

<Manuscript template updated April 1, 2016 >

Title

GOMS-based unit touch gestures for mobile device

Subtitle

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to propose a unit touch gesture model, which would be useful to predict the performance time on mobile devices.

Background: When estimating usability based on Model-based Evaluation(MBE) in interfaces, GOMS model measured 'operators' to predict the execution time in the desktop environment. Therefore, this study used the concept of operator in GOMS for touch gestures. Since the touch gestures are comprised of possible unit touch gestures, these unit touch gestures provide to perform predictions with unit touch gestures on mobile devices.

Method: In order to extract unit touch gestures, manual movements of subjects were recorded in the 120 fps with pixel coordinates. Touch gestures classified with 'out of range', 'registration', 'continuation' and 'termination' of gesture.

Results: As a results, 6 unit touch gestures were extracted, which are hold down(H), Release(R), Slip(S), Curved-stroke(Cs), Path-stroke(Ps), Out of range(Or). The movement time predicted by the unit touch gesture model is not significantly different with the participants' execution time. The measured six unit touch gestures can predict movement time of undefined touch gestures like a user-define gestures.

Conclusion: In conclusion, touch gestures could be subdivided with 6 unit touch gestures. 6 unit touch gestures can explain almost of current touch gestures including user-define gestures. So this model has a high predictive power provided in this study. The model presented in the study could be utilized to predict the performance time of touch gestures.

Application: The unit touch gestrues could be simply added up to predict the performance time without measuring the performance time to a new gesture.

Keywords

GOMS, Usability, Touch gesture, Model-based Evaluation (MBE), HCI (Human-Computer Interaction).

1. Introduction

인터페이스 설계에 있어 디자이너나 전문가들은 오류를 최소화하기 위하여 사용성 평가(UT; Usability Tests)를 실시한다(Bennett et al., 1989; Jokisch, Markus et al., 2011). 사용성이란 특정한 목적을 달성하기 위

한 사용 효과성, 효율성, 그리고 만족도에 대한 것을 의미한다(Guidance on Usability; ISO 9241-11). 설계자들은 많은 에러를 범하는 시스템에 대해 반복적인 사용성 평가 과정을 거쳐 이를 개선하고 사용성을 향상시킨다. 하지만 이러한 반복적인 사용성 평가 과정은 시간적, 경제적 비용을 야기시킨다는 단점이 있다(Landauer, 1995). 이러한 점을 극복하기 위해 Card et al. (1980)는 모델 기반 평가 방법을 사용성 평가에 적용하였다. 모델기반 평가 방법이란, 개발하고자 하는 시스템에 대한 사용성 평가를 모델을 통해 시행하는 것이다. 이는 시스템 개발 초기 단계에서 보다 적은 비용과 시간으로 과학적인 평가 결과를 얻을 수 있는 방법이다(Kieras, 2009). 기존의 사용성 평가는 실제 사용자에게 의해 수행되기 때문에 시제품을 제작하거나 사용자를 선발하고 훈련하는 데 시간과 비용이 많이 소요되었지만, 모델기반 평가 방법은 실험자가 필요하지 않으므로 초기 평가에 드는 비용을 절감할 수 있을 뿐 아니라 전체 시스템 개발 기간을 단축시킬 수도 있다. 또한 이론적인 근거가 부족한 기존 사용성 평가 방법(Lewis Clayton et al., 1990; Sears et al., 2009; Kieras & David, 2009)과는 달리 인지공학, 심리학을 근거로 한 과학적 평가가 가능하다는 강점이 있다(Olson & Olson, 1990). 이러한 연구를 바탕으로 모델 기반의 사용성 평가 방법은 인터페이스 평가 연구에도 활용되기 시작하였다(Bennett et al., 1989; Ghasemifard et al., 2015).

모델 기반 평가 방법에는 EPIC(Kieras & Meyer, 1997), ACT-R(Anderson et al., 1998), GOMS(Card et al., 1996; John & Kieras, 1996a, 1996b, Kieras, 1996, 1999)등이 있다. 그 중에서도 GOMS는 Card, Moran, Newell에 의해 개발된 모델로, 특히 사용하기 용이하고, 쉽게 배울 수 있어서 인터페이스 연구에 많이 활용되는 모델이다. GOMS는 Goals, Operator, Method, Selection Rules 의 약자이며, 인간과 시스템의 상호 작용을 목표(Goals), 조작자(Operator), 방법(Method), 선택규칙(Selection Rules) 의 4가지 요소로 설명한다. 목표(Goals)는 사용자가 시스템을 사용하여 무엇을 성취할 지에 대한 상징적 구성요소이다. 조작자(Operator)는 시스템에 영향을 미치는 사용자의 행위를 의미한다. 방법(Method)은 한 목표를 수행하기 위하여 하위 목표들의 숙련된 단계의 연속과정을 의미한다. 선택규칙(Selection rules)은 사용자가 방법(Method)을 선택하는 규칙을 의미한다. 이 구성요소를 통하여 인터페이스 설계자들에게 사용자가 직면하는 사용성 문제를 체계적으로 분석할 수 있는 틀을 마련해준다(Irving et al., 1994).

