

## 스마트 폰 터치스크린에서의 작은 터치 키의 사용성 연구

김보람<sup>1</sup> · 김태일<sup>2\*</sup> · 임영재<sup>1</sup> · 정의승<sup>1</sup>

<sup>1</sup>고려대학교 산업경영공학과

<sup>2</sup>LG전자 TV UX Team

### Usability Evaluation of the Size of Small Touch Keys for the Smart Phone

Boram Kim<sup>1</sup> · Taeil Kim<sup>2</sup> · Youngjae Lim<sup>1</sup> · Eui S. Jung<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial and Management Engineering, Korea University

<sup>2</sup>TV UX Team, LG Electronics

This paper focuses on small touch key size and spacing that affect the usability of the smart phones. The experiments examined thirty-six different touch key designs, combinations of four touch key sizes (width (mm) × height (mm); 4×4, 4×7, 7×4, and 7×7), and nine spacings (horizontal (mm) × vertical (mm); 0×0, 0×1, 0×3, 1×0, 1×1, 1×3, 3×0, 3×1, and 3×3). Forty participants volunteered in the experiment. The completion time, error rate, identification discomfort, and control discomfort were measured. The results revealed that the touch key sizes of 7×7 and 7×4 provide the best performance in terms of the error rate measure, while the touch key size of 7×7 provides the best results for other measures. In addition, touch key spacings of 1×1, 1×3 and 3×1 are regarded as the best for all the measures. The results of this study suggest a practical approach for the small touch key design for the smart phones.

**Keywords:** Touch Key Size, Touch Key Spacing, Smart Phone, Touch Interface

#### 1. 서론

작은 터치스크린을 가진 모바일 기기들의 가장 큰 문제점은 입력 장치와 표시장치의 제약이다(Haseloff, 2001). 최근의 스마트폰이나 태블릿과 같은 모바일 기기들은 이러한 한계점을 극복하기 위한 방법 중 하나로 터치 인터페이스를 채택하고 있다. 터치인터페이스는 사용자의 가장 자연스러운 동작을 활용하므로 매우 직관적이며 작은 화면 내에서도 사용성을 확보할 수 있으며(Greenstein, 1997; Scott and Conzola, 1997), 키보드나 마우스 등의 추가적인 입력도구가 필요하지 않다(Park and Han, 2010). 또한 터치 키 사이즈 및 키 간격 등의 설계 요소들을 조절하기 수월하다는 장점이 있다(Kwon *et al.*, 2010; Park *et al.*, 2008; Albinsson and Zhai, 2003).

터치스크린 인터페이스 디자인 시 영향을 미치는 주요 설계 요소로는 터치 키 사이즈와 터치 키 간격이 있다(Colle and

Hiszem, 2004; Pfauth and Priest, 1981). 따라서 터치스크린의 최적 터치 키 사이즈에 관한 다양한 연구들이 진행되어 왔다. Park and Han(2010)은 PDA에서의 최적 키 사이즈로 7mm와 10mm를 제시하였고, Hong *et al.*(2009)은 PDA의 터치스크린에서의 사용성을 확보할 수 있는 최소 터치 키 사이즈로 30pixel(약 7.9mm)를 제시하였다. 그러나 대부분의 터치 키 사이즈에 관한 사용성 연구들이 Personal Digital Assistant(PDA), Kiosk, Automatic Teller Machine(ATM) 등의 상대적으로 화면이 큰 터치스크린에서 실험을 진행하여 스마트폰과 같은 작은 사이즈의 제한적인 터치스크린 환경에 적용하는데 한계가 있다(Park and Han, 2010; Schedlbauer, 2007; Parhi and Bederson, 2006; Colle and Hiszem, 2004).

Parhi *et al.*(2006)은 PDA의 최적 터치 키 사이즈 연구에서 task를 체크박스과 같은 하나의 타겟을 터치하는 discrete task와 텍스트 입력과 같이 연속적인 타겟을 터치하는 serial task의 두

\* 연락저자 : 김태일 박사, 137-130 서울시 서초구 양재대로 11길 19 LG전자 TV UX Team, Tel : 010-3915-7191, E-mail : taeil1104.kim@lge.com  
2012년 1월 19일 접수; 2012년 2월 22일 수정본 접수; 2012년 3월 8일 게재 확정.

단계로 나누어 실험하였다. 그 결과 discrete target에서는 9.2mm, serial target에서는 9.6mm일 때 최적의 수행을 보이는 것으로 나타났다. 또한, 타겟을 선택하는 과정을 identification과 selection 과정으로 구분하여 연구를 진행하였는데, 타겟을 지각할 수 있는 최적 타겟 사이즈로 2-3mm, 타겟을 선택 할 때의 최적 타겟 사이즈로 9.2~9.6mm를 제시하였다. 그러나 이동 거리를 고정함으로써, 실제 사용자의 다양한 사용 상황을 반영하는데 한계가 있다.

터치스크린 도입과 함께 터치 키 간격에 관한 연구도 수행되었다. 터치 키 간격에 관한 연구들(Schedlbauer, 2007; Colle and Hiszem, 2004; Martin, 1988; Beaton and Weiman, 1984)을 살펴보면 Martin(1988)과 Beaton and Weiman(1984)의 연구에서 edge-to-edge 간격이라는 개념을 처음으로 정의하였다. 이는 키 간 간격을 키의 가장자리를 기준으로 한다는 점에서 키의 중심을 기준점으로 터치 키 간격을 정의하였던 기존 center-to-center 간격과 다르다. 최근 Schedlbauer(2007)와 Colle and Hiszem(2004)의 edge-to-edge 키 간격 연구에서는 터치 키 사이즈와 달리 간격은 사용성에 있어 통계적으로 유의한 효과를 보여주지 못했다.

터치스크린 인터페이스에 관한 기존 연구들을 살펴보면 터치스크린에서 사용성을 확보할 수 있는 최소 터치 키 사이즈에 대한 연구는 존재하지만, 그 이하의 사이즈일 때의 사용성에 대한 연구는 부족하다는 것을 확인할 수 있다. 또한 기존 연구에서의 터치 키는 너비와 높이가 동일한 정사각형을 전제로 하고 있다. 그러나 현재의 스마트 폰의 터치 키의 형태를 살펴 보면 portrait 형 QWERTY 키의 경우, 사이즈가 가로 15pixel(4mm), 세로 23pixel(6mm)이고 간격은 가로 4pixel(1mm) 세로 8pixel(2mm)로 기존 터치스크린 터치 키 가이드라인의 최적 사이즈보다 작게 디자인되어 있으며, 사이즈와 간격의 가로 세로가 동일하지 않은 직사각형 형태로서 기존 터치스크린 연구 결과들을 실제 제품 디자인에 반영하는 것에 한계가 있다는 점을 명확히 보여준다.

