IE Interfaces
Vol. 22, No. 1, pp. 17-25, March 2009.

모바일 기기의 사용자 인터페이스 설계 도구로서 Trajectory Mapping 방법에 관한 연구

이석원† · 명노해

고려대학교 정보경영공학부

A Study of Trajectory Mapping Method as a User Interface Design Tool for Mobile Devices

Suk Won Lee · Rohae Myung

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

In mobile device's user interface, menu organization is very important as well as menu structure because small display of mobile device. Menu items should be organized based on user knowledge structure to design user-centered interface. Traditionally, MDS (Multidimensional Scaling) have been most often used to expose users' perceived organization of menu items. But, information that MDS reveals is just relative spatial location of concepts and not relevant to concepts connection. Unlike MDS, Trajectory Mapping explicitly finds users' cognitive links between perceived concepts. This study proposes a Trajectory Mapping technique for eliciting knowledge structure, especially a set of cognitive pathways linking menu items, from end user. With twelve participants, MDS and Trajectory Mapping were conducted using cellular phone's menu items. And user knowledge structure was analyzed through Visual Concept Map that combination of results of MDS and Trajectory Mapping. After then, menu items were organized according to users' perceived organization. Empirical usability test was also conducted. The results of usability test showed that usability, in terms of task performance time, number of errors, and satisfaction, for newly organized interface was significantly improved compare to original interface. The methodology of this study is expected to be applicable to design a user-centered interface. In other words, Trajectory Mapping technique can be used as a design tool of user interface for imposing user knowledge structure on the interface.

Keyword: trajectory mapping, knowledge structure, user interface design tool, menu system

1. 서 론

핸드폰과 PDA와 같은 모바일 제품은 일상생활에 있어서 없어서는 안될 필수품이 되었다. 모바일 제품이 우리에게 친숙해질수록 모바일 인터페이스의 사용성(usability) 요구는 사용자에 의해서 증가되고 있다. 인터페이스의 좋은 사용성은 사용자가 자신이 원하는 기능과 서비스를 쉽고 빠르게 이용할 수 있게 해주고, 무엇보다도 사용자의 만족도를 증가시킨다. 하

본 연구는 2단계 BK21 사업의 지원을 받아 이루어 졌음.
본 연구는 한국과학재단을 통해 교육과학기술부의 바이오연구개발사업으로부터 지원받아 수행되었음(M10640030004-08N4003-00410).
†연락저자 : 이석원, 136-713 서울특별시 성북구 안암동 5가 고려대학교 정보경영공학부 Fax : 02-920-5888, E-mail : swlee83@korea.ac.kr
투고일(2009년 01월 13일), 심사일(1차 : 2009년 01월 13일), 게재확정일(2009년 01월 21일).

지만 엄청나게 빠른 정보 통신 기술의 발전으로 하나의 모바일 기기에서 수행할 수 있는 기능이 많아졌고 이는 인터페이스의 메뉴 구조를 매우 복잡하게 만들었다. 이에 따라 사용자는 모바일 기기를 사용할 때, 메뉴 구조 탐색과 메뉴 선택을 하면서 많은 혼란과 어려움을 갖게 되었다(Ziefle and Bay, 2006). 동시에 개발자에게는 사용성이 좋은 메뉴 구조를 설계해야 하는 큰 과제가 주어지게 되었다(Jokela *et al.*, 2006).

메뉴 구조와 메뉴 선택과 관련된 기존의 연구를 보면 주로 계층적 메뉴(hierarchical menu)를 사용함에 있어서 영향을 주는 인간의 인지적 요소나, 계층적 메뉴 구조가 사용자의 정보 인출 수행도(performance)에 영향을 미치는 정도와 관련하여 이루어 졌다(Paap and Cooke, 1997). 계층적 메뉴 구조에서 폭(breadth)과 깊이(depth)의 상호절충관계(tradeoff)는 주요한 관심사였다. 다양한 도메인에서 메뉴 구조의 폭과 깊이의 변화가 인간의 운동 동작 시간(motor movement time), 시각적 탐색 시간(visual search time), 정확도(accuracy), 작업 기억 한계(limitation of working memory)에 어떠한 영향을 미치는지 연구되었다(Allen, 1983; Kiger, 1984; Miller 1981; Norman, 1988, 1991; Parush and Yuviler-Gavish, 2004; Snowberry *et al.*, 1983). 메뉴 구조의 폭/깊이와 관련된 이슈의 연구 결과는 공통적으로 폭이 넓은 메뉴 구조가 깊이가 깊은 메뉴 구조 보다 사용자의 수행도와 정확성에 큰 도움을 준다는 것이다.

하지만 메뉴 구조의 폭/깊이에 대한 이러한 연구결과는 작은 디스플레이를 가진 모바일 기기에서는 큰 의미가 없게 된다(Haung *et al.*, 2006). 핸드폰과 PDA와 같은 모바일 기기 역시 계층적 메뉴 구조를 가지고 있지만, 컴퓨터와 같은 계층적 메뉴 구조를 가진 다른 기기와 비교하였을 때 상대적으로 매우 작은 디스플레이를 가지고 있기 때문이다. 제한된 디스플레이에서 많은 정보를 인출해야 하기 때문에 사용자는 많은 스크롤링을 해야 하고, 메뉴 탐색을 하는 동안 작업 기억의 인지적 부하가 증가한다. 결국 사용자가 메뉴를 이용하는 시간이 증가하고 정확성이 떨어질 뿐만 아니라, 만족감 역시 떨어진다(Parush and Yuviler-Gavish, 2004; Tang, 2001; Ziefle, 2002). Amant *et al.*(2004) 역시 한번에 제한된 메뉴 아이템만 보여줄 수 있는 작은 디스플레이와 버튼을 이용한 반복적인 선택 작업이 모바일 기기에서 기존 계층적 메뉴 구조의 사용성 문제를 야기시키는 원인으로 지적 하였다.

