

GOMS 모델을 기반으로 한 Rapid Prototyping에 관한 연구

차연주 · 조성식 · 명노해[†]

고려대학교 정보경영공학부

A Study of Rapid Prototyping Based on GOMS Model

Yeonjoo Cha · Sungsik Jo · Rohae Myung

Division of Information Management Engineering, Korea University, Seoul 136-713, Korea

The purpose of this research was to develop an integrated interface for the usability test of systems or products in the design process. It is capable of automatically creating GOMS models which can predict human task performances. It can generate GOMS models to be interacted with the prototype interfaces. It can also effectively manage various design information and various usability test results to be implemented into the new product and/or system design. Thus we can perform usability test for products or system prototypes more effectively and also reduce time and effort required for this test. For usability tests, we established an integrated interface based on GOMS model by the LabVIEW program. We constructed the system that the linkage to GOMS model is available. Using this integrated interface, the menu structure of mobile phone can be constructed easily. User can design a depth and a breath that he want. The size of button and the label of the button is changable. The path to the goal can be defined by the user. Using a designed menu structure, the experiment could be performed. The results of GOMS model and the actual time are presented. Besides, values of operators of GOMS model can be defined as the value that user wants. Using the integrated interface that we developed, the optimal menu structure deducted. The menu structure that user wants can be established easily. The optimal layout and button size can be decided by comparison of numerous menu structures. User can choose the method of usability test among GOMS model and empirical data. Using this integrated interface, the time and costs can be saved and the optimal menu structure can be found easily.

Keyword: GOMS model, rapid prototyping

1. 서론

효율적인 사용자 인터페이스란 학습하기 쉽고 오류 발생이 적으며 적은 노력으로 빠른 시간 내에 과제 목표를 달성할 수 있는 것을 말한다. 이런 인터페이스를 개발하기 위해서는 ‘시제품 개발 → 평가 → 분석 → 재설계’의 과정을 반복하게 되는데 이때 인터페이스가 시스템의 목적에 잘 부합되게 설계되었는

지 평가, 분석하는 것을 사용성 평가라고 한다(Butler *et al.*, 1989).

이러한 사용성 평가를 가장 정확하게 실시하는 방법은 실제 시스템을 실제 사용자가 사용하게 하여, 배우기 쉽고 오류가 적으며 수행도가 좋은 지를 평가하는 것이다. 그러나 새로운 기술의 개발 주기가 매우 짧아지는 최근의 추세를 감안해 볼 때, 시스템 개발단계에서 제품의 프로토타입을 제작 및 개선하는 반복적인 작업은 시간과 비용이 많이 소요된다. 또한 여

본 논문은 ‘2단계 BK21 사업’과 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(Grant No. 2009-0072889).

[†]연락처 : 명노해 교수, 136-713 서울특별시 성북구 안암동 5가 고려대학교 정보경영공학부,

Fax : 02-920-5888, E-mail : rmyung@korea.ac.kr

투고일(2010년 11월 11일), 심사일(1차 : 2010년 12월 15일), 게재확정일(2011년 01월 13일).

러 차례 반복되어야 하는 사용성 평가를 실시하기 위해 계속 사용자를 선발하고 훈련시키는 것은 시간과 노력이 매우 많이 소요될 뿐만 아니라 자칫하면 시스템 개발이 지연되는 문제점을 유발시킬 수도 있다.

위와 같은 문제점을 해결하기 위한 첫 번째 방법으로는 rapid prototyping이 있다. rapid prototyping은 가상으로 제품을 설계하고 사용성을 평가하는 것으로 이를 통해 프로토타입의 개발에 소요되는 시간을 줄일 수 있다. 프로토타입의 구축 및 수정이 용이하기 때문에 다양한 대안의 프로토타입의 구축 및 평가, 개선을 빠른 시일 안에 할 수 있다.

