Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 26, No. 2 pp.103-112, May 2007

메뉴 구조의 평가 방법론으로서 활성화 확산 모델의 타당성 검증: Eye-Tracking 접근 방법

박 종 순 · 명 노 해

고려대학교 정보경영공학부

The Validation of Spreading Activation Model as Evaluation Methodology of Menu Structure: Eye Tracking Approach

Jong Soon Park, Rohae Myung

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

ABSTRACT

This study was designed to validate Spreading Activation Theory (SAT) for an evaluation methodology for menu structure through Eye-Tracking approach. When a visual search is on the way, more eye fixations and time are necessary to visually process complex and vague area. From the aspect of recognition, well-designed menu structures were hypothesized to have fewer numbers of fixations and shorter duration because well-designed menu structures reflecting the users' mental model would be well matched with the product's menu structure, resulting in reducing the number of fixations and duration time. The results show that the shorter reaction times for SAT had significantly fewer numbers of fixation and shorter duration time as the hypothesis for this study stated. In conclusion, SAT was proved to be an effective evaluation methodology for menu structure with the eye tracking equipment. In addition, using SAT instead of the real performance experiment would be useful for designing user-centered systems and convenient information structures because SAT was proven to be the theoretical background for design and evaluation of menu structures.

Keyword: Spreading Activation Theory, Eye-tracking, Menu structure, Usability evaluation, Information architecture

1. 서 론

디지털 컨버전스의 흐름은 앞으로 우리가 경험하게 될 서비스의 무궁무진한 가능성을 보여주는 듯 하다. 이러한 패러다임의 결과로, 컨버전스 제품은 기능의 보편성과 다양한 서비스를 하나의 매체로 통합하여 제공함으로 소비자의 욕구를 충족시켜주고 있다. 하지만, 정보의 융합으로 인해 복잡한 정보 구조가 형성되어 사용 방법에 대한 기억과 인출에 많은 시간이 소요되고, 기억 인출 과정에서 에러를 발생시킴으로 수행도 뿐만 아니라 만족도를 저하시키는 결과를 낳게 된다(Han and Myung, 2004). 그러므로 이를 극복하기 위해서는 우선 제품에 대한 정확한 니즈와 사용자의 정신 모형을 파악하여 개발 초기에 반영하는 것이 중요하며, 누구든지 알아보기 쉽고, 직관적이며 최소한의 조작만으로도 작업을 수행할 수 있도록 설계되어야 한다.

이와 같이 복잡하고 방대한 정보 구조를 효과적으로 제공하기 위한 가장 대표적인 방법으로 메뉴 기반 인터페이스를

*이 논문은 2007년도 두뇌한국 21사업에 의하여 지원되었음.
교신저자: 명노해
주 소: 136-701 서울시 성북구 안암동 5가 1번지, 전화: 02-3290-3392, E-mail: rmyung@korea.ac.kr

들 수 있다. 이는 시각적으로 선택 가능한 대안들이 제시되고 재인을 통해 원하는 대안을 선택할 수 있으므로, 제품 조작의 편의성을 향상시킬 수 있는 방법이라 할 수 있다. 따라서 사용자 중심의 인터페이스를 설계하기 위해서는 사용자들이 어떠한 과정을 통하여 기억과 정보 인출을 하는지 이해하고, 사용자의 정신 모형과 일치된 인터페이스를 제공함으로 사용자의 인지 과정을 도울 수 있는 체계적이고 일관된 메뉴 설계가 선행되어야 할 것이다.

메뉴 설계에 관한 기존 연구를 살펴보면, 메뉴의 구조와 사용자의 지식 구조 간의 일치 정도에 따라 수행도 차이(Koubek, 1991)가 존재하며, 의미적으로 조직화된 메뉴 구조와 그렇지 못한 메뉴 구조와의 비교 실험을 통하여 사용자 인지 모델과 부합되는 의미적인 메뉴 구조의 중요성을 밝혔다(Liebelt, 1982). Whalen과 Mason(1981)은 각 메뉴 아이템의 잘못된 분류, 애매한 카테고리 라벨 및 같은 뜻의 라벨로 인해 사용 편의성의 문제가 발생한다고 하였다. 애매한 카테고리 라벨이나 같은 뜻의 라벨은 특정 지역에서의 확실성을 감소시키며, 특히 대부분의 심각한 결함은 잘못된 분류에 의한 것으로 전체 메뉴 구조의 불확실성을 야기시킨다는 연구 결과를 보고하였다. 또한 활성화 확산 이론(Spreading Activation Theory)에 기초한 실험을 통하여 의미적으로 조직화된 메뉴 구조가 사용자의 인지적 부하를 감소시키고 수행도를 향상시킨다고 보고하였다(Park and Myung, 2004). 활성화 확산 실험(Spreading Activation Test; SAT)은 인간의 기억 네트워크를 기반으로 제시되었으므로, 앞서 제시되었던 사용자의 기억과 정보 인출이 어떠한 과정을 통하여 일어나는지를 설명하는데 중요한 기능을 한다(Ratcliff and McKoon, 1994). 더불어 각 정보 단위들 간의 의미적 관계를 평가하고 설계하는데 적절하며, 실제 태스크를 수행하지 않더라도 수행도 평가 결과를 예상할 수 있기 때문에, 비용과 시간 절약의 이점이 있다고 할 수 있다(Park and Myung, 2004).

본 연구는 사용자의 연상 체계를 밝힘으로 사용자 정신 모형에 부합하는 정보 구조의 설계 및 평가 방법으로 제시된 SAT 결과가 실제 제품 사용자의 인지 행동과 일치하는지를 증명하기 위해 실시되었다. 인지 행동을 파악하기 위한 방법으로 Eye-Tracking을 이용하였는데, 이는 인간이 말로 표현하기 어려운 수준의 인지 과정까지 파악할 수 있다는 장점이 있다. 따라서, 본 연구는 메뉴 기반 인터페이스의 이론적인 방법론으로 제시된 활성화 확산 모델의 효율성을 Eye-Tracking 실험 결과를 통하여 밝히고자 한다.

1.1 활성화 확산 모형(Spreading-Activation model)

인간은 작업을 수행함에 있어 기억으로부터 정보를 인출할 때, 인출 이전의 시행 또는 인출 상태의 정황에 영향을 받게 된다(Anderson, 2000). Collins와 Loftus(1975)에 의해 개발된 인지 활성화 확산 모형(Spreading Activation Model)은 이러한 기억 인출이 어떻게 일어나는지를 설명하는 데 중요한 기능을 한다(Ratcliff et al., 1994).

