

실물형 인터렉션 디자인 특성 분석:
과학관 체험 전시물을 대상으로

Specifying the Characteristics of Tangible User Interface:
centered on the Science Museum Installation

조명은* · 오명원* · 김미정†

Myung Eun Cho* · Myung Won Oh* · Mi jeong Kim**

*경희대학교 생활과학대학 주거환경학과

**Department of Housing and Interior Design, Kyung Hee University

Abstract

Tangible user interfaces have been developed in the area of Human-Computer Interaction for the last decades, however, the applied domains recently have been extended into the product design and interactive art. Tangible User Interfaces are the combination of digital information and physical objects or environments, thus they provide tangible and intuitive interaction as input and output devices, often combined with Augmented Reality. The research developed a design guideline for tangible user interfaces based on key properties of tangible user interfaces defined previously in five representative research: Tangible Interaction, Intuitiveness and Convenience, Expressive Representation, Context-aware and Spatial Interaction, and Social Interaction. Using the guideline emphasizing user interaction, this research evaluated installation in a science museum in terms of the applied characteristics of tangible user interfaces. The selected 15 installations which were evaluated are to educate visitors for science by emphasizing manipulation and experience of interfaces in those installations. According to the input devices, they are categorized into four Types. TUI properties in Type 3 installation, which uses body motions for interaction, shows the highest score, where items for context-aware and spatial interaction were highly rated. The context-aware and spatial interaction have been recently emphasized as extended properties of tangible user interfaces. The major type of installation in the science museum is equipped with buttons and joysticks for physical manipulation, thus multimodal interfaces utilizing visual, aural, tactile senses etc need to be developed to provide more innovative interaction. Further, more installation need to be reconfigurable for embodied interaction between users and the interactive space. The proposed design guideline can specify the characteristics of tangible user interfaces, thus this research can be a basis for the development and application of installation involving more TUI properties in future.

Key words : tangible user interface, interactive installation, design guideline, user experience.

요 약

본 연구는 실물형 인터페이스 개념과 특징을 설명하고 있는 선행연구를 대상으로 실물형 인터페이스디자인에

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012-0000609)

† 교신저자 : 김미정 (경희대학교 생활과학대학 주거환경학과)

E-mail : mijeongkim@khu.ac.kr

TEL : 02-961-9275

FAX : 02-961-0538

대한 특성을 토출하여 이를 토대로 실물형 인터페이스 디자인 가이드라인을 제안하였다. 도출된 인터페이스 디자인 가이드 라인의 특성은 물리적 조작성, 기기의 용이성 및 편리성, 지각적 표현성, 상황인지 및 공간성, 그리고 사회적 상호작용으로 구분되었으며 25개의 세부항목이 추출되었다. 개발된 가이드라인은 사용자와의 상호작용 측면이 강조된 것으로 이를 실제공간의 체험형 전시물들에 적용하여 평가함으로써 현 실물형 인터페이스 디자인의 특성을 분석하였다.

조사대상으로 선정된 국립과학 박물관의 전시 설치물들 중 실물형 인터페이스 평가가 가능하다고 판단되는 15개의 설치물을 대상으로 개발된 디자인 가이드 라인에 따라 전문가 평가를 하였다. 평가결과 신체모션을 이용한 인터페이스에 대한 점수가 가장 높았으며 이들은 상황인지 및 공간성 영역에서 높은 평가를 받았다. 상황인지 및 공간성은 새로이 확장된 실물형 인터페이스 특성으로 최근 그 중요성이 강조되고 있다. 분석 결과 대부분의 설치물들은 버튼과 조이스틱 위주의 물리적 조작성을 제공하는 설치물이 가장 많았으나 향후 시각, 청각, 촉각 등의 다감각 인터페이스나 사용자가 직접 설치장치들을 재배열하는 인터랙션 개발 등이 필요하였다. 본 연구는 실물형 인터페이스 디자인을 평가할 수 있는 기준을 제시하였는데 그 의의가 있으며 실물형 인터페이스 디자인이 적용된 전시 설치물들이 개발되고 적용됨에 있어 발전 방향을 모색하는데 도움을 줄 것으로 기대한다. 향후 개발된 실물형 인터페이스 디자인 가이드 라인에 따라 전문가 평가뿐만 아니라 실제 사용자들을 대상으로 하는 사용자 경험 평가가 병행되어야 할 것이다.

주제어 : 실물형 인터페이스, 체험형 전시물, 디자인 가이드라인, 사용자 경험.

1. 서론

지난 15년 동안 실물형 사용자 인터페이스(Tangible User Interface)는 촉각적 사용자 인터페이스(graspable user interface), 물리적-디지털적 인터랙션(physical-digital interactions), 디지털-합성된 물리적 공간(digitally-augmented physical space) 등의 다양한 용어로 HCI (Human-Computer Interface) 분야에서 활발하게 사용되어 왔다(Fitzmaurice, 1996; Price et al., 2004).

실물형 인터페이스(TUI)는 촉각적 조작과 물리적 표현 등 실제 공간과 디지털화된 물리적 공간에서의 광범위한 시스템과 인터페이스를 포함하며, 연구 분야는 실제화된 인터랙션, 촉각적인 조작, 데이터의 물리적인 표현, 증강현실 등을 기반으로 하고 있다. 실물형 인터페이스는 HCI 분야뿐만 아니라, 컴퓨터 과학, 제품 디자인과 인터랙티브 예술에까지 광범위하게 연구되고 있다(Bongers, 2002; Buur et al., 2004; Djajadiningrat et al., 2002; Choi, 2007).

기존의 그래픽 인터페이스(Graphical User Interface)는 모니터와 키보드, 마우스를 통해 디지털 정보를 다룰 수 있었다. 반면 실물형 인터페이스는 시각, 청각, 촉각, 신체의 일부 등 인간의 확장된 감각을 통한 실제 세계와의 상호작용을 통해 쉽게 디지털 정보에 접근할 수 있도록 한다. 따라서 실물형 인터페이스를 디자인한다는 것은 디지털을 디자인하는 것뿐만 아니라

물리적인 형태와 실제 환경, 그리고 인간과의 상호관계 등 새로운 타입의 상호작용을 디자인하도록 요구한다(Hornecker et al., 2006; Sung and Nam, 2006; Lim and Hong, 2006).

