Usability Evaluation of Graphic User Interfaces for a Military Computer-Based Training System

ABSTRACT

Objective: The present study was to improve the graphic user interface (GUI) of a military computer-based training(CBT)system in terms of usability.

Background: Existing studies have focused on usability evaluation of a particular GUI type such as sequence, hierarchy, or context type; however, few research has been conducted which identifies preferred GUI features based on a comparative analysis of different GUI types.

Method: A comparative evaluation was conducted by 9 CBT design experts using a 7-point scale (1: very low, 7: very high) on hierarchy and context GUI types of a military CBT system in terms of 10 usability criteria. Then, preferred features of the hierarchy and context types being accommodated, a new GUI was developed and validated by 22 CBT users.

Results: While the hierarchy type was found preferred by 1.6 times in terms of controllability to the context type, the opposite was found in terms of attractiveness, simplicity, and responsiveness by 0.6, 0.8, and 0.8 times, respectively. The proposed GUI was found superior to the hierarchy and context types in terms of accessibility and informativeness by more than 1.5 times, but inferior to the hierarchy and context type in terms of simplicity by 0.6 and 0.9 times, respectively.

Conclusion: The new GUI developed by accommodating the preferred features of the hierarchy and context types improves usability in terms of accessibility and informativeness except simplicity.

Application: The comparative analysis of various GUIs can be applied to develop an improved GUI in a systematic manner based on preferred features of the existing GUIs.

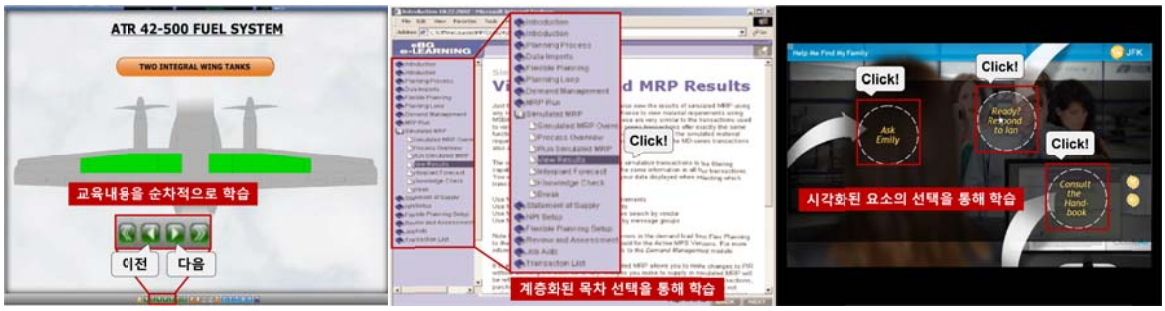
Keywords

Graphic user interface, Computer-based training, Usability evaluation, Design improvement

1. Introduction

군에서 computer-based training(CBT)은 효율적인 교육훈련을 위해 활용되고 있다. CBT는 컴퓨터를 활용하여 특정 학습내용을 숙달시키기 위하여 텍스트, 이미지, 동영상 등으로 구현된 교육매체로서, 피교육자들에게 체계적이고 표준화된 교육훈련을 제공할 수 있다는 장점이 있다(Park, 1997). 군에서는 다수의 병력을 대상으로 첨단장비 운용 및 정비 임무 수행을 위하여 효율적이고 표준화된 교육훈련이 요구되기 때문에(Ha and Kim, 1997), 레이더 운용 및 항공기 정비와 같은 분야에서 CBT가 널리 활용되고 있다(Park, 1997).

효과적인 CBT 학습을 위해서는 그래픽 사용자 인터페이스(graphic user interface, GUI)를 인간공학적으로 설계하는 것이 중요하다. CBT GUI는 피교육자가 화면에 제시되는 교육내용 학습을 위해 필요한 시각화된 요소들(예: 아이콘, 버튼)로 구성된 인터페이스로서(Harding, 1989), 피교육자가 교육내용을 순차적으로 학습하는 sequence 유형(Figure 1.a), 교육내용의 목차 선택을 통해 학습하는 hierarchy 유형(Figure 1.b), 그리고 교육내용을 상호 연결하는 시각화된 요소의 선택을 통해 학습하는 context 유형(Figure 1.c)으로 분류된다(Potelle and Rouet, 2003). 사용자의 인지 특성이 고려되지 않은 CBT GUI는 학습자의 인지적 과부하 초래, 학습 소요시간 증대, 인적 오류 발생 등의 문제점을 유발하여 학습효과 및 효율성을 저하시킬 수 있다(Jang and Byun, 2004; Kim and Byun, 2009; Lim et al., 2002). 군에서는 CBT를 활용한 교육훈련이 수행되고 있는데 인간공학적으로 설계된 CBT GUI는 교육효과를 증대시킬 수 있어 군 첨단장비 운용 및 정비 임무의 효율성, 신속성, 정확성 향상에 기여할 수 있다(Ha and Kim, 1997; Park, 1997). 따라서, CBT GUI의 효율적 운용을 통한 학습효과 및 사용성 향상을 위해서는 인간공학적 원칙들을 반영한 설계가 필요하다.



