

스마트 워치 터치스크린에서의 터치 키에 대한 사용성 연구

김수영¹ · 반기민¹ · 최재호² · 정의승^{1*}

¹고려대학교 산업경영공학과 / ²대진대학교 산업경영공학과

Usability Evaluation of the Touch Keys for the Smart Watch

Su Young Kim¹ · Kimin Ban¹ · Jaeho Choe² · Eui S. Jung¹

¹Department of Industrial and Management Engineering, Korea University

²Department of Industrial and Management Engineering, Daejin University

The smart watch is the most popular wearable computing device because it takes a form of wristwatch. Many smart watches have adopted the touch screen interface due to the limited size of display. This paper focuses on touch key size and spacing that affect the usability about the touch key of smart watch. The experiments were made for four touch key sizes (width×height; 5×5, 5×7, 7×5, 7×7mm) and nine touch key spacing (vertical×horizontal; 0×0, 0×1, 0×3, 1×0, 1×1, 1×3, 3×0, 3×1, 3×3mm). The completion time, error rate, control discomfort and identification discomfort were measured. The touch key size 7×7, 7×5 and the touch key spacing 3×3, 1×3 provided the best results in terms of the completion time and the control discomfort, while the square touch key (7×7, 5×5) provided the best performance for the error rate measure. The result of this study can help ergonomically design the touch interface of the smart watch.

Keywords: Smart watch, Touch interface, Touch key size, Touch key spacing

1. 서론

스마트 워치(Smart watch)는 손목시계 형태의 웨어러블 컴퓨팅 디바이스(Wearable computing device)이다. 웨어러블 컴퓨팅 디바이스란 이동 중에 사용이 가능하고 사용자에게 두 손이 자유로운 상태(Hands-free)를 제공한다. 또한 기기에 내장된 센서를 통해 주변 정보를 끊임없이 제공받으며, 사용자가 기기를 주시하지 않을 때에도 적극적으로 정보를 제공해주는 특징을 갖는다(Johnson, 2014; Rhodes, 1997). 스마트 워치는 손목에 착용한 상태에서 무선으로 인터넷이나 스마트폰 같은 주변 기기에 연결되어 전화, 문자 메시지, 이메일 등의 정보를 제공하고 센서를 이용한 운동 어플리케이션 같은 새로운 기능을 제공하여 궁극적으로 인간-컴퓨터 상호작용(Human computer interaction)을 강화시키는 기기이다(Bieber *et al.*, 2013). 스마트 워치는 손에 들고 다니는 모바일 기기(Handheld device)에 비해 잃어버릴 가능성이 적고, 사용자에게 접촉되어 있으므로 사용자 생체 정보가 이

용한 건강 관리나 모바일 결제 등 새로운 서비스 도입 가능성 때문에 공급자 입장에서도 많은 관심을 갖고 있다(Narayanaswami and Raghunath, 2000). 또한 손목시계와 유사한 형태 때문에 사회적으로 큰 거부감 없이 사용되고 있다(Johnson, 2014).

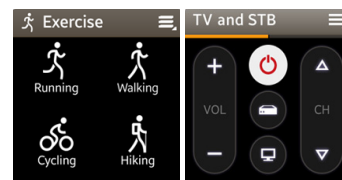


Figure 1. Examples of touch keys on smart watch

스마트 워치는 손목에 착용하기 때문에 디바이스 사이즈가 제한되고, 작은 모바일 기기들과 마찬가지로 입력장치와 표시장치의 제약이 있다(Haseloff, 2001). 모바일 기기는 이러한 사이즈의 제약을 극복하기 위하여 터치 인터페이스를 채택하고 있다

* 연락처: 정의승 교수, 136-713 서울시 성북구 안암로45 고려대학교 자연캠퍼스 산업경영공학과 Tel : 02-3290-3902, Fax : 02-3290-3913, E-mail : ejung@korea.ac.kr

2014년 10월 12일 접수; 2014년 11월 21일 수정본 접수; 2014년 12월 15일 게재 확정.

(Park and Han, 2007). 터치스크린은 키보드나 마우스 같은 입력장치가 필요하지 않고, 입력장치와 표시장치 사이의 물리적인 거리가 줄어들어서 매우 직관적이라는 장점이 있다(Albinston, 2003; Scott and Conzola, 1997). 또한 터치스크린에서의 위치나 터치 키 사이즈, 간격 같은 터치 인터페이스 설계 요소들을 변경하기 쉽다(Colle and Hiszem, 2004). <Figure 1>에서 보는 바와 같이 스마트 워치에서도 터치스크린을 인터페이스 컨트롤 방법으로 사용하고 있다.

터치 인터페이스를 디자인할 때 중요한 설계 요소로는 터치 키 사이즈, 터치 키 간의 간격이 있다(Colle and Hiszem, 2004; Pfautha and Priest, 1981). 터치 키 사이즈와 관련된 기존 연구들을 살펴보면 키오스크(Kiosk)나 현금 자동 입출금기(Automatic teller machine; ATM) 같이 큰 터치스크린에서는 15mm와 20mm너비의 터치 키를 최적의 터치 키 사이즈로 제안하고 있다(Schedlbauer, 2007; Colle and Hiszem, 2004). 또한 터치스크린의 사이즈가 비교적 작은 모바일 환경에서 진행된 연구에서는 최적의 터치 키 사이즈로 7mm와 10mm의 터치 키를 제안한다(Park and Han, 2010). 터치 키 간격을 키의 가장자리를 기준(Edge-to-edge)으로 하는 연구들을 살펴보면, 큰 터치스크린 환경에서는 터치 키 간격이 사용성에 유의한 효과를 나타내지 않았다(Schedlbauer, 2007; Colle and Hiszem, 2004). 하지만 스마트폰 터치스크린에서의 작은 터치 키에서는 키 간격을 주는 것이 사용성에 좋은 영향을 주었다(Kim et al., 2012).

