

Extracting Flick Operator for Predicting Performance by GOMS Model in Small Touch Screen

Mikyung Choi, Bong Geun Lee, Hyungseok Oh, Rohae Myung

Department of Industrial Management Engineering, Korea University, Seoul, 136-713

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study is to extract GOMS manual operator, except for an experiment with participants. **Background:** The GOMS model has advantage of rapid modeling which is suitable for the environment of technology development which has a short life cycle products with a fast pace. The GOMS model was originally designed for desktop environment so that it is not adequate for implementing into the latest HCI environment such as small touch screen device. Therefore, this research proposed GOMS manual operator extraction methodology which is excluded experimental method. And flick Gesture was selected to explain application of proposed methodology to extract new operator. **Method:** Divide into start to final step of hand gesture needed to extract as an operator through gesture task analysis. Then apply the original GOMS operator to each similar step of gesture and modify the operator for implementation stage based on existing Fitts' law research. Steps that are required to move are modified based on the Fitts' law developed in touch screen device. Finally, new operator can be derived from using these stages and a validation experiment, performed to verify the validity of new operator and methodology by comparing human performance. **Results:** The average movement times of the participants' performance and the operator which is extracted in case study are not different significantly. Also the average of movement times of each type of view study is not different significantly. **Conclusion:** In conclusion, the result of the proposed methodology for extracting new operator is similar to the result of the experiment with their participants. Furthermore the GOMS model included the operator by the proposed methodology in this research could be applied successfully to predict the user's performance. **Application:** Using this methodology could be applied to develop new finger gesture in the touch screen. Also this proposed methodology could be applied to evaluate the usability of certain system rapidly including the new finger gesture performance.

Keywords: GOMS model, Operator, Touch screen device, Flick

1. Introduction

오늘날 기술 혁신 속도가 점점 더 가속화 되고 있으며 이에 따라 제품의 출시가 빠르게 이루어지고 있다. 제품 출시에 앞서, 사용자가 직관적으로 조작할 수 있도록 하고 오류를 최소화 할 수 있도록 설계하기 위해서는 사용성 평가를

통한 분석이 필수적이다. 이때 사용성 평가를 위해 매번 피실험자를 선정하여 실험을 통한 분석과 그 결과를 반영하여 시제품을 다시 개선하는 것과 같은 반복적인 과정은 제품의 출시를 지연시킬 수 있는 문제점이 있다. 이를 극복하기 위해 Card et al.(1980, 1983)는 공학적 모델의 개념을 사용성 평가에 도입하였다. 제안된 디자인에 대한 상세한 기술과 작업분석을 기초로 하는 공학적 모델의 도입을 시작으로 하

Corresponding Author: Rohae Myung, Department of Industrial Management Engineering, Korea University, Seoul, 136-713.

Mobile: +82-10-8915-3392, E-mail: rmyung@korea.ac.kr

Copyright©2013 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.

©This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. <http://www.esk.or.kr>

여 제품의 사용자 인터페이스(UI; user interface)를 설계하고 평가하는데 있어 이론적 연구를 바탕으로 분석적인 접근이 가능한 모델 기반 평가(model based evaluation) 방법이 개발되었다(Kieras, 2002).

이러한 모델 기반 평가 방법 중 하나인 GOMS(Goals, Operators, Methods, and Selection Rules)는 작업분석을 바탕으로 조작자를 절차에 맞게 순차적으로 조합하여 모델을 수립하는 것으로 일반 사용자들이 배우기 쉽고 사용이 간편한 것으로 알려져 있다(Card et al., 1983). GOMS 모델의 조작자는 크게 외적 조작자와 내적 조작자로 분류되는데 외적 조작자는 사용자와 시스템간의 상호작용 속에서 발생하여 관찰되어지는 수행으로 이루어져 있으며 내적 조작자는 다음 과제의 목적을 떠올리는 것과 같이 직접 눈으로 관찰되어질 수 없는 내적인 수행을 말한다. 외적 조작자는 manual, vocal, visual, auditory 등으로 분류되어 있으며 내적 조작자는 analyst-defined, task memory access, general-purpose task memory 등으로 분류되어 있다(Kieras, 1996). GOMS 모델은 다른 인지 모델에 비해 모델 사용자가 인간공학 또는 심리학 등에 대한 지식수준이 낮더라도 결과해석이 쉽게 가능하다는 장점이 있다. 이와 같은 장점에 기인하여 GOMS 모델은 시스템 개발자나 디자이너들에게 인터페이스를 설계하기 위한 정량적인 근거로 활용되고 있으며 국내외 HCI(human-computer interaction)의 다양한 분야에서 사용성 평가에 사용되어 왔다(Henrick, 2006; Lee and Myung, 2009; Back and Myung, 2010; Hollies et al., 2011; Lee and Myung, 2011).

한편, 최근 HCI 환경은 과거 데스크톱 환경과는 달리 터치스크린이 탑재된 기기의 증가와 더불어 등장한 제스처 기반의 입력은 모바일 산업에서 크게 확산되고 있다. 제스처 기반의 입력방식은 터치스크린에 사용자의 손가락을 직접 이용해 조작할 수 있기 때문에 사용자와 인터페이스간의 상호작용이 간단하고 빠르다는 장점을 가지고 있다.

