

모바일 작업을 위한 수정된 GOMS-model에 대한 연구

이석재[†] · 명노해

고려대학교 산업시스템정보공학과

Modified GOMS-Model for Mobile Computing

Sukjae Lee[†] · Rohae Myung

Department of Industrial Systems and Information Engineering, Korea University

GOMS model is a cognitive modeling method of human performance based on Goal, Operators, Methods, Selection rules. GOMS model was originally designed for desktop environment so that it is difficult for GOMS model to be implemented into the mobile environment. In addition, GOMS model would be inaccurate because the original GOMS model was based on serial processing, excluding one of most important human information processing characteristics, parallel processing. Therefore this study was designed to propose a modified GOMS model including mobile computing and parallel processing. In order to encompass mobile environment, an operator of 'look for' was divided into 'visual move to' and 'recognize' whereas 'point to' and 'click' were combined into 'tab.' The results showed that newly introduced operators were necessary to estimate more accurate mobile computing behaviors. In conclusion, modified-GOMS model could predict human performance more accurately than the original GOMS model in the mobile computing environment.

Keywords : GOMS Model, Cognitive Modeling, Parallel Processing, Mobile Environment

1. 서론

HCI(Human Computer Interaction)분야에서 경험적 실험(Empirical Test)은 대부분의 인터페이스 평가에서 이루어지고 있다. 그러나 경험적 실험은 피실험자를 선정해야 하고 시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 또한 전문성을 필요로 하는 작업을 분석할 때 피실험자를 전문가가 되도록 훈련시켜야 하는 작업은 비용과 시간이 많이 들게 된다(Olson and Olson, 1990; Kieras et al., 1996). 이러한 단점을 극복하기 위해 인간의 지각, 인지, 행위를 예측할 수 있는 인지 모델의 필요성을 느끼게 되었다. 이에 따라 많은 연구자들이 인지 모델을 여러 방향에서 연구해오고 있다. 대표적인 인지 모델의 종류로는 GOMS

모델(Card et al., 1983; Bonnie and Kieras 1996a; 1996b; Olson and Olson 1990), ACT-R(Anderson and Lebiere 1998), Soar(Newell 1990), EPIC(Kieras and Meyer 1997) 등이 있다. 이 중 GOMS 모델은 다른 모델에 비해 모델링 하는 과정이 쉽고 간단하며 직관적이어서 국내외 HCI 분야에서 다양하게 사용되어 왔다(박지훈, 1991; 이창호, 1999; 윤철호, 2002; Myung, 2003; Williams, 2005, Henrick et al., 2006).

GOMS 모델이란 목표(Goal), 조작자(Operators), 방법(Methods), 선택규칙(Selection Rules)의 약자로써 인간과 컴퓨터의 상호작용을 모델링하고 이해하는데 그 목적이 있다. 인간과 컴퓨터간의 상호작용은 GOMS 모델을 통해 지각(Perception), 인지(Cognition), 행동(Motor)의 과정

논문접수일 : 2008년 11월 11일 논문수정일 : 2008년 11월 29일 게재확정일 : 2008년 12월 03일

[†] 교신저자 spiku@korea.ac.kr

※ 본 연구는 2단계 BK21 사업의 지원을 받아 이루어졌음.

으로 이해되며 이를 바탕으로 시스템, 인터페이스, 작업에서의 수행시간, 에러(Error), 수행과정을 도출하게 된다. GOMS 모델은 모델링 과정과 특징에 의해 CMN-GOMS, CPM-GOMS, KLM-GOMS, NGOMSL의 종류로 나뉜다. 이들 중 Kieras(1996a)에 의해 발전된 NGOMSL은 자연어로 구조화된 컴퓨터 프로그램 형태의 GOMS 모델로써 다른 GOMS 모델에 비해 가장 많은 설계정보를 추출할 수 있는 모델이다(Bonnie and Kieras, 1996). 또한 자바 기반의 EGLEAN(Soar technology, 2005)의 개발을 통해 범용 모델링에 가장 유용한 모델이다.

그러나 NGOMSL의 가장 큰 단점은 GOMS 모델에 포함되어 내적, 외적 조작자의 종류가 NGOMSL 모델 개발 당시의 데스크탑 환경에서 추출되어 적용되어 있다는 점과 병렬과정을 처리하지 못하는 점이다.

기존 NGOMSL이 포함하는 외적 조작자는 마우스 이동(point to), 마우스 클릭(click), 마우스 더블클릭(double-click), 키보드 입력(keystroke) 등 마우스와 키보드에 한정되어 있다. 또한 내적 조작자는 보기(Look for), 장기 기억으로부터의 인출(recall from LTM), 확인(Verify) 등으로 실제로 발생하는 내적 과정을 세분화하여 포함하지 않는다.

또한 GOMS 모델은 눈-손 병렬과정을 순차적 과정으로 처리한다. 그러나 눈-손은 항상 병렬로 일어난다는 기존 연구(Olson and Olson, 1990)결과를 반영하지 못하므로 눈-손 병렬 작업의 정확도가 떨어진다.

따라서 조작자의 부족과 병렬과정을 포함하지 못하는 GOMS 모델은 데스크탑을 벗어나는 환경을 정확히 표현하거나 예측하지 못한다. 데스크탑을 제외한 HCI의 대표적인 환경이 모바일 컴퓨팅 환경이다. 모바일 컴퓨팅 환경은 기술의 발전과 더불어 데스크탑 환경 이상으로 인간과 밀접한 관계를 맺는 HCI 환경이다. 모바일 컴퓨팅 환경은 PDA(Personal Digital Assistant), PSP(Playstation Portable), UMPC(Ultra Mobile PC), PMP(Personal Multimedia Player)등의 다양한 기기를 통해 이루어지고 있다. 또한 대부분의 기기들이 버튼을 대신하여 터치스크린 입력 방식을 채택하고 있는 추세이다. 그러나 이러한 환경의 연구는 대부분 실험적 연구를 통해 이루어지고 있다. 그 이유는 인지 모델이 모바일 컴퓨팅 환경에서 발생하는 물리적, 인지적 과정을 포함하지 않기 때문이다(Holleis et al., 2005).

