
터치스크린 환경에서의 작업 특성 및 인지 과정을 고려한 메뉴 디자인

Menu design for touch screen interface with regard to task
characteristics and cognitive processes

공병돈, Byungdon Kong*, 민정상, Jungsang Min**, 명노해, Rohae Myung***

요약 사용자 중심의 인터페이스를 설계하기 위해서는 작업 환경에 따른 사용자의 작업 특성 및 이와 관련된 인지 과정에 대한 분석이 선행되어야 한다. 하지만 손가락을 직접 사용하는 새로운 작업 환경인 터치스크린을 적용하는 다수의 기기들은 바뀐 작업 환경에 대한 고려 없이 마우스나 키보드 등의 입력 방식에서의 메뉴 구조를 그대로 따르고 있어 사용자에게 불필요한 움직임 및 인지적 과정을 야기시켜 사용성의 저하를 가져오고 있다. 이에 본 연구에서는 터치스크린에서의 한 손가락 작업 환경의 물리적 특성 및 이에 따른 사용자들의 보다 단순한 인지 과정을 고려한 동적인 메뉴 구조를 제안하였다. 그 결과 사용자들은 동적인 메뉴구조에서 보다 빠른 작업 수행 경향을 보였으며, 인지적 과정에 있어서도 그 시간이 적게 소요되는 경향을 보였다. 본 연구 결과, 터치스크린 환경에서의 작업 특성 및 인지 과정을 고려한 동적인 메뉴 구조는 정적인 메뉴 구조보다 일반적인 사용자 중심의 메뉴 기반 인터페이스를 설계하는데 유용하게 쓰일 것으로 보인다.

Keywords : *Touch screen, Menu Design, Fitts' law, Eye Tracking*

본 연구는 '2 단계 BK21 사업' 과 '2008 년 정부의 재원으로 한국학술진흥재단(KRF-2008-313-D01233)'의 지원을 받아 수행되었음.

*주저자: 고려대학교 정보경영공학부 e-mail: kongnut@korea.ac.kr

**공동저자: 고려대학교 정보경영공학부 e-mail: myn1123@korea.ac.kr

***공동저자: 고려대학교 정보경영공학부 교수; e-mail: rmyung@korea.ac.kr

1. 서론

터치스크린은 사람이 컴퓨터와 상호 대화하는 가장 단순하고 가장 직접적인 방식으로 최근 그 발전이 급속히 이루어지면서 핸드폰이나 ATM, 게임기 등 거의 모든 분야에서 널리 적용되고 있는 입력 장치이다. 전세계 터치스크린 패널 시장은 수량 기준으로 연평균('07~ '11) 42.2%의 성장이 예상되며 금액 기준으로 2007년 69억 달러 규모의 시장에서 2011년에는 213억 달러 규모로 3배 이상 커질 것이라고 한다[1]. 이러한 터치스크린은 그 본질상 명령어 기반이 아닌 메뉴 기반 인터페이스를 추구한다. 여기서 메뉴 기반 인터페이스란 기존의 명령어 기반 플랫폼에서 기억의 부하나 체계적 에러와 같은 사용자의 정신적 노력을 줄일 수 있도록 개발된 것으로 현재 많은 Computer Application 이 메뉴 기반 인터페이스를 따르고 있다. 기본적인 메뉴 기반 인터페이스의 설계 목적은 사용자의 인지 모델과 제품의 실제 메뉴 구조가 일치하도록 설계하는 것인데[2], 최근에는 휴대용 기기들의 발달과 더불어 제한된 디스플레이에서의 사용자의 인지 모델과 일치하는 효율적인 메뉴 구조를 찾기 위한 연구들이 이루어지고 있다[3].