폴 터치 스마트 폰은 터치스크린 기술을 활용한 대표적인

유비쿼터스 입력 장치이다(Ballagas *et al.*, 2006). 유비쿼터스 입력 장치로서 스마트 폰은 제한된 터치스크린 사이즈 안에서 e-mail, 웹 브라우징, Social Networking Service(SNS) 등의 복잡한 기능들을 수행 가능하도록 설계되어야 한다. 그러나 현재 스마트 폰 터치 인터페이스는 이런 특성을 고려하기 보다는 복잡한 기능들을 제한된 디스플레이 안에 단순히 사이즈만 줄여서 적용한 경우가 많다. 따라서 본 연구에서는 실제 스마트 폰의 사용 환경을 반영하여 기존 터치스크린 터치 키 가이드 라인 보다 작은 사이즈 범위에서의 터치 인터페이스 설계를 고려하였다. 세부적으로 스마트 폰의 제한된 표시장치의 제약을 극복하기 위한 방안으로 최적의 터치 키 사이즈와 간격에 대한 영향을 분석하였고 터치 키 사이즈와 간격의 가로 세로의 관계도 분석하였다. 최종적으로 사용성을 확보할 수 있는 키 사이즈와 간격의 최적 대안을 도출하였다. 본 연구의 결과는 스마트 폰의 터치 인터페이스 설계의 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 실험참여자

사용성 평가를 위한 총 40명의 실험참여자 중 남성은 32명, 여성은 8명이었으며, 평균 나이는 22.7(SD = 2.1)세였다. 실험 참여자들 중 8명은 스마트 폰 사용경험이 없었고, 사용경험이 있는 32명은 평균 7.7개월(SD = 6.7) 동안 스마트 폰을 사용하였다. 스마트 폰 사용 시의 주 사용손에 대한 조사 결과, 실험 참여자들 중 오른손이 주 사용손인 경우는 37명, 왼손이 주 사용손인 경우는 3명이었다. 모든 실험참여자들은 시력과 터치스크린 조작에 이상이 없었다.

### 2.2 실험 계획

작은 터치 키의 사용성을 평가, 개선하기 위하여 기존 제품의

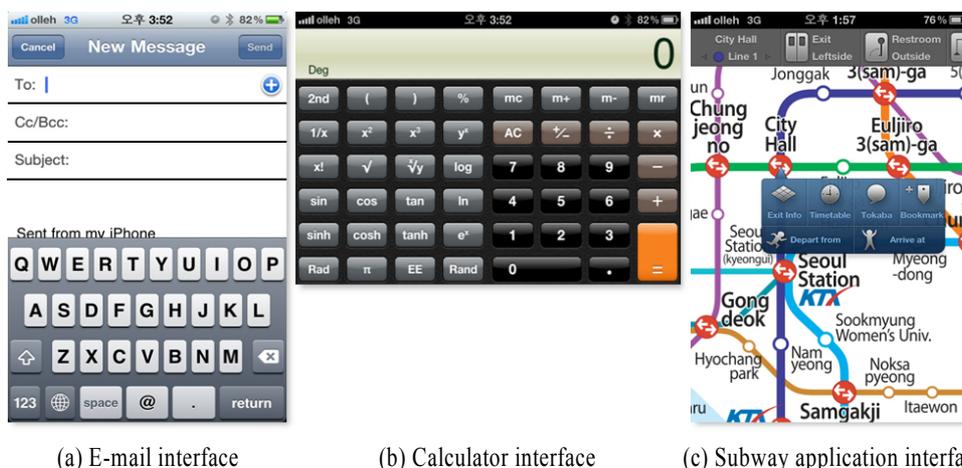


Figure 1. Small touch key example of smart phone

터치 키 크기와 간격 그리고 터치 인터페이스 관련 연구들을 기반으로 변수 및 수준을 설정하였다. 터치 키의 크기를 구성하는 터치 키의 너비, 높이와 터치 키 간 수평 간격, 수직 간격을 독립변수로 선정하였다(<Table 1> 참조). 터치 키 크기 변수의 수준은 4mm와 7mm 크기가 너비와 높이로 조합된 4×4, 4×7, 7×4, 7×7의 네 가지이다. 최소 크기인 4mm는 실제 스마트폰의 QWERTY 키와 공학계산기의 가장 작은 터치 키 크기를 반영하였고, 최대 크기인 7mm의 경우 기존 연구에서 제시한 최적 터치 키 크기 중 가장 작은 크기를 기준으로 하였다.

**Table 1.** Independent variable

Independent variable	Level	Definition
Touch key size (width×height)	4×4, 4×7 7×4, 7×7	Combination of width and height touch key size 4, 7mm
Touch key spacing (horizontal×vertical)	0×0, 0×1, 0×3 1×0, 1×1, 1×3 3×0, 3×1, 3×3	Combination of horizontal and vertical touch key spacing 0, 1, 3mm

터치 키의 간격 수준은 0mm, 1mm, 3mm의 간격이 수평 수직으로 조합된 0×0, 0×1, 0×3, 1×0, 1×1, 1×3, 3×0, 3×1, 3×3의 아홉 가지이다. 최소 간격인 0mm는 공간 자체가 존재하지 않는 대안이고 최대 간격인 3mm의 경우는 스마트폰에 존재하는 가장 큰 간격을 참고하였다. 터치 키 간격은 Colle and Hiszem(2004)의 연구에서 설정하였던 edge-to-edge 간격을 기준으로 하였다. 터치 키 크기 변수의 4개 수준, 간격 변수의 9개 수준을 결합하여 총 36가지의 실험 대안을 구성하였으며, 실험 참여자는 검지, 엄지, 양손 엄지의 세 가지 입력방식을 사용하여 총 108번의 실험을 수행하도록 하였다.

