

TUI 시스템 모델 개발에 관한 연구

A study on the Development of TUI(Tangible User Interface) System Model

임창영(Lim Chang Young)

한국과학기술원 산업디자인학과

최민영(Choi Min Young),

한국과학기술원 산업디자인학과

1. 서론

2. TUI 시스템 개발 프로세스 모델

3. TUI 시스템 개발을 위한 연구 접근 방법

- 3-1 HCI 연구 접근 방법
- 3-2 예측적 모델링 기법의 이해
- 3-3 기존 모델링 기법의 한계와 가능성
- 3-4 TUI 시스템 개발 모델링 연구 방향

4. 실체적 인터페이스 모델링 언어 개발

- 4-1 필요성 및 목적
- 4-2 TML 과정
- 4-3 TML의 활용
 - 4-3-1 기능설정

5. 프로토타입 개발

- 5-1 개발 개요
- 5-2 시스템 구성
 - 5-2-1 입력장치
 - 5-2-2 출력장치
 - 5-2-3 컨트롤장치
- 5-3 개발 결과

6. 결론

참고문헌

(要約)

본 연구에서는 GUI의 한계를 벗어나고자 급변하고 있는 HCI 연구의 새로운 경향과 HCI연구의 한 분야인 실체적 인터페이스를 이해하고 이를 기반으로 실체적 인터페이스 시스템 개발을 위한 모델링 언어인 TML을 개발하였다. TML의 적용 사례로 개발된 이 시스템은 텐저블네이처(Tangible Nature)라고 부르겠다. 텐저블네이처는 인간과 시스템간의 관계의 범위를 더 확장하여 인간과 자연의 관계를 인간-컴퓨터 간의 커뮤니케이션에 반영하는 것을 그 목적으로 한다. 수천 년간 인간은 자연 속에서 시간의 흐름에 따른 계절의 변화에 대해 자연현상 등을 경험을 통해 이를 자연스럽게 받아들이고 있다. 이것은 단일의 감각 채널을 통해서가 아니라 인간에게 가능한 모든 감각의 채널이 조화를 이루며 행해졌고 이러한 경험을 통하여 시간의 흐름이라는 무형의 정보에 대한 개념모델을 형성하고 있다. 이러한 인간의 경험은 현재의 GUI에서는 반영될 수 없었던 많은 공감각적인 부분으로 TUI를 기반으로 자연과의 커뮤니케이션 능력과 경험을 가상의 정원 안에서 인간과 시스템간의 인터랙션으로 개발하였다. 모델링 기법이 다양한 사례에 적합한가를 검증해 보기 위해 사례연구 대상은 실체적 인터페이스의 다양한 텐저블즈의 속성을 다룰 수 있는 아이템 선정을 주목적으로 하였다. 실체적 인터페이스의 2가지 연구 방향은 환경 미디어와 만져지는 미디어를 모두 활용할 수 있는 형태적으로도 다양한 텐저블즈를 활용할 수 있도록 하였다. 크게 사용자의 목적에 따라 시스템을 제어할 수 있는 기능과 정보를 전달 받을 수 있는 기능을 선정하였으며 피드백 방식은 환경 미디어를 통해 전달할 수 있는 방법을 모색하였다. 텐저블네이처는 도심 속의 건물 속에서 자연을 느낄 수 있는 환경 조성을 목적으로 한다. 자연을 느낄 수 있는 채널을 환경 미디어에서 모색하였는데 빛, 소리, 공기의 흐름 등 인간의 주변감각을 자극하는 다양한 양식이 있으나 현재 구현과 제어가 가능한 소리와 빛을 중심으로 피드백을 받을 수 있도록 하였다.

(Abstract)

The TUI system Modeling Language(TML) developed in this research can be used for designing TUI system with concerning about TUI's characters. For design to be concerned about physical property of tangibles and control device and digital media, TML can be a framework to give a definition of each property and be used for designing action and reaction process separately. And it would be the guideline to represent interaction's dynamic property through showing parallel information flows among objects. Finally, for verification TML's suitability, TUI system to which TML was applied was developed.

(Keyword)

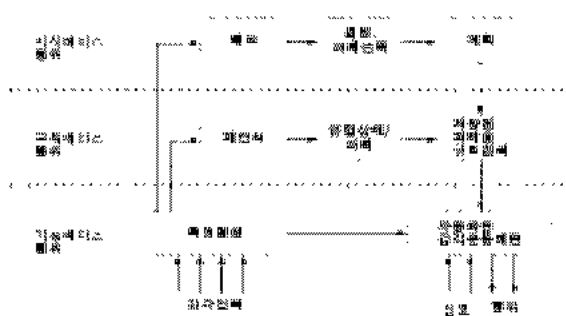
HCI, TUI(Tangible User Interface), Graspable User Interface

1. 서론

덴저블네이처는 본 연구에서 개발한 모델링 기법을 실제적인 시스템에 개발하기 위한 사례연구로 개발된 시스템이다. 본 연구에서는 실제적 인터페이스의 특성을 파악하고 이를 인터페이스 디자인에 체계적으로 반영할 수 있는 분석 및 모델링의 위한 체계를 제시한다. 모델링 언어는 추상적 개념을 구체화할 수 있는 표현 수단으로 실제적 인터페이스에 대한 특성을 반영할 수 있는 모델링 언어와 프로세스를 제안함으로써 체계적인 방법을 통하여 실제적 인터랙션 시스템을 개발할 수 있는 가이드라인의 역할을 할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다. 또한 개발된 모델링 언어를 실제적 인터페이스 기반의 시스템 개발에 적용하고, 그러한 시스템 개발에 새로운 모델링 언어를 도입해 봄으로써 모델링 언어의 적합성과 가능성에 대해 검증해 볼 수 있다.

2. TUI 시스템 개발을 위한 프로세스 모델

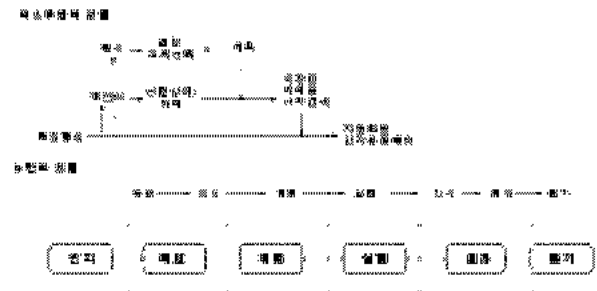
인간 행위 단계에 대하여 다른 결과를 나타내고 있는 노만의 행위모델과 라스무센의 행위 모델을 비교 분석해 보면, 사용자의 행위 단계의 특성을 알 수 있는데, 노만(D. Norman)은 인간의 행위를 7단계 행위 모델(7 stage of action cycle)로 설명하고 있다¹⁾. 그에 의하면 인간은 처음에 목표를 세우고, 이어서 의도를 형성하고, 행동순서를 계획하고, 행동을 수행하고, 상태를 감지하고, 감지된 것을 해석하고, 최종적으로 해석한 것을 평가라는 차례로 이어지는 7단계로 구성하였다. 이러한 행위를 구체적인 컴퓨터 인터랙션 과정에 대비시켜 보면 시스템(외부세계 : real world)을 제어하고 그 제어의 결과 나타나는 반응을 평가하는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 노만의 행위모델에 비해 라스무센(J. Rasmussen)은 인간의 행위가 반드시 7단계를 거쳐야 하는 것이 아닐 수도 있다고 설명하고 있다. 그는 인간의 행위단계를 <감지><판측><규명><평가><해석><직무정의><절차구성><실행>의 8단계로 규정하고 있으나 '규칙(rule)'의 개념을 도입하여 완전한 전체 행위경로를 다 거치지 않고도 수행할 수 있는 여러 가지 지름길(short-cut)이 될 수 있는 각종 경로를 제공하고 있다.