사용자의 인지 모델에 따르는 메뉴 구조에는 그 성격에 따라 한번의 선택으로 종료하게 되는 단일 구조와 일련의 과정을 거치며 여러 번의 선택을 통해 종료하게 되는 계층적 구조가 있다. 또한 구조적 특징에 따라 일련의 선형 구조와 그 모양이 자유로운 비선형의 메뉴 구조가 있으며 형태에 따라 위치가 고정되어 있는 정적인 구조나 사용 빈도수나 최근 사용한 이력에 따라 그 위치가 바뀌는 동적인 구조 등이 있다. 이러한 메뉴 구조에 대한 연구로는 계층적 구조에서 열 구조의 변화나 단계에 따른 깊이(depth)와 해당 메뉴의 수에 따르는 너비(width)의 trade-off 효과에 대한 연구[4]나, 메뉴의 정적/동적 형태적 변화에 따른 사용자의 수행도의 차이를 분석한 연구[5]등이 있었다. 하지만 이러한 기존의 연구들은 마우스나 키보드 등의 분리된 입력 도구에 있어서 메뉴 구조를 평가한 것으로 터치스크린에서의 작업 특성 및 인지 과정의 차이는 고려되지 않았다. 따라서 나날이 그 활용도가 높아지는 터치스크린 작업 상황에서 보다 직관적인 상호 작용을 위해 이러한 다양한 메뉴 구조들이 어떤 특성을 가지며 그 결과로 터치스크린 환경에 가장 적합한 메뉴 구조가 어떤 것인지에 대한 연구가 필요하다 하겠다.

터치스크린 환경에서의 효과적인 메뉴 구조를 알아보기에 앞서 먼저 터치스크린 작업의 물리적 특성과 인지 과정의 차이에 대한 기존의 연구 결과를 알아보도록 하겠다. 터치스크린 작업의 물리적 특성은 직접적인 손의 움직임에 의해서 나타난다고 할 수 있다[6]. 터치스크린 환경에서는 화면상 이동거리가 입력장치인 손의 이동거리와 동일하여 마우스나 키보드 같은 입력장치를 사용하는 경우에 비해 많은 움직임이 발생하고 따라서 그

수행이 느리고 다량의 정보입력에 있어서 제한이 있게 된다. 또한 직접적인 손의 움직임으로 인해 시야의 간섭이 발생하며 오랜 시간 작업 시 더 많은 피로를 느끼게 된다. 특히 메뉴 탐색에 있어서는 입력장치를 사용하였을 경우 눈과 손의 움직임이 겹치게 되는 눈-손 coordination 의 경향이 발생하나 터치스크린에서는 손과 팔로 인한 시야의 간섭 현상 때문에 시각 탐색 과정 이후에 손이 순차적(serial)으로 움직이게 된다[7]. 그러므로 분리된 입력 장치를 사용하는 경우에는 인지적인 눈 움직임과 물리적인 손 움직임이 동시(parallel)에 일어나지만 터치스크린 상황에서는 인지적인 눈 움직임과 물리적인 손 움직임이 많은 부분 분리되어 나타나게 된다.

결론적으로, 터치스크린 환경에서는 입력과 출력이 동일한 화면에서 이루어지며 그 움직임의 크기가 같고 또한 눈과 손의 작업이 순차적으로 이루어 진다. 이는 눈에서 발생하는 시각적 탐색 과정의 결과로서 손으로 행하여지는 motor movement 가 분리(serial)되어 발생하므로 상대적으로 단순한 인지과정을 거치게 된다. 반면에 분리된 입력 장치를 사용하게 되는 경우에는 시각적 탐색 과정과 손의 물리적 운동이 병렬적(parallel)으로 발생하므로 (눈-손 coordination) 상대적으로 복잡한 인지 과정을 거치게 된다[8].

이와 같이 터치스크린에서의 작업 환경은 마우스나 키보드 등의 분리된 입력 장치를 사용하는 작업 환경과 비교해 볼 때 시각적 프로세싱에 의한 인지적 수행과 motor control 에 의하여 직접적으로 손으로 이동하는 물리적 수행 방법이 다르다고 할 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 물리적 이동과 인지적 수행의 두 측면을 고려하여 터치스크린 작업 환경에서의 최적의 메뉴 구조를 알아보려고 하였다.