이것은 컴퓨팅이 데스크탑을 넘어 우리 삶과 일의 전 영역에 퍼져있는 지능적인 도구가 되었다는 것을 의미한다. 이전에는 인터페이스로 여겨지지 않던 것들이 인터페이스로 변하고 컴퓨팅이 점차적으로 물리적 환경에 내재되어 가고 있다. 따라서 이러한 디자인을 지원하는 새로운 인터페이스 유형과 지식에 대한 개념적 이해는 보다 더 중요해지고 있다.

지금까지 실물형 인터페이스의 연구들은 주로 프로토타입 구현과 새로운 시스템을 개발하는 기술관련 연구들이 대부분이었다. 또한 실물형 인터페이스 관련 용어를 정의하고 구현된 시스템을 분류하고 체계를 형성하는 연구에 집중되어 왔다(Kim et al., 2007; Kim, Cho and Park, 2007).

그러나 이러한 연구들은 디자이너들이 실물형 인터페이스를 디자인하는데 도움을 줄 수 있는 사용자와의 상호작용 측면은 전혀 다루어지지 않고 있다. 따라서 실제 사용자와의 상호작용 측면에서 실물형 인터페이스에 대한 개념적인 프레임워크를 정립하고 디자인 원리를 파악하는 것이 필요하다.

본 연구는 사용자가 경험하는 상호작용이 강조된 실물형 인터페이스 디자인 특성이 무엇인지를 파악하

고 서로 얽혀 있는 물리적, 기술적, 공간적, 사회적 측면에서의 다양한 상호작용을 밝히고자 한다. 먼저 실물형 인터페이스 디자인 방향을 제시할 가이드라인을 개발하고 이를 바탕으로 과학관의 체험형 전시물들을 평가해 봄으로써 실제 공간에 적용된 실물형 인터페이스 디자인 특성을 파악하는데 그 목적이 있다.

본 연구 결과는 실제 공간에 설치되어 사용되는 실물형 인터페이스 디자인을 평가할 수 있는 기준을 제시할 뿐 만 아니라 현재 실물형 인터페이스 디자인의 특성과 문제점을 파악하게 함으로써 향후 실물형 인터페이스 디자인이 적용된 설치물들이 개발되고 적용됨에 있어 발전 방향을 제시할 수 있을 것이다. 또한 향후 실물형 인터페이스 연구가 보다 사용자 경험과 실제 적용되는 현장을 토대로 하여 진행될 수 있도록 도움을 줄 것으로 기대한다.

2. 실물형 사용자 인터페이스(Tangible User Interface) 디자인 원리

실물형 인터페이스의 개념과 특징을 다루고 있는 선행연구를 바탕으로 실물형 인터페이스 디자인 특성을 도출하며 이를 토대로 실물형 인터페이스 디자인 가이드라인을 제안한다.

2.1. 관련 선행 연구 고찰

Ullmer와 Ishii(1997)가 처음으로 실물형 사용자 인터페이스(Tangible User Interface) 개념을 소개한 이후 실물형 인터페이스에 대한 많은 연구들이 있었다. 실물형 인터페이스는 물질세계와 가상세계를 연결하면서, 인간의 확장된 감각을 이용하여 가상세계의 디지털 정보를 보다 직관적이고 경험적으로 습득하게 한다.

Ishii(1997, 2000, 2008)는 실물형 인터페이스 개념을 연구를 통해 계속적으로 발전시켜왔는데, 실물형 인터페이스가 기존의 그래픽 인터페이스와 가장 큰 차이는 표상과 컨트롤러를 통합시킨 형식이라고 하였다. 그는 세 가지의 실물형 인터페이스의 특성을 언급하였다. 실물형 인터페이스는 건축적 공간 안에 있는 모든 물리적 표면을 가상세계와 연결 짓는 인터페이스로 전환한다고 하였으며, 원자로 이루어진 물리적 세계의 일상적인 물체들은 디지털 정보와 결합되어 소리, 빛, 공기의 흐름, 물 등과 같은 환경적 요소들을 매체로 하여 상호작용을 한다고 하였다.

Hornecker(2006)는 실물형 인터페이스의 개념을 촉각적 조작(tangible manipulation), 공간적 상호작용(spatial interaction), 체화된 용이성(embodied facilitation), 표현(expressive representation)의 4가지의 다양한 측면에서 설명하였다.

촉각적 조작은 뚜렷한 촉각을 가진 물질적인 느낌과 관련이 있으며 인터페이스의 자연스러운 조작성과 반응성 등이 중요하다.

공간적 상호작용은 실물형 인터페이스가 실제 공간에 내재되어 있으므로 인터렉션이 공간상에서 움직임을 통해 일어난다는 것이다. 공간 안의 대상을 만지고 움직이는 행위뿐 아니라 공간과의 상호작용은 사람 몸의 움직임에 의해 일어난다고 해석한다.

체화된 용이성이란 공간에서 물체들의 배치가 어떻게 사용자 행위에 영향을 미치는가를 강조한 개념이다. 크기, 형태, 대상물의 위치와 같은 시스템의 물리적 환경이나 공간과 물체의 형상으로 인한 제약성은 행동을 촉진하거나 제한하게 함으로써 경로를 결정하거나 바꿀 수 있다.

표현은 물리적인 대상물과 디지털 요소를 결합하는 융합표현으로 대상을 외적 형태로 구현함으로써 사용자들의 인지능력을 도와준다. 실제 적용되는 행동과 그러한 행동으로 유발되는 표현결과가 자연스럽게 명확하게 연결되는 것이 중요하다.

가장 최근에 Jacob et al.(2008)는 현실 기반 상호작용(Reality-Based Interaction) 연구에서 실물형 인터페이스에 대한 개념적 프레임워크를 제시하였다. Jacob은 RBI와 post-WIMP를 WIMP(window, icon, menu, point device) 시대 이후에 진행되는 새로운 인터페이스로 정의하였다. 그가 제시한 RBI는 사람들이 물리적 세계에 대해 가지고 있는 일반적인 지식인 물리성(naive physics), 사람들이 그들의 몸을 인식하고 통제하고 조정하는 기술(body awareness), 사람들이 주위 상황을 의식하고 그들의 환경 안에서 타협하고 조정하는 기술(environment awareness & skills), 같은 환경 안에 있는 다른 사람들을 인식하고 그들과 상호작용하는 기술(social awareness & skills)의 4가지 특성을 가진다.