이러한 원인으로 발생하는 사용성 문제를 해결하기 위해서는 모바일 기기의 메뉴 구조는 간단해야 하고, 잘 구성(organization)되어야 하며, 무엇보다도 사용자의 지식 구조(knowledge structure)와 기대(expectation)에 일치하게 설계되어야 한다(Kleiss, 1997; Ziefle, 2002). 최적의 계층적 메뉴 구성은 사용자의 반응 시간을 효율적으로 감소시켜주고, 이때 메뉴 개발자는 사용자의 수행도를 향상시키기 위하여 사용자가 인지하고 있는 구조를 잘 추출해야 한다(Norman, 2008). 다양한 선행 연구에서도 메뉴 구조와 사용자의 지식 구조 간의 일치 정도에 따라 수행도에 차이가 있음을 보여줬다(Hayhoe, 1990; Lee *et al.*, 1984; Roske-Hofstrand and Paap, 1986; Shurtleff, 1992). 이것은 특정 도메인에서 사용자가 머릿속에 형성하고 있는 메뉴 구조를 이해하고 그것을 메뉴 구성에 잘 반영하는 것이 중요하다는 것을 의미한다. 메뉴 구조가 사용자의 지식 구조와 일치하는 형태를 하고 있다면, 인터페이스를 이용함에 있어서 효율적인 정보 처리 및 인출 과정을 가능하게 해줄 것이다(Wickens and Hollands, 2000). 즉, 모바일 기기의 메뉴 기반 인터페이스가 사용자의 지식 구조와 일치한다면, 사용자는 복잡한 메뉴 구조에서도 자신이 원하는 메뉴 아이템을 쉽고 빠르게 찾아낼 것이다. 사용자의 지식 구조를 이해하는 것은 사용자 중심 인터페이스를 설계하기 위한 첫 단계이다.

사용자의 지식 구조를 이해하기 위해서 인간공학자들과 인지공학자들은 다양한 방법을 이용하여 분석하였다. Multi-dimensional Scaling(MDS), Hierarchical Cluster Analysis(HCA), Pathfinder Network Scaling (PNS) 등이 그것이다. MDS의 결과로 나타나는 공간적 묘사, HCA의 결과로 나타나는 계층적 묘사, PNS의 결과로 나타나는 그래픽적 묘사는 사용자가 받아들인 메뉴 아이템들의 구성을 잘 표현해 준다. 그리고 단일 메뉴 구조뿐 만 아니라 다중 메뉴 구조에서도 사용자가 머릿속에 형성하고 있는 메뉴 아이템들 사이의 관계를 쉽게 알 수 있게 해준다(Paap and Cooke, 1997).

사용자의 지식 구조를 얻을 수 있도록 도와주는 다양한 방법 중에서도 MDS는 가장 일반적으로 사용되어 왔다(Paap and Cooke, 1997). MDS는 인간이 갖고 있는 개념들에 대한 인지적 구조(cognitive structure)를 이해하기 위해 심리학자들이 제안한 도구이다(Shepard, 1962). MDS를 이용하면 어떠한 자극에 의하여 사용자의 머릿속에 형성된 개념들이 어떠한 구조를 가지고 자리잡고 있는지를 알 수 있다. MDS는 사용자가 갖고 있는 개념들간의 근접성을 근거로 하여 각 개념들의 속성을 기준으로 차원상의 공간에 표시한다. 비유사성 및 유사성을 이용한 근접성 데이터를 입력하여 분석을 하게 되면, 이는 사용자가 개념을 지각하고 있는 위치를 표현한 것과 동일한 시각적 구도를 얻을 수 있다(박광배, 2000). 메뉴 아이템을 대상으로 MDS 분석을 할 경우 얻어낸 공간적 정보는 사용자가 갖고 있는 메뉴 아이템들 사이의 상대적 위치에 대한 정보를 시각적으로 잘 보여주긴 하지만, 메뉴 아이템들 사이의 그룹이나 연결상태에 대한 정보는 보여주지 못한다(McDonald, 1988; Ware, 2004).

이러한 MDS의 제한을 극복할 수 있는 방법이 Trajectory Mapping이다(Gilbert and Richards, 1994; Ware, 2004). Trajectory Mapping의 결과는 사용자의 지식 구조를 형성하고 있는 개념들 간의 인지적 연결상태를 시각적으로 보여준다. Trajectory Mapping은 사용자에게 받아들여진 자극에 대한 개념들의 연결상태 즉, 인지적 경로(cognitive pathways)를 시각적으로 잘 보여주므로, Trajectory Mapping 방법은 MDS 방법보다 사용자가 갖고 있는 인지적 윤곽을 더 잘 이해할 수 있도록 도와준다(Lokuge *et al.*, 1996; Richards and Koenderink, 1995; Ware, 2004).

Trajectory Mapping 방법을 이용하여 인간의 지식 구조를 추

출한 연구를 살펴보면, 주로 MDS 방법과 Trajectory Mapping 방법을 함께 사용하여 MDS 방법의 공간적 결과 위에 Trajectory Mapping 방법의 결과인 인지적 경로를 시각적으로 도식화 하였다. 가장 쉽고 잘 이해할 수 있는 MDS 방법의 한계를 Trajectory Mapping 방법이 잘 보완해 주기 때문이다. Trajectory Mapping 방법은 1993년 인간의 지식 구조를 좀 더 명확히 알아내기 위하여 처음 소개되었다. 이 후, Richards and Koenderink (1995)는 인간이 갖고 있는 도형간의 관계, 지하철역 사이의 거리, 색간의 관계, 질감간의 관계에 대한 인지적 연결상태를 MDS의 결과 위에 보여 줌으로서, 인간의 지식 구조를 시각적으로 잘 보여줄 수 있는 방법으로 Trajectory Mapping 방법을 이용하였다. Trajectory Mapping 방법은 피아노 음계에 대한 인간의 지식 구조를 분석하기 위해서도 사용되었으며(Gilbert and Richards, 1994), 특정 지역의 관광 명소들 사이에 대한 지식 구조를 분석하기 위해서도 사용되었다(Lokuge *et al.*, 1996). 이렇게 MDS 방법과 Trajectory Mapping 방법을 함께 사용한다면 인간의 지식 구조를 시각적으로 이해하기 쉽게 표현할 수 있는 Visual Concept Map을 만들 수 있고(Ware, 2004), 이는 사용자의 지식 구조와 일치하는 인터페이스를 설계할 수 있는 바탕이 될 수 있다(Lokuge *et al.*, 1996). 하지만, 이러한 방법이 사용자의 지식 구조와 일치하는 인터페이스를 설계하기 위하여 연구된 적은 없었다.

