

통합 해석 모델을 활용한 사용성 평가
모바일 인터페이스 디자인의 시선추적 분석을 중심으로 -

Usability Test by Integrated Analysis Model
- With Emphasis on Eyegaze Analysis of Mobile Interface Design -

주저자 : 성기원(Ki-Won Sung)

(주) 이노이즈 인터랙티브

공동저자 : 이건표(Kun-Pyo Lee)

한국과학기술원 산업디자인학과

1. 서론

2. 연구 방법

- 2.1. 시선추적 사용점사의 제안
- 2.2. 휴리스틱 평가의 제안
- 2.3. 예측적인 평가로의 활용
- 2.4. 발견점

3. 실험

- 3.1. 실험 장비
- 3.2. 실험 대상
- 3.3. 실험 내용

4. 결과

- 4.1. 실험 결과의 비교
- 4.2. 시선추적 분석

5. 토론

- 5.1. 시선추적 장비의 활용
- 5.2. 시선추적 분석의 가능성
- 5.3. 실험의 제한점

6. 결론

참고 문헌

(要約)

본 연구는 제품과 사용자의 관계를 직접 관찰할 수 있는 방법으로 시선추적 장비를 활용하여 기존의 사용성 평가 기법들의 한계를 보완하는 것이 목적이다. 이를 위해, 시선추적 분석을 위한 이론을 기반으로 새로운 평가기법 '시선추적 사용점사와 휴리스틱 평가'를 제안하였다. 그리고, 모바일 폰에 대한 사용성 평가를 통해 시선의 경로와 고정점을 통해 사용자의 관심을 확인하고, 동공크기의 기록을 통해 사용자의 인지과정을 이해하기 위한 단서를 효과적으로 얻을 수 있었다. 그 결과, 디자인의 시각적인 속성을 활용하기 위해 시선추적 기록을 분석하고, 동공의 확대를 관찰하여 사용자의 감정상태를 유추함으로써 디자인의 사용성 분석을 효과적으로 평가할 수 있었다.

(Abstract)

In Accordance with the change of design paradigm, the design process has changed into user-centered workflow from designer-centered workflow. Since the purpose of the past research methods is quantitative analysis or the understanding of the present situation, it doesn't fit in practical design that expressed the user's needs. Therefore, the real data about what they see and how they feel will be useful for the user-centered design. This paper's objective is to analyze eye-movement recordings and pupil size of user for mobile interface design. For this objective, it was experimented on that the user's eyegaze data of using a mobile phone by the Eyegaze Interface System, and analyzed three levels of user's task performance. The results provided evaluation of new developed and old existing interface design of mobile phone by the experiment of eye-movement recordings and pupil size. The benefit of results is compliment of the limitation of current usability test through visual characteristics of design and qualitative data of user.

(Keyword)

Mobile Interface Design, Usability Test, Walkthrough, Heuristics, Eye-Movement, Pupil Size

1. 서론

최근 디자인 패러다임이 과거의 디자이너 중심에서 사용자 중심으로 변화되면서 디자인 회사와 연구소를 중심으로 인터페이스 디자인을 분석하기 위한 사용성 평가가 많이 수행되고 있다. 그러나, 사용성 평가를 위한 기법들의 종류는 많이 있지만, 같은 시간과 공간에서만 가능한 제한적인 실험조건·피실험자에게 부자연스러운 환경·대량의 정량적인 데이터의 분석과 처리 등과 같은 문제점들을 가지고 있었다.¹⁾

기존의 평가 기법들은 디자인의 사용성 분석을 위한 관점에서 매우 중요한 한계를 가지고 있었다. 예를 들어, 현상 이해 중심의 사회과학적인 연구조사와 분석 정량화 중심의 공학적인 연구조사와 같은 평가 기법들은 다양한 사용자들을 만족시켜야 하는 제품·인터페이스 디자인의 실무를 위해서는 적합하지 않았다. 또한, 디자인의 대표적인 속성인 시각적인 시각의 특징을 간과하고, 사용자의 인지과정을 관찰하여 그 내면적인 요구를 분석하기보다는 사용자의 표면적인 조작행위와 수행성을 기록하여 간접적으로 유추하는 수준에 머무른 것이 사실이었다.

그러나, 디자인에 대한 사용자들의 요구는 잠재적이며 암묵적이고 감성적인 특성을 가지고 있기 때문에, 제품·인터페이스 디자인과 사용자의 관계를 좀더 직접 관찰할 수 있는 방법이 필요하다고 할 수 있다. 특히, 디자인의 시각적인 속성을 활용하여 대상을 보는 사용자의 시선경로를 분석한다면 매우 유용한 발견점들을 얻을 수 있을 것이다. 시선추적 기록은 사용자가 특별히 관심을 가지는 대상의 영역을 확인할 수 있을 뿐만 아니라,²⁾ 사용자의 인지과정의 단서를 알 수 있도록 도와주기 때문이다.

본 연구는 제품과 사용자의 관계를 직접 관찰할 수 있는 방법으로써 시선추적 장비를 활용하여 기존의 사용성 평가 기법들의 한계를 보완하는 것이 목적이다.

2. 연구 방법

앞서 연구했던 이론, 시선추적 분석을 위한 통합 해석 모델을³⁾을 기반으로 디자인의 사용성 평가를 위한 새로운 기법을 다음과 같이 개발하였다. 통합 해석 모델을 통해 도출된 휴리스틱 가이드라인을 응용해서 기존의 사용성 평가의 한계를 보완할 수 있는 이 기법은 사용자의 행위를 다섯 단계에 따라 구분함으로써 인간의 정보처리 과정에서 각 인지요소와 연결하여 자세히 분석할 수 있으며, 연역적 논리과정의 휴리스틱 평가(Heuristic Evaluation)와 귀납적 논리과정의 인지적인 사용검사(Cognitive Walkthrough)를 결합하여 서로 보완할 수 있는 장점을 가지고 있다.

인터랙티브 미디어의 사용성 문제를 분석하고 디자인을

개선하기 위한 새로운 사용성 평가 기법으로서 시선추적 사용검사와 휴리스틱 평가(Eyegaze Walkthrough & Heuristic Evaluation)를 다음과 같이 제안하였다. 이 방법은 구체적인 현상을 파악해서 추상적인 원리로 정리해나아가는 사용검사와 개념적인 원리를 통해 현실적인 문제를 발견해나아가는 휴리스틱 평가를 하나로 연결하여 서로의 장점을 공유할 수 있다는 특징을 가지고 있다. 그리고, 시선추적 사용검사는 사용자의 태스크 단계를 따라 점진적으로 진행하며 구체적인 사용성 문제를 발견할 수 있는 장점을 가진 반면에, 휴리스틱 평가는 추상적인 원리를 통해 전체적인 문제 파악에 유용하다는 장점이 있다 [그림 1 좌측].

