

---

# 클로브스: 과학 탐구 학습을 위한 가상환경 저작도구

조용주\*

## CLOVES: a Virtual World Builder for Constructing Virtual Environments for Science Inquiry Learning

Yong-joo Cho\*

### 요 약

이 논문은 클로브스라는 가상 환경 저작도구를 개발하게 된 동기, 시스템 구조, 그리고 사례 연구를 보여주고 있다. 클로브스는 어린 아이들의 과학적 탐구 능력을 키워주기 위해 측정할 데이터가 많은 가상 환경을 쉽고 빠르게 만들 수 있도록 지원해주는 저작도구이다. 클로브스는 다양한 프로그래밍 능력을 가지고 있는 사용자들을 위해 세 가지 단계의 (비주얼 인터페이스, 스크립팅, 그리고 저수준의 프로그래밍 인터페이스) 개발 기법을 제공한다. 클로브스는 또한 교육자와 삼차원 모델링 디자이너, 그리고 프로그래머를 연결해주는 협업 도구로 사용할 수 있도록 디자인되었다. 클로브스의 가능성과 효능을 확인하기 위한 사례 연구가 진행되었다. 그 연구 결과는 가상환경 개발하는 과정에서 선생님 과 프로그래머를 포함한 모든 디자이너들의 적극적인 참여를 보여주고 있다.

### ABSTRACT

This paper presents the motivation, design, and a preliminary evaluation of a virtual world builder, CLOVES. CLOVES is designed to support rapid construction of data-rich virtual environments and instruments for young children's science inquiry learning. It provides a three-tiered programming interface: a visual design environment, scripting layer, and low-level application programming interface targeting for multiple levels of programming expertise. It is also intended to be a collaborative medium among interdisciplinary domain experts such as educators, 3D modelers and software developers. A preliminary case study was conducted to evaluate the capabilities and effectiveness of CLOVES. The results showed that designers actively participated in decision making at every stage of the design process and shared knowledge among one another.

### 키워드

가상현실, 가상환경, 저작도구, 인터랙티브 학습 환경

## 1. 서 론

가상현실은 자연 환경에서 학생들이 흔히 접할 수 없는 부분을 만들어 줄 수 있고, 또 복잡한 환경을 학생들의 수준에 맞게 조정해줄 수 있어 효율적인 교육 환경을 구축하는데 유용하다. 예를 들어, 화성에 생물체가 살 수 있는 지, 바다의 얕은 곳과 깊은 곳에서 접할 수 있는 해양 식물이나 생물에 차이가 있는 지, 혹은 꿀벌들이 꿀이 있는 꽃을 알려주기 위해 대화하는 방법 등을 배우려고 할 때 가장 좋은 방법은 학생들이 직접 탐구하며 체험해서 학습하는 것일 것이다. 하지만 이를 위해 학생들을 화성이나 깊은 바다 혹은 꿀벌의 세계로 보내는 것은 어려운 일이다. 그래서 학생들은 주로 책이나 미디어를 통해 이를 간접적으로 체험하고 학습한다. 자연환경에는 이렇게 직접 체험을 할 수 없는 경우가 있다는 점 외에도 제어성이라는 문제가 있다. 가령 학생들이 칠판지의 공격적인 행태를 관찰하기 위해 동물원으로 방문했을 때 항상 칠판지의 공격성을 볼 수 있는 것은 아니다. 즉 선생님들은 단지 방문했을 때 그런 일이 일어나기를 바랄 수 있을 뿐이지, 실제로 그런 현상이 나타나도록 고릴라를 통제할 수 있는 능력은 없다.

가상현실은 이런 접근성과 제어성에 한계를 가지고 있는 자연 환경을 보완해 줄 수 있는 교육환경 구축에 효과적이다. 우선 가상현실은 현실에서는 어려운 상황이나 장소를 일인칭 시점에서 보고 체험할 수 있도록 도와준다. 또 일반 자연 환경과는 달리 학습자가 원하는 것을 보여줄 수 있도록 쉽게 조정이 가능하다는 장점도 있다. 이런 이유로 다양한 가상현실 환경이 만들어져 활용되어 왔다 [1, 2, 3, 4].