이 외에 사용자를 선발하고 훈련하여 사용성 평가를 실시할 때 생기는 문제점을 보완하기 위한 대안으로 인지모델링(Cognitive modeling)에 의한 사용성 평가 방법을 들 수 있다. 인지모델링은 인간이 어떤 문제를 해결해나가는 과정을 컴퓨터를 이용한 모델로 구현하는 작업으로, 주로 인간의 행동이나 작업 수행을 예측하는데 사용된다. 인지 모델은 인터페이스에서 인간의 과제 수행을 예측하여 사용성 평가를 실시하는데 있어 실제 실험에 비해 시간, 노력, 비용을 절감시킬 수 있으며, 인간이 실제로 경험하거나 생각할 수 없는 분야에 대한 분석이 가능하다. 이러한 인지모델에는 ACT-R(Anderson, 1983), SOAR(Newell *et al.*, 1987), EPIC(Kieras and Meyer, 1997), GOMS(Card *et al.*, 1983) 등이 있다. 그러나 이와 같은 인지모델은 제품 또는 시스템의 프로토타입과 직접 연동되어지지 못하고 독립적으로 작성, 운용되어야 하기 때문에 모델 구축에 시간 및 비용이 많이 소요되며 외부 시스템과 연계된 작업을 수행할 수 없다.

즉, 위의 두 가지 방법을 결합하여 인지모델에 대한 전문지식이 없어도 프로토타입 조작만으로 인지모델이 자동적으로 수립되어 이를 통한 평가가 가능한 동시에, rapid prototyping을 통해 프로토타입을 손쉽게 구축 및 수정할 수 있는 평가 환경이 필요하다. 또한 인지모델 이외에도 실제 실험(empirical test)이 가능하여 수립된 인지모델 결과와 실험적 결과를 이용하여 비교 및 평가의 신뢰성을 높일 수 있도록 하여야 한다.

대표적으로 사용성 평가에 사용되는 인지모델은 ACT-R과 GOMS 모델이 있다. ACT-R과 같은 고충실도 모델은 인간의 행위를 비교적 자세하게 묘사할 수 있으나 모델링이 복잡하고 배우기가 어려워 일부 연구자에 의해서만 사용되고 있다. 반면 저충실도 모델인 GOMS는 전문가 수준을 가정으로 개발되었으며 배우기 쉽고 사용이 간편하기 때문에 인터페이스와 과제의 사용성 평가에 적용하기 편리하여 HCI 분야 연구에 널리 사용되고 있다.

ACT-R을 기반으로 한 rapid prototyping에 관한 기존 연구로는 첫 번째로, 자동차 운전 모의(Salvucci, 2009) 영역에서 인지모델을 이용하여 인간의 과제 수행을 예측하는 연구가 있다. 이 논문의 저자는 운전시의 인지적 부하를 측정하기 위해 2차 과제로 핸드폰을 이용한 과제를 주었다. 이 연구에서 핸드폰을 이용한 과제를 지정할 수 있도록 하기 위해 <Figure 1>에서 보이는 rapid prototyping을 위한 Distract-R이라는 프로그램을 개발하

였다. 이 프로그램을 이용하여 핸드폰의 버튼의 수와 위치를 설계할 수 있고 과제도 통화를 하기 위해 모든 버튼을 누르거나, 단축키를 누르는 식으로 과제 타입을 지정할 수 있다. 이러한 과제를 2차적으로 줌으로써 1차 과제인 운전을 할 때의 인지적 부하를 계산하는 것으로 본 연구의 휴대폰 prototype을 보여주는 방식을 연구하는 데에 참고 되었다.

ACT-R을 기반으로 한 또 다른 기존 연구로는 <Figure 2>와 같은 CogTool이 있다. CogTool은 <Figure 2>에서와 같이 과제의 각 단계별 화면을 캡처해서 시스템에 입력하고 조작하는 input 버튼을 각 창에 생성하여 과제 순서에 맞게 화살표로 연결한다.