(a) Sequence type (b) Hierarchy type (c) Context type

Figure 1. Representative types of graphic user interface for computer-based training

기존 GUI 연구들은 인간공학적 GUI 설계를 위해 사용성 평가를 수행해왔으나, 다양한 GUI 유형간의 비교 분석을 통한 개선사항 도출은 미흡했다. 예를 들어, Han et al.(2007)은 제철소 공정 제어실 GUI를 대상으로 전문가 평가를 수행하여 조작용이성(controllability) 측면에서 공정 시간과 같은 공정 진행 상황 목록의 스크롤 제어 불가, 간결성(simplicity) 측면에서 복잡한 인터페이스 구성 등과 같은 사용성 저하 요인들을 파악하였다. Carvalho et al.(2008)은 원자력 발전소 제어실 GUI를 대상으로 운용 행동

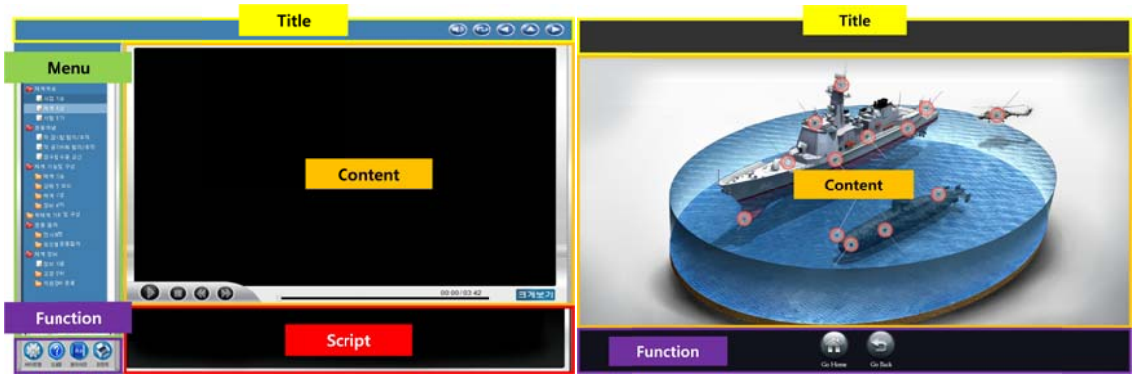
관찰을 통하여 차별성(distinctiveness) 측면에서 파이프선과 제어흐름선간 구분 모호, 일관성(consistency) 측면에서 상이한 요소에 동일한 색상 적용 등과 같은 사용성 문제점을 파악하였다. 기존 연구들은 주로 특정 유형의 GUI에 대하여 사용성 평가를 수행해 왔는데 상이한 GUI 유형들에 대한 사용성 비교 분석을 통해 체계적으로 선호 특성을 파악할 수 있다.

본 연구는 두 가지 유형(hierarchy, context)의 CBT GUI에 대한 사용성 비교 분석을 통하여 신규 CBT GUI 유형을 제안하였다. CBT GUI의 사용성은 문헌조사를 통해 선정된 평가기준을 적용하여 CBT 설계 전문가를 대상으로 평가되었다. 본 연구는 사용성 비교 평가결과에 근간하여 CBT GUI의 개선안을 수립하고 개선효과를 검증하였다.

2. Usability evaluation

2.1. Method

군에서 사용되고 있는 hierarchy와 context 유형의 CBT GUI들 중 Figure 2와 같은 예시가 평가 대상으로 선정되었다. Hierarchy 유형에 해당하는 CBT GUI 예는 Figure 2.a와 같이 제목(title), 메뉴(menu), 내용(content), 설명(script), 그리고 기능(function)영역으로 구성되어 있으며, 이 중 메뉴 영역에는 계층화된 교육내용의 전체 목차가 제시되고 상위 항목을 누르면 하위 항목이 나타나는 펼치기(fold)/접기(unfold) 방식이 적용되어 있다. Context 유형에 해당하는 CBT GUI 예는 Figure 2.b와 같이 제목, 내용, 그리고 기능영역으로 구성되어 있으며, 이 중 내용 영역에는 교육내용별 시각화된 요소들(예: 아이콘, 버튼)이 제시되고 특정 요소를 누르면 상세 교육내용 화면으로 전환하는 방식이 적용되어 있다. 본 연구는 CBT GUI간 사용성의 비교 분석을 위하여 공통적으로 평가가 가능한 네 가지 화면(체계개요, 운용개념, 체계 기능 및 구성, 그리고 체계 정비)을 선정하였다. 한편, 본 연구는 전 페이지 혹은 다음 페이지 보기와 같이 정보를 순차적으로 접근하는 sequence 유형의 CBT GUI는 hierarchy와 context 유형에 포함되어 사용성 평가 대상에서 제외하였다.