2.1. 시선추적 사용검사의 제안

기존의 인지적인 사용검사(Cognitive Walkthrough)는 사용자가 실제 시스템의 어느 부분을 보고 인지했는 지에 대한 근거가 부족하다는 문제점이 있었다. 따라서, 사용자가 시스템을 눈으로 보고 머리로 판단해서 손으로 실행하는 과정(응시·판단·실행의 과정) 중에 과연 시스템이 인간의 정보처리 모델의 각 인지요소를 적절하게 지원하고 있는 지를 설명하기 위해, 사용자의 시선추적 기록을 분석해서 실제 시선이 고정된 부분을 확인하고, 시지각 프로세스에 근거해서 각 인지요소의 지원과정을 해석할 수 있는 시선추적 사용검사를 개발하였다.

시스템의 각 기능을 수행하는 사용자의 행위는 응시·판단·실행의 과정으로 분석될 수 있으며, 이렇게 각 기능을 수행하는 행위의 일곱 단계들이 여러 개가 모임으로써 하나의 큰 태스크를 완료할 수 있는 것이다. 이와 같은 원리를 이용해서 시스템을 사용하는 사용자의 시선추적 기록을 행위의 각 단계에 따라 분석하고, 현재 사용자의 시선이 고정되어 있는 인터페이스 디자인이 인간의 각 인지요소를 적절하게 지원하고 있는 지를 면밀하게 해석한다. 이러한 활용 과정을 위해 통합 해석 모델에서 행위의 일곱 단계 이론을 근거로 시선추적 기록을 분석한 후, 각 단계에 따라 정보처리 모델의 인지요소들과의 연결관계를 설명한다.

시선추적 사용검사는 분석을 위한 실제적인 근거를 사용자의 시선추적 기록을 통해 제시할 수 있으며, 인간의 인지요소에 대한 연결관계를 논리적으로 파악할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

2.2. 휴리스틱 평가의 제안

위의 통합 해석 모델을 통해 행위의 일곱 단계와 인간의 정보처리 모델을 기반으로 한 새로운 휴리스틱 평가를 제안하였다. 휴리스틱 가이드라인의 순서는 행위의 각 단계와 인간의 정보처리 모델을 고려해서 개발된 것이기 때문에, 위의 시선추적 분석과 병행해서 활용할 수도 있다.

특히, 행위의 각 단계는 인간의 정보처리 모델과 자연스러운 연결이 가능하기 때문에 이 휴리스틱 평가는 이전에 제안한 시선추적 사용검사의 내용과 긴밀한 연관성을 가지고 분석할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한, 실무에서 각자의 목적과 필요에 따라 휴리스틱 평가의 다섯 가지 단계 안에 추가적인 휴리스틱스를 삽입할 수 있으며, 매체와 상황에 따라 중요도가 적은 휴리스틱스는 제거해서 활용할 수도 있다.

- 1) 주관기관: 한국과학기술원 산업디자인학과 인간중심 인터랙션 디자인 연구실. 2002 디자인 기반기술 개발사업: 디지털 정보기기를 위한 원격 사용성 평가 도구 개발. 산업자원부 한국디자인진흥원. pp. 56-57. 2002.
- 2) Hammer, Norbert. Analysis of User Interfaces by Eye-Movement Recording. Applied Research in Industrial Design, 1991.
- 3) 성기원, 이진표. 시선추적 분석을 위한 통합 해석 모델의 개발: 사용자 인터페이스 디자인을 위한 휴리스틱 가이드라인의 도출을 중심으로. 디자인학연구 vol.17 no.2 통권56호. 한국디자인학회. 2004년 5월.

개의 평가 목록을 채점하였다.

A와 B 회사의 모바일 폰 제품을 3점 척도(0-2 채점)로 비교 평가하여 총 128점 만점에서 A제품은 50점(41.2%), B제품은 89점(69.8%)을 받았다. 최종적으로 종합도표를 분석한 결과, B 제품의 경우 평가 단계의 '2 단순성과 조형성' 원칙에서 많은 문제가 발견되었다. 그러나, A 제품의 경우는 평가 단계의 '2 단순성과 조형성' 원칙에 대한 지원도 매우 부족할 뿐만 아니라, 판단 단계의 '3 일관성과 표준화' 원칙에서도 심각한 문제가 드러나고 있음을 쉽게 알 수 있었다.

2.4. 발견점

예측적인 평가로서 시선추적 사용검사와 휴리스틱 평가를 통해 기존 인터페이스 디자인의 문제를 해결하기 위한 발견점들을 얻을 수 있었다.

- 1) **해석 단계:** 인지와 피드백의 원칙을 지원
 - 메뉴 네비게이션에 대한 시각적인 힌트 필요.
 - 작업 흐름을 고려한 순차적인 안내 필요.
 - 명령 수행의 결과에 대한 빠른 피드백 제공.
 - 시각(아이콘) · 청각(사운드) · 촉각(진동) 등의 다양한 자원들 활용.
- 2) **평가 단계:** 단순성과 조형성의 원칙을 지원
 - 단순한 전경과 배경을 통해 화면의 공간 최대한 활용.
 - 메뉴 선택과 활성화에 대한 직관적인 강조.
 - 정보의 명확한 전달을 위해 적절한 띄어쓰기의 적용.
 - 현재 위치를 직관적으로 파악할 수 있도록 지원.
- 3) **판단 단계:** 일관성과 표준화의 원칙을 지원
 - 각 메뉴 단계에서 체계적인 색상체계 지원.
 - 동일한 메뉴 단계에서 일관된 인터페이스 지원.
 - 표준어와 한자 · 영어 사용의 적절성.
- 4) **계획 단계:** 효율성과 융통성의 원칙을 지원
 - 기능 설명을 위한 도움말 또는 마법사 지원.
 - 단순한 목적의 초보자들을 위한 빠른 단축키 지원.
 - 태스크 완료에 대한 긍정/부정의 아이콘과 사운드 피드백 지원.
- 5) **실행 단계:** 사용자 제어와 에러 관리의 원칙을 지원
 - 메뉴 설정 내용의 미리보기 지원.
 - 실수를 즉각 복구하기 위한 히스토리 취소 버튼 필요.
 - 잘못 누른 버튼에 대한 안내와 도움말 필요.

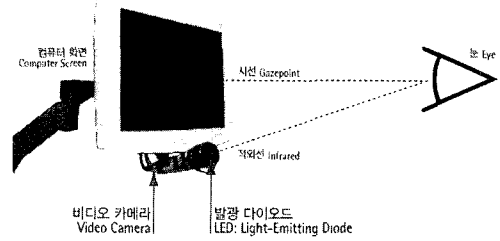
3. 실험

위의 발견점들을 적용하여 새로운 인터페이스 디자인으로 개선시킨 모바일 폰 시뮬레이터 A를 제작한 후, 기존 디자인의 모바일 폰 시뮬레이터 B와 비교하기 위해서 시선추적 분석을 활용한 사용성 평가를 수행하였다.

3.1. 실험 장비

3.1.1. 시선추적 기록 하드웨어

기존의 헤드셋을 이용한 시선추적 장비는 머리에 거주장스러운 장비를 착용해야 한다는 단점을 가지고 있었다. 그러나, 최근에 개발된 각막경계 반사법을 안구의 각막에 적외선을 비추 후 다시 돌아오는 각도를 이용해서 안구의 운동을 측정하는 기술로서, 사용자의 머리에 장비를 착용하지 않고 비교적 자연스러운 상태에서 실험할 수 있다 [그림 2]. 그러나, 한 번 캘리브레이션을 하면 머리를 움직여서는 안되기 때문에 오히려 사용자에게 심적 부담감을 줄 수 있다는 단점도 있다.