하지만 GOMS 모델은 데스크톱 환경 기반의 조작자를 사용하고 있기 때문에 터치스크린 환경의 사용자 수행을 반영하지 못하는 한계점이 존재한다. 이와 관련하여 새로운 환경에서의 수행 예측을 GOMS 모델로 하기 위한 기존 연구들을 살펴보면 직접 피실험자를 대상으로 한 실험 결과를 바탕으로 조작자를 수정하는 방법으로 연구가 이루어져 왔다(Hollies et al., 2011; Schrepp, 2010; Amant et al., 2007). 그러나 매번 실험을 통한 조작자 추출은 기술 혁신 속도가 점점 더 가속화 되고, 새로운 제품의 출시가 빠르게 이루어지고 있는 현재의 개발 실정에 사용되기에 적합하지 않다. 그리고 위와 같은 방법은 쉽고 사용이 간편하다는 GOMS 모델의 장점에도 모순된다. 따라서 본 연구에서는 모바일 터치스크린상의 제스처 기반 인터페이스에서 사용자의 수행시

간을 GOMS 모델로 예측하기 위해서 조작자를 빠르게 추출하도록 하여 보다 정확한 예측이 가능하도록 하는 연구가 필요하다. 이를 위해 새로운 manual 조작자(이후부터 조작자로 명명한다)를 실험을 통하지 않고도 추출할 수 있는 방법을 제시하여 GOMS 모델로 모바일 터치스크린에서의 인간의 수행을 예측하는데 본 연구의 목적이 있다.

2. Method

본 Method에서는 터치스크린을 기반으로 한 기기에서 한 손가락으로 실행되는 제스처에 해당하는 조작자를 추출하기 위한 방법을 Figure 1과 같이 제안하였다. Choi and Myung (2012)의 이전 연구에서 조작자 추출에 대한 연구를 진행한 바 있으며, 본 연구에서는 이전 연구의 추출 단계를 바탕으로 구체적인 적용을 제시하고자 한다. Step 1은 터치스크린에서 입력을 위한 제스처에 대해 시작과 실행, 마무리로 제스처 행위를 하위 움직임으로 세분화 하는 단계이다. 제스

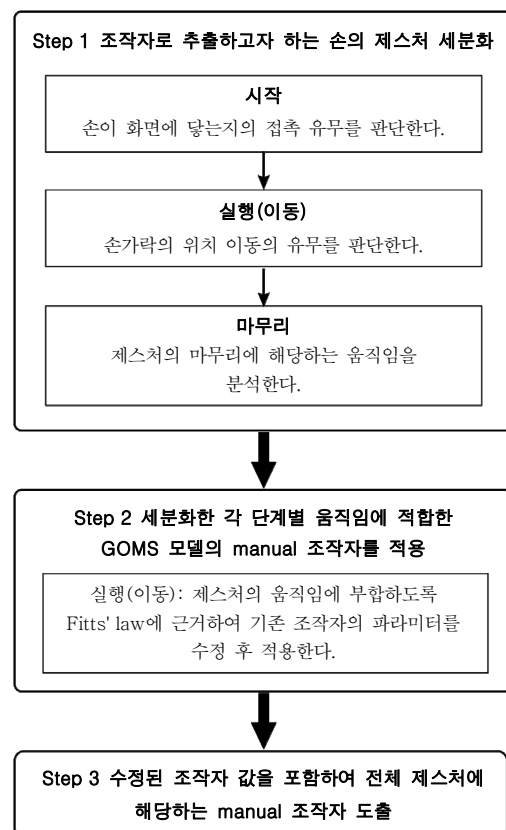


Figure 1. Steps for extracting a manual operator

처의 시작은 손이 화면에 접촉하는지 여부를 분석한다. 제스처 입력의 경우 화면에 직접 손을 대고 이루어 지는 경우와 화면 위에서 이루어지는 경우로 나눌 수 있으므로 손가락 제스처가 화면 위에서 이루어 지는지 아니면 화면에 손가락이 닿은 채로 실행되는지를 판단하는 단계이다. 제스처의 실행은 손가락 혹은 손의 위치 이동에 대해 분류하는 것으로 이동이 없는 제스처의 입력인지 이동이 있는지를 판단하는 것이다. 제스처의 마무리는 제스처가 끝나는 행위를 시작 단계와 같이 화면에 손이 닿은 채로 제스처가 끝나는지 아니면 손을 떼는지에 대한 여부와 같은 움직임 분석하는 것이다.

Step 2는 Step 1에서 세분화한 제스처의 하위 움직임과 유사한 행위를 표현하는 조작자를 GOMS 모델의 기존 manual 조작자(Table 1)들 중에서 선택하여 해당 파라미터를 적용하는 단계이다. 기존 GOMS 모델의 조작자는 실험을 통해 여러 피실험자들로부터 직접 관찰되거나 기존 Olson and Olson(1989)와 같은 연구된 결과를 조작자의 파라미터로 적용하고 있다(Kieras, 2006).

기존 GOMS 모델의 조작자들을 살펴보면, 키보드를 조작하고(keystroke, type-in), 마우스를 움직이고(point to), 마우스로 클릭(hold down: 손가락을 마우스로 누를 때 해당, release: 손가락을 마우스에서 뗄 때 해당) 등의 행위로 구성되어 있다.