[그림 1] 라스무센의 사용자 행위수준

노만의 사용자 행위 모델과 라스무센은 사용자 행위 모델을 비교해 보면 라스무센의 모델은 감각입력을 통해 들어온 정보

를 추출하여 해석하는 과정 후 목표를 설정하는 반면에 노만의 모델은 이미 목표가 세워진 것을 기반으로 시작된다. 한편 노만의 모델은 행위를 실행한 후 시스템 상태를 지각하고 해석하는 피드백 과정이 있는 반면 라스무센의 모델은 행위가 최종 단계가 된다. 즉 두 인터페이스 모델은 전후반으로 각각 좀 더 자세한 단계를 나누고 있다. 두 개의 모델을 바탕으로 하여 인간-컴퓨터 상호작용을 6단계로 분류하였다.



[그림 2] HCI 행위모델

사용자는 감각입력을 통해 시스템에 대해 <인지>하고 그 결과를 행위의 <목표>을 세우고 이를 수행하게 될 과정에 대한 <계획>을 세운다. 계획에 따라 <실행>을 하고 시스템에서 나온 <결과>을 지각하여 처음 목적에 부합하는지에 대해 <평가>을 하게 된다. 인터랙션의 6단계에 사용자와 시스템간의 정보 이동의 형태에 따라 분류하면 <인지><결과>단계 시스템에서 사용자로 정보가 전달되며 <행동>단계에서 사용자에서 시스템으로 정보가 전달된다. <의도><계획><처리>단계에서는 사용자가 입력 받은 정보를 처리하여 다음 단계로 전달될 새로운 결과를 도출하게 되는 사용자 지각 시스템 내부에서만 정보가 전달되므로 사용자-컴퓨터간의 정보 이동과는 다르다. <행동>과 <결과> 단계에서 컴퓨터가 사용자에게 전달하는 정보는 두 가지로 구분된다. 첫 번째는 사용자의 입력 값에 따라 계산될 결과로 시스템의 궁극적인 목적이 되는 피드백(feedback) 정보이고, 두 번째는 사용자의 입력에 대한 즉각적인 시스템의 반응이라고 볼 수 있는 리액션(reaction) 정보이다. GUI에서는 물리적인 리액션이 거의 없다. 사용자가 마우스를 한쪽 방향으로 계속 움직이면 마우스 커서의 위치가 화면의 끝부분에 도달하여 멈춘다. 그러나 화면에 나타난 시각적인 정보가 없다면 사용자는 현재 시스템의 상태에 대해 알 수가 없다. 그러나 TUI는 즉각적인 물리적 리액션이 가능하다. 사용자가 행하는 물리적 액션과 컨트롤이 되어 주는 리액션은 물리적 컨트롤의 가장 큰 특징이다²⁾. 이처럼 시스템으로부터 제공되는 정보를 통해서 사용자는 시스템에 대한 멘탈 모델을 설정한다. 멘탈모델은 사용자가 시스템을 통해 느낀 이미지를 바탕으로 사용자 자신이 능동적으로 정신적 표현을 표출한 것으로 시스템에 대한 사용자의 행동이 표출되는데 있어서 단서의 역할을 한다. 그러므로 사용자 멘탈모델과 시스템의 능력(capabilities)사이의 불일치를 최소화 시키는 것이 HCI디자인의 본질적임 목표가 될 수 있다³⁾. 또한 디자인어는

1) D. Norman, The Design of Everyday Things, Doubleday New York, 1988, p.46-53

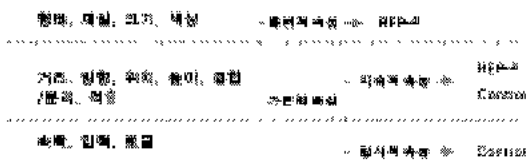
2) 이태일, 촉각적 사용자 상호작용을 이용한 별자리 교육 시스템 개발 연구, CHI 2001, p.179

시스템에 대한 디자인 모델(design model)을 창출하고 이를 통해 사용자가 멘탈모델을 형성하게 되므로 결국, 사용자들의 적절한 멘탈모델을 형성하게 만드는 디자인 모델 창출이 디자이너의 목적 대상물이 된다. 그러므로 입력되는 정보의 속성과 실제 입력행위의 불일치가 커지면 사용자의 개념모델에 오류가 생기게 된다.



[그림 3] TUI 시스템의 사용자 개념모델

실체적 인터페이스를 기반으로 하는 시스템을 개발할 때, 사용자 멘탈모델에 영향을 미치는 물리적속성과 의미적속성의 두 가지 관점에서 고려되어야 한다. 물리적 속성은 사용자가 텐저블즈를 제어함으로써 발생하는 물리적 변수와 텐저블즈가 가지고 있는 고유의 물리적 특성과의 대응에 대한 내용이며, 사용자는 시스템에 입력되는 정보와 출력되는 정보 사이의 관계에 대한 멘탈모델을 형성하게 되고, 사용자의 원하는 결과를 얻기 위해 시스템에 제공해야 하는 정보를 유추하여 이 값을 입력하기 위한 액션을 취하게 된다. 이처럼 시스템 기능의 개념적 물리적 속성이 실제 텐저블즈의 물리적 속성으로 반영되어야 하며 사용자 멘탈모델과 디자인 모델을 연결해 주는 끈이 되어준다. 어떤 물리적 속성을 입력에 값으로 감지할 것인가를 결정하는 것이 디자이너의 역할이며 이는 사용자의 멘탈모델을 예상하여 사용자의 기대를 충족시켜 주어야 하는 것이다.