따라서 GOMS 모델이 모바일 환경을 포함하려면 모바일 환경에 적합한 내적, 외적 조작자를 수정하고 병렬과정에 대한 연구가 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 모바일 환경에 적합한 조작자들의 시간과 과정을 기존 연구를 이용하여 정의하고 병렬과정을 포함할 수 있는 수정된 GOMS 모델을 개발하는데 목적이 있다.

2. 연구 방법

2.1 모바일 환경을 위한 수정된 GOMS 모델의 정의

2.1.1 외적 조작자

기존 GOMS 모델은 마우스, 키보드에서의 시간만을 조작자로써 포함하고 있다. 따라서 현재 모바일 환경에서 가장 많이 쓰이고 있는 터치스크린 조작자를 모델링할 수 없다. 따라서 터치스크린 조작 시 발생하는 시간을 추출하기 위해 본 연구에서는 Fitts' Law를 이용하였다. Fitts' Law는 HCI 분야에서 인간의 물리적 수행시간을 예측할 수 있는 가장 유용한 기법이기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 Fitts' Law의 경험적 상수와 실제 수행시간을 측정하기 위해 시뮬레이션 프로그램과 터치스크린을 이용하였다.

2.1.2 내적 조작자

기존 GOMS 모델이 포함하고 있는 내적 조작자는 verify, think of, look for가 있다. 이 중 Look for 조작자는 기존 GOMS 모델에서 1200ms가 소요되는 시각 탐색 과정을 의미한다. 하지만 기존의 시각 탐색 시간은 데스크탑 환경의 넓은 모니터를 가정한 결과이다. 따라서 모바일 컴퓨팅 환경에서 일어나는 작업을 모델링 할 수 없다. 작은 디스플레이를 통해 이뤄지는 모바일 환경을 모델링 하기 위해서는 데스크탑에 비해 좀 더 세분화된 시각 탐색 과정을 정의해야한다(Paul et al., 2007). 시각 탐색 과정은 크게 눈의 이동(Saccade)와 Fixation(응시)로 이뤄진다.

Olson and Olson(1990)의 연구 결과에 의하면 눈의 평균 이동(saccade)시간이 230ms임을 도출하였다. 또한 John (1988), John and Newell(1989)에 의하면 눈의 이동 조작자는 230ms로 이뤄지고 눈을 움직이기 위한 정신 과정의 50ms과 눈이 실제로 움직이는 물리적 시간을 180ms로 도출하였다.

반면 응시(Fixation) 과정은 Salvucci and Goldberg(2000)과 Takahiro and Kazuyuki(2006)에 의해 연구되었는데 그들은 응시과정을 통해 인간은 인지 과정을 수행하고 일반적인 작업에서 약 200~400ms 동안 소요됨을 밝혔다. 이는 Olson and Olson(1990)에 의해 밝혀진 재인(Recognition)시간과 같은 의미로써 눈으로 받아들여진 정보를 처리하는 시간을 약 314ms로 정의한 것과 일치한다.

따라서 본 연구에서는 위의 이론적 배경을 근거로 GOMS Language를 생성하고 그 시간을 정의하였다. 그 결과는 <표 1>과 같다

<표 1> 내적 조작자 비교

| 기존조작자 | 시간(ms) | 수정된조작자 | 시간(ms) |
|----------|--------|----------------|--------|
| Look for | 1200 | visual move to | 230 |
| | | Recognize | 314 |

Visual move to는 이동이 발생하는 과정을 정의한 GOMS Language로써 수행 시간은 눈의 이동 시간인 230ms로 정의하였다. 이 과정은 눈이 키패드에서 디스플레이로, 디스플레이에서 키패드로 이동하는 과정을 정의한 시간이다.

또한 Recognize 즉 재인시간은 시각탐색에 의한 정보를 처리하는 인지 과정에 대한 GOMS Language로써 314ms로 정의하였다. 이 과정은 모바일 컴퓨팅 환경의 디스플레이 창에서 발생하는 시각정보를 처리할 때 사용된다. 즉 모바일 환경에서 팝업 창이 뜨거나 메뉴를 이동할 때 시각정보를 처리하는 시간으로 사용된다. 또한 모바일 환경에서 키패드의 사용시간은 GOMS 모델이 전문가를 가정하여 키패드의 배열과 위치를 이미 알고 있다는 가정에 근거하므로 시각적 이동 없이 재인만으로 해결할 수 있는 것으로 가정한다. 따라서 키패드를 이용한 입력시 발생하는 총 시간은 재인시간과 손의 이동시간으로 가정하였다.

2.1.3 병렬과정

기존 연구에 따르면 모바일 환경에서 키패드 누름 작업 시 병렬 과정을 통해 이뤄지는 수행 시간은 순차적 수행 시간에 비해 80%로 감소됨을 밝혔다(김정환, 2007). 따라서 본 연구에서 수정된 GOMS 모델에서는 병렬 처리 과정을 포함하기 위해 총 소요시간을 순차적 작업시간의 80%로 계산하였다.