Table 1. Manual operators in GOMS model

GOMS operator	Time (msec)
Keystroke	280
Type-in	N Keys * 50
Hold down	100
Release	100
Point to	1,100
Home to	400
Click	200

터치스크린에서는 마우스나 키보드와 같은 입력 장치 대신 화면상의 정보와 손가락의 상호작용으로 입력이 이루어지며, 이러한 입력 행위는 마우스와 키보드에서의 입력 행위와 유사한 움직임으로 GOMS의 기존 manual 조작자로 적용시킬 수 있다. 반면 실행에 있어 손가락의 이동이 요구되는 경우 이동에 해당하는 조작자를 적용해야 하는데 기존 GOMS 조작자의 이동에 해당하는 point to의 값을 바로 적용하는 것은 적합하지 않다. 왜냐하면 데스크톱의 모니터 환경에서 마우스 이동을 기반으로 만들어진 조작자 값을 작은 스크린 환경에 바로 적용시키기에는 이동 거리의 범

위에 있어 차이가 존재하게 되므로 적합하지 않다. 따라서 이러한 경우 Fitts' law에 근거하여 수정이 이루어진다. Fitts (1954)의 연구에 의하면 인간은 정보를 처리하는 정보처리기로 간주되며, 이동 수행이 정보의 전달과 같다. HCI 영역에서 Fitts' law는 물리적인 인터페이스의 평가를 위해 다양한 입력을 위한 기기들에서의 사용자의 수행시간을 예측하기 위한 강력한 도구로 널리 적용되어 왔다. 본 연구에서는 손가락의 터치스크린에서 이동에 대해서는 터치스크린 환경에서 도출된 예측 모델인 Cockburn et al.(2012)의 Fitts' law를 바탕으로 수정이 이루어진다. 손가락의 화면의 접촉 유무에 따라 접촉이 있는 경우는 식 (1)과 접촉이 없는 경우는 식 (2)를 적용하여 이동에 해당하는 조작자에 대해 파라미터의 수정이 이루어진다.

$$\text{Movement time} = 15 + 246 \log_2(A/W + 1) \quad (1)$$

$$\text{Movement time} = 57 + 140 \log_2(A/W + 1) \quad (2)$$

위 식에서 A(Amplitude)는 이동의 진폭, 이동 거리를 의미하며 W(Width)는 표적의 너비 또는 요구되는 정확성의 정도를 의미한다.

마지막으로 Step 3에서는 이전 단계 Step 2를 바탕으로 전체 제스처에 대한 조작자를 도출하게 된다. 제시된 방법을 바탕으로 터치스크린이 탑재된 기기에서의 정보 탐색에 대표적인 임의의 한 제스처를 선정한 후 조작자를 추출하고자 한다.

3. Case Study

3.1 Extracting flick operator

본 연구의 Method에 따라 조작자를 도출하는 과정을 설명하기 위한 하나의 제스처로 flick을 선정하였다. Flick을 대표 제스처로 선정한 이유는 다음과 같다. Flick은 모바일 터치스크린 기기에서 화면 전환을 위해 필수적이며 가장 많이 사용되어지고 있으며 그 선호도 또한 가장 좋은 것으로 알려져 있다(Aliakseyeu et al., 2008; Lee et al., 2011; Roudaut et al., 2009). 한정된 크기의 화면에서는 모든 정보를 한번에 한 화면에 표시할 수 없으며, 찾고자 하는 내용을 위해 사용자 스스로 정보를 일일이 탐색하는 과정을 거쳐야 한다(Choi et al., 2009). 이때 탐색하는 과정에서 화면을 전환하기 위한 flick과 같은 제스처는 모바일 기기 사용 시에 가장 기본적인 제스처로 화면에 표시되지 않은 정보를 확인하기 위한 중요한 역할을 차지한다(Karlson et al., 2006).

따라서 정보 탐색 수행에 필수적인 flick의 조작자를 추출하였다(Choi and Myung, 2012). 본 Method에 따라 Step 1은 flick을 Figure 2와 같이 시작과 실행(이동), 마무리 움직임으로 세분화하는 단계이다.

Flick의 시작에 해당하는 ①의 움직임은 flick 입력을 위해 손가락을 터치스크린에 누르는 것이다. 실행(이동)에 해당하는 ②의 움직임은 화면 전환을 위해 손가락을 전환하고자 하는 방향으로 이동하는 것이다.

마무리에 해당하는 ③의 움직임은 flick을 끝내기 위해 터치스크린에서 손가락을 떼는 것이다.

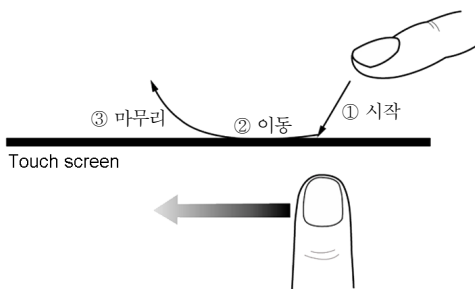


Figure 2. Example of a flick gesture

Step 2는 Step 1에서 각 세분화한 움직임과 부합하는 GOMS 모델의 기존 manual 조작자를 선택하여 적용하는 단계이다. Flick의 시작과 마무리 움직임은 기존 GOMS 조작자인 마우스를 한번 누르는 행위에 해당하는 hold down과 손가락을 떼는 release에 해당하는 행위와 유사하므로 기존 조작자인 hold down과 release의 값인 100msec을 적용한다. Flick의 실행(이동)은 손가락을 이동하는 움직임으로 기존 GOMS 조작자 중 시스템상의 커서의 이동에 대한 point to(1,100msec)가 있으며 이는 손을 터치스크린에 대고 이동하는 움직임에 대한 식 (1)을 통하여 수정이 이루어져야 한다. Point to는 데스크톱 모니터에서의 이동에 대한 실험으로 정의한 조작자인 반면, flick은 화면 전환을 위해 짧은 거리를 이동하여 실행되기 때문에 point to를 바로 flick의 이동에 적용하는 것은 적합하지 않기 때문이다. Flick 이동의 특징은 화면을 전환하고자 하는 방향으로 손가락을 튕기거나 끌어내는 듯한 짧은 움직임이다(Wroblewski et al., 2010). 따라서 최소한의 짧은 움직임으로 실행되는 flick의 이동 거리가 A에 해당하며, 이동 후 손가락이 화면에 닿는 영역의 너비가 W에 해당하게 된다. 최소한의 이동 거리와 도착하여 손가락이 닿는 영역의 너비가 같다고 가정, flick에 해당하는 A/W를 1로 적용하여 261msec로 수정된 point to를 도출하였다.