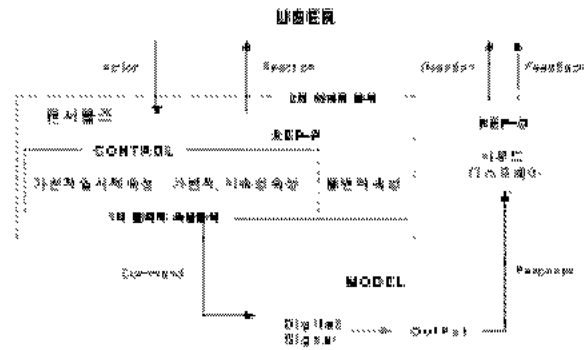


[그림 4] 물리적 속성 분류

물리적 물체가 갖게 되는 물리적 속성은 물체의 형태나 재질처럼 한번 결정이 되면 변하지 않으며 그 물체를 정의할 수 있는 불변적 속성과 물체가 이동하거나 움직이는 과정에서 발생하는 변수인 거리나 방향과 같은 지속적 속성들이 있다. 그러한 가변적 속성은 다시 외부의 영향이 없을 경우 지속적으로 유지될 수 있는 지속적인 속성과 속력이나 압력과 같은 순간에 나타나는 일시적 속성으로 나누어 볼 수 있다. 이러한 물리적 속성은 시스템 모델을 만들게 되며 여기에 2차로 의미론적인 접근을 통하여 사용자는 보다 자연스러운 인터랙션에 대한 이해를 할 수 있게 되는 것이다. 사용자 자신의 행동

3) W.H. Cushman and J. Rosenberg, Human Factors in Product design : Advances in Humn Factors/Ergonomics, Vo14, Elsevier science Publishers B.V. New York, 1991, p.216

을 과거의 경험에 비추어 의미를 부여하게 되고 그 의미를 통해 시스템을 이해하게 되는 것이다.



[그림 5] TUI 인터랙션 모델

[그림 7]은 이상의 분석 결과를 바탕으로 TUI 인터랙션 개발 모델이다. 텐저블즈는 제어장치와 물리적 표현을 역할을 하게 된다. 이것은 시스템에 입력되어지는 정보의 물리적 속성과 사용자에게 의해 제어될 텐저블즈의 물리적 속성에 대한 분석의 단계인 1차적 물리적 속성 분석 단계와 이러한 속성 제어가 시스템 모델의 기능을 수행하는데 있어서 갖게 되는 의미에 대한 1차 분석을 통하여 기능 제어 방향이 결정되어진다. 다음으로는 각 기능 수행에 있어서 사용자의 액션과 이에 대한 결과인 피드백 정보가 되는 텐저블의 물리적 표현과 디지털 정보에 대한 구체적인 계획이 세워지며 이와 마찬가지로 리액션 정보에 대한 물리적 표현과 디지털 표현에 대한 계획과 검토가 이루어져야 한다.

3. TUI 시스템 개발을 위한 연구 접근 방법

3-1 HCI 연구 접근 방법

에버츠(R.E.Eberts)는 사용자 인터페이스 디자인의 문제를 해결하는 접근 방법을 기준으로 크게 4가지 범주[실험적 방법(Empirical approach), 인지적 방법(cognitive approach), 예측적 모델링 방법(predictive modeling approach), 의인법적 방법(anthropomorphic approach)]로 분류하였다(4).



[그림 6] HCI 연구접근 방법

실체적 인터페이스는 하나의 일반적인 인터랙션 모델을 만들

4) R.E.Eberts, User Interface Design, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1994, p.47

어 놓고 이에 따라 어플리케이션 제어를 맞추는 것이 아니라 행해지는 시스템에 따라 주어진 과업을 일상적인 환경의 물리적인 객체들과 연결함으로써 보다 자연스럽게 풍부한 인터랙션을 가능하게 하기 위한 것이다. 그러므로 TUI 시스템의 인터랙션에는 일반적인 모델이라는 것은 적합하지 않으며 개발하고자 하는 시스템에 대한 분석을 할 수 있어야 하며 이를 체계적이며 객관적으로 발전시켜 나갈 수 있는 프로세스가 있어야 한다. 이처럼 시스템 개발의 분석에서부터 개발단계에 대한 가이드라인의 역할을 할 수 있는 것이 예측적 모델링 기법이라 할 수 있다. 이를 위해서 본 연구는 사용자와 시스템 간의 관계를 체계적으로 분석하고 이를 가시화할 수 있는 예측적 모델링 방법 중심으로 실제적 인터페이스 연구에 접근하였다. 예측적 모델링 방법은 사용자가 어떻게 특정 작업을 수행할 지를 예상할 수 있어, 작업 수행 시 발생할 수 있는 오류, 실행 소요 시간, 학습 시간 등을 예측할 수 있는 장점이 있다. 그러나 모델링 과정에서 한 작업에 대한 다양한 해석이 가능하기 때문에 분석자에 따라서 그 결과가 다를 수 있다는 단점이 있다. 그러나 이러한 단점은 계속적으로 모델링을 해 나가면서 문제점을 발견하고 자연스럽게 최선의 해결 안으로 의견을 좁혀 나갈 수 있다. 또한 예측적 모델링 기법은 시스템을 개발하는데 있어서 청사진의 역할을 할 수 있고 시스템 개발에 앞서 검증의 역할이 가능한 접근 방법이라고 할 수 있겠다.

3-2 예측적 모델링 기법의 이해

시스템 개발에 있어서 모델링은 다음과 같은 이점이 있다. 첫째, 우리가 의도한 대로 시스템을 구축하고 있는지에 대한 검토를 해 볼 수 있다. 둘째, 시스템의 구조와 행위를 명시할 수 있다. 셋째, 시스템 구축을 위한 결정 사항들에 대한 문서화 작업을 할 수 있다. 넷째, 문서로 가시화된 내용은 프로젝트 팀간의 통신수단으로써 그리고 구조적인 문제를 해결하기 위한 수단으로 사용된다. 모델링을 함으로써 시스템의 성능이 향상된다고 볼 수는 없지만 모델링의 목적은 시스템을 정확히 이해하기 위해 하나의 전체적인 조감도를 작성하는데 있다. 모델링 언어는 다음을 포함해야만 한다.⁵⁾

[표 1] 모델링 언어의 포함내용

모델링 언어	내용
모델요소(Model elements)	기본적 모델링 개념과 의미
표기(Notation)	모델요소의 시각적인 그림
가이드라인(Guideline)	관용적인 사용방법

3-3 기존 모델링 기법의 한계와 가능성

모델링 기법은 크게 3가지로 나눌 수 있는데 인간의 행동을 대상으로 하는 것과 인간과 시스템 사이의 언어를 대상으로

5) 본 연구에서 '모델'이라 함은 어떤 대상 또는 개념에 대해 가시적으로 표현한 것'으로 정의하였으며 이러한 모델을 만드는 것을 모델링이라 하였다. (S. True, User Interface Design : A Structured Approach. New York Plenum Press, 1994, p.153)

6) Microsoft Corporation(2001,10,4), "Microsoft Korea," 개발 프로세스의 사용 편의성

[웹문서] <http://www.microsoft.com/korea/msdn/library/techart/luicycle.htm>

하는 것과, 그리고 소프트웨어 엔지니어링 분야에서 사용하는 시스템 작동을 대상으로 하는 것)이다.