활성화 확산 모형에 따르면, 하나의 개념으로 볼 수도 있고 명제로도 볼 수 있는 노드들은 연결통로를 따라 서로 연결되어 있어서 하나의 노드가 점화되면 연결통로가 연결되어 있는 다른 노드들을 활성화시키게 되기 때문에, 하나의 노드를 점화하게 되면 하나의 노드만이 심상에 떠오르는 것이 아니라 그 노드와 연관되어 있는 다른 노드들도 동시에 심상에 떠오르게 되는 것이다. 하지만 노드들이 연결되어 있다고 해서 연결된 모든 노드들이 활성화되는 것은 아니다(Lorch, 1982; Ratcliff and McKoon, 1981). 노드들을 연결하고 있는 연결통로들은 최근성(Recency)과 빈도(Frequency)에 따라 그 연결 강도를 달리하는데(Barsalou, 1983), 연결통로의 강도에 따라 다음 노드로 활성화하는 정도가 달라지게 된다. 또한, 연결된 노드가 점화되기 위해서는 활성화의 강도가 어느 수준 이상의 역치를 필요로 하며, 역치에 미치지 못할 경우 노드는 활성화되지 못한다. 이는 두 노드 간의 활성화 빈도와 최근성이 커짐으로 연결통로의 강도가 강할수록 하나의 노드가 다른 노드를 쉽게 점화하고 쉽게 심상에 떠올릴 수 있다는 것을 의미한다.

이와 같이 인간의 기억에 대한 보편적인 틀을 제공(Anderson, 1980; Reed, 2000)하는 활성화 확산 모형에 관해 여러 연구가 진행되었다. Sharifian and Samani(1997)는 활성화 확산 모형을 통하여 인간의 기억 인출 시스템을 설명하기 위한 연구를 수행하였다. 계층적인 관계의 단어 쌍(예를 들어, 식물-꽃-장미)을 추출한 후 상위 단어와 하위 단어를 피실험자에게 일정한 간격으로 제시하고 그에 따른 반응 시간을 통하여 두 단어 간의 연상 정도를 측정하였다. 반응 시간이 짧을수록 연상 강도가 강하고, 단어 쌍간의 관계가 밀접함을 보여주었다. 또한 Park and Myung(2004)은 웹사이트 메뉴 구조를 평가하기 위한 방법으로 활성화 확산 모형을 적용하였으며, 사용자의 인지 구조와 메뉴 구조 간의 일치하지 않는 부분을 도출하여 개선함으로 사용자 중심 인터페이스의 개선 및 평가를 위한 이론적 배경으로서의 가능성을 제시하였다.

1.2 Eye-Tracking

인간은 외부 정보의 70% 이상을 시각 정보를 통해 받아들이게 되며, 작업 기억에서 인지 활동을 위해 활용되는 정보의 약 90% 이상은 눈을 통하여 입력된 정보이다(Willems et al., 1999). 또한, 시 지각은 단순한 시 운동뿐만 아니라

본질적으로 문제의 해결을 위한 선택적이고, 능동적인 지각을 의미하기 때문에(Arnheim, 1969), 현재 주시하고 있는 대상과 관련된 과업을 수행하고 있다면, 시선 움직임은 사용자의 인지 활동을 이해하기 위한 중요한 단서가 될 수 있다(Glenstrup et al, 1995).

눈 움직임의 주요 측정치로 Fixation (응시)과 Saccade (도약)를 들 수 있다. 인간의 눈은 사물이나 그림의 각 요소에 시선을 고정하는 동안 짧은 시선의 정지(약 100~300 ms)를 유지하면서 지속적으로 운동을 계속하는데, 이와 같이 짧은 시간 동안 시선이 정지하는 것을 Fixation이라 하며, 이 때 정보 처리가 이루어지게 된다. 또한 인간이 사물의 형체를 정확히 파악하기 위해서는 그 물체의 상을 시각 시스템 내부에 존재하는 망막의 중심(fovea)에 위치시켜야 하는데, 이를 유효시야(Useful Field Of View)라 하고(Eriksen, 1974) 고정점으로부터 반경 1도 내외이다. 유효시야를 벗어날 경우 정보 처리의 민감도는 급격히 하락하게 하며, 첫 번째 Fixation은 두 번째 Fixation보다 길다(Rayner et al., 1996). 관련 연구로, Ohtani (1971)에 따르면 Fixation Duration(응시 기간)은 작업의 종류에 따라 다양한 분포를 보이며(0.1~10sec), 세밀한 탐색작업(detail search)에서는 긴 시간이 소요되나, scanning의 경우는 짧은 시간이 소요되는 경향을 보인다고 보고하였다. Gould와 Schaffer (1965)는 단위면적당 Fixation의 수와 단위면적당 주요자극(Critical Stimuli)의 존재확률은 높은 상관관계를 갖는다고 한다. 그 외에도 복잡도에 따른 눈 움직임 현상을 파악하기 위한 연구가 진행되었는데, 피험자에게 어려운 텍스트일수록 보다 긴 Fixation Duration과 많은 안구운동의 회귀(Repeat Fixation)가 관찰되었으며(Just et al., 1981), 회귀는 이해의 실패에 기인한다(Blanchard and Iran-Nejad, 1987; Franzier and Rayner, 1982). 또한 정신부하가 높으면 눈의 머문 시간이 증가한다는 연구 결과가 있다(Wierwille, 1985).

다음으로 시계의 한 목표물로부터 다른 목표물로 응시방향을 신속히 변화시키는 행동, 즉 Fixation 간의 안구운동을 Saccade라 한다. Saccade Latency는 적어도 150~175ms이며 초당 500°의 속도를 가지고, 최대 속도는 600°/s이다. 또한 다음 번 응시 대상에 시선이 도달할 때까지 멈추지 않고, 움직임은 직선에 가까운 궤적을 나타낸다(Carpenter, 1977). 일반적으로 인간의 눈은 깨어있는 동안 초당 2~3번 평균 7° 정도 크기의 Saccade가 일어나며, Saccade 도중에는 민감도가 급격히 감소하여 정보 처리가 거의 이루어지지 않는데, 이러한 현상을 Saccadic Suppression이라 한다. 이와 관련하여 Deubel et al.(1996)은 Saccade가 인간의 주의 움직임과 필수적으로 연결됨을 주장하였고, Antti et al.(1998)은 사용자의 정신 모형과 유사한 메뉴 구조가 더 적은 Saccadic 움직임을 만든다고 하였다.

