자연스러운 상호작용에 대해서 연구하면서 많은 연구자들은 이런 동작에 관심을 기울여 왔다. 음성이 그 소리로 인하여 주변 사람들을 방해할 수 있는 단점을 지니고 있는 반면 동작은 그런 문제점이 없으면서도 인간의 자연스러운 의사소통 방식의 하나라는 점에서 무척 관심을 끌고 있다. 동작을 이용한 사용자 인터페이스 연구에서 주로 손과 머리의 동작이 연구되었는데 여기서는 입력 장치를 사용하는 손에 관한 동작입력 인터페이스를 살펴볼 것이다. Wasinger[25]는 PDA를 이용해서 쇼핑할 때 사용될 수 있는 여러 가지 입력 방식 중 하나로써 동작을 사용했다. 음성(spoken language), 쓰기(hand writing), 만지기(intrageature), 동작(extrageature) 등의 다양한 입력 방식 중에서 말과 동작의 조합을 실험 참가자들은 가장 선호했다. Moyle[14]는 인터넷 검색 시 가장 많이 사용되는 버튼인 ‘앞으로’와 ‘뒤로’ 기능에 간단한 동작을 연결해서 버튼을 누른 경우와 비교한 결과 동작을 이용했을 때 더 빠른 수행과 높은 선호도를 보였다. Rekimoto [22]는 입력 장치는 일상생활에서 사용하는 데 편리하고 주변 사람들에게 피해를 주지 않아야 된다고 지적하면서 손과 팔의 움직임을 인식하는 팔찌와 함께 옷에 부착해서 동작을 인식하는 패드를 개발했다. Pihonen의 연구에서[4] PDA 속에 탑재된 음악 플레이어 간단한 동작을 통해서 제어하고 청각 피드백으로 결과를 확인함으로써 보지 않고도 음악 플레이

어를 제어할 수 있는 가능성을 보여 주었다. Feldman [5]은 일상생활 중 움직이면서 여러 가지 일을 동시에 처리해야 될 때 알맞은 상호작용 방식으로 동작입력 방식을 제안했으며 동작에 대한 높은 인식을 얻었다. 위의 동작 인터페이스 연구들은 동작을 통한 입력 방식이 좀 더 자연스러운 입력 방식이기에 수행이 더 좋을 것이라는 전제를 깔고 있다. 그렇기 때문에 새로운 입력 방식인 동작입력 방식이 지금의 입력 방식들과 비교했을 때 자연스러운 상호 작용을 통해 더 나은 수행을 보여주고 처리 용량을 덜 사용함으로써 인지부하를 줄여주는지를 점검하는 연구가 필요하다.

2.4 연구목적

컴퓨터를 사용하는 상황에 따라서 적절한 입력 방식이 존재한다. 컴퓨터를 이동 중에 사용할 때 또한 적합한 입력 방식이 존재할 것이다. 그러나 이동 중에 사용되는 입력 인터페이스에 대한 웨어러블 입력 인터페이스 연구들은 입력 방식들을 비교하기보다는 동일한 특성의 과제를 여러 입력 장치들을 이용해서 수행하고 정확도와 속도를 측정, 비교하였다. 이에 본 연구는 이동 중 적절한 입력 방식을 찾아보고자 한다. 그래서 많은 입력 방식들 중에서 목표물을 추적해서 선택하는 포인팅입력 방식, 버튼을 눌러서 문자나 숫자를 입력함으로써 과제를 수행하는 버튼 입력 방식, 여러 방향으로의 움직임을 입력으로 받아들여서 사용하는 동작입력 방식을 대상으로 연구를 진행하였다. 이동 중 모바일 폰을 사용하는 상황에서처럼 이동 중에는 위치를 이동하는 일과 사용자가 하고 있는 주요한 일, 그리고 전자 기기를 사용하는 일 등을 동시에 수행해야 하므로 과도한 인지부하에 걸리기 쉽다. 그러므로 이동 중 전자 기기를 사용할 때 인지부하를 낮춰줄 수 있는 입력 방식을 찾아낸다면 이동 중 적절한 입력 방식이라고 말할 수 있을 것이다. 그래서 이동 중 입력 방식을 달리 하였을 때 나타나는 인지부하를 측정함으로써 적절한 입력 방식을 찾아보려고 한다. 모바일 폰에서 메뉴 구조가 복잡해

져서 깊이가 한 단계씩 증가할수록 입력 횟수도 하나씩 증가한다. 이렇게 메뉴구조의 계층 수에 따라서 입력 횟수가 변하는 것도 인지부하에 영향을 미칠 수 있으므로 메뉴계층 수에 따른 인지부하도 살펴보고자 한다. 본 연구의 실험을 살펴보면 실험 1에서는 정지 상황에서 입력 방식과 메뉴 계층 수에 따른 이중 과제의 수행과 주관적 인지부하를 살펴보고 실험 2에서는 이동 상황에서 동일한 내용을 살펴보고자 한다. 또한 정지 상황과 이동 상황을 비교해 보고자 한다. 본 연구의 가설은 다음과 같다. 첫째, 입력 방식에 따라서 메뉴선택 과제의 정확도와 속도, 그리고 도형기억 과제의 정확도에서 유의미한 차이가 나타날 것이다. 둘째, 입력 방식에 따라서 주관적 인지부하에서 유의미한 차이가 나타날 것이다. 셋째, 메뉴계층 수에 따라서 메뉴선택 과제의 정확도와 속도, 그리고 도형기억 과제의 정확도에서 유의미한 차이가 나타날 것이다. 넷째, 메뉴계층 수에 따라서 주관적 인지부하에서 유의미한 차이가 나타날 것이다. 다섯째, 입력 방식과 메뉴계층 수 사이의 상호작용이 나타날 것이다. 여섯째, 정지 상황과 이동 상황의 결과에서 유의미한 차이가 나타날 것이다.

3. 연구방법

3.1 실험 1 : 정지 상황에서의 과제수행과 인지부하

실험 1에서는 화면에 제시된 메뉴구조에서 최하위 메뉴를 선택하는 메뉴선택 과제와 화면 중앙에 제시되는 도형의 수를 누적해서 기억하는 도형기억 과제를 정지 상황에서 동시에 수행할 때 메뉴선택 과제를 수행하는 입력 방식과 메뉴선택 과제에 제시되는 메뉴계층의 수에 따라서 과제 수행이 어떻게 나타나는지를 알아보고자 하였다. 과제 수행은 메뉴선택 과제의 정확도와 속도, 그리고 도형기억 과제의 정확도를 통해서 측정하였고, 실험이 종료된 후에 주관적인 인지부하에 대한 평가를 설문으로 받았다. 일상생활에서 전자 기기를 사용할 때 동시에 다른 일도 하기 때문

에 처리용량의 한계로 인지부하에 걸리는 경우가 있다. 이러한 경우 전자 기기 작동에 사용되는 자원의 양을 줄여줄 수 있다면 인지부하에 걸리는 가능성을 낮출 수 있을 것이다. 이 실험에서는 전자 기기의 입력 방식과 메뉴계층 수가 전자 기기 작동에 사용되는 자원의 양에 영향을 주는지를 알아보고자 하였다. 그래서 특정 입력 방식이나 메뉴계층 수에서 유의미할 정도의 차이로 도형을 더 많이 기억하거나 메뉴 선택을 더 빠르고 정확하게 할 수 있다면 이 입력 방식과 메뉴계층 수에서 인지부하가 더 적게 걸린다고 생각할 수 있을 것이다. 그리고 도형기억 과제의 정확도에서 유의미한 차이가 없는 경우 메뉴선택 과제의 속도나 정확도에서 유의미한 차이가 나타난다거나 메뉴선택 과제의 속도나 정확도에서 유의미한 차이가 나타나지 않는 경우 도형기억 과제의 정확도에서 유의미한 차이가 나타난다고 해도 인지부하에서 차이가 나타난 것이라고 말할 수 있을 것이다. 실험에 사용되는 버튼입력 방식과 포인팅입력 방식들은 시각적인 정보들을 주로 다루는 반면 동작입력 방식은 움직임과 같은 공간적인 정보들을 다루기 때문에 화면을 통해서 시각적인 자극들이 중첩되어 주어지는 실험 상황과 같은 경우에는 버튼입력 방식과 포인팅 입력 방식에서 인지부하에 걸릴 가능성이 높아져서 정보처리의 정확도와 속도가 떨어질 것이라고 예상하였다.

