

컴퓨터 모니터에 제시된 표적의 탐색과 선택과정에 관한 연구

A study on the search and selection processes of targets presented on the CRT display

이 재 식* 신 현 정* 도 경 수*
(Jaesik Lee) (Hyun-jung Shin) (Kyung-soo Do)

요 약 컴퓨터 모니터에 제시되는 표적의 물리적 특성(표적의 크기, 표적까지의 거리, 표적의 방향, 주변자극들의 조밀도 등)이 입력도구에 따라서 표적의 탐색과 선택반응의 정확성과 반응시간에 미치는 영향을 밝히고자 하였다. 실험 1에서는 단순 표적이 현재의 커서위치로부터 방향과 거리를 달리하여 제시되었을 때 마우스를 이용한 포인팅 반응을 분석하였다. 그 결과, (1) 과대이동(overshooting)의 비율이 정확이동이나 과소이동(undershooting)보다 높았다 (2) 이러한 경향은 상하 혹은 좌우의 정방향보다는 사각방향으로 이동할 때 그리고 표적이 멀리 있을수록 증가하였다 (3) 과대/과소이동의 빈도는 사각에서 현저하였으나, 그 정도는 오히려 정방향에서 더 컸다 (4) 전체 수행과정을 계획, 이동, 조정, 반응수행단계로 구분할 때, 반응시간의 결정요인은 표적까지 마우스를 이동하는 단계였다. 실험 2에서는 실제 단어를 표적으로 사용하여 표적의 방향과 거리뿐만 아니라 표적의 크기와 방해자극들의 조밀도 수준을 체계적으로 변화시켰을 때, 키보드와 마우스에 의한 표적 선택시간을 분석하였다. 표적의 크기로는 훔갈 96의 글자크기 10, 12, 14를 사용하고, 자극들의 조밀도는 줄간격 100, 150, 200%를 사용하였다. 그 결과, (1) 전반적으로는 키보드에 비해 마우스를 이용한 선택 반응시간이 짧았지만, 커서를 상하 또는 좌우로만 이동하는 조건에서는 오히려 키보드의 반응시간이 더 짧았다 (2) 줄간격이 너무 조밀하거나(100%) 넓은 조건(200%)에 비해 중간수준인 150%에서 반응시간이 가장 짧았다. (3) 줄간격이 조밀하고(100%) 표적의 크기가 작을 때(10) 반응시간이 가장 길었다 (4) 키보드의 경우에는 줄간격 150% 조건에서 반응시간이 가장 짧은 반면, 마우스의 경우에는 줄간격이 커질에 따라 반응시간이 증가하는 경향이 있었다. 마지막으로, 이 연구의 결과가 시사하는 입력도구의 특성과 표적의 물리적 특성간의 상호 관련성이 시스템의 설계에 어떻게 적용될 수 있는 지 논의되었다.

주제어 입력도구, 표적의 탐색과 선택, 포인팅 반응, 과대이동, 과소이동

Abstract The present study compared computer users' target-selection response patterns when the targets were varied in terms of their relative location and distance from the current position of the cursor. In Experiment 1, where the mouse was used as an input device, the effects of different directions and distances of simple target(small rectangle) on target-selection response were investigated. The results of Experiment 1 can be summarized as follows. (1) Overshooting was more frequent than either undershooting or correct movement and (2) this tendency was more prominent when the targets were presented in the oblique direction or in farther location from the current cursor position. (3) Although the overshooting and undershooting were more frequent in the oblique direction, the degree

* 이 연구는 1998년도 과학기술처 소프트웨어 기술 사업연구비의 지원을 받아 수행되었음. 실험의 실시와 자료 수집을 도와 준 김비아, 박부원에게 감사드린다. 또한 이 논문을 읽고 좋은 점을 지적해 주신 심사위원들에게 감사드린다.

** 부산대학교 심리학과
Department of Psychology, Pusan National University

of deviation was larger in horizontal and vertical direction (4) Time spent in moving the mouse rather than that spent in planning, calibrating or clicking was found to be the most critical factor in determining total response time In Experiment 2, effects of the font size and line-height of the target on target-selection response were compared with regard to two types of input devices(keyboard vs. mouse) The results are as follows (1) Mouse generally yielded shorter target-selection time than keyboard, but this tendency was reversed when the targets were presented in horizontal and vertical directions. (2) In general, target-selection time was the longest in the condition of font size of 10 and line-height of 100%, and the shortest in the condition of font size of 12 and line-height of 150%. (3) When keyboard was used as the input device target-selection time was shortest in the 150% line-height condition, whereas in the mouse condition, target-selection time tended to be increased as the line-height increased, which resulted in the significant interaction effect between input device and line-height Finally, several issues relating to human-computer interaction were discussed based on the results of the present study

Keywords input devices, target search and selection, pointing and positioning, overshooting and undershooting

1. 서론

대부분의 인간-기계 상호작용에서 공통적인 과제 중의 하나는 공간상에 어떤 실체를 위치시키는 것이다 이러한 과제들의 예로는 컴퓨터 모니터 상의 특정 위치로 커서를 이동시킨다거나, 어떤 대상과 접촉하기 위해 로봇 팔을 이용하여 접근한다거나, 혹은 주파수를 맞추기 위해 라디오의 다이얼을 돌리거나 설정하는 것 등이 포함될 수 있다 이러한 공간적 과제들을 위치조정(positioning) 또는 포인팅(pointing) 과제라고 한다(2).

특히 컴퓨터 사용자의 경우 모니터 상에서 커서를 특정한 위치로 신속·정확하게 이동시키는 것은 작업의 효율성이라는 측면에서 매우 중요하다 과거 DOS와 같은 CLI(command line interface) 방식의 운영체제에서는 컴퓨터에게 주는 명령을 일반적으로 키보드를 이용하여 순서대로 입력시키기 때문에, 커서의 이동이 큰 문제가 되지 않았다. 그러나 오늘날 WINDOWS와 같은 GUI(graphic user interface) 방식의 운영체제에서는 시스템 설계자가 임의의 위치에 제시한 명령을 선택하는 것이 보편적인 입력방식이기 때문에, 커서를 신속하고 정확하게 원하는 위치로 이동시키는 것이 필수적이다.

컴퓨터의 입력도구를 포함한 모든 제어장치들은 전형적으로 두 가지 연속적인 동작을 요구한다 첫째, 손이나 손가락이 제어장치에 도달하기 위한 동작이 요구된다 둘째, 목표물을 어떤 위치로 이동시키기 위하여 제어장치를 작동시키는 동작이 요구된다 최상

의 조건이라고 해도(즉, 제어 위치와 이동의 목표지점이 잘 학습된 경우), 이러한 동작을 수행하는 데는 시간이 걸린다 Fitts의 법칙은 그와 같은 반응시간을 비교적 잘 예언할 수 있는데, 수식으로 표현하면 다음과 같다:

$$RT = a + b \log_2(2A/W) \quad (1)$$

여기서 상수 a는 첫 번째 동작에 요구되는 시간이다. 그리고 A는 동작의 진폭(일반적으로 출발점에서 표적 사이의 거리)을, W는 표적의 너비 혹은 요구되는 정확성의 정도를 나타낸다. 다시 말해서, 반응시간 RT는 $(2A/W)$ 의 로그함수이다. 특히 $\log_2(2A/W)$ 는 동작의 난이도 지수라고도 불린다. 따라서 반응시간은 표적(target)에 이르는 거리가 두 배씩 증가할 때마다 일정한 양으로 증가하며, 동작의 정확성이 두 배씩 요구될 때마다(즉, 표적의 너비가 반으로 줄어 들거나 요구되는 정확성이 두 배로 증가하면) 일정한 양으로 증가한다. 일정한 진폭(A)을 갖는 동작을 빠르게 수행할 때, 그 동작의 정확성은 Fitts의 법칙에서 예언되는 방식으로 감소하게 된다. 즉, 일정한 거리에 있는 표적 사이의 이동시간을 줄이고자 한다면 W값이 커져야 한다(이 경우에 W값은 동작 종료점들의 분포를 나타낸다고 할 수 있다) 이것은 포인팅 동작의 속도-정확성 교환관계(speed-accuracy tradeoff)를 특징짓는다.

이러한 제어행동은 기계 사용자(특히 컴퓨터 사용자)들이 사용하는 입력도구의 유형에 의해서도 영

향을 받는다. 상호작용하는 기계가 무엇이냐에 따라서 입력도구의 유형을 다양하게 세분화하기도 하지만, 이 연구에서는 컴퓨터의 전형적 입력도구인 마우스와 키보드에 국한하여 논의하고자 한다. 흔히 마우스를 *간접적 위치 제어장치*(indirect position control device)라고 한다. 신체(팔, 손, 혹은 손가락)의 위치 변화가 커서의 위치 변화와 직접적으로 대응되기는 하지만, 신체가 움직이는 표면과 커서가 움직이는 표면이 서로 다르기 때문이다. 반면에 키보드를 이용하여 모니터에 제시된 표적을 선택하거나 필요한 정보를 입력하는 경우에는 마우스와는 달리 커서를 그 방향으로 이동시키는 키들을 반복적으로 누르거나 혹은 계속 누르고 있어야 한다. 특히 키들을 누름으로써 원하는 위치에 도달하고자 할 경우에는 키를 누르는 횟수가 중요한 변인이 된다.