[표 2] 예측적 모델링 기법의 사례

분류	사례	기본 개념
인간행위 모델링	MHP	인간의 정보 처리와 관련된 기본적인 모델링 기법
	GOMS	인간과 컴퓨터 상호작용을 하나의 문제 해결행위로 보고인간의 행위를 예측하기 위한 모델링 기법
상호작용 모델링	TAG	TAL의 발전된 형태로 상호작용 언어의 전체 구조를 파악하여 일관성을 찾는 모델링 기법
시스템 작동 모델링	UML	데이터를 다루는 프로시저를 하나로 묶어 객체라는 개념을 사용하여 표현하는 모델링 기법

여기서 인간 행위 모델링 기법이나 인간-시스템 상호작용 모델링 기법, 시스템 작동에 관한 모델링 모두 공통적으로 갖고 있는 문제점은 시스템 초기 개발 단계보다는 어느 정도 시스템이 구축이 된 후, 즉 시스템에 대한 정의와 요구사항 분석이 끝난 후, 대안에 대한 평가나 또는 분석된 결과의 설계과정에서 활용된다는 것이다. 따라서 구체적 디자인 안이 나오기 전에 활용하는 것이 힘들다. 그러므로 시스템 모델링에 앞서 시스템의 기능을 구현하는 방법에 대한 올바른 대안들을 도출해야만 평가와 설계를 위한 모델링 기법들이 유용할 수 있다. 이러한 올바른 대안 도출 방법에 대한 고려 없이 개념적인 대상을 한 가지 시각으로 분석해 내는 모델링 기법을 도입하게 되면 개발범위를 제한하게 될 수 있다. 실제적 인터페이스는 인간이 오랜 시간 동안일상에서 익혀온 가장 자연스러운 행동과 경험을 컴퓨팅에 이용하고자 하는 시도이므로 TUI 시스템의 구현 방법은 인간 행동의 가장 자연스러운 대안을 도출하여야 한다. 이러한 대안은 기존의 컴퓨팅에서는 그 해답을 찾을 수 없으며 마우스와 모니터를 완전히 배제한 새로운 사고의 범주를 개척해야만 하는 일인 동시에 가장 자연스럽게 익숙해져 있는 경험에 대한 고찰이라고 볼 수 있다.

3-4 TUI 시스템 개발 모델링 연구 방향

모델은 필연적으로 그것이 표현하고자 하는 것의 근사치이며, 실제 객체의 대체 혹은 상징으로 사용되어진다. 한편 모델은 새로운 객체의 디자인과 완성을 청사진 역할을 위한 목적을 가지고 있다. 모델들은 물리적인 형태를 대상으로 한 물리적 모델과 수학적 모델에서부터 그래픽 모델까지는 논리적인 형태에 대한 모델, 개념적인 표현에 대한 모델은 마지막 개념모

7) MHP와 GOMS는 인간의 실제적 행동과 정신적 행동을 예측하는 방법으로 특정 작업에 대한 실행 소요시간, 학습 시간 등을 측정하여 인터페이스를 평가하게 된다.

8) 상호작용 모델링 기법은 인간과 시스템 사이의 상호작용 언어를 문법적인 기호를 이용하여 표현하고 그것을 바탕으로 디자인을 일관성 있게 구축할 수 있다. TAG는 명령어의 전반적인 구조를 찾을 수 있고, 좀 더 상세하게 일관성을 파악할 수 있어 디자인에 대한 수정을 제안할 수 있으나 역시 실행 소요 시간, 학습 시간 등의 정량적인 평가가 어렵다.

9) UML은 소프트웨어 개발을 위한 모델링 기법으로 모든 인간행위와 시스템 작동에 대한 모델링이 가능하다.

델로 분리될 수 있다. TUI 시스템 개발을 위한 모델은 보다 추상적인 개념모델 보다는 보다 구체적인 가시적 결과를 도출할 수 있는 모델이어야 한다. 그러나 시스템 개발 단계를 체계화시키기 위한 모델로 구체적 결과에 대한 모델이 되는 물리적 모델과 수학적 모델은 단계에서 도입하기에는 무리가 있다. 또한 개념적 모델은 시스템 개발에 이용하기에는 너무 추상적이어서 전체 시스템을 관장하기에는 무리가 있다. 기존 모델링 기법은 나름대로의 한계점을 가지고 있으며, 물리적 객체인 텐저블즈를 기본으로 하는 입출력 시스템 개발에 적용하기에는 무리가 있다. TUI 시스템 개발은 시스템을 이루는 각 부분을 개발하고 이러한 각 부분간, 사용자와 시스템 간의 정보 교환에 관한 정의에 대한 계획이 필요하다. 이러한 단계에 적합한 모델은 도식적 모델을 통한 각 부분간의 관계에 대한 계획과 문법적 모델을 통한 상호작용에 대한 계획 방법이 적합하다. 그러므로 앞서 설명한 모델링 기법들을 TUI 시스템 개발을 위해 한계를 극복하기 위해서는 이들을 실제적 인터페이스의 특성에 맞는 새로운 모델링 기법을 재검정 할 필요성이 있으며 이러한 TUI 시스템 개발을 위한 모델링 기법은 방향을 도출하였다. 첫째, 실제적 인터페이스를 구성하는 텐저블즈의 특성을 파악하고 이를 시스템 구성에 반영할 수 있는 가이드라인의 역할을 할 수 있도록 모델링 기법의 개념과 표기 방법에 있어서 기존 모델링 방법들을 수정해야 한다. 둘째, 각각의 모델링 기법은 하나의 공통된 시점으로 대상을 분석하고 표기한다. 그러나 이러한 하나의 관점만으로 대상이 되는 시스템과 시스템에서 일어나게 되는 행위들을 모두 나타내 주는 것은 어렵다. 그러므로 각각의 모델링 기법의 관점을 도입하여 다각적으로 분석할 수 있는 틀이 필요하다. 셋째 시스템 요구 분석을 체계적으로 접근할 수 있어야 한다. 대부분의 모델링 기법들이 분석되어 있는 결과를 표현하거나 평가하는 단계에 활용하도록 되어 있어 새로운 시스템 개발에 있어서 요구사항을 분석하고 정의 하는 단계에 대한 고려가 필요하다. 시스템 개발 과정에서 문제 해결방법론을 도입함으로써 보다 체계적인 설계 프로세스를 이끌어 낸다.

4. 실제적 인터페이스 모델링 언어 개발

4-1 필요성 및 목적

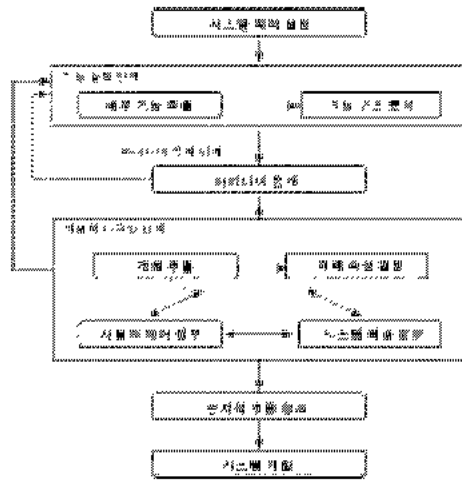
기존 모델링 방법들이 시스템 전체를 모델링 하기 어렵거나 GUI를 기반으로 한 개념 모델이어서 것이어서 TUI 시스템 개발을 위해서 적용하기 어렵다. 특히나 물리적 기능과 개념적 기능을 동시에 수행하게 되는 TUI 시스템은 기존에는 없던 새로운 인터랙션으로 물리적 디지털적 속성을 모두 가지고 있어 모델링 기법이 이러한 복합적인 성격에 대한 고려가 없이는 적용하기가 어렵다. TUI 시스템 개발에 있어서 가장 중요한 것은 어떤 한 컴퓨터의 요소들을 물리적 객체로 표현할 것이며 어떠한 방법으로 제어되며 반응이 있게 될 것인가에 대한 고려가 필요하다는 점이다. GUI 시스템은 팝업 메뉴(pop-up menu), 대화 상자(dialogue box)나 명령어(commands)의를 통한 입력으로 이루어지며, 그 입력 장치로는 키보드, 마우스 등이 사용된다. 따라서 사용자가 조작할 수 있는 구체적인 행위에 대한 단서가 곁에 드러나지 않다.