(a) Hierarchy type (b) Context type

Figure 2. Hierarchy and context types of graphic user interface for military computer-based training (illustrated)

본 연구는 기존 연구들에서 제시된 사용성 평가기준들 중 CBT GUI 평가에 적용될 수 있는 10가지(Table 1)를 선정하였다. 본 연구의 사용성 평가기준은 CBT 설계 전문가들의 토의를 통해 기존 GUI 사용성 평가 연구들(Abran et al., 2003; ISO 2001; Jung, 2013; Kwahk, 1999; Oh, 2013; Park et al., 2011; Park et al., 2012; Seffah et al., 2006)에서 사용된 평가기준들 중 CBT GUI 평가 시 적용이 되지 않는다고 판단되는 항목들(예: productivity)은 제외하고 유사/중복 항목은 통합(예: easy to learn, memorability, understandability → learnability)하여 설정되었다. 선정된 10가지 사용성 평가기준은 Table 1에 나타낸 것과 같으며, 예를 들면 간결성(simplicity)은 정보 검색 시 메뉴 구조의 복잡한 정도를, 차별성(distinctiveness)은 레이아웃 영역간이나 클릭 가능/불가능 요소간 명확하게 구분되었는지 정도를 나타낸다.

Table 1. Usability evaluation criteria of graphic user interface for military computer-based training

No.	Evaluation criterion	Description
1	심미성(Attractiveness)	제공된 정보 및 인터페이스가 심미적이다
2	간결성(Simplicity)	제공된 정보 및 인터페이스가 간단하다
3	반응성(Responsiveness)	인터페이스 조작에 대해 신속한 feedback이 제공된다
4	조작용이성(Controllability)	인터페이스가 용이하게 조작된다
5	정보성(Informativeness)	제공된 정보가 의미가 있다
6	접근용이성(Accessibility)	시스템 조작을 위한 인터페이스에 용이하게 접근한다
7	명료성(Explicitness)	제공된 정보가 명확히 표현된다
8	명시성(Legibility)	제공된 정보가 시각적으로 명확히 인지된다
9	학습용이성(Learnability)	정보 및 인터페이스를 쉽게 익힐 수 있다
10	차별성(Distinctiveness)	제공된 정보가 주변 정보와 구분된다

각 CBT GUI에 대해 전문가를 대상으로 설문지를 사용하여 평가기준별로 정량적, 정성적 사용성 평가 정보가 획득되었고 CBT GUI 유형간 사용성 점수 차이에 대한 통계 분석이 수행되었다. 사용성 평가는 문제점을 효율적으로 도출하고 유형별 선호 특성을 신속히 파악하기 위해 휴리스틱 평가 방법을 적용하여 CBT 설계 전문가 9명(남성: 8명, 여성: 1명; 연령: 36.3 ± 8.5세)이 CBT GUI를 실제로 조작해보면서 수행되었다. 휴리스틱 평가 방법은 평가 대상의 사용성 원칙 준수 여부를 사용성 전문가의 판단으로 평가하는 방법으로서(Nielsen, 1994) 3 ~ 5명의 전문가에 의해 74 ~ 87%정도의 사용성 문제점을 발견할 수 있는 것으로 알려져 있다(Nielsen, 1992). CBT GUI 유형별 사용성은 7점 척도(1점: 매우 나쁨, 4점: 보통, 7점: 매우 좋음)를 활용하여 평가되었으며, 평가기준별 사용성 문제점과 개선방안이 수집되었다. Figure 3는 간결성 평가를 위한 CBT GUI 사용성에 대한 정량적, 정성적 평가 설문지의 예를 보여준다. CBT GUI 유형간 사용성 점수 차이 검정에는 사용성 점수 자료가 정규분포를 따르지 않는 것으로 나타나 유의수준 0.05에서 Wilcoxon signed-rank test가 적용되었다.