Hornecker(2006)와 Jacob(2008)는 실물형 인터페이스의 기존 개념에 확장된 새로운 개념들을 제시하였다. Hornecker의 공간적 상호작용의 개념과 Jacob의 몸 전체와 환경, 그리고 사회적 사회작용의 개념은 사용자와 공간간의 연결성이 강조된 개념이라고 할 수 있다.

그 외 Koleva(2003)와 Ghazali(2006)가 제시한 실물형

인터페이스의 디자인 원리는 변형성(transformation), 반응성(sensing fo interaction), 재배열성(configurability), 자율성(autonomy), 조작성(tangible transition) 등 주로 기기의 동작과 기능에 초점을 맞춘 특성들이다.

2.2. 실물형 인터페이스 디자인 가이드라인

실물형 인터페이스 디자인 가이드라인을 개발하기 위해 전문가 3인이 세 차례의 회의를 하였다. 증강현실 및 HCI 분야에서 10년 이상 활발한 연구를 진행하고 있는 호주 대학의 교수와 실물형 인터페이스와 인터랙티브 디자인 분야의 교수 그리고 유비쿼터스 공간 연구를 하는 건축과 연구교수였다.

회의를 통해 선행연구에서 고찰한 Ishii(2008), Hornecker(2006), Jacob(2008), Koleva(2003), Ghazali(2006)의 관련 논문 5편을 토대로 대표적인 실물형 인터페이스 디자인 특성을 도출하였으며 그 결과는 Table 1과 같다. 각 논문에서 제시된 특성들 중에서 유사하다고 판단되는 것들을 같은 영역으로 구분하였으며 그 내용과 중요도에 따라 물리적 조작성, 기기의

용이성 및 편리성, 지각적 표현성, 상황인지 및 공간성, 사회적 상호작용의 5가지 디자인 특성을 추출하였다. 또한 추출된 디자인 특성의 개념을 새로이 정의하고 이를 가장 잘 표현할 수 있는 세부항목들을 정하였다. 그 결과는 Table 2와 같다.

실물형 인터페이스 디자인의 첫 번째 특성은 ‘물리적 조작성’이다. 이것은 촉각적인 특성을 가지고 있는 물리적 표상체와 관련이 있는 것으로 물리적 조작을 통해 사용자가 디지털 정보를 제어할 수 있게 한다. 조작은 컴퓨팅 제어를 위한 물리적 객체로서 사용자가 잡고, 움직이고 느낄 수 있다. 세부항목은 움직임의 정확성, 빠른 피드백, 상호작용의 연속성과 지속성의 내용을 포함하고 있다.

두번째는 ‘기기의 용이성 및 편리성’이다. 기기 그 자체에 관한 것으로 시스템이 어떻게 사용자의 행위에 영향을 미치고 이끄는지를 강조한다. 실물형 상호작용을 통해 구현되는 물질적인 물체들의 특징으로 어떤 행동을 유도하거나 방해할 수 있다. 세부적으로는 사용자들의 행동 유발과 조절성, 접근성, 재배치성, 경험성, 조작성 등이 포함된다.

Table 1. Key Properties of Tangible User Interface.

Properties	Brygg Ullmer (2008)	Eva Homecker et al. (2006)	Robert J. K. Jacob et al. (2008)	Boriana Koleva et al. (2003)	Ghazali et al. (2006)
Tangible Interaction	Computational Coupling of Tangible Representations	Manipulation	Naive Physics	Autonomy	Exposed State
				Sensing of Interaction	Tangible Transition
Intuitiveness and Convenience	Embodiment of Mechanisms for Interactive Control	Embodied Facilitation		Configurability Transformation	Bounce Back
				Lifetime of Link	Inverse Actions
Expressive Representation	Perceptual Coupling of Tangible Representations	Representation	-	Transformation	-
Context-aware and Spatial Interaction	-	Spatial Interaction	Environment Awareness and Skills	-	Compliant Interaction
			Body Awareness and Skills		
Social Interaction	-	-	Social Awareness and Skills	-	-

Table 2. A Design Guideline of Tangible User Interface.

Category	Items
Tangible Interaction	a. Users can grab, feel and move ‘the important stuff’.
	b. Users can feel the bounce back, inverse action.
	c. Users can perceive the rapid feedback during interaction.
	d. Users can proceed with small, experimental steps.
	e. Users can experience the interaction instantly, from the start.
Intuitiveness and Convenience	a. The physical set-up leads users to collaborate by subtly constraining their behavior.
	b. There are multiple input points allowing concurrent accesses of multi-users.
	c. The physical set-up is reconfigurable.
	d. Users can manipulate intuitively without referring to a manual or learning process.
	e. The interaction point is designed naturally and identifiably.
Expressive Representation	a. The digital representation is naturally conform to the corresponding physical form.
	b. Physical and digital representations are of similar strength.
	c. Users can think or talk with/ through objects using them.
	d. It is easy to understand the relations between action and effects.
	e. There is a strong expressiveness attracting users.
Context-aware and Spatial Interaction	a. Users can create a meaningful place through the interaction.
	b. The location, height and arrangement of the installation are relevant in a space.
	c. The system can respond to the users’ movements.
	d. Users can use their whole body for the interaction.
	e. Users can communicate through their body movements while doing what they do.
Social Interaction	a. Users can converge on the surrounding of the installation.
	b. It can be used either by a single user or by multi-users together.
	c. There is a physical focus that draws the

	group together.
	d. There are social interaction emerging from people getting around.
	e. Users’ behavior can be observed and learned by other users.

세번째는 ‘지각적 표현성’이다. 눈에 보이지 않는 상호작용이 물리적인 기기의 디지털 정보와 결합되어 어떻게 표현되고 있느냐에 관한 내용이다. 실물형 상호작용 시스템들이 가지고 있는 물질적이고 디지털적인 표상체와 그들의 표현 및 명료성에 중점을 둔다. 물리적 표현과 디지털 표현이 적절히 섞여 있고 자연스럽게 표현되는지부터 사고성, 이해성, 유인성 등의 세부 내용이 포함된다.