그러나 TUI 시스템은 물리적인 객체인 텐저블즈가 가시적으로 존재하며 물리적인 표현으로 사용자가 시스템을 이해할 수 있는 정보를 제공하게 된다. 즉 텐저블즈는 컴퓨팅이 자체의 구체화라고 볼 수 있어 이러한 텐저블즈는 단순한 입출력 확장이 아닌 개념의 확장으로서 디자인 되어야 할 것이다. 따라서 본 연구는 텐저블즈의 특성에 맞는 모델링 기법과 그 기법의 활용 방법을 연구 대상으로 하는 것이다. 본 연구에서 제안되는 모델링 기법은 실제적 인터페이스 모델링(Tangible Modeling Language : TML) 기법이라고 한다. 본 연구에서 설정한 모델링 기법의 목적은 크게 4가지이다.

첫째, 텐저블즈를 중심으로 모델링 한다. TUI 시스템은 시스템의 목적에 따라 입출력 장치를 개발하게 되므로 매우 효율적인 시스템을 구성할 수 있다. 그러나 이에 앞서 입출력 장치가 적절하게 디자인 되어야 한다는 전체가 되어야 한다. TUI 시스템을 구성하는 텐저블즈는 다양한 형태가 가능하며 시스템에 따라, 각 기능에 따라 역할이 달라진다. 이러한 목적에 따른 텐저블즈에 대한 이해가 선행되어야 하며 이러한 분석이 시스템 개발에 반영되어야 한다. 그러므로 TML은 텐저블즈의 속성을 파악하고 이를 체계적으로 분석할 수 있는 가이드라인의 역할을 하여야 한다. 둘째, 사용자와 시스템간의 정보 전달을 중심으로 모델링 한다. 즉 사용자가 시스템에 전달하는 액션에 대한 정보와 시스템이 사용자에게 전달하는 피드백 정보, 리액션 정보들이 잘 표현되어 있어야 한다. 사용자와 시스템 간의 정보전달은 인터랙션의 기본을 이루며 사용성을 좌우하는 핵심적인 요소이다. 셋째, 인터페이스와 시스템 내부의 연산 구조를 이해하여 표현할 수 있어야한다. TML은 시스템 개발 과정에서 시스템을 인터페이스를 계획할 수 있는 모델링 언어이다. 그러나 TUISystem은 인터페이스와 연산구조를 모두 고려해 주어야 한다. 이것은 시스템 내부의 연산구조를 파악함으로써 사용자가 시스템에 전달되는 정보들의 관계와 처리 과정을 이해할 수 있고 이것은 출력 결과와의 관계를 이해하는데 역시 필요하다. 넷째, 이런 모델링 기법이 표현 방식을 시각적으로 쉽게 이해할 수 있도록 그래픽 언어의 규칙이 필요하다. GOMS, TAL등은 문법적인 언어적이 표현을 하고 있다. 이러한 언어적 표현은 기술하는데 용이할 수 있으나 간략하게 그래픽적으로 표현된 정보는 이해하는데 있어 문법적 언어보다 빠른 시간 내에 개괄적인 내용을 파악할 수 있으며 의사소통 하는데 있어서도 더욱 편리하다. 이를 위해서는 모델링에 필요한 개념을 시각화 하여 기준을 마련하여 의사소통의 매개체로 활용할 수 있어야 한다.

4-2 TML 과정

TML 진행 과정은 크게 기능 설정 과정, 아이디어 전개 과정, 개념적 디자인 과정으로 구분될 수 있다.



[그림 7] TML 진행과정

기능 설정 과정은 시스템의 기본 기능을 설정하고 이 기본 기능을 수행할 세부적인 기능을 분석하여 이를 계층 구조화 하는 과정이다. 이 과정을 통해서 시스템 기능이 결정되고 전체적인 기능 구조를 쉽게 파악할 수 있다. 분석된 기능을 바탕으로 아이디어 전개 과정은 "무엇을 어떻게 할 것인가"에 대한 것을 결정하는 단계이다. 아이디어 전개 과정에서 새롭게 정의되는 기능들은 다시 기능 설정 과정으로 피드백 되어 기능의 재설정이 이루어지기도 한다. 다음은 개념적 디자인 과정으로 이 단계에서는 시스템의 기능을 구현할 수 있는 행위와 그 행위와 관련된 인터페이스 요소를 결정하고, 시스템 조작을 시각적으로 표현한다. 이 단계가 실질적인 실체적 인터페이스 디자인이 이루어지는 과정이다. 이어서 순차적 흐름 정의 과정은 문법적 모델링 기법을 도입하여 정보의 흐름을 나타내기 위한 단계로 정해진 문법적 규칙에 따라 모델링을 해석할 수 있도록 인터랙션 프로세스를 정의한다.

4-3 TML의 활용

개발된 TML의 활용방법에 대해 실제 시스템에 적용된 사례는 텐저블네이처(Tangible Nature)라고 이름 붙인 시스템이다. 이것은 사용자와 시스템 또는 환경과 시스템 간의 커뮤니케이션의 방법을 위한 TUI 시스템으로 실내 또는 지하와 같은 외부 환경과 단절된 공간에서 계절의 소리를 들려줌으로써 실내에서 자연을 느낄 수 있게 하고자 하는 TUI시스템의 개발을 위한 1차 프로토타입이다.

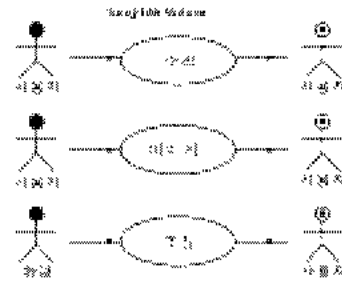
4-3-1 기능설정

텐저블네이처의 요구사항수집 결과는 다음과 같다.

- 사용자가 계절과 밤/낮을 선택하면 각 계절에 맞는 소리를 들을 수 있다.
- 계절과 밤/낮을 선택하면 맞는 이미지를 볼 수 있다.
- 소리의 볼륨을 조절할 수 있다.
- 실외의 햇빛이 밝기를 알 수 있다.