따라서 본 연구에서는 MDS 방법과 Trajectory Mapping 방법을 이용하여 사용자 지식 구조와 일치하는 모바일 기기의 사용자 인터페이스를 설계하고자 한다. 먼저, 모바일 기기의 사용자 인터페이스를 대표할 수 있는 실제 핸드폰의 메뉴를 선정하였다. 핸드폰의 메뉴를 구성하고 있는 메뉴 아이템을 대상으로 MDS와 Trajectory Mapping을 실시하고 Visual Concept Map으로 시각화 하였다. 그리고 이를 바탕으로 메뉴 아이템을 재구성하였다. 이렇게 구성된 메뉴 구조가 사용자의 지식 구조와 일치하는 형태임을 검증하기 위하여 실증적 평가(empirical evaluation)을 실시하였다. 본 연구를 통하여 Trajectory Mapping 방법이 모바일 기기의 사용자 인터페이스 설계 도구로서 적합한 방법임을 보이고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상 메뉴 구조

본 연구에서는 영상전화가 가능한 삼성 애니콜 SPH-W2900 핸드폰의 메인 메뉴를 대상으로 실시하였다. 계층적 구조를 가진 9개의 메인 메뉴<Table 1>중 연구 대상이 될 메뉴를 선정하기 위하여 사전 인터뷰형식으로 사용시 가장 많은 혼란을 주는 메뉴를 조사하였다. 인터뷰는 총 8명의 대학원 생을 대상으로 실시하였으며 평균 나이는 28(±3.07)세이고, 평균 핸드폰 사용 기간은 8.9(±0.99)년이다. 인터뷰 결과 [사용환경 설정]메뉴 사용시 가장 많은 혼란을 겪는 것으로 나타났다. 그래서 본 연구에서는 [사용환경 설정]메뉴를 구성하고 있는 27개의 하위 메뉴 아이템<Figure 1>을 대상으로 사용자의 지식 구조를 파악하였다.

Table 1. SPH-W2900의 메인 메뉴

메인 메뉴
SHOW, 화면, 소리, 메시지, 신나는 애니콜, 전화번호부, 다이어리, 컨텐츠 보관함, 사용환경 설정

Figure 1. [사용환경 설정]메뉴 구조

2.2 피실험자

사용자가 형성하고 있는 [사용환경 설정]메뉴 아이템의 지식 구조를 파악하기 위하여 12명의 피실험자 대상으로 실험을 실시하였다. 피실험자의 평균 나이는 24.7(±2.02)세이고, 평균 핸드폰 사용 기간은 8.4(±1.31)년 이었다. 먼저 피실험자에게 [사용환경 설정]메뉴를 구성하고 있는 27개의 메뉴 아이템을 무작위로 제시하여 기능과 의미를 파악하도록 하였다. 피실험자가 기능이나 의미를 파악하지 못하거나 잘 못 파악하는 메뉴 아이템에 대해서는 상세히 설명을 해주었다. 피실험자들이 메뉴 아이템에 대한 충분한 이해를 하면, MDS 평가표를 작성하도록 지시하였다. 피실험자의 인지적 부담을 줄이기 위하여 15분간 휴식을 가진 후, Trajectory Mapping을 실시하였다.

2.3 Multidimensional Scaling

사용자들의 머릿속에 형성되어 있는 [사용환경 설정]메뉴 아이템에 대한 상대적인 인지적 위치를 파악하기 위하여 MDS 방법을 실시하였다. 12명의 피실험자들에게 27개의 [사용환경 설정]메뉴 아이템들에 대한 상하관계 의미 유사성을 평가하도록 하였다. 27개의 메뉴 아이템을 MDS 평가표에 무작위로 배열을 하고 9점 척도(1점 : 매우 유사함, 3점 : 유사함, 5점 : 보통, 7점 : 유사하지 않음, 9점 : 전혀 유사하지 않음)로 항목간의 유사성 점수를 평가하도록 하였다. 피실험자들이 평가한 유사성 점수는 전통적 MDS (classical MDS)로 분석하였다.

2.4 Trajectory Mapping

사용자들의 머릿속에 형성되어 있는 [사용환경 설정]메뉴 아이템들 간의 인지적 경로를 시각적으로 나타내기 위하여 12명의 피실험자들에게 Trajectory Mapping 방법을 실시하였다. Trajectory Mapping 절차는 다음과 같다<Table 2>.

Table 2. Trajectory Mapping 입력 데이터 형식

외삽법		내삽법		외삽법
?(2)	A	?(3)	B	?(1)

사람에게 자극으로 받아들여 질 수 있는 여러 대상들 중에서 피실험자에게 무작위로 두 가지를 선택하여 A와 B에 위치시킨다. A와 B에 의해 형성된 개념들의 관계를 잘 생각하게 한 후, 외삽법(extrapolation)에 의해 A→B 방향으로 개념의 흐름에 맞게 '?(1)'과 B→A 방향으로 개념의 흐름에 맞게 '?(2)'를 선택하게 한다. 그리고 내삽법(interpolation)에 의하여 A와 B의 개념 사이에 위치할 수 있는 적합한 '?(3)'을 선택하게 한다. '?(1), ?(2), ?(3)'을 선택할 때에 피실험자는 주어진 대상들 이외에도 'X', '…' 그리고 '|'를 선택할 수 있다. A와 B사이에 개념의 흐름이 가능하지 않을 경우(not feasible) 'X'를 선택할 수 있고, A와 B사이에 개념의 흐름이 있지만 주어진 대상들 중에 적합한 대상이 없는 경우(feasible but not sample) '…'를 선택할 수 있다. '|'는 A와 B에 선택된 대상이 개념의 흐름 중 더 이상 흐름을 연장할 수 없는 마지막일 경우(dead end) 선택할 수 있다(Richards and Koenderink, 1995).

본 연구에서는 위와 같은 Trajectory Mapping 절차를 따라 [사용환경 설정]메뉴 아이템들에 대한 개념적 연결 상태를 추출하였다. 피실험자들에게 27개의 메뉴 아이템을 카드형식으로 보여주고 무작위로 두 가지 카드를 선택하게 한 뒤, 그 둘간의 개념의 흐름을 생각하게 하였다. 그리고 Trajectory Mapping 절차에 따라 '?(1), ?(2), ?(3)'을 선택하게 하였다. 12명의 피실험자들에게 각각 15회씩 위의 절차를 수행하도록 하였으며, 총 180개의 [사용환경 설정]메뉴 아이템들 사이의 개념적 연결 상태를 얻었다.

3. 연구 결과

3.1 Visual Concept Map

[사용환경 설정]메뉴 아이템에 대한 MDS 분석 결과, 사용자가 지각하고 있는 메뉴 아이템에 대한 상대적인 인지적 위치는 <Figure 2>와 같다. 왼쪽 상단은 전화의 가장 중요한 기능인 '통화'와 관련된 메뉴 아이템들이 위치해 있고, 양의 가로축 주변에는 '잠금과 비밀번호'와 관련된 메뉴 아이템들이 위치해 있다. 그리고 음의 세로축 주변에는 여러 가지 '부가 기능'과 관련된 메뉴 아이템들이 위치해 있다. 이 MDS의 결과는 RSQ = 0.66으로 설명력이 높다고 할 수 있다. 하지만 MDS의 결과만으로는 [사용환경 설정]메뉴 아이템들로부터 인지된 개념들의 상대적 위치만을 알 수 있을 뿐, 개념들이 어떻게 연결되어 지식 구조를 형성하고 있는지 알 수 없다.