**Table 2.** Dependent variable

Measures	Dependent variable	Definition
Objective measure	Completion time	The time taken to press touch key correctly
	Error rate	Rate of the number of error input
Subjective measure	Identification discomfort	How discomfortable the participants could visually perceive a touch key (100 points scale)
	Control discomfort	How discomfortable the participants could control a touch key (100 points scale)

종속변수는 객관적 측정치로 수행완료시간, 에러율을 선정하였고, 주관적 측정치로 지각 불편도와 조작 불편도를 선정하였다(<Table 2> 참조). 종속변수 중 수행완료시간은 실험

참여자가 각 대안에 대해 task를 수행하는데 소요되는 시간을 의미하며, 에러율은 task 수행 시 발생하는 오입력 비율이다. 주관적 측정치 중 하나인 지각 불편도는 터치 키 크기와 간격을 모두 고려할 경우, 제시된 터치 키 조건을 시각적으로 지각하기 불편한 정도를 평가하는 것으로, 100점 척도를 사용하였다. 조작 불편도는 터치 키를 조작하기 불편한 정도를 평가하는 것으로, 지각 불편도와 동일하게 100점 척도를 사용하였다. 대안 간의 변별력 있는 정밀한 측정을 위해 100점 척도를 사용하였으며, 실험참여자는 각 실험조건에 따른 불편도를 0점(전혀 불편하지 않음)에서 50점(보통) 그리고 100점(매우 불편함) 사이의 점수를 숫자로 자유롭게 기록하였다.

### 2.3 실험 구성

터치 키 크기와 간격이라는 두 가지 독립 변수의 full factorial design을 통해 도출된 36개의 대안을 Apple사의 X-code를 이용해 실제 프로토타입으로 구현하였다(<Figure 2> 참조). 본 실험에는 960×640픽셀의 정전식(capacitive) 터치스크린을 가진 Apple사의 iPhone 4가 사용되었다. 일반적으로 스마트폰에서 SNS나 계산 등의 복잡한 작업 수행 시에 작은 크기의 터치 키를 연속적으로 입력하는 경우가 발생한다. 따라서 실험 task는 실제 스마트폰 사용 환경을 반영하여, 5자리의 숫자를 연속적으로 입력하는 task(5 digit numeric entry task)로 선정하였다.

<Figure 2>의 프로토타입 화면 상단 부분에는 실험참여자가 입력해야 하는 5자리 숫자가 제시되고, 하단의 터치 키를 통해 입력된 값이 나타나는 디스플레이 부분이 있다. 하단 부분에는 터치 키 크기와 간격이 조합된 터치 키 20개가 5×4(가로×세로) 형태로 배열된 컨트롤 부분이 있다. 스마트폰의 e-mail, 웹 브라우징, SNS 등의 텍스트 입력에 대한 터치 인터페이스를 반영하여 컨트롤 부분의 높이를 설정하였고, 터치 키 크기와 간격의 최대 수준을 고려하여 5×4배열의 터치 키 레이아웃을 구성하였다.

예를 들어, <Figure 2>의 50mm의 컨트롤 영역 너비 안에 터치 키의 최대 너비 조건(7mm)과 수평 간격 조건(3mm)을 고려해보면 최대 5개((최대 너비 크기×개수)+(최대 수평 간격×(개수-1)) ≤ 50 : (7×5)+(3×(5-1)) = 47)의 터치 키를 배치할 수 있다. 40mm의 컨트롤 영역 높이 안에는 터치 키의 최대 높이 조건(7mm)과 수직 간격 조건(3mm)을 고려하여 최대 4개((최대 높이 크기×개수)+(최대 수직 간격×(개수-1)) ≤ 40 : (7×4)+(3×(4-1)) = 37)의 터치 키를 배치할 수 있다.

컨트롤 부분에 5×4배열의 가운데 6개 터치 키 영역은 외부 프레임에 직접적인 영향을 받지 않는 영역이다. 따라서 가운데 6개 키에는 task와 직접적인 관련이 있는 1부터 6까지의 숫자를 표시하고 그 주위의 키에는 task와 관련이 없는 알파벳이 표시된 터치 키들을 배치하여 가운데 영역에 초점이 집중되도록 하였다. 프로토타입의 폰트 크기는 iPhone QWERTY 키의 숫자 폰트가

사이즈 대비 가로 50%, 세로 30%임을 감안하여 이와 동일한 비율로 디자인하였다.

실험참여자에게 실험기기를 통해 제시되는 5자리 숫자는 1부터 6사이의 숫자로 구성하였다(5 digit numeric entry task : 63542, 61453, 62142, 63512, 62536, 62632, 65426, 65242, 61253). 숫자조합은 총 9종류로 키 간 이동거리가 모두 동일하도록 설계하였다. 각각의 숫자조합은 36개(사이즈×간격 : 4×9)의 실험 조건 당 각 4회씩 동일하게 제시되도록 하여 한 실험에서 36개의 터치 키 조건과 함께 랜덤(randomize)하게 제시될 수 있도록 구성하였다. 실험조건이 끝날 때 마다, 수행시간, 에러율은 실험을 위해 개발된 프로그램에 의해 자동으로 기록되도록 하였다.

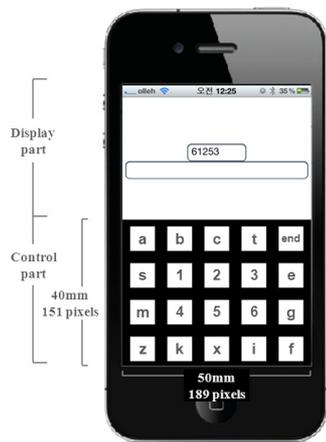
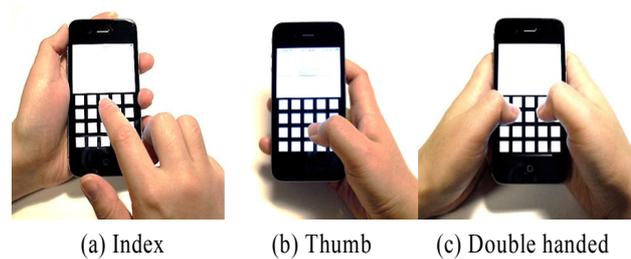


Figure 2. Experimental prototype

2.4 실험 절차

실험은 크게 준비단계, 연습단계, 본 실험 단계, 주관적 만족도 평가단계로 구성되었다. 준비단계에서는 실험자가 실험 참여자에게 실험목적과 실험 task를 설명한 후, 실험에 필요한 기본정보를 수집하였다. 연습단계에서는 실제 객관적 수행도와 주관적 불편도를 측정하기에 앞서 실험참여자가 실험 기기에