이러한 특성과 관련하여 모니터 상에서 명령을 선택하거나 새로운 자료를 입력하는 입력도구들의 사용성에 영향을 미치는 중요한 변인이 한가지 있는데, 흔히 그것을 입력도구의 이득(gain)이라고 하며, 다음과 같은 비율로 나타낸다:

$$G = (\text{커서의 변화}) / (\text{입력도구의 위치 변화}) \quad (2)$$

입력도구를 약간만 이동시켜도 커서가 많이 움직이거나 혹은 커서가 빨리 이동하는 장치는 고이득 입력도구에 해당한다. 이러한 관점에서 마우스는 키보드보다 이득이 크다고 할 수 있다. 그러나 이러한 이득과 수행의 정확성 사이에는 교환관계(tradeoff)가 존재한다. 예컨대, 키보드를 이용해서 비교적 먼 거리에 있는 표적을 선택하기 위해서는 키보드를 누르는 횟수가 증가하지만(즉, 한번의 키 입력에 의한 작은 이동을 보완하기 위해 많은 양의 입력 반응이 요구된다) 표적의 크기에 관계없이 정확하게 원하는 위치로 커서를 이동시킬 수 있다. 반면에 "이득이 큰" 마우스의 경우에는 마우스의 움직임과 표적 사이의 직접적 대응이 부족하기 때문에 전반적으로 부정확성이 증가하는 경향이 있다. 표적의 크기가 작을 때는 더욱 그렇다. 일반적으로 과제가 많은 반복을 요구하고, 표적이 크며, 비교적 긴 이동을 요구하는 것이라면 마우스가 더 바람직한 입력도구라고 할 수 있다. 반면에 이동거리가 짧고 고도의 정확성을 요구하는 과제이면, 키보드가 입력도구로서 더 적합한 선택이 된다. 이것은 자료나 명령의 직접 입력 또는 매우 조밀한 데이터의 한 지점을 특정적으로 가리켜야 하는 경우

에 해당된다.

이 연구에서는 Fitts의 법칙에 근거하여, 표적까지의 거리와 방향, 표적의 크기, 그리고 표적과 주변 방해자극들의 조밀성 등이 포인팅 동작의 정확성과 반응시간에 미치는 영향을 밝히고자 하였다. 실험 1에는 마우스의 포인팅 동작에 표적의 방향과 거리가 미치는 효과를 살펴보고자 하였으며, 실험 2에서는 표적의 방향과 거리뿐만 아니라 크기와 방해자극들의 조밀성이 입력도구의 유형과 어떤 상호작용을 하는지 살펴보았다.

2. 실험 1: 표적의 방향 및 거리가 마우스의 포인팅 시간과 정확성에 미치는 영향

컴퓨터의 대표적인 입력도구로 키보드와 마우스를 꼽을 수 있지만, 오늘날 WINDOWS와 같은 GUI 방식의 운영체제에서는 시스템 설계자가 임의의 위치에 제시한 명령을 선택하는 것이 보편적인 입력방식이기 때문에, 키보드에 비해 마우스의 사용이 더 빈번하다고 할 수 있다. 그러나 앞에서도 언급하였듯이 많은 컴퓨터 사용자들은 마우스를 사용하여 원하는 표적을 선택할 때 종종 어려움을 경험한다. 이러한 어려움은 모니터에 제시된 자극의 위치나 거리와 같은 물리적 특성과 밀접하게 관련되어 있다. 실험 1에서는 마우스를 사용하여 표적을 탐지/선택하는 반응이 표적의 제시위치와 거리에 따라 어떠한 양상으로 나타나는지 살펴보고자 하였다. 표적의 물리적 속성을 크게 두 가지 측면에서 조작하였는데, 하나는 현재 커서의 위치로부터 표적이 제시되는 방향이며, 다른 하나는 커서가 이동해야 하는 거리이다. 특히 표적의 크기를 동일하게 통제함으로써 Fitts의 법칙 중 순수한 이동거리의 효과를 검증해 보고자 하였다.

방 법

실험참가자. 부산대학교 학부생 42명이 실험에 참가하였다. 이들은 실험 참가에 대한 보상으로 금전적 사례를 받았다. 이들 중 12명의 데이터는 실험프로그램의 실수로 저장이 제대로 되지 않아 결과처리에서 제외되었다.

실험설계. 독립변인은 초기 커서의 위치(이후 출발점)로부터 표적이 제시되는 방향(동, 서, 남, 북)의 네 가지 정방향과 북동, 북서, 남동, 남서의 네 가지 사선 방향)과 거리(각 방향으로 각각 일곱 수준)이며,

모두 참가자내 변인이었다. 종속변인은 기본적으로 커서를 표적까지 이동시키는 데 걸린 시간과 정확성이었으나, 분석내용에 따라 다양한 종속변인을 사용하였다(「결과」 참조).

도구 및 재료 IBM 호환 Pentium PC(150MHz)가 자극제시와 반응시간 측정 및 전반적인 실험통제에 사용되었다. 사용된 입력도구는 Microsoft mouse 이었으며, 출력도구로는 삼성 17" GLSi 모니터가 사용되었다. 표적으로는 한 번의 길이가 16 pixel(약 8mm)인 정사각형이 사용되었다. 출발점으로부터 가장 가까운 표적의 중심까지의 거리는 50 pixel(약 25mm)이며, 거리 수준이 하나씩 증가할 때마다 50 pixel씩 증가하였다. 따라서 가장 먼 표적의 중심까지의 거리는 350 pixel(175mm)이었다. 표적의 위치는 출발점을 기준으로 여덟 가지의 방향과 일곱 수준의 거리에 따라 56가지였다. 56개 표적의 위치는 그림 1과 같다.

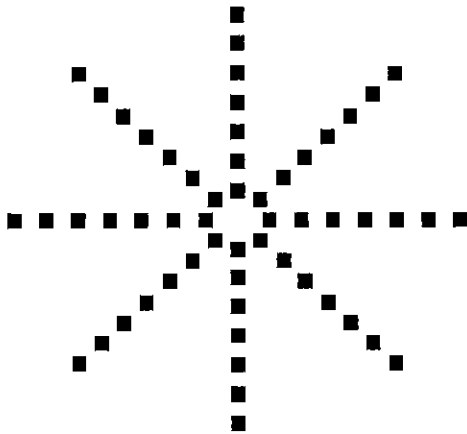


그림 1 실험 1에 사용된 표적의 위치. 매 시행에서는 56개 위치중 한 위치에 표적이 제시되었다. 커서의 출발점은 그림의 중앙이다. 출발점으로부터 표적까지의 거리는 50 pixel(25mm)씩 증가하였다.

실험절차. 실험은 개별적으로 실시되었다. 실험참가자가 실험실에 들어오면 컴퓨터 모니터 앞에 앉아서 실험과제에 관한 설명을 실험자로부터 들었다. 실험참가자가 해야할 과제는 마우스를 이용하여 모니터에 나타나는 표적을 가능한 빠르고 정확하게 클릭하는 것이었다. 56번의 연습시행이 있는 후 560회의 시행으로 구성된 실험이 이어졌다. 본 실험에서는 각기

56 시행으로 구성된 다섯 블록을 실시한 후 1분간 휴식을 갖고, 나머지 다섯 블록을 연속적으로 실시하였다. 각 블록에서는 56개의 표적들이 한번씩 제시되었으며, 그 순서는 실험참가자별로 무선적이었다. 따라서 실험참가자들은 하나의 표적에 대해 모두 열 번씩 반응하였다.

각 시행에서는 먼저 화면 중앙부에 응시점으로 '+'가 제시되면 실험참가자가 '+'를 마우스로 클릭하게 하였다. 이어서 0.5초 후에 표적이 제시되면 커서를 표적으로 이동시킨 후 마우스의 왼쪽 버튼을 클릭하였다. 표적을 정확하게 클릭하면 '삐익' 소리를 들려주어 표적을 정확하게 클릭하였다는 피드백을 주었다. 표적이 제시되기 시작한 시점부터 정확하게 클릭할 때까지의 시간을 1/1000초 단위로 측정하여 전체 반응시간으로 간주하였다. 또한 표적이 제시된 시점부터 마우스 포인터가 움직일 때마다 1/1000초 단위로 좌표와 시간을 기록하여, 표적의 위치와 시간을 측정하였다. 실험참가자가 표적을 정확하게 클릭해야만 다음 시행으로 넘어갈 수 있게 하였다. 시행간 간격(inter-trial interval)은 실험참가자가 자신의 속도에 따라 조절(self-pacing)하게 하였다.

결과 및 논의

실험 1의 결과는 크게 세 가지 측면으로 구분하여 분석하였다. (1) 전체적인 반응패턴에 대한 분석에서는 마우스를 이용해 표적을 선택할 때 사용자들이 보이는 전반적인 반응 패턴(정확이동, 과대이동 혹은 과소이동)의 상대적 빈도, 그리고 이러한 반응패턴들이 표적의 제시 방향 및 거리에 따라 어떠한 양상으로 나타나는지 살펴보았다. (2) 표적의 제시 방향과 위치에 따른 전체 반응시간의 분석에서는 실험참가자들이 보인 반응을 정확이동과 과대/과소이동의 구분 없이 전체적인 반응시간만을 사용하여 분석하였다. 마우스를 입력도구로 사용할 경우, 일상적으로는 정확이동과 과대이동(overshooting) 및 과소이동(undershooting) 반응들이 혼재되어 있을 것으로 생각되었기 때문이었다. 그리고 (3) 표적의 제시위치에 따른 선택반응시간의 단계별 분석에서는 전체 반응수행에 포함된 각 단계들을 분리하여 분석하였다. 이러한 분석을 통해 특정한 반응패턴이 왜 그렇게 표출되었는지, 다시 말해서 표적의 제시 방식에 따라 반응의 어떤 단계가 상대적으로 영향을 더 (혹은 덜) 받는지에 대한 정보를 제공할 것이기 때문이었다.

