

실체적 인터페이스 디자인 시스템에 관한 연구
- 텐저블즈의 설계 및 프로토타입 구현을 중심으로 -

A Study on the Tangible Interface Design System
-With Emphasis on the Prototyping & Design Methods of Tangibles -

주저자 : 최민영(Choi Min Young)

한국과학기술원 산업디자인학과

공동저자 : 임창영(Lim Chang Young)

한국과학기술원 산업디자인학과

1. 서론

2. HCI연구의 경향 및 특성 분석

- 2-1 편재적 컴퓨팅
- 2-2 증강현실
- 2-3 실체적 인터페이스

3. 실체적 인터페이스를 위한 가이드라인

- 3-1 시스템 설계 및 구현 방법 분석
- 3-2 인터페이스 디자인을 위한 개념 정의 및 시스템 가이드라인 도출

4. TUI 디자인을 위한 텐저블즈의 분류 및 역할

- 4-1 텐저블즈의 정의
- 4-2 텐저블즈의 형태적 분류
- 4-3 연결대상에 따른 텐저블즈의 분류
- 4-4 TUI 디자인을 위한 텐저블즈의 역할

5. 텐저블즈의 설계 및 구현방법 개발 : 사례연구

6. 결론

참고문헌

(要約)

기술의 발전과 HCI에 대한 연구 등으로 예전에는 생각할 수 없을 만큼 컴퓨터는 손쉽게 접근할 수 있게 되었고, 이러한 변화는 컴퓨팅을 우리가 살고 있는 실세계로 옮겨오게 되었으며, 실체적 인터페이스에 대한 관심이 높아지고 있다. 실체적 사용자 인터페이스(TUI)는 빛, 소리, 공기 및 물의 흐름과 같은 것을 미디어로 이용하여 인간 지각의 주변에 있는 물체를 사용자가 인지할 수 있게끔 한다. 실체적 사용자 인터페이스 시스템은 디지털 비트에 구현된 실체화된 물리적 물체이며, 이것은 물론 만져지는 인터페이스(Graspable UI)의 특징을 가지고 있다. 그리고 다양한 물리적 물체를 입력에 사용하고 있다. 그러나 여기서 실체적 인터페이스의 핵심을 이루는 텐저블즈는 단순한 입력 장치만이 아니라 시스템의 모델을 구체적으로 형상화 하는 전체 시스템을 의미한다. 텐저블즈의 물리적형상은 단순히 손으로 잡기 위한 실체가 아니라 시스템의 개념적 모델을 형상화한 실체이다. 사용자는 시스템의 물리적 형태를 통하여 시스템을 이용하고 이를 통하여 입력을 위한 액션을 취한다. 이러한 사용자의 액션에 대한 반응에 대해 시스템은 리액션을 취하게 되는데 사용자는 디지털적인 반응(사운드, 그래픽 정보)뿐만 아니라 텐저블즈의 형태, 위치 등의 물리적 속성 역시 리액션(Reaction)으로 받아들여지게 된다. 본 연구는 텐저블즈의 물리적 형상과 물리적 속성 등, 인터랙션 과정에 영향을 미치게 되는 요소와 사용자 반응과 시스템의 리액션에 대한 연구를 다루고 있다.

(Abstract)

Introducing human capacities of control and sensation which have been overlooked into Human-Computer Interaction(HCI), Ubiquitous computing, Augmented Reality and others have been researched recently. New vision of HCI has embodied in Tangible User Interface(TUI). TUI allows users to grasp and manipulate bits with everyday physical object and architectural surface and also TUI enables user to be aware of background object at the periphery of human perception using ambient display media such of light, sound, airflow and water movement. Tangibles, physical object which constitutes TUI system, is the physical object embodied digital bit. Tangibles is not only input device but also the configuration of computing. To get feedback of computing result, user controls the system with Tangibles as action and the system represents reaction in response to User's action. User appreciates digital representation (sound, graphic information) and physical representation (form, size, location, direction etc.) for reaction. TUI's characters require the consideration about both user's action and system's reaction. Therefore we have to need the method to be concerned about physical object and interaction which can be combined with action, reaction and feedback.

(Keyword)

HCI, TUI(Tangible User Interface), Graspable User Interface

1. 서론

최근 들어 컴퓨터 테크놀러지의 폭발적인 발달과 그로 인한 편재성, 사용자 테크놀러지 사이에 형성된 환경의 변화, 그리고 그래픽 인터페이스의 한계 등을 감지한 인터페이스 디자인에서 새로운 HCI 연구의 움직임이 나타나기 시작했다. 새로운 HCI의 연구는 주로 모니터와 마우스, 키보드에 의존하던 기존의 틀을 깨고 보다 근본적인 해결책을 위한 시도를 하고 있다. 하지만 이러한 시도들이 단지 보다 편리하고 쉬운 입력 방법의 개발에 머무는 것이 아니라 기존의 컴퓨팅에서는 간과하고 있는 인간의 다양한 제어능력과 감각능력을 반영할 수 있어야 한다. 그러나 현재까지의 이러한 새로운 HCI연구의 경향이 기술적인 가능성을 검증하는 단계에 머물고 있으며 실제적인 사용에 대한 연구는 부족하다. 새로운 인터페이스에 대한 접근은 컴퓨팅의 변화에 대한 이해가 우선되어야 하며 이러한 변화 특성들이 반영되어 있어야 한다. 그러므로 연구 방법을 통하여 컴퓨팅의 본질을 이해하고 체계적으로 이를 반영할 수 있는 연구방법이 필요하다. 이것은 컴퓨팅 환경뿐만 컴퓨터와 조화를 이루게 되는 우리의 작업환경 더 나아가 생활환경의 변화까지 야기할 수 있는 의미 있는 일이 아닐 수 없다. 따라서 본 연구에서는 기술적인 관점에서 이루어지고 있는 새로운 HCI의 연구 경향을 디자인적 관점에서 고찰하여, 인간의 능력과 경험을 인터페이스 디자인에 반영할 수 있는 체계적인 시스템 설계 및 구현 방법의 개발을 목적으로 한다.

2. HCI연구의 경향 및 특성 분석

HCI는 한마디로 어떻게 하면 '사람들이 쉽고 편하게 컴퓨터 시스템과 상호 작용할 수 있는 가에 관련한 학문이다'라고 할 수 있다. 이는 시스템을 디자인, 평가하는 것은 물론이고 이를 둘러싼 제반 현상들에 관한 연구를 포함한다. HCI학문의 목적은 기능성뿐만 아니라 사용 편의성(Usability)과 안전성(Safety) 및 효율, 효과성(Efficiency, Effectiveness)이 고려된 컴퓨터 시스템을 만드는 것(혹은 개선)이다. 본 장에서는 이러한 HCI연구의 새로운 연구 경향 및 사례를 살펴보고 그 특성을 분석함으로써 디자인 개발을 위한 시스템 및 구현방법의 연구방향을 설정한다.