3.1.1 실험 참가자

연세대학교 대학생 81명을 대상으로 실험을 실시하였다. 개인차를 줄이기 위해 실험에 사용되는 입력 장치들의 사용 경험이 없는 참가자들을 모집하였다. 오른손잡이는 오른손에 입력 장치를 들고 왼손잡이는 왼손에 입력 장치를 들고 실험에 참가하였다.

3.1.2 장치

세 가지 입력 방식을 구현할 수 있는 입력 장치들을 찾아서 실험에서 사용하였다. 동작입력 방식에 사용되는 공중 마우스는 여덟 방향(북동, 북, 북서, 동, 서, 남동, 남, 남서)으로의 움직임을 인식하는 입력

장치이고 버튼입력 방식에 사용되는 Twiddler2는 총 12개의 버튼을 이용하여 문자를 입력하는 장치이며 포인팅입력 방식에 사용되는 트랙볼 마우스는 엄지로 트랙볼을 움직여서 커서를 이동시키고 검지로 목표물을 선택하는 입력 장치이다. 실험에서 사용된 프로그램은 visual basic으로 작성되었고 1024×768의 해상도를 가진 17인치 모니터로 실험 자극이 제시되었다.

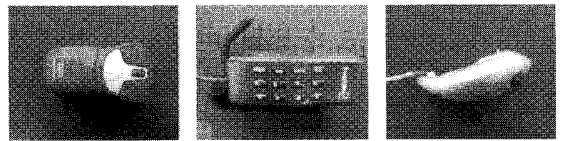


그림 1. 입력 장치
(왼쪽부터 공중 마우스, 트위들러 2, 돌핀 마우스)

3.1.3 자극 및 과제

참가자들은 도형기억 과제와 메뉴선택 과제를 동시에 수행하였다.

도형기억 과제 : 우선 도형기억 과제에서는 화면 좌측 상단에 기억해야 할 도형의 명칭이 지속적으로 주어진 상태에서 화면 중앙에 1초 간격으로 삼각형, 사각형, 원 중에서 한 종류의 도형이 한 개에서 네 개까지 무선적으로 주어진다. 이때 참가자들은 지정된 도형이 나타날 때마다 나타난 도형의 수를 합산해야 한다. 예를 들어 삼각형이 지정되었을 때 삼각형 2개 사각형 1개 삼각형 4개가 나타났다면 해당 블록이 종료했을 때 참가자는 7개라고 보고해야 한다. 따라서 참가자들은 지정된 도형의 누적합을 과제 수행 중 계속 기억하고 있어야만 한다.

메뉴선택 과제 : 메뉴선택 과제에서는 깊이와 너비가 다른 세 수준의 메뉴계층이 제시되었다. 1계층의 메뉴는 한 단계의 깊이를 가진 메뉴로서 화면 가장자리의 여덟 방향에 각각 하나씩의 메뉴들이 배치되었다. 2계층의 메뉴는 두 단계의 깊이를 가진 메뉴로서 화면 가장자리의 상하좌우에 각각 하나씩의 상위 메뉴들이 배치되었고 그 메뉴들을 선택하면 선택된 메뉴

들에 딸린 하위 메뉴들이 두 개씩 나타났다. 3계층의 메뉴는 세 단계의 깊이를 가진 메뉴로서 화면 상하에 상위 메뉴들이 위치하였고 각 메뉴를 선택하였을 때 두 개씩의 중간 메뉴들이 선택된 메뉴 옆에 나타났으며 다시 두 번째 단계의 메뉴를 선택하면 그 옆으로 하위 메뉴들이 각각 두 개씩 나타났다. 그래서 모든 메뉴계층에서 최종 단계의 메뉴 수는 총 여덟 개였으며 마지막 단계의 메뉴들에는 1에서 8까지의 숫자들이 적혀 있었다. 메뉴선택 과제에서 참가자들은 화면 우측 상단에 주어지는 1에서 8까지의 숫자들과 일치하는 마지막 단계의 메뉴들을 선택하였다(그림 2).

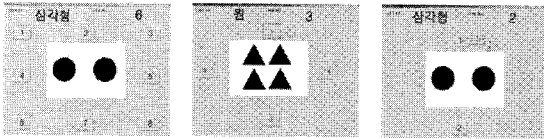


그림 2. 과제 제시화면(왼쪽부터 1계층, 2계층, 3계층)

3.1.4 실험 설계

실험은 참가자들이 입력 방식(3)×메뉴계층 수(3)의 9조건 중에서 한 조건에만 참여하는 피험자 간 (between-subject) 설계로 실시되었다. 우선 입력 방식의 세 수준은 동작 입력방식, 버튼 입력방식, 포인팅 입력방식이었다. 또한 메뉴계층 수의 세 수준은 1계층, 2계층, 3계층이었다. 종속 변인으로 기억 과제의 정확도, 메뉴선택 과제의 정확도와 속도, 그리고 인지부하에 대한 주관적 평가를 측정하였다. 도형 기억 과제의 정확도는 다음과 같이 정답수와 총점수의 두 가지 방식으로 점수화하였다. 정답수는 도형의 개수를 정확히 맞춘 블록수로 정의하였다. 과제는 총 6블록 제시되었으므로 총 정답수는 6회였다. 총점수는 참가자가 미세하게 오차를 보이는 정도를 포착하기 위해 다음과 같이 계산되었다. 먼저 한 블록이 완료되었을 때 실험참가자가 기억한 도형의 수와 정답간의 차이를 오차량이라고 하고 이 오차량을 10에서 감산한 것을 블록당 점수라 하고, 오차량이 10을 넘는 경우 점수는 0점으로 하였다(수식 1). 블록당 점

수의 총합을 도형기억과제의 총점수로 계산하였다(수식 2). 따라서 6블록 모두 정답을 맞춘 경우 도형 기억과제 총점수는 60점이 된다.

$$S_b = 10 - e \quad (\text{if } e > 10, S_b = 0) \quad (1)$$

$$S_{all} = \sum_{block=1}^6 S_b \quad (2)$$

e : 블록당 오차량

S_b : 블록당 점수

S_{all} : 도형기억과제 총 점수

또한 메뉴선택 과제의 정확도는 화면에 나타난 메뉴를 정확하게 선택한 횟수이고 속도는 메뉴를 선택하는 것을 한 번의 시행이라고 보았을 때 정확하게 메뉴를 선택한 시행들의 평균 경과시간이었다. 실험에서는 한 블록당 16번 메뉴를 선택하였고 총 6블록을 실시하였으므로 모든 메뉴를 정확하게 선택한 경우에는 그 횟수가 96회가 되었다. 그리고 인지부하에 대한 주관적 평가는 21점 척도의 NASA TLX 평가 항목들인 정신적 요구, 물리적 요구, 시간적 요구, 과제 수행, 노력, 좌절감의 여섯 가지 요인으로 나누어서 평가하였다.

3.1.5 절차

참가자들은 단일과제 세션과 이중과제 세션 순서로 실험에 참여하였다. 단일과제 세션에서는 임의적으로 지정된 입력 방식과 메뉴계층 수에 따른 메뉴선택 과제를 9블록 동안 수행하였다. 한 블록은 8개의 메뉴를 2번씩 총 16번 선택하도록 구성되었다. 또한 이중과제 세션에서는 단일과제 세션에서 행한 조건을 그대로 사용하여 기억 과제와 메뉴선택 과제를 동시에 6블록 동안 실시하였다. 한 블록은 단일과제 세션과 똑같이 16번의 메뉴선택으로 구성되었고 각 블록이 끝난 다음에는 기억하고 있는 도형의 개수를 실험자에게 보고하도록 하였다. 각 블록 간에는 피로를 줄여주기 위해서 휴식을 취하였다. 실험이 끝난 후 인지부하에 대한 주관적인 설문도 진행되었다.

3.1.6 결과 및 논의

도형기억 과제의 정확도

인지부하를 주기 위해 제시했던 기억 과제의 정확도를 도형기억과제 정답수와 총점수로 분석하였다. 먼저 정답수를 살펴보면, 평균 정답수는 입력방식에 따라 동작입력($M=3.26$), 버튼입력($M=3.48$), 포인팅입력($M=4.11$) 순서로 증가했고, 메뉴유형에 따라 1계층($M=3.70$), 2계층($M=3.67$), 3계층($M=3.48$) 순서로 감소했다. 그러나 입력 방식, 메뉴유형 및 상호작용 역시 유의미하지 않았다. (각각 $F(2,72)=3.050$, $p=.054$, $F(2,72)=.221$, $p>.05$, $F(4,72)=1.357$, $p>.05$). 다만 입력 방식의 경우 경향성은 있다고 인정될 수 있었다.