우선 실험참가자의 반응은 각 시행에서 마우스 포

인터가 움직일 때마다 좌표와 시간으로 측정되었다 이들의 반응은 표적의 방향과 거리에 따른 과소이동(undershooting)이나 과대이동(overshooting)의 빈도와 크기, 그리고 반응시간으로 재정리되었다

과소이동은 마우스 포인터가 출발점과 표적 사이에서 100msec 이상 정지한 경우로 정의하되, 출발점에서 표적까지 최소거리의 1/2 지점을 경과하지 않은 경우는 과소이동으로 간주하지 않았다. 다시 말해서 커서가 이동해야 할 전체 거리의 절반 이상을 이동한 후에 정지하였을 때에만 과소이동으로 간주하였다 표적이 정방향에 제시되는 경우보다 사선방향에 제시되는 경우에 출발점으로부터의 최소거리가 짧기 때문에, 두 경우에 출발점에서 표적까지의 최소거리를 다르게 계산하였다¹⁾ 반면에 과대이동은 마우스 포인터가 표적을 지나쳐 가는 경우로 간주하였다. 각 시행에서 과대/과소이동이 일어난 경우에 그 크기는 편의상 표적의 중심으로부터 x좌표와 y좌표의 거리로 계산하였다 마우스 포인터가 표적과 반대방향으로 이동하여 표적에서부터 출발점까지의 거리보다 더 멀어지는 경우는 시작을 잘못된 것으로 분류하여 분석에서 제외하였다

전체적 반응패턴 분석. 우선 한번의 이동으로 표적을 정확하게 선택한 빈도(정확이동)와 표적을 지나치거나 못 미친 후에 조정 과정을 거쳐 다시 선택한 빈도(과대이동 혹은 과소이동)를 비교해보았다 그 결과 과대이동의 비율이 41%로 가장 많았고, 과소이동의 비율이 20%, 그리고 정확이동의 비율이 36%이었다. 나머지 3%는 반대방향으로 이동하거나 아니면 지나치게 반응이 느리거나(5.000msec 이상) 빨라서(200msec 이하) 오류로 분류된 것이었다

표적의 방향에 따라 정확이동, 과대이동, 그리고 과소이동의 상대적 비율을 나타낸 것이 그림 2이다. 그

림 2에서 보는 바와 같이, 과소이동은 제시 방향에 따라 빈도가 비교적 고르게 분포하는 반면, 정확이동은 표적이 정방향에 제시되는 경우에, 그리고 과대이동은 표적이 사각 방향에 제시된 경우에 상대적으로 빈번하게 발생하였다

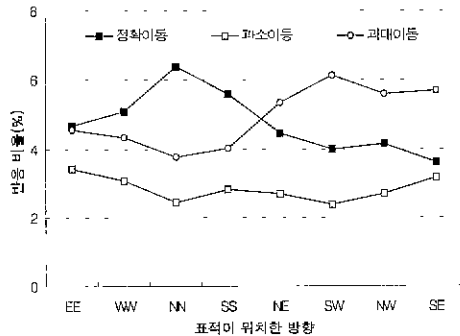


그림 2 표적의 제시 방향에 따른 반응유형별 비율(EE=정동, WW=정서, NN=정북, SS=정남, NE=북동, SW=남서, NW=북서, SE=남동 방향)

표적까지의 거리에 따라서 과대이동과 과소이동이 발생하는 특징을 알아보기 위해서 표적으로부터 마우스 포인터가 세 가지의 가능한 방향으로(x-, y-, 및 xy-방향) 이탈된 정도를 비교하여 보았다. 그림 3에서 보는 것과 같이, 전반적으로 과대이동보다 과소이동의 정도가 더 컸다($F(1, 27) = 52.08, p < 0.001$). 과소이동의 경우에는 이동거리가 증가함에 따라 세 방향 모두에서 이탈의 정도가 증가한 반면($F(6, 174) = 12.29, p < 0.01$), 과대이동의 경우에는 이동거리의 주효과가 발견되지 않았다($F(6, 174) = 1.81, p > 0.10$) 특히 과소이동의 경우, 이탈 방향의 주효과($F(2, 58) = 35.77, p < 0.01$), 그리고 이탈 방향과 이동거리간의 상호작용 효과가 모두 통계적으로 유의하였다($F(12, 348) = 5.43, p < 0.01$) 이것은 과소이동의 경우 xy-방향으로의 이탈이 가장 크며, x-방향으로의 이탈이 가장 작고, 방향에 따른 이탈의 정도는 이동거리가 증가함에 따라 역시 증가한다는 것을 시사한다 과대이동의 경우에는 과소이동에서 보이는 이탈 패턴과는 대조적으로 이탈 방향의 주효과만 통계적으로 유의하였는데($F(2, 58) = 134.05, p < 0.01$), 이것은 xy-방향으로의 이탈 정도가 다른 두 가지 방향으로의 이탈 정도보다 더 컸기 때문이었다.

1) 동일한 거리수준에 위치한 정방향 표적과 사선방향 표적이 출발점에서 표적의 중심까지의 거리는 동일하지만 표적을 정확히 클릭하는 데 필요한 최소한의 거리 이동에서는 차이가 있다 정방향 표적의 경우에는 적어도 출발점에서 가까운 밑까지 이동해야 하지만, 사선방향 표적의 경우에는 출발점에서 가까운 모서리까지만 이동하면 된다 따라서 사선방향 표적까지의 최소거리가 정방향 표적까지의 최소거리보다 짧다 예컨대, 가장 가까운 정방향 표적(거리수준 1)의 경우 출발점에서 표적의 중심까지의 거리가 50 pixel이지만, 표적의 한 번의 길이가 16pixel이기 때문에 최소거리는 $50 - 16/2 = 42$ pixel이 된다 반면에 사선방향 표적의 경우는 피타고라스정리에 의해서 최소거리는 약 39 pixel이 된다 따라서 거리수준 2의 정방향 표적은 $50 + 42 = 92$ pixel 거리에 있으며, 사선방향 표적은 $50 + 39 = 89$ pixel의 거리에 있다

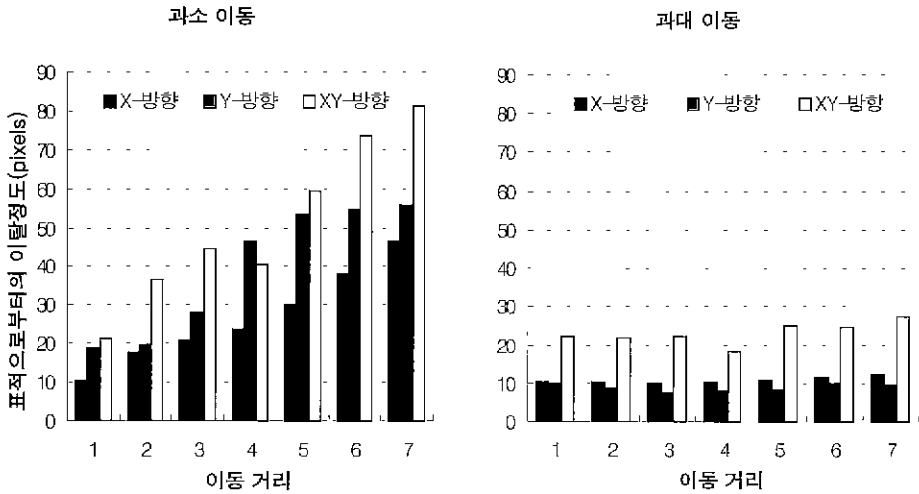


그림 3. 피대/과소이동별 표적까지의 이동거리와 이탈 방향에 따른 이탈 정도

표적의 방향과 거리에 따른 전체 반응시간의 분석 표적이 제시되는 시점부터 정확하게 클릭할 때까지를 전체 반응시간으로 간주하였다. 전체 반응시간을 표적의 제시 방향(8개 방향), 그리고 거리(7 수준)에 따라 정리한 것이 각각 그림 4와 그림 5이다. 그림 4에서 보면, 전반적으로 정방향 표적에 대한 반응시간이 사선방향 표적에 비해 빨랐으며, 정방향의 경우에도 상하방향 표적의 반응시간이 좌우방향 표적보다 빨랐다 반면에 그림 5에서 보면, 표적의 거리가 증가함에

따라서 반응시간이 일관성 있게 증가하고 있는 것을 알 수 있다.