GOMS 모델에서는 시스템에 영향을 미치는 사용자의 행위를 조작자(Operator)로 정의하고 있는데 그 예로는 키보드를 통한 입력, 마우스 클릭, 버튼 누르기 등이 있다. 이처럼 GOMS 조작자의 수행시간은 데스크톱 기반의 입력 장치를 바탕으로 추출된 수행시간이다. 이는 GOMS가 개발된 90년대에는 WIMP(window, icon, mouse, pointing device)기반의 GUI(Graphical User Interface) 환경이 주를 이루었기 때문이다. 하지만 현재에는 터치 기반의 모바일 기기와 같이 사용자의 행동을 직접 인식하는 NUI(Natural User Interface)환경으로 바뀌어가고 있다(백종호, 2015). 따라서 GOMS 개발 당시의 데스크탑 환경 기반으로 추출된 수행시간으로는 현재의 다양한 HCI 환경을 설명하고 예측하기에는 조작자 수의 부족(이석재, 2009)과 수행시간의 예측력 저하 등의 문제점이 있다. 또한 이용호 (2011)의 연구에서는 기존 GOMS 모델의 조작자는 컴퓨터, 모바일 기기의 성능 향상, 사용자의 기기 학습성, 익숙해짐 등이 고려되지 않아 정확성이 떨어질 수 있다고 지적한다. 이러한 이유로 인하여 GOMS 조작자에 관한 수정 연구의 필요성이 대두되었다. 특히 터치스크린을 탑재한 휴대폰, 태블릿 등의 스마트 기기가 활발히 출시되고 있는 최근에는 모바일 환경을 반영한 터치 제스처에 관한 수정 모델에 대한 연구가 활발하다(Amant et al., 2007; Holleis, 2007; Lee and Myung, 2009; Back and Myung, 2011; Choi et al., 2013). 이 연구들에서는 기존 조작자를 수정하거나 재정의하여 터치 제스처의 수행시간을 예측하였다. 또한 Holleis et al.(2007) 의 연구에서는 휴대폰 화면과 입력 패드가 구분되어

있는 모바일 기기를 대상으로 모바일 인터랙션 시 사용하는 다양한 조작자의 수행시간을 추출하여 Keystroke level model을 제시하였다. 하지만 이 모델 또한 특정 기기에서만 적용이 가능하다는 단점이 존재한다. 이와 같은 연구 방법으로는 새롭게 제스처가 생길 때마다 수행시간을 수정하거나 재정의해야 한다. 이와 같이 기존의 연구 방법의 한계를 극복하려면 기존에 존재하는 제스처를 모두 설명할 수 있는 통합적인 메소드가 요구되며, 새로운 제스처를 정의할 때도 조작자가 활용될 수 있도록 확장되어야 한다. 따라서 이를 위해 본 연구에서는 하나의 제스처를 구성하는 작은 단위의 제스처를 분석하고 이를 '단위 터치 제스처 (Unit-touch gesture)'로 정의하였다. 이렇게 추출된 단위 터치 제스처는 기존에 있는 제스처뿐 아니라 아직 정의되어 있지 않은 제스처에 대한 수행시간 예측을 가능하게 한다. 따라서 본 연구에서는 단위 터치 제스처를 추출하고 이를 모델로 정의하는 것이 목적이다.

1.1 GOMS

GOMS 모델은 사용자가 시스템을 어떻게 사용하는지 예측하는 모델 기반 평가방법 중 하나로서 사용자가 시스템을 수행하는 각 단계의 수행시간을 예측하는 데 사용된다. GOMS 는 인간의 행위를 목표(Goal), 조작자(Operator), 방법(Method), 선택규칙(Selection Rules) 의 4 가지 요소로 설명한다.

목표(Goal)는 사용자가 시스템을 사용하여 무엇을 성취할 지에 대한 상징적 구성요소이다. 조작자(Operator)는 시스템에 영향을 미치는 사용자의 행위를 의미하며 그 예로는 키보드를 통한 입력, 마우스 클릭, 버튼 누르기, 메뉴 선택 등이 있다. Table1 은 현재 GOMS 모델에서 제공하고 있는 manual operator 에 관한 표이다. 6 가지 manual 조작자를 통하여 데스크탑에서의 키보드와 마우스를 이용한

$$T_{\text{execution}} = T_k + T_p + T_h + T_{hd} + T_r + T_c \quad (1)$$

Table 1. Existing GOMS Manual Operator

Operator	Description	msec
K	Keystroke or button press	280
P	Pointing to target on a display with a mouse	1100
H	Homing the hands on the keyboard or other device	400
HD	Hold down to device	100
R	Release from device	100
C	Click to object	200

작업 수행 시간을 예측 모델을 제시하였다. 특정 작업에서 사용된 조작자의 합을 통하여 총 manual 과 관련된 수행시간을 예측할 수 있다. 이는 (1) 식으로 표현된다. 방법(Method)은 한 목표를 수행하기 위하여 하위 목표들의 숙련된 단계의 연속 과정을 의미한다. 선택규칙(Selection rules)은 사용자가 방법(Method)을 선택하는 규칙을 의미한다. GOMS 에서는 사람의 수행시간을 예측함에 있어 과제 수행 중 오류를 범하지 않을 정도의 잘 숙련된 사람으로 가정한다. 따라서 목표(Goal)가 명확한 상태에서 실수나 시행착오를 범하지 않는다는 전제하에 적용이 가능한 모델이다. GOMS 모델은 Card, Moran, Newell 에 의해

개발되었으며 CMN-GOMS(Card, Moran and Newell GOMS), KLM-GOMS(Keystroke Level Model GOMS, Card et al., 1983), CPM-GOMS(Cognitive Perceptual Model GOMS, John, 1988), NGOMSL(Natural GOMS Language, Kieras, 1999) 등의 종류가 있다. 특히 본 연구에서 활용되는 KLM-GOMS 는 다른 GOMS 모델보다 간단한 방법으로 인간의 정보처리 과정(Human Information Processing)의 순차적인 모형에 기반을 두고 있는 기법이다. 이는 과제 수행을 위해 요구되는 기본적인 입력 수준 (Keystroke level model)의 총 합으로 수행시간을 예측하는 모델이다. 본 연구에서는 터치 제스처의 수행시간 예측을 위한 방법론 제시이므로, GOMS 의 네 가지 요소 중 조작자(Operator)에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다.