[그림 2] 각막경계 반사법을 이용한 시선추적 기록 하드웨어

3.1.2. 시선추적 관찰 및 분석 소프트웨어

시선추적의 관찰 및 분석을 위한 도구로서 'EASE W/A v1.0'를 Microsoft Visual Studio C++ 6.0에서 개발하였다. EASE (Eyegaze Analysis System & Equipment)를 통해 사용자의 시선추적 기록을 저장할 수 있으며, 인지과정의 각 단계를 자세히 분석할 수 있다. EASE Watcher는 시뮬레이터를 다루는 사용자의 안구운동과 마우스 이동과 클릭에 대한 정보를 기록한다 [그림 3].

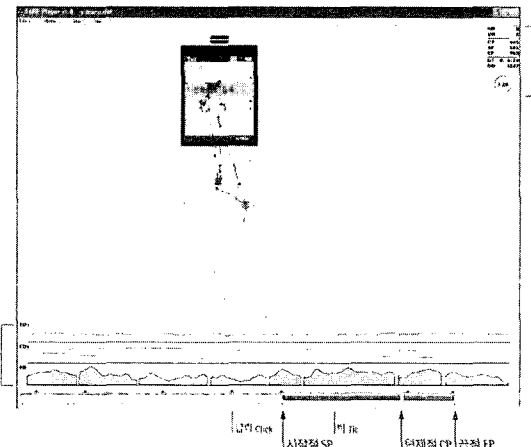
- **DAT 파일:** 눈의 깜빡임 (true or false), 시선경로 (x, y), 동공 크기 (millimeters), 동기화 (a time counter), 안구 위치 (millimeters).
- **TXT 파일:** 마우스 경로 (x, y).
- **JPG 파일:** 클릭할 때마다 화면 저장 (1024 x 768 pixel).

[그림 3] 시선추적 관찰 소프트웨어 EASE Watcher의 출력 파일

EASE Analyzer는 시선추적 데이터 DAT 파일, 마우스추적 데이터 TXT 파일, 화면 저장 JPG 파일을 입력받아서 아래와 같은 내용을 분석할 수 있다 [그림 4].

- 태스크를 수행한 총 시간(mm:ss.ms), 시선경로의 총 거리(pixel).
- 시선추적 기록 (원본 Raw Data, 최적화 가공 Fixation Data).
- 마우스 이동과 클릭, 동공 크기의 변화를 통한 감성 정보.
- 마우스 클릭과 클릭 사이에서 인지과정의 각 단계별 분석.

수평 이동	HM: Horizontal Movement
수직 이동	VM: Vertical Movement
현재점	CP: Current Point
시작점	SP: Start Point
끝점	EP: End Point
영역간 시간	DI: Duration Time
영역간 거리	DD: Duration Distance
동공 직경 그래프	PD: Pupil Diameter Graph
동공 상태	PS: Pupil State

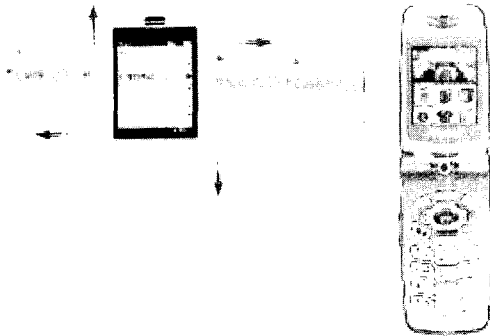


[그림 4] 시선추적 분석 소프트웨어 EASE Analyzer의 화면

3.2. 실험 대상

시선추적 분석을 위한 시각 자극물로서 모바일 폰 시뮬레이터 A와 B를 Macromedia Flash MX에서 개발하였다. 모바일 폰 시뮬레이터 A는 새로운 이론이 적용된 디자인이며, 모바일 폰 시뮬레이터 B는 기존 휴대폰의 인터페이스 디자인을 시뮬레이션한 것이다.

사용자는 시뮬레이터 A의 상하좌우 네비게이션 버튼만 조작해도 메뉴의 상하 이동뿐만 아니라 메뉴 안으로 들어가거나 밖으로 나오는 이동까지 쉽게 제어할 수 있다. 사용자가 상하좌우 네비게이션 버튼을 조작할 때 인터페이스의 선택이 고정된 채 메뉴 전체가 움직이기 때문에, 메뉴 계층의 전체 지도를 상하좌우로 제어하고 있다는 인지단서를 멘탈 모델을 통해 학습시키기 때문에 사용자는 시스템에 대해 빠르게 이해하고 적응할 수 있다 [그림 5].



[그림 5] 모바일 시뮬레이터 A(좌측)와 B(우측)

3.3. 실험 내용

테스트를 통해 기존의 디자인과 새로운 디자인을 비교함으로써 시선추적의 발견점과 시스템 디자인 방법론을 적용한 새로운 인터페이스 디자인의 가치를 파악하고, 시선추적 분석을 통해 통합 해석 모델의 유용성을 확인하는 것이 목적이다.

3.3.1. 실험 설계

실험 결과의 분석 방법은 다음과 같다. 정량적인 분석을 통해 총 시간과 실수 확인을 확인하고, 정성적인 분석을 통해 심층면접과 만족도 평가를 파악한 후, 시선추적 분석을 통해 사용자의 시선경로의 안정성을 비교하고 분석한다. 본 실험을 통해 알고자 하는 연구의 질문(Research Questions)은 다음과 같다.

- **인지과정의 다섯 단계:** 인간의 정보처리 모델을 기반으로 시선추적 경로를 다섯 가지 단계로 구분하여 사용자의 관심영역과 인지과정의 단서를 파악할 수 있는가.
- **숙련도의 세 가지 수준:** 기술·습관·지식의 모델을 기반으로 시선추적 경로를 세 가지 단계로 구분하여 사용자의 학습성과 숙련도를 분석할 수 있는가.
- **새 디자인과 기존 디자인의 비교:** 시선추적 분석의 발견점들을 적용한 새로운 디자인을 통해 기존 디자인의 문제를 개선시킬 수 있는가.

3.3.2. 실험 순서

카이스트 산업디자인학과 사용성 평가 룸에서 2003년 11월 29일 ~ 12월 2일 기간 동안 20-30대 성인남녀 5명을 대상으로 시선추적 장비를 이용한 실험을 다음과 같이 진행하였다.

- **준비:** 컴퓨터 시스템과 시선추적 장비를 시동한 후, 시선추적 소프트웨어와 모바일 폰 시뮬레이터를 실행.
- **소개:** 이 실험의 목적과 순서를 소개하고, 태스크 내용과 시선추적 과정을 설명.
- **태스크 수행:** 세 가지 태스크를 실행하면 동시에 시선추적 기록을 시작해서 태스크를 마치면 시선추적 기록을 중지.