방향과 거리에 따른 반응시간을 변량분석한 결과, 제시 방향의 주효과($F(7, 203) = 7.98, p < 0.01$), 제시 거리의 주효과($F(6, 174) = 239.01, p < 0.01$), 그리고 두 변인간의 상호작용 효과($F(42, 1218) = 2288, p < 0.01$)가 모두 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 표적의 제시 방향에 따른 반응시간의 차이를 보다 세밀하게 분석하기 위해서 정방향 조건과 사

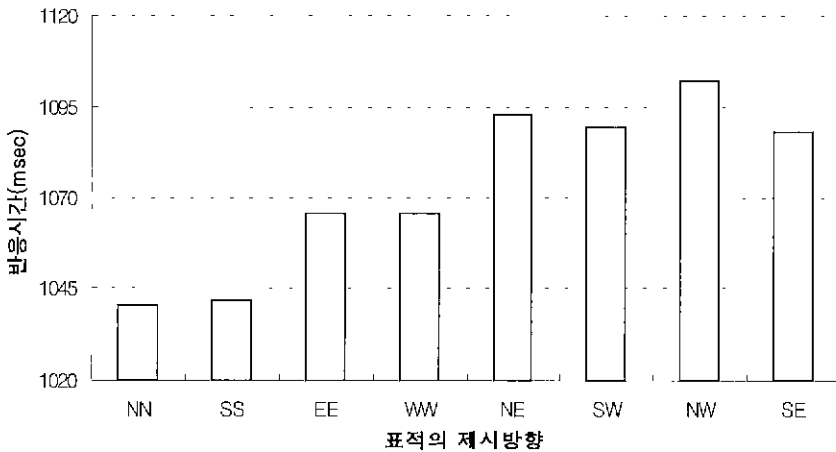


그림 4. 표적의 제시 방향에 따른 전체 반응시간(EE=정동, WW=정서, NN=정북, SS=정남, NE=북동, SW=남서, NW=북서, SE=남동)

각 방향 조건을 나누어 별도의 변량분석을 실시한 결과, 사각방향간에는 반응시간의 차이는 없었던 반면 [F(3, 87) = 0.595, p > 0.50], 정방향에서는 상하와 좌우 방향간에 통계적으로 유의한 차이가 발견되었다 [F(1, 29) = 7.647, p < 0.01]. 이러한 결과를 요약하면, 대체적으로 표적의 제시방향에 따른 반응시간은 사각방향보다 정방향이 빠르며, 특히 정방향 중에서도 상하가 좌우 방향보다 반응시간이 더 빨랐다.

표적거리의 효과는 충분히 예상할 수 있는 결과이다 반응시간은 표적의 거리가 50 pixel(약 25mm)

시 방향에 따른 반응시간의 차이와 결부시켜 요약해 본다면, 일반적으로 표적이 사각방향보다는 정방향으로 제시될 때, 그리고 정방향의 경우에도 좌우보다는 상하방향으로 제시될 때 반응시간이 더 짧은 경향이 있다고 할 수 있다.

특히 이러한 결과를 서론에서 언급하였던 Fitts의 법칙과 연관시켜 비교해 보았다 많은 연구자가 지적하였듯이 Fitts의 공식(서론에서 공식 (1))은 실제 응용 분야에서 적합하지 않은 측면이 있기 때문에[10] Welford[11]가 제안한 새로운 공식을 적용하여 표기

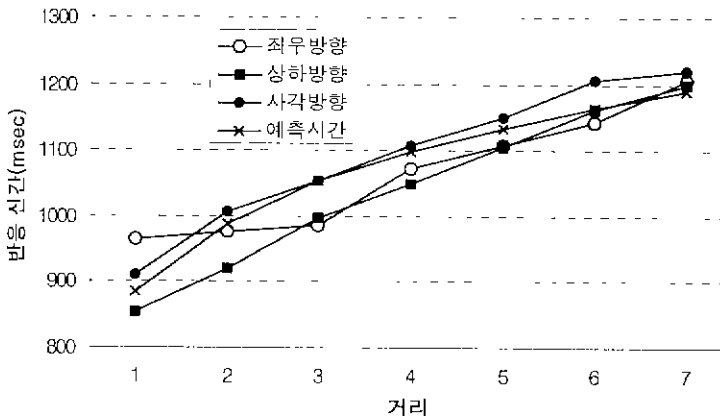


그림 5 전체 반응 시간에 대한 표적의 제시 방향과 거리 효과

증가할 때마다 대략 43msec정도 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 앞의 전변적 변량분석 결과에서도 언급되었듯이 표적의 거리에 따른 반응시간의 증가는 표적의 제시 방향이 달라짐에 따라 양상이 달라지는 것이 관찰되었다 이러한 상호작용을 구체적으로 살펴보기 위해 정방향 조건을 좌우방향 조건과 상하방향 조건으로 분리하고 사각방향 조건들은 함께 묶어 분석하였다 그림 5에서 볼 수 있듯이 거리수준 1에서는 좌우방향 표적에 대한 반응시간이 상하방향 표적보다 110msec, 그리고 사각방향 표적보다 55msec 정도 더 길었다(t(29) = 3.18, p < 0.01, t(29) = 4.24, p < 0.001) 거리수준 2에서도 좌우방향 표적에 대한 반응시간이 상하방향 표적보다 55msec 더 느렸지만(t(29) = 3.70, p < 0.01), 사각방향 표적과는 차이가 없었다 특히, 거리수준 3에서 6사이에서는 상하방향과 좌우 방향 표적간에 유의한 차이가 없는 반면, 모두 사각방향 표적보다는 반응시간이 짧은 경향을 보였다 이러한 결과를 앞에서 살펴보았던 제

한 것이 그림 5에서 예측 시간으로 제시되어 있는 그래프이다. Welford[11]가 제안한 공식은 $RT = a + b \log_2(A/W + 0.5)$ 이다. 또한 본 실험에서는 표적의 크기가 일정한 반면(너비=8mm) 표적의 제시 위치가 변화되었기 때문에 그림 5는 난이도 지수(Index of Difficulty ID) 대신 거리를 횡축에 표기하였다(따라서 예측 시간 그래프는 log값에 대한 함수가 아니기 때문에 직선이 되지 않을 수 있다) 전체적인 반응 시간에 대해 Fitts의 법칙을 적용했을 때의 함수는

$$\text{반응 시간} = 669 + 116 \log_2(A/W + 0.5) \text{msec}$$

이었으며 이 함수는 전체 변량의 29%를 설명하고 표준 편차는 15msec이었다. 이러한 결과를 Card, Moran, 그리고 Newell[4] 등이 구한 마우스의 이동 패턴에 대한 회귀식

$$\text{반응 시간} = 1030 + 96 \log_2(A/W + 0.5) \text{msec}$$

와 비교하여 보면, 기울기는 약간 높지만 다른 많은 연구들에서 밝힌 기울기인 70-120msec 범위 안에 있으며, English, Engelbart, Berman[12]의 연구 결과와도 잘 일치한다.

표적 선택 반응시간의 단계별 분석 표적이 제시되어 마우스 포인터를 이동시켜 클릭할 때까지의 전체 수행과정은 처리과정이라는 측면에서 몇 가지 수행단계로 구분할 수 있다 즉, 표적의 위치를 탐지하여 움직임을 계산하는 계획단계(planning stage), 마우스 포인터를 표적방향으로 이동시키는 이동단계(movement stage), 마우스 포인터를 표적에 정확하게 위치시키는 조정단계(calibration stage), 그리고 마우스의 왼쪽 버튼을 클릭하는 반응실행단계(response execution stage)로 분할할 수 있다. 각 단계를 수행하는 데 시간이 소요된다는 점에서 전체 반응시간을 각 단계에 소요된 시간으로 분할할 수 있다

계획시간은 표적이 제시된 시점부터 마우스가 처음 움직이는 시점까지로 간주할 수 있다. 이동시간은 정확이동의 경우와 과대/과소이동이 일어난 경우를 구

분해서 판단해야 한다 정확이동의 경우에는 클릭반응이 일어나기 직전까지를 이동시간으로 간주하였다. 반면에 과대/과소이동의 경우는 마우스가 움직이기 시작한 시점에서부터 처음 과소이동 또는 과대이동이 발생한 시간까지로 정의하였으며, 조정시간은 처음 과대/과소이동이 발생한 시점부터 클릭 반응이 일어나기 직전까지로 간주하였다 따라서 정확이동의 경우는 마우스의 이동시간과 조정시간을 구분하지 않았다 반응실행시간은 마우스를 마지막으로 움직인 시점부터 실제 클릭한 시간까지로 간주하였다. 따라서 전체 반응시간은 다음과 같은 성분반응시간들의 총합으로 간주할 수 있다

$$\text{전체 반응시간}(T) = T_{\text{planning}} + T_{\text{movement}} + T_{\text{calibration}} + T_{\text{execution}} \quad (3)$$

그림 6은 정확이동, 과대이동, 그리고 과소이동에 서 전체 반응시간을 등식 3의 단계별로 분할하여 표적의 거리에 따라 그림으로 나타낸 것이다 그림 6에서 보는 바와 같이, 세 가지 반응 유형 모두에서 계획시간과 반응수행시간은 거리에 따른 차이를 보이지

