

소형 정보기기의 화면 디자인에서 최적의 펜입력을 위한 구성요소의
크기와 개수에 대한 경험적 연구

An Empirical Study of Minimum Required Size and the Minimum Number of Targets for Pen
Input on the Small Display

주저자 : 박정순 (Park Jeong-Soon)

천안대학교 디자인영상학부

1. 서론

- 1-1. 연구 목적
- 1-2. 펜입력에 대한 선행연구들
- 1-3. 연구 방법

2. 실험 1 : 타겟 크기의 영향

- 2-1. 실험 방법
 - 2-1-1. 실험 설계
 - 2-1-2. 실험 참여자
 - 2-1-3. 실험 장비
 - 2-1-4. 실험 절차
- 2-2. 실험 결과
 - 2-2-1. 포인팅 시간
 - 2-2-2. 에러율
 - 2-2-3. 시작위치의 영향

3. 실험 2 : 타겟 개수의 영향

- 3-1. 실험 방법
 - 3-1-1. 실험 설계
 - 3-1-2. 실험 참여자
 - 3-1-3. 실험 장비
- 3-2. 실험 결과
 - 3-2-1. 포인팅 시간
 - 3-2-2. 에러율

4. 토의 및 결론

- 4-1. 원활한 상호작용을 위해 필요한 타겟의 최소 크기
- 4-2. 최소 경로길이에 따른 조작방법의 선택
- 4-3. 타겟 방향의 영향
- 4-4. 금후 연구과제

참고문헌

(要約)

근래 작은 크기의 하드웨어 안에 첨단기능을 탑재한 다양한 휴대용 기기들이 시장에 등장하고 있다. 이러한 기기들은 그 성능을 극대화하기 위하여 서로 다른 입력방법의 특성을 이해하고 충분한 방법안에서 그것들을 활용해야 한다. 본 연구의 목적은 각 입력방법의 특성을 이해함으로써 휴대용 기기의 사용자 인터페이스를 좀 더 효과적으로 디자인할 수 있게 하는 것이다.

이를 위해 본 연구에서는 휴대용 기기의 소형 표시창에서 펜과 커서키를 이용한 타겟 포인팅 수행도를 비교하기 위하여 두가지 실험을 실시하였다.

첫 번째 실험에서 우리는 서로 다른 타겟 크기에서 두가지 입력방법에 의한 타겟 포인팅 수행도를 조사하였다. 타겟의 크기가 5mm보다 작을 경우 펜을 이용한 입력이 하드웨어키를 이용한 입력보다 더 에러가 많지만 타겟크기가 5mm일때 에러율이 키입력과 같은 수준으로 감소한다는 것을 발견했다.

두 번째 실험에서 우리는 타겟의 개수가 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과 타겟의 크기가 5mm일때 타겟의 거리가 3단계 경로길이를 초과할 경우 펜 입력이 하드웨어키 입력보다 더 빨리 타겟 포인팅할 수 있다는 것을 알았다.

(Abstract)

A great variety of handheld device are coming onto the market. Some have advanced features compacted into very small sized hardware. In order to maximize the capability of these devices, we need to understand the characteristics of different input methods and utilize them in a sufficient way. Our study aims to understand characteristics of each device, so that we can design user interfaces more effectively.

Two experiments were conducted to compare target pointing performance with a pen and with a hardware key on small displays.

In experiment 1, we examined participants' performance of target pointing with both input methods at different target sizes. It was found that pen operation is more erroneous than key based operation when target size is smaller than 5mm, but at a target size of 5mm, the error rate decreased to the same level as for key input.

In experiment 2, we examined the effect of the number of targets. The results showed, with a target size of 5mm, the pen could point to targets quicker than with key input, when the distance to the target exceeds a path length of 3 steps.

(Keyword)

Interaction Style, Mobile Interface, Human Performance

1. 서론

1-1. 연구 목적

근래 작은 크기의 하드웨어 안에 첨단기능을 탑재한 다양한 휴대용 기기들이 시장에 등장하고 있다. 예를 들어 (그림 1)과 같이 최근에 발매된 다양한 유형의 휴대용 기기들은 2인치 정도의 디스플레이에 펜 또는 하드웨어 키를 기본으로 하는 인터랙션 방식으로 문서편집기, 웹브라우저, 주소록, 드로잉도구 등 PC에 버금가는 응용프로그램을 사용할 수 있도록 해준다.



그림 1. 새로 나타나는 모바일 기기들과 입력 도구

소형 표시창을 가지는 이러한 휴대용 기기의 화면 요소는 일반적으로 매우 작게 만들어지고 되도록 많은 정보를 제공하고자 한다. 결과적으로 목표물이 너무 작기 때문에 펜을 이용한 상호작용을 어렵게 만든다. 반대로 화면 요소를 크게 만들면 한 화면에 보여지는 화면요소의 양이 줄어들어 사용자 하여금 같은 양의 정보를 보기 위하여 더 스크롤을 해야하는 부담을 준다. 이런 유형의 이윤배반성(trade-off)은 사용자 인터페이스 디자인 프로세스에서 마주치는 일반적인 문제이다. 최대한 많은 화면요소를 표시하는 것과 사용자가 편하고 정확하게 상호작용할 수 있는 것과의 균형적인 조건을 찾는 필요가 있다.