네번째는 ‘상황인지 및 공간성’이다. 실물형 인터페이스에서 공간은 물리적 기기의 형태와 높이, 놓이는 위치와 배치 등 공간이 지니는 물리적 특성뿐만 아니라 엠비언트룸(ambient room)의 예에서처럼 물리적인 객체가 없는 온도나, 향기, 빛, 소리 등의 환경 미디어의 활용에 의해서도 형성된다. 실물형 인터페이스 환경에서는 공간 자체가 정보를 나타내는 디지털적인 매체가 되기 때문에 이러한 공간에서 지각되는 인간 행동과 몸의 움직임은 매우 중요하다. 세부적으로는 공간 안에서의 의미성, 기기의 위치와 배치, 신체의 움직임과 정보전달성 등의 내용을 포함하고 있다.

마지막으로 ‘사회적 상호작용’이다. 이것은 기기가 가지는 네트워크 특성에 기인하여 발생하는 것으로 여러 사람이 함께 하는 상호작용에 관한 내용이다. 그 래픽 인터페이스가 주는 경험방식은 한 사람이 조작을 통해 경험효과를 가지는 것으로 다수가 조작에 참여하기 힘들다. 실물형 인터페이스는 여러 사용자가 동시에 독립적인 조작을 할 수 있으며 이러한 환경은 상호간의 상호작용을 가능하게 한다. 시스템이 가져다 주는 상호작용과 시스템 주변 공간을 통해 발생하는 사용자간의 상호작용에 관한 내용이 세부항목에 포함된다.

3. 사례 분석

본 연구는 앞서 개발한 실물형 인터페이스 디자인 가이드라인에 따라 실제 공간에 설치되어 있는 설치물들의 실물형 인터페이스 디자인 특성을 파악하는데 그 목적이 있다. 따라서 현재 과학관에 설치된 체험형 전시물을 대상으로 전문가 디자인 평가를 실시하여

그 특성을 분석한다.

3.1. 조사 대상 및 방법

본 연구를 위해 국립과천과학관을 조사대상으로 선정하였다. 국립과천과학관은 그래픽 패널과 같은 정적인 전시매체를 최소화하고 작동, 체험 전시율이 높으며 첨단 연출매체를 도입하여 상호작용을 중시하였다.

전시공간은 첨단기술, 기초과학, 자연사, 전통과학, 어린이 탐구체험 등의 전시영역으로 구분되어 실물, 표본, 모형, 실험장치, 영상, 사진 등의 다양한 형태로 전시되어져 있다. 국립과천과학관은 다양한 연령층이 이용할 수 있는 전시내용으로 조사기간에는 단체 견학 온 학생들이 많았다.

1, 2 층의 첨단기술관과 기초과학관, 전통과학관을 대상으로 전시도면을 참조하고 전문가 현장조사를 통해 실물형 인터페이스 분석이 가능하다고 판단되는 15개의 전시물을 선정하였다. 선정된 전시설치물의 위치는 Fig. 1과 같다. 선정된 15개 전시설치물을 앞서 개발한 실물형 인터페이스 디자인 가이드라인에 의해 전문가 4인이 평가하였다.



Figure 1. Map of the National Science Museum.

3.2. 체험형 인터랙티브 전시물의 유형

최근 전시관들은 체험식 전시에 대한 관심이 많아지고 있다. 기존의 시각적인 전시물과는 달리 실제로 실물이나 모형 등을 손으로 직접 만져보게 함으로써 학습효과가 크다(Jeong, 2009). 선정된 15개의 전시물은 과학적 내용을 교육시키기 위한 것으로 조작과 체험이 강조되었다. 선정된 전시물은 입력장치(input device)에 따라 4가지 유형으로 구분된다(Table 3).

Table 3. Types of TUI Design in the Science Museum.

Type	Image
Type 1 (Screen)	 <ul style="list-style-type: none"> Cars made by myself, I am an anchorman / anchorwoman, Cyber Avatar
Type 2 (Physical manipulation)	 <ul style="list-style-type: none"> Finding cancer cells, HEMIRE (unmanned submersible), Responding Speed, Pascal's triangle, Eastern & Western styles of paddling, Structure of the Turtle Ship
Type 3 (Body motion)	 <ul style="list-style-type: none"> Gaining physiology energy, Releasing stress, Experiencing Hakikjin (war tactics)
Type 4 (Other sense)	 <ul style="list-style-type: none"> Experiencing brainwave, Acoustic room, Analyzing skin condition

첫째, 스크린을 이용한 전시설치물로 스크린은 물리적 공간과 디지털 공간 사이에 가장 대표적인 인터페이스 형태이다. 평면 스크린은 대부분 터치 기반의 실물형 인터페이스를 형성하고 있었다. 데스크탑의 그래픽 인터페이스와 동일하게 화살표, 슬라이드 바 등 표현된 아이콘들을 통해 상호작용을 경험하게 하였다. 스크린을 이용한 과학관의 전시설치물은 내가 만든 자동차, 나도 아나운서, 사이버 아바타였다. 내가 만든

자동차는 전문가들이 자동차 설계시 사용하는 프로그램을 이용하여 관람자가 직접 자동차를 시뮬레이션하는 체험 코너였다. 나도 아나운서는 스크린의 화살표를 터치하면서 제시된 기사글을 읽으면 이것이 녹음되어 영상매체를 통해 보여졌다. 사이버 아바타는 중심 화면 속 가상 공간의 아바타가 진행자가 되어 관람객들과 상호작용하는 것이었다. 아바타는 개별 모니터 앞의 사용자들에게 퀴즈나 게임 등 어떤 행동을 하도록 유도하며 이 자료를 모아 결과를 사용자들에게 다시 피드백 해주었다.