평가기준	간결성(simplicity)			제공된 정보 및 인터페이스가 간단하다										
CBT GUI 유형	Hierarchy 유형							Context 유형						
사용성 평가	매우 나쁘다	대체로 나쁘다	약간 나쁘다	보통이다	약간 좋다	대체로 좋다	매우 좋다	매우 나쁘다	대체로 나쁘다	약간 나쁘다	보통이다	약간 좋다	대체로 좋다	매우 좋다
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
사용성 문제점														
개선방안														

Figure 3. Usability evaluation questionnaire of graphic user interface for military computer-based training

2.2. Results

Hierarchy 유형의 CBT GUI는 context 유형에 비해 조작용이성 측면에서 1.6배정도 유의하게 선호되었고, 정보성, 접근용이성, 그리고 명시성 측면에서 1.1배 ~ 1.4배정도 선호되었으나 통계적으로 유의하지는 않았다(Figure 4). Hierarchy 유형의 조작용이성(5.0 ± 0.9점)은 context 유형(3.1 ± 1.3점)보다 1.6배정도 유의하게 높은 것($W[8] = -2.25$, $p = .024$)으로 나타났다. 한편, hierarchy 유형은 context 유형보다 정보성 측면에서 1.3점(hierarchy: 5.1 ± 0.9점,context: 3.8 ± 1.6점), 접근용이성 측면에서 1.4점(4.6 ± 1.3점, 3.2 ± 1.2점), 그리고 명시성 측면에서 0.6점(4.9 ± 0.9점, 4.3 ± 1.7점)정도 높았으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

Context 유형의 CBT GUI는 hierarchy 유형에 비해 심미성 측면에서 1.8배, 간결성 측면에서 1.3배, 그리고 반응성 측면에서 1.3배정도 유의하게 선호되었고, 명료성과 차별성 측면에서 1.1배 ~ 1.2배정도 선호되었으나 통계적으로 유의하지는 않았다(Figure 4). Context 유형의 심미성(5.7 ± 0.5점)은 hierarchy 유형(3.2 ± 1.0점)보다 1.8배정도 유의하게 높은 것($W[8] = -2.70$, $p = .007$)으로 나타났다. Context 유형의 간결성(5.9 ± 0.3점)은 hierarchy 유형(4.6 ± 1.0점)보다 1.3배정도 유의하게 높은 것($W[8] = -2.46$, $p = .014$)으로 나타났다. Context 유형의 반응성(5.7 ± 0.5점)은 hierarchy 유형(4.4 ± 1.0점)보다 1.3배정도 유의하게 높은 것($W[8] = -2.16$, $p = .031$)으로 나타났다. 한편, context 유형은 hierarchy 유형보다 명료성 측면에서 0.9점(context: 5.2 ± 0.7점, hierarchy: 4.3 ± 1.4점), 차별성 측면에서 0.5점(3.9 ± 1.6점, 3.4 ± 1.7점)정도 높았으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

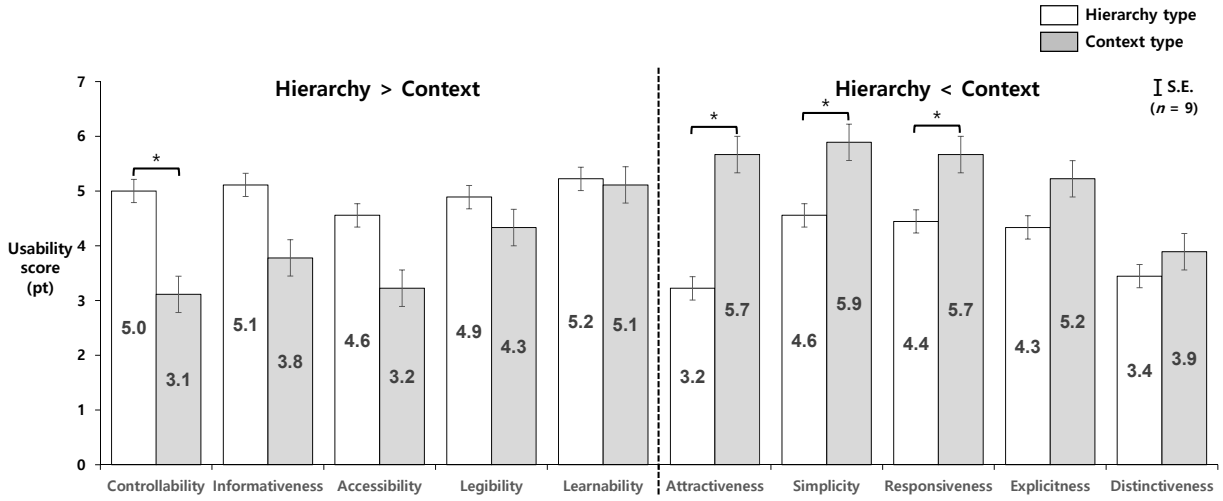


Figure 4. Usability comparison results of hierarchy and context types of graphic user interface for military computer-based training. The Wilcoxon signed-rank test was conducted (*p< .05).