위의 가정을 근거로 모바일 컴퓨팅 환경을 위해 수정된 GOMS 모델의 내적 조작자 시간과 병렬 처리 시간을 정의하였다. 그러나 GOMS 모델을 이용하여 모델링하기 위해서는 먼저 작업에 대한 수행 과정을 작업 분석을 통해 목표, 조작자, 방법, 선택규칙으로 나누고 GOMS language로 표현해야 한다. 따라서 본 연구에서는 모바일 컴퓨팅 환경을 위해서 수정된 GOMS 모델의 목적과 일치하도록 모바일 환경에서 가장 자주 이뤄지는 작업인 메시지 전송 과정을 작업 분석하였다. 또한 검증 실험을 통해 실제 인간의 수행도와 수정된 GOMS 모델의 결과를 비교하여 모델의 타당성을 검증하였다.

2.2 외적 조작자 추출 실험

본 실험에 앞서 외적 조작자인 터치스크린 조작시간

을 정의하기 위한 외적 조작자 추출실험을 진행하였다.

2.2.1 피실험자

피실험자는 27~29세 대학원생 4명을 대상으로 하였다. 피실험자 4명 모두 실험에 사용될 천지인 자판에 익숙한 사람들로써 사용기간은 평균 3.2년(±0.5)이었다.

2.2.2 실험환경

Fitts' Law를 도출하기 위해 터치스크린LCD(감압식 4-wire)와 Flash Professional 8을 이용하여 구현된 시뮬레이션 프로그램을 이용하였다. 시뮬레이션 프로그램은 실제와 유사한 환경을 유지하기 위해 현재 유통되는 대표적 터치스크린 모바일폰인 삼성 SPH-W4200을 구현하였다.

2.2.3 실험 절차

실험 절차는 김상환(2002)의 연구를 바탕으로 진행하였다. 실험 과정은 키패드의 상하, 좌우, 대각선 이동에 대한 반복을 30회 하였고 앞뒤 5회를 제외한 20회를 기준으로 경험적 상수를 도출하였다.

2.2.4 외적 조작자 추출 실험 결과

Fitts' Law의 경험적 상수는 실험에 의해 얻어진 데이터를 회귀분석을 이용하였다. 회귀분석 결과는 공식 1로 도출되었다. 또한 ID(Index of Difficulty)와 입력 시간과의 관계는 Fitts' Law에서 정의한 바와 같이 선형적 관계를 보였다($R^2 = 0.947$).

<공식 1> 키패드 입력시간(ms) = 280 + 62(D/S + 0.5)

위의 결과는 일반 버튼식 키패드를 이용했던 김상환 외(2002), Myung(2004)의 연구에 비해 입력시간이 오래 걸리는 것으로 나타났다.

하지만 기존 GOMS 모델에서는 타겟의 위치와 형태를 정의할 수 있는 언어가 없고 모델링에서도 그 정보를 처리할 수 없다. 따라서 마우스 이동에 대한 시간을 1100ms로 정의한 방법과 마찬가지로 수정된 GOMS 모델에서도 외적 조작자에 대한 정의가 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 실험을 통해 얻어진 Fitts' Law의 경험적 상수와 ID의 평균을 근거로 평균 시간을 정의하였다(<표 2> 참조).

<표 2> 외적 조작자 비교

| 기존조작자 | 시간(ms) | 수정된조작자 | 시간(ms) |
|----------|--------|--------|--------|
| Point to | 1100 | Tab | 410 |
| Click | 200 | | |

기존 외적 조작자의 경우 마우스를 이동하는 과정을 Point to, 마우스 클릭 과정을 Click으로 구분하여 두 조작자를 사용하였다. 데스크탑 환경에서는 디스플레이에서 이동하는 마우스 움직임의 시간이 오랫동안 소요되어 1100ms으로 정의하였으나 모바일 환경에서는 손가락 이동시간이 매우 짧다. 또한 Fitts' Law의 결과는 이동시간과 터치스크린 누름 시간을 합하여 고려한 결과이다. 따라서 본 연구에서 수정된 GOMS 모델의 조작자는 Tab으로 GOMS Language를 정의하였으며 소요 시간은 이동시간과 누름시간이 합하여진 410ms으로 정의하였다.

2.3 GOMS 모델링을 위한 작업분석

2.3.1 실험 작업

본 실험에서는 수정된 GOMS 모델을 구축하기 위해 작업분석을 실시하였다. GOMS 모델은 작업 과정을 근거로 모델링을 하므로 작업에 대한 정의가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 모바일 컴퓨팅 환경에서 발생하는 가장 대표적인 작업인 메시지전송 작업을 작업분석하였다. 문자 전송에 대한 수행 순서는 다음과 같다.

메시지 → 새 메시지 → 문자입력 → 전송확인

각각의 과정은 외적 조작자 추출 실험에서 사용한 터치스크린을 통해 이루어지며 메시지, 새 메시지는 화면 하단에 메뉴를 터치함으로써 선택된다. 확인 작업은 팝업창이 뜨며 “예”, “아니오”를 선택하게 된다. “예”를 클릭하면 종료가 되어 작업이 완료되며 “아니오”를 선택하면 다시 문자 입력 과정에 돌아가게 된다.

또한 수정된 GOMS 모델에서 인지, 행동 작업을 분석하기 위해 Eye-Tracking 방법과 카메라 레코딩 방법을 이용하였다. Eye-Tracking 방법은 인간의 인지 과정이 언제 이루어지고 얼마나 오랫동안 이루어지는 지를 측정할 수 있는 방법이다(Takahiro and Kazuyuki, 2006).

