
Index of Difficulty(Throughput) 정보를 이용한 Pointing Device 의 효율 척도 개발 및 적용

Development and Implementatin of Efficiency Metrics for Pointing Device Using the Concept of Index of Difficulty(Throughput)

정민주, Minjoo Jung, 이주환, Ju Hwan Lee, 반상우, Sangwoo Bahn, 윤명환, Myung Hwan Yun
서울대학교 산업공학과

요약 다양한 기능들이 휴대폰에 집약되고 있음에 따라, 사용자가 메뉴를 간편하게 선택할 수 있도록 도와주는 pointing Device 의 역할은 매우 중요해지고 있다. 본 연구는 휴대폰에 내장된 pointing device 중 광센서와 pointing stick 에 대한 사용성 평가를 통한 사용자의 조작 효율 및 조작 만족도 향상 요인 도출을 목적으로 하고 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 각각의 입력장치가 적용된 휴대폰을 이용하여 객관적 평가와 주관적 평가를 수행하였다. 객관적 평가에서는 Fitts' law 를 바탕으로 한 throughput 개념을 이용하여 커서 이동 및 선택 성능을 평가하였다. 또한 주관적 평가에서는 체크리스트를 이용하여 사용자의 수용도(user acceptance)를 평가하였다. 연구 결과, 광센서는 이동 방향에 따라 수행도 차이가 큰 것으로 나타났으며, pointing stick 가 광센서에 비해 사용자의 수용도가 높게 나타났다. 본 연구 결과는 추후 실제 휴대폰의 pointing Device 설계 및 적용 시에 유용하게 활용될 수 있을 것이라 예상된다.

핵심어: Fitts' Law, 입력장치, 휴대폰, Pointing Device, Throughput.

1. 서론

최근 다양한 기능들이 하나의 기기에 집약되는 컨버전스 시대가 도래함에 따라 휴대성 및 이동성이 뛰어난 휴대폰이 다양한 기기를 대체할 수 있는 대안으로 평가되어왔다. 이와 같이 많은 기능을 하나의 기기에서 효과적으로 사용할 수 있도록 하기 위해서 기존의 컴퓨터 환경에서 사용되던 다양한 pointing device 들이 휴대폰에 적용되기 시작하였다. 컴퓨터 환경에 GUI 가 도입되면서 중요한 위치를 차지하기 시작한 pointing device 는 현재 대부분의 전자기기에 적용되어 있으며 이에 따라 다양한 형태의 pointing device 가 등장하였다[1].

Pointing device 중 대표적인 기기로는 광센서와 pointing stick 을 들 수 있다. 광센서는 손가락의 위치를 인식하여 화면상의 커서를 손가락의 위치에 알맞게

움직여주는 입력 장치이며, pointing stick 은 움직이는 힘에 따라 그 속도를 변화시켜가며 커서를 움직이는 형태의 입력장치이다. 이와 같은 pointing device 는 기존에 입력 장치로 사용되던 리모콘이나 키보드와는 달리 현실 세계에 부합하는 형태의 조작을 지원하기 때문에 그 사용성이 매우 중요시 되고 있다. 이를 효과적으로 평가하기 위하여 ISO 는 키보드 이외의 입력장치에 대한 요구사항(ISO 9241-9)을 제시하여 사용자의 생체역학적 한계를 고려하고자 한 평가 가이드라인을 제안하였다[2]. 이 외에도 여러 제조사에서 입력장치에 대한 가이드라인을 제시하고 있다[3]. 그러나 ISO 9241-9 및 pointing device 관련 기존 연구들은 컴퓨터 사용 환경을 전제로 한 연구 결과이기 때문에[1, 3, 4, 5, 6], 휴대폰의 휴대성 및 이동성과 같은 특징을 반영하지 못하였다는 한계점을 지니고 있다. 이와 같이, 휴대폰 사용 환경에서의 pointing

device 에 대한 평가 척도 및 설계 지침 개발이 요구 되고 있다.

본 연구는 index of difficulty(throughput) 정보를 이용하여 휴대폰의 pointing device 인 광센서와 pointing stick 의 효율 척도를 개발하고 적용함으로써 조작 효율과 만족도 향상에 영향을 주는 요인을 도출하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 throughput 개념을 도입한 사용성 평가를 위해 실제 환경에서 사용자가 과업을 수행할 때의 과업 수행도를 평가하고, 체크리스트를 이용하여 각 pointing device 에 대한 사용자의 수용도를 평가하였다.