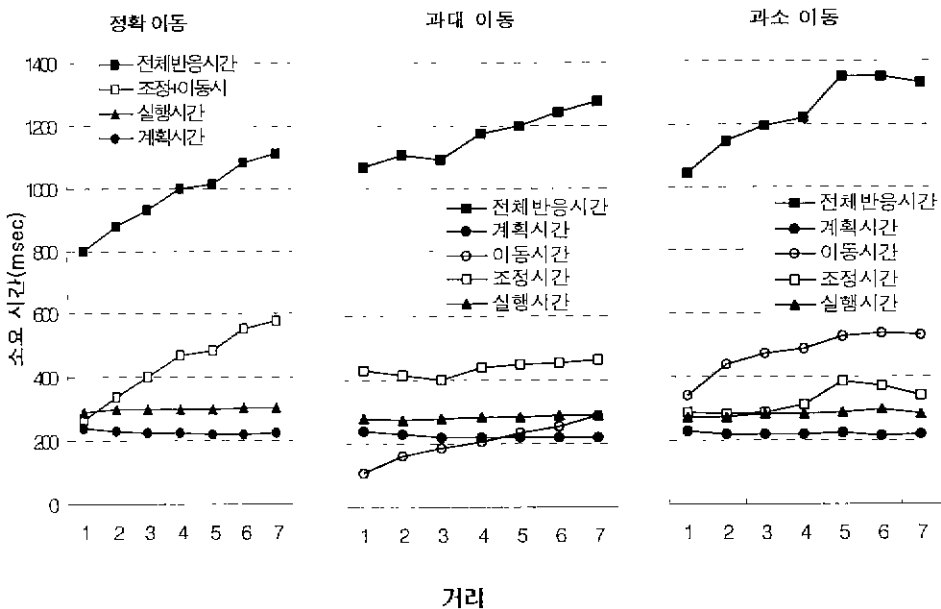


그림 6 표적의 거리에 따른 정확이동과 과대/과소이동의 요소별 반응시간 (정확이동의 경우 이동시간과 조정시간이 구분되지 않았음)

않았다 세 가지 반응 유형 모두에서 계획 시간은 평균적으로 대략 220msec, 마우스의 클릭 실행 시간은 대략 300msec정도 소요되었다 이러한 결과는 마우스를 이동하고자 하는 계획단계나 실제로 마우스를 클릭하는 시간은 표적 거리의 영향을 받지 않는다는 사실을 시사한다 전체 반응시간은 반응 유형에 따라 차이를 보였는데($F(2, 58) = 256.76, p < 0.001$), 과소이동의 반응시간이 가장 길었고(약 1.230msec), 그 다음으로 과대이동(약 1.170msec), 그리고 정확이동(약 970msec) 순으로 반응시간이 짧았다. 특히 전체 반응시간의 기울기는 이동시간의 기울기와 거의 동일한 패턴을 보이고 있는데(정확이동의 경우는 이동시간과 조정시간이 결합되어 있음), 이러한 결과는 전체 반응시간에 결정적인 영향을 미치는 반응단계가 바로 마우스의 이동단계임을 시사한다

한 가지 부가적으로 언급할 사항은 과소이동과 과대이동 반응에서 이동시간과 조정시간이 매우 대조적인 형태를 보이고 있다는 사실이다. 즉, 이동시간의 경우 과대이동에 비해 과소이동에서 270msec 정도 더 길었던 반면($F(1, 29) = 1595.01, p < 0.01$), 조정시간은 이와는 대조적으로 과소이동에 비해 과대이동에서의 조정시간이 100msec 정도 더 길었다($F(1, 29) = 110.09, p < 0.01$) 이러한 결과는 마우스를 표적까지 한번에 적중시키지 못하여 발생하는 두 가지 유형의 반응패턴을 이해하는 데 몇 가지 중요한 실마리를 시사한다. 우선 과대이동의 경우에는 마우스를 너무 빠르게 이동하려는 경향이 가장 중요한 원인인 것으로 보인다. 특히 이러한 빠른 이동에 의한 오류를 보정하기 위해 과대이동에서는 상대적으로 더 긴 조정시간이 필요했던 것으로 생각된다. 이와는 대조적으로 과소이동의 경우에는 정확성에 중점을 두어서 마우스를 너무 느리게 이동하려는 경향이 주된 원인인 것으로 보이는데(앞에서도 언급하였지만 실험 1에서는 과소이동을 마우스가 최소 100msec 이상 정지한 시간으로 정의하였다), 이러한 느린 이동이 상대적으로 조정시간을 감소시킨 것으로 보인다. 이러한 반응패턴은 과대이동이나 과소이동 모두에서 반응의 속도와 정확성간에 교환관계가 있었음을 시사한다.

3. 실험 2: 표적 선택에서 입력도구, 표적의 크기, 방해자극들의 밀도 효과

실험 1에서는 단순 표적(즉, 16 x 16 픽셀/8 x 8 mm의 사각형)이 방향과 거리가 변화되면서 제시될 때, 마우스를 이동하여 표적을 선택할 때까지의 전반

적인 반응패턴을 분석하였다 그러나 실제 컴퓨터를 사용할 때에는 키보드 또는 마우스를 사용하여 주로 단어로 구성된 명령을 선택하는 것이 중요한 과제 중의 하나이다. 따라서 실험 2에서는 실제 단어를 표적으로 사용하되, 표적의 크기와 주변 방해자극들에 의한 밀도를 변화시켰다 그리고 두 유형의 입력도구(키보드와 마우스)에 따라서 선택반응이 어떠한 양상으로 나타나는지 살펴보고자 하였다

명령을 나타내는 단어들의 크기는, 실험 1에서도 언급된 Fitts의 법칙뿐만 아니라 일반적인 디스플레이 설계와 관련된 기본 변인중의 하나이다 즉, 글자/단어의 크기를 크게 하면 표적이 되는 명령의 크기가 증가하여 명령 선택의 시간이 감소할 수 있다(Fitts의 용어를 따르면 표적 크기의 증가 때문에 난이도 지수가 감소한다) 그러나 이것은 동시에 전체 화면의 크기(예컨대, 문서편집기에서 주메뉴의 길이와 폭)도 증가시키는 효과를 가져와 한정된 모니터 화면을 경제적으로 사용하지 못하게 할뿐만 아니라 명령들 사이의 이동거리를 증가시켜(특히 마우스를 사용할 경우) 명령의 선택시간을 증가시킬 수도 있다(Fitts의 용어를 따르면 이동거리의 증가 때문에 난이도 지수가 증가한다) 실험 2에서는 자극들의 크기를 "훈글 96"의 활자크기(10, 12, 14)를 이용하여 변화시켰다

실험 2에서 고려된 또 다른 변인이 자극들의 밀도이다 한 화면에 동시에 제시되는 명령들의 밀도를 낮추면, 명령들을 쉽게 번별할 수 있다. 그러나 전체 화면이 커지게 되어, 명령의 크기와 관련하여 언급된 것과 마찬가지로, 명령들간의 번별성(discriminability)과 전체 명령 배열의 경제성 및 입력도구의 이동시간 사이에 교환관계가 있을 것으로 기대된다. 특히 명령 선택시간에 있어서 명령의 크기와 밀도간에는 상호작용이 나타날 가능성이 크다. 예컨대, 명령의 크기가 작다면 밀도의 변화는 주로 명령들간의 번별성에 영향을 주는 반면(즉, 작은 명령이라도 밀도가 낮으면 그렇지 않은 조건에 비해 명령의 번별성을 증가시켜 줄 수 있을 것이다), 명령의 크기가 크다면 밀도의 변화는 명령들간의 번별성보다는 입력도구의 이동거리 혹은 사용자의 시각(visual angle)크기 효과를 반영할 것이기 때문이다. 실험 2에서는 자극들의 밀도를 "훈글 96"의 줄간격(100%, 150%, 200%)을 이용하여 변화시켰다

요컨대, 실험 2에서는 입력도구의 유형, 명령의 크기와 밀도를 체계적으로 조작하였을 때 표적 선택시간에 어떠한 차이가 있는지를 알아보려는 것이다 실험 2의 결과는 예컨대, 문서편집기에서 명령어의 어

면 크기와 밀도(예, 줄간격)의 조합이 어떤 입력도구와 결합될 때 명령어 탐지에 효과적인지를 시사함으로써, 보다 효율적인 메뉴 시스템 설계에 도움을 줄 수 있다.

방법

실험참가자. 부산대학교 학부생 17명이 실험에 참가하였으며, 실험 참가의 대부분 금전적 보수를 받았다. 모든 실험참가자들은 두 종류의 입력도구 조건(키보드와 마우스)과 각각 세 종류의 글자크기 조건 그리고 줄간격 조건 모두에서 표적선택과제를 수행하였다. 실험참가자 한 명의 데이터는 프로그램의 오류로 저장에 제대로 되지 않아 분석에서 제외되었다.

실험 재료 및 도구. 서로 다른 글자 크기(대, 중, 소 '대'는 '훈글 96'의 활자크기 14에 해당하며, '중'은 12에, 그리고 '소'는 10에 해당한다)와 줄간격(100%, 150%, 그리고 200%; 100%는 단어의 위와 아래의 공간이 없는 경우, 150%는 글자 높이의 50% 간격, 그리고 200%는 글자의 높이 만큼 떨어졌음을 나타낸다)의 조합별로 매 시행 45개의 단어들이 9 x 5 행렬의 형태로 제시되었다. 단어들은 이관용[1]이 정리한 단어들 중 심상가의 평균이 3-5인 단어들 중에서 150개를 선정하여 각 조건별로 무선적으로 제시하였다.

입력도구로는 세진 키보드와 세진 마우스가 사용되었다. 출력도구로는 삼성 17" GLS1 모니터가 사용되었으며, IBM 호환 Pentium PC(150MHz)가 표적제시와 반응시간측정 및 전반적인 실험 통제에 사용되었다.