이를 보완하기 위해 MDS의 공간적 결과 위에 Trajectory Mapping 방법을 통해 얻어진 개념들간의 연결 상태를 대략적인 경로로 표시하였다. <Figure 3>은 MDS의 결과와 Trajectory Mapping의 결과를 결합한 Visual Concept Map이다. <Figure 3>을 통하여 사용자들에게 지각된 [사용환경 설정]메뉴 아이템들의 상대적 위치와 인지적 경로를 시각적으로 파악이 가능하다.

Visual Concept Map 분석 결과 기존 메뉴 구조와는 확연히 다른 사용자의 지식 구조를 발견하였다. [시간 설정], [비행기 탑승모드 설정], [네트워크 설정]메뉴는 기존 메뉴 구조에서 [사용환경 설정-통화 설정]메뉴의 하위 메뉴이지만 사용자의 지식 구조에서는 '통화'와 관련된 메뉴 아이템들과 떨어져 위치하여 있고, [사용환경 설정-기능별 설정-시간 설정], [사용환경 설정-기능별 설정-비행기 탑승모드 설정], [사용환경 설정-기능별 설정-네트워크 설정] 형태로 인지적 연결을 이루고 있다. 그리고 [국제전화 발신 제한]메뉴의 경우 기존 메뉴 구조에서는 [사용환경 설정-비밀번호/잠금 설정]메뉴의 하위 메뉴로 구성되어 있지만, 사용자의 지식 구조에서는 '잠금과 비밀번호'와 관련된 메뉴 아이템들과 떨어져 '통화'와 관련된 메뉴 아이템들과 함께 위치해 있고, 인지적 연결 상태 역시 [사용환경 설정-통화설정-국제전화 발신 제한] 형태를 띄고 있다. 또 사용자들은 [카메라 설정 초기화]메뉴에 대하여 기존 메뉴 구조와 다르게 [사용환경 설정-기능별 설정-카메라 설정-카메라 설정 초기화]의 형태로 인지적 경로를 형성하고 있다.

3.2 메뉴 구조 개발

MDS의 결과와 Trajectory Mapping의 결과를 결합한 Visual Concept Map의 분석 결과를 바탕으로 [사용환경 설정]메뉴 아이템들에 대하여 새로운 메뉴 구조를 개발 하였다. [국제전화 발신 제한]메뉴는 [통화 설정]메뉴의 하위 메뉴로 구성하였고, [시간 설정], [비행기 탑승모드 설정], [네트워크 설정]메뉴는 [기능별 설정]메뉴의 하위 메뉴로 구성하였다. 마지막으로 [카메라 설정 초기화]메뉴는 [카메라 설정]메뉴의 하위메뉴로 구성