2-1. 편재적 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)

와이저(M. Weiser)는 1993년 제 3컴퓨터에 대한 개념을 발표했다. 여러 사람이 현대의 컴퓨터를 공유하는 1세대 컴퓨터와 개인용 컴퓨터인 2세대 PC와 달리, 그는 제 3세대 컴퓨터는 우리가 의식하지 못하는 사이에 수많은 크고 작은 컴퓨터가 우리 생활에 편재하게 되어 우리 생활의 배경이 될 것이라고 예상했다. 이것을 편재적 컴퓨팅(Ubiquitous Computing 또는 calm technology)의 시대¹⁾라고 한다. 편재적 컴퓨팅의 기본 개념은 "좋은 도구는 눈에 보이지 않는다(none of the above)"²⁾이다. 여기서 보이지 않는다는 것은 실제로 눈앞에

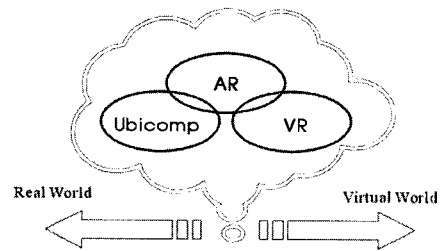
1) B. Baxton (2001, 4,10) "Xerox Palo Alto Research Center - Sandbox Server" Ubiquitous computing, <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/UbiHome.html>

서 사라지는 것을 의미하는 것은 아니고 도구가 사용자의 의식을 방해하지 않아 사용자가 도구가 아닌 작업에 집중하게 되는 것을 의미한다. 편재적 컴퓨팅은 두 가지 특성으로 설명할 수 있다.

첫 번째는 편재성(Ubiquity)³⁾으로 미래의 컴퓨터는 하나의 단순한 워크스테이션에 의하여 이루어지지 않는다. 컴퓨터는 다양한 크기와 목적에 따라 우리가 살아가게 될 환경의 곳곳에 배치되게 되며 이러한 컴퓨터들은 모두 네트워크로 연결되어 어디에서는 원하는 기능과 정보를 사용할 수 있게 된다. 두 번째 특성은 투명성(Transparency)⁴⁾으로 이것은 편재성과 연관되어지는 특성이다. 앞에서 말한 바와 같이 우리의 환경 곳곳에 컴퓨터가 배치되게 되지만 이러한 컴퓨터는 우리의 의식을 집중시키지는 것이 아니라 일반적인 환경에 흡수되어 우리의 의식에 '보이지 않게' 될 것이다. 이것은 단순히 그래픽 인터페이스를 개선하고 어플리케이션의 프로세스를 개선해서 이루어질 수 있는 문제가 아니다. 이것은 컴퓨터가 개발되는 목적, 놓이게 될 환경, 그리고 사용하게 될 인간과의 관계에 대한 본질적인 고찰을 통해 창조되어야 할 새로운 도구인 것이다.

2-2. 증강현실(Augmented Reality)

증강현실은 실제세계와 컴퓨터 미디어를 어떻게 통합할 것인가에 대한 답을 찾으려 하는 새로운 연구의 흐름이다.⁵⁾ 증강현실은 3차원 공간상에서 움직이는 사용자의 시점(Viewpoint)에 따라 변화하는 영상에 문자, 그래픽 모형 등으로 설명이나 이해를 도와 줄 수 있는 비가시 정보를 실시간으로 제공해 주게 된다. 개념적으로 AR과 VR의 영역 관계는 [그림 1]에서 볼 수 있다. 가상세계 안으로 실제 세계를 구축하려고 하는 것이 VR의 개념인 반면 AR은 가상의 세계를 물리적 환경으로 전환하고자 하는 것이다.



[그림 1] AR의 개념적 영역

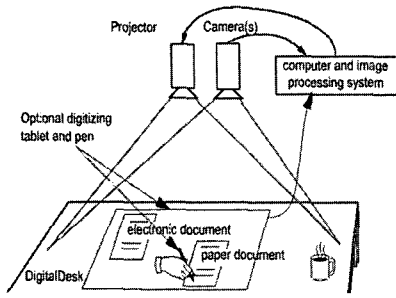
증강 현실에 대한 선행 연구인 디지털 데스크(Digital Desk)는 컴퓨터 디스플레이를 실제 책상 위에 비디오 투영하여 실제 문서와 디지털 문서를 통합하는 방법을 보여주는 선구자적 연구이다.⁶⁾

2) M. Weiser. The world is not a desktop, Interactions; January 1994, pp. 7

3) B. Buxton, Ubiquitous Media and the Active Office, Perspectives article for ACM Interactions, 1995

4) Ibid.

5) 이영민, 증강현실을 위한 비디오 영상과 3차원 모델의 유사공간 합성, 한국과학기술원 전산학과 석사학위논문, 2000, p.3



[그림 2] 디지털 데스크 개념 모델

디지털 데스크는 사용자들을 가상의 공간에 집어넣는 대신 사용자가 있는 실제 세계의 종이 위에 컴퓨터가 증가된 환경(Computer Augmented Environment)을 만들어서 컴퓨터가 종이를 대체하는 대신 컴퓨터를 종이와 결합시켰다. 데스크 탑 메타포가 워크스테이션을 보다 책상에 가깝게 만들고자 하는 시도였다면 디지털 데스크는 책상을 데스크 탑에 가깝게 만드는 것을 목적으로 한다. 디지털 데스크는 실제 물리적인 책상으로 그 위에서 종이를 쌓아 올리고 좋아하는 연필이나 펜으로 그림을 그리고 커피 컵을 올려놓을 수 있다. 이처럼 일반적인 책상의 역할을 하는 동시에 몇 가지 전자적인 워크스테이션의 작업이 가능하게 하기 위해 컴퓨터 화면은 책상 위로 투영되고 비디오카메라는 책상을 촬영하여 이미지 프로세싱 시스템에 넘겨 사용자가 무엇을 하고 있는지 인식하게 된다. 이러한 특성을 이용하여 [그림3]의 세 가지 프로토타입 어플리케이션으로 발전시켰다.



[그림 3] 디지털데스크 프로토타입 어플리케이션

2-3. 실체적 인터페이스 (Tangible User Interface)

실체적 인터페이스(Tangible User Interface)는 국내에는 '촉각적 인터페이스'라고 번역되었다. 그러나 텍추얼 인터페이스(Tactual User Interface)와 텍타일 인터페이스(Tactile Interface)도 '촉각적 인터페이스' 또는 '촉각 인터페이스'로 번역되어 사용되고 있으며 'Haptic' 이라는 단어 역시 촉각이라는 뜻이어서 햅틱 인터페이스 (Haptic Interface)와도 그 구분이 명확치 않다. 또한 실체적 인터페이스를 '촉각적 인터페이스'로 보는 것은 실체적 인터페이스가 다양한 물리적 객체를 입력 장치로 활용하는 한 측면만을 강조하게 됨으로써 실체적 인터페이스의 정확한 개념을 축소시키게 될 여지가 있다. 실체적 인터페이스는 궁극적으로 우리는 일상적인 건축 환경 안

6) P. Wellner, Interacting with paper on the Digital Desk, Communications of the ACM 36, No.7 8696, 1993, p.1-11

7) 이태일, 촉각적 사용자 상호작용을 이용한 별자리 교육 시스템 개발 연구(An Experiment on Tangible User Interaction by Developing Astronomy Learning System), HCI 2001, 2001

의 각각의 물리적인 물체의 상태(고체 상태뿐 아니라 액체와 기체 상태의)를 사람과 디지털 정보 사이의 인터페이스로 이용하는 방법을 연구하고 있는 중이다. 우리는 사람과 디지털 정보 사이의 인터랙션의 질을 향상시키고 범위를 넓히는 방법으로 세 가지 커다란 연구 방향이 있다.⁸⁾

■ 인터랙티브 평면(Interactive Surface) : 건축 공간 안의 모든 표면(벽, 책상, 천장, 문, 창문) 등을 물리적 공간과 가상공간 사이의 커뮤니케이션 인터페이스로 전환한다.