익숙해질 수 있도록 연습할 시간을 제공하였다. 본 실험단계에서는 입력해야 할 5개의 숫자로 이루어진 숫자조합이 실험 기기의 디스플레이 부분에 표시되면 실험참여자가 하단 부분의 터치 키를 이용하여 5자리의 숫자를 입력하고 end 버튼을 누르면 하나의 실험 조건에 대한 객관적 측정이 완료된다. 이러한 과정을 108개(4×9×3 : 사이즈×간격×입력방식)의 실험 조건에 대해 반복 측정된다. 입력방식이 동일한 36개의 조건에 대한 실험이 종료되면 3분 정도의 휴식 후 주관적 불편도 평가와 실험 전반에 대한 인터뷰를 실시하였다. 실험참여자 들은 편안한 자세로 의자에 앉아 최대한 자연스럽게 <Figure 3>의 세 가지 입력방식(검지, 엄지, 양손 엄지)을 사용하여, 각각 36개의 조건을 수행하도록 하였다. 또한 검지와 엄지의 입력방식에 대한 실험에 있어 주 사용손의 엄지와 검지로 터치 키를 조작하도록 하였다. 36개의 조건에 대한 실험순서와 마찬가지로 입력방식에 대한 실험순서 또한 랜덤(randomize)으로 제공하여 순서효과(order effect)를 예방하고자 하였다. 스마트 폰과 눈 사이의 거리는 실험참여자가 작업을 수행 하는데 있어 자연스럽게 편안한 거리를 유지하도록 하였다.



(a) Index (b) Thumb (c) Double handed

Figure 3. Three input type

3. 결과

측정된 4개의 종속변수(수행완료시간, 에러율, 지각 불편도, 조작 불편도)에 대해 분산분석(<Table 3> 참조)과 기초통계량 분석(<Table 4> 참조)을 실시하였다.

Table 3. Summary of ANOVA results

	Objective measure		Subjective measure	
	Completion time	Error rate	Identification discomfort	Pressing discomfort
Touch key size	F(3,117) = 96.174 P < 0.0001*	F(3,117) = 68.294 P < 0.0001*	F(3,117) = 40.165 P < 0.0001*	F(3,117) = 40.808 P < 0.0001*
Touch key spacing	F(8,312) = 4.038 P = 0.0001*	F(8,312) = 2.634 P = 0.0083*	F(8,312) = 28.780 P < 0.0001*	F(8,312) = 37.391 P < 0.0001*
Touch key size × Touch key spacing	F(24,936) = 1.832 P = 0.088	F(24,936) = 1.212 P = 0.2205	F(24,936) = 1.293 P = 0.1573	F(24,936) = 2.531 P < 0.07

\*Statistically significant at α = 0.05.

**Table 4.** Means and Standard Deviations for 36 Experimental Treatments(Numbers in Parenthesis are Standard Deviations)

No.	Key layout		Objective measure		Subjective measure	
	Touch key size	Touch key spacing	Completion time	Error rate	Identification discomfort	Pressing discomfort
1	4×4	0×0	5.36(2.3)	29.5(51.5)	74.6(26.2)	82.2(22.6)
2	4×4	1×0	5.26(2.7)	26.3(41.5)	68.5(20.3)	73.9(23.0)
3	4×4	3×0	5.37(2.2)	32.8(42.2)	64.8(19.8)	68.5(20.1)
4	4×4	0×1	5.04(2.4)	31.5(60.6)	67.0(21.5)	71.5(25.7)
5	4×4	1×1	4.82(1.9)	28.5(44.8)	55.6(22.7)	59.2(24.8)
6	4×4	3×1	4.81(1.9)	27.0(39.5)	50.9(22.9)	53.4(23.8)
7	4×4	0×3	5.57(2.6)	43.5(60.2)	64.4(21.3)	65.5(22.7)
8	4×4	1×3	5.11(2.1)	33.0(38.9)	55.4(21.7)	55.9(22.4)
9	4×4	3×3	5.04(2.2)	36.2(56.2)	48.0(21.8)	46.0(23.9)
10	4×7	0×0	4.47(1.5)	17.3(22.0)	65.5(22.0)	67.2(21.9)
11	4×7	1×0	4.51(1.8)	19.8(29.8)	61.0(20.4)	62.3(22.7)
12	4×7	3×0	4.77(1.8)	25.0(38.9)	58.7(19.8)	59.7(22.5)
13	4×7	0×1	4.42(2.1)	24.3(37.2)	60.2(21.1)	60.0(22.4)
14	4×7	1×1	4.17(1.6)	16.2(28.9)	50.3(20.5)	48.0(19.6)
15	4×7	3×1	4.45(1.8)	18.3(32.8)	46.3(21.1)	43.3(22.5)
16	4×7	0×3	4.56(1.9)	28.3(39.7)	55.4(23.4)	52.4(23.1)
17	4×7	1×3	4.16(1.8)	20.0(28.0)	45.1(19.5)	42.3(21.0)
18	4×7	3×3	4.25(1.4)	21.2(28.7)	43.1(20.5)	36.8(22.9)
19	7×4	0×0	4.35(1.4)	11.8(23.1)	65.7(21.0)	66.9(21.6)
20	7×4	1×0	4.06(1.4)	9.5(19.7)	60.7(21.6)	60.7(21.2)
21	7×4	3×0	3.95(1.2)	9.7(19.1)	60.5(19.6)	59.0(20.2)
22	7×4	0×1	4.32(1.6)	11.8(22.5)	58.3(21.1)	56.4(21.5)
23	7×4	1×1	4.03(1.4)	8.8(21.0)	47.5(21.2)	45.4(20.1)
24	7×4	3×1	4.06(1.2)	13.5(23.9)	44.6(21.2)	44.0(20.7)
25	7×4	0×3	4.40(1.3)	9.5(17.2)	55.7(19.9)	52.2(20.8)
26	7×4	1×3	4.06(1.3)	8.8(18.3)	46.4(20.2)	46.5(21.0)
27	7×4	3×3	4.11(1.1)	11.0(18.5)	44.0(23.7)	36.4(24.0)
28	7×7	0×0	3.68(1.2)	5.0(10.5)	44.0(22.9)	45.0(24.4)
29	7×7	1×0	3.70(1.2)	5.3(10.6)	42.7(24.0)	40.8(20.9)
30	7×7	3×0	3.65(1.1)	5.3(12.9)	37.6(20.1)	37.2(22.1)
31	7×7	0×1	3.63(1.1)	6.7(15.2)	39.5(23.3)	36.5(22.3)
32	7×7	1×1	3.66(1.2)	5.5(12.4)	32.6(23.3)	31.1(23.0)
33	7×7	3×1	3.59(1.3)	4.8(12.2)	26.0(21.4)	23.3(21.3)
34	7×7	0×3	3.68(1.1)	6.7(21.0)	38.2(24.3)	31.4(20.7)
35	7×7	1×3	3.54(1.3)	4.5(18.6)	27.1(22.3)	27.3(24.7)
36	7×7	3×3	3.84(1.8)	6.7(14.3)	26.9(23.2)	21.0(23.3)

3.1 객관적 수행도

3.1.1 수행완료시간

수행완료시간에 대한 분산분석 결과, 유의수준 0.05에서 터치 키 사이즈(F(3, 117) = 96.174, P < 0.0001)와 터치 키 간격(F(8,312) = 4.038, P = 0.0001)은 서로 통계적으로 유의한 영향을 미쳤으며, 터치 키 사이즈와 터치 키 간격 사이의 교호 작용(F(24, 936) = 1.832, P = 0.088)은 유의하지 않았다.