시각탐색 과정에서의 눈의 움직임은 응시(Fixation)과 이동(Saccade)에 대한 연구를 통해 이뤄지는데 응시는 고정된 기준은 없지만 인간공학분야에서 보통 0.20~0.30sec 이상 한곳을 보는 행태를 의미한다. 따라서 응시가 일어나는 순간에 인간의 인지, 지각 활동이 이뤄짐을 의미하므로 내적 조작자의 위치를 예측할 수 있다. 또한 이동은 타겟을 응시하기 위해 움직이게 되는 움직임 시간으로 정의하는데 이때에는 인간의 정신작업이 발생하지 않음을 의미한다(ViViani et al., 1997). 따라서 Eye-Tracking과 카메라 레코딩을 이용하여 수정된 GOMS 모델을 이용하여 모델을 구축하였다.

2.3.2 피실험자

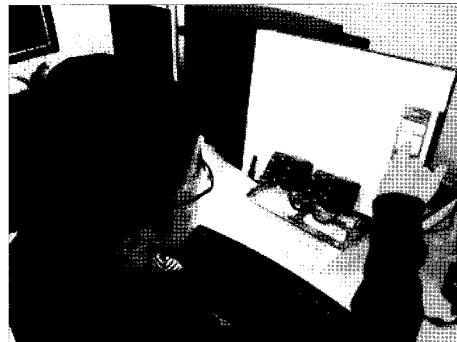
작업 분석을 위한 피실험자는 2명을 대상으로 하였다. 피실험자 중 2명 모두 실험에 사용될 친지인 자판에 익숙한 사람들로써 사용기간은 평균 4.5년(±0.5)이었다.

2.3.3 실험장비

실험에 사용된 장비는 다음과 같다. 눈의 움직임과 시간을 측정하기 위한 장비는 19인치 터치LCD(4-wired 감압식 터치패널사용), FaceLAB Eye-Tracking(4.2.2 version), Pentium 4-PC 2대이다. 눈-손의 움직임 분석을 위해서 소프트웨어로는 Gazetracker와 레코딩을 위해 Sony-DigitalCamera를 사용하였다. 작업 환경은 <그림 3>과 같다.

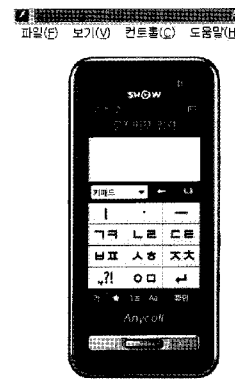
피실험자와 모니터와의 거리는 40~50cm이며, faceLab Eye-Tracking 카메라의 오차 범위는 시각(Visual Angle) 1-2°이다.

본 실험에서 Eye-Tracking 측정과 메시지 전송 작업의 동시 진행을 위해 실물 모바일폰이 아닌 PC상에서 구동되는 시뮬레이션 터치스크린 모바일폰을 사용하였다 <그림 1>.



<그림 1> 실험 환경

시뮬레이션 프로그램은 외적 조작자 추출 실험에서 사용한 것과 동일하다(<그림 2> 참조).



<그림 2> 시뮬레이션 프로그램

또한 터치스크린 모바일폰은 그 특성상 한손으로 잡고 한손으로 입력하는 구조를 가지므로 피실험자들은 자신에게 익숙한 한손 실험만을 진행하였다. 작은 디스플레이를 가진 모바일 컴퓨팅 환경의 특성을 구현하기 위해 시뮬레이션 프로그램과 문장을 제외한 모니터의 나머지 부분은 캔버스 종이로 가리고 진행되었다.

2.3.4 실험 절차

우선 피실험자들이 천지인 입력방식에는 익숙하지만 터치키패드에 익숙하지 않을 수 있으므로 30분간 충분한 연습과정을 거친 후 실험을 진행하였다.

메시지 전송 시 사용된 문장은 KLM-GOMS를 이용하여 입력 과정을 분석한 Myung(2004)의 문장을 이용하였다 <표 3>. 실험 과정은 1, 2번 문장 모두 실험 시작 전에 미리 알려주어 자신이 입력할 문장에 대해 이미 알고 실험을 진행하였다.

<표 3> 메시지 내용

| 번호 | 내용 |
|----|-------------------|
| 1 | 빅백 |
| 2 | 늦을 것 같으니까 조금만 기다려 |

2.4 검증 실험

실제 피실험자들을 이용하여 수정된 GOMS 모델이 인간의 수행시간을 잘 예측할 수 있는지를 검증하기 위해 검증 실험을 실시하였다

피실험자는 모두 10명으로써 그들 모두 천지인 키패드 입력방식에 익숙한 사용자들이다. 나이는 26~31세이며 천지인 키패드의 평균 사용 기간은 3.8년(±0.6)이다.

검증실험의 실험절차와 방법은 작업 분석 실험과 동일하며 작업 분석 실험과 마찬가지로 충분한 연습 후 실험을 실시하였다.

3. 실험 결과

3.1 작업 분석 결과 및 수정된 GOMS 모델에 이용한 모델링

수정된 GOMS 모델을 이용하여 모델링하기 위해 메시지 전송 과정의 작업 분석을 실시하였다. 물리적 작업 과정은 카메라 레코딩을 이용하여 분석할 수 있었고 인지 작업 과정은 Eye-Tracking을 이용하여 분석하였다. 작업 분석 결과는 다음과 같다.