■ 비트와 원자의 연결 : 디지털 정보가 그것이 속해 있는 일상적인 손에 잡히는 물체(카드나 책 모형)와 자연스럽게 연결한다.

■ 환경 미디어(ambient media) : 소리, 빛, 공기흐름, 물의 움직임 등의 환경요소(ambient source)를 이용하여 인간의 주변 감각(peripheral senses)을 적극적으로 인터랙션에 이용한다.⁹⁾

본 연구에서는 '실체적 인터페이스(Tangible User Interface)'를 영어약자 'TUI'로 표현하며 사용하도록 한다.

3. 실체적 인터페이스를 위한 가이드라인 개발

3-1 시스템 설계 및 구현 방법 분석

실제 세계와 가상의 세계를 연결하고자 하는 실체적 인터페이스에 대한 연구는 다양한 영역에 관한 기술 개발로 이어져 이를 바탕으로 프로토타입을 개발함으로써 구체화 시키고 있다. 본 절에서는 선행 연구로 개발된 프로토타입을 분석하여 실체적 인터페이스 설계 및 구현을 위한 연구방향을 설정한다.

도시 계획을 위한 발광 객체 작업대

(A Luminous-Tangible Workbench for Urban Planning and Design or Urp)

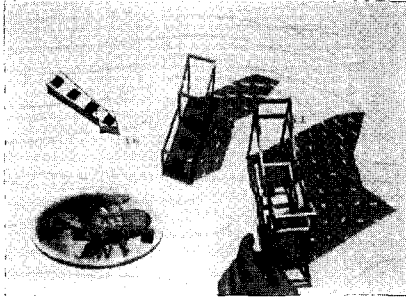
Urp는 도시 계획을 위하여 환경과 건물들 사이의 인터랙션을 시뮬레이션 해보기 위한 TUI 시스템이다.¹⁰⁾ Urp는 여러 개의 건물모형과 프로젝터 카메라, I/O Bulb라고 불리는 컴퓨터 노드와 결합된 인터랙션을 위한 톨로 이루어져 있다. Urp의 작동 프로세스를 살펴보면 하루 중에 특정한 시간의 자연광에 의해 생기는 건물 그림자를 시뮬레이션 할 수 있도록 I/O bulb의 조명을 조절함에 따라 Urp의 작업대 평면에 건물 모형의 그림자들이 디스플레이 된다. 태양의 위치는 시계장치의 바늘을 돌림으로써 컨트롤 되고 빛의 방향과 건물 모형의 위치와 방향이 변함에 따라 평면에 나타나는 결과도 달라지며 이 결과를 보고 그림자로 채광의 문제를 최소화하기 위한 건물의 위치와 방향을 결정하게 된다. 마지막으로 건물의 위치에 따른 공기의 흐름에 대한 풍향 시뮬레이션은 '바람틀'의 방향을 변경하면 건물의 위치에 따라 작업대 평면에 나타나던

8) H. Ishii and B. Ullmer, Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces Between People, Bits, and Atoms, Proceedings of CHI'97, 1997, p.235

9) Ibid, p.234-235

10) J. Underkoffler · H. Ishii, Urp: A Luminous-Tangible Workbench for Urban Planning and Design, Proceedings of CHI'99, 1999, p.1

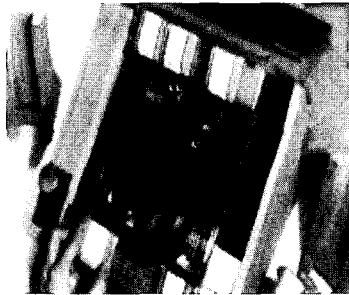
공기의 흐름이 변하게 되어 실제 공기 흐름에 대한 시뮬레이션 할 수 있다.¹¹⁾



[그림 4] URP

미디어 블록(mediaBlock)

미디어블록은 온라인 비디오 이미지와 다른 미디어 요소의 목록들을 제어하는 실제적 인터페이스이다. 특히 미디어블록은 디지털 정보를 제어하기 위한 연결(coupling)이라는 개념을 사용하고 있다.¹²⁾ 미디어블록의 각각의 블록은 온라인 미디어의 리스트와 연결된다. 미디어블록은 두 가지 주요한 사용모드를 제공한다. 첫째로 블록들은 서로 다른 미디어 장치들 간에 온라인을 통하여 미디어를 전달하기 위해 캡처, 전환 그리고 재생의 기능을 한다. 레코딩 장치의 슬롯에 블록을 삽입하게 되면 디지털 이미지를 저장하여 삽입된 블록에 지정하게 된다. 이와 마찬가지로 재생 장치에 지정한 블록을 집어넣으면 지정되어있는 이미지가 재생된다. 이러한 모드에서 카메라와 디지털 화이트보드, 디스플레이, 프린터 그리고 다른 장치들의 슬롯에 블록을 삽입하면 블록과 연결된 이미지 등이 출력된다. 슬롯에 미디어블록을 집어넣는 것은 GUI 환경의 드래그 앤 드롭(drag and drop)과 유사하다.



[그림 5] 미디어 블록

미디어블록의 두 번째 기능은 블록을 저장된 콘텐츠의 물리적인 순서 제어 장치로 사용한다는 것이다. 미디어블록의 "순서랙(sequence rack)"에서는 이미지 등은 새로운 블록 캐리어에 지정하게 한다. "위치 랙(position rack)"에서는 블록에 저장된 콘텐츠 중 하나를 선택하게 된다. 블록에는 하나 이상의 콘텐츠가 저장될 수 있다. 블록이 위치 랙의 가장 왼쪽에 위치하면 저장된 콘텐츠 목록 중 첫 번째를 선택한 것이 된다.