이처럼 Eye-Tracking은 인간의 상세한 인지 과정을 파악할 수 있다는 이점이 있으므로, 비행기, 자동차, 광고 등의 인터페이스 평가를 위해 여러 분야에서 활용되고 있다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 계층적인 메뉴 구조를 가진 컨버전스 제품으로 이동전화 단말기(모델명: SPH-350)를 선정하여 SAT 및 Eye-Tracking 실험을 실시하였다. 대상 제품은 2~5단계의 깊이를 가지고 있으며, 각 단계는 1~9개의 너비를 가지고 있는 계층형 메뉴 구조다.

연구를 위한 실험 순서는 다음과 같다. 우선 피실험자들의 인지 반응 정도를 통해 문제가 있는 메뉴 쌍들을 대상으로 직무 시나리오를 구성하기 위하여 1차 SAT를 실시하였다. 그리고 1차 Eye-tracking 실험은 직무 시나리오에 따른 피실험자들의 시선 행위를 분석함으로 사용자들이 유발할 수 있는 에러를 찾아냄과 동시에 1차 SAT 결과와의 연관성을 확인하기 위한 목적으로 실시하였다. 1차 실험에서 결과를 종합하고, 피실험자 사후 면접을 실시하여 개선된 메뉴를 구성한 후 개선된 메뉴 구조에 따른 인지 반응을 파악하기 위하여 2차 SAT 및 Eye-Tracking 실험을 실시하였다. Eye-Tracking 실험은 동일한 시나리오를 통해 실시되었는데, 개선 전/후의 메뉴 구조를 독립 변수로 하고, 직무 시나리오를 수행하는 과정에서 측정되는 각 메뉴 단계에서의 총 Fixation 수와 Fixation Duration, 수행 시간을 종속 변수로 정의하였다.

실험 계획은 SAT와 Eye-Tracking 실험 모두 1차와 2차 실험에서 다른 피실험자들이 동일한 시나리오를 수행하는 Between subject design으로 하였다.

그림 1은 본 실험의 연구 진행 절차를 나타내고 있다.

2.1 실험 1: SAT

2.1.1 피실험자

1차 SAT는 이동전화 사용 경험이 5년 이상인 10명을 대상으로 실시하였다. 평균 연령은 29.9(±5.1)세이다.

2차 SAT는 1차 피실험자와 동일한 조건을 가진 10명을 대상으로 실시하였다. 평균 연령은 28.1(±3.0)세이다.

2.1.2 실험 장비

SAT는 Power Builder로 제작된 도구를 이용하였으며, 반응 시간과 정확도를 측정할 수 있도록 하였고, 결과는 log 파일로 기록되었다.

2.1.3 실험 절차

SAT는 메뉴를 상/하위 쌍으로 구분하여 일정시간 간격으로 두 개의 항목을 차례로 제시하고 피실험자들이 두 항목의 연상 강도에 따라 'Yes' 또는 'No'로 판단한다. 이 때 첫 단어가 제시된 시간부터 결정을 내려 마우스를 클릭할 때까지의 반응 시간과 결과에 따른 정확도를 측정하였으며, 메뉴 쌍 간의 제시 간격은 1.5초로 설정하였다. 실험 중 피실험자의 피로 효과를 최소화하기 위해 총 136개의 메뉴 쌍을 34개씩 4번에 나누어 실시하였으며, 각 단계 사이에는 10분 간의 휴식 시간을 제공하였다. SAT는 단지 두 단어만을 제시하여 피실험자의 연상 체계 안에서의 두 단어 간의 연상 정도만을 알아보는 것이기 때문에 학습 효과가 발생하는 것을 방지할 수 있다(Park and Myung, 2004).

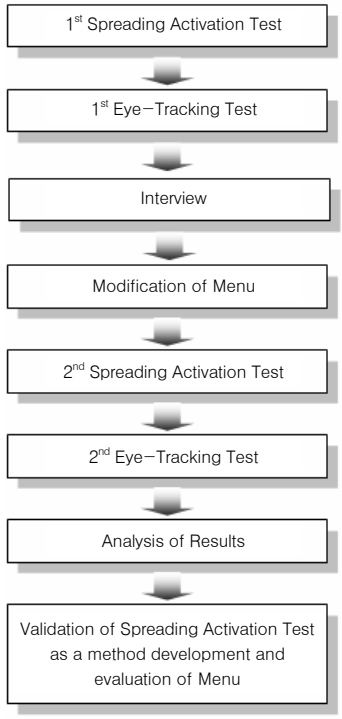


그림 1. 실험 절차

2.1.4 분석 방법

측정된 평균 반응 시간과 정답자 수를 바탕으로 기존 메뉴 구조 체계에 대한 의미적 문제점을 도출하였다. 자료 분석을 위해 SPSS 12.0을 사용하였다.

2.2 실험 2: Eye-Tracking 실험

Eye-Tracking은 기존 메뉴 구조를 바탕으로 한 1차 실험 후에 개선된 메뉴 구조를 바탕으로 2차 실험을 실시하였다. Eye-Tracking 실험은 SAT를 통하여 나타난 메뉴 구조의 의미적 문제점이 실제 인간의 눈 움직임 데이터를 통한 결과에서도 나타나는지를 알아보기 위한 것이므로, SAT를 통하여 문제점들이 발생한 메뉴 쌍이 포함되도록 작업 시나리오를 구성하여 모든 타겟 아이템에 대한 Fixation 수와 Fixation Duration, 그리고 실제 작업 수행 시간을 측정하였다. 또한 2차 SAT와 Eye-Tracking 실험은 1차 Eye-Tracking 실험 종료 후 실시한 사후 인터뷰를 통하여 얻어진 문제점과 해결 방안을 종합하여 메뉴 구조를 수정한 후 실시하였다. 이를 통하여 메뉴 기반 인터페이스의 평가를 위해 제시되었던 이론적 실험인 SAT를 실제 태스크를 하는 동안의 사용자 눈 움직임을 통해 검증하고자 한다.

2.2.1 피실험자

1차 Eye-Tracking 실험은 이동전화 단말기를 최소 3년 이상 사용한 20~30대 대학원생 8명을 대상으로 실시하였다. 평균 연령은 26.2(±3.1)세이며, 단말기 평균 사용 기간은 62.1(±7.2)개월이었다.

2차 Eye-Tracking 실험은 1차 Eye-Tracking의 피실험자와 동일한 조건의 20~30대 대학원생 8명을 대상으로 실시하였다. 평균 연령은 28.2(±2.5)세이며, 단말기 평균 사용 기간은 59.1(±4.7)개월이었다.