따라서 조금 더 미세한 차이를 알아보기 위해 도형 기억과제 점수를 살펴보았다. 도형기억과제 점수는 평균이 버튼입력($M=52.37$), 동작입력($M=53.22$), 포인팅입력($M=56.78$)의 순서로 증가하였고, 1계층($M=54.33$), 2계층($M=53.96$), 3계층($M=52.70$)의 순서로 감소함을 확인할 수 있었다. 60점 만점에서 모든 경우에 50점 이상이었으며 메뉴계층 수 증가에 따라서 도형 점수가 감소했음을 확인할 수 있었다. 이에 대한 변량 분석 결과 도형기억과제 점수에 대해서 입력 방식에 따른 유의미한 차이는 없었고($F(2,72)=3.032$, $p=.054$), 메뉴계층 수에서도 유의미한 차이가 없었으며($F(2,72)=.902$, $p>.05$), 입력 방식과 메뉴계층 수의 상호작용 효과도 유의미하게 나타나지 않았다($F(4,72)=.441$, $p>.05$). 단 정답수와 같이 입력 방식에서 약한 경향성만을 보여주었다. 이 결과들을 분석해 보면 도형의 개수를 맞춘 횟수가 6회에서 4회를 넘지 못하였지만 도형 점수가 60점 만점에서 50점 이상이기 때문에 개수를 정확히 기억하지는 못하였으나 비슷하게 기억한 것을 알 수 있었다. 이를 통해 참가자들이 도형 개수를 세기 위해서 지속적으로 주의를 기울였음을 확인할 수 있었다. 또한 동작입력, 버튼입력, 포인팅입력으로 갈수록 약하게나마 정확성이 높아짐을 확인할 수 있었다.

메뉴선택 과제의 정확도

메뉴선택 과제의 정확도는 단일과제 세션에서 앞의 3블록을 뺀 나머지 6블록 그리고 이중과제 세션에서 전체 6블록의 총 96시행(한 블록당 16시행) 중에서 맞은 시행 수를 측정하였다. 메뉴선택 과제 한 가지만을 수행한 단일과제 세션과 동시에 두 가지 과제를 수행한 이중과제 세션의 결과를 비교해서 동시 과제가 주어졌을 때 수행이 어떻게 바뀌었는지를 살펴보고 이를 통해서 인지부하를 확인하려고 하였다. 단일과제 세션과 이중과제 세션의 맞은 시행 수의 평균과 표준편차는 표 1과 같았다.

표 1. 실험 1의 메뉴선택 과제의 정확도

(단일과제, 이중과제 세션)

입력방식	메뉴 계층수	단일과제 세션맞은 시행 수		이중과제 세션맞은 시행 수	
		평균	표준편차	평균	표준편차
동작입력 방식	1계층	89.00	3.428	89.78	5.191
	2계층	92.89	2.147	93.33	2.915
	3계층	89.33	2.958	91.78	4.381
	Total	90.41	3.308	91.63	4.360
버튼입력 방식	1계층	93.22	1.922	92.67	3.162
	2계층	90.67	4.637	92.33	3.000
	3계층	89.56	3.745	89.89	3.444
	Total	91.15	3.810	91.63	3.330
포인팅 입력방식	1계층	95.44	1.130	95.78	.441
	2계층	93.67	1.803	94.44	1.667
	3계층	92.22	1.856	92.67	2.121
	Total	93.78	2.063	94.30	1.996
Total	1계층	92.58	3.545	92.74	4.202
	2계층	92.41	3.273	93.37	2.648
	3계층	90.37	3.140	91.44	3.512
	Total	91.78	3.431	92.52	3.561

조건간의 유의미한 차이를 확인하기 위한 변량 분석 결과 입력 방식에 따라서 단일과제 세션의 맞은 시행 수($F(2,72)=10.543$, $p<.001$)와 이중과제 세션의 맞은 시행 수($F(2,72)=6.195$, $p<.01$)에서 모두 유의미한 차이를 보였다. 어떤 조건들이 차이가 있었는지를 사후 검증해 보았더니 모든 세션에서 포인팅입력과 동작입력, 포인팅입력과 버튼입력 간에서 유의미한 차이를 보였다(모두 $p<.01$). 동작입력과 버튼입

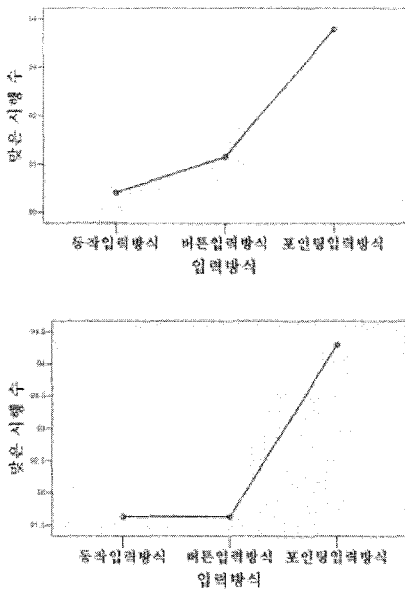


그림 3. 실험 1의 입력 방식에 따른 맞은 시행 수 평균 (단일과제, 이중과제 세션)

력 방식에서는 유의미한 차이가 없었고 포인팅입력 방식만 정확도가 더 높았음을 알 수 있었다(그림 3).

메뉴계층 수에 따라서는 단일과제 세션에서는 유의미한 차이를 보였고($F(2,72)=5.011, p<.01$), 이중과제 세션에서는 유의미한 차이가 없었으며($F(2,72)=2.520, p>.05$), 입력 방식과 메뉴계층 수의 상호작용 효과도 단일과제 세션에서는 나타났으나($F(4, 72)=3.536, p<.05$), 이중과제 세션에서는 나타나지 않았다($F(4,72)=2.187, p>.05$). 단일과제 세션에 대해 사후 검증을 실시한 결과 1계층과 3계층, 2계층과 3계층 간에 유의미한 차이가 나타남을 확인할 수 있었다(둘 다 $p<.05$). 단일과제 세션에서는 계층 수가 늘어날수록 정확도가 낮아지는 것을 확인할 수 있었으나 이중과제 세션에서는 메뉴계층 수에 따라서 유의미한 차이를 보이지 않았다. 그 이유는 정확도에서 1계층($M=92.74$)이 2계층($M=93.37$)보다 떨어졌기 때문이다. 이것으로 동작입력 방식에서 1계층($M=89.78$)이 2계층($M=93.33$)보다 떨어진 영향이 크게 나타났음을 확인할 수 있다. 이 결과를 통해서 단일과제보다 이중과제를 동시에 수행해야 하는 경우에

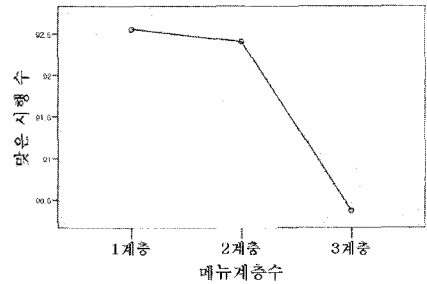


그림 4. 실험 1의 메뉴계층 수에 따른 맞은 시행 수 평균 (단일과제 세션)

는 네 방향으로 움직이는 2계층처럼 단순한 동작을 반복하는 것이 여덟 방향으로 움직이는 1계층과 같이 더 복잡한 동작을 적은 횟수로 수행하는 것보다 더 나음을 알 수 있다. 여기서 1계층의 여덟 방향으로 움직이는 것보다 2계층의 네 방향으로 움직이는 것이 단순한 동작으로 입력을 구성하게 됨으로써 인지부하를 낮춰줄 수 있음을 알 수 있다(그림 4).