1.2 터치 제스처 (Touch gesture)

터치 제스처는 기존의 입력 디바이스 없이도 사용자의 움직임을 통해 사용자와 컴퓨터 간의 인터랙션을 가능하게 하는 조작 방식이다. 사용자가 직접 인터랙션 하기 때문에 직관적이고 자연스러운 제어가 가능하다는 장점이 있다(홍동표&우운택, 2008). GOMS 에서는 입력장치에 관하여 조작자(Operator)로 정의하고 수행시간을 제공하였는데 조작자(Operator)는 모델 개발 당시의 입력 디바이스인 키보드와 마우스를 기준한 수행시간이다. 본 연구에서 제시하고자 하는 단위 터치 제스처 (Unit-touch gesture)는 현재 HCI 환경에 가장 많이 쓰이는 입력 방식인 손가락을 통한 터치 제스처를 반영하였기 때문에 GOMS 에서의 조작자(Operator) 개념을 현재 HCI 사용 환경을 반영하여 적용한 것이라고 할 수 있다.

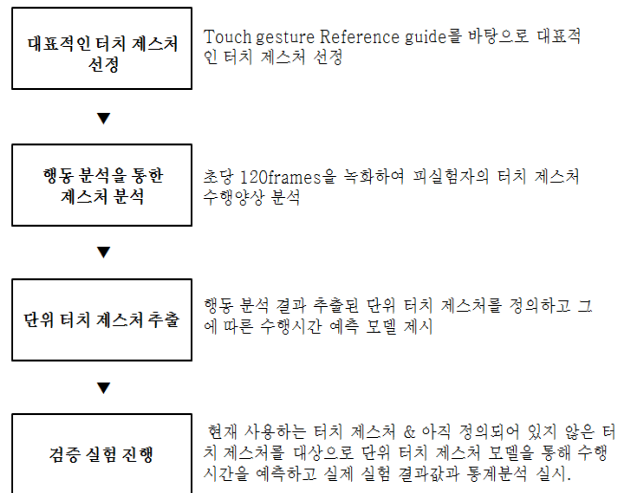
Wu, Daniel Wigdor(2011)에 따르면 터치 제스처를 네 단계로 구분할 수 있다고 한다. 첫 번째는 제스처가 디바이스에 인식되는 순간인 등록(Registration)단계이다. 두 번째는 등록 후 움직임이 발생하는 단계인 지속(Continuation)이다. 세 번째는 제스처가 끝나는 종료(Termination)단계이다. 네 번째는 손이 디바이스에 접촉하지 않은 상태로 준비하고 있는 단계인 범위 밖(Out of range)이다. 사용자는 위의 네 단계를 거쳐 하나의 제스처를 수행한다. 대표적으로 사용자들이 많이 사용하는 제스처는 아래 그림 1 과 같다. 이와 같이 하나의 제스처는 제스처를 수행 양상에 따라 세분화 시킬 수 있다.

최근 터치 제스처의 새로운 흐름으로 사용자 정의 제스처(User-define gesture)가 있다. 사용자 정의 제스처란 기존에 존재하는 제스처 외에 사용자가 상황에 맞게 필요한 제스처를 새로 정의하고 사용하는 것이다. 시스템 설계 시 만들어지는 제스처가 항상 최적의 제스처가 아닐 수 있으며, 연구자들이 제안하는 제스처가 때로 복잡하고 시간이 소요되는 동작으로 이루어졌다는 문제점(Morris & Wilson, 2010)을 해결하기 위한 방안으로 제시되었다. 이에 최근 모바일 기기 사용자가 직접 자신의 사용 환경에 맞게 제스처를 정의할 수 있도록 시스템 개발자들은 사용자 정의 제스처 기능을 제공하고 있다. 따라서 사용자들은 이 기능을 통하여 주어진 모바일 환경을 직접 개선하고 더욱 효율적으로 사용할 수 있다. 이와 같이 터치 제스처를 사용하고 있는 환경도 더욱 다양해지고 있어 기존에 있는 터치 제스처로는 사용자의 수행시간을 예측하기가 점점 어려워지고 있다. 현재 존재하는 조작자에 관한 연구에 따르면 기존에 존재하는 제스처에 관한 수행시간 예측만 가능할 뿐 새롭게 개발 될 제스처에 관한 수행시간을 예측할 수 있는 예측 모델에 연구는 부족하다.

2. Method

본 연구에서는 Figure 1 과 같은 과정을 거쳐 단위 터치 제스처를 추출하였다. 단위 터치 제스처를 추출하기 위하여 모바일 기기 사용자들이 사용하고 있는 터치 제스처 중 대표적인 터치 제스처를 선정하였다. 대부분의 제스처는 기본 제스처인 Tap, Flick, Rotate, Drag, Zoom-out, Zoom-in 과 기본 제스처를 반복 사용하거나 응용하는 제스처로 이루어져 있었다. 예를 들어 기본 제스처인 Tap 을 두번 수행하면 Double Tap 이 되고, Tap 한 채로 Drag 를 수행하는 것이 Press and drag 의 수행인 것이다. 이와 같은 이유로 반복 및 응용요소를 제거하여 대표적인 터치 제스처를 선정하였다. 이를 토대로 행동 분석을 통하여 터치 제스처를 수행하는 양상을 살펴볼 것이다. 이후 행동 분석을 통한 결과를 토대로 단위 터치 제스처를 추출하고 이를 수행시간을 정의하여 단위 터치 제스처 모델을 제시하였다. 마지막으로 단위 터치 제스처 모델을 토대로 현재 존재하고 있는 제스처와 사용자가 정의하여 사용하는 사용자 정의 제스처(User-define gesture)를 대상으로 검증 실험을 진행하였다.