11) B. Ullmer · H. Ishii, Emerging frameworks for tangible user interfaces, IBM Systems Journal No.39, 2000. p.9
12) B. Ullmer · H. Ishii, Emerging frameworks for tangible user interfaces, IBM Systems Journal No.39, 2000, pp.919-920

메타데스크(metaDesk)

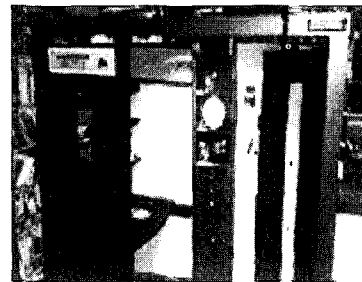
메타데스크 시스템은 책상, 액티브 렌즈(active lens), 패시브 렌즈(passive lens), 몇 개의 객체와 장치로 이루어져 있다.¹³⁾ 사용자는 후면에서 책상으로 투영된 MIT 지도 위에 패시브 렌즈를 이동시켜 액티브 렌즈를 통해 3차원 지도를 볼 수 있다. 패시브 렌즈는 투명해서 책상의 시각 정보를 볼 수 있어서 사용자는 패시브 렌즈로 책상에 투영되는 2차원 지도 위의 위치를 선택할 수 있고 해당위치의 정보가 액티브 렌즈의 플랫폼 디스플레이 장치로 디스플레이 되는 것이다. 액티브 렌즈는 6방향을 움직이고 이에 따라 액티브 렌즈에 보여지는 시선의 위치가 변한다. MIT의 건물 모형을 움직이면 책상 위에 영사된 지도가 따라서 움직이도록 되어 있어 건물로 책상에 투영되는 2차원 지도의 위치와 방향을 바꿀 때 사용되고 축소 확대와 회전 제어를 하기 위한 장치가 있다. 이런 장치들은 광학센서, 운동 센서, 전기장 센서 등으로 사용자가 제어 정보를 감지하게 된다.



[그림 6] 메타데스크 시스템

엠비언트룸(ambientROOM)

엠비언트룸은 환경미디어(우리의 감각의 위에서 주변감각 디스플레이로 사용되는 환경의 빛, 소리, 공기의 흐름, 물리적인 운동 등)로 온라인 디지털 정보를 나타내기 위한 플랫폼이다.¹⁴⁾ 엠비언트룸에서는 크게 두 가지 연구가 진행되었다. 하나는 원거리에 있는 다른 사람들의 행동을 인식하는 것과 다른 하나는 주변감각을 이용하여 외부환경의 정보를 인지하는 것이다.

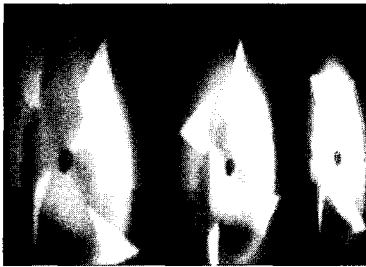


[그림 7] ambientROOM

우선 워터리플은 엠비언트룸 천정에 물결무늬로 햄스터의 움직임을 인지할 수 있는 장치이다. 우리 안에 있는 햄스터가 바퀴를 돌리면 그 바퀴의 회전수가 그림자 물탱크 안의 원통

13) B. Ullmer and H. Ishii, The metaDESK: Models and Prototypes for Tangible User Interfaces, Proceedings of UIST'97, 1997, p.1
14) C. Wisneski et al, Ambient Displays : Turning Architectural Space into an Interface Between People and Digital Information, Proceedings of CoBuild '98, 1998, pp.4-5

코일의 움직임으로 전환된다. 원통코일의 움직임은 물탱크 안에 물결을 만들고 천정에 잔물결 무늬를 만들어 낸다. 또한 워터리플보다 발전된 시도로서 정보 전달의 수단으로 사운드를 사용하였다. 회의실이 사용 유무에 따라 보드가 사용될 때 칠판을 펜으로 문지르는 소리가 낮은 소리가 방안에 전달된다. 이러한 방법은 방안에 있는 사람이 회의실에서 일어나는 행동들을 인식할 수 있게 해준다. 두 번째는 위의 예에서 햄스터의 움직임에 대한 정보를 전달하는 매체로 물결무늬를 사용하였는데 이런 정보전달 양식은 기존의 GUI에서는 없었던 방법이다. 기존의 GUI는 대부분의 정보 전달 채널로 시각에 집중한다. 그러나 엠비언트룸에서는 작은 소리, 물결무늬 등 기존에는 사용할 수 없었던 우리 주위에서 흔히 볼 수 있는 사소한 현상들을 정보전달 매체로 이용한 것이다.



[그림 8] 핀휠

이러한 예로 프로토타입인 핀휠(pinwheel)¹⁵⁾이 있다. 이 바람개비의 회전속도는 미디어 랩의 컴퓨터 네트워크를 통해 흐르는 정보의 양과 비례한다. 바람개비가 빨리 돌면 정보가 많이 소통되고 있는 것이고, 천천히 돌면 커뮤니케이션이 활발하지 못하다는 것을 뜻한다. 핀휠은 공기의 흐름을 정보전달의 수단으로 이용하려는 아이디어에서 시작되어 공기의 흐름이 시각적으로 표현되는 바람개비라는 메타포를 이용하여 네트워크 속도에 대한 정보를 제공해 줄 수 있게 되었다.

다양한 실체적 인터페이스의 선행연구와 구현방법을 분석한 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

- HCI의 전통적 개념 및 기술적 방법의 변화
입력과 출력의 구분 및 각 입출력의 독립적인 인터페이스 개선에서 통합적 인터페이스 방법으로서의 변화(TUI/유비쿼터스 컴퓨팅)
- 인터페이스방식 및 디지털미디어의 개념 변화
GUI를 중심으로 하는 디스플레이와 좌표입력식 조작중심에서 주변 환경과 다양한 입출력(멀티미디어)을 지원하는 미디어개념의 확장
- 센서기술과 제어기술의 가시적 콘텐츠화
센서기술과 이를 통한 제어기술(소프트웨어화)의 발전에 따른 다양한 미디어 응용기술의 발전 및 콘텐츠와 사용자 중심의 시스템 개발 가속화
- 가상의 세계를 물리적 환경으로 전환

15) Tangible Media Group (2001. 12.18), "Tangible Media Group", Tangible Media Group Project, [웹문서] : http://tangible.media.mit.edu/projects/Ambient_Fixtures/Ambient_Fixtures.html

인간의 다양한 감각과 표현능력 등으로 인터페이스 영역을 확장하고자 하는 특성이 있으며, 다양한 물리적 물체와 메타포, 자연 현상을 물리적 시계에서 실체를 갖는 미디어로서 직접적인 디자인의 대상으로 삼음

3-2 인터페이스 디자인을 위한 개념 정의 및 시스템 가이드라인 도출

TUI의 설계 및 구현을 위한 주요 개념 및 디자인을 위한 시스템적 가이드라인을 설정한다.

- 전경과 원경 인터페이스의 선택

메타데스크와 엠비언트룸을 비교 분석하여 볼 때 인터페이스는 전경과 원경의 두가지 형식으로 나누어 볼 수 있다. 메타데스크는 시각적인 자극과, 직접 조작하는 전경 과업을 수행하는데 사용자의 감각을 집중시키는데 반해서, 엠비언트룸에서는 사용자에게 정보를 전달하기 위해 주변 환경의 빛과 소리, 물의 흐름, 공기의 흐름 등을 정보 전달 매체로 사용하는 원경 중심의 구조이다. 이러한 전경과 원경의 특징은 목적과 기능의 이분법이 아니라 모든 인간의 집중력과 환경의 요소 사이의 연속성을 나타내는 것이다. 사용자는 전경에 놓인 과업에 주의를 집중하고 있다가 외부의 자극에 따라 주의를 자극 원으로 돌린다. TUI의 설계에 있어서 인터페이스 구성의 첫 번째 분기점은 원경과 전경의 인터페이스를 설정하는 것으로 시작된다.