실험설계. 독립변인은 입력도구(키보드 대 마우스), 글자 크기('훈글 96'의 활자크기 10, 12, 14), 줄간격((100%, 150%, 200%), 좌우방향으로의 이동거리(중심으로부터 좌우로 각각 두 단계), 그리고 상하방향으로의 이동거리(중심으로부터 상하로 각각 네 단계)이었다. 모든 변인들은 참가자내 변인이었다.

실험절차. 실험은 개별적으로 실시되었다. 실험참가자가 실험실에 들어오면 컴퓨터 모니터 앞에 앉아서 실험과제에 관한 설명을 실험자로부터 들었다. 실험참가자가 해야 할 과제는 모니터의 화면에 9 x 5 행렬의 형태로 제시된 45개의 단어들 중에서 색깔이 다른 단어 하나(표적단어)를 키보드나 마우스를 이용해서 가능한 한 신속 정확하게 선택하는 것이었다. 표

적이 아닌 방해단어들은 점정색으로 제시하고 표적단어는 빨간색으로 제시하였다.

키보드의 경우는 표적 단어까지 상하좌우에 해당하는 네 개의 화살표 키를 이용하여 이동한 후 <Enter> 키를 누르는 것이었는데, 커서가 눌러질 때마다 현재 선택된 "셀"이 어느 것인지를 참가자가 알아볼 수 있게 음영을 변화시켰다. 마우스의 경우는 표적 단어에 마우스를 위치시킨 후 왼쪽 버튼을 클릭하는 것이었다. 실험참가자가 표적 단어 이외의 단어를 클릭하거나 키보드의 <Enter>키를 눌렀을 때는 "삐익" 소리를 들려주어 틀렸다는 피드백을 주었다.

30회의 연습시행이 있는 후 각 입력도구마다 총 405회의 본 시행을 실시하였다(글자크기 3 조건 x 줄간격 3 조건 x 45개 위치). 두 입력도구의 실시순서와 405회의 본 시행의 순서는 실험참가자마다 무선화하였다. 단어행렬이 제시되고 <Enter>키를 누르거나(키보드 조건) 마우스의 왼쪽 버튼을 누를 때까지의 시간을 1/1000초 단위로 측정하였다. 시행간 간격(inter-trial interval)은 1초이었다.

결과 및 논의

우선 다섯 개의 독립변인[입력도구(키보드, 마우스), 글자 크기(10, 12, 14), 줄간격(100%, 150%, 200%), 좌우방향으로의 이동거리(-2, -1, 0, +1, +2), 그리고 상하방향으로의 이동거리(-4, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3 +4)] 각각에 대해 일원 변량 분석을 실시하였다. 그 결과, 중앙을 중심으로 좌우 대칭적인 위치에 제시된 표적단어들간 그리고 상하 대칭적인 위치에 제시된 표적단어들간 유의한 차이가 없었기 때문에 대칭적인 위치에 해당하는 거리조건은 평균값으로 전환되어 분석되었다(예를 들면, 좌우 방향의 -2와 +2의 평균 반응시간, 상하 방향의 -4와 +4의 평균 반응시간 등).

실험 2의 결과 분석은 다음과 같은 물음을 중심으로 이루어졌다. (1) 이동의 방향이나 거리가 입력도구에 따라 반응시간에서 다른 차이를 보이는가? (2) 표적 단어들의 줄간격이나 크기의 변화와 이동의 방향 및 거리 사이에는 어떠한 관계가 있는가?

입력도구에 따른 이동 방향과 거리의 효과. 충분히 예상할 수 있는 결과이지만, 표적단어의 위치가

2) 분석의 편의상, 초기 커서가 위치한 정중앙의 단어를 중심으로 맨 왼쪽 행은 -2, 맨 오른쪽 행은 +2로 정의하고, 맨 윗 열은 +4, 맨 아래 열은 -4로 정의하였다.

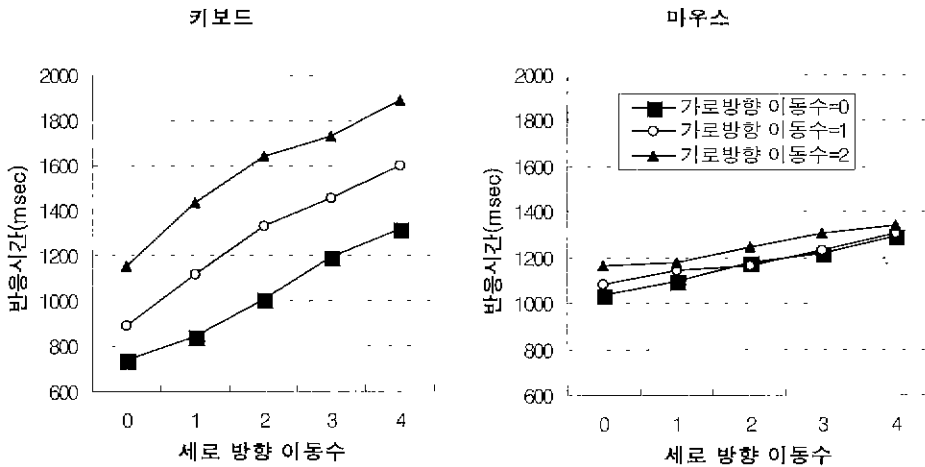


그림 7. 입력도구의 유형과 표적 제시 위치 사이의 상호작용 효과

중심으로부터 멀어질수록 반응시간은 증가하였고(좌우방향의 이동, $F(2, 30) = 285.3, p < 0.01$; 상하방향의 이동, $F(4, 60) = 313.9, p < 0.01$), 키보드에 비해 마우스를 이용한 표적 단어의 선택시간이 더 빨랐다($F(1, 15) = 6.80, p < 0.05$) 키보드 조건에서는 평균 1.38초, 마우스 조건에서는 평균 1.22초가 소요되어 마우스 조건이 키보드 조건에 비해 약 160 msec 정도 빨랐다

또한 입력도구의 유형과 표적 단어까지의 거리 및 방향 사이에는 유의한 상호작용이 관찰되었는데($F(8, 120) = 6.69, p < 0.01$), 이것은 키보드나 마우스가 표적 단어까지 이동하는데 서로 다른 패턴을 보였다는 것을 시사한다. 입력도구의 유형에 따라 표적의 방향이나 거리의 변화가 표적 단어의 선택시간에 미치는 효과의 패턴이 그림 7에 제시되어 있다. 앞에서 언급되었듯이 키보드와 마우스 조건 모두에서 유의한 좌우이동 거리효과와 상하이동 거리효과가 관찰되었다(각각 $F(4, 60) = 313.9, p < 0.01$; $F(4, 60) = 313.9, p < 0.01$). 특히 이동방향과 거리간의 상호작용은 키보드 조건에서만 유의하였다($F(8, 120) = 10.21, p < 0.01$) 이러한 결과는 키보드나 마우스를 이용하여 표적단어까지 이동하는 것은 방향에 상관없이 이동거리가 멀수록 증가한다는 것을 보여주는 것이지만, 키보드를 이용해 한 칸씩 이동하는 평균시간이 마우스를 이용한 조건 보다 더 길다는 것을 시사한다. 예컨대, 키보드를 이용하여 상하방향으로 한 칸씩 이동할 때 소요되는 시간은 약 170msec인데 반

해 마우스를 이용한 조건에서는 약 55msec 정도로 키보드의 약 1/3수준이었다. 마찬가지로 좌우방향으로 한 칸씩 이동하는 데 소요되는 시간은 키보드의 경우에는 약 280msec이었고, 마우스의 경우에는 40msec로 마우스가 키보드보다 거의 7배정도 빨랐다

입력도구의 유형과 표적단어까지의 거리 및 방향간의 이러한 상호작용에서 주목되는 부분은 중심으로부터 상하방향에 위치한 표적단어의 탐색은 마우스보다 키보드가 더 빠르다는 점이다(예컨대, 그림 7에서 상하방향 이동수가 0인 경우) 따라서 상하방향의 각 위치에 대해 키보드 조건과 마우스 조건 사이에 어떠한 차이가 있는지 알아보기 위해서 입력도구간의 차이분석을 실시하였다. 상하방향 이동수가 0인 조건(이 조건은 표적단어가 중앙을 중심으로 좌우방향으로만 제시된다)에서는 키보드가 마우스보다 130msec 정도 빠른 반응시간을 보였고($t(15) = 3.95, p < 0.01$), 상하방향 이동수가 1인 조건에서는 두 입력도구간에 차이가 없었다($t(15) = 1.27, p > 0.10$). 반면에 상하방향 이동수가 2 이상인 모든 조건에서는 마우스가 키보드보다 빨랐는데, 그 차이는 상하방향 이동수가 클수록 더 컸다(상하방향 이동수가 2, 3, 그리고 4인 조건 각각, $t(15) = 5.32, p < 0.01$; $t(15) = 5.99, p < 0.01$; $t(15) = 7.31, p < 0.01$). 즉, 상하방향 이동수가 2인 경우에는 180msec, 3인 경우에는 260msec, 그리고 4인 경우에는 340msec 정도 마우스의 반응이 키보드보다 빨랐다.