메뉴선택 과제의 속도

메뉴선택 과제의 속도는 메뉴선택에 성공한 시행당 걸린 시간을 측정하였다. 각 조건의 속도는 표 2와 같았다. 또한 이중 과제를 주었을 때 수행이 어떻게 바뀌는지를 확인하기 위해서 단일과제 세션과 이중과제 세션에서의 수행 속도를 비교하였다. 이에 대한 변량 분석 결과 입력 방식에 따라서 메뉴선택에 성공한 시행당 걸린 시간이 단일과제 세션($F(2, 72)=28.270, p<.001$)과 이중과제 세션($F(2,72)=12.894, p<.001$)에서 모두 유의미한 차이를 보였다. 어떤 조건들이 차이를 나타내는지 확인하기 위해 사후 검증을 실시한 결과 단일과제 세션에서는 모든 입력 방식 간에서 유의미한 차이가 있었고(모두 $p<.05$), 이중과제 세션에서는 동작입력 방식과 버튼입력 방식, 그리고 동작입력 방식과 포인팅입력 방식 간에 유의미한 차이를 보였다(둘 다 $p<.01$). 이 결과를 통해서 단일과제 세션에서는 버튼입력 방식보다 동작입력 방식의 수행 속도가 느렸으나 이중과제 세션에서 두 가지 과제를 동시에 수행한 경우 버튼입력 방식보다 동작

표 2. 실험 1의 메뉴선택 과제의 속도

(단일과제, 이중과제 세션)

입력방식	메뉴 계층수	단일과제 세션맞은 시행당 걸린 시간		이중과제 세션맞은 시행당 걸린 시간	
		평균	표준편차	평균	표준편차
동작입력 방식	1계층	1.1696	.25653	1.0467	.13682
	2계층	2.4057	.36268	1.3199	.08269
	3계층	2.6462	.58354	1.0041	.08111
	Total	2.0738	.77465	1.1236	.17383
버튼입력 방식	1계층	1.1549	.16161	1.1544	.19255
	2계층	1.9508	.36864	1.5644	.19880
	3계층	1.7738	.52826	1.1210	.23686
	Total	1.6265	.50659	1.2799	.28815
포인팅 입력방식	1계층	1.9368	.29936	1.2448	.05377
	2계층	2.8093	.42361	1.4465	.06958
	3계층	3.5925	1.28718	1.3311	.25317
	Total	2.7795	1.03319	1.3408	.17086
Total	1계층	1.4204	.44086	1.1487	.15770
	2계층	2.3886	.51498	1.4436	.16156
	3계층	2.6708	1.12837	1.1521	.24085
	Total	2.1599	.92383	1.2481	.23403

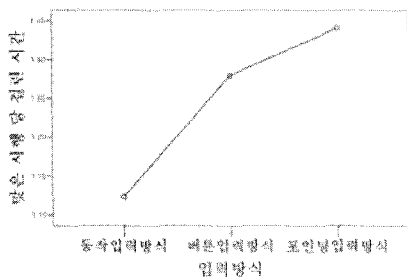
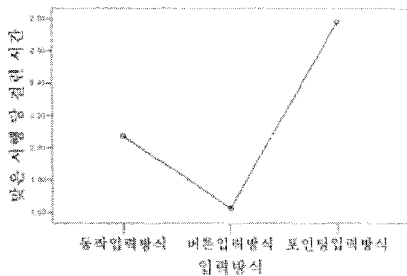


그림 5. 실험 1의 입력 방식에 따른 맞은 시행 당 걸린 시간 (단일과제, 이중과제 세션)

입력 방식이 시간이 덜 걸리고 그 차이가 유의미함을 알 수 있었다. 그리고 단일과제 세션에서는 유의미한 차이가 나던 버튼입력 방식과 포인팅입력 방식의 맞은 시행당 걸린 시간에서 이중과제 세션에서는 차이

가 나지 않음을 확인할 수 있었다. 즉 동시에 수행하는 이중과제에서는 동작입력 방식에서 메뉴선택 과제 수행에 가장 적은 시간이 걸렸음을 확인할 수 있었다(그림 5).

그리고 메뉴계층 수에 따라서도 단일과제 세션 ($F(2,72)=35.979, p<.001$)과 이중과제 세션($F(2,72)=29.434, p<.001$)에서 모두 유의미한 차이를 보였으나, 입력방식과 메뉴계층 수의 상호작용에 있어서는 단일과제 세션에서는 유의미한 차이를 보였으나 ($F(4,72)=2.762, p<.05$), 이중과제 세션에서는 유의미하지는 않고 약한 경향성만을 보였다($F(4,72)=2.491, p=.051$). 이에 대한 Tukey의 HSD 사후 검증 결과 단일과제 세션에서는 1계층과 2계층, 그리고 1계층과 3계층의 차이가 유의미 하였으나(둘 다 $p<.001$), 이중과제 세션에서는 1계층과 2계층, 그리고 2계층과 3계층의 차이가 유의미했다(둘 다 $p<.0001$). 단일과제 세션에서는 메뉴계층이 늘어날수록 증가되던 걸린 시간이 이중과제 세션에서는 2계층이 다른 계층보다 더 많은 시간이 걸림을 확인할 수 있다. 이는 3계층에서 깊이는 깊어지지만 선택할 수 있는 경우의 수가 줄어들어서 메뉴선택 시 더 단순한 판단을 할 수 있게 되었기 때문일 것이라고 생각된다.

주관적 인지부하 측정

주관적 인지부하 측정은 21점 척도의 주관적 평가 문항들을 이용해 정신적 요구, 물리적 요구, 시간적 요구, 과제 수행, 노력, 좌절감 정도를 측정하였다. 각 조건의 인지부하가 통계적으로 유의미한지를 알아보기 위해서 변량 분석을 실시한 결과 입력 방식에 따라서 물리적 요구에서만 유의미한 차이를 나타내었다($F(2,72)=6.026, p<.01$). 조건 간의 차이를 Tukey의 HSD로 사후 검증해 본 결과 버튼입력 방식과 포인팅 입력 방식 간에서만 유의미한 차이를 보였다($p<.005$). 버튼입력 방식이 물리적으로 가장 쉬웠고 포인팅입력 방식이 가장 어려웠으나 가장 어려운 정도를 21점으로 했을 때 평균이 버튼입력 방식은 6.00, 동작입력 방식은 8.67, 그리고 포인팅입력 방식은

10,15로 '보통이다'인 11점보다 낮았기 때문에 물리적으로 크게 힘들지 않았음을 알 수 있었다.

3.2 실험 2 : 보행시의 과제수행과 인지부하

실험 2에서는 이동 상황에서 실험 1과 동일한 과제를 수행한 경우 과제 수행과 인지부하가 어떻게 나타나는지를 살펴보고자 하였다. 이동 상황을 재현하기 위해서 참가자들은 러닝머신에서 천천히 걸으면서 과제를 수행하였다. 실험 2의 결과를 분석하고 실험 1의 결과와 비교함으로써 이동 상황이 실험에서 주어지는 이중 과제 수행에 어떤 영향을 미치는지를 알아보고자 하였다.

3.2.1 실험 참가자

심리학 관련 과목을 수강하는 연세대학교 대학생 81명을 대상으로 실험을 실시하였다. 실험 1과 마찬가지로 실험에 사용되는 입력 장치를 사용한 경험이 없는 참가자들을 모집하였다.

3.2.2 장치

동작입력 방식의 공중마우스, 버튼입력 방식의 Twiddler2, 그리고 포인팅입력방식의 돌핀 마우스가 실험 1과 같이 사용되었고 참가자들은 러닝머신 위에서 걸으면서 실험에 참여하였다.

3.2.3 자극 및 과제

참가자들은 실험 1과 동일한 두 가지 과제를 수행하였고 제시된 자극도 같았다. 참가자들은 러닝머신 위에서 조금 빠른 속도(3.4km/h)로 걸으면서 과제를 수행하였다.

3.2.4 실험설계 방안

실험 1과 동일하게 입력 방식(3) × 메뉴계층 수(3)의 피험자 간 설계로 실시된 실험에서 각 조건당 9명씩의 참가자들이 참여하였다.

3.2.5 절차

실험 1과 동일한 순서로 실험이 진행되었으며 참가자들이 걸으면서 실험에 참가하였기 때문에 충분한 휴식을 취할 수 있도록 하였다.