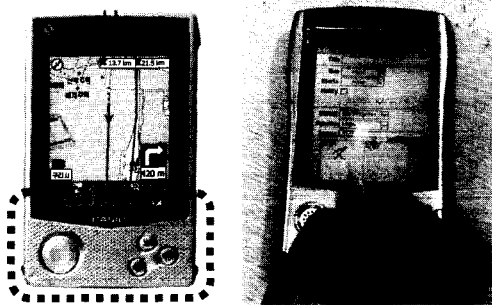


그림 2. 커서를 이용한 입력 그림 3. 펜을 이용한 입력

(그림 2)와 같은 커서키는 현재 휴대용 기기에서 가장 널리 채용하고 있는 입력방법 중의 하나로서 조작이 간단하고 사용자가 단지 한 손으로 기기를 조작할 수 있다는 잇점이 있다. 반면에 (그림 3)과 같은 펜은 휴대용 기기 특히 PDA에 널리 채택된 또 다른 입력방법으로 커서키보다 좀 더 직관적이고 직접적인 조작을 가능하게 한다. 몇몇 휴대용 기기들은 커서키입력과 펜입력을 모두 제공하지만 어떤 입력방법이 어떤 종류의 과업에 가장 효과적인지 아직 명확하지 않다.

특히 휴대용 기기의 화면 디자인에서 타겟의 크기나 개수와 같은 화면요소의 특성에 따라 과연 어떤 작업에 버튼을 주로 사용해야 하고 어떤 작업에 펜을 주로 사용해야 하는지에 대한 아무런 기준이 없기 때문에 합리적인 판단기준을 위해 화면 요소에 따라 펜이나 하드웨어 키와 같은 조작방식이 어떠한 차이를 보이는데에 대한 비교분석이 필요하다.

본 연구의 커다란 목적은 각 입력방법의 특성을 이해함으로써 휴대용 기기의 사용자 인터페이스를 좀 더 효과적으로 디자인할 수 있게 하는 것이다.(그림 4) 구체적으로는 화면 요소의 특성에 따라 조작방식이나 상호작용의 선택기준을 만드는 것이며, 이를 위해 휴대용 기기의 펜을 이용한 타겟 포인팅 테스트에서 하드웨어 키의 수행도와 동등한 수행도를 보이는 화면요소의 크기와 개수를 찾는 것이다.

이런 연구 목적을 위해 모바일 기기의 소형 표시창에서 타겟의 크기와 개수가 포인팅 성능에 어떠한 영향을 미치는가에 대해 몇가지 실험을 통해 실증적으로 알아보았다.

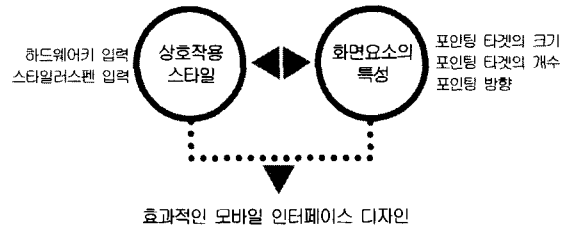


그림 4. 연구 목적

1-2. 펜 입력에 대한 선행 연구들

이전의 연구들은 대부분 PC 환경에서 펜입력을 사용한 인터랙션의 특성들을 밝히기 위해 진행된 것들이다. 문헌조사 결과 소형 표시창의 모바일 기기를 대상으로 한 선행연구는 거의 없었으며, PC 환경에서도 마우스와 펜을 이용한 상호작용을 비교하는 실험이 대부분이었다. 본 연구의 경우 소형 표시창을 가지는 모바일 기기에서 하드웨어키와 비교한 펜입력의 상호작용을 분석하는 것이기 때문에 이런 선행연구 결과는 본 연구에 대한 참고자료로 이용될 수 있다.

맥켄지¹⁾와 우오이²⁾는 약조제 작업을 가지고 실험을 진행한 결과 펜입력이 마우스입력보다 빠르다는 사실을 발견했고, 카토와 나카가와³⁾는 펜을 이용한 포인팅 수행능력이 포인팅하고자하는 타겟의 방향에 의해 영향을 받는다고 하였다. 이 실험 결과 오른손잡이 사용자가 오른쪽이나 오른쪽 하단 방향으로 움직이는 것이 그 반대방향으로 움직이는 것보다 수행도(performance) 측면에서 떨어진다는 것을 발견했고, 정밀도가 요구되는 작업의 경우에는 펜을 이용한 상호작용의 조작 횟수가 더 늘어난다는 것을 알았다. 이런 결과는 사용자가 이어지

1) MacKenzie S., A comparison of input devices in elemental pointing and dragging tasks in Proceedings of CHI'91 Conference, ACM Press (1991), p161-166
 2) Uoi H., An experimental comparison of pen-tablet and mouse in selecting two targets, IPSJ No.043-005 (1992), p92-99
 3) Kato N., Nakagawa M., A study of operability of pens for designing pen user interface, IPSJ Vol.39 No.5 (1998) p1536-1546

는 다음 조작을 명확히 알고 있을 때 마우스보다는 펜 이용한 상호작용이 더 적합하다는 것을 알려 준다.