터치 키 사이즈와 간격은 사용자의 만족도에 영향을 준다(Kim and Choi, 2007). 이러한 터치 키 사이즈와 간격은 터치스크린의 크기와 사용 환경에 따라 최적의 값이 달라진다는 것을 기존 연구들을 통해 알 수 있다. 즉 키오스크 같이 큰 터치스크린 환경이나, 손으로 들고 사용하는 모바일 기기에서의 터치스크린 연구 결과를 스마트 워치 환경에 그대로 적용하는데 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 한 손 손목에 스마트 워치를 착용하고, 다른 한 손의 손가락으로 작은 터치스크린에서 터치 입력을 하는 환경에서 터치 키 사이즈와 터치 키 간의 간격이 터치 키 사용성과 주관적 평가에 미치는 영향에 대하여 알아보고자 한다. 이를 위하여 터치 키 사이즈와 간격의 여러 수준에서 객관적 측정치인 수행완료시간과 에러율, 주관적 측정치인 지각 불편도와 조작 불편도를 측정된 결과를 분석할 것이다. 본 연구의 결과는 스마트 워치 터치스크린에서의 터치 키 설계의 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다.

2. 연구 방법

2.1 실험참여자

터치 키 사이즈와 터치 키 간의 간격이 스마트 워치 터치 키의 사용성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 총 16명의 대학원생이 실험에 참여하였다. 실험참여자 중 남성은 12명, 여성은 4명이었고, 평균 나이는 26.8(SD = 2.5)세였다. 실험참여자

들 중 1명이 스마트 워치를 사용하고 있었고, 2명이 스마트 워치 사용 경험이 있었으며 모든 실험참여자들이 터치스크린 조작 시력에 이상이 없었다. 실험참여자들의 주 사용 손이 오른손이었기 때문에 왼손 손목에 실험 디바이스를 착용하고, 오른손 검지 손가락으로 터치 키를 입력하도록 하였다.

2.2 실험계획

<Table 1>에서 보는 바와 같이 터치 인터페이스의 주요 설계 요소인 터치 키 사이즈와 터치 키 간의 간격을 독립변수로 선정하였고, 기존의 터치 인터페이스 관련 연구와 사전 테스트 결과를 바탕으로 각 독립변수의 수준을 선정하였다.

Table 1. Independent variable

Independent variable	Level
Touch key size[mm] (width×height)	5×5 5×7 7×5 7×7
Touch key spacing[mm] (vertical×horizontal)	0×0 0×1 0×3 1×0 1×1 1×3 3×0 3×1 3×3

첫 번째 독립변수인 터치 키 사이즈의 수준은 5mm, 7mm를 터치 키의 너비와 높이로 조합한 4수준(5×5, 5×7, 7×5, 7×7mm)으로 하였다. 최대 사이즈 7mm는 기존의 모바일 환경에서 실험한 터치 인터페이스 관련 연구에서 최적의 터치 키 사이즈 중 가장 작은 것을 선정하였고, 최소 사이즈 5mm는 사전 테스트를 통해 선정하였다.

• 터치 키 사이즈 수준 선정을 위한 사전 테스트

스마트 워치는 화면의 크기가 작기 때문에 기존 스마트폰과 같은 모바일 기기의 터치 키 보다 작은 터치 키가 적용될 것으로 예상된다. 사용성이 보장되는 최소 사이즈에 대하여 알아보기 위해서 스마트 워치의 화면 사이즈에서 9개의 중심점을 정하여 이동거리를 동일하게 하고, 터치 키의 사이즈가 8×8, 7×7, 6×6, 5×5, 4×4, 3×3mm일 때 터치 입력에 대한 사용성 평가를 실시하고, 그때의 수행완료시간과 조작 불편도 점수를 측정하였다. 사전 테스트 결과, 터치 키 사이즈가 작아짐에 따라 수행완료시간은 길어지고, 조작 불편도 점수는 증가하는 유의한 차이를 보였다. 사전 테스트의 수행완료시간에 대한 SNK(Student-Newman-Keuls test) 사후분석 결과 8×8, 7×7, 6×6, 5×5mm 이 수행완료시간이 짧은 하나의 그룹으로 나타났고, 4×4, 3×3mm 이 수행완료시간이 긴 하나의 그룹으로 나타났다. 즉 스마트 워치 환경에서 터치 키 사이즈가 작아질수록 사용성이 떨어지고 4mm 이하에서 사용성이 급격히 감소하는 것을 확인하였다. 이를 바탕으로 스마트 워치에서 사용성을 보장하는 최소의 터치 키 사이즈가 5mm로 판단하여, 이를 바탕으로 터치 키 사이즈 수준을 선정하였다.

두 번째 독립변수인 터치 키 간의 간격은 0, 1, 3mm를 위, 아래 버튼 간의 간격인 세로 간격(Vertical spacing)과 좌, 우 버튼 간의 간격인 가로 간격(Horizontal spacing)을 조합한 9수준(0×0, 0×1, 0×3, 1×0, 1×1, 1×3, 3×0, 3×1, 3×3mm)으로 하였다. 0mm는 간격이 존재하지 않는 것이고, 최대 간격인 3mm는 기존의 스마트폰 바탕화면에서 어플리케이션 아이콘 간의 간격이 아이콘 사이즈의 50~60%를 차지하고 있었기 때문에 터치 키 사이즈 수준(5, 7mm)을 기준으로 하여 최대 간격 3mm를 선정하였다. 그리고 최대 간격과 간격이 없는 중간 간격으로 1mm를 선정하였다.