3.2.6 결과 및 논의

기억 과제의 정확도

실험 1과 마찬가지로 기억 과제의 정확도는 도형의 개수를 맞춘 횟수와 도형점수로 측정하였다. 우선 도형의 개수를 맞춘 횟수를 살펴보면, 평균이 입력 방식에서는 동작입력($M=3.48$), 버튼입력($M=3.78$), 포인팅입력($M=3.78$)으로 나타났고, 메뉴계층 수에서는 1계층($M=3.63$), 2계층($M=4.07$), 3계층($M=3.33$)으로 나타났다. 유의미한 차이가 나타나는지를 알아보기 위해 변량 분석한 결과 입력 방식에서 유의미한 차이가 없었고($F(2,72)=.443, p>.05$), 메뉴계층 수에서도 유의미하지 않았으며($F(2,72)=2.104, p>.05$), 입력 방식과 메뉴계층 수의 상호작용 효과도 유의미하지 않았다. ($F(4,72)=1.979, p>.05$). 또한 도형 점수를 살펴보면, 평균은 동작입력($M=51.56$), 버튼입력($M=53.37$), 포인팅입력($M=54.19$) 순서로 증가하였으며, 1계층($M=52.96$), 2계층($M=54.41$), 3계층($M=51.74$)으로 나타났다. 이를 변량 분석해 본 결과 입력 방식에서 유의미하지 않았고($F(2,72)=1.200, p>.05$), 메뉴계층 수에서도 유의미한 차이가 없었으며($F(2,72)=1.180, p>.05$), 입력 방식과 메뉴계층 수의 상호작용 효과도 유의미하지 않았다($F(4,72)=1.437, p>.05$). 이 결과를 통해 정지 상황에서 진행된 실험 1과 마찬가지로 이동 상황에서도 입력 방식과 메뉴계층 수에 따른 기억 과제의 정확도에서 유의미한 차이가 나타나지 않았음을 확인할 수 있었다. 그리고 유의미하지는 않았지만 포인팅입력 방식의 평균이 다른 방식보다 높게 나타남을 확인할 수 있었다. 또한 메뉴계층 수를 살펴보았을 때 동작입력 방식과 포인팅입력 방식에서 1계층의 평균이 2계층보다 떨어짐을 확인할 수 있었다. 유의미한 결과가 나오지는 않았으나 선택할 수 있는 경우의 수가

여덟 가지보다는 네 가지가 더 단순해서 정확도의 차이가 나타난 것으로 생각된다.

메뉴선택 과제의 정확도

실험 1에서와 같이 메뉴선택 과제의 정확도는 단일과제 세션과 이중과제 세션의 총 96시행 중에서 맞은 시행 수로 측정하였다. 각 조건의 정확도는 표 3과 같았다. 이 결과가 통계적으로 유의미한지를 알아보기 위해 변량 분석을 실시한 결과 입력 방식에 따라서 맞은 시행 수는 단일과제 세션($F(2,72)=10.544, p<.001$)과 이중과제 세션($F(2,72)=14.806, p<.001$)에서 모두 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났고, 메뉴계층 수에 따라서는 단일과제 세션($F(2,72)=4.037, p<.05$)에서는 유의미한 차이가 있었으나 이중과제 세션($F(2,72)=2.439, p>.05$)에서는 유의미한 차이가 없었다. 또한 입력 방식과 메뉴계층 수의 상호작용 효과가 단일과제 세션($F(4,72)=2.812, p<.05$)과 이중과제 세션($F(4,72)=2.588, p<.05$)에서 유의미하게 나타났다.

표 3. 실험 2의 메뉴선택 과제의 정확도

(단일과제, 이중과제 세션)

입력방식	메뉴 계층수	단일과제 세션맞은 시행 수		이중과제 세션맞은 시행 수	
		평균	표준편차	평균	표준편차
동작입력 방식	1계층	88.11	5.578	86.22	6.476
	2계층	93.67	2.000	91.33	3.000
	3계층	86.78	7.429	87.44	5.681
	Total	89.52	6.085	88.33	5.526
버튼입력 방식	1계층	92.67	2.345	92.67	2.550
	2계층	90.67	3.571	90.22	3.270
	3계층	90.22	4.522	89.44	3.321
	Total	91.19	3.617	90.78	3.262
포인팅 입력방식	1계층	95.56	.726	95.11	1.269
	2계층	94.56	1.740	94.22	1.716
	3계층	93.00	2.739	92.33	3.354
	Total	94.37	2.133	93.89	2.501
Total	1계층	92.11	4.602	91.33	5.477
	2계층	92.96	2.993	91.93	3.149
	3계층	90.00	5.684	89.74	4.579
	Total	91.69	4.676	91.00	4.544

구체적으로 어떤 조건들 간에서 차이가 나는지를 확인하기 위해 Tukey의 HSD 사후 검증을 실시해 본 결과 입력 방식에서는 단일과제 세션과 이중과제 세션에서 모두 포인팅입력 방식과 동작입력 방식, 포인팅입력 방식과 버튼입력 방식에서 유의미한 차이를 보였다(모두 $p<.05$). 맞은 시행 수에서는 단일과제 세션에서 2계층과 3계층 사이에서만 유의미한 차이를 보였다($p<.05$). 이 결과들을 살펴보면 동작입력 방식과 버튼입력 방식에서는 메뉴선택 과제의 정확도에서 유의미한 차이는 없었고 포인팅입력 방식이 더 높은 정확도를 보였음을 알 수 있었다. 또한 이중과제 세션에서는 메뉴계층 수에 따라서 정확도의 차이는 보이지 않았음을 알 수 있었다. 그리고 상호작용을 살펴보면 버튼입력 방식과 포인팅입력 방식은 계층의 수가 늘어남에 따라서 맞은 시행수가 떨어졌으나 동작 입력 방식은 1계층에서 2계층으로 늘어날 때 맞은 시행수가 증가하였다. 이는 실험 1처럼 1계층에서 여덟 방향으로 움직이는 것이 2계층에서 네 방향으로 움직이는 것보다 더 많은 인지부하를 일으켰기 때문이라고 생각된다(그림 6, 7).

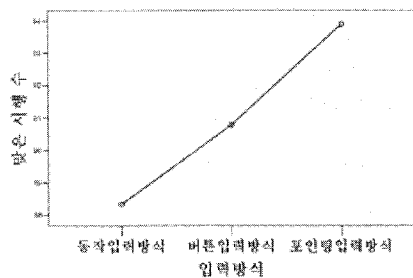
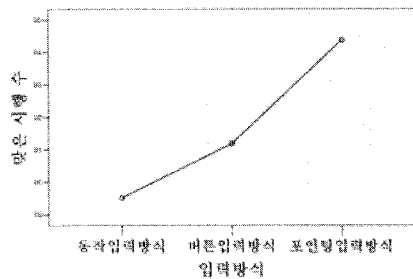


그림 6. 실험 2의 입력 방식에 따른 맞은 시행 수 평균
(단일과제, 이중과제 세션)

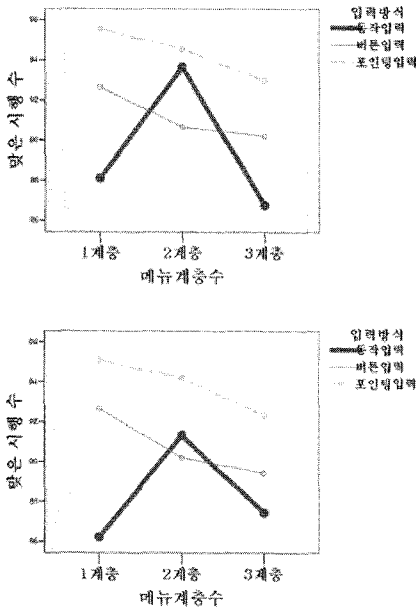


그림 7. 실험 2의 입력 방식, 메뉴계층 수에 따른 맞은 시행 수 평균 (단일과제, 이중과제 세션)

메뉴선택 과제의 속도

메뉴선택 과제의 속도는 메뉴선택에 성공한 시행당 걸린 시간을 측정하였다. 각 조건의 속도는 표 4와 같았다. 또한 이중 과제를 동시에 수행하도록 하였을 때 과제 수행 속도가 어떻게 나타나는지를 확인하기 위해서 메뉴선택 과제만을 수행한 단일과제 세션과 두 과제를 동시에 수행한 이중과제 세션의 과제 수행 속도를 비교하였다.