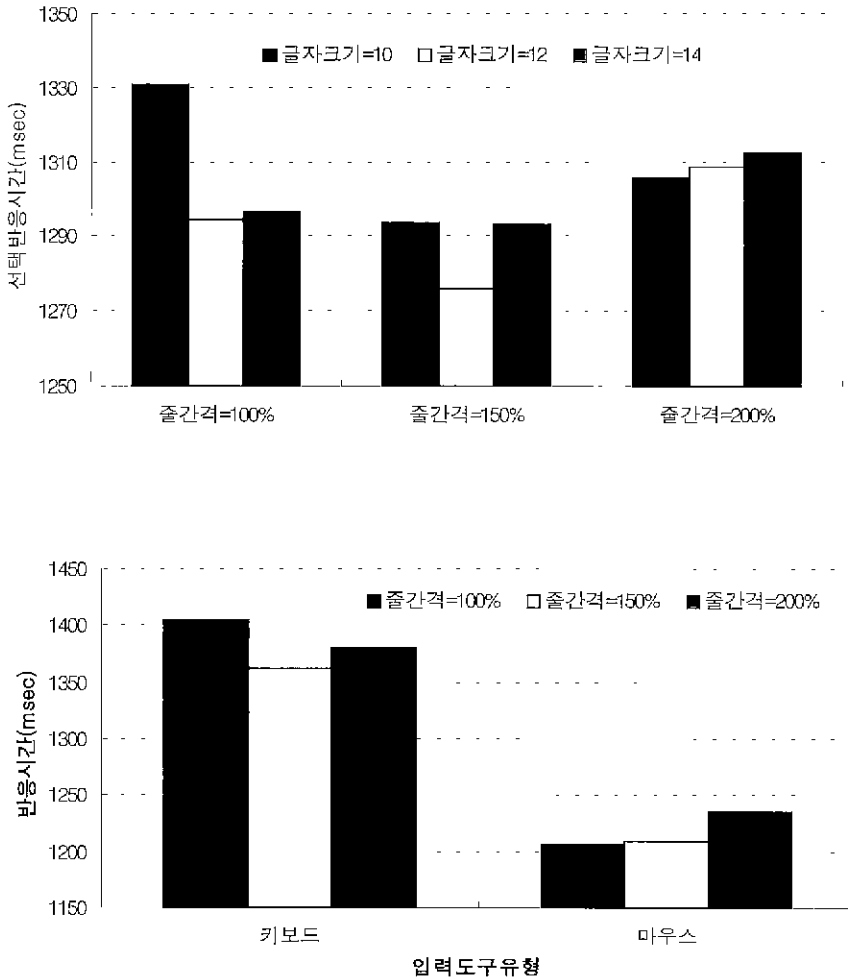


그림 9. 표적 단어 선택시간에 대한 입력 도구와 줄간격의 상호작용 효과

이러한 경향은 좌우방향 이동수의 분석에서도 발견되었다. 좌우방향 이동수가 0인 조건(이 조건에서는 표적단어가 중앙을 중심으로 상하방향으로만 제시된다)에서는 키보드보다 마우스에서 135msec 정도 느린 반응시간을 보였고($t(15) = 4.15, p < 0.01$). 좌우방향 이동수가 1과 2인 조건 각각에서 마우스가 키보드에 비해 약 130msec, 350msec 정도 빨랐다(좌우방향 이동수가 1과 2인 조건 각각, $t(15) = 3.81, p < 0.05$; $t(15) = 7.82, p < 0.01$). 이러한 결과는 커서의 초기 위치가 표적으로부터 가까우면 키보드의

반응시간이 빠른 반면, 멀면 마우스가 더 빠르는데 그 정도는 초기 위치와 표적 단어 사이의 거리가 증가할수록 역시 증가한다는 것을 시사한다.

입력도구에 따른 글자크기와 줄간격의 효과. 45개의 표적 단어들이 글자 크기와 줄간격을 달리하여 제시되었을 때의 반응시간을 입력도구, 줄간격, 그리고 글자크기를 독립변인으로 하여 변량분석하였다. 주요 결과를 정리하면 다음과 같다. 먼저, 글자크기의 효과는 없는 것으로 나타난 반면($F(2, 30) = 2.09, p > 0.10$), 줄간격의 주효과는 통계적으로 유의한 것

으로 나타났다($F(2, 30) = 3.89, p < 0.05$). 사후 분석 결과, 중간격 150%인 조건이 200% 조건에 비해 통계적으로 유의하게 반응시간이 짧았고($t(15) = 2.13, p < 0.05$), 중간격 100% 조건보다 반응시간이 짧은 경향성을 보였기 때문이었다($t(15) = 2.04, p < 0.05$).

한편 글자 크기와 중간격간의 상호작용 효과가 통계적으로 유의한 것으로 나타났다($F(4, 60) = 2.74, p < 0.05$). 그림 8에서 보면, 중간격 100%인 경우에는 글자크기가 가장 작았던 조건(글자크기=10)이 다른 조건들에 비해 반응시간이 가장 길었다(글자크기가 12와 14인 조건과의 비교에서 각각 $t(15) = 2.76, p < 0.05$; $t(15) = 3.75, p < 0.05$). 반면에 중간격 150% 조건과 200% 조건에서는 글자크기의 효과가 관찰되지 않았다(중간격 150% 조건에서 글자크기가 12인 경우는 다른 조건들에 비해 약 20msec 정도 반응시간이 짧았지만, 통계적으로 유의한 차이는 아니었다) 이러한 상호작용 결과는 글자 크기와는 상관없이 중간격이 너무 조밀하거나(100%) 넓은 조건(200%)보다 중간수준(150%)인 경우에 반응시간이 최소화될 수 있다는 것, 그리고 중간격이 매우 조밀한 경우(즉, 100% 조건)에서는 글자 크기가 작은 조건에서 상대적으로 표적 단어의 선택이 더 지체될 수 있다는 것을 시사한다

무엇보다 흥미있는 것은 표적단어들의 글자크기나 중간격의 효과가 입력도구에 따라 어떻게 달라지는가 하는 질문일 것이다. 변량분석 결과를 보면, 입력도구의 유형과 표적 단어의 크기 및 중간격 사이의 상호작용 효과 그리고 입력도구의 유형과 표적 단어의 크기 사이의 상호작용 효과는 유의하지 않았으나(각각, $F(4, 60) = 1.35, p > 0.10$; $F(2, 30) = 0.667, p > 0.10$), 입력도구의 유형과 중간격 사이에는 유의한 상호작용 효과가 관찰되었다($F(2, 30) = 8.32, p < 0.01$). 그림 9에서 보는 바와 같이, 입력도구가 키보드인 경우에는 중간격이 가장 작을 때(100%) 반응시간이 가장 느리다. 반면에 마우스의 경우에는 중간격이 가장 클 때(200%) 반응시간이 길어지는 경향이 있다

입력도구의 유형과 중간격 사이의 상호작용을 좀더 자세히 분석해 보기 위해 각각의 입력도구 유형에 따라 중간격별로 차이검증을 실시하였다. 키보드의 경우에는 중간격 150%에서의 반응시간이 다른 두 조건들보다 더 짧았을 뿐만 아니라(중간격 100%와 200% 각각 $t(15) = 4.41, p < 0.01$; $t(15) = 2.27, p <$

0.05), 중간격 200% 조건도 100% 조건에 비해 반응시간이 더 짧았다($t(15) = 3.37, p < 0.05$). 이 결과는 키보드의 경우 중간격 150% 조건에서 반응시간이 가장 느리다는 사실을 보여주고 있다. 마우스의 경우에는 이와 매우 상이한 반응패턴을 관찰할 수 있었다. 즉, 키보드 조건과는 대조적으로 중간격 200%인 경우에 반응시간이 가장 느렸는데, 통계적으로는 중간격 100%와 200% 사이에서만 유의한 차이를 보였다($t(15) = 2.69, p < 0.05$) 이러한 결과는 마우스의 경우, 중간격이 커짐에 따라 단어의 선택시간도 증가하는 경향이 있지만, 비교적 적은 수준의 중간격 변화는(100%에서 150% 사이의 변화) 마우스를 통한 선택 반응시간에 큰 영향을 주지 않음을 시사한다

전체 논의

이 연구에서는 모니터에 제시되는 표적을 선택할 때, 초기의 커서 위치로부터 표적의 방향과 거리가 입력도구의 유형에 따라 어떠한 영향을 미치는지를 검토하였다. 실험 1에서는 단순한 도형을 방향과 거리를 달리하여 제시하였을 때 마우스를 이용한 표적 선택반응을 분석하였는데, 주요 결과를 요약하면 다음과 같다. (1) 전체 반응 중 과대이동 반응이 정확 이동이나 과소이동 반응보다 많았다. (2) 이러한 경향은 정방향보다 사각방향에서 그리고 표적이 가까울 때보다 멀리 있을 때 더 빈번하였다. (3) 과소/과대이동의 빈도는 사각방향에서 많았으나, 그 정도는 오히려 정방향에서 더 컸다. (4) 반응시간이 표적거리에 따라 증가하는 가장 중요한 요인은 계획, 조정, 혹은 반응수행단계보다는 표적까지 마우스를 이동하는 이동단계에 소요된 시간이었다. (5) 과대이동은 이동 자체에 초점을 맞추어 너무 빨리 마우스를 이동함으로써 그리고 과소이동은 정확성에 초점을 맞추어 마우스를 느리게 이동함으로써 나타나는 경향이 있었다. 따라서 과대이동의 조정시간이 과소이동의 경우보다 더 많이 소요되었다. 이러한 결과는 과대이동과 과소이동의 두 가지 반응 유형에 속도와 정확성간의 교환관계가 있음을 시사한다

실험 2에서는 표적으로 도형 대신 단어를 사용하였으며, 표적의 제시 방향과 거리뿐만 아니라 표적의 크기(활자 크기)와 방해자극의 밀도(중간격)를 체계적으로 변화시켜 키보드와 마우스라는 입력도구에 따른 효과를 검증하였다. 실험 2의 결과를 요약하면 다음과 같다. (1) 마우스를 이용한 선택 반응시간이 키보드보다 대체적으로 짧았지만, 단지 상하 또는 좌우로

만 움직이는 조건에서는 오히려 키보드의 반응시간이 더 짧았다. (2) 줄간격이 너무 조밀하거나(100%) 넓은 조건(200%)에 비해 중간 수준인 150%에서 반응시간이 가장 짧았다. (3) 줄간격이 매우 조밀하면 글자의 크기가 작은 조건(글자 크기=10)에서 상대적으로 표적 단어의 선택이 더 지체되었다 (4) 키보드의 경우에는 줄간격 150% 조건에서 반응시간이 가장 짧았던 반면, 마우스의 경우에는 줄간격이 커짐에 따라 단어의 선택 시간도 증가하는 경향이 있었다.