2.2.2 실험 장비

시선 데이터를 측정하기 위한 장비로는 20인치 CRT 모니터와 faceLab Eye-Tracking(Version 4.2.2) 소프트웨어, 그리고 시선을 분석하기 위해 gazeTracker 소프트웨어가 사용되었다. 피실험자의 눈으로부터 화면까지의 시 거리는 약 80~90cm를 유지하도록 하였으며, 태스크 수행을 위한 이동전화 단말기 에뮬레이터는 Flash 8.0으로 제작되었다.

그림 2. faceLab Eye-Tracking(version 4.2.2)

2.2.3 실험 절차

Eye-Tracking 실험은 숙지, Calibration, 수행의 총 3단

계 과정으로 실시되었다. 우선 숙지 단계에서는 태스크를 진행하기 이전에 실험에 대한 지시 및 주의 사항을 설명하고, 최대한 편안한 자세를 유지하도록 하였다. 그 후 피실험자의 Eye-Tracking을 위해 Head Model 생성과 Screen Calibration을 실시하였다. 마지막으로 수행 단계에서는 SAT를 통해 도출된 시나리오를 가지고 실시하였는데, 시나리오에 관한 충분한 이해가 선행된 후 실시되었다. 실험은 gazeTracker의 레코딩과 동시에 실시되었으며, 최종 타겟 메뉴에 도달했을 때 확인 버튼을 클릭함으로 종료되었다.

1차 Eye-Tracking 실험 종료 후 보완적인 방법으로 문제의 원인 분석과 사용자의 심성 모형을 추출을 통해 개선된 메뉴 구조를 설계하기 위하여 사후 인터뷰를 실시하였다.

2.2.4 분석 방법

SAT의 인지 반응 정도를 토대로 발견된 문제 있는 메뉴 쌍들이 실제로 메뉴 기반 인터페이스를 사용함에 있어 일관된 결과가 나타나는지, 구체적으로 어떤 경로를 통하여 오류를 발생시키는지의 여부를 확인하기 위하여 Fixation Duration과 총 Fixation 수, 그리고 수행 시간을 측정하였다. 자료 분석을 위해서 SPSS 12.0을 사용하였다.

3. 연구 결과

3.1 1차 SAT 결과 및 Eye-Tracking 실험 결과

1차 SAT를 수행한 결과, 피실험자들의 반응 시간과 정확도를 기준으로 대상 메뉴의 상/하위 메뉴 쌍 간의 의미적인 문제점이 도출되었다. 이를 토대로 사용자의 인지 구조와 제품 메뉴 구조 간의 일치 여부를 확인할 수 있었는데, 실험 결과, 평균 정확도는 79.4%, 평균 반응 시간은 1.13(±0.29)초로 나타났다. 표 1은 SAT 결과에 대한 일부분이다.

여기서 정답자 수가 많다는 것은 메뉴 구조나 어휘에 있어 상위 메뉴를 통하여 하위 메뉴를 연상하기 쉽다는 것을 의미하며, 반응 시간이 짧다는 것은 상위 메뉴를 통한 하위 메뉴의 연상 정도가 수월함을 의미한다(Park and Myung, 2004). 이를테면 메뉴 쌍 9번(카메라-촬영)의 경우 10명 중 10명 전원이 상위 메뉴를 통하여 하위 메뉴를 연상할 수 있었으며, 메뉴 쌍 32번(메시지-SPAM 차단)의 경우 10명 중 8명이 상위 메뉴를 통한 하위 메뉴를 예상할 수 있었다. 이와 같이 메뉴 쌍 9, 32번은 반응 시간이 평균 반응 시간보다 적게 소요되고 대부분의 피실험자가 상위 메뉴를 통해 하위 메뉴를 연상할 수 있었으므로, 해당 메뉴의 의미적 구조가 사용자 정신 모형과 거의 일치함을 알 수 있다. 그러나 메뉴 쌍 24, 44, 86번의 경우 정답률이 50% 이하로 저조하며 반응 시간을 보더라도, 평균 반응 시간인 1.13초보다 많이 소요되므로 해당 메뉴 쌍이 상위 메뉴를 통하여 하위 메뉴를 연상하는데 상대적으로 어려움을 알 수 있다. 이와 같이 SAT에서 문제점이 발견된 메뉴 쌍은 사용자의 정신 모형과 메뉴 구조 간의 의미적 불일치로 인해 사용성(Usability) 측면에서 문제가 발생할 수 있으므로, 의미적 구조의 재편성이 불가피하다고 할 수 있겠다.

표 1. 1차 SAT 결과

Pairs No.	첫 번째 메뉴 항목	두 번째 메뉴 항목	정답자 (총10명)	반응 시간 (sec)	
				Mean	S.D.
9	카메라	촬영	10	0.77	0.16
24	**소리**	**취침모드**	**5**	**1.30**	**0.56**
32	메시지	SPAM 차단	8	1.05	0.49
44	**애니콜 세상**	**자동응답**	**2**	**1.69**	**0.89**
86	**화면**	**이미지 관리**	**3**	**1.46**	**0.47**
117	환경설정	메모리 관리자	9	1.12	0.27
129	메시지	컬러메일	9	1.09	0.79

* S. D. = Standard Deviation

따라서 반응 시간 기준 상위 30%에서 정확도 50% 이내 메뉴 중 인터뷰를 통해 일상 생활에 유용하다고 답변한 기능을 추출하여 시나리오를 구성한 후 Eye-Tracking 실험을 실시하였다. 구성된 직무 시나리오는 표 2와 같다.

표 2. 작업 시나리오

Task No.	Scenario
1	이동전화의 사용 가능한 메모리가 부족하여 메모리를 정리하고자 한다. 이를 위해 기존에 무선 인터넷을 통해 다운 받았던 이미지를 삭제해 보자.
2	잘 때 전화가 오는 건 귀찮다. 수면 방해 방지를 위해 취침 모드를 설정해 보자.
3	운전 중이라 전화를 받을 수 없는 상황이다. 자동응답을 설정해 보자.

Eye-Tracking 실험은 각 작업 시나리오를 수행하는 피실험자에 대한 각 메뉴 아이템의 Fixation Duration 및 총 Fixation 수, 그리고 수행 시간을 산출하여 분석을 실시하였다. 표 3은 Eye-Tracking 실험 시 피실험자들이 실제로 작업 시나리오를 수행하기 위하여 거쳤던 경로를 나타내고 있다.