Table 2. Dependent variable

Dependent variable	
Objective measure	Completion time
	Error rate
Subjective measure	Control discomfort
	Identification discomfort

종속변수는 <Table 2>에서 보는 바와 같이 객관적 측정치로 수행완료시간과 에러율, 주관적 측정치로 조작 불편도와 지각 불편도를 선정하였다. 수행완료시간은 실험참여자가 각 실험 대안에서 과업(Task)을 완료하는데 소요된 시간을 의미하고, 에러율은 과업을 완료하는데 수행한 총 터치 조작 횟수 중에 과업 수행 외에 추가적으로 발생한 잘못된 터치 조작의 비율을 의미한다. 주관적 측정치 중 조작 불편도는 터치 입력을 할 때 터치 키를 조작하기 불편한 정도를 평가하는 것이다. 지각 불편도는 제시된 터치 키 실험 대안을 눈으로 볼 때, 터치 키 사이즈와 간격으로 인하여 터치 키를 지각하기 불편한 정도를 평가하는 것이다. 조작 불편도와 지각 불편도는 100점 척도를 사용하여, 매우 불편함을 100점, 전혀 불편하지 않음을 0점으로 기준하여 0점에서 100점 사이의 점수를 자유롭게 부여하도록 하였다.

2.3 실험구성

터치 키 사이즈 변수의 4개 수준과 터치 키 간격 변수의 9개 수준을 완전 요인 배치법(Full factorial design)을 통해서 총 36가지 실험 대안을 구성하였다. 4.3인치 터치스크린이 적용된 스마트폰을 손목밴드에 부착하여 스마트 워치와 동일하게 손

목에 착용할 수 있는 실험 환경을 구성하였다.

• 실험에 사용한 스마트 워치 화면 사이즈 선정

실험에 사용할 스마트 워치의 화면 사이즈를 선정하기 위하여 현재 판매되고 있고, 출시 예정인 총 17가지의 스마트 워치의 디스플레이 사이즈에 대하여 조사하였다(2014년 9월 기준).

<Table 3>에서 보는 바와 같이 스마트 워치에 적용된 화면 사이즈는 1.2인치부터 2인치까지 크기가 다양하였다. 그 분포를 살펴보면 특정 인치에서 특정 회사의 제품만 있는 반면, 1.6인치 급의 화면이 적용된 스마트 워치에는 삼성, 엘지, 소니와 내년에 출시될 애플워치를 포함하면 총 4개 회사, 7개의 제품이 분포하고 있었다. 이를 바탕으로 1.6인치 급의 화면이 스마트 워치에 가장 범용적으로 사용되고 있음을 알 수 있었고, 실험에서도 전체 화면의 크기를 가로, 세로 길이가 각각 30mm로 1.67인치의 화면이 적용되도록 스마트 워치 터치스크린을 구현하였다.

스마트 워치에서 터치 키를 사용하는 주요 과업은 특정 아이콘을 선택하는 것으로 본 연구에서 실시한 과업은 제시되는 4자리 숫자를 보고 순서대로 터치 키를 선택하여 입력하도록 하였다. 4자리 숫자는 9가지 숫자조합(1658, 2567, 3854, 4529, 5238, 6581, 7256, 8543, 9452)으로 키 간 이동거리가 모두 동일하도록 설계하였다. 9가지 숫자 조합은 36가지 실험 대안에 4회씩 제시되고, 실험에서 36가지 실험 대안과 9가지 숫자 조합이 랜덤(Randomize)하게 제시될 수 있도록 실험순서를 구성하였다. 또한 하나의 실험 대안에서 4자리 숫자를 입력하는 과업은 한번만 수행하였다.

스마트폰과 같은 터치스크린이 적용된 모바일 기기에서 디스플레이 파트와 컨트롤 파트가 따로 구분되지만, 스마트 워치는 작은 화면 사이즈 때문에 전체 화면을 컨트롤 파트로 사용하기 때문에 <Figure 2>에서 보는 바와 같이 터치 키가 디스플레이의 중간에 위치하도록 프로토타입을 구성하였다.

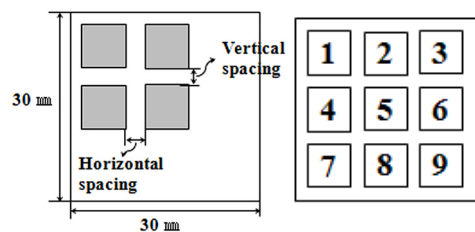


Figure 2. Display of experimental prototype

Table 3. Display size of smart watches

Diagonal size [inch]	Products (inch)	Number of manufacturers	Number of products
1.20~1.29	Inpulse(1.26), Pebble(1.26), Pebble steel(1.26)	2	3
1.30~1.39	Meta M1(1.31)	1	1
1.40~1.49	Sony LiveView 2(1.42)	1	1
1.50~1.59	Apple(1.5), Omate X(1.54), Qualcomm Toq(1.55)	3	3
1.60~1.69	Sony Smartwatch 2(1.6), Galaxy Gear(1.63), Gear 2(1.63), Gear 2 Neo(1.63), Gear Liver(1.63), G watch(1.65), Apple(1.66)	4	7
1.80~1.89	Gear fit(1.83)	1	1
2.00~2.19	Gear S(2.0)	1	1

2.4 실험절차

실험절차는 준비단계, 연습단계, 과업을 수행하는 본 실험단계와 주관적 측정치 평가단계로 구성되었다. 준비 단계에서는 실험참여자에게 실험의 목적을 설명하고, 실험참여자 개인 정보를 수집하였으며 본 실험단계에서 수행하게 될 과업에 대하여 충분히 설명해주었다. 연습단계에서는 준비단계에서 설명한 본 실험단계의 과업을 수차례에 걸쳐 충분히 연습할 수 있도록 하였다. 또한 한 명의 실험참여자가 36개 대안을 모두 수행하므로 매 대안마다 최대한 정확히 실험에 참여하도록 주의를 전달하였다. 실험은 각 대안의 첫 번째 화면인 시작 버튼을 누르면 시작하고, 제시된 4자리 숫자를 순차적으로 입력하면 마지막 4번째 숫자를 입력한 후 종료 화면이 나타나면서 과업이 완료되도록 구성하였다. 수행완료시간은 시작 버튼을 누르는 순간부터 종료 화면이 나타날 때 까지를 측정하였고, 실험순서는 랜덤하게 구성하였다.