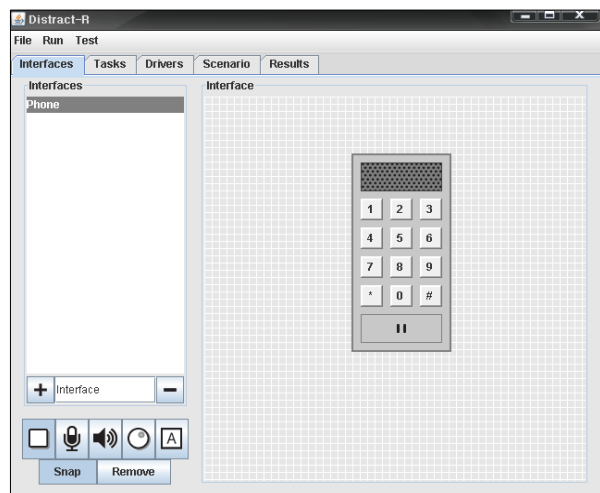


Figure 1. Distract-R 프로그램

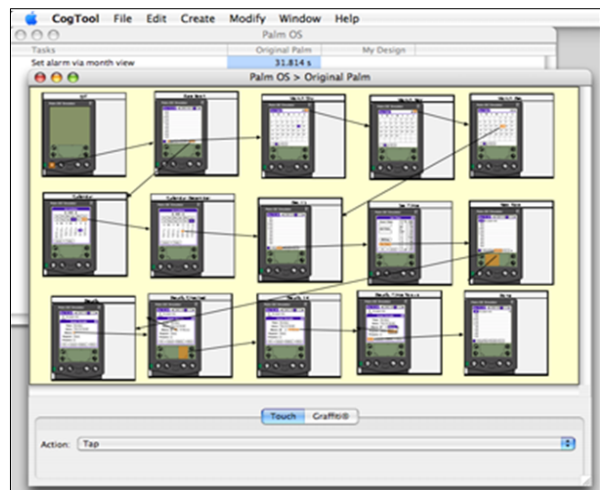


Figure 2. CogTool 구동 예시

이러한 식으로 하나의 시나리오를 만들어 완성된 시나리오를 이용하여 과제를 수행하면 인지모델인 ACT-R이 과제에 맞게 수립되어 결과가 출력된다. 그러나 CogTool은 개발자 그룹을 위주로 사용되고 있을 뿐 아직까지 널리 활용되고 있지는 못하다. 또한 CogTool은 모델을 통해 계산된 수행시간 결과만

이 출력되고 실제 실험시간은 출력되지 않아 사용성 평가 시에 실제 실험이 불가능하다는 단점이 있다.

위와 같이 ACT-R을 기반으로 한 rapid prototyping에 관한 연구와 달리 현재 GOMS 모델을 기반으로 한 연구는 아직까지 연구되지 않은 실정이다. GOMS 모델은 다른 모델에 비해 모델링하는 과정이 쉽고 간단하며 직관적이어서 국내외 HCI 분야에서 다양하게 사용되어 왔다. 또한 GOMS 모델은 넓은 이론적 배경을 바탕으로 인지 과정을 분석하고, 인터페이스 개발 시 필요한 기능성, 인지적·행위적 절차, 학습시간, 수행시간, 에러 등 여러 정보를 객관적으로 예측하여 추출할 수 있으며, 그것을 실험적 방법으로도 입증 가능한 사용성 평가 도구이다 (John and Kieras, 1996). GOMS 모델을 이용하면 사용자의 목표 과제와 상태에 대한 사용자의 행동과 수행을 예측할 수 있다 (Kieras, 2007). 때문에 본 연구에서는 GOMS 모델을 기반으로 하는 rapid prototyping 기술 및 동시에 empirical test가 가능하여 신뢰성 있는 사용성 평가가 가능한 평가 환경 구축에 대하여 연구할 것이다.

2. 연구 방법

2.1 모델 선정 및 적용

먼저 연구대상이 되는 적절한 프로토타입을 선정하였다. 최근 스마트폰을 포함하여 모바일 폰의 개발 주기가 짧아지고 있고 이러한 모바일 폰의 사용성 평가가 중요해짐에 따라 본 연구에서는 휴대폰을 포함한 모바일 환경을 연구 대상으로 하였다. 다음으로 통합 사용성 평가 환경과 연동시킬 GOMS 모델을 정의하였는데 모바일 환경에 맞도록 수정된 GOMS 모델 (Lee and Myung, 2009)을 적용하였다.