또한 그림 3은 사용자들의 목표 탐색을 위한 정보 처리 과정에 관한 모형이며(Norman, 1990), 표 4는 1차 Eye-Tracking 실험 결과이다.

Task 1은 표 1에서 메뉴 쌍 86번의 과정, 즉 [화면] 메뉴를 통하여 [이미지 관리] 메뉴를 선택해야 한다. 그러나

표 3. 수행 경로 예

Subject No.	Task 1	Task 2	Task 3
1	카메라 → 애니콜 앨범 → 환경 설정 → 메모리 관리자 → 기본 메모리 → 공용 메모리 → 화면 → 이미지 관리 → 다운로드 이미지 → 종료	환경 설정 → 통화/인터넷 설정 → 메시지 설정 → 애니콜 세상 → 자동응답 → 소리 → 취침 모드 → 종료	환경 설정 → 통화/인터넷 설정 → 메시지 설정 → 전자 다이어리 → Today → 소리 → 메시지 → 음성 쪽지 → 애니콜 세상 → 자동응답 → 종료
2	환경 설정 → 메모리 관리자 → 기본 메모리 → SKT 서비스 → NATE 접속 → 화면 → 이미지 관리 → 다운로드 이미지 → 종료	전자 다이어리 → Today → 할 일 → 환경 설정 → 메시지 설정 → 통화/인터넷 설정 → 소리 → 취침 모드 → 종료	환경 설정 → 통화/인터넷 설정 → 메시지 설정 → 소리 → 기능음 구성 → 전자 다이어리 → 메모 → 애니콜 세상 → 자동응답 → 종료
3	애니콜 세상 → 환경 설정 → 메모리 관리자 → 전자 다이어리 → SKT 서비스 → SKT 부가서비스 → 카메라 → 애니콜 앨범 → 화면 → 이미지 관리 → 다운로드 이미지 → 종료	전자 다이어리 → Today → 메시지 → 환경 설정 → 통화/인터넷 설정 → 소리 → 취침 모드 → 종료	환경 설정 → 통화/인터넷 설정 → 메시지 설정→ 메시지 → 음성 쪽지 → 애니콜 세상 → 자동응답 → 종료
…	…	…	…
8	SKT 서비스 → NATE 접속 → SKT 부가서비스 → 환경 설정 → 메모리 관리자 → 화면 → 이미지 관리 → 다운로드 이미지 → 종료	전자 다이어리 → Today → 애니콜 세상 → 환경 설정 → 통화/인터넷 설정 → 소리 → 취침 모드 → 종료	메시지 → 음성 쪽지 → 전자 다이어리 → Today → 소리 → 기능음 구성 → 애니콜 세상 → 자동응답 → 종료

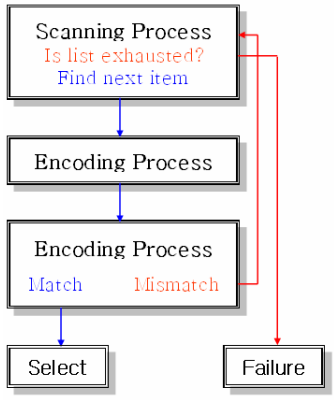


그림 3. 타겟 아이템 탐색을 위한 정보처리 모형

대부분의 피실험자들은 활성화 확산의 실험 결과와 마찬가지로 [화면]을 통하여 [이미지 관리]를 연상하는데 많은 어려움을 겪고 있음을 실험을 통해 확인할 수 있었다. 실제로

표 4. 1차 눈 움직임 데이터와 수행시간 비교

	1st Eye-Tracking		
	Performance time(sec)	Total number of fixation	Total duration of fixation (msec)
Task 1	193.05	159.13	7,755
Task 2	84.99	108.88	5,190
Task 3	151.92	141.13	7,875

'다운로드 받았던 이미지 삭제'의 태스크를 수행하기 위해서는 [화면] 메뉴를 선택해야 한다. 그러나 대부분 피실험자들의 수행에서는 [SKT 서비스] 또는 [환경 설정]의 [메모리 관리자]를 선택하였다(표 3). 총 Fixation 수는 159.13회, Fixation duration은 7,755msec로 나타났으며 수행 시간이 193.05sec로 비교적 길게 나타났다.

Task 2는 표 1에서 메뉴 쌍 24번의 과정, 즉 [소리] 메뉴를 통하여 [취침 모드] 메뉴를 선택해야 한다. 그러나 대부분의 피실험자들은 '취침 모드'를 설정하기 위해 [전자 다이어리] 메뉴를 선택하였으며, 총 Fixation 수는 108.88회, Fixation duration은 5,190msec로 나타났다. 그리고 타겟이 아닌 메뉴를 응시하고 선택하는 일이 빈번히 발생함으로 다수의 Fixation뿐만 아니라 수행 시간(84.99sec) 또한 증가함을 알 수 있었다. 이러한 결과로 볼 때, 피실험자에게 [취침 모드]는 [알람] 혹은 [모닝콜]과 같이 일정 시간을 지정하여 해당 기능을 설정하는 개념으로 받아들여졌다고 판단되며, 표 5의 사후 인터뷰를 통해서도 확인할 수 있었다.

표 5. 사후 인터뷰 결과

Task No.	결과
1	"다운받았던 이미지를 관리하는 기능이 '화면'의 하위메뉴라는 것은 적절치 못한 것 같다.", "무선 인터넷을 통해 다운받았던 이미지를 삭제하려면 인터넷 서비스를 제공하는 메뉴로 들어가야 하지 않을까?"
2	"취침 모드도 '알람'이나 '모닝콜'과 같이 일정 시간을 정해두고 실행되는 것이니 전자 다이어리의 하위 메뉴로 적당하지 않을까", "'소리' 메뉴와도 연관성은 있어 보이나 기능상으로는 '환경 설정'이나 '전자 다이어리'에 속하는 것이 더 직관적인 메뉴 구조가 아닐까"
3	"'애니콜 세상'을 통하여 '자동응답' 설정을 할 수 있다는 사실이 전혀 연상 되지 않는다.", "환경 설정'에서 설정하는 것이 적절할 것 같다.'

Task 3는 표 1에서 메뉴 쌍 44번의 과정, 즉 [애니콜 세상] 메뉴를 통하여 [자동응답] 메뉴를 선택해야 한다. 그러나 대부분의 피실험자들은 '자동응답'을 설정하기 위해 [환경 설정] 메뉴를 선택하였다. 이는 표 5의 사후 인터뷰 결과를 통해서도 알 수 있었다. 총 Fixation 수는 108.88회, Fixation Duration은 7,875msec로 태스크의 높은 난이도로

인해 Fixation 수와 Fixation Duration이 현저히 증가함을 알 수 있었으며, 총 수행 시간은 151.92sec로 높게 나타났다.