Figure 3. Interaction style on smart watch

<Figure 3>에서 보는 바와 같이 손목밴드를 이용하여 왼손 손목에 실험 디바이스를 착용하고 오른손 검지 손가락으로 터치키를 입력하도록 하였으며, 실험참여자가 자연스러운 자세를 유지하도록 하였다. 에러율 측정을 위하여 실험의 모든 과정은 디지털 캠코더를 통하여 기록되었다. 과업 수행 중에 에러가 발생하면 에러율 측정을 위하여 중단 없이 과업을 완료하도록 하였다. 또한 에러가 발생한 해당 실험 대안의 과업을 다시 수행하도록 하여 수행완료시간 측정에 에러에 의한 시간이 추가되지 않도록 하였다. 단, 반복에 의한 학습으로 수행완료시간에 영향을 주지 않도록 다시 수행하는 과업은 36개 실험 대안이 완료된 후 실시하여 실험순서가 랜덤하게 구성되도록 하였다.

3. 결과

<Table 4>에서 보는 바와 같이 측정된 종속변수인 수행완료시

간, 에러율, 조작 불편도, 지각 불편도에 대한 분산분석을 하였다.

3.1 객관적 측정치

(1) 수행완료시간

수행완료시간에 대한 분산분석 결과, 유의수준 0.05에서 터치 키 사이즈($F(3,45) = 22.722, p < 0.0001$)와 터치 키 간격($F(8,120) = 8.218, p < 0.0001$)은 수행완료시간에 유의한 영향을 미쳤으며, 터치 키 사이즈와 터치 키 간격 사이의 교호작용($F(24,360) = 1.321, p = 0.142$)은 유의하지 않았다.

<Figure 4>에서 보는 바와 같이 수행완료시간은 터치 키 사이즈가 7×7(6.05초), 7×5(6.58초), 5×7(7.01초), 5×5(7.23초) 순서로 길게 나타난다. 터치 키 사이즈가 작아질수록 수행완료시간이 길게 나타났고, 면적이 같은 터치 키 5×7과 7×5에서 높이가 긴 직사각형 형태의 터치 키(5×7)가 너비가 긴 직사각형 형태의 터치 키(7×5)보다 수행완료시간이 길게 나타났다. 터치 키 사이즈 수준에 따른 수행완료시간의 차이를 확인하기 위해서 SNK 사후분석을 실시하였다. <Figure 4>, <Figure 5>에서 각각의 알파벳(A, B, C)은 집단 간 결과가 통계적으로 차이가 있음을 나타내며 A가 사용성이 가장 좋은 그룹임을 의미한다. 사후분석 결과, <Figure 4>에서 보는 바와 같이 터치 키 사이즈 수준은 세 개의 그룹으로 구분되었으며 수행완료시간이 가장 짧은 7×7은 A그룹, 7×5는 B그룹, 5×7, 5×5는 C그룹을 이루었다. 이는 수행완료시간에 미치는 터치 키 너비의 영향이 터치 키 높이의 영향보다 더 크다는 것을 보여준다.

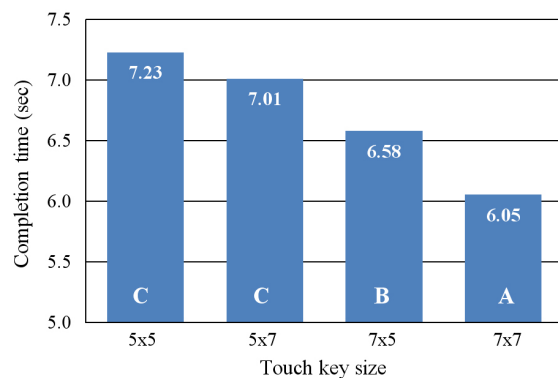


Figure 4. Completion time for touch key size

Table 4. Summary of ANOVA results

	Objective measure		Subjective measure	
	Completion time	Error rate	Control discomfort	Identification discomfort
Touch key size	$F(3,45) = 22.722$ $p < 0.0001^*$	$F(3,45) = 3.855$ $p = 0.010^*$	$F(3,45) = 121.964$ $p < 0.0001^*$	$F(3,45) = 116.419$ $p < 0.0001^*$
Touch key spacing	$F(8,120) = 8.218$ $p < 0.0001^*$	$F(8,120) = 3.183$ $p = 0.002^*$	$F(8,120) = 7.802$ $p < 0.0001^*$	$F(8,120) = 9.560$ $p < 0.0001^*$
Touch key×Touch key spacing	$F(24,360) = 1.321$ $p = 0.142$	$F(24,360) = 0.820$ $p = 0.713$	$F(24,360) = 1.331$ $p = 0.136$	$F(24,360) = 1.345$ $p = 0.127$

Note) * Statistically significant at $\alpha = 0.05$.

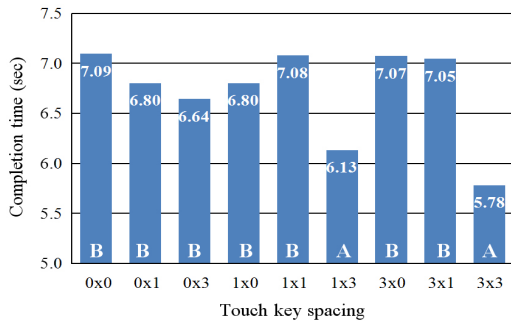


Figure 5. Completion time for touch key spacing

터치 키 간격에 따른 수행완료시간은 <Figure 5>에서 보는 바와 같이 3×3(5.78초), 1×3(6.13초), 0×3(6.64초), 1×0(6.80초), 0×1(6.80초), 3×1(7.05초), 3×0(7.07초), 1×1(7.08초), 0×0(7.09초) 순으로 나타난다. 이는 간격이 최대일 때 수행완료시간이 가장 짧고, 간격이 없을 때 수행완료시간이 가장 길다는 것을 보여준다. 사후분석 결과, 터치 키 간격 9가지 수준이 두 개의 그룹으로 나뉘었는데 3×3, 1×3이 A그룹으로 짧은 수행완료시간을 나타냈고, 나머지 간격 수준들은 B그룹으로 상대적으로 긴 수행완료시간을 나타냈다. 이 결과는 터치 키 간의 간격이 존재할 때 수행도를 향상시킨다는 것을 의미한다.