- **심층 면접:** 태스크 수행 중의 느낀점을 질문하고, 두 개의 시뮬레이터를 비교하는 설문으로 마침.

4. 결과

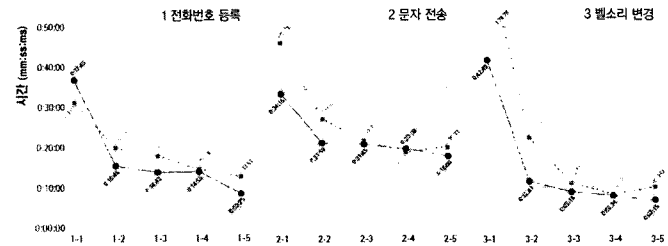
실험 결과로서 태스크 수행에 걸린 시간과 시선거리를 도표로 정리하고, 태스크 수행 후의 만족도를 정리하였다.

4.1. 실험 결과의 비교

4.1.1. 태스크 수행의 시간

1 전화번호 등록 등의 첫번째 태스크는 시뮬레이터 B가 더 짧은 수행시간을 기록하였지만, 태스크가 진행될수록 시뮬레이터 A가 더 짧은 시간을 기록하고 있음을 확인할 수 있었다. 두번째 태스크부터 사용자는 시뮬레이터 B보다 A에 더 빠르게 적응하였다 [그림 6: 좌측].

2 문자 전송 태스크는 시뮬레이터 A가 더 짧은 시간을 기록하였다 [그림 6: 중앙]. 3 벨소리 변경 태스크도 시뮬레이터 A가 전체적으로 더 짧은 시간을 기록하였다. 대부분 실수가 발생하는 첫번째 태스크뿐만 아니라, 두번째 태스크 이후에도 시뮬레이터 A가 B보다 더 짧은 시간을 기록하였다 [그림 6: 우측].



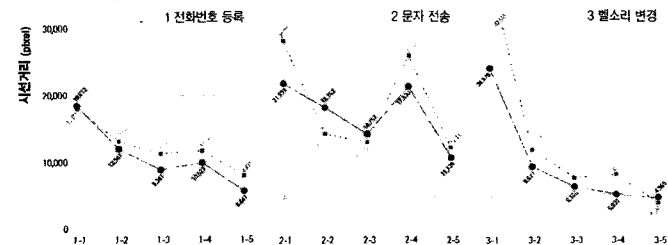
[그림 6] 태스크 반복에 따른 시간의 비교
(강한 실선은 시뮬레이터 A, 약한 점선은 시뮬레이터 B)

4.1.2. 태스크 수행의 시선거리

다음은 세 가지 태스크 수행에 걸린 시선거리를 정리한 결과이다. 태스크 수행의 시선거리가 짧다는 이유만으로 사용하기 편리하다는 단정적인 결론은 내릴 수 없지만, 적어도 불필요한 안구운동을 최소화시키고 중요 정보에만 시선을 집중시킬 수 있었다는 근거가 될 수 있다.

1 전화번호 등록 등의 첫번째 태스크는 전체적으로 비슷한 시선거리를 기록하였다. 그러나, 태스크가 진행될수록 시뮬레이터 A가 B보다 더 짧은 시선거리를 기록하고 있음을 확인할 수 있었다. 두번째 태스크부터 시뮬레이터 A가 B보다 더 짧은 시선거리를 기록하였다 [그림 7: 좌측].

2 문자 전송의 태스크는 시뮬레이터 A가 B보다 시간도 짧았지만, 시선거리 역시 짧음을 확인할 수 있었다. 문자입력이라는 특별한 상황에 두세번째 태스크에서 시선거리의 변화를 약간 볼 수 있지만, 전체적으로 시뮬레이터 A의 시선거리가 더 짧다는 것을 알 수 있었다 [그림 7: 중앙]. 3 벨소리 변경 태스크도 시뮬레이터 A가 전체적으로 더 짧은 시선거리를 기록하였다 [그림 7: 우측].



[그림 7] 태스크 반복에 따른 시선거리의 비교

4.1.3. 태스크 수행 후의 만족도

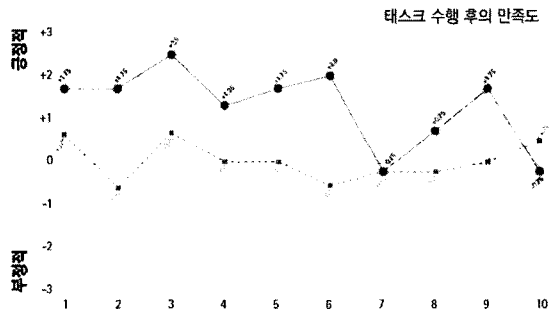
네비게이션에 대한 만족도 질문은 '1 메뉴 좌우 검색의 편리성, 2 현재 위치의 파악, 3 메뉴 선택과 취소의 직관성'이었다. 시뮬레이터 A

는 3번에서 가장 높은 만족도를 보이고 있으며, 시뮬레이터 B는 2번에서 가장 낮은 만족도를 보이고 있다. 네비게이션 항목에 대해 전체적으로 시뮬레이터 A가 B보다 더 만족스러운 것으로 확인되었다.

레이아웃에 대한 만족도 질문은 '4 메뉴 상하 검색의 편리성, 5 정보영역의 일관성, 6 중요 정보의 집중성'이었다. 시뮬레이터 A는 6번에서 가장 높은 만족도를 보이고 있으며, 시뮬레이터 B는 6번에서 가장 낮은 만족도를 보이고 있다. 따라서, 중요 정보의 집중성은 시뮬레이터 A와 B의 차이를 가장 분명하게 보여주는 요소라고 할 수 있다. 레이아웃 항목에 대해 전체적으로 시뮬레이터 A가 B보다 더 만족스러운 것으로 확인되었다.

메뉴 칼라에 대한 만족도 질문은 '7 메뉴 분류체계의 이해와 적용, 8 칼라 코딩의 도움'이었다. 메뉴 칼라에 대한 질문은 본 연구의 중심이 아니며 주관적인 판단에 따라 논란의 여지가 많은 것이 사실이다. 7번 메뉴 분류체계의 만족도에서 시뮬레이터 A와 B가 서로 비슷한 것으로 보아서, 주관적인 판단에 따라 어느 것이 우수하거나 만족스럽다고 결정할 수 없음을 볼 수 있었다. 8번 메뉴 칼라의 만족도에서 시뮬레이터 A가 B보다 더 만족스러운 것으로 확인되었다.

9번 피드백의 만족도에 대해 시뮬레이터 A가 B보다 더 만족스러운 것으로 확인되었다. 그러나, 10번 소프트키에 대해서만 기존 디자인에 익숙한 사용자들이 시뮬레이터 B의 만족도를 A보다 더 높게 평가하고 있었다 [그림 8].