마지막으로 Step 3은 Step 2에서 적용한 조작자의 값을

모두 더하여 flick에 해당하는 값을 도출하는 단계이다. Flick의 시작에 해당하는 hold down(100msec)과 이동에 해당하는 수정된 point to(261msec), 마지막으로 마무리 단계에 해당하는 release(100msec)를 모두 더하여 461msec로 flick 조작자 값을 추출하였다.

3.2 Experiment

앞서 추출한 flick 조작자가 실제 사용자의 flick 수행시간과 유사한지를 검증하기 위해 피실험자를 대상으로 1회 flick 수행을 측정하는 실험을 진행하였다.

3.2.1 Participants and apparatus

본 실험에는 10명(남 4명, 여 6명)의 피실험자가 참여하였다. 나이는 평균 25.4(± 3.2)세이며 피실험자 모두 평균 2.9(± 0.6)년의 터치스크린이 탑재된 모바일폰의 사용경험을 가지고 있었다. 실험에 사용된 기기는 터치스크린이 탑재된 모바일폰인 Samsung SHW-M2050S가 사용되었으며 실험 프로그램은 안드로이드 OS에서 구현되도록 제작되었다.

3.2.2 Task and procedure

실험 과제는 Figure 3과 같이 flick이 사용되는 두 가지 탐색 경우인 페이지뷰 (a)와 리스트뷰 (b)에서 실시되었다. 좌·우로 화면을 넘기는 페이지뷰의 경우 각 화면에 숫자가 표시되어 있으며 화면을 넘길 때 마다 숫자가 증가하며 리스트뷰의 경우 숫자가 각 항목에 1부터 순서대로 표시된다. 실험 절차는 다음과 같다. 우선 하나의 조건에 해당하는 실험을 시작하기 전에 포인팅해야 하는 숫자에 대해 듣게 되며 출발 버튼을 누르면 시간 기록이 시작된다. 지시대로 flick을 이용한 화면 전환을 통해 포인팅 해야 하는 페이지의 숫자 또는 숫자가 표시된 항목이 나타나게 되면 숫자를 누름과 동시에 시간 기록이 종료된다. 페이지뷰의 경우 1~6까지의 숫

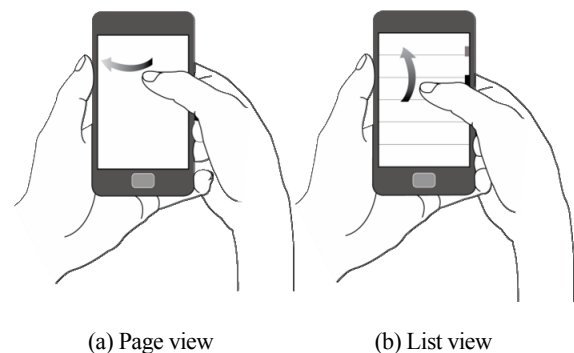


Figure 3. Two flick types

자 중 하나가 제시되며 리스트뷰의 경우 각 리스트에 숫자가 1부터 순서대로 나타나며, 10, 20, 40, 60, 80, 100이 포인팅 해야 하는 숫자로 제시된다. 실험에 앞서 실험 과제에 충분히 익숙할 수 있도록 15분간 연습한 후 실험을 실시하였다. 총 12개의 실험 조건에 대해 10회씩 반복 측정하며 counter-balancing 기법을 통하여 실험순서를 제시하였다.

3.2.3 Results

페이지뷰와 리스트뷰의 평균 수행시간은 각각 Figure 4에 나타나듯이 443(±84)msec, 509(±137)msec였다. 실험을 배제한 조작자 추출을 통한 461msec와 실제 관찰 값과의 차이가 페이지뷰와 리스트뷰 각각 4%, 9.4%의 차이를 보이고 있었다. 실제 사용자의 flick 수행시간과 본 연구에서 추출한 조작자가 유사한지를 검증하기 위해서 one sample t-test를 수행하였다. 그 결과, 본 연구에서 추출한 조작자와 실험을 통한 수행시간은 페이지뷰와 리스트뷰, 두 가지 종류의 조건에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 없음을 나타내었다(페이지뷰, $p = 0.548$; 리스트뷰, $p = 0.321$). 또한 페이지뷰와 리스트뷰, 두 가지 환경에서의 피실험자의 flick 수행시간 차이를 보기 위한 Student's t-test를 수행한 결과, 두 그룹간의 통계적으로 유의한 차이가 없음을 알 수 있었다($p = 0.186$). 본 연구에서 도출한 flick 값이 두 가지 경우의 뷰에서 관찰된 값의 편차 내에 존재하며 통계적 검정 결과 또한 도출한 값과 관찰된 값이 통계적으로 유의한 차이가 없으므로 본 연구에서 도출한 flick 조작자 값이 페이지뷰와 리스트뷰에서의 화면 전환에 모두 탐색을 위한 조작자로 적용하는 것이 유효한 것으로 볼 수 있다.