오노는 또 다른 실험에서 조작이 한번 시작되면 마우스 입력 조작보다 펜입력 조작이 도중에 조작순서를 변경하기가 어렵다는 것을 발견했다. 그는 또 여러 과업이 섞여있는 조작의 경우 마우스 조작은 각 과업의 포인팅 시간의 합과 거의 일치한 반면 펜 조작은 각 과업의 포인팅 시간보다 짧다는 것을 알았다. 오노는 이러한 차이점을 설명하기 위하여 사용자의 현 정신작업과 이전 작업 사이에 오버랩이 존재한다는 모델을 제시하고, 이런 오버랩으로 인해 펜 조작이 마우스 조작보다 더 쉽게 사용될 수 있다고 하였다.

이외에 시어스와 슈나이더만은 세가지 유형의 포인팅 도구를 가지고 실험한 결과 팔고정장치를 갖춘 터치스크린이 목표물을 포인팅할 때의 에러율을 줄이는데 효과적임을 보여주었고, 렌과 모리야는 타겟크기와 거리에 따라 포인팅 방법의 효과가 어떠한가를 연구한 결과 포인팅 방법과 크기 사이에 주목할만한 상관관계가 있음을 발견했다.

또 본 연구와 관련이 있는 수행도 모델로서 버튼의 크기와 커서 이동거리가 주어지면 버튼까지 커서를 움직이는데 걸리는 평균시간을 피츠의 법칙(Fitts's Law)을 이용해 구할 수 있다. 즉 화면상에서 마우스 포인터를 버튼까지 움직이는데 걸리는 시간은 거리에 비례하고 버튼의 크기에 반비례한다는 모델로 버튼을 클릭하기 위해 마우스 포인터를 이동시키는 거리가 멀수록 버튼의 크기나 영역이 작을수록 클릭할 때 성공확률이 낮다는 것이다.⁴⁾

선행 연구에 대한 조사 결과 PC 환경에서 마우스 조작과 비교해 펜을 이용한 조작의 특성을 밝히는 연구가 대부분이었으며, 키 입력과 비교해 펜 입력의 특성을 알아보려는 본 연구에 많은 사전 지식을 제공하였다. 또 위에서 언급한 여러 실험 결과들 특히 가토와 나카가와가 PC 환경에서 실시한 타겟 방향의 영향에 대한 실험은 휴대용 기기에서도 비교적 동일한 조건에서 실험을 실시하여 동일한 결과가 나오는지 알아보았다.

1-3. 연구 방법

본 연구는 휴대용 기기의 타겟 포인팅 태스크를 통해 펜 조작과 하드웨어키 조작의 특성을 비교하고자 한다. 실험 태스크로 타겟 포인팅 태스크(target point task)를 선택한 이유는 휴대용 기기의 가장 기본적인 조작 스타일 중 하나이며 선행연구에서도 이런 유형의 수행도를 측정하기 위하여 보편적으로 사용되는 태스크이기 때문이다.

분석방법은 두가지 조작 스타일의 특성을 비교하는 것이기 때문에 피츠의 법칙과 같은 정량적인 계산방법보다는 화면요소의 변화 즉 화면요소의 크기와 개수에 따라 펜 입력과 하드웨어키 입력에 대한 각각의 포인팅 시간과 에러율을 측정하여

4) Ono M., *Performance modeling for pen input in Proceedings of SIG-HI of IPSJ (1993)*, p1-6

5) Sears A., Shneiderman B., *A new era for high precision touchscreens, Advances in HCI Vol.30, Ablex (1992)*, p1-33

6) Card S., Moran T., Newell A., *The Psychology of Human Computer Interaction*, LEA, London (1983), 51-65

분산분석(ANOVA)을 통해 그 차이가 유의미한가를 밝히는 방법을 사용하였다.

펜과 커서키의 타겟 포인팅 수행도를 비교하기 위하여 두가지 실험을 실시하였으며 이에 대한 연구질문은 다음과 같다.

- 1) 휴대용 기기와 같은 소형 표시창에서 펜 입력이 하드웨어키 입력과 비교하여 동등한 수행도(포인팅 시간과 에러율)을 가지는 포인팅 타겟의 최소크기는 얼마인가? (실험1)
- 2) 휴대용 기기와 같은 소형 표시창에서 펜 입력이 하드웨어키 입력과 비교하여 동등한 수행도(포인팅 시간과 에러율)을 가지는 시작점과 목표점 사이의 타겟 개수는 몇 개인가? (실험2)

이외에 선행연구에서 가토와 나카가와와 실험에서 언급한 펜 포인팅 수행에 있어 타겟 방향에 대한 영향이 휴대용 기기에서도 관찰되는지 검토하였다.

- 3) 시작점과 목표점 사이의 타겟 방향이 포인팅 수행능력에 영향을 미치는가? (실험1)

2. 실험 1 : 타겟 크기의 영향

이 실험의 목적은 하드웨어키 입력과 비교하여 펜 입력을 위해 요구되는 타겟의 최소크기를 알아보는 것이다.