- 환경미디어(Ambient Media)의 설계

실체적 인터페이스 설계의 가장 큰 특징은 환경에서 느낄 수 있는 감각을 정보제공 및 이동의 수단으로 활용하는 것이다. 이것을 환경미디어(Ambient Media)라고 지칭하며, 사람이 가지고 있는 주변감각과 행동/ 공간과의 상호작용을 의사소통의 수단으로 활용한다. 환경적 디스플레이를 통한 표현은 전통적인 GUI보다 더 넓은 범위의 디스플레이이며 디지털 정보의 인터페이스로서 전적으로 물리적인 환경을 사용하고 있다. 다양한 정보를 스크린에 나타내기 위해 경쟁을 하는 대신에 정보를 스크린에서 물리적인 환경으로 옮기고 형태, 운동, 소리, 색상, 냄새, 온도, 또는 빛의 미묘한 변화로 그것 자체를 나타낸다. 환경적 디스플레이는 네트워크 상황이나 날씨등과 같은 커다란 시스템의 일반적인 상황이나 사람들의 행동상황 등을 사용자가 인식할 수 있게 하는 도구로 적합하다.

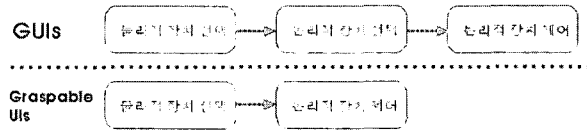
- 감지 및 채널의 선택

환경 미디어의 표현에 있어서 중요한 요소 중 하나는 정보의 소스를 표현하기 위한 채널의 선택이다. 정보는 오감을 통하여 전달되고 어떤 상황에서 사용하게 될 감각의 선택은 인터페이스를 디자인하는데 있어서 최우선으로 고려해야 할 것이다. 환경 디스플레이로의 데이터의 연결(coupling)은 환경미디어의 주요 고려사항이며 실험적인 부분이다. 미디어 디자이너들은 데이터를 새로운 형태로 매핑하는 디스플레이로 변환해야만 하며, 어떻게 소스들이 매핑되고 어디(시각, 촉각, 청각의 공간)에 매핑되게 할 것인가를 결정해야 한다.

· 만져지는 미디어(Graspable Media)의 객체선택

실체적 인터페이스에서 실체화의 주요 방법은 인터페이스를 만들기 위해 디지털 표현(그래픽과 오디오 등 출력)과 물리적인 표현(공간적으로 제어할 수 있는 물리적인 물체)을 조화시키는 것이다. 컴퓨터의 본질적인 제어와 콘텐츠를 물리적인 객체로 구체화시킴으로써 사용자로 하여금 보다 직접적인 조작을 할 수 있도록 하는 프로토타입구성을 가능하게 한다. 전통적인 사용자 인터페이스의 요소인 키보드, 마우스와 스크린은 형태적인 면에서 본다면 물론 물리적이다. 그러나 전통적인 컴퓨터 하드웨어와 만져지는 미디어와의 차이는 시스템을 구성하는 물리적인 객체들의 물리적 속성들의 역할이 다르는데 있으며, 실체화의 객체선택은 다음의 특성으로 요약된다.

1. 공간 복합(space-multiplex) 입력과 출력
2. 장치들 간의 동시작용 가능
3. 특수화된 강력한 입력 장치 사용의 증가
4. 장치와 장치환경의 높은 공간의 구체성



[그림 9] GUI와 Graspable UI의 인터랙션 과정

이때 실체화된 미디어는 단순히 '손으로 잡을 수 있는 장치'가 아니라 '손으로 잡을 수 있는 기능'으로서 손으로 잡을 수 있다는 가능성 이상의 의미를 가진다. 물리적 입력장치에 대한 생각의 전환은 물리적인 객체로 되어진 장치의 선택이 인터페이스에 어떤 역할을 할 수 있는가를 결정하는 주요한 방법이 되며 이때 물리적 객체는 인터페이스의 방법임과 동시에 디자인의 표현컨셉으로 일체화 된다.

이상에서 살펴본 실체적 인터페이스의 디자인과 구현, 특히 프로토타이핑 구현을 위한 시스템적 단계 및 가이드라인은 다음과 같이 요약될 수 있다.

[표 1] TUI프로토타이핑을 위한 단계적 시스템

| 단계 | 속성 | 가이드라인 |
|-----------|--|--------------------|
| 1: 환경 선택 | 전경/원경 | 행동분석 사용자관찰 |
| 2: 미디어 설계 | 위치/순서/형태/운동/소리/색상/냄새/온도 등 | 인지적 체크리스트 |
| 3: 채널의 선택 | 관념적 디스플레이 문맥적 디스플레이 (시각/촉각/청각 등) | 시스템구성의 효율성 |
| 4: 매핑 | 입력: 센서 및 인터페이스 경로 출력: 출력 및 피드백경로 | 기술적 효율성 제어의 효율성 |
| 5: 객체의 선택 | 물리적 장치의 선택 | 일체화 |

4. TUI 디자인의 설계 및 구현 방법 개발

본장에서는 실체화의 중심이 되는 텐저블즈를 정의하고, 형태

와 연결대상의 특성에 따라 분류하며 특성을 분석하여, 이를 실체화하는 방법을 제시한다.

4-1 텐저블즈(Tangibles)의 정의

실체적 인터페이스는 환경 미디어와 만져지는 미디어를 새로운 시스템 개발에 도입한다. 그래서 TUI 시스템이 발생시키는 소리, 바람, 향기 등 환경 미디어의 변화로 정보를 전달 받을 수 있으며 사용자는 손으로 만져지는 미디어로 입력을 할 수 있다. 이처럼 TUI 시스템은 인간의 다양한 지각능력과 운동능력을 사용자와 시스템 간의 인터랙션에 반영하고자 개발되며 그 때문에 다양한 구성 요소들이 결합하여 시스템을 이루게 된다. 구성 요소들은 사용자의 운동을 시스템에 입력할 수 있도록 해석하는 역할을 하고 시스템이 사용자에게 전달하려고 하는 정보를 보여준다. 이러한 시스템의 구성 요소가 되는 물리적 객체를 '텐저블즈(Tangibles)'라고 한다. 텐저블즈는 실체적 인터페이스의 핵심이며 특성의 근본이 된다. 텐저블즈는 시스템 구성에 있어서 입력 장치로서만 분류될 수 없으며 그 형태도 손에 잡히는 작은 사물에서 공간에 이르기까지 다양하다. 실체적 인터페이스에 대한 연구가 현재 지속적으로 진행되고 있어 그 범위와 가능성에 대해서 단정적으로 제한하는 것은 어려운 일이다. 그러나 현재까지 진행되어 온 텐저블즈에 대한 선행 연구 사례를 바탕으로 텐저블즈를 분류하고 그 특성을 발견함으로써 TUI디자인의 설계 및 구현방법의 근본적인 요소를 설정하여 객관적인 틀을 마련하도록 한다.