3. GUI design improvement

3.1. Method

CBT GUI 개선안은 Table 2의 예시와 같이 hierarchy와 context 유형에 대한 정량적, 정성적 사용성 평가 결과를 반영하여 설계되었다. 본 연구는 정량적 사용성 평가 결과 파악된 hierarchy와 context 유형의 선호 특성들과 관련된 기존 기능들을 유지하여 CBT GUI 개선안 설계 시 반영하였다. 예를 들어, hierarchy 유형의 선호 특성인 조작용이성과 관련된 동영상 재생배속 및 음량크기 조절 기능과 context 유형의 선호 특성인 반응성과 관련된 동영상 화면 클릭 시 재생 기능이 CBT GUI 개선안에 반영되었다. 한편, 본 연구는 정성적 사용성 평가 결과 수집된 hierarchy와 context 유형의 평가기준별 사용성 문제점을 해결하기 위한 의견들을 종합하여 개선 기능으로 구현하였다. 예를 들어, hierarchy 유형의 간결성 측면에서 메뉴 구조가 복잡하여 정보 검색이 어렵다는 문제점은 전체 메뉴 구조를 한 눈에 볼 수 있는 메뉴 구조 모두 펼치기 기능이 추가됨으로써 개선되었다. 또한, context 유형의 정보성 측면에서 학습 페이지 및 시간 확인이 불가하여 사용이 불편하다는 문제점은 학습 페이지 및 시간 정보를 제공함으로써 개선되었다.

Table 2. Functions developed in the present study to improve usability of graphic user interface for military computer-based training

No.	Evaluation Criterion	Evaluation Type	Preferred CBT GUI Type	Function
1	Controllability	정량적	Hierarchy	동영상 재생배속 및 음량크기 조절
2	Responsiveness		Context	동영상 화면 클릭 시 재생

No.	Evaluation Criterion	Evaluation Type	Preferred CBT GUI Type	Function
3	Distinctiveness			클릭 가능요소와 불가능요소 구분 표시
4	Informativeness	정성적	-	학습 페이지 및 시간 정보 제공
5	Explicitness			자막-내레이션연동 color feedback 제공
6	Simplicity			메뉴 모두 펼치기
7	Learnability			Learning map 제공

3.2. Results

본 연구는 도출된 16가지 개선 기능을 반영하여 Figure 5와 같은 hybrid 유형에 해당하는 CBT GUI 개선안을 설계하였다. Hybrid 유형은 hierarchy와 context 유형의 선호 특성을 반영하고 평가기준별 사용성 문제점을 개선하기 위한 기능들을 구현하여 개발되었으며, 제목, 내용, 메뉴, 설명, 그리고 기능영역으로 구성되어 있다(Figure 5). 제목 영역에는 학습 페이지 및 시간 정보 제공 기능 등과 같은 2가지 개선 기능이, 내용 영역에는 동영상 재생배속 및 음량크기 조절 등과 같은 5가지 개선 기능이 구현되었다. 메뉴 영역에는 메뉴 모두 펼치기 기능 등과 같은 6가지 개선 기능이, 설명 영역에는 자막-내레이션 연동 color feedback을 제공하는 1가지 개선 기능이 구현되었다. 마지막으로, 기능 영역에는 learning map 기능 등과 같은 2가지 개선 기능이 구현되었다.