Figure 1. A framework of Methodology



2.1 대표적인 제스처 선정

단위 터치 제스처를 추출하기 위해서는 현재 사용되고 있는 제스처들을 분석하여 구성요소를 추출하는 과정이 필요하다. 현재 사용하고 있는 제스처를 정리해놓은 Villamor, Wroblewski (2010)의 Touch gesture reference guide 를 바탕으로 제스처를 분석한 결과 대부분의 제스처는 기본 제스처인 Tap, Flick, Rotate, Drag, Zoom-out, Zoom-in 를 포함하여 앞선 기본 제스처를 반복 사용, 활용 제스처로 구성되어 있었다. 예를 들어 화면을 한번 터치했다가 떼는 동작인 Tap 을 두 번 수행하면 Double Tap 이 되고, Tap 한 채로 Drag 를 수행하는 것이 Press and drag 의 수행인 것이다. 또한 두 손가락 이상으로 Drag 를 수행하면 화면 넘김을 위한 제스처인 Multi-finger drag 이다. 이와 같은 이유로 반복 및 활용 요소를 제거하여 기본 제스처를 선정하였다. 이렇게 선정된 기본 제스처는 Tap, Flick, Rotate, Drag, Zoom-out, Zoom-in 이다. 각 제스처에 관한 설명은 다음과 같다. Tap 은 손가락으로 화면을 가볍게 터치했다가 떼는 동작을 의미한다. Flick 은 화면을 빠르게 쓸며 스치는 제스처이다. Rotate 는 손가락으로 원을 그리며 시계방향 혹은 반 시계

방향으로 회전하는 동작이며 주로 실행 취소나 사진 회전, 동영상 속도 조절에 사용한다. Drag 는 손가락으로 직선을 그리며 갔다가 떼는 동작이다. Zoom-out 와 Zoom-in 는 사진 축소와 확대에 사용하는 제스처이며 두 손가락을 이용하여 화면상의 접촉을 유지하며 점점 오므리거나 벌리는 동작을 의미한다. Figure 2 는 선정된 제스처이며, Table 2 는 그에 따른 설명이다.

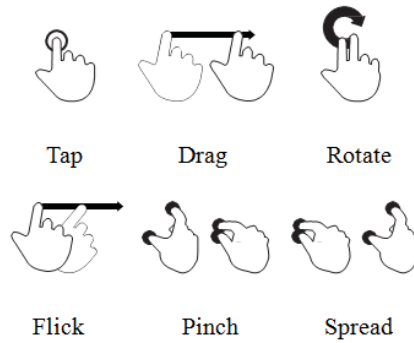


Figure 2. 대표적인 터치 제스처

Table 2. 터치 제스처 정의 및 설명

Gesture	Description
Tap	간단하게 화면을 손가락으로 터치하는 동작
Drag	손가락으로 화면상의 접촉을 유지하며 이동
Rotate	손가락 2개로 원의 방향으로 이동하며 접촉
Flick	손가락으로 빠르게 화면을 튕기듯이 터치하는 동작
Zoom-out	손가락 2개로 화면상의 접촉을 유지하며 점점 가까워지는 동작
Zoom-in	손가락 2개로 화면상의 접촉을 유지하며 점점 멀어지는 동작

2.2 행동 분석

하나의 터치 제스처를 이루는 단위 터치 제스처를 추출하기 위하여 행동분석을 실시하였다.

2.2.1 피실험자

피실험자는 26.4세 (± 2.02)의 대학생 및 대학원생 10명으로 구성되어있으며 남자 6명 여자 4명으로 구성되어있다. 피실험자 10명 모두 터치스크린 기반의 모바일 기기를 사용에 익숙한 사람들로써 사용기간은 평균 5.6(± 1.8)년이었다.

2.2.2 실험환경

세밀하게 동작을 구분하기 위하여 피실험자의 제스처 수행 양상을 초당 120프레임 속도로 비디오 녹화를 실시하였다. 또한 피실험자가 수행하는 제스처는 입력좌표, 움직인 경로에 관한 좌표, 종료좌표,

수행시간 등이 실시간으로 기록되도록 웹 프로그래밍(html5, javascript) 기반의 프로그램을 개발하였다. 실험에 사용된 모바일 기기는 ios9.3 기반 iPhone5S 기종이다.

2.2.3 실험절차

대표적인 모바일 작업을 선정하여 피실험자에게 수행하도록 하였다. 피실험자들에게 평소대로 터치 제스처를 통하여 대표적인 모바일 작업을 각각 두번씩 수행하도록 하였다.

- 대표적인 모바일 작업
 - 문자 보내기 ('사랑해'를 본인에게 보내기)
 - 지도 앱을 이용한 경로찾기 (운중동 - 안암역)
 - 웹 검색 ('인터페이스' 검색)
 - 앱 설치 및 삭제 ('카카오톡' 설치 및 삭제)
 - 사진 축소/확대/회전 (사진첩에 있는 사진 확대→회전→축소)

사람들이 평소 모바일 터치 기기를 사용하여 주로 수행하는 작업을 선정하였으며 대표적인 작업은 위와 같다. 각각 잠금화면에서부터 시작하여 각각의 task를 마치기까지 문자보내기는 Flick x 1, Tap x 12, 경로찾기는 Tap x 28, Zoom-in x 2, Zoom-out x 2, Flick x 5, Drag x 3, 웹 검색은 Flick, Tap x 15, 앱 설치 및 삭제는 Tap x 14, 사진 축소/확대/회전은 Tap x 4, Flick x 3, Zoom-in x 2, Zoom-out x 2, Rotate x 2 를 통해 수행하게 된다. 따라서 개인당 task 1회 수행 시 총 Tap x 74, Flick x 9, Zoom-in x 4, Zoom-out x 4, Long tap x 1, Rotate x 2, Drag x 3 번의 제스처를 수행하게 된다.