2. 본론

본 연구에서는 앞서 언급한 터치스크린 상황에서의 상대적으로 큰 물리적 이동과 보다 단순한 인지적 특성을 고려하여 동적인 메뉴 구조를 제안하였다. 제안한 동적인 메뉴 구조는 물리적 손의 움직임과 인지적 시선의 움직임을 최소화하기 위해 하위 메뉴를 상위 메뉴 위치에 가깝게 배치한 것으로 [그림-1]과 같다. 일반적으로 정적인 구조에서는 상위 메뉴에서 메시지라는 메뉴를 선택했을 때 메뉴 구조의 위에서부터 고정된 위치로 하위 메뉴가 나타나게 된다. 하지만 동적인 구조에서는 메시지라는 상위 메뉴를 선택하였을 때 가장 많이 사용하는 메시지 함이라는 하위 메뉴가 그 상위 메뉴의 위치에 나타나고 그 주위로 다른 메뉴들이 빈도수에 따라 순서대로 배치되게 된다. 즉, 같은 자리에서 가장 자주 사용하는 메뉴들이 나타나게 되는 것이다.

SKT >	메시지함	
화면 >	새메시지	
소리 >	발러메일	SPAM카단
다이얼 >	이모티콘	음성속지
메니얼 >	이메일	이모티콘
환경설정 >	음성속지	발러메일
메시지 >	SPAM카단	메시지함
전화번호부 >	메시지기록	새메시지
컨텐츠보관함 >		메시지기록
		이메일
	취소	취소

상위 메뉴 정적 하위 메뉴 동적 하위 메뉴

[그림-1. 1열 메뉴 구조]

이러한 동적인 메뉴 구조는 정적인 구조와 달리 상위 메뉴의 위치와 사용 빈도수에 따라 하위 메뉴의 구조가 정해지기 때문에 그 구조가 계속 변하게 되는 특성을 가지게 된다. 본 연구에서는 이러한 동적인 메뉴 구조 방식을 평가하기 위해서 일반적으로 사용되는 휴대폰 메뉴를 선정하였다. 메뉴는 2 단계의 깊이로 고정하고 5-9 개의 너비를 가지는 구조로 구성하였다. 또한 하위 메뉴의 위치 선정을 위해 실험 전에 휴대폰의 메뉴에 대한 사전 설문 조사를 통해 메뉴의 사용 빈도수를 조사하였다. 피실험자들은 각 메뉴 구조 속에서 랜덤하게 주어지는 작업을 수행하였고 이때 물리적인 수행시간 측정을 위해 전 과정을 녹화하였고 인지적인 눈의 움직임을 측정하기 위해 eye tracking 장비를 사용하였다. 또한 메뉴의 열 변화에 따른 효과 또한 분석하기 위해 열 구조를 2 열과 3 열로 변화 시켜가며 실험하였다.

SKT >	화면 >	소리 >	메시지함	새메시지	발러메일			
다이얼 >	메니얼 >	환경설정 >	이모티콘	이메일	음성속지	메시지기록	이메일	음성속지
메시지 >	전화번호부 >	컨텐츠 >	SPAM카단	메시지기록		메시지함	새메시지	이모티콘
					취소	발러메일	SPAM카단	취소

[그림-2. 3열 메뉴 구조]

2.1 실험

2.1.1 피실험자

본 연구는 평균 연령 27.3(±4.2) 세의 대학생 총 14 명을 대상으로 하였다. 대상자들의 컴퓨터 사용 경력은 8 년 이상이며 휴대폰이나 네비게이션, 게임기 등의 터치스크린 메뉴 인터페이스 사용 경험은 3 년 이상이었다. 이 중 안경을 쓰거나 시력이 나쁜 9 명은 장비의 정확한 보정 작업을 위하여 Eye tracking 실험에서 제외되었다.

2.1.2 실험 장비

실험에 사용된 장비는 22 인치 터치스크린 모니터와 eye track 장비로 faceLab™ Eye-Tracking(version 4.2.2) 와 분석 도구인 GazeTracker 소프트웨어가 사용되었다. 각 메뉴 구조는 MFD Tool[9]을 통해 제작하였으며 작업 수행 시간을 녹화 및 분석하기 위해서 동영상 분석 도구인 Camtasia(version 3.02) 소프트웨어를 사용하였다.