2. 과업 수행도 평가

2.1 평가 실험

Throughput 은 사용자가 디스플레이 상의 커서를 입력장치로 조작할 때에 초당 전달되는 정보의 양을 bits 수로 나타낸 것이다 (bits/sec). ISO9241-part 9 에서는 VDT 의 pointing device 의 수행도 평가를 위한 척도로 throughput 을 제시하고 있다. Throughput 은 주어진 과업에 대한 index of difficulty(ID_e)와 커서 이동에 걸린 시간(MT)의 비율을 뜻한다. 또한 index of difficulty 는 이동 거리(d) 및 디스플레이 상의 타겟 너비(w_e)의 함수로 표현할 수 있다. (식 1, 2 참조)

$$Throughput = \frac{ID_e}{MT} \quad (1)$$

$$ID_e = \log_2 \frac{d + w_e}{w_e} \quad (2)$$

실험에 사용된 두 pointing device 의 throughput 측정을 위하여 총 16 가지의 이동 과업에 대한 이동 시간을 측정하였다. 이는 그림 1 에 나타나 있듯이 여덟 가지 이동 방향, 두 가지 타입의 이동 거리에 대한 16 가지의 이동 과업으로 구성되어 있다. 10 명의 피실험자가 실험에 참여하였으며 각 실험자는 16 가지의 이동 과업을 두 번씩 수행하여 총 32 번의 과업 수행을 거쳤다.

실제 사용 상황을 충분히 반영하기 위하여 휴대폰 화면에 그림 1 의 배경을 보여주고 광센서와 pointing stick 이 각각 탑재된 휴대폰을 사용하여 이동 과업을 수행하는 실험을 진행하였다.

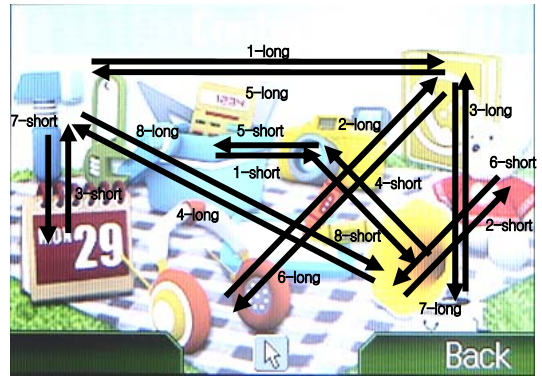


그림 1. 16 가지의 이동 과업

2.2 평가 결과

분석 결과, 커서의 이동 방향에 따라 throughput 이 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있음을 알 수 있었다(유의확률 p=0.013). 이와 달리 pointing device 의 종류 및 이동 거리 각각에 대한 throughput 은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 각각의 실험에 대한 ANOVA table 은 표 1 과 같다.

표 1. Throughput 에 대한 ANOVA 결과

Effect	F	df	Sig.
Device	2.296	19	0.15
Direction	4.185	13	0.013
Distance	0.344	19	0.56
Device*Direction	4.460	13	0.01
Device*Distance	153.916	19	<0.001
Direction*Distance	6.847	13	0.002
Device*Direction*Distance	5.585	13	0.004

그림 2 는 이동 방향의 변화에 따른 throughput 차이를 나타내고 있다. 광센서가 탑재된 휴대폰을 사용한 경우, 평균 throughput 은 0.64 bits/sec 로 나타났으며 pointing stick 을 사용한 경우에는 0.68 bits/sec 의 throughput 을 보였다. 점선으로 나타난 pointing stick 의 경우 이동 방향의 변화와 무관하게 전방향에서 비슷한 정도의 throughput 을 보이고 있다. 이와 달리 실선으로 나타난 광센서의 경우, 좌측으로 이동하는 경우 우측 혹은 상하방향의 이동에 비해 더 높은 throughput 을 보임을 알 수 있다. 좌우 방향의 이동이 상하 방향의 이동보다 약 15% 정도 높은 throughput 을 보였으며, 좌우 방향의 이동에 대해서는 pointing stick 과 광센서 사이에 큰 차이를 보이지 않으나 상하 방향의 이동에서는 광센서가 pointing stick 에 비해 더 유리하게 나타났다.