Table 1. 수정된 GOMS 모델 조작자

조작자	값(msec)
Visual move to	230
Recognize	314
Tab	410
Recall	1200

적용된 GOMS 모델의 조작자 종류는 *Visual move to*, *Recognize*, *Tab*, *Recall*이 있으며 *Visual move to*는 특정 버튼 위치로 시선을 이동시키는 데 걸리는 시간이고, *Recognize*는 특정 버튼을 인식하는 데 걸리는 시간으로 버튼 클릭 전마다 한 번씩 들어간다. *Tab*은 버튼을 클릭하는 데 걸리는 시간으로 클릭할 때마다 들어가고, *Recall*은 자신이 무엇을 할지 생각하는 것으로 각 task마다 첫 부분에 한 번씩 들어간다. 각 조작자의 값은 <Table 1>과 같다. 모델의 수치는 기본 값으로 적용되며 수정이 가능하도록 평가 환경을 구축하였다.

2.2 LabVIEW 이용 프로그램 제작

본 연구의 목적은 <Figure 3>과 같이 프로토타입, 프로토타입이 포함된 인터페이스, 일반 사용자, 인지모델 등이 모두 상호 연동할 수 있는 환경을 구축하는 것으로 이것은 LabVIEW 프로그램을 이용하여 실현될 수 있다. LabVIEW 프로그램은 그래픽 위주의 프로그램이기 때문에 초보자가 쉽게 사용할 수 있고, 디버깅이나 코드의 분석이 용이해서 프로토타입을 만드는 데 유용하며 하드웨어 컨트롤이 쉽고 UI를 꾸미기 쉽다는 장점이 있다.

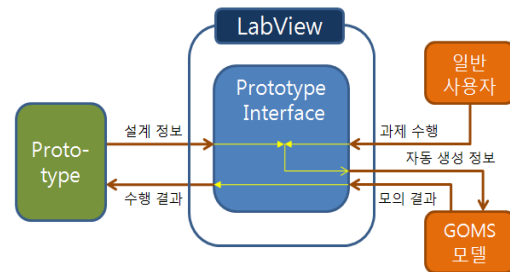


Figure 3. 통합 인터페이스 Framework

구축될 통합 사용성 평가 환경에 대한 기능 구현 수준은 다음과 같이 정의하였다.

- 시스템 세부 기능

1. 통합 사용성 평가 환경은 GOMS 모델과 연동되어야 한다.
2. 휴대폰 prototype의 각 depth에 맞는 조작자가 적용되어야 한다.
3. 휴대폰 프로토타입 부분은 버튼 클릭 및 실제 실험이 가능하여야 한다.
4. 연동된 GOMS 모델은 프로토타입 조작과 동시에 자동적으로 수립 가능하여야 한다.
5. 측정된 실제 수행시간은 GOMS 모델과 동시에 출력되어야 한다.
6. 휴대폰 depth 수준을 4까지 지정 가능하도록 한다.
7. 휴대폰의 각 depth에 해당하는 메뉴 행렬 구조를 1x1에서 5x4까지 설정 가능하도록 한다.
8. depth 및 행렬 지정 부분은 버튼 클릭만으로 초보자도 쉽게 조작이 가능하도록 한다.
9. 인지모델 및 실제 수행시간 결과는 각 depth 별로 결과가 출력되도록 하며 누적 시간 및 total 시간도 출력되도록 한다.

연구 결과 구축된 통합 사용성 평가 환경은 <Figure 4>와 같다. 1번의 휴대폰으로 나타내어진 부분은 사용자가 구축한 휴대폰 구조를 보여준다. 휴대폰의 depth와 각 depth별 메뉴 구조가 설계되면 1번의 휴대폰을 통해 보여지게 되고 휴대폰 왼쪽 하단의 'start' 버튼을 누르면 마우스나 터치스크린을 통해 버튼을 클릭하면서 실험을 수행할 수 있다. 실험이 끝나면 오른쪽 하단의 'stop' 버튼을 누르고 결과가 저장된다. 2번의 text 입

력 창은 결과 파일이 저장될 경로를 지정하고 3번을 통해 결과 파일의 이름을 지정할 수 있다. 4번 부분에서 첫 번째 0으로 표시된 부분에서 depth를 지정할 수 있고 최대 4까지 지정 가능하다. depth가 지정되었으면 그 밑의 버튼들을 이용해 각 depth 별로 행렬 구조를 지정할 수 있다. 모두 기본 값으로 1×1로 지정되어 있고 5×4까지 설정할 수 있다.