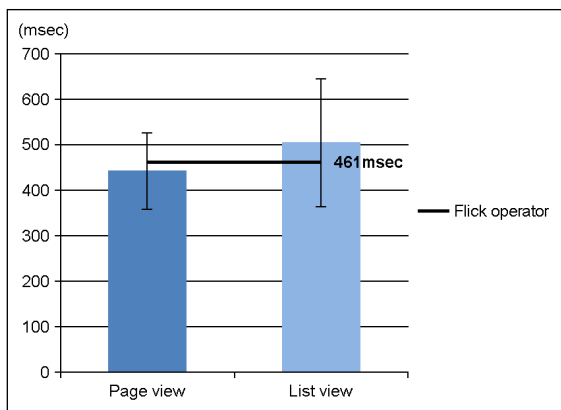


Figure 4. Mean performance time for each flick type

4. Experiment

Case study의 실험 결과를 통해 본 연구에서 제안한 방법이 두 가지 화면 전환에서 발생하는 flick을 실제 사용자의 수행과 유사하게 조작자를 추출할 수 있음을 알 수 있었다. 이를 바탕으로 추출된 flick 조작자를 실제 GOMS 모델 내의 조작자로서 적용해 보고자 한다. 화면 탐색 과제에 대해 flick을 사용하여 GOMS 모델을 수립한 후, 수립한 모델이 사용자의 수행을 잘 예측할 수 있는지를 검증하기 위해 검증 실험을 실시하였다.

4.1 Participants

본 실험에는 10명(남 4명, 여 6명)의 피실험자가 실험에 참여하였다. 나이는 평균 26.2(±1.8)세이며 피실험자 모두 평균 2.2(±0.6)년의 터치스크린이 탑재된 모바일폰의 사용 경험을 가지고 있다.

4.2 Apparatus

Experiment에서는 모바일폰에 탑재되어 많이 쓰이고 있는 지하철 탑승정보 찾기를 실험 과제로 선정하였다. 실험 프로그램은 피실험자의 수행시간이 측정이 가능하도록 Figure 5와 같은 화면으로 제작하여 실험에 사용하였다. 실험에 사용된 기기는 앞서 Case Study의 검증 실험과 같은 기기가 사용됐으며 실험 프로그램 또한 Case study와 같은 실험 환경에서 제작되었다.

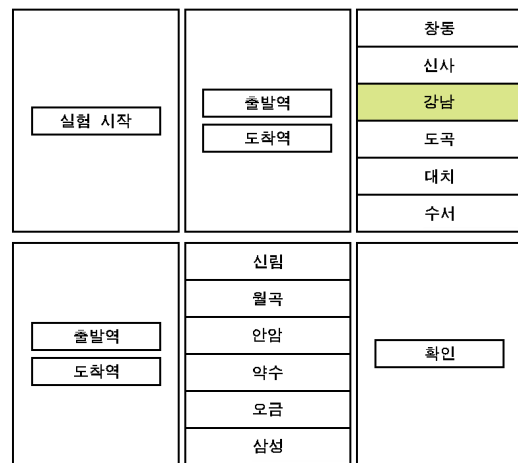


Figure 5. Experimental prototypes

4.3 Task and procedures

실험참여자는 flick으로 화면을 전환하여 출발역인 '강남'과 도착역인 '안암'을 선택하는 과제를 수행하게 되며 실험 시작 버튼을 누름과 동시에 수행시간이 기록되어진다. 실험은 페이지뷰와 리스트뷰, 두 가지 타입에 대해 실시했으며 출발역과 도착역의 위치에 대해서는 각각 4가지 수준으로 나누어 총 32가지(view type 2 × departure 4 × arrival 4)의 조합에 대해 실험하였다(Table 2). 탐색해야 하는 목표 역명인 '강남'과 '안암' 외의 탐색 시 표시되는 모든 역 이름은 두 글자로 된 역명으로만 구성하였다. 실험은 피실험자가 모든 수준에 대해 이루어지는 within-subject design으로 수행되었다. 실험순서는 counter-balancing 기법을 통하여 제시하였고, 학습효과에 따른 오염을 최소화 하기 위하여 실험마다 지하철 역명의 순서를 랜덤한 순서로 제시하였다.

Table 2. Experimental conditions

View type	Level
Page view	2 page, 4 page, 6 page, 8 page
List view	10 th , 20 th , 35 th , 45 th

4.4 GOMS modeling

본 연구에서 선정된 과제는 출발 역에서 도착역까지 걸리는 시간을 검색하는 것이다. 첫 번째 하위 목표는 출발역을 입력하기 위해 화면에서 [출발역] 버튼을 선택하는 것이다. 두 번째 하위 목표에서는 앞서 제시된 출발역인 [강남]을 flick을 통하여 화면 전환하여 선택하는 것이다. 세 번째 하위 목표는 도착역을 입력하기 위해 [도착역] 버튼을 선택하는 것이다. 네 번째 하위 목표는 앞서 제시된 도착역인 [안암]을 첫 번째 하위 과제와 마찬가지로 flick을 통하여 화면 전환하여 선택하는 것이다. 다섯 번째 하위 목표는 잘 입력되었나 확인하면서 동시에 확인 버튼을 누르는 것으로 과제를 완료하게 된다. 본 연구에서는 모바일 터치스크린 환경에 적합하도록 Lee and Myung(2009)의 연구에서 수정된 GOMS 모델의 조작자를 적용하여 모델링 하였다.