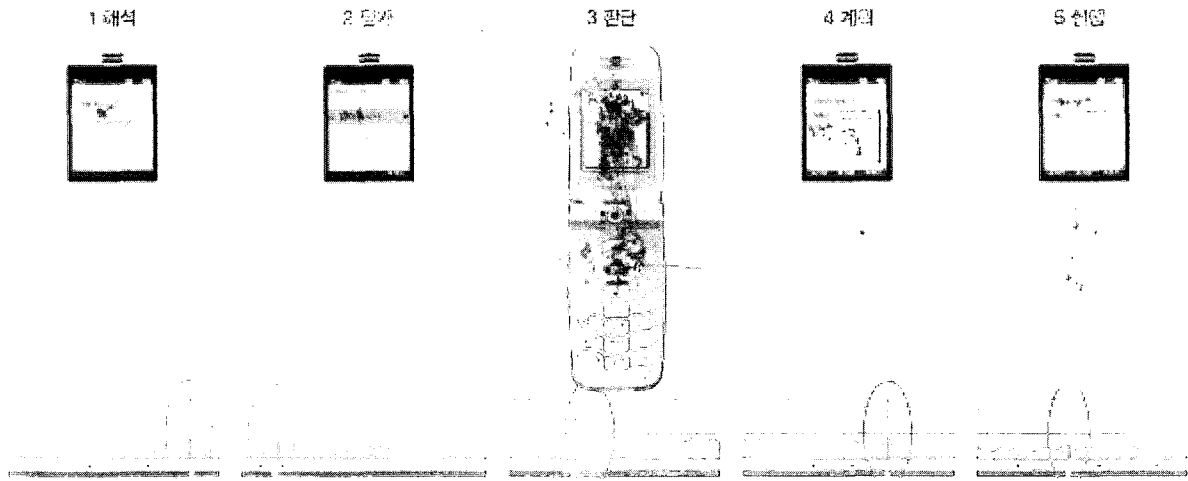
[그림 8] 문항별 만족도의 비교

4.2. 시선추적 분석

실험 결과의 분석으로서 인지과정의 다섯 단계와 세 가지 숙련도의 분석하고, 동공크기의 변화를 중심으로 시뮬레이터 A와 B를 비교하였다.

4.2.1. 인지과정의 다섯 단계

통합 해석 모델에 따라 인간의 인지과정은 정보처리 모델을 기반으로 이해·평가·판단·계획·실행의 다섯 단계로 정의하였다 [그림 9].



[그림 9] 인지과정의 다섯 단계에 따른 시선추적 기록과 동공크기 도표

- 1) 해석 단계:** 사용자가 현재 상태를 파악하고 피드백을 찾을 때 주의를 집중하게 된다. 이때 동공의 크기를 분석한 결과, 명령을 내린 후 기다리던 긍정의 상태를 발견하거나 피드백을 찾았을 때 주의를 집중을 하고 상태를 파악하기 위해 동공이 열리고 있음을 관찰할 수 있었다 [그림 9-1 해석].
- 2) 평가 단계:** 사용자가 원하는 정보를 찾을 때 주의를 집중하고 높은 관심을 나타내게 된다. 이때 동공의 크기를 분석한 결과, 자신이 원하는 정보를 찾게 될 경우 집중을 해서 자신이 원하는 정보가 맞는 지의 여부를 평가하기 위해 동공이 열리고 있음을 관찰할 수 있었다 [그림 9-2 평가].
- 3) 판단 단계:** 사용자가 태스크를 수행하는 도중 길을 잃고 혼란에 빠진 경우, 판단의 단계에서 동공의 크기가 매우 불안하고 흥분된 심리과정을 유추할 수 있었다. 길을 잃고 크게 당황할 경우는 판단의 단계를 관찰할 수 있는 좋은 사례이며, 극도로 흥분한 상태에서 동공의 크기 변화가 매우 심하게 변하고 있음을 볼 수 있다 [그림 9-3 판단].
- 4) 의도 단계:** 버튼을 클릭하기 직전, 다음에 어떤 작업을 수행해야 할지 의도하는 단계에서 동공의 크기를 통해 감정의 변화를 유추할 수 있었다 [그림 9-4 계획].
- 5) 실행 단계:** 사용자가 버튼을 클릭할 경우 실행의 단계에서 선택과 실행을 위한 집중을 관찰할 수 있었다. 이때 동공의 크기를 분석한 결과, 자신이 원하는 버튼을 잘 선택하기 위해 집중을 해서 클릭하는 심리과정을 동공크기의 확장으로 알 수 있었다 [그림 9-5 실행].

4.2.2. 숙련도의 세 가지 수준

위의 다섯 단계는 어떤 기능을 인지하고 판단하여 실행하는 초급 사용자의 전체 시선경로를 분석하는 데에 유용하게 적용될 수 있다 [그림 10].

- 1) 초급 수준 (Knowledge-based Behavior):** 어떤 하나의 인터페이스를 처음 접하는 초급 사용자는 초보적인 지식의 행위를 통해 분석적인 작업을 수행하게 된다 [그림 10: 1 초급 수준의 다섯 단계].

해석의 단계는 사용자가 지각한 것을 해석하는 과정으로 현재 상태의 의미를 해석하기 쉬운 지에 대한 상태 해석의 문제이다. 첫 번째 그림에서 팝업 윈도우의 타이틀을 보고 현재 상태를 파악하고 있는 모습을 볼 수 있다.

평가의 단계는 사용자가 해석한 것을 평가하는 과정으로 외부 자극을 지각해서 해석한 후 전체적으로 종합하여 기존 지식과 비교 평가를 하게 된다. 두 번째 그림에서 전화번호 입력하는 현재 태스크를 이해하고 있는 모습을 볼 수 있다.

판단의 단계는 사용자의 목표설정을 지원하는 과정으로 효율적인 태스크를 위해 어떤 기능을 선택할 지에 대한 판단의 문제이

다. 세 번째 그림에서 자신이 원하는 전화번호를 입력하기 위한 단과정으로 동공크기의 확장을 기점으로 구분할 수 있다.

의도의 단계는 사용자의 의도형성 과정으로 어떤 행동이 가능한 지에 대한 계획의 문제이다. 네 번째 그림에서 어떤 버튼을 먼저 입력할지 작업의 순서를 파악하는 모습을 볼 수 있다.

실행의 단계는 사용자의 행동순서를 선택하는 과정으로 자신의 계획을 적용하여 최적화된 작업경로를 선택하는 문제이다. 다섯 번째 그림에서 자신이 원하는 번호번호와 같은 버튼을 찾아서 마우스 클릭으로 입력하는 모습을 볼 수 있다.

2) 중급 수준 (Rule-based Behavior): 일단 하나의 인터페이스에 친숙해진 중급 사용자는 반복된 습관의 행위를 통해 직관적인 작업을 수행하게 된다. 자신의 경험을 바탕으로 조건-반사적인 작업을 수행한다 [그림 10: 2 중급 수준의 네 단계].

해석 단계인 첫 번째 그림에서 현재 상태를 파악하는 사용자의 시선경로를 확인할 수 있었다. 평가 단계인 두 번째 그림에서 시선경로의 방향이 달라지면서 동공크기의 변화가 완만함을 알 수 있었다 (초급 수준에서는 동공크기의 변화가 큼). 현재 벨소리가 자신이 원하는 벨소리가 아님을 확인하고, 이전의 경험을 바탕으로 주저함없이 곧바로 계획 단계로 넘어가서 아래의 벨소리를 선택하는 모습을 볼 수 있었다. 세 번째 그림에서 시선경로는 아래의 네비

게이션 버튼을 확인하고 있었다. 실행 단계인 네 번째 그림에서 마우스 클릭으로 입력하면서 원하는 메뉴로 선택이 바뀌고 있는지 화면을 확인하고 있었다.