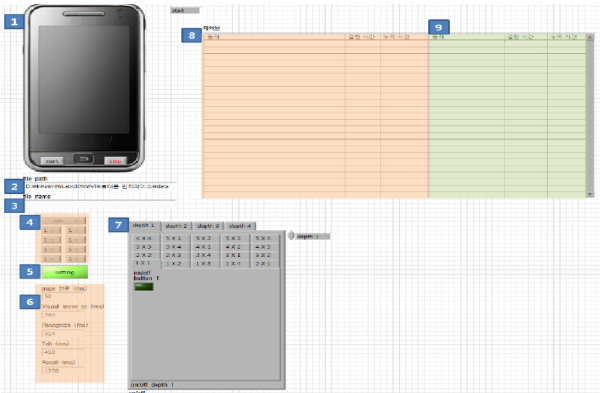


Figure 4. 구축된 휴대폰 통합 인터페이스

5번은 현재 인터페이스 상태를 설정하는 것으로 메뉴 구조를 설계할 때에는 ‘setting’에 맞춰두고 실제 실험을 수행할 경우에는 버튼을 클릭하여 ‘test’로 바꿔준다. 6번 부분에서는 GOMS의 조작자 수준과 페이지 전환시간을 정의한다. 페이지 전환시간은 실제 실험을 수행할 때 1번의 휴대폰 상에서 layer가 바뀌는 데 걸리는 시간을 의미한다. <Figure 4>와 같이 50ms로 정의하면 버튼을 클릭하고 다음 layer로 바뀌는데 50ms가 걸리게 된다. 나머지 GOMS 조작자 값은 본 연구에서 정의한 값을 기본 값으로 하였고, 사용자의 요구에 따라 다른 값으로 바꿀 수 있다. 7번에서는 각 depth별 사용자가 왼쪽 4번에서 정의한 메뉴구조를 보여주고 실제 실험을 수행할 때의 경로를 지정한다. 만약 7번에서 정의한 경로가 아닌 다른 경로로 가는 버튼을 클릭하게 되면 ‘back’이라는 문구가 뜨게 되며 다시 이전 layer로 돌아가게 된다. 8번에서는 수행한 task에 대한 empirical data를 나타내는 부분이며 실제 수행 시간이 출력된다. 9번에서는 수행한 task에 대한 GOMS 모델의 결과가 자동적으로

생성되어 출력된다. 8번과 9번 모두 각 depth에서 소요되는 개별 시간과 누적시간을 모두 보여주며 마지막에 total 시간 또한 출력된다. 8번과 9번 결과는 2, 3번에서 정한 곳에 text 파일로 저장된다. 이와 같이 완성된 통합 환경을 통해 사용자가 원하는 휴대폰 구조를 손쉽게 구축할 수 있고 GOMS 모델과 실제 실험을 통해 메뉴 구조를 비교 및 평가할 수 있다. 또한 전문가 수준을 예측하는 GOMS와 실제 초보자를 통한 empirical test를 통해서 수행 수준에 따른 사용성 또한 평가할 수 있으며 이러한 결과를 토대로 한 분석 및 개선을 통해 최적의 휴대폰 메뉴 구조를 도출할 수 있다.

3. 연구 결과 및 토의

3.1 통합 사용성 평가 환경 검증 실험

개발된 통합 환경이 제대로 완성되었는지 확인하기 위하여 검증 실험을 실시하였다. 우선 시중의 휴대폰 두 가지를 선정하여 다음의 두 가지 시나리오에 대해 실험을 실시하고 결과를 분석하였다.

시나리오 1: 최근 메시지를 확인한다.

시나리오 2: 단어 뜻을 찾기 위해 전자사전 영한사전 메뉴에 들어간다.