기존 GOMS 모델의 시각 탐색 조작자의 파라미터는 데스크톱 환경의 넓은 모니터를 가정한 결과이기 때문이다. 따라서 모바일 터치스크린 환경에서 일어나는 탐색을 표현하는데 적합하지 않다. 모델링에 적용한 수정된 GOMS 모델의 조작자는 시각 탐색에 해당하는 두 가지 조작자로 눈의 이동에 해당하는 visual move to(230msec)와 정보 재인에 해당하는 recognize(314msec)이다. 모델링에 있어 리스트뷰

와 페이지뷰에 대해 그 시각 탐색에 대한 가정을 달리하였다. Kang et al.(2010)의 연구 결과에 의하면 화면의 전환 속도가 증가함에 따라 시선의 이동을 줄이고 목표를 찾기 위해 시선을 고정하는 경향을 보이는 점과, 화면 전환 속도가 느리거나 화면이 멈춘 경우에는 안구 운동이 활발해지면서 여러 가지 항목에 시각적 주의를 할당하는 것으로 나타나며 이러한 연구 결과를 토대로 하여 모델링하였다. 페이지뷰에서의 탐색 과정의 경우 화면의 전환이 멈춘 다음에 안구 운동이 활발한 시각 탐색이 이루어지므로 flick과 visual move to, recognize로 리스트뷰에서의 탐색 과정의 경우 flick을 실행 후에 움직이는 화면에서의 정보 탐색을 위해 시선고정이 이루어지므로 recognize로 탐색이 이루어진다. 역명 위치에 따른 탐색시간을 GOMS 모델로 예측한 시간은 Table 3의 결과와 같다.

Table 3. Mean performance times for GOMS model vs. empirical data (msec)

	GOMS model	Participants (± Stdev)
Page view		
2 page	1,005	1,131(± 202)
4 page	3,015	3,544(± 582)
6 page	5,025	5,442(± 851)
8 page	7,035	8,010(± 1,017)
List view		
10 th	1,005	1,368(± 380)
20 th	2,555	3,236(± 830)
35 th	4,105	4,911(± 1,127)
45 th	5,655	6,944(± 1,628)

4.5 Results

Experiment에서는 지하철 역명을 탐색하는 과제에 대해 앞서 추출한 flick 조작자를 적용하여 GOMS 모델을 수립한 후, 모델이 인간의 수행시간을 잘 예측할 수 있는지를 검증하기 위해 검증 실험을 진행하였다. Figure 6, 7은 GOMS 모델과 피실험자를 통해 진행된 검증 실험 결과를 비교한 그래프이다.

실제 사용자의 수행시간과 GOMS 모델에 의한 예측 결과의 통계적 차이를 보기 위해 Student's *t*-test를 수행하였다. 그 결과 실제 수행시간과 본 연구에서 수립한 GOMS 모델 결과와는 페이지뷰와 리스트뷰 모두 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(페이지, $p = 0.79$; 리스트뷰, $p = 0.63$). 이를 통해 GOMS 모델이 피실험자의 행동을 잘 표현하고 있음을 확인할 수 있었다.

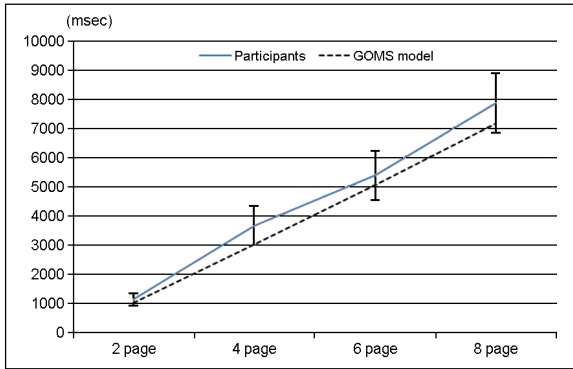


Figure 6. Mean performance time for page view flick

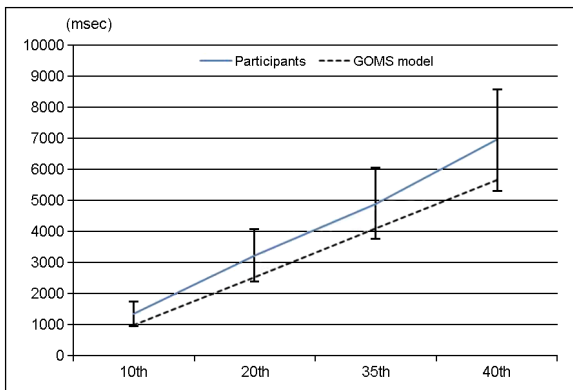


Figure 7. Mean performance time for list view flick

5. Discussion

본 연구에서는 터치스크린에서 발생하는 제스처를 GOMS 모델로 표현하기 위한 조작자 추출 방법을 제안하였다. 추출 과정을 설명하기 위한 제스처로 flick을 선정하였으며 46msec로 flick 조작자 값을 추출해 낼 수 있었다. 본 연구에서의 flick 조작자 값은 실제 실험을 통해 추출한 값과 통계적으로 차이가 없음을 알 수 있었다.