4-2 텐저블즈의 형태적 분류

텐저블즈는 가상의 세계와 실제 세계를 연결하는 통로로서 일상적으로 우리가 접하는 모든 것이 텐저블즈로서 가능성이 있다. 현재 개발되고 있는 텐저블즈를 분석하여 보면 형태에 따라 물건 텐저블즈, 장치 텐저블즈, 평면 텐저블즈, 공간 텐저블즈의 네 가지로 볼 수 있으며.

- 물건 텐저블즈

첫 번째 텐저블즈는 물건의 형태로서 일정한 형태를 가진 모든 것으로 다음에 나올 장치, 표면, 공간의 개념과 구분된 사물로 볼 수 있다. 물건 텐저블즈의 범위는 매우 넓다. 메타데스크의 여러 텐저블즈는 인터페이스의 한 부분으로 작동하며, 박스형태의 녹음기인 보이스박스(Voice Box)¹⁶⁾는 시스템을 지칭하고, 뮤직바틀(musicBottle)¹⁷⁾의 병과 같은 인공물의 형태 또는 자연물의 형태를 나타낼 수도 있다. 트라이앵글(Triangles)¹⁸⁾에서는 전자부품의 형태로 표현되며, 루미터치(LumiTouch)¹⁹⁾에서는 장식품과 같은 형태로 나타나, 단일객

16) The Museum of Modern Art, (2001,12,19) "Technology in the 1990s", Natelie Jeremijenko, [웹문서]:http://www.tech90s.net/nj/transcript/nj_03.html

17) H. Ishii, R. Fletcher, et al., musicBottles, Abstracts and Applications of SIGGRAPH 99, Emerging Technologies ,1999

18) M. Gorbet, M. Orth, and H. Ishii, Triangles: Tangible Interface for Manipulation and Exploration of Digital Information Topography, Proceedings of CHI'98 ,1998

19) A. Chang, B. Resner, et al , LumiTouch: An Emotional Communication Device, Proceedings of CHI'01 Companion ,2001

체에서 일종의 가구처럼 고정된 형태까지 다양성을 가지고 있다. 이때 물건 텐저블즈의 중요한 의미는 컴퓨터의 개념을 실체화 시키는 것이다.

- 장치 텐저블즈

평면 텐저블즈와 공간 텐저블즈가 명확히 구분되는데 비해 물건 텐저블즈와 장치 텐저블즈는 그 구분이 명확치 않다. 물건 텐저블즈가 디지털 정보의 물리적 실체화라고 한다면 장치 텐저블즈는 이러한 물건 텐저블즈나 평면 텐저블즈, 공간 텐저블즈 심지어 다른 장치 텐저블즈를 작동시키기 위한 장치로 구분되며, 다른 텐저블즈의 디스플레이 또는 출력장치의 의미로 정의할 수 있다.

- 평면 텐저블즈

실체적 인터페이스에 있어서 인터페이스는 물리적 공간과 디지털 공간이 접하는 곳에서 발생하는 면이다. 그래서 평면은 물리적 공간과 디지털 공간 사이의 가장 직접적인 인터페이스 형태라고 볼 수 있다. 메타데스크의 책상과 두 사람이 마주보고 커뮤니케이션을 하는 트랜스보드²⁰⁾, 엠비언트룸의 벽, 천정, 선반 등이 평면 텐저블즈의 예이다. 평면 텐저블즈는 디지털과 물리적 세계를 연결하기 위한 매개수단으로 사용되며 특히, 인터랙티브 평면은 프로젝트를 이용하는 증강현실의 기술을 사용하여 전면 프로젝션이나 후면 프로젝션 또는 가상 디스플레이 장치의 역할을 한다.

- 공간 텐저블즈

공간 텐저블즈는 공기의 흐름이나 실내온도, 향기와 같은 미묘한 속성의 공간적인 표현뿐만 아니라 복합적인 평면 텐저블즈, 물건 텐저블즈 그리고 장치 텐저블즈 사이의 공간적인 관계에서 논의될 수 있다. 엠비언트룸의 예에서처럼 물리적인 객체의 형태가 없는 온도나, 향기, 빛, 소리 등의 환경 미디어의 활용은 그 공간에서 그 자체만으로 활용될 수 있을 만큼 공간의 비중이 크다. 즉 물리적 객체들의 결합으로 공간 자체가 정보를 나타내는 디지털적인 매체가 되는 것이다.

4-3 연결 대상에 따른 텐저블즈의 분류

텐저블즈는 컴퓨터적 제어를 위한 물리적 객체이며 GUI와는 달리 물리적 장치를 선택함과 동시에 논리적 장치를 선택하게 된다. 실체적 인터페이스는 물리적 장치의 역할을 확장하여 논리적 장치의 역할을 할 수 있으며 이런 물리적 객체와 논리적 장치의 결합이 텐저블즈인 것이다. 이때 논리적 장치는 명령대상, 명령어, 정보컨텐츠로 구분되며, 텐저블즈의 논리적 역할에 따라 사용자 제어정보의 목적이나 방법이 달라진다.

- 명령대상

미디어블록의 예에서 블록은 온라인 미디어의 리스트와 연결된다. 블록들은 서로 다른 미디어 장치들 간에 온라인을 통하여 미디어를 전달하기 위해 캡처, 전환 그리고 재생의 기능을 한다. 레코딩 장치의 슬롯에 미디어블록을 집어넣는 것은 온

라인상에서 미디어를 레코딩하고 물리적인 블록에 미디어를 지정하게 된다. 또한 재생 장치에 지정된 미디어블록을 집어넣으면 지정되어있는 온라인 미디어가 재생된다. 그러므로 블록 자체가 하나하나의 미디어를 상징하게 된다. 미디어블록에 저장되는 것들은 정지화상과 동영상 그리고 이러한 콘텐츠의 목록들이다.

- 명령어

명령 대상이 되는 텐저블은 사용자가 텐저블에 대해 취하는 행위에 대한 정보를 디지털 값으로 변환시켜 입력하게 된다. 즉 텐저블즈는 대상이며, 대상에 대한 사용자의 행동이 명령이 된다. 그러나 이보다 더 나아가 텐저블즈 자체가 명령이 되기도 한다. 프로그램 블릭(Tangible Programming Bricks)은 손으로 잡을 수 있는 형태의 다양한 프로그래밍 언어에 대한 연구이다.²¹⁾ 각각의 블록은 프로그래밍 언어이어서 블록을 결합하는 것에 따라 결과를 확인할 수 있다.

- 정보 콘텐츠

Graspable UI와 실체적 인터페이스가 차별화 되는 가장 큰 특성은 텐저블즈는 단순한 입력 장치가 아니라 그 이상의 역할을 한다는 것이다. 텐저블이 갖게 되는 물리적인 특성들은 사용자에게 물리적인 표현이 된다. 이러한 물리적 표현은 좀 더 구체적으로 사용자에게 어떠한 콘텐츠를 제공하기 위한 채널로 사용되기도 한다. 이상과 같은 텐저블즈의 역할을 시스템에 따라 하나의 역할로 한정될 수도 있고 경우에 따라서는 여러 가지 역할을 동시에 수행하게 된다.