교육용 가상현실 환경을 사용한 몇 가지 사례 연구들은 가상현실을 사용했을 때의 학습 효과가 일반적인 교실에서 수업하는 형태보다 동등하거나 혹은 더 나은 교육 효과를 보여주었다고 밝히고 있다. 그러나 이러한 가능성에도 불구하고 학생들이 학습 매체로 가상현실을 사용하기에는 아직 어려움이 많다. 특히 가상현실 장비의 높은 가격과 유지비, 그리고 사용의 어려움은 가상현실로 만들어진 교육 환경들이 학교에서 널리 사용되어지는데 걸림돌이 되었다. 하지만 현재 기술의 발전 속도를 보아 가상현실 장비 가격이 학교 예산 범위 안으로 떨어지고 또 교사들이 그런 시스템들을 쉽게 사용하는 것이 가능해지는 때를 예견하는 것이 그리 어

렵지 않다.

사실 가상현실 시스템이 교육용 환경 개발에 사용되기 어려운 이유에서 더 큰 문제는 과학 학습을 지원하는 가상환경의 개발이 어렵고 오래 걸린다는 점이다. 예를 들면, "지구는 둥글다" [3]라는 교육용 가상현실 응용프로그램은 C++와 SGI의 Performer 등 저수준의 그래픽 라이브러리를 사용해서 프로그래밍을 하다 보니 개발하는 데 약 1년 정도의 시간이 소요되었다. 하지만 최근에는 많은 저작도구들이 소개되어 가상현실 환경을 좀 더 수월하게 개발할 수 있게 되었다. 일례로 Ygdrasil [5]같은 시스템은 저수준의 프로그래밍보다는 좀 더 고차원 언어인 스크립팅을 통해서 가상현실 환경 개발을 도와준다. 또 "지구는 둥글다"와 비슷한 난이도의 가상환경인 "가상필드"는 Ygdrasil을 사용해 훨씬 짧은 기간에 만들어지기도 했다.

추가로 일반적인 교육용 가상환경을 개발하고자 하면 학습자에 대한 이해가 선행되어야 한다. 또 학습 환경에 필요한 요소를 분석하고, 무엇을 어떻게 교육을 시킬 것인지 생각해보는 과정이 중요하다. 따라서 학습자들에 대해서 잘 아는 교육자들이 개발과정에 참여하는 것은 절실히 필요하다. 그러나 이런 교육용 가상환경 개발에서 직면했던 가장 어려웠던 문제점은 일반적으로 프로그래밍이나 가상현실 시스템에 대해서 잘 모르는 교육자들을 가상현실 환경 개발에 참여하도록 유도하는 것이었다. 특히 가상현실 시스템을 이해해야 할 뿐만 아니라, C나 C++언어를 사용하는 프로그래밍 기법이 필수적이고 추가로 저수준의 그래픽 알고리즘에 대한 지식이 필요한 경우가 많았기 때문에 설계의 대부분이 소프트웨어 개발자들에 의해 주도되었다. 이는 곧 개발에 필요한 특수 용어와 과정을 이해하는 데에 충분한 지식을 가지고 있지 않은 교육자들을 더욱 소외시키는 원인이 되었다.

그래서 무엇보다도 교육용 가상환경을 구축하는데 꼭 참여해야 할 교육 전문가가 전체적인 개발 과정을 이해하고 또 협조적으로 개발 작업에 참여할 수 있도록 도와줄 수 있는 교육용 가상현실 저작도구 개발이 필요했다. 본 논문에서는 새로운 저작도구인 클로브스 (CLOVES: Construction of Layer Oriented Virtual Environments for Science inquiry learning)의 개발 동기, 설계 및 구조를 설명한다. 또 이 도구를 이용해 초등학교 선생님과 컴퓨터 과학 전공 대학원생이 간단한 교육용 가상환경을 만들어보는 사용자 평가 결과를 토론했다.