2.2.4 행동 분석 실험 결과

피실험자의 제스처의 움직임 좌표와 제스처 수행 양상을 분석하였다. 피실험자는 대표 제스처들에 대하여 Figure 3와 같이 제스처를 수행하였다. Tap 터치 제스처는 좌표상 움직임은 없으나 화면에 손가락을 터치한 후, 손가락을 떼는 동작으로 수행하였다. 이 제스처는 주로 메뉴를 선택하거나 텍스트 입력을 위한 입력 필드 선택 등에 사용되었다. Drag는 손가락으로 화면을 터치한 후, 직선 모양으로 움직인 후, 손가락을 떼는 동작으로 수행하였다. 이 제스처는 화면을 천천히 이동하거나 특정 오브젝트를 이동시키는 데 사용하였다. Rotate는 손가락으로 화면을 터치한 후, 곡선 모양으로 움직인 후 손가락을 떼는 동작으로 수행하였다. 이 제스처는 실행 취소, 사진 회전 등을 수행할 때 사용하였다. Flick은 다른 제스처와 달리 손가락을 떼는 종료 동작이 나타나지 않았다. Flick은 정의상 화면을 빠르게 튕기듯 넘기는 동작인데 실제 수행 양상 또한 손가락이 움직이다가 멈춘 후 손가락을 떼는 다른 제스처들과는 달리 공중으로 빠르게 손가락을 날리는 동작으로 수행되었다. 따라서 P-stroke과는 구분되는 Slip이라는 단위 터치 제스처를 정의하고 이를 적용하였다. Flick은 모바일 기기의 잠금 화면을 해제하거나, 빠르게 화면을 넘기는 데 주로 사용되었다. Zoom-out와 Zoom-in는 화면을 축소하거나 확대하는 데 사용하는 제스처이며, 손가락을 화면에 터치한 후 원하는 비율만큼 직선 방향으로 움직인 후 손가락을 떼는 동작으로 수행하는 것을 알 수 있었다.

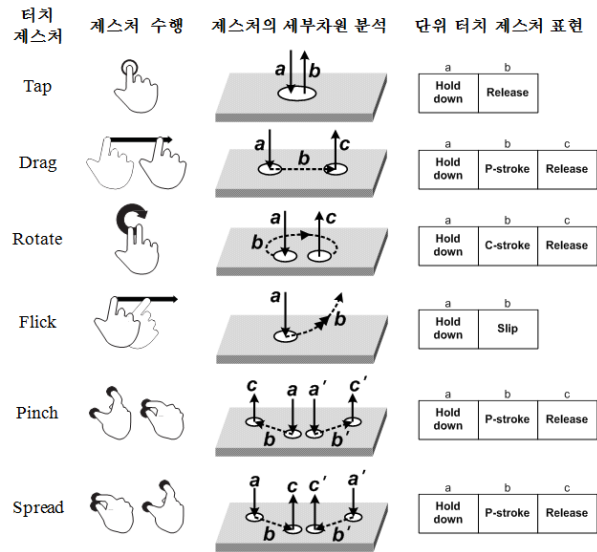


Figure 3. 터치 제스처의 행동 분석 결과

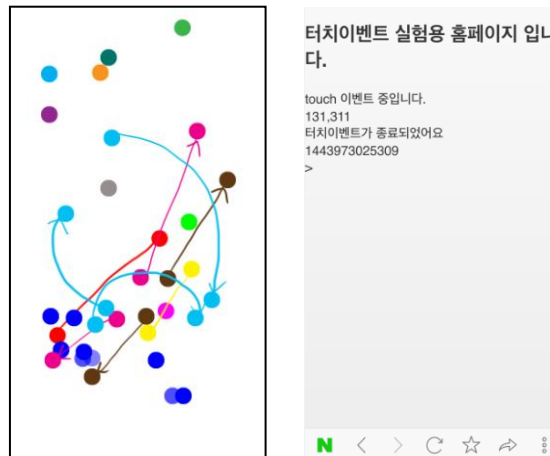


Figure 4. 행동 분석 결과 예시

Figure 4는 지도 앱에서 출발지와 도착지를 입력하여 원하는 경로를 찾는 과제를 수행한 피실험자1의 결과이다.

이와 같이 모든 피실험자의 제스처 수행을 행동분석 한 결과, 제스처를 수행할 때 1)입력까지의 제스처, 2)움직임이 발생하는 제스처, 3)제스처를 종료하고 화면에서 떼는 제스처, 4)터치 스크린 밖에서 다음 제스처로 손을 움직이는 제스처로 구분됨을 알 수 있었다. 이는 하나의 제스처가 시작 동작, 지속 동작, 종료 동작으로 구성되어있다는 Wu, Daniel Wigdor(2011) 연구와도 부합하는 결과였다.

2.3 단위 터치 제스처 추출

행동 분석 결과를 토대로 단위 터치 제스처의 수행시간이 도출되었다. 단위 터치 제스처의 수행시간은

Table 3과 같다.

Table 3. Unit touch gesture model

Unit touch gesture	Execution time(msec)	Std (msec)
Hold down (H)	54	6.81
Release (R)	54	9.39
Slip (S)	123	49.9
C-stroke (Cs)	620	75.8
P-Stroke (Ps)	544	26.3
Out of range (Or)	221	51.4

Hold down (H)

손가락을 화면에 인식시키는 단위 터치 제스처이다. 따라서 피실험자의 손가락이 터치 기반 기기에 닿는 순간부터 손가락의 움직임이 발생하기 전까지, 즉 좌표의 변화가 생기기 직전까지의 수행시간을 추출하였다.

Release (R)

화면에서 손가락을 떼는 동작으로 제스처를 종료할 때 일어나는 단위 터치 제스처이다. 따라서 좌표의 움직임 이후 터치 제스처에서 손을 떼기 직전까지의 단위 제스처로 좌표의 변화가 없는 순간부터 손가락이 터치 기기에서 떨어지는 순간까지의 수행시간을 추출하였다.

Slip (S)

손가락이 화면에 있는 상태에서 빠르게 쓸어 올리는 단위 터치 제스처이다. 움직임 이후 터치 제스처에서 손을 떼기 직전까지의 수행시간을 추출하였다. P-stroke과 달리 끝을 공중으로 띄우는 동작이 특징이기 때문에 추가로 비디오 영상 녹화를 실시하여 피실험자의 Slip제스처로 인터페이스가 Slip 반응이 있는 순간까지의 수행시간을 추출하였다.