둘째, 물리적 조작을 통해 상호작용을 형성하는 경우이다. 과학관 전시물의 가장 대표적인 물리적 조작 행위는 버튼 누르기와 조이스틱이었다. 과학관의 체험 전시물 중 가장 많은 비중을 차지했으며 암세포를 찾아라, 해미래, 반응속도, 파스칼의 삼각형, 동서양 노젓기 체험, 거북선 구조 등이 있었다. 암세포를 찾아라라는 누워있는 마네킹 위에 설치되어 있는 슬라이딩 LCD화면을 움직이면서 인체의 횡단면 영상을 볼 수 있다. 해당 부위를 터치하여 암에 대한 정보를 검색한다. 해미래는 해저를 탐사하는 로봇으로 조이스틱을 통해 사용자는 실제로 로봇을 움직일 수 있도록 되어 있다. 반응속도는 시뮬레이터 자동차에 앉아 자동차 운전 중 갑작스런 상황에 따라 브레이크를 밟는 반응속도를 측정하는 전시물이다. 파스칼의 삼각형은 정보 검색터치스크린과 버튼을 누르면 LEC 조명이 설치된 파스칼의 삼각형에 여러 가지 기하학적 형태가 나타나 규칙성을 확인하도록 되어 있다. 동서양 노젓기 체험은 동양배와 서양배 모형에 앉아 노젓기를 하면 그 횡수에 따라 디지털 속도가 모니터에 제시된다. 거북선 구조는 조이스틱을 움직이면 벽면의 모니터에 나타나는 위치가 바뀌게 되어 있다. 거북선 내부의 구조를 조이스틱을 움직이며 배울 수 있다.

셋째는 자신의 몸 전체를 움직이는 경우이다. 몸의 움직임은 센서를 통해 감지되며 바로 영상매체를 통해 나타난다. 몸 전체를 움직이는 전시물로는 신체 에너지 수확, 스트레스를 날리자, 학익진 전법체험이 있었다. 신체에너지 수확은 몸이 움직이는 양에 따라 에너지가 증가하도록 하였다. 스트레스를 날리자는 자신이 영상매체 속의 운동선수, 만화캐릭터, 게임 주인공이 되어 자신의 신체 움직임을 통해 영상 속의 주인공이 움직인다. 학익진 전법체험은 모니터에 나타난 학익진 전법을 몸 전체를 이용하여 따라하면서 경험하도록 한 설치물이다.

마지막으로 손이나 몸이 아닌 신체의 다른 감각을 이용하여 상호작용이 이루어지는 경우이다. 뇌파유도 체험, 소리공간, 피부형광체험이 이에 속한다. 뇌파유도체험은 사용자 뇌파의 파장을 측정 시스템 장치로 측정하며, 피부형광체험은 피부형광진단기를 통하여 피부 1 mm속의 피지, 여드름균, 박테리아, 염증 및 색소침착 등을 분석해 준다. 소리체험은 사용자의 목소리를 화면매체의 물방울로 변환시켜 표현하는 것으로 목소리의 크기를 조절함으로써 물방울의 위치나 크기가 변한다.

3.3. 분석 결과

실물형 인터페이스의 5개의 특성인 물리적 조작성, 기기의 용이성 및 편리성, 지각적 표현성, 상황인지 및 공간성, 사회적 상호작용에 따라 조사대상으로 선정된 15개의 전시설치물에 대한 평가를 실시하였으며 그 결과는 Table 4와 같다. 5개의 영역 25개 항목에 대해 5점 척도로 ‘1점: 전혀 그렇지 않다’에서 ‘5점: 매우 그렇다’까지 설치물에 나타난 실물형 인터페이스 특성 정도를 평가하였다.

전체 25개 항목의 합산 점수(만점 125점)가 가장 높았던 전시물은 신체모션을 이용했던 유형 3의 ‘스트레스를 날리자’(103점)로 나타났다. ‘스트레스를 날리자’는 다른 전시물에 비해 상황인지 및 공간성(5.00점), 지각적 표현성(4.60점), 사회적 상호작용(4.20점)에 대한 점수가 높은 것으로 나타났다. 이 전시물은 실물형 인터페이스 평가 점수뿐 아니라 사용자들에게도 인기가 가장 많았다. 학생들은 줄을 서서 순서를 기다렸고 가방을 바닥에 던져놓고 공간 안에 몰입해 있었다.

그 다음 유형 2의 ‘거북선 구조’(94점)와 ‘동서양 노젓기 체험’(93점)이 높은 점수를 나타냈다. 거북선 구조는 물리적 조작성(4.40점), 지각적 표현(4.20점)과 사회적 상호작용(4.20점)의 점수가 높게 나타났다. 동서양 노젓기 체험은 사회적 상호작용(4.80점)과 기기의 용이성 및 편리성(4.00점)의 점수가 다른 전시물보다 높게 나타났다. 그 다음은 70점 대로 ‘학익진 전법 체험’(79점), ‘내가 만든 자동차’(78점), ‘사이버 아바타’(78점), ‘신체 에너지 수확’(74점)의 점수가 높았다.

전시물의 유형에 따라 실물형 인터페이스 디자인 특성에 차이가 있는지를 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 유형에 상관없이 5개의 디자인 특성에 대해서는 지각적 표현성이 3.10점으로 가장 높았으며 상황인지 및

Table 4. TUI Design Properties of Interactive Installations

Installation		Mean (5 Likert's Scale)					Sum
		Tangible Interaction	Intuitiveness /Convenience	Expressive representation	Context-aware/Spatial	Social Interaction	
Type1 (N = 3)	1. Cars made by myself	4.60	1.80	4.60	1.40	3.20	78
	2. I am an anchorman / woman	3.20	2.40	2.80	2.20	1.20	59
	3. Cyber Avatar	3.60	3.00	3.20	3.00	2.80	78
Type2 (N = 6)	4. Finding cancer cells	2.60	3.40	3.00	1.60	2.80	67
	5. HEMIRE (unmanned submersible)	4.20	3.40	1.40	1.80	1.00	59
	6. Responding Speed	2.40	2.00	1.00	2.60	1.40	47
	7. Pascal's triangle	3.20	3.20	3.00	1.40	2.00	64
	8. Astern & Western styles of paddling	2.80	4.00	3.60	3.40	4.80	93
	9. Structure of the Turtle Ship	4.40	3.40	4.20	2.60	4.20	94
Type3 (N = 3)	10. Gaining physiology energy	1.00	3.40	3.40	4.00	3.00	74
	11. Releasing stress	3.60	3.20	4.60	5.00	4.20	103
	12. Experiencing Hakikjin (war tactics)	2.80	2.80	3.60	4.20	2.40	79
Type4 (N = 3)	13. Experiencing brainwave	1.20	1.80	3.00	1.60	2.20	54
	14. Acoustic room	2.60	3.80	2.00	1.40	3.20	65
	15. Analyzing skin condition	2.00	1.40	3.20	1.00	3.20	54

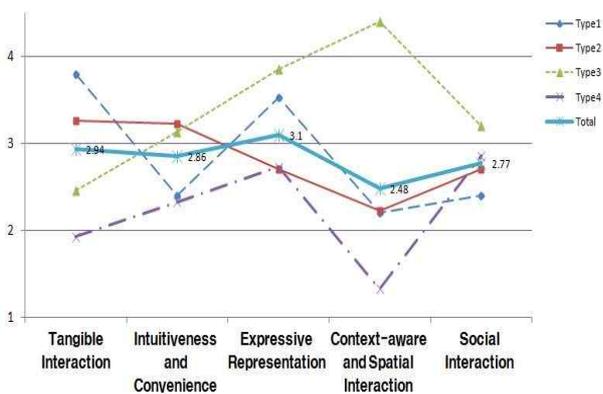


Figure 2. Score of the TUI Design Assessment

공간성이 2.48점으로 가장 낮게 나왔다.