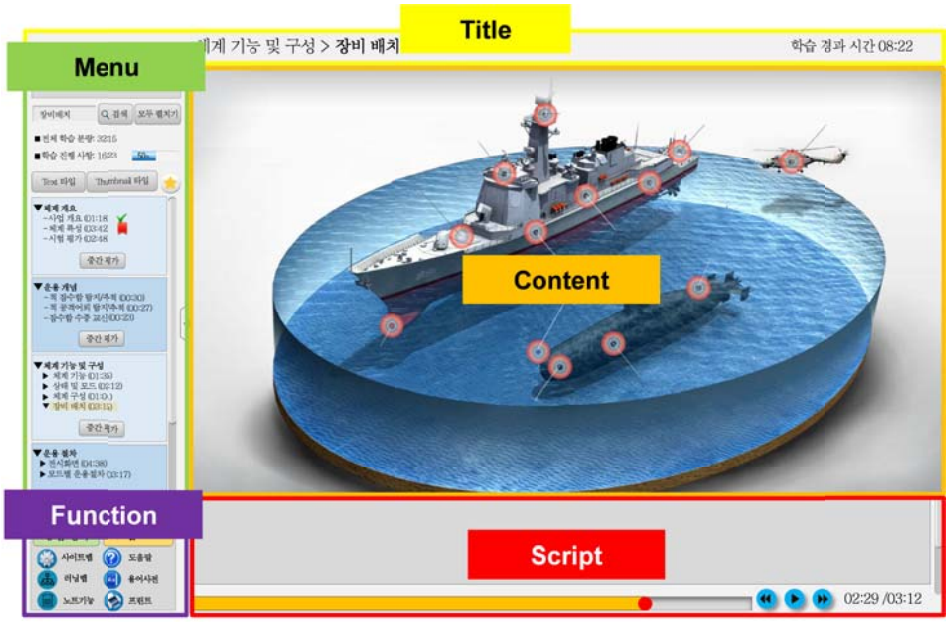


Figure 5. An example of hybrid type of graphic user interface (GUI) for military computer-based training. The hybrid GUI was developed by combining the preferred features of hierarchy-type and context-type GUIs.

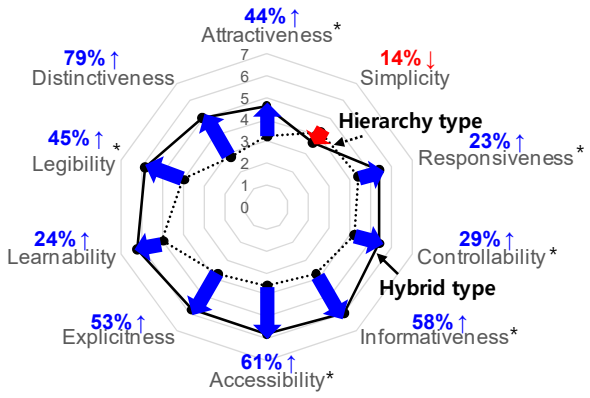
4. GUI design validation

4.1. Method

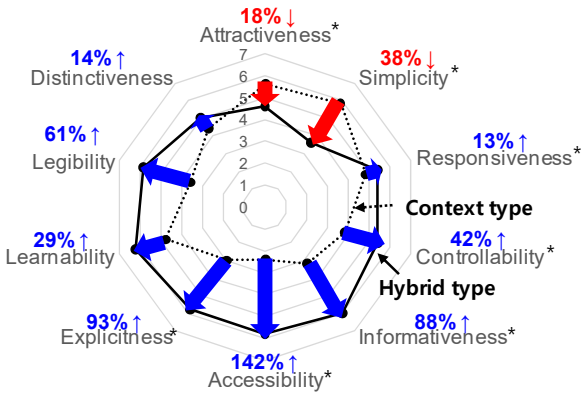
CBT GUI 사용 유경험자를 대상으로 설문지를 사용하여 평가기준별로 hybrid 유형의 사용성 평가 정보가 정량적, 정성적으로 획득되었고 CBT GUI 유형간 사용성 점수 차이에 대한 통계 분석이 수행되었다. 신규 hybrid 유형의 선호 특성 파악을 위하여 hybrid 유형의 사용성이 기존 hierarchy와 context 유형과 상대적으로 평가되었다. Hybrid 유형의 사용성은 CBT GUI 사용 경험이 있는 22명(남성: 19명, 여성: 3명; 연령: 20대 ~ 40대)을 대상으로 10가지 평가기준(Table 1 참조)별 7점 척도(1점: 매우 나쁨, 4점: 보통, 7점: 매우 좋음)가 적용되어 평가되었다. CBT GUI 유형간 사용성 점수 차이 검정에는 사용성 점수 자료가 정규분포를 따르는 것으로 나타나 유의수준 0.05에서 paired *t*-test가 적용되었다.