터치 키 사이즈에서는 7×7(3.66초) 7×4(4.15초) 4×7(4.42초) 4×4(5.15초)순의 수행도를 보였다(<Figure 4> 참조). 7×7보다 사이즈가 작아질 경우, 키 너비가 수행도에 미치는 영향력이 키 높이의 영향력보다 더 컸다. 즉, 작은 키의 디자인 시 가로줄이는 것 보다 세로를 먼저 줄이는 디자인이 바람직하다. 각 터치키 사이즈 수준 간 반응차이를 확인하기 위해서 SNK(Student-Newman-Keuls test) 사후분석을 실시하였다. 사후분석 결과, 7×7, 7×4, 4×7, 4×4는 통계적으로 독립적인 각각의 그룹으로 정의할 수 있었다. <Figure 4>에서 각각의 알파벳(A, B, C, D)은 집단 간 결과가 통계적으로 차이가 있음을 의미한다.

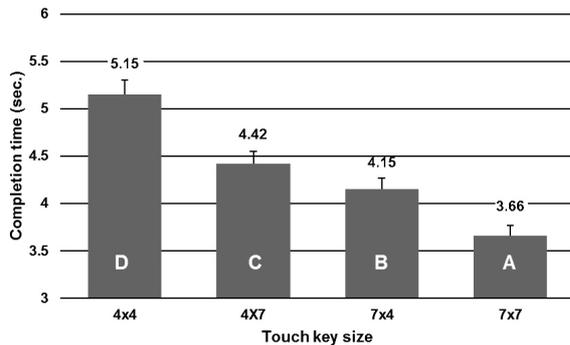


Figure 4. Completion time for touch key size

간격 조건에 따른 수행완료시간은 1×1(4.17초), 1×3(4.22초), 3×1(4.23초), 3×3(4.31초), 0×1(4.35초), 1×0(4.39초), 3×0(4.43초), 0×0(4.47초), 0×3(4.55초) 순으로 나타났다(<Figure 5> 참조). 사후 분석결과, 1×1, 1×3, 3×1이 A그룹으로 빠른 수행완료시간을 보였고, 3×3, 0×1, 1×0, 3×0, 0×0, 0×3은 B그룹으로 상대적으로 느린 수행완료시간을 보였다.

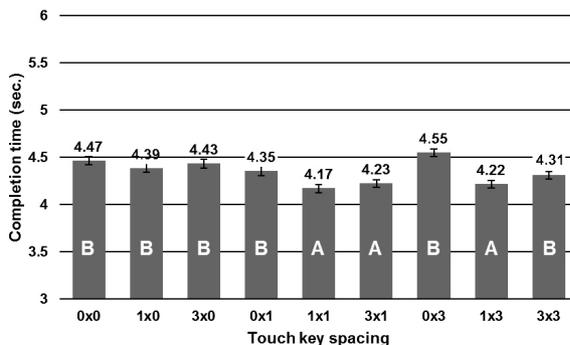


Figure 5. Completion time for touch key spacing

3.1.2 에러율

에러율에 대한 정규성 검정인 Kolmogorov-Smirnov 검정과 등분산성을 검정하는 Bartlett 검정 결과, 정규성과 등분산성에 대한 가정을 만족하였으므로 에러율에 대한 분산분석을 실시하였다. 그 결과, 유의수준 0.05에서 터치 키 사이즈(F(3, 117) = 68.294, P < 0.0001), 터치 키 간격(F(8, 312) = 2.634, P = 0.0083)은 서로 통계적으로 유의한 영향을 미쳤으며, 터치 키 사이즈와 터치 키 간격 사이의 교호작용(F(24, 936) = 1.212, P = 0.2205)은 유의하지 않았다.

터치 키 사이즈에서는 각 7×7가 6%와 7×4가 10%로 가장 좋은 수행도를 보였고 다음으로 4×7(20%), 4×4(32%) 순으로 나타났다(<Figure 6> 참조). 사후분석 결과, 7×7과 7×4은 서로 통계적 차이가 없는 동일한 그룹으로 묶을 수 있었으며, 가장 적은 에러율을 보였다. 4×7은 B그룹, 4×4은 C그룹으로 묶을 수 있다. 이 결과는 너비의 최소 사용성 기준 7mm를 충족시켜 주면, 사용자의 정확도를 확보할 수 있다는 것을 보여준다.

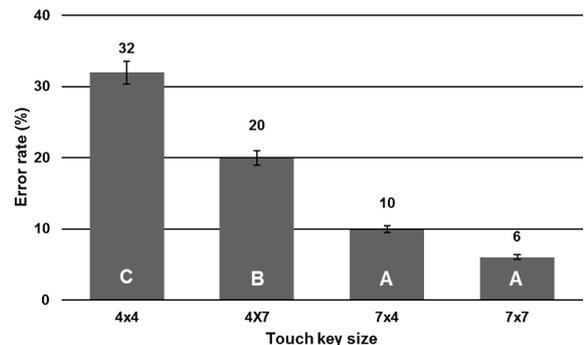


Figure 6. Error rate for touch key size

간격 조건에 따른 에러율은 1×1(14.76%), 1×0(15.26%), 3×1(15.02%), 0×0(15.92%), 1×3(16.58%), 3×0(18.2%), 0×1(18.58%), 3×3(18.76%), 0×3(22%) 순으로 나타났다(<Figure 7> 참조). 사후 분석 결과, 1×1, 1×0, 3×1, 0×0, 1×3과 3×0, 0×1, 3×3, 0×3의 두 개의 그룹으로 묶을 수 있다.