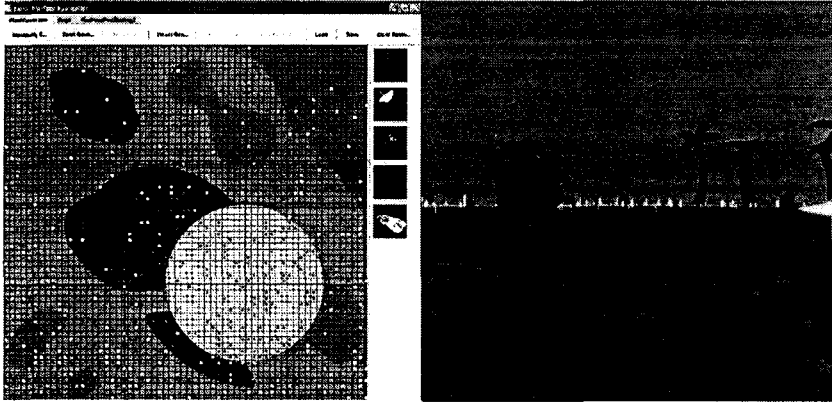


그림 1. (가) 가상필드에서 꽃, 흙의 수분, 염도, 그리고 꿀벌과 꽃의 색의 관계  
 (나) (가)를 가상현실 시스템에서 사용자가 보게 되는 3차원적인 모습  
 Fig. 1 (a) The simulation model of flowers, moisture, salinity, bees, and the  
 color of flower (b) The 3D virtual Field of the simulation model shown in (a)

## II. 클로브스, 가상환경 저작도구

### 2.1 과학적 탐구 학습을 위한 가상환경

일반적으로 가상현실 저작도구를 이용해서 만들 수 있는 가상환경은 아무래도 C나 C++ 같은 프로그래밍 언어와 3차원 그래픽 라이브러리, 가상현실 라이브러리를 사용하여 개발하는 경우에 비하면 제한적일 수밖에 없다. 클로브스 역시 일반적이고 다양한 가상환경 개발보다는 특정 학습 목표를 지원하는 제한적인 가상환경 구축을 도와주려고 한다.

클로브스가 지원하는 교육 가상환경은 어린 학생들이 주어진 환경을 관찰하고 가설을 세우며 검증하는 과학적 탐구 능력을 키워주는 것을 목적으로 하고 있다. 따라서 학생들은 주로 특별한 가설을 바탕으로 만들어진 시뮬레이션 환경에 들어가서 그 환경에 위치한 가상 개체들과 환경 자체의 속성 등을 관찰하고 자료를 수집한다. 그렇게 수집된 자료를 바탕으로 시뮬레이션 환경에서 보이는 가설을 유추해보고 확인하는 과정을 거치게 된다.

### 2.2 가상필드의 시뮬레이션 환경, MyField

가상필드는 자연적인 야외 공간을 가상현실로 재현해 여러 가지 시뮬레이션 환경을 보여줄 수 있도록 디자인된 가상현실 공간이다. 가상필드에서는 상당히 넓은 전체 공간을 9개의 정사각형 모양의 작업 영역으로 세분화해 사용자가 좀 더 효율적으로 일을 할 수 있도록 만들어졌다. 특히 각 작업 영역들은 높고 하얀 울타리에 에워싸여 있어 사용자가 어디서나 자신들의 작업 영역을 확인하

고 벗어나지 않도록 만들었다. 가상필드에서는 이렇게 만들어진 기본 환경에 꽃과 식물 같은 정적인 개체와 움직이는 동물 등을 (가상현실 환경의 디자이너가 원하는 데로) 자유롭게 가상필드용 비주얼 저작도구를 이용해 배치시킬 수 있다. 이렇게 가상필드는 다양한 형태의 환경을 쉽게 꾸밀 수 있도록 설계되어 여러 가지 자연 현상을 쉽게 구현할 수 있도록 만들었고 따라서 다양한 교안을 개발하는데 적용될 수 있다.

그림 1은 MyField라는 연구에서 사용되었던 시뮬레이션 환경을 보여준다. 이 연구에서는 가상필드라는 가상환경에서 6학년 학생들로 하여금 각 섹션을 돌아다니면서 식물과 꽃이 자라나는 땅의 염도나 습도, 또 꿀을 채취하는 벌과 특정 꽃들의 수분 관계를 배울 수 있도록 설계되었다 [6]. 이 시뮬레이션 환경은 아래의 몇 가지 가설에 기초해서 만들어졌다.