일반적으로 펜을 이용한 입력작업의 경우 타겟 크기가 작을수록 포인팅하기 어려울 것이며, 반면에 하드웨어키를 이용한 입력은 디스플레이 상의 타겟 크기가 변하더라도 영향을 받지 않을 것이다. 따라서 펜의 입력수행도와 하드웨어키의 입력수행도가 비슷한 수준일 때의 타겟 크기는 인터페이스 설계에 있어 중요한 기준이 될 수 있다. 여기서 수행도가 비슷하다는 것은 포인팅시간뿐 아니라 에러율이 동등한 수준이거나 더 작다는 것을 의미하며, 에러는 정확한 타겟 포인팅이 이루어지지 않은 모든 경우를 말한다.

이 실험의 가설은 다음과 같다.

펜을 이용한 포인팅 수행도는 타겟이 작아질수록 떨어질 것이며, 하드웨어키를 이용한 입력 수행도는 타겟 크기에 영향을 받지 않을 것이다.

2-1. 실험 방법

2-1-1. 실험 설계

실험은 펜 입력과 커서 키 입력의 두 개 조건을 바탕으로 집단내 테스트방식(within-group design)을 사용하였다. 독립변수는 타겟 크기(2, 3, 4, 5mm)와 입력방법이고 종속변수는 포인팅 시간과 에러율이다.

타겟의 크기를 위와 같이 정한 이유는 두차례에 걸친 예비실험 결과 5mm 이상에서는 펜입력과 하드웨어키의 포인팅시간과 에러율이 거의 비슷한 수준을 유지하는 것으로 파악되었기 때문이다.

2-1-2. 실험 참여자

남자 9명과 여자 1명이 실험에 참여하였다. 나이는 19세부터 47세까지 분포되어 있으며, 오른손잡이이고 보통시력을 가지고 있었다. 그들중 어느 누구도 이전에 PDA를 사용해본 경험이 없었다.

실험 참여자의 선정은 무작위적으로 이루어졌으며, 사용성평가에서 실험참여자수에 대한 제이콥 닐슨의 연구결과를 참조하여 10명을 대상으로 실험을 진행하였다. 또 각 피실험자별로 각각의 조건에서 50회의 시도횟수를 측정하기 때문에 실험 참여자 수에 따른 실험 결과의 신뢰도에 문제가 없을 것으로 판단하였다.

2-1-3. 실험 장비

테스팅 프로그램은 국내업체에서 생산된 PDA로 리눅스를 운영체제로 사용하는 (그림 5)와 같은 휴대용 기기에서 작동된다. 가로와 세로 각각 610mm X 900mm의 칼라 LCD를 가지고 있으며 해상도는 240 X 320 픽셀이다. 터치 스크린과 펜 외에 기기하단 좌측에 네가지 방향(상하좌우)의 커서키가 있으며, 선택키가 기기 하단 우측에 자리잡고 있다.



그림 5. 실험에 사용된 휴대용 기기

실험자극은 (그림 6)과 같이 1.5mm의 흰 여백 간격을 가지는 가로, 세로 각각 6개의 셀을 제시한다. 각 셀의 크기는 2mm부터 5mm까지 다양하게 제작하였다. 여백 간격을 1.5mm로 한 이유는 우오이⁸⁾의 연구결과 각 셀을 구별하고 포인팅하기 위한 최소거리임이 밝혀졌기 때문이다.

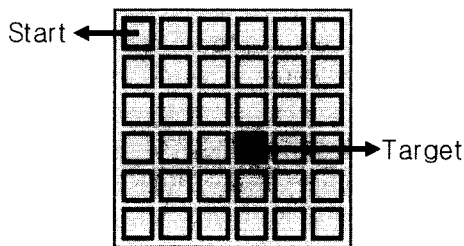


그림 6. 키입력 상태에서의 시작셀과 타겟셀의 모습

커서키 조건 하에서, 시작 셀은 4개 코너 중 하나이며 두꺼운 프레임으로 나타나고, 목표 셀은 회색으로 하이라이트된다.(그림 7)

7) Dumas J., How many participants in a usability test are enough?, UPA(2001), 173-182

8) Uoi H., An experimental comparison of pen-tablet and mouse in selecting two targets, IPSJ No.043-005 (1992), p82-90

림 6) 포인팅 시간은 커서키가 처음으로 눌러진 후부터 선택키가 눌러졌을 때까지 측정된다.

펜입력 조건 하에서, 피실험자는 두꺼운 프레임으로 된 시작셀만을 보게 된다. 사용자가 펜을 가지고 셀을 포인팅했을 때 목표셀이 회색으로 하이라이트된다.(그림 7) 포인팅 시간은 펜이 시작 셀의 표면을 떠난 후부터 펜이 목표셀의 표면에 닿았을 때까지 측정된다. 또 실험중 하이라이트되는 타겟셀의 위치는 무작위로 변경되지만 펜과 하드웨어키 각각의 경우 하이라이트되는 타겟셀의 위치값들은 동일하게 조정하였다.