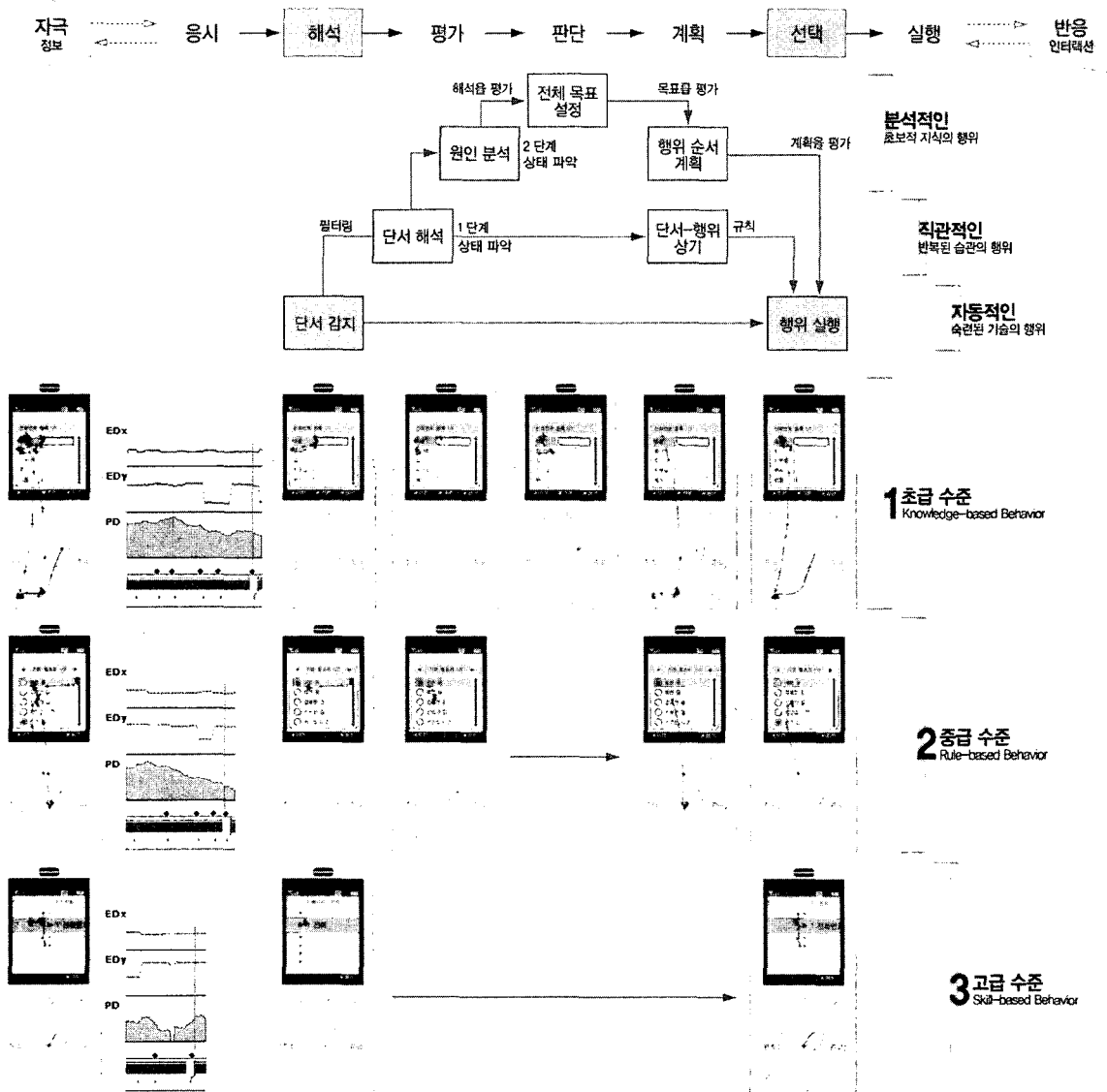
3) 고급 수준 (Skill-based Behavior): 하나의 인터페이스에 매우 익숙해진 고급 사용자는 숙련된 기술의 행위를 통해 자동적인 작업을 수행하게 된다. 이때 사용자의 눈으로 확인할 필요도 없이 보면 바로 실행하는 기계처럼 자동적인 작업을 수행한다 [그림 10: 3 고급 수준의 두 단계].

사용자는 해석 단계에서 지각한 것을 해석한 후, 실행 단계에서 행동 순서를 곧바로 실행한다. 첫 번째 그림에서 자신이 원하는 메뉴를 보자마자, 두 번째 그림에서 시선을 해당 메뉴에 그대로 고정시킨 채 마우스를 이동하여 버튼을 클릭하는 모습을 확인할 수 있었다.

4.2.3. 새 디자인과 기존 디자인의 비교

시선추적 분석의 발견점들을 적용한 새로운 인터페이스 디자인과 기존 인터페이스 디자인을 평가하기 위해 시선추적 기록과 동공크기 도표를 서로 비교하였다 [그림 11].

■ 시뮬레이터 A: 초급에서 고급으로 갈수록 태스크 수행 시간과 시선의 이동거리는 짧아졌으며, 시선경로는 최적화되었다. 버튼을 선택하는 마우스의 이동거리도 짧아지고 최적화되었음을 확인할



[그림 10] 세 가지 숙련도에 따른 시선추적 분석

수 있었다. 초급에서 고급으로 숙련도가 높아질수록 시선의 고정점은 태스크를 위해 꼭 필요한 부분에만 나타나고 있으며, 동공의 크기도 점차 안정되었고, 변화의 폭도 작아지고 있음을 확인할 수 있었다. 이미 익숙해진 태스크에 대해 관심이 떨어지고 있기 때문에 깊이 집중하지 않아도 태스크를 실패할 염려가 없기 때문이다 [그림 11: 시뮬레이터 A의 세 가지 숙련도].

시뮬레이터 B: 시뮬레이터 B 역시 초급에서 고급으로 갈수록 시선경로는 최적화되었지만, 시뮬레이터 A보다 상대적으로 시선경로가 많고 복잡하다는 것을 알 수 있다. GUI(Graphic User Interface)의 시선 고정점도 화면 전체에 퍼져 있으며, PUI(Physical User Interface)의 시선 고정점도 네비게이션 버튼의 주변에까지 널리 퍼져 있음을 확인할 수 있다 [그림 11: 시뮬레이터 B의 세 가지 숙련도].