(2) 에러율

에러율에 대한 분산분석 결과, 유의수준 0.05에서 터치 키 사이즈($F(3,45) = 3.855, p = 0.010$)와 터치 키 간격($F(8,120) = 3.183, p = 0.002$)은 에러율에 유의한 영향을 미쳤으며, 터치 키 사이즈와 터치 키 간격 사이의 교호작용($F(24,360) = 0.820, p = 0.713$)은 유의하지 않았다.

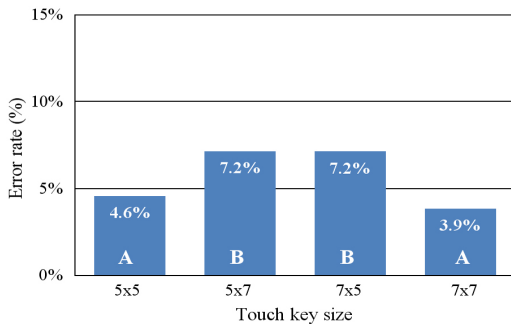


Figure 6. Error rate for touch key size

터치 키 사이즈에 따른 에러율은 <Figure 6>에서 보는 바와 같이 7×7(3.9%), 5×5(4.6%), 7×5(7.2%), 5×7(7.2%) 순서로 나타난다. <Figure 6>, <Figure 7>에서 각각의 알파벳(A, B)은 사후분석 결과를 바탕으로 집단 간 결과가 통계적으로 차이가 있음을 의미한다. 사후분석 결과, 7×7과 5×5가 에러율이 낮은 A 그룹, 5×7, 7×5가 에러율이 높은 B그룹을 이루었고, 이 결과는 정사각형 형태의 터치 키(7×7, 5×5)는 직사각형 형태의 터치 키(7×5, 5×6)에 비해서 에러율이 낮다는 것을 의미한다.

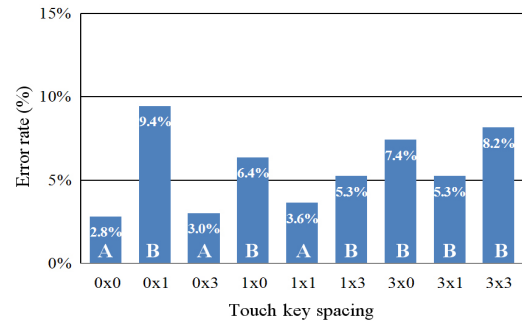


Figure 7. Error rate for touch key spacing

터치 키 간격에 따른 에러율은 <Figure 7>에서 보는 바와 같이 0×0(2.8%), 0×3(3.0%), 1×1(3.6%), 1×3(5.3%), 3×1(5.3%), 1×0(6.4%), 3×0(7.4%), 3×3(8.2%), 0×1(9.4%) 순으로 높아진다. 사후분석 결과, 터치 키 간격 9가지 수준이 두 개의 그룹으로 구분되었는데 0×1, 0×3, 1×1은 에러율이 낮은 A그룹, 나머지 간격 수준들은 상대적으로 에러율이 높은 B그룹을 이루고 있었다.

3.2 주관적 측정치

(1) 조작 불편도

조작 불편도에 대한 분산분석 결과, 유의수준 0.05에서 터치 키 사이즈($F(3,45) = 121.964, p < 0.0001$)와 터치 키 간격($F(8,120) = 7.802, p < 0.0001$)은 조작 불편도에 유의한 영향을 미쳤으며, 터치 키 사이즈와 터치 키 간격 사이의 교호작용 ($F(24,360) = 1.331, p = 0.136$)은 유의하지 않았다.

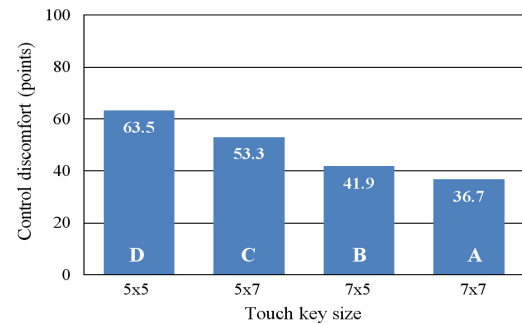


Figure 8. Control discomfort for touch key size

<Figure 8>에서 보는 바와 같이 조작 불편도 점수는 터치 키 사이즈가 7×7(36.7점), 7×5(41.9점), 5×7(53.3점), 5×5(63.5점) 순서로 커진다. 터치 키 사이즈가 작아질수록 불편도 점수가 증가하고, 높이가 긴 직사각형 형태의 터치 키(5×7)가 너비가 긴 직사각형 형태의 터치 키(7×5)보다 불편도 점수가 높게 나타났다. <Figure 8>, <Figure 9>에서 알파벳(A, B, C, D)은 사후분석 결과를 바탕으로 집단 간 결과가 통계적으로 차이가 있음을 나타내며 A가 주관적 선호도가 가장 좋은 그룹임을 의미한다. 사후분석 결과, 터치 키 사이즈 4가지 수준은 각기 다른 그룹으로 구분되었다.