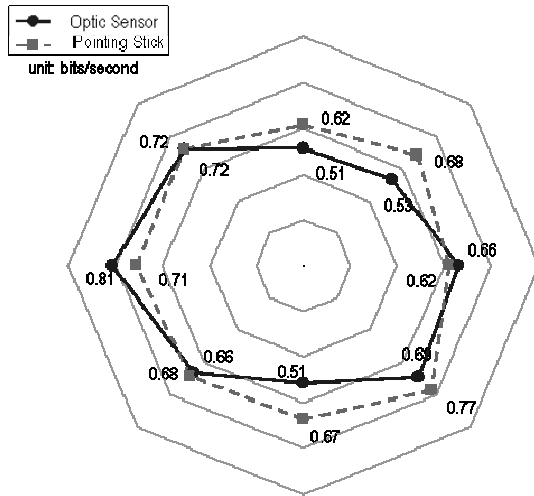


그림 2. 각 입력장치별 이동 방향에 따른 throughput 차이

3. 사용자 수용도 평가

3.1 UI 체크리스트 분석

UI 체크리스트는 휴대폰의 사용에 있어 앞에서 제시한 두 가지 pointing device, 즉 광센서 및 pointing stick에 대한 사용자의 수용도를 측정하기 위하여 개발되었다. 본 UI 체크리스트는 7 점 리커트 척도를 사용하여 평가하였으며 평가 기준을 명확히 하기 위하여 각 지표가 만족시켜야 할 기준 및 평가 시에 고려해야 할 사항을 제시하여 피험자의 개인차를 줄이고자 하였다.

본 실험에 사용한 UI 체크리스트는 performance, physical dimension, demand in control 과 같은 세 부분으로 나누어진다. Performance 부분은 pointing device 가 사용자의 과업 수행을 지원할 수 있는 정도에 대한 내용을 평가하고 있다. 이를 위하여 사용자가 과업을 완료하는데 필요한 시간, 정확도, 성공률, 피드백 등을 포함하고 있으며 각 과업은 pointing 과 clicking 으로 세분화 될 수 있다. Physical dimension 부분은 control device 의 외형 디자인에 관련된 내용을 평가하고 있다. 외형, 크기, 배치 등으로 세분화하여 각각에 대한 세부적 만족도를 평가한다. Demand in control 부분은 pointing device 의 사용에 있어서 사용자에게 발생 가능한 생체역학적 및 정신적 부하를 평가하는 것을 목적으로 한다. 생체역학적 부하에 대한 내용은 pointing device 를 쥐는 자세 및 작동에 대한 부하를 포함하고 있으며 정신적 부하의 경우 시각, 청각 및 촉각적 피드백에 대한 내용을 포함하고 있다.

표 2 에서 볼 수 있듯이 세 가지 카테고리에서 모두 pointing stick 이 광센서에 비해 높은 평가를 받았다. ANOVA 결과, 세 부분에서 모두 두 기기 사이에

통계적으로 유의한 차이가 있음을 알 수 있었으며 그 중 performance 와 demand in control 부분에서는 physical dimension 부분보다 두 기기 모두 좀 더 높은 평가를 받았다.

표 2 UI 체크리스트 구조 및 평가 결과

1 st level		2 nd level		광센서	pointing stick	
Performance						
Pointing	Accuracy	End-point variation		3,7	3,8	
		Gain***		2,6	4,6	
	Time	Initiation time*		4,0	5,1	
		Travel time		3,5	4,6	
		Response time		5,0	4,9	
Task-Completion Rate	Pointing error rate		4,1	4,6		
Clicking	Accuracy	End-point variation		5,1	5,1	
	Time	Activation time		5,0	4,6	
Task-Completion Rate	Clicking error rate		4,5	4,9		
Feed-back	Accuracy	Perceived link		5,3	5,7	
	Time	Activation time		5,7	4,6	
Physical Dimension						
Configuration	Clicking	Click separation***		2,5	5,0	
		Click blocking*		3,7	5,1	
		Harmony	Seamlessness***		3,1	5,3
Shape	Outer shape			5,0	5,8	
	Overall Curvature			4,4	4,3	
	Controller Curvature			4,0	4,4	
Size	Outer (button) size**			3,4	4,8	
	Inner(sensor/controller) size			5,0	5,4	
Demand in Control						
Biomechanical	Posture	Grasping		4,9	5,6	
		Accessing*		5,0	5,9	
	Operation	Pointing force*	actuation		3,4	4,4
		Clicking force*	actuation		3,9	5,0
		Deviation displacement	and		5,0	5,9
Fatigue	Biomechanical fatigue		4,1	4,7		
Mental load	Auditory feedback	control sound		5,0	5,0	
		Signal guidance		4,9	4,9	
	Visual feedback	Screen guidance		5,5	5,4	
		Controller guidance		3,3	4,4	
	Touch Feedback			4,0	4,9	
Fatigue	Pointing		3,9	4,3		
	Clicking		3,3	3,8		