휴대폰 1은 메시지 확인까지 <Figure 5>와 같이 3개의 depth로 구성되고 휴대폰 2는 4개의 depth로 구성된다. 조작자 값은 위의 GOMS 모델의 값을 기본 값으로 하고, 페이지 전환시간은 100ms로 정의하였다. 과제를 수행하면 <Figure 4>의 오른쪽 출력창에 결과가 나타난다. 출력 창의 오른쪽 부분은 GOMS 모델 수립 결과이고 인터페이스 조작을 통해 자동적으로 생성된다. 출력 창의 왼쪽 부분은 실제 수행 시간으로 두 결과 모두 각 depth에 대한 결과와 누적 값 모두 출력된다.

실제 실험을 실시하기 위해 휴대폰 1과 휴대폰 2에 대해 사용경험이 없는 피실험자 10명을 선정하였고 이들을 대상으로 실험을 실시하였다. 실험 결과 총 소요 시간의 평균값과 각 휴



휴대폰 1 시나리오 1과정

휴대폰 2 시나리오 1과정

Figure 5. 시나리오 1에 대한 휴대폰 1, 휴대폰 2의 메뉴 구조

대폰의 시나리오 1에 대한 GOMS 모델 값은 <Figure 6>과 같았다.

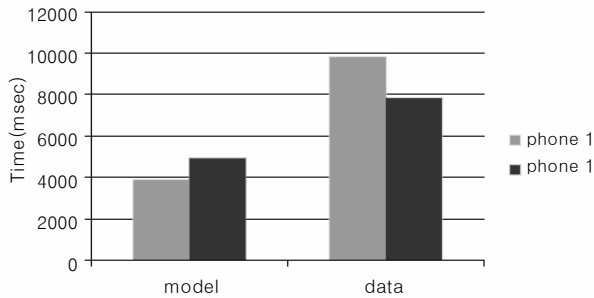


Figure 6. 시나리오 1 모델 및 실험 결과

모델은 휴대폰 1이 휴대폰 2보다 시간이 더 적게 걸려 사용성이 더 좋은 것으로 나타난 반면 실제 실험 결과에서는 휴대폰 2가 사용성이 더 좋은 것으로 나타났다. 이는 피실험자의 휴대폰 메뉴 구조에 대한 전문성 때문이라고 여겨진다. GOMS 모델은 전문가 수준을 가정으로 하며 현재 실험을 실시한 피실험자들은 휴대폰 1과 휴대폰 2에 대해 사용경험이 없기 때문에 전문성이 낮다고 할 수 있다. 때문에 이 실험결과 메시지 확인에 대해 전문가의 입장에서는 휴대폰 1이 더 사용성이 좋고 초보자의 경우 휴대폰 2가 더 사용성이 좋다고 할 수 있다. 시나리오 2에 대해서도 같은 과정을 반복하였으며 결과는 <Figure 7>과 같다.

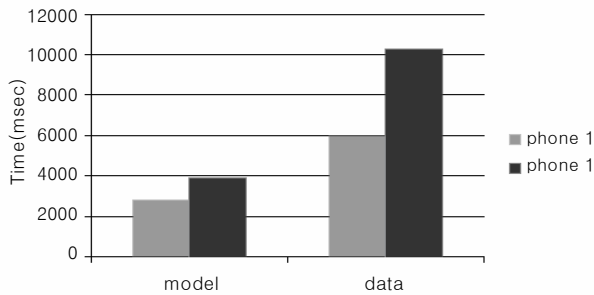


Figure 7. 시나리오 2 모델 및 실험 결과

실제 실험 결과 휴대폰 2에서의 수행시간이 휴대폰 1보다 오래 걸려 휴대폰 1이 사용성이 더 좋은 것으로 나타났고, 이는 모델결과와 일치하였다.