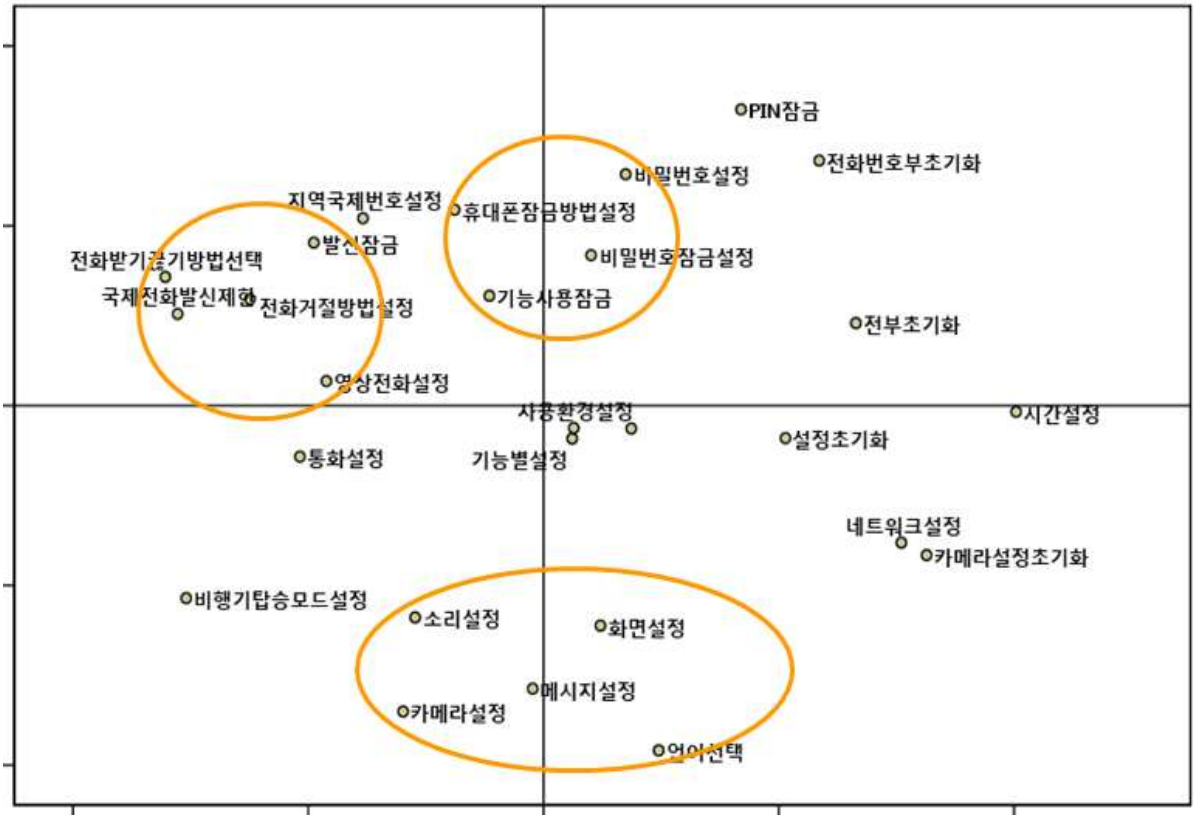


Figure 2. MDS 결과

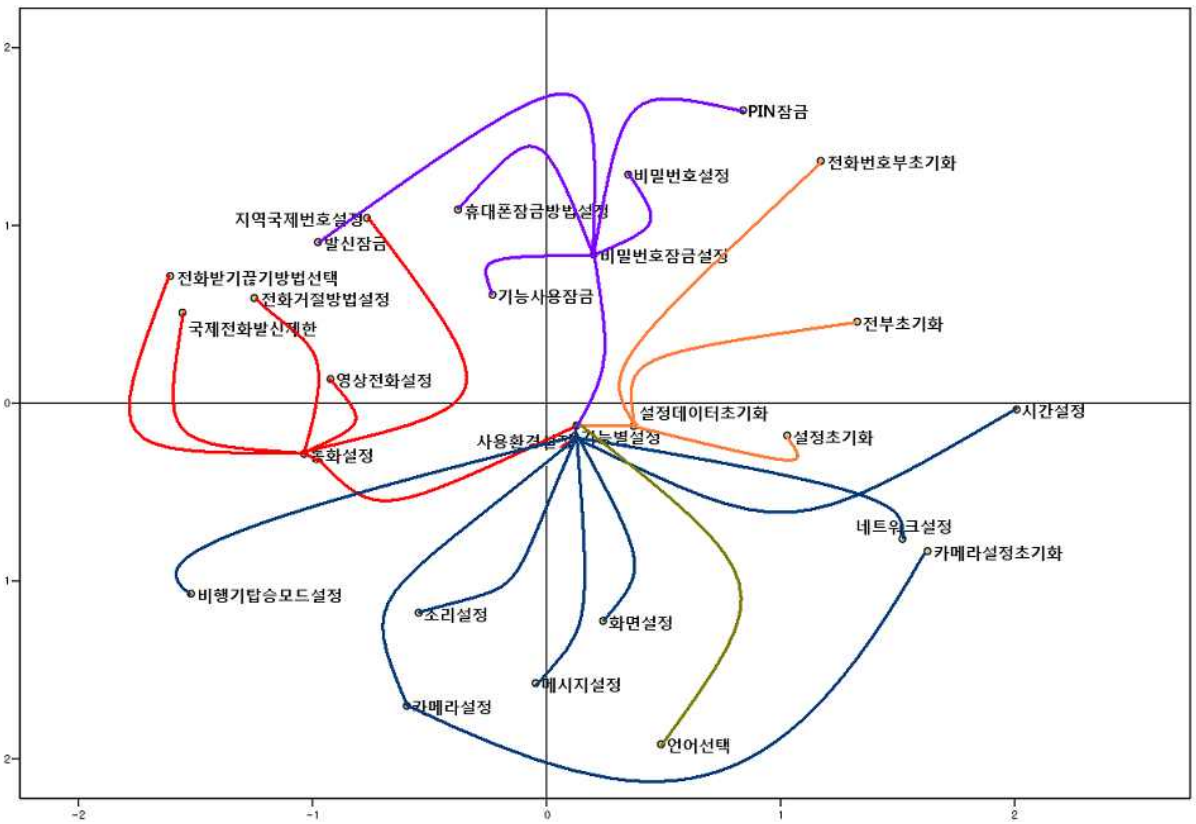


Figure 3. MDS 결과와 Trajectory Mapping 결과를 결합한 Visual Concept Map

하였다. <Figure 4>는 사용자의 지식 구조와 일치하도록 새로 개발된 메뉴 구조이다.

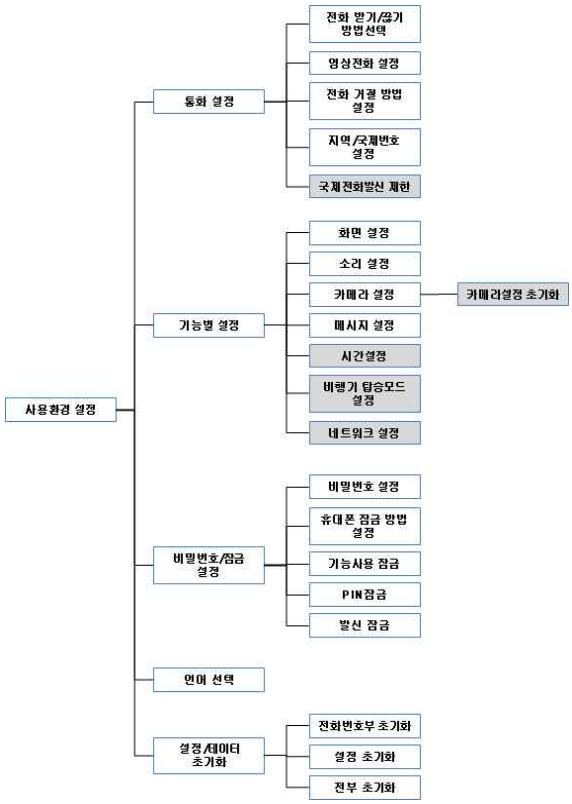


Figure 4. 개발된 메뉴 구조

사용자의 지식 구조에 기초하여 개발된 메뉴 구조를 보면, 기존 메뉴에서는 [비밀번호/잠금 설정] 하위에 있던 [국제전화 발신 제한]메뉴가 [통화 설정]의 하위로 위치하였다. 이는 사용자들이 '통화'와 깊은 관계가 있는 '발신'이라는 개념이 인간의 지식 구조에서 [통화 설정]과 연결된 것으로 생각된다. 그리고 기존 메뉴 구조에서 [통화 설정]의 하위 메뉴였던 [시간 설정], [비행기 탑승모드 설정], [네트워크 설정]의 경우 새로 개발된 메뉴 구조에서는 [기능별 설정]의 하위 메뉴로 구성되었다. 이는 Visual Concept Map에 나타난 것처럼, 사용자들이 '시간', '비행기 탑승모드', '네트워크'에 대한 개념을 모두 핸드폰이 제공해주는 하나의 기능으로 갖고 있기 때문이다. 또 다른 초기화 메뉴와는 다르게 [카메라 설정 초기화]는 [카메라 설정]의 하위 메뉴로 구성되었는데, 이는 사용자들이 특정 기능에 대한 초기화는 그 기능 설정과 연결 지어 생각함을 의미한다.

4. 실증적 평가(Empirical Evaluation)

위에서 Trajectory Mapping 방법으로 새로 개발된 [사용환경 설정]메뉴 구조의 사용성을 검증하기 위하여 실증적 평가를 실시하였다.

4.1 평가 방법

(1) 변수

사용성 평가를 위해 설정된 독립변수는 핸드폰 디스플레이에 보여지는 인터페이스이다. 첫 번째 인터페이스(인터페이스 A)는 기존의 실제 연구 대상 핸드폰의 메뉴 구조<Figure 1>이고, 두 번째 인터페이스(인터페이스 B)는 Trajectory Mapping 방법으로 새로 개발된 메뉴 구조<Figure 5>이다.

Figure 5. 사용성 평가에 사용된 에뮬레이터

종속변수로는 사용성의 표준(ISO 9241-11, 1998)에 따라 효율성(efficiency), 효과성(effectiveness), 만족도(satisfaction)를 설정하였다. 효율성을 위하여 과제를 수행하는데 소요되는 시간을 측정하였다. 효과성은 과제를 성공적으로 수행하는 동안에 발생한 에러의 수로 결정하였다. 에러는 성공적인 과제 수행을 위한 옳은 경로가 아닌 다른 경로의 메뉴 아이템을 결정했을 때로 정의하였다. 만족도 측정을 위하여 '과제의 성공적 수행을 위한 이 인터페이스의 용이함은 만족스러웠는가'라는 질문에 대하여 9점 척도(1점 : 매우 불만족함, 3점 : 불만족함, 5점 : 보통, 7점 : 만족함, 9점 : 매우 만족함)로 답하게 하였다.