이 연구에서 밝혀진 입력도구의 유형과 표적의 물리적 속성간의 관계를 기존 연구 결과와 비교하여 다음과 같은 몇 가지 측면에서 논의할 수 있다. 첫째, 입력도구의 유형과 인간 오퍼레이터의 수행을 연구한 선행연구들은[3, 8] 마우스와 같이 아날로그 방식의 입력도구가 멀리 있는 표적을 선택할 때 유리하다는 것을 지지하고 있는데, 이 연구에서도 동일한 결과가 얻어졌다. 그러나 이 연구에서 살펴본 바와 같이 마우스와 키보드를 선택적으로 사용해야 하는 과제에서는 표적의 물리적 속성에 대해 좀더 구체적인 명세화가 있어야 될 것으로 생각된다. 예컨대, 문서편집기의 명령어들을 한 메뉴 안에 배열하고자 할 때는 명령어를 구성하는 활자크기와 줄간격이 동시에 고려되어 설계하는 것이 효율적인 작업 수행을 위해 필요하다고 할 수 있는데, 이 연구의 결과에 근거하면 활자크기는 12 줄간격은 150% 정도가 적합할 것으로 생각된다.

둘째, 본 연구에서 구분한 표적 자극의 제시위치에 따른 마우스의 이동 패턴에 대한 심리학적/인지 과학적 기제는 Fitts등이 제안하고 다른 많은 연구자들이 증명한 인간 오퍼레이터의 기본적 심리 운동 기제(psychomotor mechanism)에 바탕을 두고 있다. 그러나, 이 연구에서는 마우스를 이용한 표적의 선택 반응이 좀더 세밀하게 분석되어, Fitts의 법칙에서 말하는 표적 거리에 따른 동작시간의 관계뿐만 아니라, 하나의 동작 안에 포함된 다양한 세부 동작들이 갖는 상대적 중요성도 관찰되었다[4]. 예컨대, 마우스를 이용한 표적의 선택은 키보드에 비해 상대적으로 먼 거리에 있는 표적의 선택에 유리하지만, 거리가 멀리 떨어져 있는 표적의 경우, 실험 1에서 밝혀진 것처럼 상대적으로 더 많은 과대이동을 유발하기 때문에 반응의 정확성이나 반응에 드는 노력의 정도도 함께 고려되어 입력도구의 유용성이 평가되어야 할 것이다.

셋째, 이 연구의 결과를 보면, 컴퓨터 사용자들이 모니터를 통해 제시되는 표적을 파악하고 특정 입력

도구를 사용하여 선택하는 데는 표적의 물리적 속성들이 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있다. 이 사실은 표적이 갖는 물리적 속성과 인간 정보처리자 사이의 상호작용에 대한 몇 가지 일반적 특성을 이해하는데 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다. 예컨대, 물리적으로 서로 근접해 있는 자극들 속에 표적이 제시되는 조건(따라서 물리적 이동거리는 감소한다)과 이와는 대조적으로 표적들이 간격을 두고 제시되는 조건(따라서 물리적 이동거리는 증가한다)은 모두 다른 조건에 비해 상대적으로 더 긴 반응시간이 관찰되었다. 이러한 결과는 글자 크기와 줄간격이 모두 작아서 단어들이 밀집되어 제시되는 경우에는 표적 단어를 둘러싸고 있는 다른 단어들에 의한 일종의 외측억제가 일어나는 반면에, 글자가 크고 줄간격이 넓어 단어들이 넓게 분포되는 경우에 실험 관찰자의 視角(visual angle)이 증가했기 때문인 것으로 생각된다.

개인용 컴퓨터가 널리 보급됨에 따라 컴퓨터 사용자들은 문서 편집뿐만 아니라 인터넷이나 통신, 게임 등을 위해 과거에 비해 더 많은 시간을 컴퓨터와 상호작용하고 있다. 이러한 관점에서 최근 인간-컴퓨터 상호작용에 대한 관심이 높아지고 있는데, 시스템 설계자들이나 프로그래머들이 가장 중요시해야 할 문제는 사용자가 사용하는 입력도구의 특성과 이에 따른 디스플레이의 제시방식 사이에서 최적의 조합을 찾아내는 일일 것이다. 예컨대, 특정 입력도구를 사용하는 사용자들에게 어떠한 형태로 정보를 제공하여 그 정보 속에서 효율적으로 원하는 표적을 선택하거나 새로운 자료를 입력하게 할 수 있게 할 것인가의 문제이다. 사용자의 숙련정도에 따라 혹은 특정 소프트웨어의 구성 방식에 따라 다양한 입력도구를 이용한 이러한 상호작용에서 매 시행마다 단지 천 분의 몇 초 정도의 차이라도 사용자의 전체적인 수행의 양과 질에는 많은 영향을 줄 수 있으며, 궁극적으로는 시스템의 전반적인 효율성을 결정짓는 중요한 요소가 될 수 있다.

기본적으로 이 연구에서 사용한 방법과 결과들은 다양한 입력도구들의 특성, 그리고 공간상의 표적이 갖는 물리적 속성들간의 관계를 다룬 기존의 연구들처럼[6, 7], 인간 오퍼레이터의 제어반응의 바탕을 이루는 기본적 기제들을 컴퓨터 사용 장면에서 확장한 것이다. 인간의 제어행동은 시각적 피드백 측면들(즉, 이 연구에서 조작된 표적의 위치나 거리와 같은 표적의 물리적 속성들)에 많이 의존하기 때문에[예컨대, 3], 이 연구에서 사용된 방법이나 결과들이 갖는 함

의는 아주 간단한 인간 제어 행동(예컨대, 마우스를 이용하여 컴퓨터 메뉴의 특정 항목 위치에 커서를 옮겨다 놓는 것과 같이 입력도구들을 사용하여 스크린 상에 있는 표적으로 커서를 이동시키는 것)들 뿐만 아니라, 운전 수행에서 볼 수 있는 것과 같이 발을 특정한 페달로 이동시키는 것과 같은 비교적 세밀함을 요구하지 않는 동작들[5], 혹은 현미경을 보면서 조립하거나 조작하는 것과 같이 매우 세밀함을 요구하는 동작들[9]에도 적용이 가능할 것으로 생각된다

참고 문헌

- [1] 이관용 (1976) 한국명사어의 심리속성적 측정: I 심상성, *한국심리학회지*, 2, 95-102
- [2] Baber, C (1997). *Beyond the desktop* San Diego, CA Academic press.
- [3] Card, S. K., English, W K., Burr, B J (1978) Evaluation of mouse, rate-controlled isometric joystick, step keys, and task keys for a text selection on a CRT, *Ergonomics*, 21, 601-613.
- [4] Card, S K, Moran, T. P., & Newell, A (1983). *The psychology of human-computer interaction* Hillsdale, NJ Erlbaum
- [5] Duray, C (1975) Application of Fitts' Law to foot pedal design, *Human Factors*, 17, 368-373
- [6] Fitts, P M (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 381-391
- [7] Fitts, P. M., & Posner, M. A. (1967) *Human performance*, Pacific Palisades, CA: Brooks/Cole
- [8] Flach, J., Hagen, B., O'Brein, D., & Olson, W A (1990). Alternative displays for discrete movement control. *Human Factors*, 32, 685-695.
- [9] Langolf, C D, Chaffin, D B., & Foulke, S A (1976) An investigation of Fitts' law using a wide range of movement amplitude. *Journal of Motor Behavior*, 8, 355-376
- [10] 유승동, 박범. (1999). 운전석의 주관적 표준화에 따른 운전자의 운전 이차과제 수행시간과 정신적 부하와의 관계에 관한 연구, *인지과학*, 9, 95-106.
- [11] Welford, A T. (1960) The measurement of sensory-motor performance: Survey and reappraisal of twelve year's progress. *Ergonomics*, 3, 189-230.
- [12] English, W K., Engelbart, D C., & Berman, M L.(1967) Display-selection techniques for text manipulation, *IEEE Transactions on Human factors Electronics HFE-8*, 5-15