이 결과가 통계적으로 유의미한지를 알아보기 위해 변량 분석을 실시한 결과 입력 방식에 따라서 메뉴선택에 성공한 시행당 걸린 시간이 단일과제 세션 ($F(2,72)=65.493, p<.001$)과 이중과제 세션($F(2,72)=6.420, p<.005$)에서 유의미한 차이를 보였음을 알 수 있었고 메뉴계층 수에 따라서도 단일과제 세션 ($F(2,72)=88.107, p<.001$)과 이중과제 세션($F(2,72)=23.517, p<.001$)에서 유의미한 차이를 보였으며, 입력 방식과 메뉴계층 수의 상호작용에 있어서도 단일과제 세션($F(4,72)=2.926, p<.05$)과 이중과제 세션($F(4,72)=3.181, p<.05$)에서 유의미한 차이를 보였다. 정확히 어떤 조건들 간에 차이가 나타나는지를

알아보기 위해 Tukey의 HSD 사후 검증을 실시한 결과 입력 방식에서는 단일과제 세션에서는 모든 방식 간에 유의미한 차이를 보였고(모두 $p<.001$), 이중과제 세션에서는 동작입력 방식과 포인팅입력 방식 간, 그리고 버튼입력 방식과 포인팅입력 방식 간에 유의미한 차이를 보였으며(둘 다 $p<.05$), 메뉴계층 수에서는 단일과제 세션에서는 1계층과 2계층, 1계층과 3계층 사이에 유의미한 차이를 보였고(모두 $p<.05$), 이중과제 세션에서는 각 계층 간에 모두 유의미한 차이를 보였다(셋 다 $p<.05$). 이런 결과는 처음에 입력 방식이 익숙하지 않은 단일과제 세션인 경우에는 많이 사용해서 익숙한 버튼입력 방식이 시간이 적게 걸리지만 단일과제 세션을 통해서 익숙해진 경우 동시에 두 가지의 과제를 수행해야 할지라도 동작입력 방식이 시간이 더 적게 걸림을 확인할 수 있었다. 그래서 도형의 개수를 세는 도형기억 과제 수행의 차이가 없었기 때문에 동작입력 방식을 통해서 수행을 더 빠리한 경우가 인지부하가 더 적게 주어졌을 것이라고 추정할 수 있을 것이다(그림 8, 9, 10).

표 4. 실험 2의 메뉴선택 과제의 속도

(단일과제, 이중과제 세션)

입력방식	메뉴 계층수	단일과제 세션		이중과제 세션	
		맞은 시행당 걸린 시간 평균	표준편차	맞은 시행당 걸린 시간 평균	표준편차
동작입력 방식	1계층	1.2561	.27141	1.1130	.14322
	2계층	2.1918	.20708	1.2483	.05337
	3계층	2.4506	.17558	.9937	.05944
	Total	1.9662	.56458	1.1184	.13967
버튼입력 방식	1계층	1.0806	.21760	1.1635	.26121
	2계층	1.8848	.48417	1.1757	.09359
	3계층	1.6677	.42232	1.0664	.24956
	Total	1.5444	.51126	1.1352	.21293
포인팅 입력방식	1계층	1.7766	.17331	1.2585	.08883
	2계층	2.8510	.24991	1.4687	.11296
	3계층	2.7972	.32496	1.0194	.06245
	Total	2.4749	.56096	1.2489	.20625
Total	1계층	1.3711	.37037	1.1784	.18306
	2계층	2.3092	.52276	1.2976	.15368
	3계층	2.3051	.57328	1.0265	.14963
	Total	1.9951	.66134	1.1675	.19571

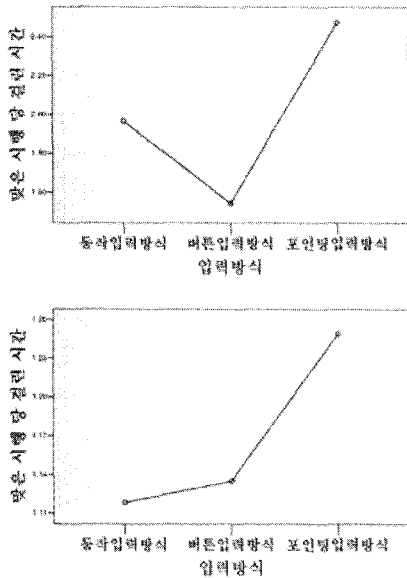


그림 8. 실험 2의 입력 방식에 따른 맞은 시행당 걸린 시간 (단일과제, 이중과제세션)

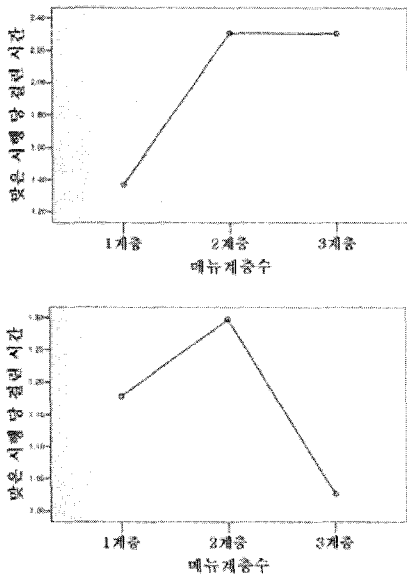


그림 9. 실험 2의 메뉴계층 수에 따른 맞은 시행당 걸린 시간 (단일과제, 이중과제 세션)

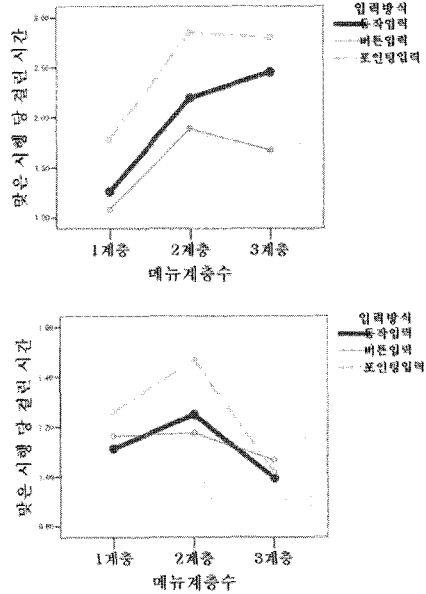


그림 10. 실험 2의 입력 방식, 메뉴계층 수에 따른 맞은 시행당 걸린 시간(단일과제, 이중과제 세션)

인지부하

주관적 인지부하는 실험 1과 같이 측정하였다. 변량 분석을 통해서 유의미한 결과를 보인 항목들만 살펴 보면, 입력 방식에서는 과제 수행에서 유의미한 차이를 나타냈고($F(2, 72)=12.917, p<.001$), 메뉴계층 수에서는 물리적 요구($F(2,72)=4.702, p=.012$)와 노력($F(2,72)=5.247, p<.01$), 좌절감($F(2,72)=3.503, p<.05$)에서 유의미한 차이를 보였으며, 입력 방식과 메뉴계층 수의 상호작용에서도 물리적 요구에서 유의미한 차이를 보였다($F(4,72)=2.559, p<.05$). Tukey의 HSD로 각 조건간의 차이를 사후 검증해 본 결과 입력 방식에 따른 과제 수행 항목에서는 동작입력 방식($M=8.78$)과 버튼입력 방식($M=11.78$), 동작입력 방식과 포인팅입력 방식($M=13.11$)에서 유의미한 차이를 보였다(둘 다 $p<.01$). 또한 메뉴계층 수에 따른 물리적 요구 항목에서는 1계층($M=8.74$)과 2계층($M=12.30$)에서만 유의미한 차이를 보였고($p=.012$), 노력 항목에서는 1계층($M=10.44$)과 2계층($M=12.81$), 1계층과 3계층($M=13.04$)에서 유의미한 차이를 보였으며($p<.05$), 좌절감 항목에서는 1계

층($M=7.26$)과 3계층($M=10.33$)에서 유의미한 차이를 보였다($p<.05$). 위의 결과들을 살펴보면, 포인팅 입력 방식이 과제 수행에서 높게 나타난 이유는 다른 방식에 비해서 느리지만 정확했기 때문에 과제 수행이 더 잘 이루어졌다고 느꼈음을 알 수 있다. 또한 물리적 요구 항목에서 2계층이 더 어렵게 나타난 것을 반영해서 메뉴선택 과제의 속도에서도 2계층이 유의미하게 오래 걸렸음을 확인할 수 있다. 그리고 노력 항목에서 계층에 따라서 어렵게 느끼는 정도가 높아짐을 통해서 메뉴계층 수가 증가할수록 메뉴를 선택하기 위해서 더 많은 노력을 기울임을 알 수 있었다. 좌절감 항목에서 3계층이 더 높게 나타난 것에서 메뉴계층 수가 늘어나 메뉴구조가 복잡해짐에 따라서 메뉴를 찾아서 선택하는 데 더 많은 인지적 자원을 들이기 때문에 짜증이 유발됨을 알 수 있었다.