유형에 따라 디자인 특성에 차이가 있었는데 신체 모션의 유형 3인 경우 물리적 조작성을 제외하고 대부분의 영역에서 높은 점수를 나타냈는데, 특히 상황인지 및 공간성이 다른 유형에 비해 가장 높은 점수를 보여주고 있다. 반면 신체의 다른 감각을 활용하는 유형 4는 모든 영역에서 다른 유형에 비해 점수가 낮

았다. 이것은 크게 두 가지 이유에서 해석할 수 있는데 첫째는 유형 4에 해당되는 체험전시물의 실물형 인터페이스 기능들이 아직 충분하게 개발되지 않았기 때문이라고 해석할 수 있으며 둘째는 기타 감각을 이용한 유형 4의 설치물들은 관람자들의 흥미를 끌지 못하는 콘텐츠를 제공하였기 때문이라고 해석할 수 있다. 스크린을 이용한 유형 1과 물리적 조작의 유형 2의 경우에는 상황인지 및 공간성은 낮은 반면 물리적 조작성은 높게 나타났다.

전시물들의 디자인 평가 내용 중 실물형 인터페이스 영역의 어느 항목에 차이가 있는지 세부 내용을 파악하기 위해 분석한 결과는 Table 5와 같다. 또한 세부 항목 평가에 앞서 개발한 디자인 가이드 라인의 신뢰성 평가를 병행하였으나 그 결과는 모든 항목에 대해 Cronbach's alpha 의 값이 0.60 이상의 점수를 나타내 측정도구의 신뢰성에는 문제가 없는 것을 확인하였다. 물리적 조작성의 세부 항목별 분석결과를 보면 ‘사용자가 잡고 움직이며 느낄 수 있도록 디자인 되었다’(3.53 점), ‘상호작용 동안 빠른 피드백이 있다’(3.40점)는

Table 5. TUI Design Properties in Each Type of Interactive Installations

Design Properties	Mean (St. D.)				Total Mean	Cronbach Alpha
	Type1	Type2	Type3	Type4		
Tangible Interaction - a	5.00(0.00)	4.50(0.83)	1.33(0.57)	2.33(1.15)	3.53(1.64)	0.749
Tangible Interaction - b	3.33(0.57)	3.00(1.67)	2.66(1.52)	1.66(1.15)	2.73(1.38)	
Tangible Interaction - c	3.66(1.52)	3.50(1.64)	2.66(1.52)	3.66(1.52)	3.40(1.45)	
Tangible Interaction - d	3.33(2.08)	2.33(1.03)	3.33(2.86)	1.00(0.00)	2.46(1.55)	
Tangible Interaction - e	3.66(1.52)	3.00(1.26)	2.33(1.52)	1.00(0.00)	2.60(1.45)	
Intuitiveness / Convenience - a	4.00(1.00)	4.33(1.21)	4.00(1.00)	2.33(1.52)	3.80(1.32)	0.635
Intuitiveness / Convenience - b	2.33(2.30)	1.50(1.22)	2.33(2.30)	2.33(2.30)	2.00(1.73)	
Intuitiveness / Convenience - c	1.00(0.00)	1.00(0.00)	1.00(0.00)	1.00(0.00)	1.00(0.00)	
Intuitiveness / Convenience - d	1.66(1.15)	4.50(1.22)	3.66(1.52)	2.66(1.52)	3.40(1.63)	
Intuitiveness / Convenience - e	3.00(2.00)	4.83(0.40)	4.66(0.57)	3.33(1.52)	4.13(1.30)	
Expressive Representation - a	3.33(1.15)	3.16(1.72)	4.33(0.57)	3.00(1.73)	3.40(1.40)	0.815
Expressive Representation - b	5.00(0.00)	2.50(1.37)	5.00(0.00)	3.00(1.73)	3.60(1.59)	
Expressive Representation - c	3.00(1.00)	1.16(0.40)	1.66(1.15)	1.00(0.00)	1.60(0.98)	
Expressive Representation - d	3.33(1.52)	3.66(1.63)	4.00(1.00)	4.00(1.00)	3.73(1.27)	
Expressive Representation - e	3.00(1.73)	2.60(2.19)	3.75(1.50)	2.66(0.57)	3.20(1.47)	
Context-aware Spatial - a	3.33(2.08)	3.16(0.57)	4.33(1.15)	1.00(0.00)	3.00(1.81)	0.835
Context-aware Spatial - b	3.66(0.57)	3.83(0.98)	4.33(1.15)	2.33(1.15)	3.60(1.12)	
Context-aware Spatial - c	2.00(1.73)	1.00(0.00)	5.00(0.00)	1.00(0.00)	2.00(1.73)	
Context-aware Spatial - d	1.00(0.00)	2.16(1.60)	5.00(0.00)	1.33(0.57)	2.33(1.75)	
Context-aware Spatial - e	1.00(0.00)	1.00(0.00)	3.33(2.08)	1.00(0.00)	1.46(1.24)	
Social Interaction - a	1.33(0.57)	3.50(1.51)	3.00(2.00)	4.00(0.00)	3.06(1.53)	0.705
Social Interaction - b	3.66(2.30)	1.66(1.63)	2.00(1.73)	1.66(1.15)	2.13(1.72)	
Social Interaction - c	3.66(2.30)	3.33(1.86)	4.06(0.57)	3.00(1.73)	3.60(1.68)	
Social Interaction - d	2.00(1.73)	2.16(1.83)	2.33(2.30)	1.66(1.15)	2.06(1.62)	
Social Interaction - e	1.33(0.57)	2.83(2.04)	4.00(1.00)	4.00(0.00)	3.00(1.64)	