4.2. Results

개선효과 검증 결과, hybrid 유형은 Figure 6과 같이 간결성과 심미성을 제외한 8가지 측면에서 전반적인 향상을 보였으며, 특히 접근용이성과 정보성 측면에서 50% 이상 유의하게 개선된 것으로 나타났다. Hybrid 유형의 간결성(4.1 ± 1.3점)은 context 유형(6.0 ± 0.9점)보다 38%정도 유의하게 저하된 것(t[21] = 4.99, p< .001)으로 나타났다. Hybrid 유형의 심미성(4.4 ± 1.1점)은 context 유형(5.9 ± 0.9점)보다 18%정도 유의하게 저하된 것(t[21] = 5.41, p< .001)으로 나타났다. 반면, Hybrid 유형의 접근용이성(5.9 ± 0.6점)은 hierarchy 유형(4.9 ± 1.1점)보다 61%정도 유의하게 향상된 것(t[21] = -4.22, p< .001)으로 나타났다. Hybrid 유형의 접근용이성(5.9 ± 0.6점)은 context 유형(3.6 ± 1.4점)보다 142%정도 유의하게 향상된 것(t[21] = -6.52, p< .001)으로 나타났다. Hybrid 유형의 정보성(5.5± 1.0점)은 hierarchy 유형(5.0 ± 1.1점)보다 58%정도 유의하게 향상된 것(t[21] = -2.08, p = .05)으로 나타났다. Hybrid 유형의 정보성(5.5± 1.0점)은 context 유형(4.5± 1.2점)보다 88%정도 유의하게 향상된 것(t[21] = -3.32, p = .003)으로 나타났다.



(a) Hierarchy vs. hybrid



(b) Context vs. hybrid

Figure 6. Usability validation results of hybrid-type graphic user interface (GUI) compared with hierarchy-type and context-type GUIs. The paired-*t* test was conducted (*p< .05).

5. Discussion

본 연구는 CBT GUI의 선호 특성을 파악하기 위하여 상이한 유형간의 사용성을 비교 평가하였다. 본 연구는 hierarchy와 context 유형의 CBT GUI를 대상으로 사용성의 체계적인 비교를 통하여 평가기준별 선호 특성을 파악하였다. 기존 공정 제어실 GUI 연구들(Carvalho et al., 2008; Han et al., 2007; Letsu-Dake and Ntuen, 2010)은 특정(예: hierarchy) 유형에 대해서만 사용성 평가를 수행해왔다. 본 연구의 GUI 유형별 사용성 비교 평가 방법은 GUI 유형별 사용성을 효과적이고 체계적으로 파악하는데 도움을 줄 수 있다.

Hierarchy 유형은 context 유형에 비해 조작용이성 측면에서 1.6배, context 유형은 hierarchy 유형에 비해 심미성, 간결성, 그리고 반응성 측면에서 1.8배, 1.3배, 그리고 1.3배정도 유의하게 선호되는 것으로 파악되었다. Hierarchy 유형은 context 유형보다 조작용이성이 유의하게 선호되는 것으로 나타났는데, 이는 hierarchy 유형이 계층화된 메뉴를 통해 전체 정보의 흐름을 파악하면서 체계적인 학습이 가능하고 화면 전환이 용이하기 때문인 것으로 추정된다. Context 유형은 hierarchy 유형보다 심미성, 간결성, 그리고 반응성이 유의하게 선호되는 것으로 나타났는데, 이는 context 유형이 필요한 정보를 직관적으로 획득 가능하고 사용자 입력에 대한 피드백(예: 확인, 경고)이 신속하게 제공되기 때문인 것으로 추정된다. 본 연구에서 파악된 CBT GUI 유형별 선호 특성은 CBT 사용분야(예: 군, 기업)별 교육내용의 특성을 고려한 CBT GUI 설계 시 참고될 수 있다.

Hierarchy와 context 유형 각각의 선호 특성을 반영하여 개발된 hybrid 유형은 사용성에 대해 전반적인 개선 효과를 보였으며, 특히 접근용이성과 정보성 측면이 50% 이상 개선된 것으로 파악되었다. 본 연구의 hybrid 유형은 평가기준별로 hierarchy 유형과 context 유형에 대한 사용성 문제점을 개선하는 방식으로 설계되었다. Hybrid 유형은 hierarchy 유형과 context 유형 대비 접근용이성과 정보성이 공통적으로 1.5배 이상 우수한 것으로 나타났는데, 이는 hybrid 유형이 필요한 정보에 대해 신속하게 접근이 가능한 특성과 더불어 전체 정보의 흐름을 파악하면서 체계적인 학습이 용이하기 때문인 것으로 추정된다. 따라서, 학습의 효율성과 체계성이 종합적으로 고려된 hybrid 유형의 CBT GUI는 학습효과 및 사용성 향상에 기여할 수 있다.