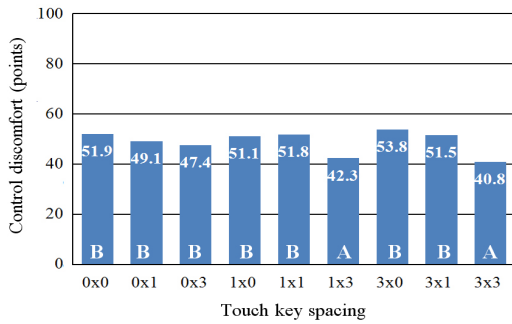


Figure 9. Control discomfort for touch key spacing

터치 키 간격에 따른 조작 불편도는 <Figure 9>에서 보는 바와 같이 3×3(40.8점), 1×3(42.3점), 0×3(47.4점), 0×1(49.1점), 1×0(51.1점), 3×1(51.5점), 1×1(51.8점), 0×0(51.9점), 3×0(53.8점) 순으로 나타난다. 사후분석 결과, 터치 키 간격 9가지 수준은 두 개 그룹으로 나뉘었는데 3×3, 1×3이 불편도가 낮은 A그룹이었고, 나머지 간격 수준들은 불편도가 높은 B그룹을 이루었다. 이는 사용자가 느끼는 터치 키를 조작하기 불편한 정도는 터치 키 사이즈에 민감하다는 것을 의미한다.

(2) 지각 불편도

지각 불편도에 대한 분산분석 결과, 유의수준 0.05에서 터치 키 사이즈($F(3,45) = 116.419, p < 0.0001$)와 터치 키 간격($F(8,120) = 9.560, p < 0.0001$)은 지각 불편도에 유의한 영향을 미쳤으며, 터치 키 사이즈와 터치 키 간격 사이의 교호작용($F(24,360) = 1.345, p = 0.127$)은 유의하지 않았다.

터치 키 사이즈에 따른 조작 불편도 점수는 <Figure 10>에서 보는 바와 같이 7×7(34.4점), 7×5(39.7점), 5×7(41.9점), 5×5(61.0 점) 순서로 커졌고, 터치 키 사이즈가 작아질수록 불편도 점수가

높게 나타났다. <Figure 10>, <Figure 11>에서 각각의 알파벳(A, B, C)은 사후분석 결과를 바탕으로 집단 간 결과가 통계적으로 차이가 있음을 나타내며 A가 주관적 선호도가 가장 좋은 그룹임을 의미한다. 사후분석 결과, 터치 키 사이즈는 7×7이 A그룹, 7×5, 5×7이 B그룹, 5×5가 C그룹으로 세 개의 그룹으로 구분되었다. 지각 불편도가 가장 적은 것은 7×7 이었고, 지각 불편도가 가장 높은 것은 5×5 였다.

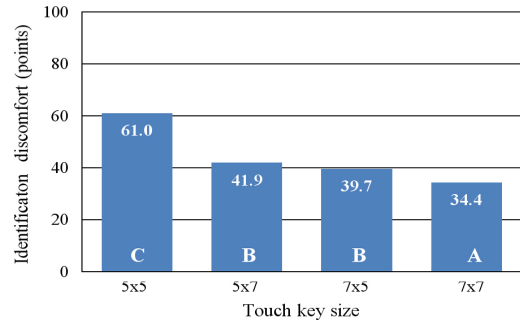


Figure 10. Identification discomfort for touch key size

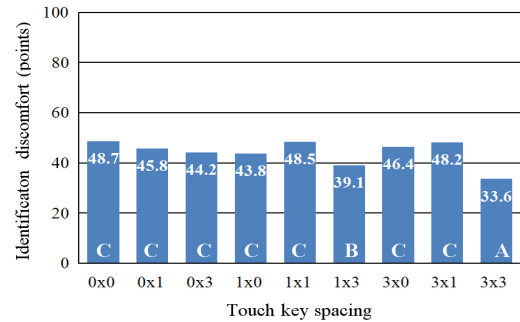


Figure 11. Identification discomfort for touch key spacing

Table 5. Touch key size and spacing rank

Rank	Objective measure				Subjective measure			
	Completion time		Error rate		Control discomfort		Identification discomfort	
	Key size	Key spacing	Key size	Key spacing	Key size	Key spacing	Key size	Key spacing
1	7×7	3×3 1×3	7×7 5×5	0×0 0×3 1×1	7×7	3×3 1×3	7×7	3×3
2	7×5				7×5		7×5 5×7	1×3
3	5×7 5×5	0×3 1×0 0×1 3×1 3×0 1×1 0×0	7×5 5×7		5×7	0×3 0×1 1×0 3×1 1×1 0×0 3×0		1×0 0×3 0×1 3×0 3×1 1×1 0×0
4				1×3, 3×1 1×0 3×0 3×3 0×1	5×5		5×5	

터치 키 간격에 따른 지각 불편도는 <Figure 11>에서 보는 바와 같이 3×3(33.6점), 1×3(39.1점), 1×0(43.8점), 0×3(44.2점), 0×1(45.8점), 3×0(46.4점), 3×1(48.2점), 1×1(48.5점), 0×0(48.7점) 순으로 점수가 높아진다. 사후분석 결과, 터치 키 간격 9가지 수준은 3개의 그룹으로 구분되었는데 3×3가 지각 불편도가 가장 낮은 A그룹, 1×3이 다음으로 지각 불편도가 낮은 B그룹, 그 외의 간격 수준들은 상대적으로 지각 불편도가 높은 C그룹을 이루었다. 이는 간격이 최대로 존재할 때(3×3) 지각 불편도를 덜 느낀다는 것을 의미한다.