(2) 실험 장비

사용성 평가를 위하여 본 연구의 대상이 된 삼성 애니콜 SPH-W2900 핸드폰과 똑 같은 인터페이스를 가진 에뮬레이터를 Flash®Professional 8을 이용하여 제작하였다. <Figure 5>는 사용성 평가에 사용된 에뮬레이터이다. 에뮬레이터는 인터페이스 A, B가 모두 구현되도록 제작하였다. 에뮬레이터는 19inch LCD모니터에 75mm×155mm 크기로 보여주었고, 피실험자의 주의 분산을 방지하기 위하여 에뮬레이터를 제외한 모니터의 나머지 부분은 흰 캔버스지로 가렸다.

피실험자는 마우스 클릭으로 '메뉴, 크로스(상, 하, 좌, 우), 확인, 취소, 종료' 버튼을 조작하면서 과제 수행을 할 수 있다. 피실험자가 과제 수행을 시작하기 위하여 '메뉴' 버튼을 클릭하면 수행 시간과 메뉴 탐색 경로가 기록되며, 과제 수행을 마치고 '종료' 버튼을 클릭하면 수행 시간과 메뉴 탐색 경로 기록이 완료된다.

(3) 실험 과제

각각의 피실험자는 총 5가지의 과제를 수행하였다. 피실험자가 수행한 5가지 과제는 다음과 같다.

과제 1 : 설정되어 있는 국제전화 발신 제한을 해제하십시오.
과제 2 : 설정되어 있는 비행기 탑승모드를 해 제하십시오.
과제 3 : 대기화면의 시간의 12시 기준에서 24시 기준으로 변경하시오.
과제 4 : 자동으로 설정되어 있는 네트워크 검 색모드를 수동으로 변경하시오.
과제 5 : 카메라 설정을 초기화 하시오.

과제를 수행하기 전에 먼저 피실험자에게 제시된 메뉴 아이템의 기능과 의미를 파악하게 하고, 잘 파악하지 못하는 경우에는 설명을 해 주었다. 각각의 과제 수행 사이에는 3분간의 휴식시간을 제공하여 학습효과와 피로로 인한 효과를 방지하였다. 그리고 이월 효과(carry-over effect)를 최소화 하기 위해 각각의 피실험자에게 제시할 과제의 순서는 Balanced Latin Square Design을 이용하여 결정하였다.

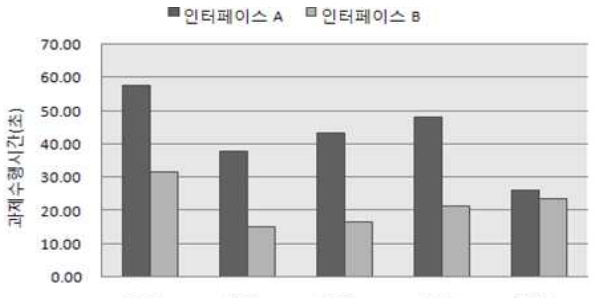
(4) 피실험자

총 20명의 피실험자(남성 13명, 여성 7명)가 본 실증적 사용성 평가를 위해 참여하였다. 20명의 피실험자를 10명씩 두 그룹으로 나누어 Between-subject Design으로 실험을 실시하였다. 첫 번째 피실험자 그룹은 인터페이스 A를 가진 에뮬레이터로 실험을 실시하였고, 두 번째 피실험자 그룹은 인터페이스 B를 가진 에뮬레이터로 실험을 실시하였다. 첫 번째 피실험자 그룹(남성 6명, 여성 4)의 나이는 21~33세(M=26.50, SD=3.74)이고, 핸드폰 사용기간은 7~11년(M=9.20, SD=1.39)이다. 두 번째 피실험자 그룹(남성 7명, 여성 3명)의 나이는 24~36세(M=27.3, SD=3.30)이고, 핸드폰 사용기간은 7~11년(M=9.50, SD=1.35)이다.

4.2 평가 결과

(1) 과제 수행 시간

인터페이스 차이에 따른 과제별 평균 수행 시간과, 표준편차는 <Figure 6>과 같다. 인터페이스의 차이가 사용자의 과제 수행 시간에 미치는 영향을 평가하기 위하여 Student's T-test를 실시하였다. 과제 1, $t(18) = 2.20$, $p = 0.04$; 과제 2, $t(18) = 2.78$, $p = 0.01$; 과제 3, $t(18) = 7.56$, $p < 0.001$; 과제 4, $t(18) = 3.83$, $p = 0.001$로 인터페이스에 따른 평균 수행시간에 큰 차이가 있었으며 이는 통계적으로 유의하였다. 인터페이스 B에서 사용자들은 훨씬 빨리 타겟 메뉴 아이템을 찾아가 과제를 수행하였다. 과제 5의 경우에는 인터페이스에 따른 평균 수행시간이 약 2.44초의 차이가 있었지만 통계적으로 유의하지는 않았다, $t(18) = 0.48$, $p = 0.63$.

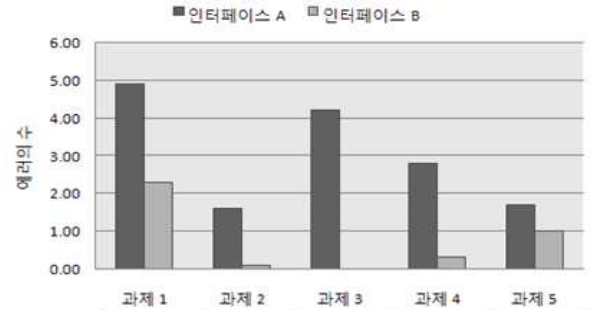


	과제 1	과제 2	과제 3	과제 4	과제 5
인터페이스 A	M=57.58 SD=33.83	M=37.71 SD=25.53	M=43.39 SD=10.89	M=48.11 SD=21.68	M=26.03 SD=15.17
인터페이스 B	M=31.63 SD=15.81	M=15.07 SD=3.10	M=16.43 SD=3.19	M=21.39 SD=3.92	M=23.59 SD=5.56

Figure 6. 인터페이스 A, B의 과제별 평균 수행 시간

(2) 에러의 수

인터페이스 차이에 따른 과제별 평균 에러 횟수와, 표준편차는 <Figure 7>과 같다. 인터페이스에 따른 평균 에러 횟수의 차이를 평가하기 위하여 Wilcoxon Mann-Whitney Rank Sum Test를 실시하였다. 과제 1, $Z = -2.208$, $p = 0.03$; 과제 2, $Z = -2.01$, $p = 0.04$; 과제 3, $Z = -4.05$, $p < 0.001$; 과제 4, $Z = -3.47$, $p = 0.001$로 인터페이스 차이에 따른 평균 에러 횟수의 차이는 통계적으로 유의하였다. 특히, 사용자들이 인터페이스 B에서 과제 2, 3, 4를 수행할 경우에는 거의 에러가 발생하지 않았다. 하지만, 과제 5의 경우에는 인터페이스별 평균 에러 횟수의 차이가 유의하지 않았다, $Z = 0$, $p = 1.00$.