실험 1,2 결과 비교

정지 상황과 이동 상황에서 수행 결과가 어떻게 달라지는지를 확인하기 위해서 실험 1과 실험 2의 결과를 비교해 보았다. 우선 도형기억 과제에서는 평균이 도형의 개수를 맞춘 횟수에서는 정지 상황($M=3.62$), 이동 상황($M=3.68$)이었고, 도형 점수에서는 정지 상황($M=53.67$), 이동 상황($M=53.04$)으로 나타났다. 두 측정치에서 모두 정지 상황과 이동 상황에서 유의미한 차이를 보이지 않았다($p>.05$). 실험에서 주어지는 이중 과제의 수행 결과를 통해서 조건 간의 인지부하의 차이를 설명하고자 하였는데 기억 과제의 정확도에서 각 조건 간에 차이를 보이지 않았기 때문에 다른 과제인 메뉴선택 과제의 정확도와 속도에서의 차이가 인지부하의 차이를 설명할 수 있을 것이다. 또한 메뉴선택 과제의 정확도에서는 단일과제 세션에서 그 차이가 유의미하지 않았으나($F(1,144)=.026, p>.05$), 이중과제 세션에서 정지 상황($M=92.52$), 이동 상황($M=91.00$)으로 유의미한 차이를 나타냈다($F(1,144)=7.633, p=.006$). 이 결과는 단일 과제에서는 이동 상황이 정확도에 많은 영향을 미치지 않았으나 이중 과제를 수행하는 경우에는 정확

도에 유의미한 영향을 주어서 정확도를 약간 떨어뜨림을 확인할 수 있다. 그리고 메뉴선택 과제의 속도 측면에서는 단일과제 세션에서 정지 상황($M=2.1599$), 이동 상황($M=1.9951$)으로 유의미한 차이를 나타냈고($F(1,144)=5.336, p<.05$), 이중과제 세션에서도 정지 상황($M=1.2481$), 이동 상황($M=1.1675$)으로 유의미한 차이를 나타냈다($F(1,144)=11.094, p=.001$). 결과들을 통해서 이동 상황에서 속도가 더 빨라짐을 확인할 수 있다. 마지막으로 주관적 인지부하에서는 물리적 요구에서 정지 상황($M=8.27$), 이동상황($M=10.81$)으로 유의미하게 차이가 났으며($F(1,144)=13.277, p<.001$), 시간적 요구에서도 정지 상황($M=9.67$), 이동 상황($M=8.14$)으로 유의미하게 차이가 났다($F(1,144)=4.388, p<.05$). 이로써 이동 상황에서 입력을 할 때 물리적으로 더 힘이 들어감을 확인할 수 있었고 시간적으로는 압박을 덜 느낌을 알 수 있었다. 이는 과제를 수행한 속도는 걷기에서 오히려 빨라졌음을 통해서도 확인할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 이동 중 다른 일을 하면서 전자 기기를 사용하는 경우 전자 기기의 입력 방식과 메뉴계층 수에 따라서 인지부하가 어떻게 나타나는지를 살펴보고 이동 중 사용하기에 적합한 입력 방식과 메뉴계층 수를 찾아보고자 하였다. 입력 방식은 데스크탑 환경에서부터 많이 사용된 버튼입력 방식과 포인팅 입력 방식, 그리고 현재 자연스러운 상호작용 방식이라고 생각되어서 많은 연구가 진행되고 있는 동작입력 방식을 선정하였고 메뉴계층 수는 연구자가 1계층, 2계층, 3계층으로 구성하였다. 또 입력 방식을 이용해서 메뉴를 선택하는 과제와 도형의 개수를 기억하는 과제를 동시에 제시함으로써 인지부하를 측정하고자 하였다. 여기서 인지부하는 메뉴선택 과제의 정확도와 속도, 도형기억 과제의 정확도를 이용해서 측정하였고 실험이 끝난 후 주관적 평가를 받았다. 우선 실험 1에서는 정지 상황에서 입력 방식과 메뉴

계층 수에 따라서 인지부하에서 차이가 나타나는지를 알아보았다. 도형기억 과제의 정확도에서는 유의미한 차이를 보이지 않았고 메뉴선택 과제의 정확도에서는 포인팅입력 방식이 더 높은 정확도를 보였으며 단일과제 세션에서 계층 수가 증가함에 따라서 유의미하게 떨어지던 정확도가 이중과제 세션에서는 유의미하지 않게 나타났다. 그 원인은 1계층의 메뉴 구조에서 동작입력 방식으로 실험에 참여했을 때 정확도가 떨어진 것이다. 이는 1계층의 메뉴 구조에서는 여덟 방향으로 움직이면서 과제를 수행해야 되기에 정확한 동작을 하기 위해서 인지부하가 걸렸기 때문이라고 생각된다. 2계층이 한 시행을 완수하기 위해서 입력해야 되는 횟수가 한 번 늘어나지만 선택이 네 방향으로 단순해지므로 인지부하가 덜 걸릴 수 있음을 확인할 수 있다. 그리고 메뉴선택 과제의 속도에서는 단일과제 세션에서는 버튼입력 방식, 동작입력 방식, 포인팅입력 방식 순서로 걸리는 시간이 증가하였으나 이중과제 세션에서는 동작입력 방식이 버튼입력 방식보다 시간이 적게 걸렸고 버튼입력과 포인팅입력 방식이 유의미한 차이를 보이지 않았다. 여기서 이중 과제를 수행했을 때 동작입력 방식이 가장 속도가 빠름을 알 수 있다. 이를 종합해 보면 속도에서는 버튼입력 방식이 빨랐고, 정확도에서는 포인팅입력 방식이 높았음을 알 수 있다. 또한 인지부하에 대한 주관적 평가 항목들 중 물리적 요구에서만 버튼입력과 포인팅입력 사이의 유의미한 차이를 발견할 수 있었다. 그러나 세 경우 모두 '보통이다'인 11점보다 낮은 평균 점수를 보였으므로 물리적으로 크게 힘들지 않았음을 알 수 있다. 실험 2에서는 이동 상황에서 실험 1과 동일한 과제들을 수행하여 인지부하를 살펴보았다. 실험 1과 같이 도형기억 과제의 정확도는 유의미한 차이를 보이지 않았고 메뉴선택 과제의 정확도에서도 포인팅입력 방식이 가장 높았다. 메뉴선택 과제의 속도에서도 단일과제 세션에서는 버튼입력 방식, 동작입력 방식, 포인팅입력 방식 순서로 느려졌으나 이중 과제를 수행하는 이중과제 세션에서는 버튼입력과 동작입력은 차이가 없었고 포

인팅 입력 방식이 가장 느렸다. 이를 통해서 동작입력 방식이 버튼입력 방식에 비해서 인지부하를 많이 일으키지 않음을 알 수 있었다. 그리고 메뉴계층 수에 따른 결과를 보면 2계층에서 가장 많은 시간이 걸렸고 3계층에서 걸린 시간이 급격히 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 2계층보다 3계층에서 한 시행을 완수하려면 한 번의 입력을 더 해야 하지만 한 번의 입력을 할 때 선택해야 할 메뉴의 수가 줄어들기 때문에 의사결정으로 인한 인지부하가 줄어들어서 걸린 시간이 감소함을 알 수 있다. 그리고 주관적 인지부하를 살펴보면 메뉴계층이 늘어남에 따라서 노력이 많이 들어가고 짜증이 많이 유발될 수 있음을 확인할 수 있었다. 실험 1과 2를 비교함으로써 이동하는 중 과제를 수행했을 때 인지부하가 어떻게 나타나는지를 확인해 보았다. 우선 메뉴선택 과제의 정확도에서는 단일 과제를 수행하는 단일과제 세션 간에는 유의미한 차이가 없었으나 이중 과제를 수행하는 이중과제 세션에서는 두 상황 간의 유의미한 차이를 발견할 수 있었다. 이를 통해서 이중과제를 부가하여 인지부하가 늘어난 상태에서는 이동 상황에 정확도에 영향을 주었음을 확인할 수 있다. 또한 메뉴선택 과제의 속도에서는 이동 상황에서 더 빠른 속도를 보임을 알 수 있었다. 이 두 결과에서 걸으면서 동시에 두 가지 과제를 수행하는 조건이 과제 수행의 정확도에는 영향을 주지만 그 수행 속도에는 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 그리고 주관적 인지부하 평가에 대해서 보면, 걸을 때 입력 장치를 정확히 누르기 위해서 물리적 제약을 더 많이 받지만 시간적인 압박은 덜 느낌을 확인할 수 있었다. 이는 여러 가지 일을 동시에 수행해야 하기 때문에 제한된 시간에 대한 생각이 줄어들었다고 볼 수도 있다고 생각된다. 이 연구를 통해서 정지 상황과 이동 상황 모두에서 과제 수행의 정확도와 속도가 트레이드오프 관계에 있는 것을 확인할 수 있었다. Zucco(2005)의 연구에서처럼 메뉴선택 과제의 정확도에서는 포인팅입력 방식이 가장 높지만 속도에서는 그 반대로 포인팅입력 방식이 가장 느리고 동작입력 방식이 가장 빠름을 알