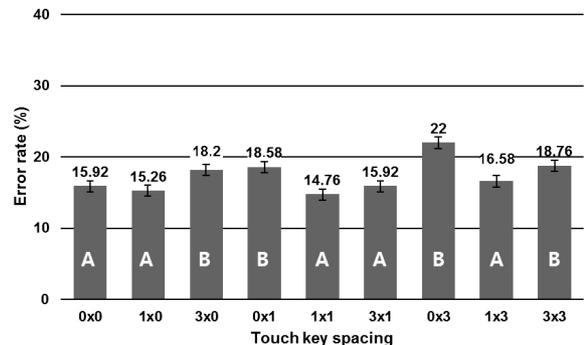


Figure 7. Error rate for touch key spacing

### 3.2 주관적 수행도

#### 3.2.1 지각 불편도

지각 불편도에 대한 분산분석 결과, 유의수준 0.05에서 터치 키 사이즈( $F(3,117) = 40.165, P < 0.0001$ ), 터치 키 간격( $F(8,312) = 28.780, P < 0.0001$ )은 서로 통계적으로 유의한 영향을 미쳤으며, 터치 키 사이즈와 터치 키 간격 사이의 교호작용( $F(24,936) = 1.293, P = 0.1573$ )은 유의하지 않았다.

객관적 측정치와 같이 터치 키 사이즈의 두 변수 간 불편도는 7×7(34.95점), 7×4(53.71점), 4×7(53.93점), 4×4(61.03점) 순이었다(<Figure 8> 참조). 사후분석 결과, 7×7이 가장 불편도가 적은 A 그룹으로, 7×4와 4×7를 B 그룹으로, 4×4를 지각 불편도가 가장 높은 C 그룹으로 묶을 수 있다.

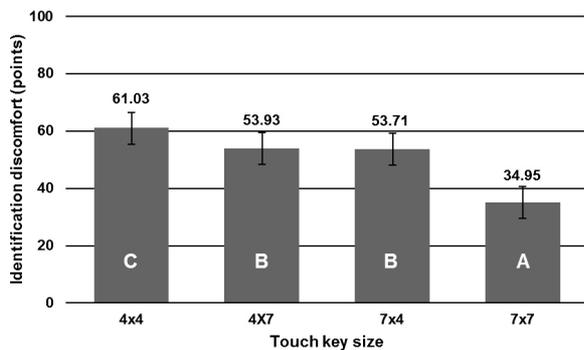


Figure 8. Identification discomfort for touch key size

간격 조건에 따른 지각 불편도는 3×3(40.48점), 3×1(41.96점), 1×3(43.51점), 1×1(46.51점), 0×3(53.43점), 3×0(55.37점), 0×1(56.23점), 1×0(58.21점), 0×0(62.46점) 순으로 나타났다(<Figure 9> 참조). 사후분석 결과, 3×3, 3×1, 1×3, 1×1과 0×3, 3×0, 0×1, 1×0, 0×0의 두 개의 그룹으로 묶을 수 있다.

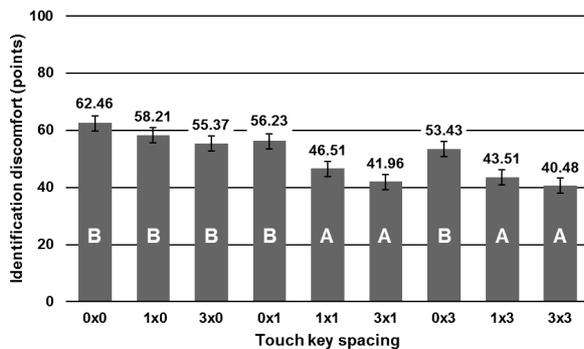


Figure 9. Identification discomfort for touch key spacing

#### 3.2.2 조작 불편도

조작 불편도에 대한 분산분석 결과, 유의수준 0.05에서 터치 키 사이즈( $F(3,117) = 40.808, P < 0.0001$ ), 터치 키 간격( $F(8,312) = 37.391, P < 0.0001$ )은 서로 통계적으로 유의한 영향을 미쳤으며, 터치 키 사이즈와 터치 키 간격 사이의 교호작용( $F(24,936) =$

2.531,  $P = 0.07$ )은 유의하지 않았다.

터치 키 사이즈에서는 7×7(32.62점), 7×4(51.93점), 4×7(52.44점), 4×4(63.99점) 순의 불편도를 보였다(<Figure 10> 참조). 사후분석 결과, 7×7이 가장 불편도가 적은 A 그룹으로, 7×4와 4×7를 B 그룹으로, 4×4를 지각 불편도가 가장 높은 C 그룹으로 묶을 수 있다.

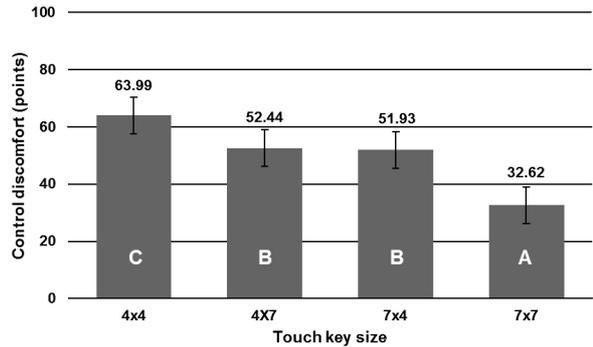


Figure 10. Control discomfort for touch key size

간격 조건에 따른 조작 불편도는 3×3(35.04점), 3×1(40.98점), 1×3(42.99점), 1×1(45.92점), 0×3(50.38점), 3×0(56.08점), 0×1(56.09점), 1×0(59.43점), 0×0(65.31점) 순으로 나타났다(<Figure 11> 참조). 사후분석 결과, 3×3, 3×1, 1×3, 1×1, 0×3과 3×0, 0×1, 1×0, 0×0의 두 개의 그룹으로 묶을 수 있다.