T-test: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

4. 결론

본 연구에서는 광센서와 pointing stick, 두 가지의 pointing device 에 대하여 throughput 개념을 적용한 객관적 평가와 체크리스트를 사용한 주관적 평가를 수행하였다. Throughput 개념을 적용한 객관적 평가에서는 광센서 사용시 이동 방향에 따라 throughput 이 통계적으로 유의한 차이를 보임을 알 수 있었다. 또한 UI 체크리스트를 이용한 평가에서는 pointing stick 이 광센서에 비해 높은 평가를 받았음을 알 수 있었다. 광센서의 경우 조작에 있어서 pointing stick 에 비해 더 많은 손가락 움직임을 필요로 하기 때문에 방향에 따른 throughput 차이가 크게 나타났을 것으로 예상된다. Pointing stick 이 기기에 가하는 힘에 의해 조작되는 반면 광센서는 손가락의 위치 변화를 인식하여 그에 따라 커서를 조작하게 된다. 광센서의 경우 휴대폰의 네 가지 방향 버튼 사이에 위치하고 있으며 그 크기 및 범위가 매우 제한적이기 때문에 커서의 조작을 위해서는 사용자가 손가락을 많이 움직여야 하는 단점이 존재하는 것이다. 이와 같은 특성에 따른 만족도 저하는 주관적 평가 결과에서도 드러나고 있다. 체크리스트의 항목 중 clicking 이나 pointing 에 관한 항목들에서 광센서에 대한 점수가 낮게 평가되었음을 표 2 에서 알 수 있다.

본 연구에서 사용한 두 가지 평가 방법은 휴대폰의 인터페이스 평가에 대하여 각각 장단점을 지니고 있다. 객관적 평가의 경우 미리 정해놓은 과업을 수행하여야 하며 피실험자 및 실험 횟수를 늘릴 필요가 있다. 반면 주관적 평가의 경우에는 사용자의 수용도에 대한 평가를 빨리 얻을 수 있다는 장점이 있으나 개개인의 선호도에 따른 차이를 고려하여 결론을 내리기가 쉽지 않다는 단점이 존재한다. 본 연구에서는 각각의 단점을 보완하여 이 두 가지 평가 방법을 적절히 조합한 평가를 통해 빠른 시간 내에 실무에 적용 가능한 결과를 얻을 수 있었다는 데에 의미를 둘 수 있다. 또한 본 연구 결과 손가락의 움직임이 많은 pointing device 의 경우 throughput 차이뿐만 아니라 UI 체크리스트 평가 결과 역시 상대적으로 낮게 나온 것을 알 수 있다. 이와 같은 내용은 추후 휴대폰의 새로운 pointing device 도입 시에 기기의 특성에 따른 throughput 및 만족도 차이에 대한 기초 연구로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Mackenzie, I.S., Lauppinen, T. and Silfverberg, M., "Accuracy measures for evaluating computer pointing device", ACM, Proc. CHI 2001, pp.9-16, 2001.
- [2] ISO. ISO DIS 9241-9, Ergonomic Requirements for Office Work with Visual

Display Terminals, Non-Keyboard Input Device Requirements. International Organization for Standardization, 2000.

[3] Douglas, S. A., Kirkpatrick, A. E., and MacKenzie, I. S., "Testing pointing device performance and user assessment with the ISO 9241. Part 9 standard", Proc. CHI 1999, ACM, pp.215~222, 1999.

[4] Card, S. K., English, W. K., and Burr, B. J., "Evaluation of mouse, rate-controlled isometric joystick, step keys, and text keys for text selection on a CRT", Ergonomics, Vol. 21, pp.601~613, 1978.

[5] Epps, B. W., "Comparison of six cursor control devices based on Fitts' law models", Proc. Human Factor Society 30th Annual Meeting, Human Factor Society, pp. 327~331.

[6] Murata, A., "An experimental evaluation of mouse, joystick, joycard, lightpen, trackball and touchscreen for pointing: Basic study on human interface design", Proc. the Fourth International Conference on Human-Computer Interaction, pp.123-127, 1991.