수 있었다. 그리고 자연스러운 입력 방식으로 제안하고자 했던 동작입력 방식은 익숙한 입력 방식인 버튼 입력 방식과 비교했을 때 속도와 정확도에서는 차이가 나타나지 않았으므로 이동 중에 사용될 수 있는 가능성이 있음을 알 수 있었다. 이동 중 입력 방식을 사용할 때에는 입력의 특성에 따라서 속도를 중요시하는 경우에는 동작이나 버튼입력 방식, 그리고 정확도를 중요시하는 경우에는 포인팅입력 방식을 사용하면 될 것이다. 그런데 실험에서 버튼입력 방식으로 실험에 참여한 참가자들이 입력 장치에 익숙하지 않아서 그렇기는 하겠지만 입력 장치를 보면서 입력할 버튼을 확인하는 모습을 볼 수 있었다. 그렇기 때문에 더 복잡한 입력을 수행해야 하는 경우에는 버튼입력 방식의 속도가 느려지고 정확도도 떨어질 수도 있을 것이라고 생각된다. 또한 포인팅입력 방식은 과제 수행을 완수할 때까지 화면에서 계속 목표물을 주시해야 하므로 주의를 많이 빼앗길 수밖에 없고 시간이 더 걸리게 되는 원인이 됨을 알 수 있었다. 본 연구는 세 가지 입력 방식의 수행 경험을 비슷하게 맞추기 위해서 입력 방식에 관한 단순한 과제를 13분 정도 반복하도록 하였다. 이 세션이 끝난 후에는 단일 과제 수행에서는 비슷한 수행을 보일 것이라고 가정하고 실험을 진행하였다. 그렇지만 동일한 수준의 경험을 제공하지는 못했기 때문에 입력 방식의 익숙함에 따라 오는 경험의 차이를 없애지는 못한 것으로 생각된다. 그리고 입력 방식에 따라서 다양한 이중 과제를 수행해 보지 못한 한계를 지니고 있다. 도형의 개수를 기억하는 과제와는 성격이 다른 공간적인 지각 과제나 텍스트를 읽고 기억하는 과제에서는 또 다른 결과도 나올 수도 있었을 것이다. 또한 메뉴구조가 복잡해짐에 따라서 인지부하가 늘어난다는 기존 연구 결과를 토대로 메뉴계층 수가 증가함에 따라서 인지부하가 늘어날 것이라고 가정하였으나 메뉴계층이 증가함에 따라서 선택이 단순해질 수도 있음을 고려하지 못한 한계를 지니고 있다.

참고문헌

- [1] 박희주 (2001). 동작인식형(Motion-detective) 디지털웨어(digital wear)의 상품화 가능성 탐색과 디자인 프로토타입(design prototype)의 제안, 연세대학교 대학원 석사학위 논문.
- [2] 조경자 (2000). 정보제시 유형과 인지양식이 멀티미디어 학습에 미치는 영향, 연세대학교 대학원 박사학위 논문.
- [3] Alan, C., & Roy, K. (2004). A comparative investigation into two pointing systems for use with wearable computers while mobile, ISWC 2004.
- [4] Antti, P., Stephen, B. & Christopher, H. (2002). Gestural and Audio Metaphors as a Means of Control for Mobile Devices, CHI 2002, April 20-25, Minneapolis, Minnesota, USA.
- [5] Assf, F., Emmanuel, M. T., Sajid, S., Pattie, M., & Chris, S. (2005). ReachMedia: On-the-move interaction with everyday objects, ISWC 2005.
- [6] Brewster, S., Lumsden, J., Bell, M., Hall, M., & Tasker, S. (2003). Multimodal 'Eyes-Free' Interaction Techniques for Wearable Devices, Proceedings of CHI 2003.
- [7] Christopher, J. D. P., Albert, K., Joakim, O., & Lena, N. (2004). Using mobile telephones: cognitive workload and attention resource allocation, Accident Analysis and Prevention 36(2004), 341-350.
- [8] Dix, A. J. (1998). Human-Computer Interaction, London: Prentice Hall, Europe.
- [9] Hart, S. G. and Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In: Human Mental Workload, (Eds. P. A. Hancock and N. Meshkati), Elsevier Science Publishers, North-Holland, 139-184.
- [10] Haseloff, S. (2001). Design adaptive mobile applications, Paper presented at the Proceedings of the Ninth Euromicro Workshop on Parallel

- and Distributed Processing(PDP'01).
- [11] Huguenard, B. R., Lerch, J., Junker, B. W., Patz, R. J., & Kass, R. E. (1997). Working-memory failure in phone-based interaction, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, vol. 4, 1997.
- [12] Jacko, J. A. & Salvendy, G. (1996). Hierarchical menu design: breadth, depth and task complexity, *Perceptual and Motor Skills*, 82, 1187-1202.
- [13] James, D. F, Victor, L. W., & Peggy, C. (1984). The human factors of computer graphics interaction techniques, *IEEE Computer. Graph. Appl.*, 4(11): 13-48.
- [14] Jonne, E. Z., Bruce, H. T., & Karen, G. (2005). Evaluation of three wearable computer positioning devices for selection tasks, *ISWC 2005*.
- [15] Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 98, 122-149.
- [16] Kent, L., Daniel, P., & Thad, S. (2004). Expert chording text entry on the twiddler one-handed keyboard, *ISWC 2004*.
- [17] Reid, G. B. and Nygren, T. E. (1988). The Subjective Workload Assessment Technique: A scaling procedure for measuring mental workload., In: *Human Mental Workload*, (Eds. P. A. Hancock and N. Meshkati), Elsevier Science Publishers, North-Holland, 185-218.
- [18] Mann, S. (1998). Wearable Computing as means for Personal Empowerment, Keynote Address for the First International Conference on Wearable Computing.
- [19] Mark, L. K., & Judith, A. H. (1997). *Nonverbal Communication in Human Interaction*, (4th ed.), Harcourt Brace College Publishers.
- [20] Moyle, M. & Cockburn, A. (2003). The Design and Evaluation of a Flick Gesture for 'Back' and 'Forward' in Web Browsers, *The Fourth User Interface Conference*.
- [21] Rafael, B., Jan, B., Michael, R., & Jennifer, G. S. (2006). The Smart Phone: A Ubiquitous Input Device, *Pervasive Computing*.
- [22] Rekimoto, J. (2001). Gesture Wrist and Gesture Pad: Unobtrusive Wearable Interaction Devices, *ISWC 2001*, 21-27.
- [23] Starner, T. (2001). THE CHALLENGES OF WEARABLE COMPUTING: PART 1, *IEEE*.
- [24] Thomas, B., et al. (2002). Where Does the Mouse Go? An Investigation into the Placement of a Body-Attached Touchpad Mouse for Wearable Computers, *Personal and Ubiquitous Computing*, 6(2): 113-124.
- [25] Wasinger, R., Kruger, A., & Jacobs, O. (2005). Integrating Intra and Extra Gestures into a Mobile and Multimodal Shopping Assistant, *Pervasive*.
- [26] Weiser, M. (1991). The Computer for the 21st Century, *Sci.Amer*.

원고접수 : 07/10/23

수정접수 : 07/11/24

게재확정 : 07/11/27