시뮬레이터 A와 B의 비교: 최종적으로 시뮬레이터 A와 B를 각 숙련도에 따라 아래의 그림과 같이 비교하였다. 초급 단계의 경우 시뮬레이터 A와 B 모두 시선경로와 마우스 경로가 복잡하게 나타나고 있지만, 고급 단계로 갈수록 단순화되고 있었다. 전체적으로 볼 때, 시뮬레이터 A가 B보다 시선의 상하이동이 적으며 시선의 고정점도 한 곳에 집중되어 있음을 알 수 있었다. 화면뿐만 아니라 버튼에서도 시뮬레이터 A는 네비게이션 버튼에 시선경로와 마우스가 집중되어 있는 반면에, 시뮬레이터 B는 확인과 취소 버튼에도 계속해서 시선이 분산되고 있었다. 시뮬레이터 A와 B 모두 동공크기는 숙련도가 증가할수록 안정되고 있었지만, 고급 단

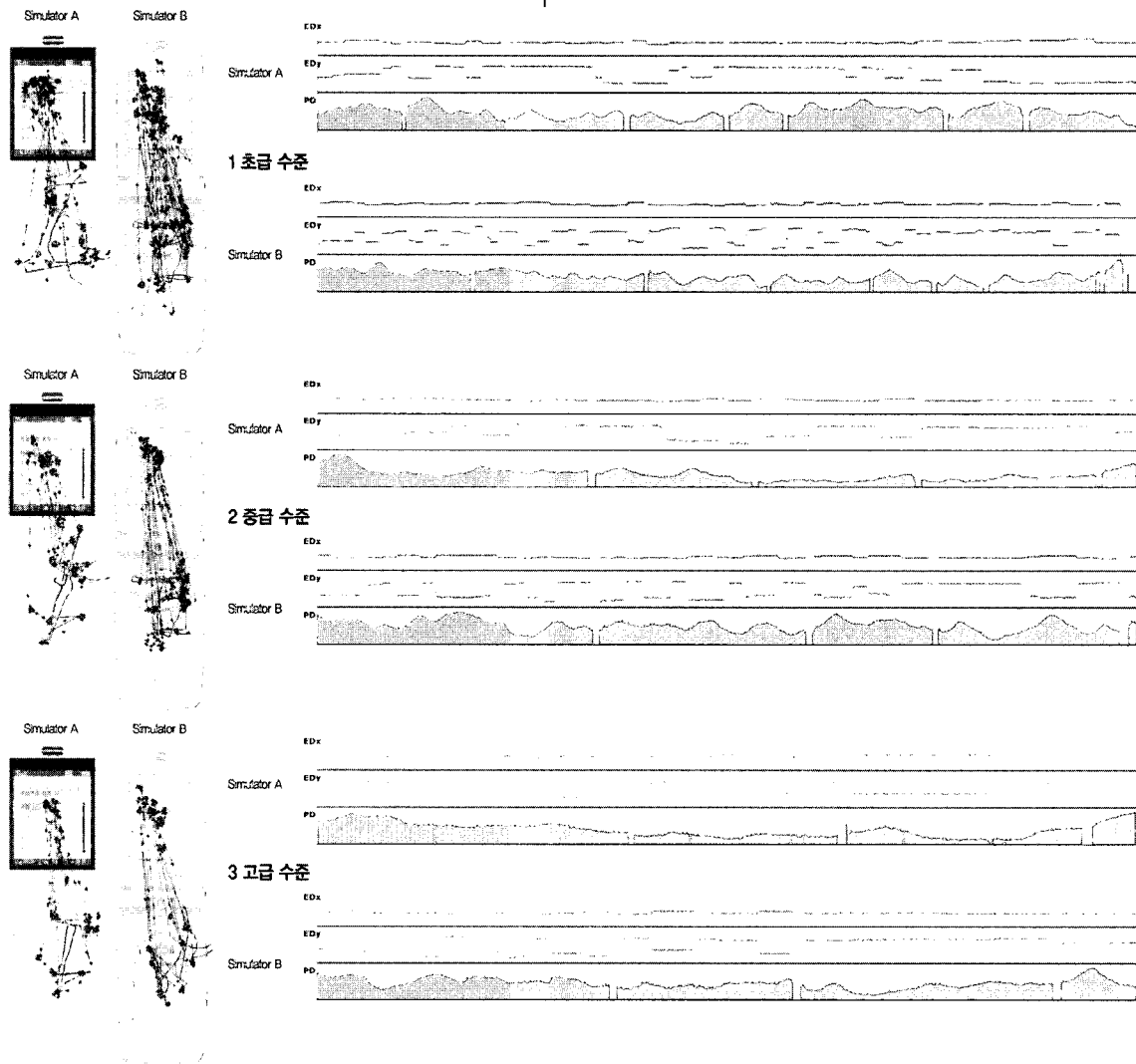
계의 동공크기 도표를 자세히 볼 때 시뮬레이터 A가 B보다 변화의 폭이 적고 안정화되었다. 결론적으로, 숙련도의 단계가 높아질수록 시뮬레이터 A가 B보다 시선경로가 짧고 덜 복잡했으며, 동공크기 역시 완만하며 안정화되었음을 확인할 수 있었다.

5. 토론

본 연구의 발견점은 시선추적 장비를 활용함으로써 기존 사용성 평가의 한계를 보완하고, 정성적인 테스트 기법을 적용할 수 있었다. 그리고, 시선추적 분석의 가능성으로서 사용자의 인지과정을 다섯 단계로 구분하고, 사용자의 숙련도를 세 가지로 분석할 수 있었다.

5.1. 시선추적 장비의 활용

- **기존 사용성 평가의 한계를 보완:** 현상 이해와 정량적 분석이 중심이었던 기존 사용성 평가의 한계를 극복하기 위해 디자인의 잠재적이고 암묵적인 특성에 초점을 맞춰 제품과 사용자의 관계를 좀더 직접 관찰할 수 있는 방법으로 시선추적 장비를 활용하였다. 특히, 디자인의 시각적 속성을 활용하여 제품을 보는 사용자의 시선추적 기록을 다섯 단계의 인지과정을 통해 해석하였으며, 통합 해석 모델을 제안하여 휴리스틱 가이드라인을 통해 디자인 원리를 도출함으로써 디자인의 사용성 분석을 효과적으로 수행할 수



[그림 11] 시뮬레이터 A와 B를 비교한 시선추적 기록(좌측)과 동공크기 도표(우측)

있었다.

- **정성적인 테스트 기법의 적용:** 위의 시선추적 분석과 함께 디자인의 감성적이고 정성적인 특성을 반영하는 사용성 평가 기법으로서 사용자의 동공상태를 관찰하여 분석함으로써 사용자의 감정 상태를 유추할 수 있었다. 디자인을 위한 사용성 평가에서 사용자의 동공크기도 관찰함으로써, 시선추적 기록의 정량적 데이터뿐만 아니라 사용자의 감성적인 변화를 나타내는 정성적 데이터도 함께 분석할 수 있었다.