4. 토 의

본 연구는 터치 키 사이즈와 터치 키 간의 간격이 스마트 워치 터치스크린에서의 터치 키 사용성에 미치는 영향을 연구하였다. 한 손의 손목에 실험 디바이스를 착용하고 다른 한 손의 손가락으로 터치 입력을 하도록 하여 스마트 워치를 사용하는 환경을 구현하고, 여러 수준의 터치 키 사이즈와 간격에서 측정한 수행완료시간, 에러율, 조작 불편도, 지각 불편도 결과를 분석하였다. 터치 인터페이스와 관련된 기존 연구는 대부분 정사각형 형태의 터치 키에 한정되어 있었다. 하지만 실제 판매되고 있는 스마트 워치의 화면 사이즈를 조사한 결과, 가로와 세로의 화면 비율이 3:4, 4:5, 1:1, 5:4, 3:2, 10:3로 다양하였다. 이러한 조사 결과를 바탕으로 스마트 워치에서의 터치 키 형태는 정사각형뿐 만 아니라 너비와 높이의 비율이 다른 형태의 터치 키가 적용될 수 있다는 것을 예상할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 터치 키 사이즈 수준을 선정할 때 5mm와 7mm를 너비와 높이로 조합한 4수준(5×5, 5×7, 7×5, 7×7)으로 하여 면적은 같지만 너비와 높이가 다른 터치 키에서도 사용성 평가를 실시하였다. 분산분석 결과, 터치 키 사이즈와 터치 키 간격이 스마트 워치 터치 키의 사용성과 사용자의 주관적 평가에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

<Table 5>에서는 사후분석을 통해 얻어진 통계적으로 의미 있는 그룹을 이용하여 터치 키 사이즈와 간격을 사용성과 주관적 선호도가 좋은 순서대로 정리하였다. <Table 5>의 순위(Rank)에 해당하는 숫자가 작고 위쪽에 표기되어 있을수록 수행완료시간이 짧고, 에러율이 낮으며, 조작 불편도와 지각 불편도 점수가 낮다는 것을 의미한다.

수행완료시간은 터치 키 사이즈가 클수록 짧았다. 터치 키의 면적은 동일하지만 형태가 다른 7×5와 5×7를 비교해보면 너비가 긴 직사각형 터치 키(7×5)가 높이가 긴 직사각형 터치 키(5×7)보다 수행완료시간이 짧았는데, 이를 통해 수행완료시간에 미치는 터치 키 너비의 영향이 터치 키 높이의 영향보다 크다는 것을 알 수 있었다. 또한 간격이 3×3일 때 수행완료시간이 가장 짧고, 간격이 존재하지 않을 때(0×0) 수행완료시간이 가장 길게 나타나서 터치 키 간격이 존재할 때 좋은 수행도를 보인다는 것을 알 수 있었다. 에러율에서는 정사각형 형태의 터치 키(7×7,

5×5)가 직사각형 형태의 터치 키(7×5, 5×7)에 비해서 에러율이 낮게 나타났다. 이는 스마트 워치에서 수행되는 기능 중에서 빠른 수행보다는 잘못된 입력이 발생하지 않는 것이 더 중요한 기능에서는 터치 키 형태를 정사각형으로 디자인하는 것이 사용성에 좋다는 것을 의미한다. 터치 키 사이즈와 간격 수준 중 수행완료시간이 가장 긴 5×5와 0×0에서 에러율이 낮게 나타났다. 이 결과는 실험참여자들이 실험 준비단계에서 지시한대로 최대한 정확히 과업을 수행하기 위해 사이즈가 작고, 간격이 없는 터치 키 조건처럼 오입력이 발생하기 쉬운 대안에서 수행 시간은 길어지고, 에러율은 낮아진 것으로 해석된다.

조작 불편도와 지각 불편도는 모두 터치 키 사이즈가 커질수록 불편도 점수가 감소하는 것으로 나타났다. 터치 키 사이즈가 종속변수에 미치는 영향에 대한 사후분석 결과, 4개의 종속변수 중 유일하게 조작 불편도에서 4가지 터치 키 사이즈 수준이 4개의 통계적으로 유의미한 그룹으로 구분되었다. 이를 통해 사용자가 느끼는 터치 키 조작의 불편도는 터치 키 사이즈에 민감하다는 것을 알 수 있다.

터치 키 사이즈 4가지 수준 중 사이즈가 가장 큰 7×7은 4가지 모든 종속변수에서 사용성이 좋고, 주관적 선호도가 높게 나타났다. 5×7과 7×5를 비교해보면 4가지 모든 종속변수에서 7×5가 5×7에 비해서 사용성과 주관적 선호도가 좋게 나타났고, 특히 수행완료시간과 조작 불편도 항목에서는 사후분석 결과, 7×5와 5×7이 통계적으로 다른 그룹에 속할 정도로 두 수준 간에 차이를 보였다. 이러한 결과는 스마트 워치의 터치 키 설계 시 작은 터치스크린 사이즈 때문에 터치 키 사이즈가 제한될 때, 터치 키의 형태 측면에서 높이가 제한되더라도 너비를 확보하여 새로운 디자인 대안을 찾는 것이 사용성에 유리하다는 것을 의미한다.

터치 키 간격 9가지 수준 중 3×3과 1×3이 수행완료시간이 짧고, 조작 불편도와 지각 불편도 점수가 낮게 나타났고, 이를 통해 터치 키 간 간격이 스마트 워치 터치 키의 사용성과 사용자의 주관적 평가에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 이는 큰 터치스크린 환경에서 터치 키 간격이 사용성에 유의한 효과를 나타내지 않았던 기존 연구와는 차이가 있지만, 터치스크린이 작은 스마트폰에서의 작은 터치 키를 연구한 결과와 일치한다. 즉 터치 키 사이즈가 작을 때에는 터치 키 간에 간격이 존재하는 것이 사용성을 향상시킨다는 것을 의미한다. 위, 아래 터치 키 간의 간격인 세로 간격(Vertical spacing)과 좌, 우 터치 키 간의 간격인 가로 간격(Horizontal spacing) 중에서 어떤 간격이 더 중요한지 분석하기 위해서 1×3과 3×1의 결과를 비교해보면 가로 간격이 더 큰 1×3이 세로 간격이 더 큰 3×1보다 수행완료시간이 짧고, 조작 불편도와 지각 불편도 점수가 낮게 나타났다. 따라서 스마트 워치 터치 키에서 세로 간격보다 가로 간격이 확보될 때 사용성 증가에 더 유리할 것으로 보인다.