2.1.3 실험 절차

Eye tracking 실험은 정확한 보정작업을 위해 실험 절차 및 자세 등에 대해 피실험자에게 알려주고 그 후, faceLab™ 소프트웨어의 ‘head model’ 생성과 ‘screen calibration’ 을 시행하였다. 그 후 각각의 피 실험자들은 제작된 각 메뉴 구조에 대한 간단한 설명을 들은 후에 랜덤하게 주어지는 6 개의 작업 시나리오를 3 번씩 수행하였다. 다음의 [표-1]은 본 실험에서 제시된 메뉴 선택 작업들이다.

번호	내용 (랜덤으로 제시)
1	메시지 함을 확인하세요
2	새 메시지를 작성하세요
3	전화번호 검색을 하세요
4	새로운 연락처를 저장하세요
5	카메라 보관함을 확인하세요
6	Mplayon 을 실행시키세요

[표-1. 제시된 작업 내용]

2.1.4 분석 방법

녹화된 동영상 파일은 프레임별로 재생시켜 하위 메뉴 선택에 대한 시간을 측정하였으며 메뉴 구조 별 차이를 분석하기 위해 통계 분석 소프트웨어인 SPSS 12.0 을 사용하였다. Fitts’ law 에 의한 물리적 시간에서 정보 처리율은 일반적인 손가락 작업시의 평균값인 100ms/bit (IP=10bit/s)로 계산하였다[10].

2.2 연구 결과

2.2.1 수행 시간 분석

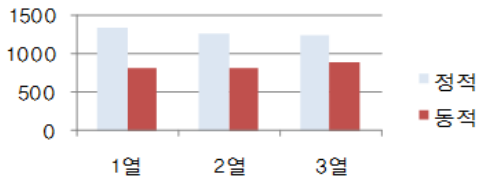
수행시간에 대한 열 구조와 형태 변화에 따른 two-way anova 분석 결과 메뉴 열 구조와 형태간에 교호작용은 발생하지 않았다(p=0.149). 각 독립 변수에 대해서는 형태 변화에 있어 수행도는 유의한 차이(p<.000)를 보였지만 열 변화에 있어서는 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.686). 따라서 터치스크린 작업에 있어서 메뉴 열 구조의 변화는 작업 수행에

영향을 미치지 않지만 형태 변화는 영향을 미치는 것으로 나타났다.

	d.f	F	유의확률
수정모형	5	24.682	.000
열	2	.377	.686
형태	1	118.824	.000
열*형태	2	1.916	.149

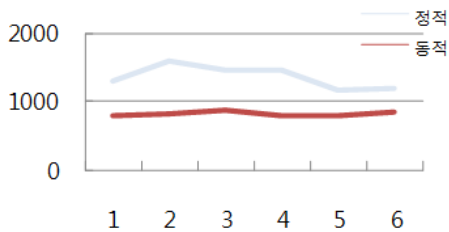
[표-2. 수행시간에 대한 two-way anova 분석 결과]

각 열 별로 정적인 구조와 동적인 구조에서의 차이를 보기 위한 Paired t-test 결과 정적인 메뉴 구조보다 동적인 메뉴 구조에서 통계적으로 유의하게 그 수행시간이 적게 소요되는 것으로 분석되었다. 1 열 메뉴의 경우 정적인 구조에서 하위 메뉴 선택에 걸리는 시간은 평균 1362.41ms 인데 비해 동적인 구조에서는 819.82ms 으로 그 차이는 통계적으로 매우 유의하였다($p < .000$). 또한 열 구조에 상관없이 동적인 메뉴 구조에서 표준 편차가 작게 나타났는데 이를 통해 동적인 메뉴 구조에서 사용자들간의 수행도 차이가 적게 나타남을 알 수 있었다.