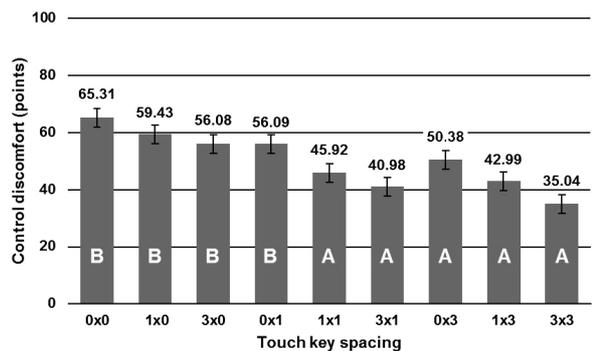


Figure 11. Control discomfort for touch key spacing

## 4. 토 의

본 연구는 기존 터치스크린의 터치 키 가이드라인보다 작은 사이즈를 가진 스마트폰 터치 키 디자인 시, 터치 키 사이즈와 터치 키 간격의 영향에 대한 연구를 위해 터치 키 사이즈와 간격 조건에 따른 터치 속도와 정확도, 그리고 주관적 불편도를 파악하였다. 분산분석 결과, 터치 키의 사이즈와 간격의 변화가 4가지 종속변수(수행완료시간, 에러율, 지각 불편도, 조작 불편도)에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

스마트 폰의 터치 인터페이스는 터치 키 사이즈와 간격으로 구성된 하나의 레이아웃이라고 정의할 수 있다. 따라서 연구

결과의 보다 실제적인 접근을 위하여, 실험 변수들의 개별적 분석 뿐 아니라 통합된 분석이 필요하다. 본 연구에서는 사후 분석결과를 활용하여 4가지 종속변수들의 측정치들을 통합하였다. 모든 측정치들에 대해 주 효과가 통계적으로 유의하였고 교호작용은 발생하지 않았기 때문에 사후분석을 통해 통계적으로 동일한 터치 키 사이즈 및 간격 조건들의 그룹에 대한 순위 점수를 부여하였다.

터치 키 사이즈의 4개의 대안과 터치 키 간격의 9개 대안에 각각 가장 좋은 수행을 보인 순서대로, 1점(매우 좋은 수행도를 보임)에서 9점(매우 낮은 수행도를 보임)의 순위를 부여하였다(<Table 5> 참조). 예를 들어 <Table 5>에서 터치 키 사이즈에 대한 수행완료시간의 경우 사후분석을 통해 7×7, 7×4, 4×7, 4×4는 각각 통계적으로 독립된 그룹으로 분류되었으므로 수행 완료시간이 빠른 순으로 7×7은 1점, 7×4은 2점, 4×7은 3점 그리고 4×4는 4점의 순위 점수를 부여하였다. 이 순위 점수를 기준으로 4가지의 측정치에 대한 사용성 점수를 합산하여 터치 키 사이즈 및 간격에 대한 통합 사용성 점수를 도출하였다. 사용성 점수는 낮을수록 사용성이 좋다는 것을 의미한다. 통합된 사용성 점수를 기준으로 터치 키 사이즈와 간격 조건에 대한 레이아웃 간 비교 분석을 실시하였다. 통합된 사용성 점수는 절대적 점수로서 의미를 가지는 것이 아니라 설계 요소(터치 키 사이즈, 간격) 간의 상대적 순위만을 의미한다.

터치 키 사이즈의 영향력(F = 96.174)이 키 간격 영향력(F = 4.038)보다 크기 때문에 터치 키 사이즈 비교를 우선적으로 실시하였다(<Figure 12> 참조). 키 사이즈 비교 분석 결과 가장 큰 터치 키 사이즈인 7×7이 4점으로 가장 좋은 수행도를 보였다. 그러나 7×7 보다 사이즈가 작아질 경우, 7×4가 7점, 4×7이 10점으로 키 너비가 긴 7×4 대안이 키의 높이가 긴 4×7 대안보다 좋은 사용성을 보여주었다. 이는 기존의 정사각형의 키 사이즈가 최적의 사용성을 보장해 줄 수 있다는 전제 하에

정사각형의 터치 키로 국한되어 진행된 기존 터치 키 사이즈 연구들과의 차별점이다.

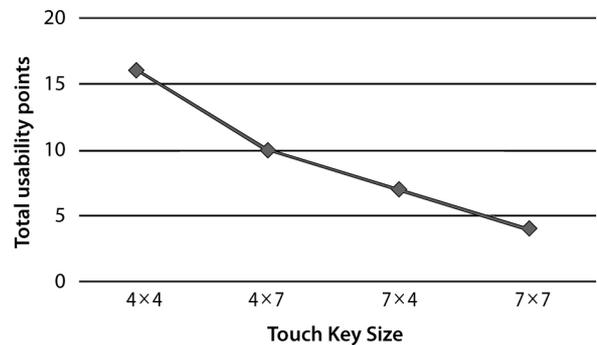


Figure 12. Total performance points for touch key size

터치 키 간격 결과를 살펴보면(<Figure 13> 참조), 1×3, 3×1, 1×1은 모두 4점으로 가장 좋은 수행도를 보였다. 다음으로는 3×3은 9점, 1×0과 0×0은 17점, 0×1과 3×0은 22점, 0×3은 24점 순이었다. 0mm의 조건이 포함된 레이아웃은 좋은 사용성 점수를 받지 못했다. 이는 적은 사이즈의 키 사이즈에 있어서 키 간 간격을 주는 것이 주지 않는 경우보다 사용성에 좋다는 것을 보여준다. 이 결과는 키 사이즈가 증가함에도 키 간 간격은 태스크수행도에 통계적으로 유의할만한 결과를 보이지 않았던 기존 터치스크린 키 사이즈와 간격 연구결과와는 차이가 있다(Schedlbauer, 2007; Colle and Hiszem, 2004). 이는 본 연구가 충분히 큰 터치 키 사이즈를 대상으로 하고 있지 않기 때문이며, 사용자는 작은 사이즈의 터치 키를 사용하는데 있어 간격을 터치 키 사이즈의 일부로 인식할 수 있는 가능성이 존재한다. 따라서 키와 간격의 인식의 측면에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

Table 5. Touch key size and spacing rank

Rank	Completion time		Error rate		Identification discomfort		Pressing discomfort	
	Key Size	Key Spacing	Key Size	Key Spacing	Key Size	Key Spacing	Key Size	Key Spacing
1	7×7	3×3, 1×1, 3×1, 1×3	7×4, 7×7	0×0, 1×0, 1×1, 3×1, 1×3	7×7	3×3, 1×1, 3×1, 1×3	7×7	0×3, 3×3, 1×1, 3×1, 1×3
2	7×4				4×7, 7×4		4×7, 7×4	
3	4×7		4×7					
4	4×4		4×4		4×4		4×4	
5		3×0, 0×1, 0×0, 1×0				0×3, 3×0, 0×1, 0×0, 1×0		
6				3×0, 0×1, 3×3				3×0, 0×1, 0×0, 1×0
7								
8								
9		0×3		0×3				