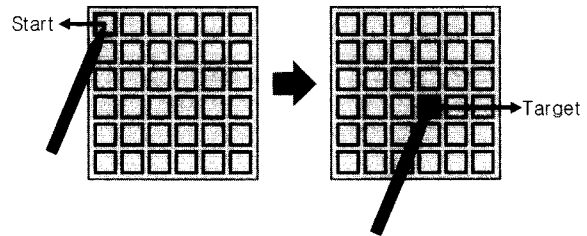


그림 7. 펜입력 상태에서 시작셀과 타겟셀의 모습

2-1-4. 실험 절차

실험참여자 는 무작위 순서대로 테스트에 투입되었다. 진행자는 펜과 커서키를 어떻게 사용하는가에 대한 지시사항을 주고, 4mm의 타겟을 대상으로 20회 시험해 볼 수 있도록 하였다. 연습 단계 후에 서로 다른 순서에 따라 모든 조건하에서 각각의 피실험자를 대상으로 테스트하였다. 한 조건 당 50회의 시도를 반복하였다.

양쪽 조건 모두 가능한 빠르고 정확하게 목표를 포인팅하도록 요구하였고 성공하거나 실패했을 때 아무런 피드백도 주지 않았으며, 피실험자의 상호작용은 기기 안에 자동적으로 로깅되도록 하였다.

2-2. 실험결과

2-2-1. 포인팅 시간

타겟 크기에 따라 각 입력방법 별로 포인팅 시간을 측정한 결과는 (그림 8)과 같다.

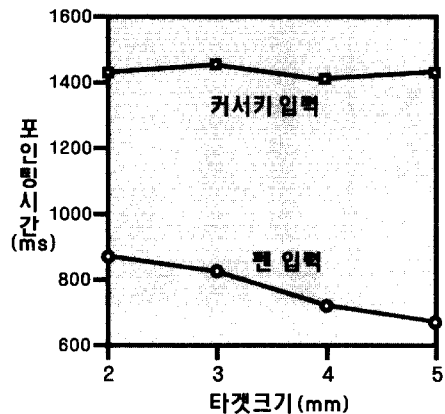


그림 8. 타겟의 크기와 입력방법에 따른 포인팅 시간의 변화

포인팅 시간에 대한 분산분석(ANOVA) 결과는 입력 방법 ($F_{1,7992}=2789, p<0.001$)과 타겟 크기($F_{3,7992}=14.48, p<0.001$)

가 포인팅 시간에 매우 의미있는 영향을 가지며, 펜 입력의 경우 입력 방법과 타겟 크기 사이에 매우 의미있는 상호관계가 있음을 보여준다.

펜 입력은 모든 타겟 크기에서 하드웨어키 입력보다 더 빨랐으며 하드웨어키 입력보다는 펜 입력에서 타겟 크기의 영향이 더 강했다. 포스트훅(post hoc) 테스트의 결과는 타겟 크기가 2-3mm일 때보다 4-5mm일 경우에 유의미하게 더 빨랐음을 보여준다.

이러한 실험결과는 에러율을 고려하지 않는다면 모든 타겟 크기에서 펜 입력이 유리한 것으로 판단해 볼 수 있다. 그러나 상식적으로 타겟의 크기가 작을수록 펜 입력의 에러가 많을 것으로 예측되기 때문에 에러율의 변화를 분석해 보아야 할 것이다.

2-2-2. 에러율

타겟 크기에 따라 각 입력방법 별로 에러율을 계산한 결과는 (그림 9)와 같다. 여기서 에러는 피실험자가 정확한 타겟 포인팅을 하지 못한 경우를 말하며, 에러율은 전체 시도 횟수 즉 10명의 피실험자가 50회씩 조작을 한 총 500회의 조작 횟수에서 정확한 타겟 포인팅이 이루어지지 않은 조작 횟수의 비율이다.

타겟크기별 에러율에 대한 분산분석(ANOVA) 결과는 입력방법($F_{2,9}=36.16, p<0.001$)이 에러율에 매우 의미있는 영향을 가진다는 것을 보여준다. 일반적으로 펜 입력은 하드웨어키 입력보다 좀 더 많은 에러를 만들었으나 예측한대로 타겟 크기가 커질수록 에러율은 감소하였다. (그림 9)에서 보는 바와 같이 펜 입력의 에러율이 2-4mm 크기에서 하드웨어키 입력보다 월등하게 높지만 5mm 크기에서는 유의미한 차이를 보이지 않았다. ($F_{1,9}=1.23, p>0.05$)

앞서 펜 입력의 포인팅 시간이 모든 타겟 크기에서 하드웨어키 입력보다 더 빨랐기 때문에 에러율을 고려해 볼 때 5mm 크기를 기준으로 펜 입력의 수행도가 하드웨어키 입력의 수행도와 동등하거나 월등해진다고 볼 수 있다.

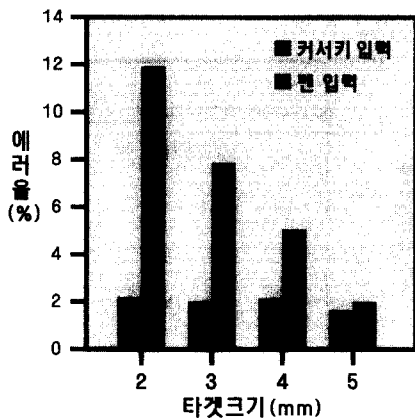


그림 9. 타겟 크기와 입력방법에 따른 에러율의 변화

2-2-3. 시작위치의 영향

네가지 시작위치(상단좌측(UL), 상단우측(UR), 하단좌측(LL), 하단우측(LR))에 따른 펜 입력에서의 포인팅 시간을 비교하였

다. 타겟 크기별 시작위치에 대한 분산분석 결과는 시작위치가 포인팅 시간에 유의미한 영향을 가진다는 것을 보여주었다. ($F_{3,3717}=3.0, p<0.05$)

포스트훅 테스트 결과는 (그림 10)에서 보는 것과 같이 UL의 포인팅 시간이 UR보다 유의미하게 더 길다는 것을 보여준다. 피실험자 모두 오른손잡이라는 점을 감안한다면 이것에 대한 가능성있는 이유중의 하나는 손에 의해 타겟이 가려질지도 모르기 때문에 포인팅하고자 하는 목표물을 발견하는 것이 좀 더 어렵지 않을까하는 것이다.