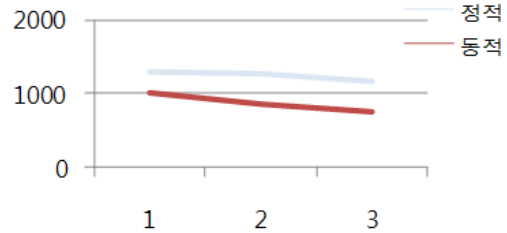
[그림-3. 메뉴 구조 별 작업 수행 시간]

피실험자들은 작업의 종류에 상관없이 6 가지 작업 모두 정적인 구조보다 동적인 메뉴 구조에서 수행도의 향상을 보였으나 각 작업간에는 수행도에 있어서 유의한 차이를 보이지는 않았다 (정적 $p=0.243$ /동적 $p=0.996$). 이 같은 결과는 본 실험에서의 선택한 6 가지 작업들의 난이도는 다르지 않았음을 나타낸다. 또한 동적인 메뉴 구조에서 작업에 따른 차이가 작게 나타나는 것을 통해 동적인 구조가 작업에 상관없이 정적인 구조에 비해 일반적인 메뉴 구조라는 것을 알 수 있었다.



[그림-4. 작업 별 수행 시간 분석]

총 3 회에 걸친 실험을 통해 터치스크린에서 메뉴 선택 작업 수행 시간은 횟수가 반복될수록 학습 효과로 인해 그 수행 시간은 감소되었으며 그 효과는 정적인 구조에서보다 동적인 구조에서 더 높게 나타났다. 1 열의 정적인 구조에서 첫 번째 실험에 비해 세 번째 실험의 수행시간 향상은 9.8%인데 비해 동적인 구조에서는 24.2%로 그 학습 효과가 동적인 구조에서 더 높게 나타났다.



[그림-5. 작업 횟수에 따른 작업 수행시간 분석]

2.2.2 인지적 시간 분석

터치스크린 작업 특성상 눈과 손의 움직임이 분리되어 일어난다고 하였기 때문에 인지적인 과정에 대한 시간은 총 수행시간에서 물리적 수행시간을 뺀 값을 통해 분석하였다. 각 메뉴 구조에 따른 작업 별 Fitts' law 에 의한 movement time 을 계산한 다음 총 수행시간에서 이를 뺀 값으로, non Fitts' law movement time 값은 [표-3]와 같다.

열	형태	1	2	3	4	5	6
1	정적	967.2	1271.9	1103.6	1133.0	845.2	860.5
	동적	796.7	687.7	858.9	658.8	804.4	698.9
2	정적	1201.6	954.8	849.2	1073.9	698.1	713.9
	동적	720.0	575.3	818.9	685.3	781.1	704.1
3	정적	1047.5	725.7	842.4	1192.4	913.8	815.2
	동적	837.8	762.9	707.8	804.1	946.7	681.9

[표-3. Non Fitts' law movement time]

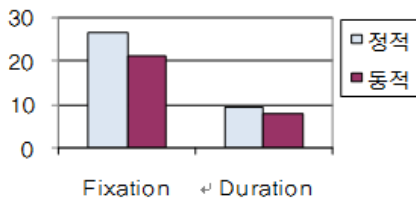
인지적 시간에 대한 열 구조와 형태 변화에 따른 two-way anova 분석 결과 열과 형태에 대한 교호 작용은 발생하지 않았으며($p=0.456$), 열에 대해서는 차이를 보이지 않았지만($p=0.431$) 형태 변화에 있어서는 유의한 차이를 나타냈다($p < .000$). 이러한 결과는 수행 시간 분석과 같은 결과로 터치스크린에서는 메뉴 구조의 열 변화보다는 형태의 변화가 사용자의 수행도나 인지적인 시간에 주된 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

	d.f	F	유의확률
수정모형	5	4.421	.004
열	2	0.866	.431
형태	1	18.760	.000
열*형태	2	0.807	.456

[표-4. 인지시간에 대한 Two-way anova 결과]