	과제 1	과제 2	과제 3	과제 4	과제 5
인터페이스 A	M=4.90 SD=2.42	M=1.60 SD=2.17	M=4.20 SD=2.28	M=2.80 SD=1.81	M=1.70 SD=2.06
인터페이스 B	M=2.30 SD=2.26	M=0.10 SD=0.32	M=0.00 SD=0.00	M=0.30 SD=0.67	M=1.00 SD=0.67

Figure 7. 인터페이스 A, B의 과제별 평균 에러 횟수

(3) 사용자 만족도

인터페이스의 차이에 의한 사용자의 평균 만족도와 표준편차는 <Figure 8>과 같다. 만족도 역시 인터페이스 B를 사용할 때($M = 7.10$)가 인터페이스 A를 사용할 때($M = 2.60$)보다 높았다. 인터페이스의 차이는 사용자의 만족도에도 유의한 영향을 미쳤다($Z = -3.85$, $p < 0.001$).

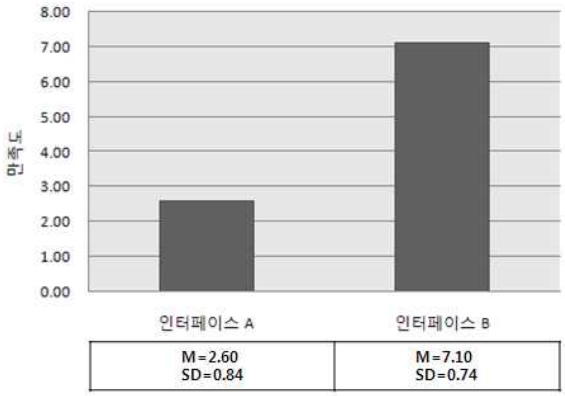


Figure 8. 인터페이스 A, B의 사용자 만족도

5. 토 의

MDS 방법과 Trajectory Mapping 방법은 인간의 지식 구조를 시각적으로 이해하기 위해서 유용한 방법으로 사용되어 왔다(Gilbert and Richards, 1994; Lokuge *et al.*, 1996; Richards and Koenderink, 1995). 본 연구에서도 사용자가 인터페이스를 사용할 때 머릿속에 형성되는 지식 구조를 시각적으로 표현하기 위하여 MDS 방법과 Trajectory Mapping 방법을 사용하였다. 기존 연구에서는 이와 같은 방법을 도형, 지하철 역, 관광지 등과 같이 평행적(parallel) 관계를 가지는 개념들을 대상으로 적용시켰다. 하지만 본 연구에서는 메뉴 구조라는 계층적(hierarchical) 관계를 가지는 개념들을 대상으로 확장 적용시켰다. MDS 방법을 통하여 계층적 관계를 갖는 메뉴 아이템들이 머릿속에 상대적으로 어떻게 위치하고 있는지 알 수 있었지만, 그들간의 연결 상태는 알 수가 없었다. 이러한 문제점을 Trajectory Mapping 방법을 통하여 극복하였고, 사용자의 인지적 지도(cognitive map)에 구성되어 있는 개념들에 대한 지식 구조를 시각적으로 이해할 수 있었다. 이는 본 연구에서 사용된 방법이 계층적 개념들에 대한 인간의 지식 구조를 이해하는데 잘 활용될 수 있음을 의미한다.

Trajectory Mapping 방법으로 추출된 사용자의 지식 구조를 바탕으로 새로운 인터페이스를 개발하였고, 기존 인터페이스와 새로 개발된 인터페이스에 대하여 사용성 평가를 실시하였다. 사용성 평가 결과 사용자들은 새로 개발된 인터페이스를 사용할 때 짧은 과제 수행 시간, 높은 만족도를 보였다. 사용자가 자신이 원하는 타겟 메뉴 아이템을 쉽고 빠르게 찾아낸 것은, 사용자의 지식 구조와 일치하는 인터페이스가 효율적인 정보 처리 및 인출 과정을 가능하게 해주었기 때문이다. 이는 인터페이스가 사용자의 지식 구조와 일치하면 좋은 수행도를 보인다는 기존의 연구(Hayhoe, 1990; Lee *et al.*, 1984; Roske-Hofstrand and Paap, 1986; Shurtleff, 1992)의 결과와 일치한다. 그리고 본 연구 결과를 통해서 Trajectory Mapping 방법으로 사용자의 지식 구조를 파악하고 메뉴를 구성하는 것이 Rosch(2002)가 제안한 두 가지 원리(첫째, Cognitive Economy : 메뉴 시스템을 통하여 사용자가 최소한은 인지적 노력으로 최대한의 정보를 얻을 수 있도록 메뉴가 구성되어야 한다. 둘째, Perceived World Structure : 메뉴는 모호하거나 관계없는 속성을 따라 구성되는 것보다 사용자가 지각된 정보 구조대로 구성되어야 한다)를 잘 따르는 방법임을 알 수 있다.

한편, 과제 5의 경우 새로운 인터페이스를 사용할 때 적은 수행 시간과 에러 횟수를 보였지만 통계적으로 유의하지는 않았다. 과제 5에 대한 사용성 평가 결과만 보면 새로운 인터페이스를 선택할 이유가 없어 보인다. 하지만, 모든 과제를 수행하는데 걸린 총 평균 수행 시간을 보면 큰 차이가 있다($M_{인터페이스A}$ = 212.82초, $M_{인터페이스B}$ = 108.12초, $t(18) = 6.24$, $p < 0.001$). 만족감 역시 매우 컸다. 특히, 새로 개발된 인터페이스는 사용자의 지식 구조를 반영하여 개발된 인터페이스이다. 사용자의 지식 구조가 반영된 인터페이스는 모바일 기기의 작은 디스플레이로 인해 발생하는 사용성 문제를 해결해 줄 뿐만 아니라(Ziefle, 2002), 제한된 디스플레이에서 정보 인출을 효율적으로 가능하게 해준다(Wickens and Hollands, 2002). 그러므로 과제 수행도 측면에서 유의한 차이가 없더라도 인터페이스 개발 시 사용자의 지식 구조가 반영되어야 한다.