C-stroke (Cs)

Rotate와 같이 회전 동작을 할 때 나타나는 동작으로 손가락이 Hold down 된 상태에서 종료 동작하기 전까지의 회전이 지속되는 단위 터치 제스처이다. 따라서 hold down 이후부터 Release 사이의 곡선 움직임을 수행하는 동안의 수행시간을 추출하였다.

P-stroke (Ps)

손가락이 Hold down 된 상태에서 종료 동작하기 전까지의 직선 운동이 지속되는 단위 터치 제스처이다. hold down 이후부터 Release 사이의 직선 움직임을 수행하는 동안의 수행시간을 추출하였다.

Out of range (Or)

모바일 기기에 터치하는 동작은 아니지만 터치 제스처 수행을 위하여 모바일 기기 밖에서 손가락을 이동하는 제스처이다. 이는 과제를 수행하기 위하여 여러 터치 제스처를 연속적으로 수행할 때 발견되는 행동이었으며, Double Tap과 같이 하나의 제스처를 두 번 반복하여 수행할 때에도 확인되는 행동이었다. Or은 더블탭과 같이 종료가 두 번 이루어지는 제스처일 경우 첫번째 탭의 종료 시점부터 다음 제스처 등록사이의 손가락이 공중에서 머무는 시간을 Or이라고 정의하였으며 이 시간을 추출하였다

$$T_{total} = n_1 \cdot T_h + n_2 \cdot T_r + n_3 \cdot T_p + n_4 \cdot T_c + n_5 \cdot T_s + n_6 \cdot T_o \quad (2)$$

(Th : hold down 수행시간, Tr : release 수행시간, Tp : P-stroke 수행시간, Tc : C-stroke 수행시간, Ts : Slip 수행시간, To : Out of order 수행시간, n : 해당 단위 터치 제스처 조작자가 사용된 횟수)

따라서 (2)와 같은 단위 터치 제스처 모델을 정의할 수 있다. 터치 제스처의 총 수행시간(Ttotal)은 각 단위 터치 제스처의 수행시간에 각각의 단위 터치 제스처의 수행 횟수를 곱한 합으로 수행시간을 예측할 수 있다. 예를 들어 Tab은 Hold down + Release 이고, Double tap은 Hold down + Release +Hold down + Release이기 때문에 2xHold down + 2xRelease 인 것이다.

3. Experiment

행동 분석 결과를 통해 본 연구에서 제안한 단위 터치 제스처와 수행시간을 추출할 수 있었다. 이를 바탕으로 단위 터치 제스처 모델이 실제 제스처 수행시간과 새로운 제스처의 수행시간을 잘 예측할 수 있는지를 검증하기 위해 검증 실험을 실시하였다. 실제 제스처 수행시간은 앞선 추출실험과 동일한 실험 환경과 task 로 진행되었다. 아직 정의되어 있지 않은 제스처에 관한 수행시간 예측을 위하여 사용자가 제스처를 정의하여 사용하는 사용자 정의 제스처(User-define gesture) 을 선정하여 수행하도록 진행하였다.

3.1 피실험자

피실험자는 평균 연령 24.5세(±2.9)의 대학생 및 대학원생 10명으로 구성되어있으며 남자 5명 여자 5명으로 구성되어있다. 피실험자 10명 모두 터치스크린 기반의 모바일 기기를 사용에 익숙한 사람들로써 사용기간은 평균 4.7년 (±2.2) 이었다.

3.2 실험환경

실험에 사용된 모바일 기기는 ios9.3 기반 iPhone5S 기종이며, mini ipad2를 이용하여 msec 단위로

피실험자의 제스처 수행을 녹화하였다.

3.3 실험절차

기존에 존재하는 제스처 수행시간 검증을 위하여 단위 터치 제스처 추출 실험과 동일한 환경 반복 횟수로 task를 수행하도록 하였다 (문자 보내기, 지도 앱을 사용한 경로 찾기, 사진 확대/축소 및 회전, 웹 검색). 또한 미래에 사용될 제스처에 관한 연구와 사용자 정의 제스처(User-define gesture)를 바탕으로 아래 그림에 해당하는 6가지 제스처를 모바일 기기에서 각각 두번씩 수행하도록 하였다.

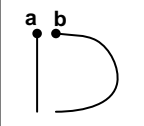
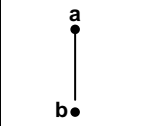
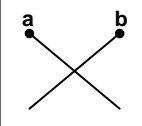
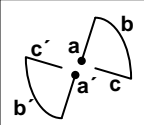
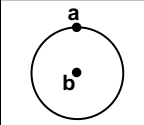
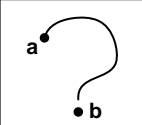
		
D	Exclamation	Cancel
		
Unlock	Confirm	Question

Figure 5. 사용자 정의 제스처(User-define gesture)

3.4 실험 결과

본 연구에서는 GOMS 조작자를 현재 터치 제스처 환경에서 활용할 수 있도록 단위 터치 제스처 모델을 제공하였다. 실제 터치 제스처의 수행시간과 단위 터치 제스처 모델에 의한 예측 결과의 통계적 차이를 검증하기 위하여 t-test (자유도 19)를 수행하였다. Table 4는 검증 실험 결과이다. 그 결과 현재 존재하는 제스처들에 대하여 피실험자의 제스처 수행 시간과 모델의 예측 수행시간과의 차이가 유의하게 나타나지 않음을 확인하였다(drag, p-value = 0.79; flick, p-value = 0.164; tap, p-value = 0.603; double tap, p-value = 0.89; zoom-in, p-value = 0.82; zoom-out, p-value = 0.88). 이는 현재 제스처들에 대하여 모델이 사용자의 수행시간을 잘 예측함을 의미한다.