[표2] 연결 대상에 따른 텐저블즈 분류

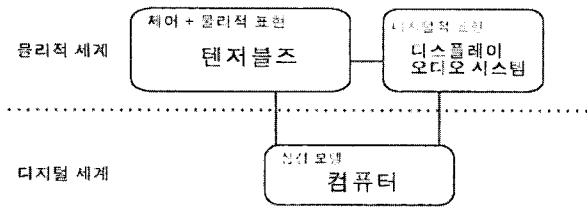
| 연결대상 | 내용 |
|--------|---|
| 명령대상 | · 이미지와 삼차원 모델과 같은 고정된 디지털 이미지 · 비디오 그리고 동적인 그래픽 같은 동적인 디지털 미디어 · 미디어 물체 리스트 같은 단순한 데이터 구조 · 원거리에 있는 사람, 장소 그리고 장치들 |
| 명령어 | · 색상 또는 다른 재질적인 특성 같은 디지털 속성 · 컴퓨터 계산(operation) 어플리케이션, 에이전트 · 데이터, 계산 그리고 속성들을 결합한 것과 같은 복잡한 데이터 구조 |
| 정보 콘텐츠 | · 사용자의 행동, 감정 등의 커뮤니케이션 콘텐츠 |

4-4 TUI 시스템 구성에서의 텐저블즈의 역할

텐저블즈는 연결되는 개념적 장치에 의해 분류되거나, 역으로 각각 다른 개념적 장치들이 텐저블즈로 실체화되어, 시스템을 구성하게 된다. 사용자는 이렇게 실체화된 텐저블즈를 보고, 만지고, 파악하며, 이때 [그림10]에서 처럼 물리적 표현과 제어의 TUI적 통합이 중요하다. 물리적 표현은 모델, 제어, 디지털 표현과 어울려야 하며, 제어방법과 인터페이스의 중심이 되는 표현방법은 물리적인 단계에서 통합된다. 통합의 결과는 실제로 유형의 물리적 물체인 텐저블즈로 나타나며, 시스템을 이루는 '제어'와 '물리적 표현'의 역할을 하게 된다.

21) T. McInerney, Tangible Computation Bricks : Building-blocks for Physical Microworlds, Proceedings of CHI'01,2001, p.1

20) H. Ishii and B. Ullmer, op.cit, p.3

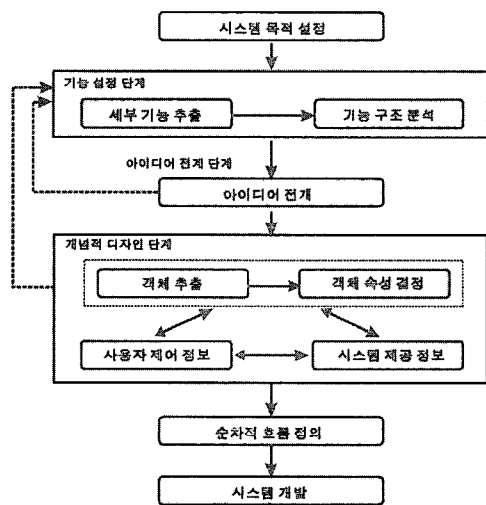


[그림10] TUI 시스템 역할 구성

텐저블즈의 제어와 물리적 표현의 두 가지 역할을 물리적 단계에서 통합하는 것은 다음과 같은 특성을 가진다. 텐저블즈가 갖게 되는 물리적 특성은 TUI 시스템의 제어장치로서의 역할 뿐만 아니라 표현의 역할을 동시에 하며 수행 태스크에 따라 물리적인 형태와 구성이 달라진다. 텐저블즈의 물리적 표현의 역할은 텐저블즈의 구분과 기능에 대한 인지정보의 제공이라는 역할을 하게 된다. GUI를 구성하는 시각적인 정보들은 나타나거나 사라질 수 있으며, GUI의 입력 장치는 복합 시간적인 요소를 가지고 있어서 상황에 따라 다른 목적으로 사용될 수 있다. 그러나 TUI의 물리적 입력 장치들은 복합 공간적인 특성을 가지고 있어 물리적 장치들은 갑자기 나타나거나 사라지지 않으며 하나의 입력 장치가 여러 가지 다양한 기능을 수행하지 못한다. 또한 텐저블즈는 오직 사용자의 조작에 의해 조작되어 움직이거나 모터등에 의한 피드백으로 또는 진동하는 은유적 움직임만이 가능하다. 이러한 제한점은 텐저블즈 디자인이 TUI 시스템을 구성하는데, 텐저블즈의 물리적 특성을 고려하는 것이 중요하다는 것을 보여주며 시스템구성의 기본요소로서의 역할을 강조하게 한다.

5. 텐저블즈의 설계 및 구현방법 개발 : 사례연구

본장에서는 3장과 4장에 제시된 프로토타이핑 방법과 텐저블즈의 설계의 가이드라인을 바탕으로 실제적인 설계 및 구현 방법을 제시한다. 구체적인 방법의 검증은 위하여 12개월의 자연을 미디어디자인으로 구현하는 '인터랙티브 사이버가든'의 프로토타이핑 개발을 진행하며 사례로 제안한다.



[그림 11] 텐저블즈 디자인 프로세스

본 사례는 공간, 물건, 장치 텐저블즈를 응용하는데 적합한 환경미디어로서, 계절의 구현과 콘텐츠의 실체화에 깊은 연관성을 가지고 있으며, 명확한 명령어와 명령대상의 체계화가 가능하다. 특히 자연의 콘텐츠를 미디어로 구현하려고 하는 많은 시도와 차별화하여 TUI의 프로세스를 통한 제품 및 컨셉의 구체화를 검증한다. 텐저블즈의 설계 및 구현의 프로세스는 [그림 11]에서처럼 크게 기능 설정 과정, 아이디어 전개 과정, 개념적 디자인 과정으로 구분될 수 있다. 이때 TUI의 특성인 기능과 객체/제어의 통합적 고찰이 중요시되며, 제어와 물리적 표현이 객체로서 구체화 된다.

[표 3] 인터랙티브 사이버 가든의 객체추출

| 형태 | 개체 | 역할 |
|---------|------------------|-------------------------|
| 물건 텐저블즈 | 텐저블 지구 텐저블 태양 | 입력 장치 리액션 장치 출력장치 |
| 평면 텐저블즈 | 인터랙티브 평면 | 리액션 장치 |
| 장치 텐저블즈 | 스피커 디스플레이 | 출력장치 출력장치 |

텐저블즈의 객체추출은 4장에서 제시된 분류기준에 따라 개체와 역할을 정의하게 된다. [표3]은 이러한 구현프로세스를 적용한 사이버가든의 객체추출 예이다. 물건 텐저블즈는 지구와 태양의 직접적 은유를 활용하며 이때 인터랙티브 평면은 출력 디스플레이의 역할과 동시에 공간적인 인터랙션(사용자의 접근, 밝기, 소리)장치의 역할을 수행한다. 사이버 가든의 객체들은 프로토타이핑 구성단계에 따라 [표4]와 같이 구성되며 다시 [표5]에서처럼 미디어 및 채널의 정의가 구체화된다.