메시지 버튼 보기 → 메시지 버튼 탭 → 새 메시지 버튼 보기 → 새 메시지 버튼 탭 → 키패드를 이용한 문장 완성 → 확인보기 → 확인탭 → 전송 여부 팝업 보기 → “예”를 탭

위의 작업 분석 결과는 메시지 전송 과정을 완료하기 위해 수행해야 하는 과정이다. 작업 분석의 결과는 매우 중요한데 그 이유는 작업 분석의 정확도에 따라 모델링 결과의 정확도는 달라지기 때문이다. 작업 분석 시 가장 어려운 부분이 키패드를 이용한 문장 완성 과정이다. 따라서 본 연구에서는 정확한 작업분석을 위해 Eye-Tracking과 비디오레코딩을 이용하여 시각 탐색 과정에 대한 결과를 도출하였다. 그 결과로 도출된 결과는 다음과 같다.

재인 작업과 같은 키를 연속으로 누르는 작업은 병렬로 일어나며 재인 작업 시간이 키누름 작업 시간을 포함한다. 즉 처음으로 키를 누르는 작업만 물리적 시간이 계산되고 두 번째 같은 키를 누르는 작업은 재인 시간만으로 계산된다.

띄어쓰기 작업 시 눈을 디스플레이로 이동하여 문장을 확인한다.

첫 번째 결과는 같은 키를 연속으로 누를 때의 수행 특징을 분석한 결과이다. 같은 키를 첫 번째 누를 때에는 물리적 이동시간과 재인 시간이 이뤄지지만 두 번째 같은 키를 누를 때에는 누름 작업은 재인 시간 내에서 시작되고 완료된다. 따라서 첫 번째 키의 수행시간은 물리적 이동시간과 재인시간의 합으로 계산되고 두 번째 키의 수행 시간은 재인 시간만을 통해 계산이 가능하다. 이 과정은 수정된 GOMS 모델의 조작자인 Recognize와 Tab 조작자를 이용하여 모델링 할 수 있다.

다음으로 띄어쓰기 과정을 수행할 때의 특징은 디스플레이를 통해 문장을 확인함과 동시에 띄어쓰기 입력 과정을 동시해 수행하는 점이다. 이 과정에서는 키패드와 디스플레이, 디스플레이 내의 눈의 이동과 재인 작업이 발생한다. 이러한 과정은 앞서 수정된 GOMS 모델에서 가정된 Visual move to와 Recognize, Tab 조작자로서 모델링이 가능하다.

따라서 위의 특징을 포함하여 GOMS 모델링을 수행하기 위한 작업 분석 결과를 도출하였다. 이러한 작업 분석 결과와 앞서 가정하였던 수정된 GOMS 모델의 조작자들을 이용하여 GOMS 모델을 완성할 수 있었다.

3.2 수정된 GOMS 모델의 검증

<표 4>는 기존 GOMS 모델과 수정된 GOMS Language를 이용하여 문장 1의 기존 GOMS 모델과 수정된 GOMS

모델의 과정을 나타낸 표이다. 문장 1을 입력하여 메시지를 보내는 작업에 대한 작업과정이 가장 왼쪽열에 표시되어 있고 작업 과정을 나타내는 GOMS Language와 수행시간, 누적 수행시간이 기존 GOMS 모델과 수정된 GOMS 모델을 비교하여 나타내었다. 수행시간은 각 조작자의 시간을 의미하고 누적수행시간은 시작

한 시간부터 소요된 시간을 의미한다.

수정된 GOMS 모델에서는 기존의 GOMS 모델의 Look at 조작자를 Visual move to와 Recognize 로 나누며 Point to와 Click 조작자는 Tab으로 표현된다. 이중 Visual Move to와 Recognize는 상황에 따라 적용되는 상황과 위치가 달라진다.

<표 4> 기존 GOMS 모델의 결과와 수정된 GOMS 모델의 결과

| 작업 과정 | 기존 GOMS Language | 수행시간 (ms) | 누적수행 시간 (ms) | 수정된 GOMS Language | 수행시간 (ms) | 누적수행 시간 (ms) |
|-----------|--|----------------------------|--------------|---|-------------------|--------------|
| 메시지 버튼보기 | Look for the Low menu | 1200 | 1200 | Visual move to Low menu Recognize the Message button on menu | 230 314 | 544 |
| 메시지 버튼 탭 | Point to the message button on menu Click the message button on menu | 1100 200 | 2500 | Tab the message button on menu | 410 | 954 |
| 새메시지 버튼보기 | Look for the new message button on menu | 1200 | 3700 | Recognize the new message button on menu | 314 | 1268 |
| 새메시지 탭 | Point to the new message button on menu Click the new message button | 1100 200 | 5000 | Tab the new message button on menu | 410 | 1678 |
| 문장생성 | Recall of the sentence from LTM | 1200 | 6200 | Recall of the sentence from LTM | 1200 | 2878 |
| ㅂ | Look for the ㅂ on keypad Point to the ㅂ on keypad Click the ㅂ on keypad | 1200 1100 200 | 8700 | Recognize the ㅂ on keypad Tab the ㅂ on keypad | 314 410 | 3457.2 |
| ㅣ | Look for the ㅣ on keypad Point to ㅣ on keypad Click the ㅣ on keypad | 1200 1100 200 | 11200 | Recognize the ㅣ on keypad Tab the ㅣ on keypad | 314 410 | 4036.4 |
| ㄱ | Look for the ㄱ on keypad Point to ㄱ on keypad Click the ㄱ on keypad | 1200 1100 200 | 13700 | Recognize the ㄱ on keypad Tab the ㄱ on keypad | 314 410 | 4615.6 |
| ㅁ | Look for the ㅁ on keypad Point to ㅁ on keypad Click the ㅁ on keypad Click the ㅁ on keypad | 1200 1100 200 200 | 16400 | Recognize the ㅇ on keypad Tab the ㅇ on keypad Recognize the ㅁ on keypad | 314 410 314 | 5446 |
| ㅣ | Look for the ㅁ on keypad Point to ㅣ on keypad Click the ㅣ on keypad | 1200 1100 200 | 18900 | Recognize the ㅣ on keypad Tab the ㅣ on keypad | 314 410 | 6025.2 |
| · | Look for the · on keypad Point to the · on keypad Click the · on keypad | 1200 1100 200 | 21400 | Recognize the · on keypad Tab the · on keypad | 314 410 | 6604.4 |
| ㅣ | Look for the ㅣ on keypad Point to the ㅣ on keypad Click the ㅣ on keypad | 1200 1100 200 | 23900 | Recognize the ㅣ on keypad Tab the ㅣ on keypad | 314 410 | 7183.6 |
| ㄱ | Look for the ㄱ on keypad Point to the ㄱ on keypad Click the ㄱ on keypad | 1200 1100 200 | 26400 | Recognize the ㄱ on keypad Tab the ㄱ on keypad | 314 410 | 7762.8 |
| 확인보기 | Look for 확인 on menu | 1200 | 27600 | Recognize the 확인 button | 314 | 8076.8 |
| 확인 탭 | Point to 확인 on menu Click the 확인 | 1100 200 | 28900 | Tab the 확인 | 410 | 8486.8 |
| 전송선택 보기 | Look for the yes button on popup menu | 1200 | 30100 | Visual move to Popup Menu Recognize the yes button on Popup menu | 230 314 | 9030.8 |
| 전송 탭 | Point to yes_button on popup menu Click the yes_button on popup menu | 1100 200 | 31400 | Tab the yes_button on popup menu | 410 | 9440.8 |