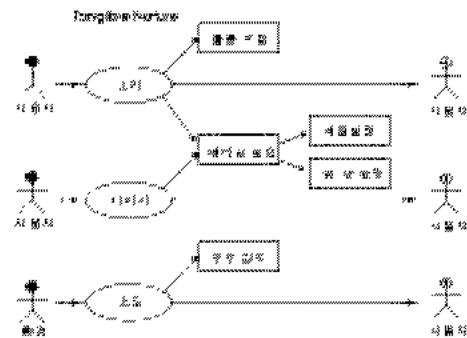
기능은 세 가지로 입력결과에 따라 소리와 이미지를 출력하고 실외의 조도에 대한 정보를 제공하는 3가지 기본기능을 갖고 있다. 소리와 이미지 기능은 사용자의 입력을 받아 다시 사용

자에게 출력한다. 그에 비해 조도는 환경에서 입력을 받아 사용자에게 출력을 한다. [그림 8]은 출력될 결과를 나타낸 다이어그램이다.



[그림 8] 텐저블네이처 기능 다이어그램

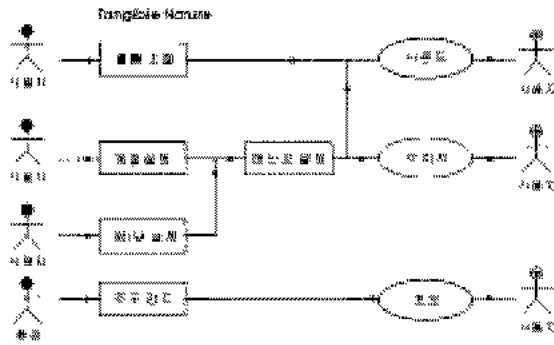
위와 같은 출력 결과 얻기 위해 사용자는 계절 선택하는데 따라 또는 밤낮을 선택하게 된다. 즉 원하는 소리와 이미지에 해당하는 메타포를 선택하면 이에 따라 이미지와 소리가 출력된다. 이와 별도로 소리의 볼륨을 조절할 수 있다. 소리는 출력 결과는 메타포 설정이라는 기능을 포함하고 있으며 다시 메타포 설정은 밤/낮 설정과 계절 설정이라고 하는 두 가지 세부 기능으로 이루어져 있다. 이처럼 주기능을 보다 자세한 기능으로 분석하여 그 포함관계에 대한 구조를 나타내는 기능 추출을 한다.



[그림 9] 텐저블네이처 기능다이어그램: 세부기능 추출

[그림9]는 출력 정보에 포함 되는 기능들의 구조이다. 시스템의 정보 흐름과 기능의 포함 관계를 구분하기 위해서 기능의 포함관계는 선으로 된 머리가 있는 화살표로 나타낸다. 기능 추출 과정을 거쳐 사용자에게 의해 입력이 되어야 하는 기능들을 볼륨 설정, 메타포 설정, 계절 설정, 밤/낮 설정, 조도 감지이다. [그림 10]는 기능 구조 분석 기법을 도입한 텐저블네이처의 기능 구조 다이어그램이다. 출력이 나오기 까지 기능을 순차적으로 배역함으로써 기능의 구조를 나타내게 된다. 사용자가 계절과 밤/낮의 설정하면 그 출력은 메타포 설정으로 입력되고 메타포 설정의 출력 결과는 사운드와 이미지의 최종 결과를 도출하게 된다. 그러므로 메타포 설정은 행위에 의한 입력이 아닌 하위기능의 출력을 입력으로 받아들이게 된다. 그러므로 사용자와의 인터페이스는 생기지 않는다. 사용자와 시스템과의 인터페이스는 사용자에게 의해 제어되어야 할 볼륨 조절, 계절설정, 밤/낮 설정, 조도 감지의 4가지 기능에

대한 입력 장치가 필요하며 시스템 상황을 확인할 수 있는 리액션 정보 디스플레이가 필요하다. 파악된 요구사항을 구체화하기 위해 아이디어 전개 단계로 진행된다.



[그림 10] 텐저블네이처 기능구조 다이어그램

4-3-2 문장완성법 및 아이디어 전개

앞에서 도출된 입력 방법에 대한 고려가 요구되는 기능은 볼륨 조절, 계절 설정, 밤/낮 설정, 조도 감지이다. 인터랙션은 입력 방법에 대한 리액션으로 나누어 볼 수 있다. 즉 사용자가 행위를 취하는 방법과 이에 대한 확인을 할 수 있는 방법에 관해서이다. '계절 설정'을 위한 질문이다.

계절은 _____(해)서 결정한다.

위의 질문에 대한 답을 도출한다.

- 계절은 눈이 오면 결정된다.
- 계절은 푸른색으로 결정된다.
- 계절은 온도로 인해서 결정된다.
- 계절은 지구의 공전에 의해 결정된다.
- 계절은 별의 위치가 바뀌어 결정된다.

계절이라는 결과의 본질적인 원인은 지구가 공전을 함으로써 결정되는 것이다. 그러므로 지구가 태양의 주위를 도는 메타포를 이용한 인터랙션은 가장 본질적인 자연현상을 메타포로 이용함으로써 사용자의 상식에서 유추할 수 있게 된다.

설정된 계절에 대한 리액션에 대한 질문이다.

계절은 _____(으)로 확인한다.

- 계절은 옷 색깔로 확인한다.
- 계절은 하늘을 보고 확인한다.
- 계절은 냄새로 확인한다.
- 계절은 나무를 보고 확인한다.

계절에 따라 가장 쉽게 느끼는 변화는 주위 환경 등의 색상의 변화이다. 즉 각 계절에 어울리는 색상이 각 계절을 대표할 수 있다. 이와 같은 방법으로 각각의 세부기능의 인터랙션 방법을 결정한다.

[표 3] 텐저블네이처 인터랙션 방법

계절 설정	지구가 태양 주위를 공전한다.	색상을 보고 확인한다.
밤/낮 설정	지구가 자전을 한다.	밝고 어두움을 보고 확인한다.
볼륨 조절	다이얼을 돌린다.	소리를 듣고 확인한다.
조도 확인	밝기가 바뀐다.	빛의 밝기를 보고 확인한다.

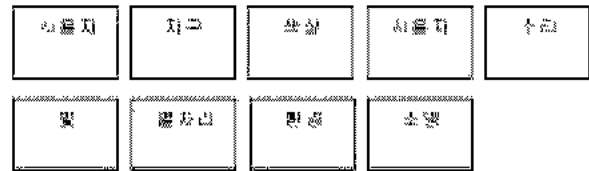
도출된 아이디어를 바탕으로 시스템의 인터랙션에 대한 세부 사항을 결정한다. 세부사항은 하나의 기능을 완성하기 위해 사용자가 시스템에 전달하게 되는 조작/제어 정보와 시스템이 사용자에게 전달하게 되는 시스템 제공 정보로 구분된다.

- 사용자는 지구를 태양의 주위로 돌린다.
- 사용자는 조명 색상이 바뀌는 것을 본다.