스마트 워치에서 작은 터치 키 입력이 필요한 기능으로는 전화 걸기, 문자 입력, 계산기 사용 등이 있다. 이러한 기능들을 수행하기 위해서 스마트 워치 터치스크린에 12개의 터치 키를 설

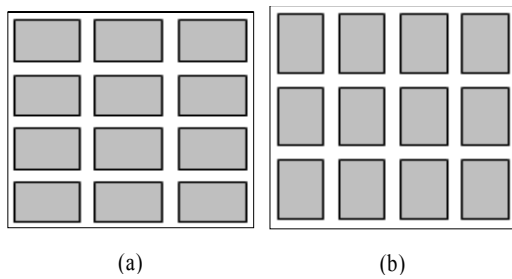


Figure 12. Examples of twelve touch keys on the smart watch

계한다고 가정했을 때, 스마트 워치의 터치스크린을 전체적으로 사용하면 12개의 터치 키를 넣는 가능한 대안으로는 <Figure 12>(a)와 같이 가로 방향으로 세 개, 세로 방향으로 네 개의 터치 키를 위치시키거나 <Figure 12>(b)와 같이 가로 방향으로 네 개, 세로 방향으로 세 개의 터치 키를 위치시키는 방법이 있다. 본 연구의 결과를 바탕으로 너비가 긴 직사각형 터치 키가 높이가 긴 직사각형 터치 키보다 사용성이 더 좋다는 것을 예상할 수 있으므로 <Figure 12>(a)와 <Figure 12>(b) 같은 2가지 대안이 존재할 때 <Figure 12>(a) 대안을 선택하는 것이 더 바람직하다고 할 수 있다. 또한 스마트 워치 화면이 더 작아지거나, 스마트 워치 화면의 일부 공간에 터치 키를 디자인할 때 그 사이즈가 5×5 정도로 작더라도 터치 키 간의 간격이 존재한다면 간격이 없을 때 보다 더 좋은 사용성을 나타낼 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 터치 키 크기와 간격이 스마트 워치 터치스크린의 터치 키 사용성에 미치는 영향을 알아보기로 하였다. 터치 키 크기와 간격의 수준을 변경하여 수행완료시간, 에러율, 지각 불편도, 조작 불편도를 평가하였다. 그 결과 터치 키 크기와 간격 모두 사용성과 주관적 평가에 통계적으로 유의미한 영향을 주는 것을 알 수 있었다.

본 연구는 한 손 손목에 스마트 워치를 착용하고, 다른 한 손의 손가락으로 스마트 워치를 사용하는 환경에서 터치 키의 사용성에 대한 연구를 진행하였음에 의의가 있다. 또한 기존의 터치 인터페이스 연구들이 정사각형 형태의 터치 키를 위주로 연구하였지만, 터치 키의 너비와 높이가 다른 터치 키에서의 사용성 연구를 통하여 스마트 워치 같이 크기가 제한되는 환경에서 터치 인터페이스를 디자인할 때 높이 보다는 너비를 확보하는 것이 수행완료시간과 조작 불편도 측면에 유리하다는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서는 실험참여자를 앞으로 스마트 워치를 사용할 가능성이 많다고 판단되는 연령대의 인원을 대상으로 실시하였으나, 실험참여자의 손가락 크기를 통제하지 못한 한계가 있다. 스마트 워치에서 터치 키를 사용하는 주요 과업은 특정 아이콘을 선택하는 것으로 본 연구에서는 4가지 숫자를 순차

적으로 입력하는 과업을 실시하고 그에 따른 종속변수에 대해 분석하였다. 하지만 스마트 워치에서의 사용자의 면밀한 사용 패턴 분석이 반영되지 못하였으므로 이에 대한 보완이 필요하다. 본 연구는 사각형 디스플레이와 터치 키에 대한 실험 결과를 제시하고 있어 원형의 디스플레이와 원형 터치 키에 본 연구 결과를 적용하여 일반화하기에는 한계가 있다. 본 연구 결과는 스마트 워치 터치 인터페이스의 인간공학적 디자인의 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- Albinsson, P. A. and Zhai, S. (2003), High precision touch screen interaction, In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, ACM, 105-112.
- Bieber, G., Haescher, M., and Vahl, M. (2013), Sensor requirements for activity recognition on smart watches, In *Proceedings of the 6th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, ACM, 67.
- 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. In *Parallel and Distributed Processing, Proceedings, Ninth Euromicro Workshop on*, IEEE, 131-138.
- Johnson, K. M. (2014), *Literature Review : An investigation into the usefulness of the Smart Watch Interface for university students and the types of data they would require*.
- Kim, B. R., Kim, T. I., Lim, Y. J., and Jung, E. S. (2012), Usability evaluation of the size of small touch keys for the smart phone, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, **38**(2), 80-88.
- Kim, J. and Choi, K. S. (2007), A User Satisfaction Based Touch Button Design, *IE interfaces*, **20**(4), 539-546.
- Narayanaswami, C. and Raghunath, M. T. (2000), Application design for a smart watch with a high resolution display, In *iswc IEEE*, 7-14.
- Park, Y. S. and Han, S. H. (2007), Effects of touch key location and size on one-handed thumb input, In *Proceedings of the Ergonomics Society of Korea*, 305-309.
- 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.
- Pfauth, M. and Priest, J. (1981), Person-computer interface using touch screen devices, In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, SAGE Publications, **25**(1), 500-504.
- Rhodes, B. J. (1997), The wearable remembrance agent: A system for augmented memory, *Personal Technologies*, **1**(4), 218-224.
- Schedlbauer, M. (2007), Effects of key size and spacing on the completion time and accuracy of input tasks on soft keypads using trackball and touch input, In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, SAGE Publications, **51**(5), 429-433.
- Scott, B. and Conzola, V. (1997), Designing touch screen numeric keypads : Effects of finger size, key size, and key spacing, In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, SAGE Publications, **41**(1), 360-364.