Experiment에서는 추출한 flick 조작자를 지하철 역명 탐색 과제에 적용하여 GOMS 모델로 수립하였으며 이를 검증하기 위한 실험을 실시하였다. 그 결과 GOMS 모델과 실제 사람의 수행시간은 통계적으로 유의한 차이가 없음을 알 수 있었고 이는 본 연구에서 수립한 GOMS 모델이 사용자의 실제 정보 탐색 수행에 유사하게 시간을 도출해 내는 것으로 볼 수 있다. 또한 Olson and Olson(1990)의 연구에 의하면 사용자를 모형화 하여 입력시간을 예측할 때 예측시간이 실

제 피실험자의 수행시간과 20% 내의 오차를 보이면, 해당 모형은 유효하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서 수립한 모형은 피실험자의 수행과 20% 내의 오차를 보여 flick 조작자로 모델링 한 GOMS 모델은 유효한 것으로 볼 수 있다. Figure 6과 7에서 볼 수 있듯이 페이지뷰에서의 GOMS 모델이 좀 더 사람의 수행을 정확하게 예측하고 있으며 이에 대한 원인은 다음과 같이 생각해 볼 수 있다. 추출한 flick 조작자를 검증하기 위해 Case study에서 피실험자를 대상으로 한 실험 결과를 보면 페이지뷰에서 측정된 1회 flick 수행이 리스트뷰에서 측정된 1회 flick 수행보다 편차가 더 작은 점에서 기인한다고 할 수 있다. 이러한 조작자가 누적되어 모형을 수립하게 되는 경우 1회의 편차가 반영되기 때문이다.

또한 GOMS 모델이 페이지뷰와 리스트뷰에서의 화면 탐색에 모두 피실험자의 수행시간을 과소 평가하는 것을 볼 수 있다. 이러한 원인으로서는 피로도나 기대감에 기인하는 것으로 생각해 볼 수 있다. 찾아야 하는 목표 역명의 거리가 첫 화면으로부터 먼 거리일수록 탐색이 오래 걸리게 되므로 누적되는 피로도가 발생하게 된다. 특히 본 실험 과제와 같이 랜덤하게 제시한 목록의 탐색일수록 찾아야 하는 역명이 먼 거리에 위치한 경우, 가속이 수반된 화면에 대한 응시가 페이지뷰 보다 더 피로도가 높다. 이러한 원인에 기인하여 모델의 예측 값보다 실제 피실험자의 수행시간이 더 오래 걸린 것으로 예상된다.

본 연구에서의 flick 조작자 추출과 그에 대한 검증 실험, Experiment의 실험 결과를 통하여 본 연구에서 제안한 조작자 추출 방법이 잘 맞았음을 알 수 있으며 flick을 포함한 GOMS 모델이 사용자의 수행을 잘 예측하고 있음을 알 수 있다. Wroblecki et al.(2011)에 따르면 flick은 다른 응용 제스처를 구성하는 핵심 제스처로 분류되고 있으므로 flick을 포함하고 있는 다른 응용 제스처를 추출하는데 있어 본 연구에서의 방법이 전환의 계기를 마련한 것으로 볼 수 있다. 또한 모바일 터치스크린 수행 예측에 있어 문자 입력과 같이 기존에 연구되어온 과제 이외의 화면 전환 탐색에 대한 수행 예측이 가능하도록 한 것은 좋은 시도라 생각된다.

본 연구는 두 글자로 된 역 이름으로만 구성된 목록에 한하여 모델 검증이 이루어졌다. 이와 같은 부분은 추후 연구에서 고정된 개수가 아닌 여러 개수의 글자로 다양하게 구성된 목록에서도 본 연구의 모델이 유효한지에 대한 추가적인 검증이 필요할 것으로 예상된다. 또한 본 논문에서 검증한 flick 이외의 모바일 터치스크린에서 수행되는 제스처에도 적용될 수 있도록 확장된 적용에 대한 추후 연구가 필요하다.

6. Conclusion

본 연구에서는 flick 조작자를 추출하여 모바일 터치스크린에서 정보 탐색 과제에 대한 수행을 GOMS 모델로 예측하였다. 본 연구에서는 flick 조작자를 실험을 통하지 않고 추출하였으며 실제 추출 실험을 통해 분석한 결과, 실제 사람의 1회 flick과 통계적으로 차이가 없음을 알 수 있었다. 또한 추출한 flick 조작자를 사용하여 실제 과제에 대해 모델링한 후 검증 실험을 한 결과, 본 연구에서의 GOMS 모델이 리스트뷰와 페이지뷰 환경에서의 실제 사람의 수행을 잘 예측하는 것을 알 수 있었다.

Acknowledgements

This research was supported by the Converging Research Center Program through the Converging Research Headquarter for Human, Cognition and Environment funded by the Ministry of Education, Science and Technology (No. 2012K001333). And, this work was also supported by Basic Science research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (2010-0013188).