이는 전문가와 초보자 모두 영한사전을 이용할 시에는 휴대폰 1이 더 사용성이 좋다는 것을 의미한다. 이러한 방식을 통해 본 연구에서 개발된 통합 사용성 평가 환경을 이용하여 휴대폰 메뉴구조를 사용자가 손쉽게 설계할 수 있으며 구축된 휴대폰 프로토타입에 대해 실제 실험 및 인지모델을 통한 사용성 평가를 할 수 있다. 평가 결과를 분석하여 시스템의 예러 발생 부분 및 개선점을 찾을 수 있고 프로토타입의 수정 및 개선을 통하여 최적의 휴대폰 인터페이스를 구축할 수 있다.

3.2 통합 사용성 평가 환경에 대한 전문가와 초보자의 수행 비교

본 연구의 목표는 rapid prototyping을 통해 초보자도 빠른 시간 안에 효율적으로 사용성을 평가할 수 있도록 하는 것으로 전문가와 초보자가 휴대폰 메뉴 인터페이스 제작에 소요되는 총 시간을 측정하여 비교하였다. 전문가는 통합 인터페이스 개발 책임자 중 한명으로 프로토타입 구축 경험이 많은 사람으로 정의하였고 초보자는 프로토타입 구축 경험이 없는 사람으로 정의하였다. 난이도에 따라 세 가지 휴대폰 인터페이스를 구축하도록 하였고 이는 <Figure 8>과 같다.



Figure 8. 구축 인터페이스

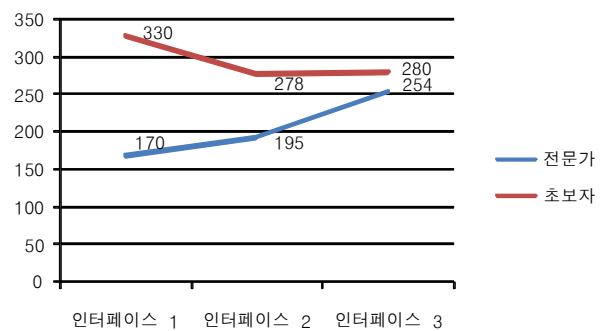


Figure 9. 인터페이스 구축 소요 시간

수행 결과는 <Figure 9>와 같았으며 그래프 선 위의 숫자는 구축시간으로 밀리초 단위이다. 전문가의 경우 구축하는 인터페이스가 복잡해짐에 따라 시간이 오래 걸렸으며 초보자의 경우 점점 구축시간이 감소하였다.

초보자의 경우에 처음 인터페이스 1을 구축할 때에는 통합

환경을 사용하는 방법을 모르기 때문에 수행작업을 겪어 시간이 오래 걸리나 시간이 지날수록 학습효과가 발생하여 인터페이스 2를 구축할 때에는 시간이 많이 감소하였다. 또한 인터페이스 3은 인터페이스 2보다 복잡하나 학습효과가 발생하여 인터페이스 2를 구축하는 데 걸리는 시간과 많은 차이가 발생하지 않았다. 또한 구축 경험이 증가할수록 전문가와의 시간 차이에 근접하였다. 즉, 초보자의 경우에도 몇 번만 사용하면 전문가와 같이 통합 환경을 사용할 수 있고 이를 통해 통합 사용성 평가 환경이 사용이 용이하게 개발되었음을 확인할 수 있다.

이와 같은 결과를 통해 본 연구에서 개발한 통합 사용성 평가 환경을 이용하면 일반인의 경우에도 인지모델 및 실제 실험을 통하여 모바일 환경에 대한 사용성 평가를 수행할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 LabVIEW 프로그램을 이용하여 휴대폰 인터페이스 사용성 평가를 위해 프로토타입, 일반 사용자, 인지모델 등이 모두 상호 연동할 수 있는 인터페이스를 구축하였다.