이와 같이 하위 메뉴로의 연상 불일치는 작업 수행도 저하 및 인지적 과부하로 연결됨을 알 수 있었으며, 이론적 방법론으로 제시되었던 SAT 결과가 실제 태스크를 수행하는 피실험자의 Eye-Tracking 결과를 통해서도 유사하게 나타남을 알 수 있었다.

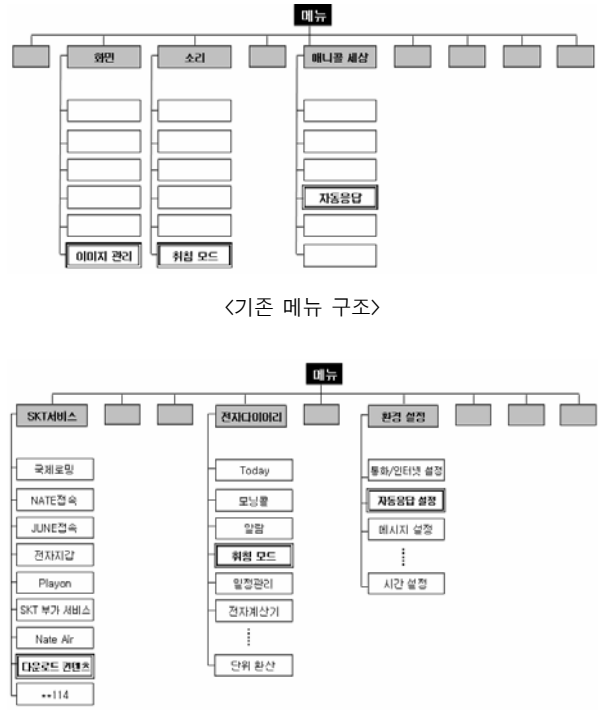
또한, SAT를 통하여 얻어진 각 작업 시나리오의 반응 시간과 Eye-Tracking 실험에서 도출된 Fixation 및 수행 시간과의 관련성을 알아보기 위하여 상관 분석을 실시하였다. 반응 시간과 Fixation 수 간의 상관 분석(α=0.05, 양측 검정) 결과 상관 계수가 0.878로 두 변수, 즉 SAT의 반응 시간과 실제 기기를 사용하는 사용자의 Fixation 횟수 간에 매우 강한 상관 관계가 있다는 것을 알 수 있다. SAT의 반응 시간과 Fixation Duration의 상관 계수도 0.881(α=0.05, 양측 검정)로 매우 강한 상관 관계를 보여 SAT의 반응 시간이 높을수록 Fixation Duration 이 증가함을 알 수 있었다. 정확도와 수행 시간은 상관 계수가 −0.933(α=0.05, 양측 검정)으로 나타나 SAT에서 정확도가 높을수록 실제 태스크 수행 시간은 현저히 감소함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 실제 태스크 수행 실험을 하지 않고도 SAT를 통하여 메뉴의 의미 구조 평가에 대한 결과를 예상할 수 있음을 의미한다.

3.2 2차 SAT 결과 및 Eye-Tracking 실험 결과

1차 SAT와 Eye-Tracking 실험 이후, 사후 인터뷰 결과를 종합하고 메뉴의 의미적 문제점 및 개선방향을 도출하여 메뉴에 적용하였다. 그 후 실시된 2차 SAT와 Eye-Tracking 실험은 1차 실험과 비교하여 얼마나 개선되었는지를 측정하기 위함이다.

그림 4는 의미적 문제점이 존재하는 기존 메뉴와 개선된 메뉴 구조를 나타낸다. Eye-tracking 및 사후 인터뷰를 통하여 개선의 필요성이 있는 [화면]-[이미지 관리], [소리]-[취침 모드], [애니콜 세상]-[자동응답]은 각각 [SKT 서비스]-[다운로드 컨텐츠], [전자 다이어리]-[취침 모드], [환경 설정]-[자동응답 설정]으로 변경되었으며, 세부적인 내용은 다음과 같다.

먼저 Task 1에서 '화면'의 하위 아이템이었던 [이미지 관리]의 [다운로드 이미지]는 [다운로드 컨텐츠]라는 새로운 메뉴 아이템을 생성하여 인터넷 서비스 카테고리인 [SKT 서비스]의 하위 아이템으로 재배치하였다. Task 2와 관련해서는 [소리]의 하위 아이템인 [취침 모드]를 [전자 다이어리]에 재배치하였다. 마지막으로 Task 3에서 수행된 자동응답 설정은 [애니콜 세상]이라는 하위 아이템으로 포함



〈기존 메뉴 구조〉

〈개선된 메뉴 구조〉

그림 4. 기존 메뉴구조와 개선된 메뉴 구조

되어 있었으나, [환경 설정]의 하위 아이템으로 재배치시켰으며 어휘 일관성을 유지하기 위하여 [자동응답 설정]으로 명칭을 변경하였다. 표 6은 개선된 메뉴의 2차 SAT 결과이다.

표 6. 2차 SAT 결과

Pairs No.	첫 번째 메뉴 항목	두 번째 메뉴 항목	정답자 (총10명)	반응 시간(sec)	
				Mean	S.D.
24	전자 다이어리	취침 모드	7	0.95	0.20
44	환경 설정	자동응답 설정	9	0.92	0.31
…	…	…	…	…	…
86	SKT 서비스	다운로드 컨텐츠	7	1.00	0.16

*(p<.05)

표 7은 SAT에서 메뉴의 개선 전/후의 반응 시간이 통계적으로 유의한 차이가 있는지 검증하기 위하여 Paired t-test를 실시한 결과이다.

표 7을 통하여 개선된 메뉴가 인간의 인지 모델과 유사하므로 반응 시간이 감소하였음을 알 수 있으며(α=0.05), 그림 5를 통해서도 해당 메뉴 쌍의 정확도 또한 향상되었음을 알 수 있다.