5.2. 시선추적 분석의 가능성

- **인지과정의 다섯 단계:** 인간의 정보처리 모델을 기반으로 시선추적 경로를 다섯 가지 단계로 구분하여 사용자의 관심영역을 파악할 수 있었으며, 사용자의 동공크기와 비교하여 인지과정의 단서를 자세히 파악하여 할 수 있었다.
- **세 가지 숙련도:** 기술·습관·지식의 모델을 기반으로 사용자의 시선경로와 동공크기를 초급·중급·고급의 세 가지 단계로 구분하여 사용자의 학습성과 숙련도를 효과적으로 분석할 수 있었으며, 초급에서부터 고급 사용자에게 이르기까지 최적화된 시선경로를 분석하여 디자인의 역량을 집중해야 할 영역을 발견할 수 있었다.
- **시선추적 이론이 적용된 새로운 디자인:** 시선추적 분석의 발견점들을 적용시킨 새로운 방법을 통해 기존 디자인의 문제를 개선시킬 수 있었으며, 기존의 방법으로 도전할 수 없었던 디자인 접근을 가능하도록 도와주었다.

5.3. 실험의 제한점

- **칼리브레이션에 대한 부담감:** 머리에 거주장스러운 장비를 착용해야 하는 헤드셋을 이용한 시선추적 장비의 한계를 보완하기 위해 최근에 개발된 각막경계 반사법은 사용자의 머리에 장비를 착용하지 않고 자연스러운 상태에서 실험할 수 있는 장점이 있었다. 그러나, 한 번 칼리브레이션을 하면 머리를 움직여서는 안되기 때문에 오히려 심적 부담감을 주는 단점이 있었다. 피실험자들은 끔찍달짝 할 수 없는 경직된 실험환경에 약간의 고통을 호소하기도 했다. 이러한 지적은 사용자의 암묵적인 인지과정을 자연스럽게 관찰하기 위한 본 연구의 실험목적에 상반되는 제한점으로 작용되었다.
- **시뮬레이터를 통한 간접적인 제어:** 시각 자극물로서 소프트웨어 시뮬레이터를 개발했지만, 모바일 폰의 특성상 하드웨어 시뮬레이터를 통한 실험이 사용자의 실제환경에 더 가까운 것이 사실이다. 하드웨어 시뮬레이터를 사용하면 실제 환경처럼 눈으로 화면을 보고 손으로 버튼을 조작하게 되지만, (소프트웨어 시뮬레이터는 비교적 정밀한 시선추적 기록을 할 수는 장점에도 불구하고) 실제 제품보다 확대된 화면을 보고 마우스로 간접적인 제어를 해야 한다는 제한점을 가지고 있었다.
- **시뮬레이터의 비교:** 시뮬레이터 A와 B를 비교해보면, 본 연구의 중심인 네비게이션과 레이아웃 방식의 차이만 있는 것이 아니라, 하드웨어와 메뉴 칼라도 다르다는 제한점이 있었다. 이러한 제한점이 실험의 노이즈로 작용하기 때문에, 하드웨어의 차이는 수행 시간과 시선거리 비교의 객관성을 떨어뜨릴 수 있으며, 메뉴 칼라의 차이는 인터페이스 적용에 서로 다른 영향을 미칠 수 있기 때문이다 (그러나, 시뮬레이터 A가 B보다 크기가 더 크지만 수행시간과 시선거리를 오히려 더 짧게 나타냈다).

6. 결론

시선추적 장비를 통해 디자인의 시각적 특성을 활용함으로써 기존 사용성 평가의 한계를 보완하고, 정성적인 테스트 기법을 적용할 수 있었다. 그리고, 사용자의 시선경로와 동공크기

를 초급·중급·고급의 세 가지 단계로 구분하여 사용자의 숙련도와 학습성을 효과적으로 분석할 수 있었으며, 초급부터 고급 사용자에게 이르기까지의 시선경로를 누적시켜 분석함으로써 인터페이스 디자인의 역량을 집중시켜야 할 부분을 발견할 수 있었다. 또한, 통합 해석 모델을 통해 도출한 시선추적 분석의 발견점들을 새로운 인터페이스 디자인에 적용시킴으로써 기존 디자인의 문제점을 개선시킬 수 있었다.

시선추적 장비를 활용하여 기존의 사용성 평가 기법들을 보완할 수 있는 발견점은 다음과 같다. 디자인의 잠재적이고 암묵적인 특성에 초점을 맞춰 제품과 사용자의 관계를 좀더 직접 관찰할 수 있는 방법으로 시선추적 장비를 활용하여 현상 이해와 정량적 분석이 중심이었던 기존 사용성 평가의 한계를 보완할 수 있었다. 그리고, 감성적이고 정성적인 사용성 평가 기법으로서 자율신경의 지배를 받는 동공상태를 관찰하여 분석함으로써 사용자의 심리상태를 유추할 수 있었다. 따라서, 시선추적 경로와 동공의 분석을 통해 제품의 사용성과 사용자의 인지과정을 비교하여 분석할 수 있는 가능성을 발견하였다. 이러한 분석 기법은 인터페이스 디자인의 사용성을 효과적으로 검증하는 적절한 방법으로 적극 활용될 수 있을 것이다.

향후 연구과제는 다음과 같다. 휴대용 시선추적 장비를 몸에 지니고 몰래 카메라처럼 머리에 간단한 헤드셋을 자연스럽게 착용한다면, 사용자가 이동하는 동안에 전화가 올 때 모바일 폰을 조작하는 실험도 가능할 것이다. 이때 새로운 모바일 폰은 소프트웨어만 구현되는 시뮬레이터가 아닌 하드웨어까지 완성된 프로토타입으로 제공되어야 할 것이다. 그리고, 본 실험에서는 따로 사용자의 음성의 녹음했지만, 휴대용 장비를 통해 시선추적과 동시에 현장의 음성을 녹음할 수 있다면 소리내어 생각하는 프로토콜(Thinking Aloud Protocol) 기법도 적극적으로 활용될 수 있을 것이다. 아울러, 미래에는 더욱 복합적인 기능을 가진 정보기기나 스마트 폰과 같은 다양한 인터랙티브 미디어가 소개될 것이며, 사용자의 요구 역시 이러한 미디어의 특성에 따라 다양한 양상을 띠게 될 것이다. 따라서, 각각의 미디어에 최적화된 전문적인 시선추적 사용검사와 휴리스틱 평가를 만드는 것도 향후 연구과제이다.

참고 문헌

- Hammer, Norbet. *Objects and Images: Relevant Cognitive Models for Design Products*. University of Industrial Arts Helsinki UIAH, 1992.
- Just, Marcel A. and Carpenter, Patricia A. *Eye Fixations and Cognitive Processes*. In *Cognitive Psychology*, 8, 1976, p. 441-480.
- Arnheim, Rudolf. *Visual Thinking*. California Press, 1969.
- Kantowitz, B.H. The role of human information processing models in system development. *Proceedings of the Human Factors Society 33rd Annual Meeting* (p. 1059-1063). Santa Monica, CA: Human Factors Society, 1989.
- Rasmussen, J. Skills, rules, knowledge: Signals, signs, and symbols and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 13(3), 257-267. 1983.
- Gordon, S.E. An Information-Processing Model of Naturalistic Decision Making. Presentation at Annual Meeting of the Idaho Psychological Association, Sun Valley, Idaho. 1997.
- Wickens, C.D., Gordon, S.E. and Liu, Y. *Introduction to Human Factors Engineering*. Longman, 1998