본 연구에서는 다음과 같은 목표를 달성하였다. 우선 선형적으로 연구되었던 모바일 작업 환경에 적합한 GOMS 모델을 적용하여 사용성을 평가할 수 있도록 하였고, 휴대폰이 아닌 다른 환경에서의 사용성 평가의 가능성을 열어두기 위하여 GOMS 모델 조작자 수준을 수정이 가능하도록 유연성을 주었다. 두 번째로 초보자도 손쉽게 프로토타입을 인터페이스 상에 구축할 수 있도록 하였다. 실제 휴대폰과의 fidelity가 높도록 하였으며 empirical test와 직접적 비교가 가능하도록 휴대폰 화면이 넘어가는 페이지 전환시간 또한 지정 가능하도록 하였다. 버튼의 크기와 색깔, 배치, 라벨도 자유롭게 바꿀 수 있도록 하였고 마우스나 터치스크린을 이용하여 버튼을 누를 수 있도록 하였다. 라벨링 또한 버튼 위 혹은 버튼 밑에 할 수 있도록 하였고, 현재 휴대폰 구조에 기반하여 depth는 4까지, 행열 구조는 1×1에서 5×4까지 가능하도록 하였다. 세 번째로 인터페이스를 조작하면 지정한 GOMS 모델의 조작자 값들이 자동적으로 적용되게 하였고 모델과 empirical test의 결과가 동시에 출력되도

록 하였다. 각 depth에 대한 조작자 값이 출력되고 누적시간 및 총 시간에 대한 결과도 보이도록 하였다. 마지막으로 각 프로토타입 별로 파일 저장이 가능하게 하였으며, task 수행 결과는 텍스트 파일로 저장이 가능하게 하였다. 파일 경로와 이름이 지정 가능하게 하였으며, 엑셀파일과의 전환이 쉽게 하였다.

구축된 인터페이스를 이용하면 초보자도 손쉽게 휴대폰 메뉴 구조를 설계할 수 있고, task를 수행하면 GOMS 모델과 동시에 각 depth 별로 실제 수행시간이 출력되어 사용자가 인지모델 뿐 아니라 empirical data를 통해서도 사용성을 평가할 수 있다. 이것을 통해 좀더 reliable한 사용성 평가가 가능할 것이다.

참고문헌

- Anderson, J. (1983), *The Architecture of Cognition*, Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Anderson, J. R. and Lebiere, C. (1998), *Atomic Components of Thought*, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, London.
- Butler, K. A., Bennett, J., Poison, P., and Karat, J. (1989), Report on the workshop on analytical models : Predicting the complexity of human-computer interaction, *SIGCHI Bulletin*, 20(4), 63-79.
- Card, S. K., Moran, T. P., and Newell, A. (1983), *The Psychology of Human-Computer Interaction*, Hillsdale, N. J. : L. Erlbaum Associates.
- John, B. E. and Kieras D. E. (1996), Using GOMS for User Interface Design and Evaluation: Which Technique?, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 3(4), 287-319.
- Kieras, D. E. (2007), Model-based evaluation, In J. Jacko and A. Sears (Eds.), *The Human-Computer Interaction Handbook* (2nd Ed), Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey, 1139-1151.
- Kieras, D. E. and Meyer D. E. (1997), An Overview of the EPIC Architecture for Cognition and Performance with Application to Human-Computer Interaction, *Human-Computer Interaction*, 12, 391-438.
- Laird, J. E. and Newell, A. (1983), *A Universal Weak Method*, Pittsburgh, PA : Computer Science Department, Carnegie-Mellon University.
- Lee, L. and Myung, R. (2009), Modification of the GOMS model Computing, *Society of Korea Industrial and System Engineering*, 32(2), 85-93.
- Newell, A., Laird, J., and Rosenbloom, P. (1987), SOAR: An Architecture for General Intelligence, *Artificial Intelligence*, 33.
- Salvucci, D. D. (2009), Rapid prototyping and evaluation of in-vehicle interfaces, *Computer-Human Interaction*, 16(2).



차연주

고려대학교 전기전자전파공학부 학사
현재 : 고려대학교 산업경영공학과 석사과정
관심분야 : 인공지능, HCI



조성식

Auburn University, Mechanical Engineering 석사
현재 : 고려대학교 산업경영공학과 박사과정
관심분야 : 인공지능, HCI



명노혜

고려대학교 산업공학과 학사
M.S. in Industrial and Management Systems
Engineering, University of Nebraska
Ph.D. in Industrial Engineering, Texas Tech
University
현재 : 고려대학교 정보경영공학부 교수
관심분야 : 인간공학