[표 4] 인터랙티브 사이버 가든 프로토타이핑 구성

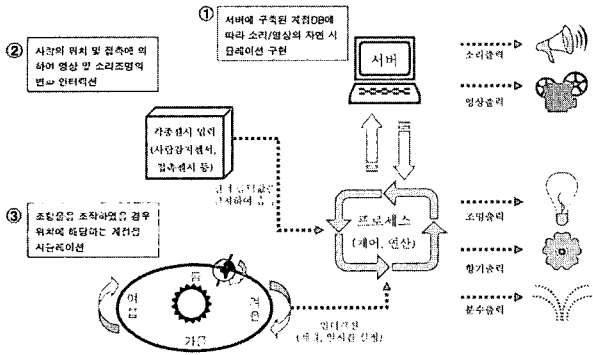
| 단계 | 속성 | 비고 |
|-----------|--|-------------|
| 1: 환경 선택 | 전경 : 계절조작도구 원경 : 디스플레이 인터랙션 | |
| 2: 미디어 설계 | 위치/조명/소리/색상/계절영상 | 12개월의 미디어설계 |
| 3: 채널의 선택 | 관념적 디스플레이 - 계절영상 문맥적 디스플레이 - 소리/조명 | |
| 4: 매핑 | 입력: 위치센서/계절센서 밝기센서온도센서 출력 : 출력 및 피드백경로 | |
| 5: 객체의 선택 | 지구의 자전 및 공전 계절의 미디어 창 | 조형화 화면구성 |

[표 5] 인터랙티브 사이버 가든 미디어 정의

| 구분 | 종류 | 제어대상 내용 |
|--------|-------|----------------------------------|
| 미디어 정의 | 사운드 | 동물/새/곤충/바람소리 등을 3차원 입체음향으로 표현 |
| | 디스플레이 | 계절을 대표하는 별자리와 이미지 디스플레이 |
| | 조명 | 밤/낮, 계절에 부합하는 빛 발생 |

이러한 텐저블즈의 분류에 따른 정의 및 프로토타이핑 시스템의 구성은 디자인하려는 TUI 시스템을 개념화하며 궁극적인 디자인 컨셉으로 구체화 된다. [그림 12]는 인터랙티브 사이버

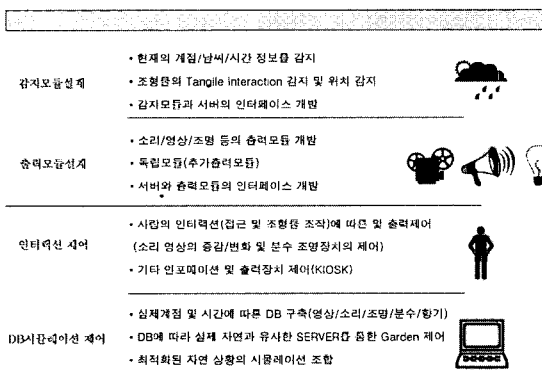
가든의 시스템 구성도를 보여준다. 1년의 계절이 시물레이션된 영상, 소리, 조명, 향기 등의 콘텐츠는 센서감지를 중심으로 한 인터랙티브 평면 텐저블즈와 지구와 태양의 물건 텐저블즈로 제어되며, 다양한 미디어에 의해 출력된다. 출력은 장치텐저블즈의 조명과 위치의 햅틱 피드백, 인터랙티브 평면의 영상, 물건텐저블즈 영상, 조명의 실체화 방법으로 표현된다.



[그림 12] 인터랙티브 사이버가든의 구성도

특히 시물레이션된 콘텐츠를 지구의 자전과 공전, 실제의 날씨, 조명, 시간의 환경적 입력, 사용자의 액션의 상호작용으로 정의하고, 텐저블즈를 구체화 하였다. 텐저블즈 실현 단계인 시스템 개발을 위해서는 각 텐저블즈를 구현하기 위한 구체적인 기술대안의 마련과 텐저블즈의 속성에 따른 형태적 구체화가 이루어진다. 이러한 디자인 프로토타입의 구현을 위한 기술적 방법은 다음과 같이 요약되며, 특히 [그림 13]은 인터랙티브 사이버 가든의 구현을 위한 각 모듈의 내용과 제어요소를 나타낸다.

- 비디오로 촬영 및 이동경로의 캡처 : 전자적인 센서 및 미디어 분석 기술
- 운동정보 및 물리적 움직임의 전달 : 위치 및 운동센서 및 모터 기술, 위치제어기술
- 프로젝터 및 디스플레이의 디지털정보 결합 : 이미지의 투영 및 스크린 인터랙션 기술, 프로젝터로 투영된 디지털 정보의 피드백기술



[그림 13] 인터랙티브 사이버가든의 프로토타입 실체화

6. 결론

실체적 인터페이스에 대한 연구에서 주목해야 할 점은 텐저블즈의 물리적 형상은 단순히 손으로 잡기 위한 실체가 아니라 시스템의 개념적 모델을 형상화한 실체이다. 사용자는 시스템의 물리적 형태를 통하여 시스템을 이용하고 이를 통하여 입력을 위한 액션을 취한다. 이러한 실체적 인터페이스의 특성은 개발 과정에서 조형화 된 디자인과 행동 디자인 모두에 대한 통합적인 계획을 요구하게 되었다. 본 연구는 그러한 통합적인 계획에 앞서 텐저블즈의 프로토타입 구현을 중심으로 TUI 인터페이스 디자인의 시스템적 방법을 제안 하였다. 특히 텐저블즈의 분류에 따른 객체추출과 단계적 프로토타이핑 구성은 TUI 인터페이스 디자인의 핵심적 요소이며 기술적/조형적 설계의 중심이 된다. [그림 14]는 이러한 방법에 의해 제작된 인터랙티브 사이버 가든의 최종 프로토타입이다. 추후 연구에서는 개발 과정에서 조형과 행동을 통합적으로 계획할 수 있는 방법 및 프로세스, 그리고 모델 제작이 요구된다.



[그림 14] 인터랙티브 사이버가든의 최종 프로토타입

참고문헌

- 김성준, 제품 조작과 작동 상태 모델링에 관한 연구, 한국과학기술원 산업디자인학과 미간행 석사논문, 1996, p.7
- 박창해, 제품형태의 창출을 위한 의미정보의 인식과정에 관한 연구, 한국과학기술원 산업디자인학과 미간행 석사 논문, 1993
- 이진표, 디자인 방법론에 관한 연구, 한국과학기술원, 1987
- 이영민, 증강현실을 위한 비디오 영상과 3차원 모델의 유사 공간 합성, 한국과학기술원 전산학과 석사학위논문, 2000
- 이태일, 촉각적 사용자 상호작용을 이용한 별자리 교육 시스템 개발 연구, HCI 2001, 2001
- 장병태, 촉각 및 음성 인터페이스 기반의 시각장애자용 정보단말기 개발(development of Tactile and Voice Interface Based Information System for the Blind, 정보통신부,2000
- B. Buxton, Ubiquitous Media and the Active Office, Perspectives article for ACM Interactions, 1995
- B. Ullmer and H. Ishii, Emerging frameworks for tangible user interfaces, IBM Systems Journal No.39, 2000
- B. Ullmer and H. Ishii, The metaDESK: Models and Prototypes for Tangible User Interfaces, Proceedings of UIST'97 ,1997