점수가 높았다. 반면 상호작용의 연속성(2.46점)과 지속성(2.60점)은 점수가 낮았다. 기기 조작성의 세부항목 결과는 ‘상호작용으로 들어가는 포인트는 쉽게 디자인이 되었다’(4.13점), ‘물리적 장치가 사용자들의 행동을 유도하고 조절한다’(3.80점)는 점수가 높았고, ‘물리적 장치가 재배열이 가능하게 디자인되었다’(1.00점)에서 가장 낮은 점수를 나타냈다. 시각적 표현성은 ‘사용자들은 설치물을 움직임으로서 이를 통해 생각하거나 대화할 수 있다’(1.60점)를 제외하고는 나머지 세부항목에서는 3점 이상의 점수를 나타냈

다. 상황인지 및 공간성은 ‘공간 안에서 시설물의 위치, 높이, 배치가 적절하다’(3.60점)가 가장 높은 점수를 나타냈으며 ‘사용자가 자신의 몸을 이용한 행위를 통해 정보전달을 하고 있다’가 1.46점으로 가장 낮게 평가되었다. 사회적 상호작용의 영역에서는 ‘여러 명이 함께 사용할 경우 사람들의 관심을 끄는 물리적 포커스가 존재한다’가 3.6점으로 가장 높았고 ‘모여든 사람들 사이에 대화와 같은 사회적 상호작용이 일어난다’가 2.06점으로 가장 낮았다. 이상의 분석 결과 각 영역별 세부 항목의 평가 점수에는 차이가 있는 것으

로 나타났다.

이에 따라 구체적으로 유형별 세부항목에 차이가 있는지를 분석하였으며, 그 결과는 Table 5와 같다. 유형 1의 물리적 조작성의 디자인 평가는 3.80점으로 (Fig. 2) 다른 유형과 비교하여 가장 높았다. 하지만 디자인 세부 항목 분석결과 ‘사용자가 잡고 움직이며 느낄 수 있도록 디자인되었다’(5.00점)를 제외한 다른 세부항목에서는 3점과 4점 사이의 점수밖에 받지 못하였다. 또한 지각적 표현성도 3.53점으로(Fig. 2) 유형 2와 유형 3보다 높았으나 ‘물리적 표현과 디지털 표현이 적절히 섞여 있다’ 항목에서만 5.00점으로 높게 나타났다.

유형 2의 경우 기기의 용이성과 편리성에서 다른 유형과 비교하여 가장 높은 점수(Fig. 2; 3.23점)를 받았다. 그러나 ‘물리적 장치가 재배열이 가능하게 디자인되었다’(1.00점), ‘여러 명의 사용자가 접근할 수 있도록 입력 포인트가 여러 개다’(1.50점)의 항목에서는 점수가 매우 낮게 나왔다. 유형 3의 경우 상황인지 및 공간성 영역에서 다른 유형과 비교하여 가장 높은 점수(Fig. 2; 4.40점)를 나타냈으나 그 세부항목 분석결과 ‘사용자 자신이 몸을 이용한 행위를 통해 정보전달을 하고 있다’(3.33점)는 점수가 높지 않았다. 유형 4는 다른 유형에 비해 모든 항목에서 가장 낮았기 때문에 세부 항목 역시 낮은 점수였다.

5. 결론

본 연구에서 개발된 디자인 가이드라인은 물리적, 기술적 측면뿐만 아니라 공간적, 사회적, 사용자적 측면에서의 다양한 접근을 시도하였다.

조사 대상 체험형 전시물의 실물형 인터페이스 특성은 다음과 같다. 그래픽 인터페이스에서처럼 스크린을 이용한 인터페이스에서부터 뇌파, 소리 등을 이용한 인터페이스까지 다양한 유형의 전시설치물이 있었으나 물리적 조작을 통한 실물형 인터페이스가 가장 많았다. 실물형 인터페이스 디자인 평가 결과 가장 점수가 높았던 전시물은 신체모션을 이용한 인터페이스였으며, 가장 점수가 낮았던 전시물은 손이나 몸 외의 다른 감각을 이용한 인터페이스였다. 이러한 차이는 실물형 인터페이스의 디자인 특성 중 주로 상황인지 및 공간성 영역에서의 차이에 기인하는 것으로 나타났다. 현재 설치물들은 물리적 조작성, 지각적 표현성은 높은 반면 상황인지 및 공간성과 사회적 상호작용

과 관련된 인터페이스는 약한 것으로 나타났다. 또한 측정된 세부 항목의 점수분포는 단지 몇 가지 항목에 크게 치우쳐 나타남으로써 다양한 측면에서의 실물형 인터페이스 특성이 부족하였다.

향후 실물형 인터페이스 디자인에서는 단순한 버튼과 조이스틱이 대부분인 물리적 조작성에 머물 것이 아니라 시각, 청각, 촉각과 같은 다양한 감각을 통해 정보의 피드백을 제공하는 기능이 추가되어야 할 것이다. 다른 감각을 이용한 전시물의 점수가 매우 낮았던 것을 고려한다면 이러한 다감각적 인터페이스(multimodal user interfaces)의 개발이 시급하다고 볼 수 있다. 또한 보다 풍부한 사용자 경험을 제공하기 위해서는 사용자와 전시물들과의 상호작용을 통해 구현되는 체화된 경험을 제공할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 고정된 위치에서 정해진 방법대로 사용자의 행위를 유도하는 설치물 인터페이스 디자인을 벗어나 사용자가 직접 설치장치들은 재배열하거나 설치물을 움직임으로써 상호작용을 할 수 있도록 디자인되어야 한다. 특히, 상황인지 및 공간성은 새로이 확장된 실물형 인터페이스특성으로 최근 그 중요성이 많이 강조되고 있다. 가장 평가 점수가 높았던 신체모션은 상황인지 및 공간성과 관련된 인터페이스에 대한 평가가 좋았으며 사용자들에게도 인기가 매우 높았다. 하지만 신체의 움직임이 쉽게 감지되지 않아 흥미가 지속되지 않았으며 동작이 자연스럽게 연결되지 못하는 단점들이 있었다. 이는 발달된 상황인지 지원기술들이 도입되지 않아 생기는 문제로 상황인지와 공간성을 지원할 수 있는 적용 가능한 기술들이 개발되어야 한다. 자신의 몸을 이용한 설치물과의 상호작용은 설치물 주변 공간을 통한 상호작용 범위까지 사용자 경험을 확장시킴으로써, 전시내용에 대한 사용자의 몰입도를 증가시켜준다. 마지막으로 설치물에 대한 사용자 인터페이스는 콘텐츠와 연계되어 평가되는 부분이 있을 것으로 판단된다. 콘텐츠의 완성도는 사용자의 만족도에 영향을 줄 것이며 따라서 향후 연구에서는 콘텐츠와의 상관관계까지 고려되어 평가되어야 할 것이다.