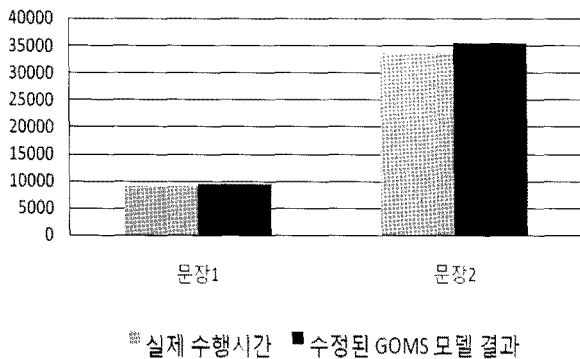
GOMS 모델의 작업과정은 크게 메시지를 보내기 위한 준비과정(메시지, 새 메시지)과 한글 입력 과정 그리고 종료과정(전송 선택, 확인)으로 나눌 수 있다. 준비과정에서는 새로운 메뉴를 선택할 때 눈의 이동과 재인이 이루어지며 이 과정은 순차적 과정으로 처리하였다. 또한 종료 과정에서는 확인키를 누르면 팝업 메뉴가 발생하므로 눈의 이동 후 재인 과정을 모델링하였다.

<표 4>에서와 같이 메시지를 작성하는 한글 입력과정은 기존의 가정을 근거로 하여 키패드 내에서는 눈의 이동 없이 재인 과정과 물리적인 움직임을 통해 모델링하였다. 예를 들어 “ㄴ”을 입력하는 과정을 살펴본다면 기존 GOMS language에서는 Look at(타겟을 눈을 통해 본다), Point to(타겟으로 마우스를 이동한다), Click(타겟을 클릭한다)의 3과정을 통해 이루어진다. 반면 수정된 GOMS language에서는 Recognize(타겟을 재인한다), Tab(이동하여 탭한다) 조작자를 통해 이루어진다.

또한 전문가의 경우 눈-손 병렬 과정이 80% 시간으로 이루어지므로 수정된 GOMS 모델에서의 누적 수행시간은 각 과정에서 눈, 손 조작자의 합의 80%만을 누적시켜 계산하였다. 즉 “ㄴ”을 입력하는 314ms과 410ms의 합의 80%만으로 계산하여 579.2ms이 소요된다.

총 예측시간을 비교해보면 기존의 GOMS 모델이 31400ms, 수정된 GOMS 모델이 9440.8ms이다. 예측시간의 차이가 매우 큼을 알 수 있는데 그 이유는 각 조작자의 시간이 변경되었고 조작자의 위치와 병렬과정을 포함함으로써 수정된 GOMS 모델의 예측시간이 단축되었기 때문이다.

문장 1과 같이 문장 2도 수정된 GOMS를 이용하여 모델링하였다. 또한 <그림 3>은 수정된 GOMS 모델의 결과가 인간의 수행도를 잘 반영하는지 알아보기 위해 검증 실험과 비교한 결과이다.



<그림 3> 실제 수행시간과 GOMS 모델 결과

수행시간과 수정된 GOMS 모델의 결과를 비교하면 문장 1의 경우 평균 수행시간이 9010ms, 문장 2의 경우

33500ms 소요되었다. 수정된 GOMS 모델에 의한 예측시간은 문장 1이 9441ms, 문장 2가 33520ms로써 실제 수행시간에 비해 약 4~5%의 차이를 보였다.

실제수행시간과 수정된 GOMS 모델에 의한 예측 결과의 통계적 차이를 검증하기 위해 Student's t-test를 수행하였다. 그 결과 실제수행시간과 수정된 GOMS 모델 결과와는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(문장 1 p-value = 0.13, 문장 2 p-value = 0.11). 또한 Olson and Olson(1990)의 연구에 의하면 사용자를 모호화하여 입력시간을 예상할 때 모호의 결과로 도출된 예상입력시간과 실제 입력시간이 20% 내의 오차를 보이면, 해당 모형이 유효하다고 할 수 있다. 따라서 수정된 GOMS 모델이 예상한 입력시간과 실제 피실험자를 통하여 관측된 시간이 유사한 값을 가짐에 따라 수정된 GOMS 모델은 유효하다고 할 수 있다.