Table 4. The result of validation experiment

	Unit touch gesture							예측값(msec)	제스처 수행시간	t	p-value
	Hold down	C-stroke	P-stroke	Slip	Release	OOR					
Drag	V		V		V		652	658.9	0.26	0.79	
Flick	V			V			177	203.14	-1.46	0.164	
Rotate	V	V			V		728	743.99	-0.76	0.45	
Tap	V				V		108	105.6166	0.53	0.603	
Double tap	x2				x2		216	217.0476	-0.133	0.89	
Zoom-in	V		V		V		652	694.273	0.22	0.82	
Zoom-out	V		V		V		652	646.45	0.14	0.88	
	사용자 정의 제스처(User-define gesture)										
Exclamation	x2		V		x2	V	921	911.625	0.33	0.749	
"D"	x2	V			x2	V	1385	1156.857	3.25	0.014	
Cancel	x2			x2	x2	V	683	691	-0.36	0.72	
Question	x2	V			x2	V	1057	1027.5	0.44	0.66	
Confirm	x2	V			x2	V	1057	1019.04	0.87	0.41	
Unlock	V	V	V	V			1341	1396	-1.32	0.22	

또한 현재에는 모든 사용자들이 사용하고 있지 않은 제스처에 관해서도 잘 예측할 수 있는지 사용자 정의 제스처 (User-define gesture)를 통해 검증하였다. 사용자 정의 제스처 (User-define gesture)의 수행시간 또한 피실험자의 수행시간과 모델을 통해 예측한 수행시간의 통계적인 차이가 유의하게 나지 않음을 확인하였다 (exclamation, p-value=0.749; cancel, p-value = 0.72; question, p-value = 0.66; confirm, p-value = 0.41; unlock, p-value=0.22). 그러나 "D"제스처의 경우는 피실험자의 제스처 수행시간과 모델이 예측한 수행시간이 일치하지 않았다(p-value = 0.014).

4. Discussion

Table 5. 단위 터치 제스처 모델의 오차율

제스처	단위 터치 제스처 모델의 오차율
Drag	1.05%
Flick	14.76%
Rotate	2.19%
Tap	2.21%
Double tap	0.48%
Zoom-in	6.44%
Zoom-out	0.84%
Exclamation	1.01%
"D"	16.47%
Cancel	1.25%
Question	2.79%
Confirm	3.59%
Unlock	4.101%

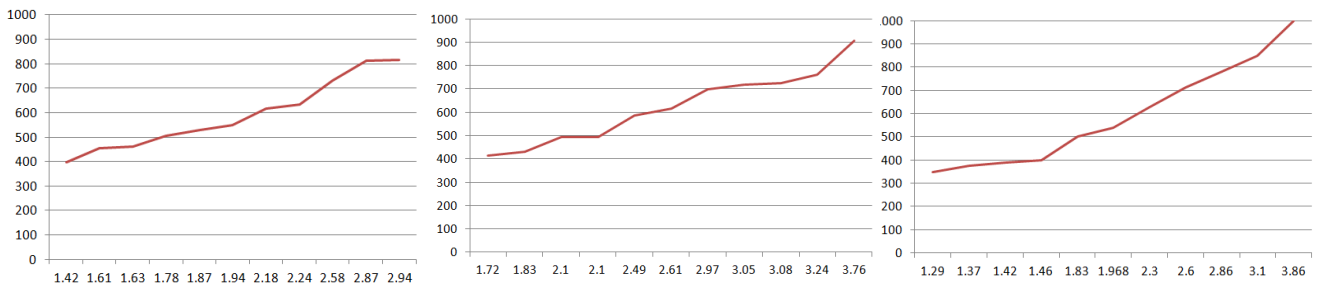
(오차율=(모델 값-실험 값)/모델 값 x 100)

본 연구에서는 터치 제스처의 수행시간 예측을 위한 단위 터치 제스처 모델을 제안하였다. 새롭게 제시된 단위 터치 제스처 모델은 기존에 존재하는 제스처뿐 아니라 사용자가 정의한 제스처의 수행시간까지 예측할 수 있는 모델이다. Table 5는 단위 터치 제스처 모델의 오차율을 도출한 것이다. 기존 이에 따르면 피실험자의 제스처 수행시간과 단위 터치 제스처 모델로 예측한 값은 모든 제스처에서 20 %미만의 오차율을 보이고 있다. 그러나 제스처 'D'의 p-value가 0.014로 모델의 예측 값과 실험 측정값이 다른 것으로 나오는데, 이는 예측 값과 측정값의 차이가 20% 내의 차이를 보이면 모델이 유효하다는 연구(Olson and Olson, 1990) 에 따라 이 측정치 또한 설계 초기단계에서 의 수행시간 예측이라는 목적에는 유효하게 활용될 수 있을 것이다.

오차율은 단위 터치 제스처로 예측한 모델 값과 피실험자들의 실험 값의 차를 모델값으로 나눠 퍼센티지로 표현하였다. 또한 Wigdor, D., & Wixon, D. (2011)의 제스처 정의를 참고하여 제스처 정의에 부합하는 조작자를 적용하여 오차율을 도출하였다. 예를 들어 Drag와 Flick의 차이가 종료 동작의 유무라고 하였기 때문에 똑같은 직선 움직임이라 할지라도 Flick에는 종료동작이 포함되지 않도록 수행시간을 적용하였다. 이는 Table 4 와 같은 조합 방식을 통해서 제스처의 수행시간을 도출한 것이다.

단위 터치 제스처 모델의 한계점으로는 제스처 수행 양상에서 발생하는 개인차를 모두 고려하지 못하였다는 것이다. 예를 들어 멀티 터치 제스처의 경우 엄지를 사용하는 사람과 검지를 사용하는 피실험자가 존재하였는데 총 20명 중 18명이 엄지를 사용한 멀티터치 제스처 수행양상을 보여 대부분의 수행 양상을 반영한 수행시간을 도출하였다.