이런 결과는 선행연구 결과와 유사한데, 가토와 나카가와가 실험한 PC 환경 즉 임의로 움직일 수 없는 대형 화면에서 사용자가 갖는 조작상의 제약이 본 연구에서 실험한 모바일 환경 즉 임의로 움직일 수 있는 소형 화면에서도 동일하게 적용된다는 것을 보여준다.

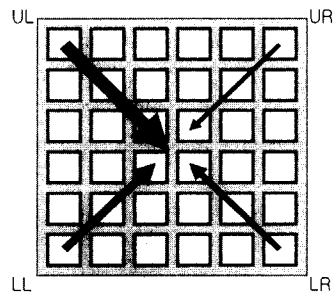


그림 10. 시작위치에 따른 포인팅 시간의 차이비교 (화살표는 타겟팅 방향)

3. 실험2 : 타겟 개수의 영향

이 실험의 목적은 펜 입력과 하드웨어키 입력에서 타겟의 개수가 포인팅 수행도에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보는 것이다. 이를 위해 펜과 하드웨어키 각각 같은 위치 사이를 이동하여 포인팅하게 한 다음 걸린 시간과 에러율을 비교하였다.

일반적으로 하드웨어키를 이용한 입력이 시작점과 목표점 사이에 있는 타겟의 개수에 영향을 더 받을 것이다. 여기서 타겟의 개수는 사용자가 클릭해야 할 조작횟수를 의미하기 때문이다. 반면에 펜을 이용한 입력은 시작점과 목표점 사이의 타겟의 개수가 늘어난다 해도 펜을 이용한 조작횟수와는 관련이 없기 때문에 타겟의 개수에 영향을 받지 않을 것이다.

이 실험의 가설은 다음과 같다.

하드웨어키를 이용한 포인팅 수행도는 타겟의 개수가 늘어날수록 떨어질 것이며, 펜을 이용한 입력 수행도는 타겟의 개수에 영향을 받지 않을 것이다.

3-1. 실험방법

3-1-1. 실험설계

(실험 1)과 동일하게 펜 입력과 커서 키 입력의 두 개 조건을 바탕으로 집단내 테스트방식(within-group design)을 사용하였다. 독립변수는 타겟의 개수(16, 36, 64)와 입력방법이고 종속 변수는 포인팅 시간과 에러율이다.

3-1-2. 실험참여자

12명의 대학생(남자 7명과 여자 5명)이 실험에 참여하였다. 나이는 19부터 26까지 분포되어 있으며, 오른손잡이이고 보통시력을 가지고 있었다. 이들중 6명이 펜을 이용하여 조작하는 기기를 이전에 6개월에서 2년까지 사용해 본 경험을 가지고 있었는데 평균적인 사용기간은 1.13년이였다. 실험참가자의 선정은 무작위로 이루어졌으며 선정배경은 (실험 1)과 같다.

3-1-3. 실험장비

실험을 위한 기기와 태스크는 (실험 1)과 동일하다. 실험자극으로 우리는 매트릭스 형태로 1.5mm의 흰색 간격을 가지는 5mm 정방형 셀을 제시하였다. 보여지는 셀의 개수는 16(4x4), 36(6x6), 64(8x8)로 변경되며, PDA 화면에 보여지는 실험자극은 (그림 11)과 같다.

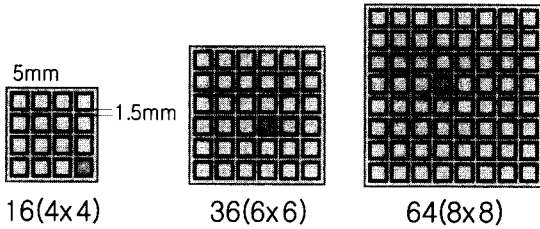


그림 11. 타겟개수에 따른 세가지 실험자극

3-2. 실험결과

3-2-1. 포인팅 시간

타겟 개수에 따라 각 입력방법 별로 포인팅 시간을 측정된 결과는 (그림 12)에서 보는 것과 같다.