4. 토 의

본 연구에서는 모바일 컴퓨팅 환경을 GOMS 모델에 포함시키기 위해 내적, 외적 조작자의 시간과 종류를 가정하여 수정된 GOMS 모델을 구축하였고 실제 인간의 수행 시간과 과정을 잘 반영할 수 있었다.

외적 조작자 추출 실험에서는 데스크탑 환경과 다른 모바일 환경을 위한 조작자의 시간을 Fitts' Law를 이용하여 도출하였다. 그 결과 데스크탑 환경에서와 같이 모바일 컴퓨팅 환경에서도 Fitts' Law는 잘 적용되었으며 도출된 결과는 인간의 수행시간을 잘 예측할 수 있었다.

또한 기존 GOMS 모델의 시각 탐색 조작자인 Look for는 수정된 GOMS 모델에서 이동시간, 재인시간으로 세분화되어 GOMS language(Visual move to, Recognize)로 정의되었다. 이러한 수정된 조작자들을 이용하여 모바일 컴퓨팅 환경에서의 인간의 시각, 인지 과정을 GOMS 모델에 잘 포함시킬 수 있었다. 따라서 Olson and Olson(1990)의 연구를 이용한 내적 조작자의 시간은 실제 인간의 수행 시간을 잘 예측할 수 있음을 의미한다. 또한 이러한 결과는 기존의 데스크탑 환경에서 발생하는 인지, 시각 시간이 모바일 컴퓨팅 환경에서도 적용될 수 있음을 의미한다.

Card et al.(1980)은 데스크탑 환경에서 문장 편집 과정을 관찰법을 통해 각각의 시각, 인지, 행동 과정을 조합하여 모델링 하였다. 이는 GOMS 모델의 기본 구조라 할 수 있는데 본 연구 결과는 그의 연구가 모바일 환경에서도 잘 적용되었음을 의미한다.

반면 본 연구에서 적용한 메시지 전송 작업의 총 수

행 시간에서는 눈의 이동시간보다 재인 시간이 대부분을 차지하였다. 이 결과는 Mackenzie et al.(2002)가 정의한 주의 관점(Focus of Attention)의 개념으로 설명이 가능하다. 그의 연구에 따르면 모바일 환경에서는 눈의 이동이 없이 정보처리가 가능한 Single FOA(Focus Of Attention), 또는 눈이 이동하여 정보를 처리해야 하는 Double FOA가 있음을 밝혔다. 본 연구 결과에서는 키패드 내에서 Single FOA로써 정의가 가능하였고 눈의 이동 시간은 고려되지 않았다. 또한 키패드와 디스플레이를 오가는 확인 작업 시에는 눈이 이동하여 정보를 처리하는 Double FOA의 특성을 보여주었다. 이러한 Single FOA와 Double FOA 특징은 Paul et al.(2007)이 모바일 폰에서 정의한 눈의 이동 범위를 나눈 기준과 일치하였다.

또한 본 연구에서 개발한 수정된 GOMS 모델에서는 기존 GOMS 모델이 포함하지 못하는 눈-손 병렬 과정을 처리할 수 있었다. 그 가정은 병렬적 과정이 순차적 과정에 비해 20% 감소된다는 김정환(2007)의 연구 결과에 근거하였고 이를 토대로 GOMS 모델을 수정하였다. 본 연구의 Eye-Tracking 분석과 카메라 레코딩 결과에서도 그와 유사한 결과를 얻을 수 있었고 병렬과정을 순차적 과정에 비해 80%로 감소하여 계산함으로써 인간의 수행시간을 잘 예측할 수 있었다.

GOMS 모델링을 위한 작업 분석 결과에서는 모바일 폰을 이용하여 메시지전송 작업의 특징을 도출할 수 있었다. GOMS 모델의 중요한 결과는 작업 분석과 그 소요시간을 예측할 수 있다는 점이다(Kieras and Meyer, 1996). 그 결과 모바일 컴퓨팅 시 발생하는 인간의 지각 과정을 디스플레이 내, 키패드 내, 디스플레이와 키패드 사이를 이동하는 눈의 움직임에 의하여 예측할 수 있었다. 본 연구에서 Eye-Tracking 결과를 이용하여 분석한 메시지 입력 시 발생하는 인지 과정은 기존의 KLM-GOMS를 이용한 Myung(2007)의 연구에서 가정된 정신활동의 위치와 유사하였다. 하지만 본 연구에서는 키패드를 입력 할 때 모든 키패드마다 정신작업이 포함되었으나 Myung(2007)의 연구에서는 단어의 초성 혹은 중성에서만 정신작업이 위치하였다.

또한 KLM-GOMS의 연구에서는 병렬 과정을 반영하지 못했으나 본 연구에서는 병렬과정을 GOMS 모델에 포함시킬 수 있었다. 이러한 병렬 과정의 포함은 모바일 컴퓨팅 환경 뿐만 아니라 기존 GOMS 모델의 데스크탑 환경에서도 정확도를 높여줄 수 있을 것이다.

본 연구에서 개발된 수정된 GOMS 모델은 NGOMSL의 방법을 수정하여 만든 모바일 컴퓨팅 환경에 적합한 모델링 방법이다. 이러한 과정은 Holleis et al.(2007)가 연구한 KLM-GOMS의 연구 방법과 유사하다. 또한 그

의 연구에서 도출한 키패드 내에서의 주의 이동(Attentional Shift)시간과 본 연구에서 가정한 Recognition Language의 정의시간은 일치하였다. 그러나 본 연구에서는 Holleis et al.(2007)의 연구와 달리 터치스크린 환경과 병렬과정을 포함시킬 수 있었다.