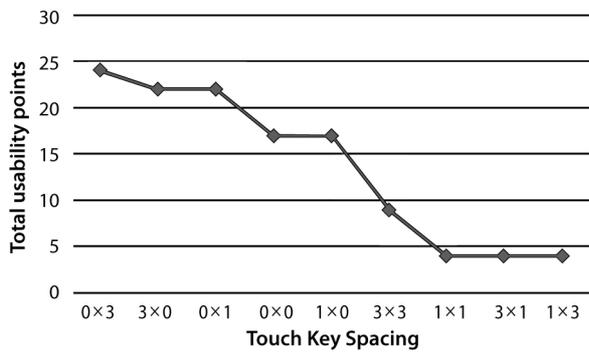


Figure 13. Total performance points for touch key spacing

제시된 터치 키 사이즈의 크기가 증가함에 따라 사용성은 증가하여, 터치 키 사이즈에서는 7x7의 레이아웃이 터치 키 간격에서는 1x3, 3x1, 1x1의 레이아웃이 가장 높은 사용성 점수를 받았다. 그러나 만약 스마트폰의 복잡한 기능들로 인해 터치 키의 사이즈가 7x7의 최소 사용성 기준을 만족하기 힘들다면, 터치 키의 너비보다는 높이를 우선하여 조절해야 사용성을 확보 할 수 있다. 터치 키 간격은 공간의 제약이 존재하더라도 최소 1mm 이상 확보해 주는 것이 좋다.

## 5. 결론

본 연구에서 작은 사이즈의 터치 키 레이아웃 디자인에 있어 터치 키 사이즈와 간격의 변화가 4가지 측정치(수행완료시간, 에러율, 지각 불편도, 조작 불편도)에 미치는 영향을 분석하였다. 분석결과, 터치 키의 사이즈와 간격이 터치 키 사용성에 영향을 주었으며, 터치 키의 사이즈가 터치 키 간격보다 큰 영향력을 준다는 것을 통계적으로 확인할 수 있었다.

본 연구는 터치 키 디자인에 있어서 사용성이 저하된 작은 사이즈의 환경에서 보다 효율적인 터치 키 디자인을 위해 터치 키 사이즈의 너비와 높이 그리고 수직 수평의 터치 키 간격이 사용성에 미치는 영향에 대해 해석하였다는 것에 의의를 가진다. 또한 기존 연구에서는 고려되지 않았던 다양한 입력 방식 조건 아래 이들 간의 관계 또한 통합적으로 살펴보았다는 점에서 의의가 있다.

본 연구는 통합 사용성을 평가함에 있어, 종속변수의 상대적 중요도를 고려하지 않고 단순한 변수 별 사용성 점수 합산을 통해 터치 키 사이즈에 대한 상대적 평가를 실시하였다. 실제적인 터치 키 인터페이스 가이드라인 개발을 위하여 스마트폰에서 작은 터치 키를 사용하여 이루어지는 다양한 작업들(i.e. 텍스트 입력, 웹 브라우징 등)에 대한 고려가 필요하다. 또한 이번 연구에서는 사용자의 대표적인 입력 방식을 나누어 측정한 후 통합하여, 사용자의 사용 환경과 사용 패턴을 수행 작업에 따라 세밀하게 반영하지 못하였으므로, 이에 대한 보완도 필요하다. 본 연구의 결과는 사용자 중심의 스마트폰의 인터페이스 디자인 가이드라인의 하나로써 사용될 수 있을

것으로 기대된다.

## 참고문헌

- Albinsson, P. A. and Zhai, S. (2003), High Precision Touch Screen Interaction, *Proceedings of the CHI 2003 Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM Press, New York, 105-112.
- Ballagas, R., Borchers, J., Rohs, M., and Sheridan, J. G. (2006), The Smart Phone : A Ubiquitous Input Device, *Pervasive Computing IEEE*, 5(1), 70-77.
- Beaton, R. J. and Weiman, N. (1984), Effects of Touch Key Size and Separation on Menu-selection Accuracy, Tektronix Technical Report TR 500-01, Tektronix Corporate Library 50-510, Portland, Oregon, USA.
- Colle, H. A. and Hiszem, K. J. (2004), Standing at a Kiosk : Effects of Key Size and Spacing on Touch Screen Numeric Keypad Performance and User Preference, *Ergonomics*, 47(13), 1406-1423.
- Haseloff, S. (2001), Designing Adaptive Mobile Applications, *9th Euromicro Workshop on Parallel and Distributed Processing*, 131-138.
- Hong, S. K., Park, J., and Kim, S. (2009), Button Size and Spacing in Touch Screen of PDA, *2009 Spring Conference of Ergonomics Society of Korea*, 469-473.
- Kwon, S., Kim, C., Kim, S., and Han, S. (2009), Two-mode Target Selection : Considering Target Layouts in Small Touch Screen Devices, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(6), 733-745.
- Karlson, A. K., Bederson, B. B., and Cotreras-Vidal, J. L. (2006), Understanding Single-Handed Mobile Device Interaction, *Technical report HCIL-2006-02*, Computer Science Dept, University of Maryland.
- Martin, G. L. (1988), Configuring a Numeric Keypad for a Touch Screen, *Ergonomics*, 31(6), 945-953.
- Parhi, P., Karlson, A. K., and Benderson, B. B. (2006), Target Size Study for One-handed Thumb Use on Small Touchscreen Devices, *Proceedings of the Mobile HCI 2006*, ACM Press, New York, 203-210.
- Park, Y. S. and Han, S. H. (2010), Touch Key Design for One-handed Thumb Interaction with a Mobile Phone : Effects of Touch Key Size and Touch Key Location, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(1), 68-76.
- Park, Y. S., Han, S. H., Park, J., and Cho, Y. (2008), Touch Key Design for Target Selection on a Mobile Phone, *the Proceedings of the 10th Mobile HCI Conference on Human computer interaction with Mobile Devices and Services*, 423-426.
- Pfauth, M. and Priest, J. (1981), Person-computer Interface Using Touch Screen Devices. *Proceedings of the Human Factors Society 25th Annual Meeting*, 500-504.
- Schedlbauer, M. J. (2007), Effects of Key Size and Spacing on the Completion Time and Accuracy of Input Tasks on Soft Keypads Using Trackball and Touch Input, *Human Factors and Ergonomics Society 51st annual meeting*, 51(5), 429-433.
- Scott, B. and Conzola, V. (1997), Designing Touch Screen Numeric Keypads : Effects of Finger Size, Key Size, and Key Spacing, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 41th annual meeting*, 360-364.