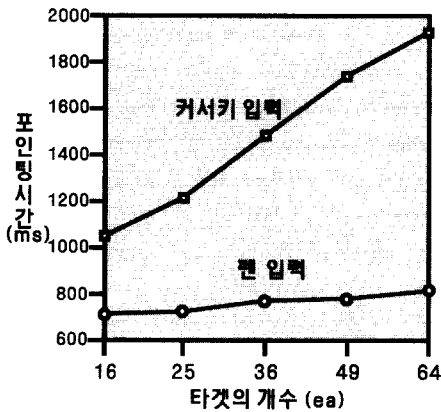


그림 12. 타겟의 개수와 입력방법에 따른 포인팅시간의 변화

포인팅 시간에 대한 분산분석(ANOVA) 결과는 입력 방법 ($F_{1,3593}=1235.43, p<0.001$)과 타겟의 개수($F_{2,3593}=220.98, p<0.001$)가 포인팅 시간에 매우 의미있는 영향을 가지며, 하드웨어키 입력의 경우 입력방법과 타겟의 개수 사이에 매우 의미있는 상호관계($F_{2,3593}=109.21, p<0.001$)가 있음을 보여준다. 포인팅 시간은 모든 조건에서 하드웨어키 입력과 비교하여 펜 입력 시 더 빨랐으며, 그 차이는 타겟의 개수가 증가할수록 더 커졌다.

그러나 단순한 타겟의 개수보다 실제 조작에서 중요한 것은

타겟 포인팅을 위해 커서가 타겟 사이를 이동하기 위해 거쳐야 하는 최소 단계인 경로길이(path length)이며 (그림 13)은 경로길이에 따른 펜과 커서키의 포인팅 시간을 보여준다. 비록 경로길이가 펜의 경우에는 적절하지 않지만 펜의 결과도 같은 단위로 그려놓았으며, 이것을 통해 펜과 커서 사이의 같은 타겟에 대한 포인팅 시간을 비교할 수 있게 해준다. 펜과 커서키의 포인팅 시간은 경로길이가 2일 때 같고, 경로길이가 3 이상일 때 펜입력이 더 빨랐다. 그 차이는 경로길이가 길어질수록 지속적으로 더 커진다.

이런 실험 결과는 화면요소가 3개 이하이거나 조작횟수가 3단계 이하인 과업의 경우에는 하드웨어키를 이용한 조작이 더 효과적임을 알 수 있다.

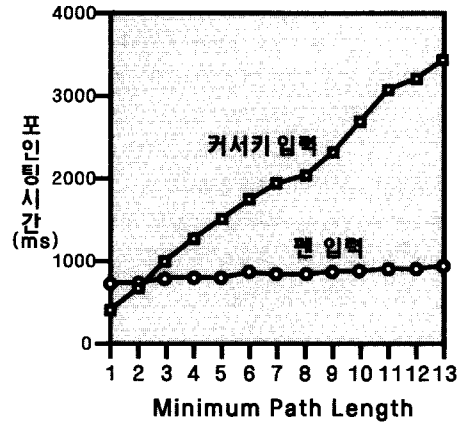


그림 13. 최소경로길이와 입력방법에 따른 포인팅시간의 변화

3-2-2. 에러율

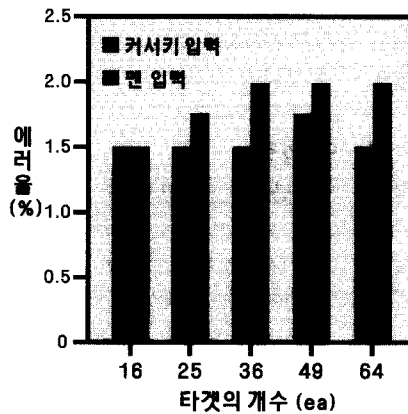


그림 14. 타겟의 개수와 입력방법에 따른 에러율의 변화

이 실험에서의 에러율은 (그림 14)에서 보는 것처럼 1.5%에서 2.0%대로 비교적 낮으며, 두 입력방법 사이에 유의미한 차이점이 없다. ($F_{1,11}=0.28, p>0.05$) 이런 결과는 (실험 1)에서 타겟 크기가 5mm일 때의 에러율(그림 9)과 밀접상통한다.

4. 토의 및 결론

본 연구에서 휴대용 기기에 널리 채용되고 있는 두가지 입력

방법 즉 펜과 커서키의 타겟 포인팅 수행도를 비교하였다. 타겟 포인팅에서 커서키와 비교하여 펜이 더 작업하기 유리한 타겟의 최소크기와 최소 개수를 알아보기 위하여 2가지 실험을 실시하였다.

4.1. 원활한 상호작용을 위해 필요한 타겟의 최소 크기

(실험1)에서 서로 다른 타겟 크기에 대해 펜과 커서키의 타겟 포인팅 시간과 에러율을 비교하였다. 이 실험을 통해 모든 타겟 크기에서 펜 입력이 하드웨어키 입력보다 더 빠르지만, 전반적으로 에러가 더 많다는 것을 발견하였다. 이런 결과는 (그림 9)에서와 같이 펜 입력의 에러율이 타겟 크기가 커짐에 따라 하드웨어키 입력에 비해 눈에 띄게 작아진다는 것에서 명확하게 알 수 있으며, 하드웨어키 입력과 비교하여 펜 입력의 원활한 상호작용을 위한 타겟의 최소크기는 포인팅 시간보다 에러율을 고려하여 결정하여야 한다는 것을 보여준다. (그림 9)에서 보면 타겟 크기가 5mm가 될 때 펜 입력의 에러율은 하드웨어키 입력의 에러율과 같은 수준으로 떨어진다. 이런 결과로부터 우리는 포인팅 과업을 위해 하드웨어키만큼 정확하게 펜 입력을 하기 위해서는 타겟 크기가 최소한 5mm는 되어야 한다고 말할 수 있다.