실물형 인터페이스는 이제 관련 산업, 기술, 제품, 예술, 교육, 건축 등 다양한 분야로 확장되어 사용자의 경험을 보다 적극적으로 지원할 수 있는 새로운 유비쿼터스 환경을 창조할 것이다. 본 연구는 이러한 환경에 적합한 실물형 인터페이스 디자인 가이드라인과 평가방법을 제시하였는데 그 의의가 있다. 후속연구로 전문가에 의한 평가뿐만 아니라 사용자를 대상으

로 하는 사용성 평가 연구가 진행될 예정이다. 또한 전시물의 실물형 인터페이스 디자인의 특성뿐만 아니라 이러한 직관적인 인터페이스가 사용되는 다양한 공간에 대한 평가가 함께 수반되어야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- Bongers, B. (2002). Interactivating Spaces. Proceeding of Symposium on Systems Research in the Arts, Informatics and Cybernetics.
- Ishii, H. and Ullmer, B. (1997). Tangible Bits: *Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. Proceedings of CHI 1997*, ACM Press, 234-241.
- Buur, J., Jensen, M.V., & Djajadiningrat, T. (2004). Hands only Scenarios and Video Action Walls: Novel Methods for Tangible User Interaction Design. *Proceedings of DIS'04, ACM Press*, 185-192.
- Cho, M.E., Chae, H.H., Lee, J.H., & Kim, M.J. (2012) A Study on the Direction for Ubiquitous Offices with a Focus on Work Services, *Journal of Korean Institute of Interior Design 21 (2)*, 95-102.
- Choi, J. H. (2007). A study of the Application of the TUI Design for Children(어린이용 실물형 인터페이스디자인 활용에 관한 연구). *Journal of the Korea Society of Design Forum Vol. 15*, 589-602.
- Djajadiningrat, T., Overbeeke, K., & Wensveen, S. (2002). But How, Donald, Tell Us How? *Proceedings of DIS'02, ACM Press*, 285-291.
- Facob, R. J. K., Girouard, A., Hirshfield, L. M., Horn, M. S., Shaer, O., & Solovey, E. T. (2008). Reality-Based Interaction: A Framework for Post-WIMP Interfaces. *Proceedings of CHI'08, ACM Press*, 201-210.
- Fitzmaurice, G. W. (1996). Graspable User Interfaces. PhD thesis, University of Toronto, Canada.
- Ghazali, M. & Dix, A. (2006). Successful Physical Interaction Design on Tangible User Interfaces Framework and Novel Device Design. *Proceedings of the 2006 SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*. 105-116.
- Hornecker, E. & Buur, J. (2006). Getting a Grip on Tangible Interaction: A Framework on Physical Space and Social Interaction. *Proceedings of CHI'06, ACM press*.
- Ishii, H. (2008). Tangible Bits: Beyond Pixels. *Proceedings of the Second International Conference on Tangible and Embedded Interaction, TEI'08*, 15-25.
- Jang, J. S. & Kim, I. J. (2000). A Study on Tangible Interface Design(탠저블 인터페이스 디자인에 관한 연구). *Design Forum 21(3)*, 255-274.
- Jeong, J. H. (2009). The Vistors' Behavior of Hands-on Exhibition and Hands-off Exhibition in Science Museum(과학관에서 체험식, 비체험식 전시유형에 따른 관람특성). *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 25(12), 155-162.
- Kim, L. H., Cho, H. C., & Park, S. H. (2007). SmartPuck : Tangible Interface for Physical Manipulation of Digital Information(스마트 픽 시스템 : 디지털 정보의 물리적인 조작을 제공하는 실감 인터페이스 기술). *Journal of KIISE(Korean Institute of Information Scientists and Engineers) : Computing Practices*, 34(4), 226-230.
- Kim, M.J. & Maher, M.L. (2008). The Impact of Tangible User Interfaces on Designers' Spatial Cognition, *Human-Computer Interaction 23 (2)*, pp 101-137.
- Kim, M. H., Kim, H. J., Ji, Y. G., Kim, R. H., & Cho, H. C. (2007). 탠저블 유저 인터페이스 프로토타입을 위한 사용성 평가 체크리스트 개발. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 73-76.
- Koleva, B., Benford, S., Ng, K. H., & Rodden, T. (2003). A Framework for Tnagible User Interfaces. *Proceedings of the Mobile HCI Conference 2003*.
- Lim, C. Z. & Hong, S. M. (2006). Analysis of Vistors' Behavior in terms of the Layouts of Science Museum(과학관 전시레이아웃에 따른 관람행동 분석). *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 22(2), 33-40.
- Price, S. & Rogers, Y. (2004). Lets Get Physical: the Learning Benefits of Interacting in Digitally-augmented Physical Spaces. *Computers & Education*, 15(2), 169-185.
- Sung, K. W. & Nam, T. J. (2006). The Introduction

and Case Study of Tangible Interaction Design(탠저블 인터렉션 디자인의 국내현황 및 사례연구). *Jornal of 2006 Autumn Conference of Korean Society of Design Science*, 276-277.

Ullmer, B. & Ishii, H. (2000). Emerging Frameworks for Tangible User Interfaces. *IBM Systems Journal* 39(3-4), 915-931.

Wang, X. & Dunston, P.S. (2008). User Perspectives on Mixed Reality Tabletop Visualization for Face-to-Face Collaborative Design Review. *Automation in Construction*, 17 (4), 399-412.

원고접수: 2012.10.16

수정접수: 2012.11.11

게재확정: 2012.11.20