표 8은 2차 Eye-Tracking 실험 결과이다. 개선된 메뉴

표 7. 1차 2차 SAT 반응 시간 평균 비교

Pairs No.	Mean	S.D	t	Df	유의확률 (양쪽)
24	349.8	418.5	2.643	9	.027
44	767.4	943.7	2.572	9	.030
86	459.5	534.2	2.720	9	.024

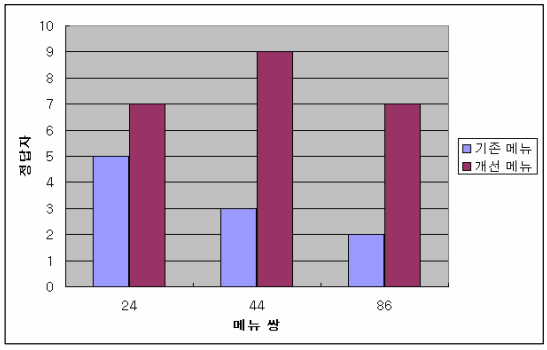


그림 5. 1차 2차 SAT 정확도 비교

구조를 사용한 Eye-tracking 실험 결과는 2차 SAT와 마찬가지 결과를 보였는데, 각 Task별로 총 Fixation 수, 총 Fixation Duration, 그리고 수행 시간이 현저히 감소함을 알 수 있었다.

표 8. 2차 눈 움직임 데이터와 수행 시간 비교

	2^{nd} Eye-Tracking		
	Performance time (sec)	Total number of fixation	Total duration of fixation (msec)
Task 1	42.76	48.13	1,833
Task 2	31.06	25.62	1,173
Task 3	29.11	33.88	2,033

이와 같이 복잡한 정보 구조의 문제점을 개선함으로 시선의 움직임이 보다 계획적인 패턴을 보였으며, 불필요한 Fixation이 감소하고 모호한 메뉴인 경우 발생하는 Fixation Duration의 지연이 감소함에 따라, 전반적인 수행도가 향상되어 사용자의 정신 모형과 일치하는 사용자 중심 메뉴 구조로 개선되었음을 알 수 있었다.

또한 표 9에서도 메뉴의 개선 전후 Eye-Tracking 실험 결과, 총 Fixation 수, 총 Fixation Duration, 그리고 수행 시간이 통계적으로 유의한 차이(α=0.05)를 보이고 있음을 알 수 있다.

즉 SAT 결과를 바탕으로 메뉴 구조를 수정할 경우 불필요한 경로로의 눈 움직임을 최소화하면서 원하는 정보를 빠

표 9. MANOVA 결과

	메뉴 변경	S.S	df	F	*p*-value
Performance time	전	120400.3	1	65.114	.000
	후				
Total number of fixation	전	33219.5	1	81.391	.000
	후				
Total duration of fixation	전	142608.0	1	52.247	.000
	후				

른 시간 내에 찾을 수 있다는 것을 알 수 있다. 또한, 메뉴 기반 인터페이스의 평가 및 설계를 위한 이론적 방법론으로 제시되었던 SAT가 제품을 사용하는 사용자의 인지 모델에 따른 Eye-Tracking 결과와 일치함으로 사용자 중심 인터페이스의 평가 및 설계를 위한 효율적인 방법임을 확인할 수 있었다.

4. 결론 및 검토

인간의 기억 인출이 어떻게 일어나는지에 관한 보편적인 틀을 제공(Anderson, 1980; Reed, 2000)하는 활성화 확산 모형은 메뉴 기반 인터페이스를 평가하기 위한 이론적 배경으로 Park and Myung(2004)에 의해 처음 시도되었다. 이를 통하여 메뉴 구조의 계층적 문제 및 어휘적 문제에 관한 구체적이고 정량적인 평가가 가능하였다. 또한 제시된 단어의 연관성만을 판단하므로 주변 효과(side effect)를 배제할 수 있으며, 장비에 대한 제약이 없고 분석의 명료함으로, 메뉴 기반 인터페이스를 평가하기 위한 기존의 여러 기법들과 비교하여 비용적/시간적 측면에서도 유리함을 밝히고 있다(Park and Myung, 2004; Han and Myung, 2004).

따라서 본 연구는 SAT에서 도출된 결과가 실제 제품의 조작에서 인지적 과제를 수행하는 인간의 시선 움직임을 분석한 결과와 동일한가에 대하여 확인하고자 실시되었다. Eye-Tracking을 SAT의 검증 방법론으로 채택한 이유는, 메뉴 기반 인터페이스의 사용에서 시각적 정보가 가장 큰 비중을 차지하며 특히, 제품의 사용에서 발생하는 사용자의 인지 활동을 이해하기 위한 중요한 단서가 될 수 있기 때문이다.

연구 결과, 1차 SAT(개선 전 메뉴 구조)의 반응 시간과 정확도를 기준으로 의미적인 문제점을 도출할 수 있었다. 이는 1차 Eye-Tracking 실험의 Fixation 수와 Fixation Duration을 통해서도 확인할 수 있었으며, 개선 후의 메뉴를 이용한 SAT와 Eye-Tracking 실험 결과에서도 동일하였

다. 목표 메뉴 탐색을 위한 피실험자 눈 움직임의 특징은 다음과 같다(Park et al., 2007). 우선, 피실험자는 메뉴를 선택하기까지 Searching과 Reading 두 가지의 구별된 비쥬얼 프로세스를 보였으며 이는 Rayner(1995)의 연구 결과와 동일하다(Graf et al., 1989; Rayner, 1995). 그리고 대안을 읽음으로 의미를 이해하고 평가(Jacko, 1995)하며 타겟 아이템에 도달했을 때 시선이 멈추는 행태를 보였으며, 시각 탐색 시 시각장의 중심영역에 주로 집중하여 단말기 화면의 모서리를 피하는 '모서리 효과' 경향을 보였다(Parasuraman, 1986). 탐색 전략에 있어서는 크게 2가지 특징을 보였는데, 처음에 옳다고 판단하는 메뉴 아이템을 선택하기까지 피실험자의 Fixation은 위에서 아래로 차례로 이동하는 규칙적인 전략(Systematic Strategy)을 보였으며, Antti et al (1998)의 연구 결과와 일치함을 알 수 있었다. 그러나 잘못된 경로로 진입했다고 판단했을 경우의 탐색 과정은 무작위 전략(Random Strategy)의 행태를 보였다. 이때 태스크의 난이도가 증가함에 따라 각 메뉴 아이템당 눈이 머무는 시간이 증가하였고, 다수의 회귀 현상을 보였는데, 이는 메뉴의 어휘가 사용자의 정신 모형과 일치하지 않음으로 발생하는 결과이다(Pollatsek and Rayner, 1990; Pynte, 1996).