추후 실제 CBT 사용자를 대상으로 사용성 평가를 수행하고 GUI 사용성 평가 체계를 수립하는 연구가 필요하다. 본 연구는 CBT 설계 전문가 9명을 대상으로 사용성 평가를 수행하였으나, 실제 CBT 사용자의 요구사항을 반영하기 위하여 보다 많은 실제 CBT 사용자를 대상의 사용성 평가가 요구된다. 또한, 본 연구는 CBT 설계 전문가들의 토의를 통해 CBT GUI에 적용 가능한 사용성 평가기준들을 선정하였으나, 추후 다양한 GUI의 사용성의 사용성을 보다 체계적으로 평가하기 위해서는 포괄적인 GUI 사용성 평가 체계 수립이 필요하다. 예를 들면, GUI 사용성 평가 체계는 문헌 조사를 통해 GUI

설계 요소(예: 레이아웃, 메뉴구조), 사용성 평가 기준(예: 일관성, 명료성), 객관적/주관적 사용성 평가 척도(예: 조작시간, 오조작 횟수, Likert 척도), 사용성 평가 방법(예: 설문 조사, 인지적 시찰법) 등으로 구분되어 수립될 수 있다. GUI 사용성 평가 체계가 구축되면 평가 대상 GUI 특성에 적합한 평가 체계를 용이하게 수립하는데 기여할 수 있다.

Acknowledgements

This work was supported by LIG Nex1.

References

Abran, A., Khelifi, A., Suryn, W. and Seffah, A., Consolidating the ISO usability models, *In Proceedings of the 11th International Software Quality Management Conference*, 23-25, 2003.

Carvalho, P.V.R., Santos, I.L., Gomes, J.O., Borges, M.R.S. and Guerlain, S., Human factors approach for evaluation and redesign of human-system interfaces of a nuclear power plant simulator, *Displays*, 29, 273-284, 2008.

Ha, C.H. and Kim, H.S., A development of rule-based computer based training system for the NBC, *In Proceedings of KIISE conference*, 24(2), 313-316, 1997.

Han, S.H., Yang, H.C. and Im, D.G., Designing a human-computer interface for a process control room: A case of a steel manufacturing company, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37, 383-393, 2007.

Harding, B., Windows & icons & mice, oh my! The changing face of computing, *In Proceedings of the 19th Annual Frontiers in Education conference*, 337-342, 1989.

ISO, *ISO/IEC 9126-1: Software engineering – Product quality – Part 1: Quality model*, 2001.

Jang, D.Y. and Byun, S.N., Approach of methodology for an improving displays of computerized procedure system and development of procedure writer's guidelines in the nuclear power plant, *In Proceedings of KIIE conference*, 11, 765-772, 2004.

Jung, Y.S., A study on the usability evaluation criteria of mobile navigation using AHP approach, Master's thesis, Hansung University, 2013.

Kim, J.H. and Byun, S.N., A study of design improvement on the alarm display for Go-ri 2, *In Proceedings of KIIE conference*, 10, 288-294, 2009.

Kwahk, J.Y., A methodology for evaluating the usability of audiovisual consumer electronic products, Ph.D. dissertation, Pohang University of Science and Technology, 1999.

Letsu-Dake, E. and Ntuen, C., A case study of experimental evaluation of adaptive interfaces, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40, 34-40, 2010.

Lim, D.K., Han, S.H., Yang, H.C. and Kim, J.S., Ergonomic screen design of control room in steel manufacturing process, *In Proceedings of the 20th ESK conference*, 11, 143-146, 2002.

Nielsen J., Finding usability problems through heuristic evaluation, *In Proceedings of the SIGCHI'92 conference*, 373-380, 1992.

Nielsen J., Usability inspection methods, *In Proceedings of the ACM CHI'94 conference*, 413-414, 1994.

Oh, S.H., A comparison of usability evaluation methods: A case study on a camera application for visually impaired people, Master's thesis, Pohang University of Science and Technology, 2013.

Park, J.H., Han, S.H., Park, J.H., Park, W.G., Kim, H.K. and Hong, S.W., Comparison of usability evaluation methods for mobile application, *In Proceedings of the 30th ESK Conference*, 5, 154-157, 2012.

Park, S.G., The embodiment of a CBT system for the military training & education: Focus on the development of courseware, Master's thesis, Taegu University, 1997.

Park, W.K., Han, S.H., Kang, S.J., Park, Y.S. and Chun, J.M., A factor combination approach to developing style guides for mobile phone user interface, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41, 536-545, 2011.

Potelle, H. and Rouet, J., Effects of content representation andreaders' prior knowledge on thecomprehension of hypertext, *International Journal of Human-Computer Studies*, 58, 327-345, 2003.

Seffah, A., Donyaee, M., Kline, R.B. and Padda, H.K., Usability measurement and metrics: A consolidated model, *Software Quality Journal*, 14(2), 159-178, 2006.