첫 번째 문장은 액션에 대한 서술이다. 그리고 두 번째 문장은 리액션에 대한 서술이다. 이 두 문장은 '계절 선택'이라는 하나의 목적을 달성하기 위한 정보의 이동이다. 이러한 언어화 과정은 시스템 모델링을 위한 객체 추출 과정이다. '계절을 선택'하고자 하는 목적은 관념적인 요소이므로 실제 시스템에는 계절이라고 불리우는 객체가 필요하지 않다. 그러므로 정보의 이동만을 서술하여야 한다.

4-3-3 개념적 디자인 전개

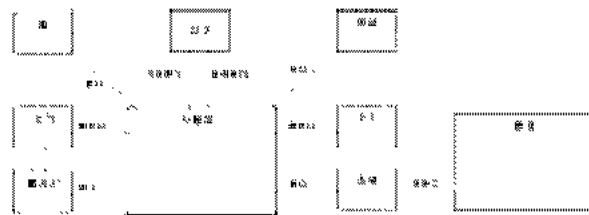
위에 기술된 시스템에 대한 설정을 기반으로 도메인을 분석을 한다. 사용된 명사는 시스템을 설명하는 도메인 클래스¹⁰⁾가 된다.



[그림 11] 텐저블 네이처 도메인 클래스

각 클래스는 행위 주체가 되는 사용자와 환경을 중심으로 연관 관계를 갖게 된다. 여기서 각 도메인의 연관관계는 모두 동일하지가 않다. 사용자 도메인과 지구 도메인의 관계는 사용자가 행위 주체가 되어 지구 도메인을 회전시키게 된다. 한편 사용자 도메인과 색상 도메인과의 관계는 사용자가 행위 주체가 되어 색상을 보는 것이다. 두 가지 예에서 알 수 있듯이 그 관계의 차이는 두 도메인 사이에 일어나는 행동의 차이이다. 이러한 행동은 앞서 서술한 세부 기능의 동사구를 기준으로 레이블을 붙이도록 한다. 사용된 동사와 동사구는 다음과 같다.

자전한다. 공전한다. 바뀐다. 본다. 켜진다/꺼진다. 듣는다. (소리가)켜진다./작아진다. 밝아진다./어두워진다.



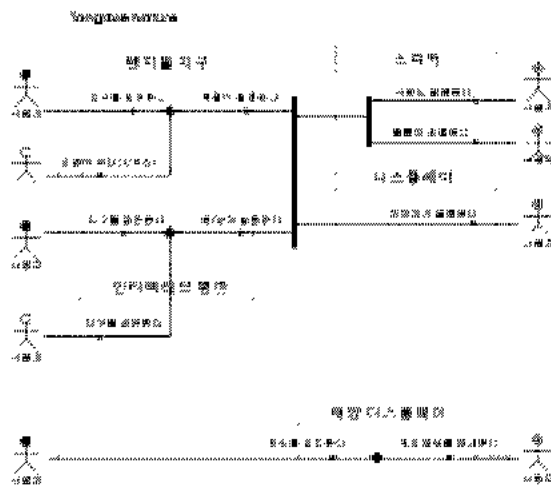
[그림 12] 텐저블네이처 도메인에 대한 레이블링 된 연관관계

10) 같은 특성을 갖는 객체를 표현한 것을 클래스(class)라고 하며, 텐저블즈의 세부 요소 고려를 위한 모델링을 위해 객체 지향설계 기법의 클래스를 도입하였다.

[그림 12]는 레이블링 된 도메인 사이의 연관 관계이다. 이러한 연관 관계를 바탕으로 객체를 추출하고 객체간의 정보의 흐름을 나타낸다. 추출된 객체는 입력 장치의 역할을 하는 물건, 텐저블즈로 분류되는 텐저블 지구, 텐저블 태양, 평면 텐저블즈의 형태인 인터랙티브 평면, 장치 텐저블즈인 스피커, 디스플레이이다.

[표 4] 텐저블 네이처 객체추출

형태	개체	역할
물건 텐저블즈	텐저블 지구 텐저블 태양	입력장치 리액션 장치 출력장치
평면 텐저블즈	인터랙티브 평면	리액션 장치
장치 텐저블즈	스피커 디스플레이	출력장치 출력장치



[그림 13]텐저블 네이처 객체 다이어그램

[그림 13]는 텐저블네이처의 객체 다이어그램으로 TML의 최종 단계인 정보 다이어그램을 그리기 위한 객체간의 정보 흐름을 정의하기 위한 것이다. 객체 사이의 정보 이동은 화살표 위에 <명사+동사>의 문장으로 서술한다. 정보는 사용자의 액션, 시스템 리액션, 시스템 피드백으로 구분되어지며 이에 따라 행위자 기호를 사용한다. 입력된 정보를 처리하고 다음 단계로 출력되어짐을 나타내는 기호인 연산 기호로서 마름모를 사용하고 두 개 이상의 정보가 합쳐지는 경우와 하나의 정보가 두 개 이상의 결과로 분할되는 경우 동시 경로 기호로 표기된다. 지구의 공전과 자전 정보가 모여 메타포가 설정되고 스피커와 디스플레이를 통해 소리와 이미지가 출력되며, 환경의 조도에 따라 태양 디스플레이에 빛의 밝기로 표현된다.

5. 프로토타입 개발

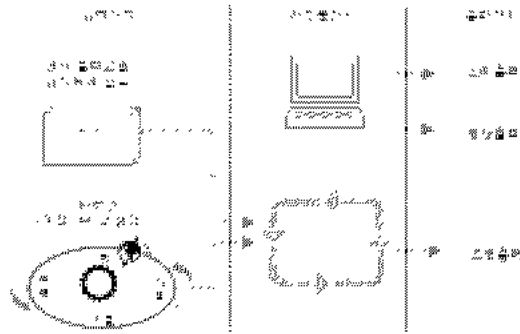
5-1 개발 개요

텐저블네이처는 도심 속의 건물 속에서 변화하는 자연을 느낄 수 있는 환경 조성을 목적으로 한다. 자연을 느낄 수 있는 채널을 환경 미디어에서 모색하였는데 빛, 소리, 공기의 흐름

등 인간의 주변감각을 자극하는 다양한 양식이 있으나 현재 구현과 제어가 가능한 소리와 빛을 중심으로 피드백을 받을 수 있도록 하였다.

5-2 시스템 구성

시스템은 크게 기계적인 작동을 측정하기 위한 센서 부분과 이것을 계산하여 처리하기 위한 회로부분, 신호를 받아 출력을 하게 되는 출력부분으로 구성된다.



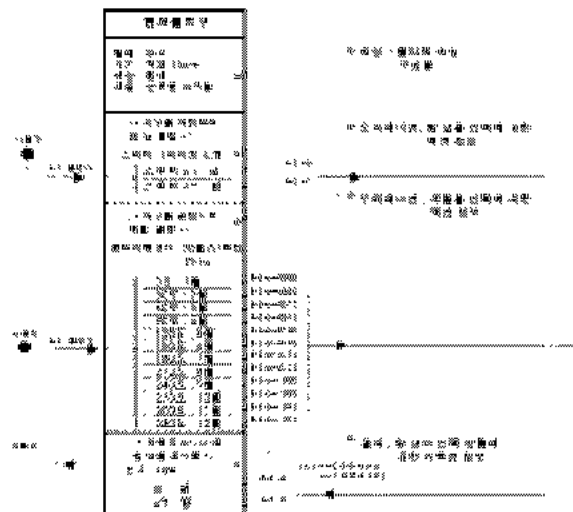
[그림 14] 텐저블네이처 시스템 개념도

5-2-1 입력장치

입력장치는 사용자가 제어하는 수동 조작기와 조도를 감지하는 조도 센서로 구성된다.