References

- Aliakseyeu, D., Irani, P., Lucero, A. and Subramanian, S., multi-flick: An Evaluation of Flick-Based Scrolling Techniques for Pen Interfaces. *In proc. CHI 2008, ACM Press* 1689-1698, 2008.
- Back, J., Myung, R. and Yoon, D., Applying CPM-GOMS Analysis for predicting and Explaining Two-Handed Korean Text entry task on Mobile phones, *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings*, Human Performance Modeling, 977-981, 2010.
- Burigat, S., Chittaro, L. and Gabrielli, S., Navigation Techniques for Small-screen Devices: An Evaluation on Maps and Web Pages, *International Journal of Human Computer Studies*, 66(2), 78-97, 2007.
- Card, S.K., Moran, T.P. and Newell, A., Computer Text-Editing: An Information-Processing Analysis of a Routine Cognitive Skill, *Cognitive Psychology*, 12, 32-74, 1980.
- Card, S.K., Moran, T.P. and Newell, A., *The Psychology of Human-Computer Interaction*, L. Erlbaum Associates, 1983.
- Cha Y.J., Seungsik, J.O. and Rohae, Myung., A Study of Rapid Prototyping based on GOMS Model, *IE Interfaces*, 24(1), 1-7, 2011.
- Choi, M.K. and Myung, R., Methodology for Extracting GOMS Operator for Flick in Touch Screen, *Proceedings of Korea Industrial Engineering Association*, 886-912, 2012.
- Choi, E., Kwon, S. and Chung, M.K., Fast-Tap-N-Drag (FTND): Enhancing Panning for Web Browsing on Small Screen Devices Considering Panning Ratio and Direction. *In Proc. IEA 2009, International Ergonomics Association*, 2009.
- Cockburn, A., Ahlstrom, D. and Gutein, C., Understanding Performance in Touch Selection: Tap, Drag and Radial Pointing Drag with Finger, Stylus and Mouse, *International Journal of Human-Computer Studies*, 70, 218-233, 2012.
- Fitts, P.M., The Information Capacity of the Human Motor System in Controlling the Amplitude of Movement, *Journal of Experimental Psychology*, 47(6), 381-391, 1954.
- Hollies, P., Scherr, M. and Broll, G., A Revised Mobile KLM for Interaction with Multiple NFC-Tags. *Human-Computer Interaction-INTERACT 2011*, Volume 6949/2011, 204-221, 2011.
- John, B.E., "Why GOMS?", *ACM Interaction*, NY USA 89, 1995.
- Jones, S., Jones, M., Marsden, G., Patel, D. and Cockburn, A., An evaluation of integrated zooming and scrolling on small screens, *International Journal of Human-Computer Studies*, 63(3), 271-303, 2005.
- Kang, B.G., Jung, G.T. and Lee, J.I., Visual Patterns and Performance Evaluation in the Scrolling Design of a Mobile Information Device, *Journal of Korean Society of Design Science*, 89, Vol. 23, No. 3, 261-271, 2010.
- Karlsou, A.K., Bederson, B. and Contreras-Vidal, J.L., Studies in One-Handed Mobile Design: Habit, Desire and Agility. *Tech report HCIL-2006-02, Computer Science Dept., University of Maryland*, 2006.
- 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., Model-based Evaluation, The human-computer interaction handbook: fundamentals, evolving technologies and emerging applications, *Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Mahwah, NJ*, 2002.
- Lee, J.H., Lee, D.H. and Chung, M.K., Evaluation of mapping functions for one-handed flick operations on a mobile device, *In Proc. HCI 2011, New York, ACM Press*, 123-131, 2011.
- Lee, S. and Zhai, S., The performance of touch screen soft buttons. In: *Proceedings of the CHI'09 Conference on Human Factors in Computing Systems*, Boston, MA, USA, pp. 309-318, 2009.
- Lee, S.J. and Myung, R., Modified GOMS-Model for mobile Computing, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, Vol. 32, No. 2, 85-93, 2009.
- Lee, Y.H. and Myung, R., Revised Computational-GOMS Model for Drag Activity, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol. 30, No. 2, 365-373, April 2011.
- Olson, J.R. and Olson, G.M., The Growth of Cognitive Modeling in Human-Computer Interaction since GOMS, *Human-Computer Interaction*, 5, 221-265, 1990.
- Roudaut, A., Lecolinet, E. and Guiard, Y., MicroRolls: Expanding Touch-Screen Input Vocabulary by Distinguishing Rolls vs. Slides of the Thumb. *In Proc. CHI 2009, ACM Press*, 927-936, 2009.

Schrepp, M., GOMS Analysis as a Tool to Investigate the Usability of Web Units or disabled users. *Universal Access the Information Society*, 9(1), 77-86, 2010.

St. Amant, R., Horton, T.E. and Ritter, F.E., Model-based evaluation of expert cell phone menu interaction, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 14(1), 2007.

Wroblewski, L., Willis, D. and Villamor, C., April 15, Touch Gesture reference guide. (Retrieved from <http://www.lukew.com/touch>, 2011).

Author listings

Mikyung Choi: mk54choi@korea.ac.kr

Highest degree: B.A, Department of Visual Design, Seoul Women University

Position title: MS candidate, Department of Industrial Management Engineering, Korea University

Areas of interest: Cognitive engineering, HCI

Bong Geun Lee: airpatrol@korea.ac.kr

Highest degree: MS, Department of Weapon System, Korea National Defense University

Position title: Ph.D. candidate, Department of Industrial Management Engineering, Korea University

Areas of interest: Cognitive engineering, HCI

Hyungseok Oh: prohyung@korea.ac.kr

Highest degree: ME, Department of Industrial Management Engineering, Korea University

Position title: Ph.D. candidate, Department of Industrial Management Engineering, Korea University

Areas of interest: HCI, Cognitive Modeling

Rohae Myung: rmyung@korea.ac.kr

Highest degree: Ph.D., Industrial Engineering, Texas Tech University

Position title: Professor, Department of Industrial Management Engineering, Korea University

Areas of interest: HCI, Cognitive Modeling

Date Received : 2012-10-23

Date Revised : 2012-11-30

Date Accepted : 2013-03-20