Figure 6. Drag, Zoom-out, Zoom-in 제스처의 거리에 따른 수행시간 변화 분석



해당 모델에서는 직선 움직임에 대한 단위 조작자로 P-stroke을 정의하였는데, 이는 거리에 대하여 비례적으로 수행시간이 증가하는 조작자이다. 이를 하나의 시간으로 정의한 것은, 거리에 따른 수행시간이 비례하게 증가하지만 일정한 비율로 증가하여 단위터치 제스처 모델과 같이 수행 횟수를 통하여 거리에 비례하게 적용할 수 있기 때문이다. 따라서 거리가 증가할수록 수행 횟수를 이에 맞게 적용하도록 단위 터치 제스처를 활용할 수 있다. Figure 6은 피실험자의 drag, Zoom-out, Zoom-in 제스처에 관한 거리에 따른 수행시간에 대한 분석 결과이다.

Conclusion

본 연구를 통해 정의된 단위 터치 제스처 모델은 시스템 디자인 초기 단계에서의 새로운 제스처의 수행 시간을 예측 가능케하며, 현재 많이 사용하고 있는 터치 제스처의 수행시간을 비롯하여 아직 정의되어 있지 않은 제스처까지 예측할 수 있다는 점에서 의의가 있다. 따라서 인터페이스 전문가 또는 시스템 기획 단계에서 유용하게 활용할 수 있을 것이다.

References

- Amant, R. S., Horton, T. E., & Ritter, F. E. (2007). Model-based evaluation of expert cell phone menu interaction. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 14(1), 1.
- Back, J., & Myung, R. (2011). Applying CPM-GOMS to Two-handed Korean Text Entry Task on Mobile Phone. *대한인간공학회지*, 30(2), 303-310.
- Bennett, J., Butler, K., & Whiteside, J. (1989). Usability engineering. A Tutorial Presented at CHI, , 89

- Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (1980). Computer text-editing: An information-processing analysis of a routine cognitive skill. *Cognitive Psychology*, 12(1), 32-74.
- Card, S. K., Newell, A., & Moran, T. P. (1983). *The psychology of human-computer interaction*.
- Choi, M., Lee, B. G., Oh, H., & Myung, R. (2013). Extracting flick operator for predicting performance by GOMS model in small touch screen. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 32(2), 179-187.
- Ghasemifard, N., Shamsi, M., Kenari, A. R. R., & Ahmadi, V. (2015). A new view at usability test methods of interfaces for human computer interaction. *Global Journal of Computer Science and Technology*, 15(1)
- Holleis, P., Otto, F., Hussmann, H., & Schmidt, A. (2007). Keystroke-level model for advanced mobile phone interaction. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1505-1514.
- Irving, S., Polson, P., & Irving, J. (1994). A GOMS analysis of the advanced automated cockpit. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 344-350.
- John, B. E. and Kieras, D. E., Using GOMS for User Interface Design and Evaluation: Which Technique?, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 3(4), 287-319, Dec, 1996a.
- John, B. E. and Kieras, D. E., The GOMS Family of User Interface Analysis Techniques: Comparison and Contrast, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 3(4), 320-350, 1996b.
- Jokisch, M., Bartoschek, T., & Schwering, A. (2011). Usability testing of the interaction of novices with a multi-touch table in semi public space. *Human-computer interaction. interaction techniques and environments* (pp. 71-80) Springer.
- Kieras, D. E., A Guide to GOMS Model Usability Evaluation using NGOMSL, *The Handbook of Human-Computer Interaction*. 2nd edition, North-Holland, Amsterdam, 1996.
- Kieras, D. E., A Guide to GOMS Model Usability Evaluation using GOMSL and GLEAN3, Technical report, University of Michigan, Ann Arbor, MI., 1999.
- Kieras, D. E. and Meyer D. E., An Overview of the EPIC Architecture for Cognition and Performance with Application to Human-Computer Interaction, *Human-Computer Interaction*, 12, 391-438, 1997
- Kieras, D. E., (1999). A Guide to GOMS Model Usability Evaluation using GOMSL and GLEAN3, Technical report, University of Michigan, Ann Arbor, MI.
- Kieras, D. (2009). Model-based evaluation. Human-Computer Interaction: Development Process, *Human Factors and Ergonomics*, 293-311.
- Landauer, T. (1995). The trouble with computers: Usefulness, Usability, and Productivity,

- Lee, Y., Jeon, Y., & Myung, R. (2011). Revised computational-GOMS model for drag activity. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 30(2), 365-373.
- Morris, M. R., Wobbrock, J. O., & Wilson, A. D. (2010). Understanding users' preferences for surface gestures. *Proceedings of Graphics Interface 2010*, 261-268.
- Olson, Judith Reitman, and Gary M. Olson. "The growth of cognitive modeling in human-computer interaction since GOMS." *Human-computer interaction* 5.2-3 (1990): 221-265.
- Sears, Andrew, and Julie A. Jacko, eds. Human-computer interaction: development process. *CRC Press*, 2009.
- Villamor, C., Willis, D., & Wroblewski, L. (2010). Touch gesture reference guide (2010). Zugriff Am, 6
- Wigdor, D., & Wixon, D. (2011). Brave NUI world: Designing natural user interfaces for touch and gesture
Elsevier.
- 백종호, 강민구, 이경택, 이재선, 김현곤, 김민수, 서재현. (2015). 제스처인식과 스마트 Nux 동향분석. *인터넷정보학회지*, 12(4), 36-42.
- 이석재, & 명노해. (2009). 모바일 작업을 위한 수정된 GOMS-model 에 대한 연구. *산업경영시스템학회지*, 32, 85-93.
- 홍동표, & 우운택. (2008). 제스처기반 사용자 인터페이스에 대한 연구 동향. *Telecommunications Review*, 18(3), 403-413.