4.2. 최소 경로길이에 따른 조작방법의 선택

(실험2)에서 서로 다른 타겟의 개수에 대해 펜과 커서키의 타겟 포인팅 시간과 에러율을 비교하였다. (그림 13)에서 보는 바와 같이 펜과 커서키의 포인팅 시간은 경로길이가 2일 때 같고, 경로길이가 3이상일 때 펜입력이 더 빨랐으며, 그 차이는 경로길이가 길어질수록 지속적으로 더 커졌다. 이와 같은 실험 결과를 통해 화면요소가 3개 이하이거나 조작횟수가 3단계 이하인 과업의 경우에는 펜보다 하드웨어키를 이용한 조작이 더 효과적임을 알 수 있다.

4.3. 타겟 방향의 영향

시작점의 방향에 대한 분석은 선행연구에서 지적된 것처럼 좌측상단에서부터 오른쪽 아래 90도 영역으로의 포인팅 시간이 다른 방향들보다 더 길다는 것을 보여주었다. 즉 가토와 나카가와가 실험한 PC 환경이 갖는 조작상의 제약이 본 연구에서 실험한 모바일 환경에서도 동일하게 적용된다는 것을 보여준다. 이런 결과는 사용자 인터페이스 디자이너가 오른손잡이 사용자를 위하여 터치 스크린의 오른쪽 하단부분에 타겟 버튼이나 아이콘을 사용하는 것을 제한해야만 한다는 것을 말해준다. 즉 오른손잡이 사용자의 경우 우측하단 영역은 자신의 손에 의해 가려질 가능성이 큰 곳이다. 무엇이 타겟 방향에 대해 수행도의 차이를 유발하는지 밝혀내기 위하여 좀 더 심도 깊은 연구가 필요할 것이다.

4.4. 금후 연구과제

본 연구로부터 우리는 펜입력을 위한 타겟의 최소 크기와 효과적인 타겟의 개수에 대해 실제적인 결과물을 얻었다. 본 연구의 결과는 펜과 커서키의 입력조작에 대해 심도깊은 연구를

진행할 경우 기초적인 참고자료를 제공할 것이며, 휴대용 기기의 사용자 인터페이스 디자인을 위한 가이드라인으로 활용될 수 있을 것이다.

사용자 인터페이스를 개선하기 위하여 포인팅 수행에 영향을 주는 몇 가지 요인들을 함께 고려할 필요가 있다. 예를 들어 수행능력은 주로 사용하는 손과 사용자의 자세에 의하여 영향을 받을 것이다. 즉 사용자가 거리에 서서 휴대용 기기를 사용하는 경우와 의자에 앉아 휴대용 기기를 조작하는 것은 서로 다를 것이다. 이와 관련하여 부르스터⁹⁾는 휴대용 기기의 수행능력을 개선시킬 수 있는 몇가지 요인에 대해 지적하였다. 그는 음향 피드백을 사용했을 때와 본 연구에서와 같이 음향 피드백을 사용하지 않았을 때 PDA에서의 타겟 포인팅 수행도를 비교하였으며, 음향 피드백이 수행도와 참여자의 주관적인 평가를 개선시켰다는 것을 발견했다. 추후 후속 연구를 통해 이러한 요인들의 영향이 규명된다면 휴대용 기기의 사용편의성을 높일 수 있는 사용자 인터페이스 기준이 마련될 것이다. 또 본 연구에서는 피츠의 법칙과 같은 수행도 모델의 입장에서 실험데이터를 분석하지는 않았지만 이런 유형의 과업에 피츠의 법칙의 적용가능성을 연구해 보는 것도 유용할 것이라고 생각한다.

참고문헌

- Brewster A., Sound in the interface to a mobile computer in Proceedings of HCI'99, LEA (1999), p43-47
- Card S., Moran T., Newell A., The Psychology of Human Computer Interaction, LEA, London (1983), 51-65
- Dumas J., How many participants in a usability test are enough?, UPA(2001), 173-182
- Fitts, P. M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement, Journal of Experimental Psychology. 47, 6 (1954), 381-391
- Kato, Nakagawa, A Study of operability of pens for designing pen user interface, IPSJ Journal (1998), 1536-1546
- MacKenzie, Sellen, Buxton, A Comparison of Input Devices in Elemental Pointing and Dragging Tasks, CHI'91 Proceedings, ACM Press (1991), p161-166
- Ono, An experimental study of a pen's user interface, SIG-HI IPSJ (1992), p93-100
- Ono, Performance modeling for pen input in Proceedings of SIG-HI of IPSJ (1993), p1-6
- Sears, Plaisant, Shneiderman, A new era for high precision touchscreens: A study of pen-input interaction for selection tasks, Advances in Human-Computer Interaction (1992), p1-33
- Uoi, Shinoda, Yamamoto, An Experimental Comparison of Pen Tablet and Mouse in Selecting Two Targets, Human Interface (1992), p82-99

9) Brewster A., Sound in the interface to a mobile computer in Proceedings of HCI'99, LEA (1999), p43-47