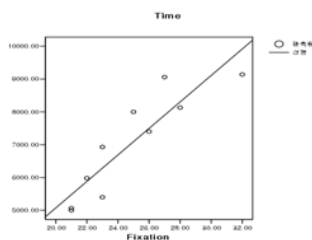
2.2.3 Eye tracking 분석

메뉴 선택시 사용자들은 해당 메뉴를 찾을 때, 메뉴를 선택할 때 그리고 누른 후 확인을 위해 fixation 를 하게 된다. 이때 사용자는 target 의 인지를 위해 fixation 를 하며 동일한 시스템에서 숙련자는 초보자보다 그 fixation 횟수가 적다고 하였다. 또한 작업의 난이도는 그 Fixation duration time 과 밀접한 관계가 있다고 하였다[11]. 따라서 숙련도의 차이가 없다고 하였을 때 fixation 의 횟수가 적고 머문 시간이 적은 메뉴 구조가 보다 인지적으로 쉽게 설계된 메뉴구조라 할 수 있다. 이에 본 연구에서도 각각의 메뉴구조에서 사용자의 인지적 차이를 알아보기 위해 그 응시횟수와 duration time 을 분석하였다. .



[그림-6. Eye Tracking data 분석 결과]

Eye tracking data 분석 결과 정적인 메뉴 구조에서 fixation 횟수는 평균 27.6(±2.7)회인 것이 비해 동적인 메뉴 구조에서는 평균 22(±1.0)회로 통계적으로 유의하게 동적인 구조에서 작게 발생하였다(p=0.002). Fixation duration time 또한 정적인 구조에서는 평균 9.57 (±0.87)초이었으나 동적인 구조에서는 평균 7.9(±0.53)초로 동적인 구조에서 유의하게 적게 소요되는 것으로 분석되었다(p=0.008). 또한 이러한 fixation data 는 작업 수행도와 상관 분석 결과 매우 강한 상관 관계를 보임으로써 (r=0.897) 인지적으로 쉽게 설계된 메뉴 디자인이 수행도 향상에도 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.



[그림-7. 작업수행 시간과 응시횟수와의 관계]

3. 토의

본 연구 결과 터치스크린에서 손가락을 통한 메뉴 선택 작업 분석 결과 동적인 메뉴 구조가 정적인 메뉴에 비해 효과적이라는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 분리된 입력 도구에서의 선형 메뉴 구조보다 pie 메뉴가 더 효과적이라는 기존의 연구 결과와 유사하였다[12]. 반면 열 구조 변화는 수행도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보아 터치스크린 환경에서 메뉴 구조 설계시 열 구조보다는 형태적 변화에 중점을 두어야 할 것으로 보인다. 이는 사용자의 메뉴 사용 경향에 따라 메뉴를 배치하는 adaptive 메뉴 인터페이스에 대한 연구[13]들과 같은 맥락이라 할 수 있다.

메뉴 구조의 학습에 대한 실험 결과는 기존의 분리된 입력도구에서 정적인 구조가 그 학습효과가 뛰어나다는 연구[14]와는 다르게 동적인 구조가 더 학습성이 뛰어나게 나타났다. 이 같은 결과가 발생한 이유는 사후 인터뷰 결과 사용자들은 정적인 메뉴 구조에 대한 친숙함이 있었기 때문에 그 수행도에 더 이상의 향상이 발생하지 않았지만, 동적인 구조는 상대적으로 생소한 구조였기 때문에 그 향상에 차이가 있었던 것으로 분석되었다.