6. 결 론

본 연구에서는 통하여 얻을 수 있는 결론은 다음과 같다.

첫째, 사용자가 모바일 기기의 인터페이스를 사용할 때 형성되는 지식 구조를 파악하기 위하여 MDS 방법과 Trajectory Mapping 방법이 사용될 수 있다. MDS의 결과를 통해서는 사용자의 머릿속에 형성되어 있는 메뉴 아이템들에 대한 상대적 위치를 알 수 있고, Trajectory Mapping의 결과를 통해서 개념들 간의 인지적 연결 상태를 알 수 있다.

둘째, Trajectory Mapping 방법은 본 연구에서처럼 계층적 관계를 가진 개념들에 대한 인간의 지식 구조, 특히 인지적 연결 상태를 파악하기 위하여 확장 적용될 수 있다.

따라서 본 연구 결과를 통해서 알 수 있듯이Trajectory Mapping 방법은 사용자의 지식 구조를 반영한 모바일 기기의 인터페이스 개발을 위한 효과적인 도구로 사용될 수 있다.

참고문헌

Allen, R. B. (1983), Cognitive Factors in the Use of Menus and Trees : an Experiment, *IEEE Journal on Selected Areas in Communication*, **1**(2), 333-336.

Amant, R. St., Horton, T. E. and Ritter, F. E. (2007), Model-Based Evaluation of Expert Cell Phone Menu Interaction, *ACM Transaction on Computer-Human Interaction*, **14**(1), 1-24.

Gilbert, S. A. and Richards, W. (1994), Using Trajectory Mapping to Analyze Musical Intervals, *Proceeding of the 16th Annual Conference of the Cognitive Science*

Society, Atlanta, GA.

Haung, S. C., Chou, I. F. and Bias, R. D. (2006), Empirical Evaluation of a Popular Cellular Phone's Menu System : Theory Meets Practice, *Journal of Usability Studies*, **1**(2), 91-108.

Hayhoe, D. (1990), Sorting-based Menu Categories, *International Journal of Man-Machine Studies*, **33**(6), 677-705.

ISO 9241-11 (1998), *Ergonomics Requirements for Office Work with Visual Display Terminals, Part 11 : Guidance on Usability.*

Jokela, T., Koivumaa, J., Prikola, J., Salminen, P. and Kantola, N. (2006), Methods for Quantitative Usability Requirements : A Case Study on The Development of The User Interface of a Mobile Phone, *Personal and Ubiquitous Computing*, **10**(6), 345-355.

Kiger, J. I. (1984), The Depth/Breadth Trade-off in the Design of Menu-driven User Interfaces, *International Journal of Man-Machine Studies*, **20**(2), 201-213.

Lee, E., Whalen, T., McEwen, S., and Latremouille, S. (1984), Optimizing the Design of Menu Pages for Information Retrieval, *Ergonomics*, **27**(10), 1051-1069.

Lokuge, I., Gilbert, S. A., and Richards, W. (1996), Structuring Information with Mental Models : A Tour of Boston, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Vancouver, Canada.

McDonald, J. E., Dayton, T. and McDonald, D. R. (1988), Adapting Menu Layout to Tasks, *International Journal of Man-Machine Studies*, **28**(4), 417-435.

Miller, D. P. (1981), The Depth/Breadth Tradeoff in Hierarchical Computer Menus, *Proceedings of the 25th Annual Meeting of the Human Factors Society*, Santa Monica. CA, 296-300.

Norman, K. L. and Chin, J. P. (1988), The Effect of Tree Structure in Search in a Hierarchical Menu Selection System, *Behavior and Information Technology*, **7**(1), 51-65.

Norman, K. L. (1991), *The Psychology of Menu Selection: Designing Cognitive Control at the Human-Computer Interface*, Ablex Publishing Corporation.

Norman, K. L. (2008), Better Design of Menu Selection Systems Through Cognitive Psychology and Human Factors, *Human Factors*, **50**(3), 556-559.

Paap, K. R. and Cooke, N. J. (1997), *Handbook of Human-Computer Interaction*, 2nd ed : Chapter 24. Design of Menus, Elsevier.

Park, K. B. (2000), *Multidimensional Scaling*, Kyoyook Kwahak Sa, Seoul, Korea.

Parush, A. and Yuviler-Gavish, N. (2004), Web Navigation Structures in Cellular Phones : the Depth/Breadth Trade-off Issue, *International Journal of Human-Computer Studies*, **60**(5-6), 753-770.

Richards, W. and Koenderink J. J. (1995), Trajectory Mapping('TM') : A New Non-metric Scaling Technique, *Perception*, **24**(11), 1315-1331.

Rosch, E. (2002), *Foundation of Cognitive Psychology : Core Readings*, Chapter 10. Principle of Categorization, The MIT Press.

Roske-Hofstrand, R. J. and Paap, K. R. (1986), Cognitive Network as a Guide to Menu Operation : An Application in the Automated Cockpit, *Ergonomics*, **29**(11), 1301-1312.

Shepard, R. N. (1962), The Analysis of Proximities : Multidimensional Scaling with a Unknown Distance Function, *Psychometrika*, **27**(2), 125-140.

Shurtleff, M. S. (1992), Menu Organization through Block Clustering, *International Journal of Man-Machine Studies*, **37**(6), 779-792.

Snowberry, K., Parkinson, S. R., and Sisson, N. (1983), Computer Display Menus, *Ergonomics*, **26**(7), 699-712.

Tang, K. E. (2001), Menu Design with Visual Momentum for Compact Smart Products, *Human Factors*, **43**(2), 267-277.

Ware, C. (2004), *Information Visualization : Perception for Design*, 2nd ed., Morgan Kaufmann.

Wickens, C. D. and Hollands, J. G. (2000), *Engineering Psychology and Human Performance*, 3rd ed., Prentice-Hall.

Ziefle, M. (2002), The Influence of User Expertise and Phone Complexity on Performance, Ease of Use and Learnability of Different Mobile Phones, *Behavior and Information Technology*, **21**(5), 303-331.

Ziefle, M. and Bay, S. (2006), How to Overcome Disorientation in Mobile Phone Menus: A Comparison of Two Different Types of Navigation Aids, *Human-Computer Interaction*, 21(4), 393-433.

이 석 원
고려대학교 산업시스템정보공학과 학사
고려대학교 정보경영공학전문대학원 산업 시스템 석사
관심분야: 인간공학, UI

명 노 해
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