[표 5] 입력장치의 종류와 내용

구분	종류	입력대상내용
텐저블즈	수동조작기	지구의 공전/자전으로 밤/낮, 그리고 계절의 변화를 사용자가 수동으로 줄 수 있는 수동조작장치
감지장치	조도센서	실외 환경의 조도 측정



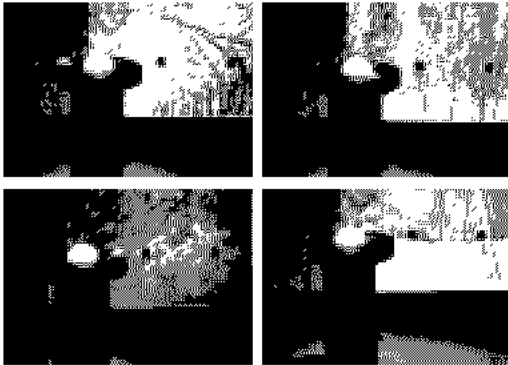
[그림 15] 텐저블 지구 클래스 아이콘 정보

[그림 15]에서 오퍼레이션 부분이 두 개로 나뉘어 있음을 인 수 있다. 즉 텐저블 지구의 공전과 자전 오퍼레이션을 구분하여 보여주고 있으며 A-1의 자전 액션 정보와 A-2의 공전 액션 정보가 병렬적으로 진행된다. 텐저블 지구의 결과 부분은 자전에 따라 결정되는 밤/낮의 시스템 설정 상황에 대한 리

액션으로 지구 내부에 설치되어 있는 조명의 On/Off가 제어됨을 보여주고 있다.

5-2-2 출력장치

출력 정보 양식은 시각 정보와 청각 정보로 구성된다. 사용자 입력 정보에 대한 피드백으로 동물/새/곤충 등의 자연의 소리와 각 계절의 별자리가 보여지고, 사용자 행동에 대한 리액션으로 불빛 등으로 정보를 전달한다. 조도 센서의 측정값은 전압값으로 바꾸어 사용자에게는 최종적으로 빛의 조도로 전달한다.



[그림 16] 텐저블 지구와 계절별 디스플레이 이미지

[표 6] 출력장치의 종류와 내용

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

5-2-3 컨트롤 장치

컨트롤 장치는 입력정보를 인지하고 이에 맞는 결과를 출력하기 위한 계산 과정을 구성하는 장치들로 센서를 통해 측정된 아날로그 값을 디지털 값으로 바꾸어 연산을 하고 다시 아날로그 값으로 바꾸어 출력을 제어하는 역할을 하게 된다. 서버는 프로세서에서 수신된 소스를 바탕으로 연산 및 명령어를 처리하여 사운드와 시각 정보를 출력한다. PC와 MCU간의 인터페이스는 시리얼을 통해 송/수신 된다.

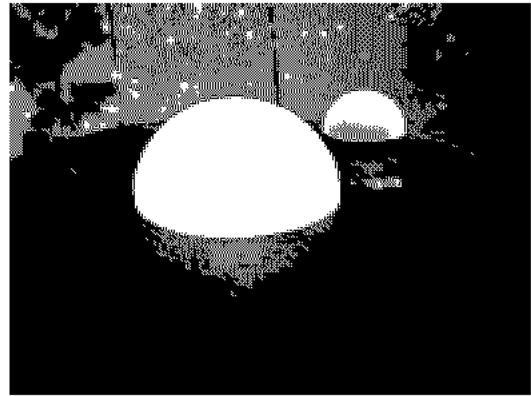
[표 7] 컨트롤 장치의 종류와 내용

구분	종류	제어대상 내용
프로세서	MCU	입력 데이터 분석을 통한 연산으로 출력을 제어
서버	CPU	1년에 대한 계절의 데이터와 자료를 DB로 구성, 계절에 상응하는 Sound 소스의 출력을 MCU에서 수신된 데이터를 바탕으로 연산 및 명령어 처리
프로세서와 서버간의 인터페이스	시리얼	PC와 MCU간에 데이터를 송/수신한다

5-3 개발 결과

텐저블네이처는 실제적 인터페이스의 환경미디어 분야의 시도로 원거리에서 정보를 환경미디어 적인 채널을 통해 인식

할 수 있는 연구의 시도로써, 개발 결과 아래의 [그림 19]와 같이 사용자의 입력정보에 따라 화면상의 디스플레이를 보여 주게 된다.



[그림 17] 텐저블네이처

6. 결론

본 연구에서 개발한 TUI 시스템 개발을 위한 모델링 언어 (TML)는 인간의 시각과 청각, 촉각 능력을 컴퓨팅에 이용할 수 있도록 실제적 인터페이스 특성을 적용하여 개발되었으며, 그 사례로 개발된 텐저블네이처는 오랜 경험으로 자연스럽게 익숙해진 인간과 자연간의 의사소통의 방법을 컴퓨팅에 이용해보고자 하는 것으로 계절과 밤/낮의 변화라는 메타포를 기반으로 디자인된 것이다. 본 연구에서는 텐저블즈의 물리적 속성과 제어장치로서의 역할 또한 가변적인 디지털적인 속성을 통합적으로 고려할 수 있도록 객체 지향의 모델링 방법의 클래스 도입하여, 텐저블즈를 속성, 오퍼레이션, 결과로 구분되어 정의함으로써 텐저블즈의 물리적, 디지털적 속성을 다각적으로 고려할 수 있었다. 또한 사용자와 시스템 간의 인터랙션을 정보의 흐름으로 보고 인터랙션이 액션, 리액션, 피드백으로 분리되어 이루어지는 정보의 흐름을 문법적으로 정의할 수 있게 함으로써 각 정보의 흐름을 명확히 할 수 있도록 함으로써 간과하기 쉬운 리액션 과정에 대한 부분을 강조하였고 병렬적으로 진행되는 실제적 인터랙션의 각 객체들 간의 정보이동을 나타내 줌으로써 인터랙션의 동적 특성을 표현해 줄 수 있는 기준을 마련할 수 있었다.

참고문헌

- 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
- D. Norman, The Design of Everyday Things, Doubleday New York, 1988
- 이태일, 촉각적 사용자 상호작용을 이용한 별자리 교육 시스템 개발 연구, CHI 2001
- W.H. Cushman and J. Rosenberg, Human Factors in Product design : Advances in Humn Factors/Ergonomics, Vol14, Elsevier science Publishers B.V. New York, 1991
- R.E.Eberts, User Interface Design, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1994