인지적인 시간에 대한 분석은 터치스크린 환경에서의 인지 과정과 물리적 과정이 분리되는 특성을 고려하여 총 수행 시간에서 Fitts' law 에 의한 물리적 이동시간을 뺀 비 물리적 시간을 사용하였다. 그 결과 메뉴 구조에서 열과 형태의 변화에 의한 인지적 시간의 차이를 확인 할 수 있었다. 이는 초보자의 핸드폰 키패드 입력에 있어 그 인지적 시간을 위해 non-Fitts' time 을 적용하였던 기존의 연구[15]와 같은 결과라 할 수 있다. 또한 인지적 과정을 분석하기 위한 다른 방법으로 eye tracking data 를 사용하였는데 그 결과 동적인 구조에서 인지 부하가 적게 걸린다는 동일한 결과를 보임으로써 인지적 과정에 대한 두 방법의 일관성을 볼 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 터치스크린 환경에서 작업 특성 및 인지 과정을 고려한 동적인 메뉴 구조를 제안하였다. 이때 메뉴 구조의 평가를 위해 물리적 이동의 분석은 작업에 따른 수행 시간으로, 인지적 수행에 대한 분석은 eye tracking 실험과 non Fitts' law movement time 을 적용하였다. 그 결과 터치스크린 작업 상황에서 정적인 메뉴 구조에 비해 동적인 메뉴 구조에서 물리적 수행도와 인지적 과정이 모두 빠르게 나타나는 경향을 보이는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서처럼 입력 장치에 따른 사용자의 작업 특성 및 인지 과정을 고려한다면 보다 효과적인 메뉴 구조를 찾아낼 수 있을 것이다. 또한 사용자의 물리적인 측면뿐만이 아닌 인지적인 측면의 고려를 통해 보다

효율적이고 일반적인 사용자 중심의 메뉴 기반 인터페이스를 개발할 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] Displaybank. Touch Screen Panel. Applications & Technologies. (2008.4)

[2] Norman, K.L. "The Psychology of Menu Selection: Designing Cognitive Control of the Human/Computer Interface". Ablex Publishing Corporation, Norwood, NJ, USA, 1991.

[3] Arjan Geven and reinhard Sefelin and Manfred Tscheligi. "Depth and Breath away from Desktop - the Optimal Information Hierarchy for Mobile Use". MobileHCI' 06. September 12-15. 2006.

[4] Miller, D.P. "The depth/breath trade-off in design of menu-driven user interface". International Journal of Man-Machine Studies, 20. pp.201-213. 1981.

[5] Leah F., Joanna M. "A comparison of static, adaptive, and adaptable menus". Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, pp.89-96. April 24-29. Vienna, Austria, 2004.

[6] Greenstein, J. S., & Arnaut, L. Y. "Input devices". In M. Helander (Ed.), Handbook of HCI (pp. 495-519). Amsterdam: Elsevier, 1988.

[7] B. A. Smith, J. Ho, W. Ark, and S. Zhai. "Hand eye coordination patterns in target selection". In Proceedings of the symposium on Eye tracking research & applications. pp. 117-122. ACM Press, 2000.

[8] McLaughlin, A. C., Rogers, W. A., & Fisk, A. D. "Effects of attentional demand on input device use in younger and older adults". Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 48th Annual Meeting. pp. 247-251. 2003.

[9] Francis, G., and Rash, C. E. "MFDTool (Version 1,3): A software tool for optimizing hierarchical information on multifunction displays". Fort Rucker, AL: U.S. Army Aeromedical Research Laboratory. USAARL Report No. 2002-22. 2002.

[10] MacKenzie, S. "Fitts' law as a research and design tool in human-computer interaction". Human-Computer Interaction, 7. pp. 91-139. 1992.

[11] 김유창. "눈 움직임 측정방법에 대한 연구". 공업경영학회지, 20(43). pp. 59-66. 1997.

[12] Callahan, J., Hopkins, D., Weiser, M., & Shneiderman, B. "An empirical comparison of pie vs. linear menus". CHI ' 88 Conference Proceedings on

Human Factors in Computing Systems 95-100. New York: Association for Computing Machinery, 1988.

[13] Cockburn, A., Gutwin, C., and Greenberg, S. "A predictive model of menu performance". In Proc. CHI '07. pp.627--636.2007.

[14] B.L. Somberg. "A comparison of rule based positionally constant arrangements of computer menu items". CHI +GI 1987 Conference proceedings. pp. 255-260. 1987.

[15] Das, A. & Stuerzlinger, W. "A Cognitive Simulation Model for Novice Text Entry on Cell Phone Keypads". In proceedings of the European Conference on Cognitive Ergonomics, 28-31 August. Long Paper track, pp. 141-147. 2007.