또한 SAT와 Eye-Tracking 결과 간의 관련성을 파악하기 위해 상관 분석(α=0.05, 양측 검정)을 실시하였다. SAT의 반응 시간과 Fixation 수는 0.878로 매우 높은 상관관계를 보였으며, SAT의 반응 시간과 Fixation Duration 또한 0.881로 매우 높은 상관 관계를 보였다. 그리고 SAT의 정확도와 수행 시간 간의 상관 계수는 −0.993으로 인지적 연상 정도가 낮은 메뉴 쌍을 포함한 직무를 수행할수록 수행 시간이 오래 걸림을 알 수 있었다. 이와 같이 SAT 결과는 과제 수행 시 발생하는 인간의 눈 움직임 결과와 일치함을 알 수 있으므로, 인터페이스의 평가 및 설계를 함에 있어 비용적/시간적으로 효율적일 뿐만 아니라 간단한 SAT 실험만으로도 인터페이스에 대한 사용자의 인지적 반응 및 그에 따른 결과의 예상이 가능하다. 이는 활성화 확산 모형을 메뉴 구조의 설계 및 평가를 위한 이론적 배경으로 활용할 경우 인간의 연상 구조에 맞는 사용자 중심의 체계적이고 편리한 정보 구조 설계에 유용할 것으로 판단된다.

그러나 본 연구는 기존 연구(Park and Myung, 2004)와 마찬가지로 메뉴를 상/하위 쌍으로 구분(단방향)하여 제시하였으므로, 활성화 확산의 비대칭 전이(Barsalou, 1983)는 고려되지 않았다. 추후에는 활성화 확산의 비대칭 전이 현상이 제품을 사용하는 사용자의 기억 인출 정도에 어떠한 결과를 가져오는지, 그에 따른 영향은 무엇인지에 관한 연구가 필요할 것으로 보인다.

참고 문헌

Aaltonen, A., Hyrskykari, A. and Räihä, K. J., "101 spots, or how do users read menus?", *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 132-139), Los Angeles, CA. 1998.

Arnheim, R., *Visual Thinking*, Berkeley: University of California Press, 1969.

Barsalou, L. W., Ad hoc categories, *Memory and Cognition*, 11(3), 211-227, 1983.

Blanchard, H. E. and Iran-Nejad, A., Comprehension processes and eye movement patterns in the reading of surprise-ending stories, *Discourse Processes*, 10, 127-138, 1987.

Carpenter, R. H. S., *Movements of the Eye*, London: Pion, 1977.

Collins, A. M. and Loftus, E. F., A spreading-activation theory of semantic processing, *Psychological Review*, 82, 407-428, 1975.

Deubel, H. & Schneider, W. X., Saccade target selection and object recognition: Evidence for a common attentional mechanism, *Vision Research*, 1827-1837, 1996.

Eriksen, B. A. and Eriksen, C. W., Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task, *Perception and Psychophysics*, 16(1), 143-149, 1974.

Glenstrup, A. J. and Engell-Nielsen, T., *Eye Controlled Media: Present and Future State*, B. S. Dissertation, Copenhagen University, 1995.

Graf, W. and Krueger, H., Ergonomic evaluation of user-interfaces by means of eye-movement data, In M. J. Smith and G. Salvendy (Eds.), *Work with Computers: Organizational, Management, Stress and Health Aspects*, Elsevier, Amsterdam, 1989.

Han, S. Y. and Myung, R., Design of menu driven interface using error analysis, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 23(4), 9-21, 2004.

Jacko, J. A., Salvendy, G. and Koubek, R. J., Modeling of Menu design in Computerized Work, *Interacting with Computers*, 7(3), 304-330, 1995.

Liebelt, L.-S., McDonald, J., Stone, J. and Karat, J., "The effect of organization on learning menu access". *Proceedings of the Human Factors Society*, 26th Annual Meeting (pp. 546-550), Seattle, WA. 1982.

Lorch, R. F., Jr., Priming and Search Processes in Semantic Memory: A Test of Three Models of Spreading Activation, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21, 468- 492, 1982.

Norman, K. L., *The Psychology of Menu Selection: Designing Cognitive Control of the Human/Computer Interface*. NJ: Ablex Publishing Co., 1990.

Parasuraman, R., Vigilance, monitoring and search, *Handbook of perception and human performance*, New York : Wiley, 1986.

Park, J. S., Lee, S. J. and Myung, R., "Information Architecture Design using Eye-Tracking Method", *Proceeding of 2007 Conference of HCI of Korea* (pp. 15-20), Pyungchang, Korea. 2007.

Park, S. S. and Myung, R., Design and evaluation of hierarchical menu structure related to human association structure: spreading activation model approach, *Journal of the Korean Institute of Industrial*

Engineers, 30(1), 17-26, 2004.

Pollatsek, A. and Rayner, K., Eye movements and lexical access in reading. In D.A. Balota, G.B. Flores d'Arcais and K. Rayner (Eds.), *Comprehension Processes in Reading*, Erlbaum, Hillsdale, NJ., 1990.

Pynte, J., Lexical control of within-word eye movements, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and performance*, 22, 958-969, 1996.

Ratcliff, R. and McKoon, G., Retrieving Information From Memory: Spreading-activation Theories Versus Compound-Cue Theories, *Psychological Review*, 101(1), 177-184, (1994)

Rayner, K., Eye movements and cognitive processes in reading, visual search, and scene perception. In J.M. Findlay, R. Walker and R.W. Kentridge (Eds.), *Eye movement research: Mechanisms, processes and applications*. North Holland: Amsterdam, 1995.

Sharifian, F. and Samani, R., Hierarchical Spreading of Activation. In F. Sharifian (Ed.), *Proceedings of the Conference on Language, Cognition, and Interpretation*, IAU Press: Oxford, 1997.

Whalen, T. and Mason, C., The use of a three-structured index which contains three types of design defects in the design of videotext tree indexes, *Behavioural Research and Evaluation*, 15-34, 1981.

Wierwille, W. W., Rahimi, M. and Casali, J. G., Evaluation of 16 measures of mental workload using a simulated flight task emphasizing mediational activity, *Human Factors*, 27, 489-502, 1985.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 박 종 순 ❖ babirong@korea.ac.kr

동국대학교 정보통신공학과 학사

현 재: 고려대학교 정보경영공학부 석사 과정

관심분야: Multimodal Interface, pervasive computing, 감성 공학

❖ 명 노 해 ❖ rmyung@korea.ac.kr

Ph.D. in Industrial Engineering, Texas Tech University

현 재: 고려대학교 정보경영공학부 교수

관심분야: HCI, Information Visualization

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2007년 04월 04일

논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2007년 05월 15일

논문게재승인일 (Date Accepted) : 2007년 05월 21일