하지만 본 연구에서는 수정된 GOMS 모델의 타당성 검증에 위해 문자 전송 작업만을 수행하였다. 따라서 수정된 GOMS 모델의 적용성을 높이기 위해서는 모바일 환경에서 발생하는 메뉴 선택, 인터넷 탐색 등의 다양한 작업 분석을 통해 조작자의 추가와 수정의 추후 연구가 필요하다.

5. 결 론

본 연구에서는 모바일 컴퓨팅 환경을 포함할 수 있도록 기존 GOMS 모델의 조작자의 종류, 시간을 변경하고 병렬과정을 포함하도록 수정하였다. 검증실험 결과, 수정된 GOMS 모델은 인간의 수행시간을 잘 예측하였으며, 작업 분석을 통해 메시지 전송 작업 시 발생하는 지각, 인지 특성을 이해할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 도출된 수정된 GOMS 모델은 터치스크린을 채택한 다양한 모바일 기기에서의 인지 과정을 예측할 수 있을 것이다.

또한 본 연구과정에서 얻어진 모델링 수정 방법과 과정은 GOMS 모델의 향상을 위한 가이드라인으로 제시될 수 있다.

참고문헌

- [1] 김상환, 김경민, 명노해; “이동전화 한글입력 시스템의 물리적 인터페이스 평가에 관한 연구”, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 28(2) : 193-200, 2002.
- [2] 김정환; “숙련도에 따른 핸드폰 문자 입력 방식의 눈-손 협응에 관한 연구”, 석사학위논문, 고려대학교, 2007.
- [3] 박지훈; “Vi editor에 대한 사용자 능률 측정을 위한 GOMS 및 Keystroke-level Model”, 부산외국어대학교 학위논문집, 9(2) : 51-94, 1991.
- [4] 윤철호; “GOMS 분석에 의한 HTS 사용자 인터페이스 평가”, *선문공대 연구/기술논문집*, 7(1) : 133-136, 2002.
- [5] 이창호; “GOMS를 이용한 인터넷 가상상점의 사용용이성 평가”, 석사학위논문, 고려대학교, 1999.
- [6] Anderson, J. R. and Lebiere, C. Eds.; *Atomic Compo-*

- nents of Thought, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, London, 1998.
- [7] Bonnie, E. J. 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.
- [8] Bonnie, E. J. 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.
- [9] 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, 1980b.
- [10] Card, S. K., Moran, T. P., and Newell, A.; *The Psychology of Human-Computer Interaction*, Hillsdale, N. J., L. Erlbaum Associates, 1983.
- [11] Henrik, T.; "Measuring Website Usability for Visually Impaired People-A Modified GOMS Analysis," Proceedings of the 8th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, Portland, Oregon : 55-62, 2006.
- [12] Holleis, P., Otto, F., Hubmann, H. and Schmidt, A.; "Keystroke-Level Model for advanced Mobile Phone Interaction," Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, San Jose, California : 1505-1514, 2007.
- [13] John, B. E.; "Contributions to Engineering Models of Human-Computer Interaction, Doctoral Dissertation," Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 1988.
- [14] John, B. E. and Newell, A.; "Cumulating the Science of HCI : From S-R Compatibility to Transcription Typing," *ACM SIGCHI Bulletin*, 20 : 109-114, 1989.
- [15] Kieras, D. E.; "A Guide to GOMS Model Usability Evaluation using NGOMSL," *The Handbook of Human-Computer Interaction*, 2nd edition, North-Holland, Amsterdam, 1996.
- [16] 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.
- [17] Kieras, D. E., Scott, D. W., and Meyer D. E.; "Predictive Engineering Models Using the EPIC Architecture for a High-Performance Task," Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Denver, Colorado, United States : 11-18, 1995.
- [18] MacKenzie, I. S. and Soukoreff, R. W.; "Text Entry for Mobile Computing : Models and Methods, Theory and Practice," *Human-Computer Interaction*, 17 : 147-198, 2002.
- [19] Myung, R.; "Keystroke-Level Analysis of Korean Text Entry Methods on Mobile Phones," *International Journal of Human-Computer Studies*, 60 : 545-563, 2004.
- [20] Newell, A.; *Unified Theories of Cognition*, Harvard University Press, Cambridge, 1990.
- [21] 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.
- [22] Salvucci, D. D. and Goldberg, J. H.; "Identifying Fixations and Saccades in Eye-Tracking Protocols," In Proceedings of the EyeTracking Research and Applications Symposium, Palm Beach Gardens, Florida : 71-78, 2000.
- [23] Soar Technology; EGLEAN Science and Technology Report: The first six months, AUTHOR, Ann Arbor, MI, 2005.
- [24] Takahiro, H. and Kazuyuki, S.; "Different Memory Types for Generating Saccades at Different Stages of Learning," *Neuroscience Research*, 55(3) : 271-284, 2006.
- [25] Viviani, P., Baud-Bovy, G., and Redolfi, M.; "Perceiving and Tracking Kinaesthetic Stimuli : Further Evidence of Motor Perceptual Interactions," *Journal of experimental psychology*, 23(4) : 1232-1252, 1997.
- [26] Williams, K. E.; "Computer-aided GOMS : A Description and Evaluation of a Tool that Integrates Existing Research for Modeling Human-Computer Interaction," *International Journal of Human-Computer Interaction*, 18, 39-58, 2005.