1. 가상필드의 흙에 있는 염도는 아래쪽에서 위쪽으로 (남쪽에서 북쪽으로) 가면서 더 높아진다.
2. 가상필드의 흙에 존재하는 수분은 왼쪽에서 오른쪽으로 (서쪽에서 동쪽으로) 가면서 더 높아진다.
3. 가상필드의 꽃들은 수분이 많고 적음에는 아무런 영향을 받지 않지만, 염도가 높은 곳보다는 낮은 곳에서 좀 더 많은 꽃을 발견할 수 있다.
4. 그림 1의 (가)에서 보이는 노란색 원의 중앙에는 벌집이 놓여 있다. 그리고 그 벌집에 있

는 벌들은 주위 반경 200미터 지역에 있는 꽃의 수분을 도와준다. 단 벌들은 흰색보다는 빨간색에 더 민감하게 반응하여 벌이 존재하는 반경이내에서는 빨간색 꽃의 수분이 더 활발하게 일어나게 된다.

그림 1의 (가)는 위와 같은 가설을 바탕으로 만들어진 가상환경을 위에서 아래로 내려다보는 평면도로 보여주고 있다. 그림에서 빨간색 그리고 흰색 점은 각각 빨간색 그리고 흰색 꽃을 의미한다. 이 그림에서는 염도가 낮은 남쪽에서부터 염도가 점점 높아지는 북쪽으로 가면서 꽃의 개수가 줄어드는 것을 볼 수 있다. 또 벌집 주변의 반경 200미터 이내를 보면 빨간색 꽃이 압도적으로 많은 것을 알 수 있다. 그림 1의 (나)는 가상필드를 3차원으로 재현한 모습을 보여준다.

학생들은 먼저 이 가상필드를 돌아다니며 그 안에 존재하는 꽃들의 위치와 종류들을 최대한 빠르게 파악해야 한다. 이 과정에서 학생들에게 가상환경에서 사용 가능한 사용자 위치 추적기 (Real-time Simulated GPS)나 사용자들이 지나갔던 곳들을 보여주는 경로 추적기 (Real-time Trace-view)를 제공해 학생들의 표본 검출 작업을 보조해주도록 했다. 이렇게 자료를 수집한 후 학생들은 다른 자료 분석 프로그램을 이용해 그림 1의 (가)와 비슷한 모습을 살펴보게 된다. 그리고 학생들은 왜 가상필드의 북쪽보다 남쪽에서 좀 더 많은 양의 꽃들이 발견되었는지 왜 특정 지역을 중심으로 흰색보다 빨간색 꽃이 더 많은 지에 대해서 토론하고 연구한다. 이 때 선생님은 꽃의 생사가 염도나 수분에 의해서 영향을 받을 수 있음을 주지시키고 벌의 습성에 대해서 설명 해줄 수 있다. 설명 후 학생들은 자신들만의 가설을 세우게 되고 가상환경에서 수분과 염도 등을 측정할 수 있는 가상 계측기를 이용해 다시 가상필드로 가서 자료를 수집하고 관찰하며 자신들이 세운 가설이 맞는 지 확인하는 작업을 한다.

### 2.3 클로브스의 기능

가상필드는 클로브스를 이용해 만들 수 있는 교육용 가상현실 환경의 전형적인 예를 보여주고 있다. 우선 클로브스는 다양한 가상현실 시스템을 이용해 학생들에게 과학적 탐구 능력을 키워주도록 디자인된 3차원 가상환경을 만들 수 있도록 지원한다. 클로브스에서는 내부적으로 그래픽을 잘 모르는 일반 개발자들도 쉽게 가상환경을 만들 수 있도록 도와주는 Ygdrasil (Yg)이라는 가상현실 스크립팅 시스템을 사용하고 있다. Yg는 C++와 CAVELib 가상현실 라이브러리 [7]와 SGI사의

Performer 그래픽 라이브러리 [8] 그리고 협업 가상현실 환경을 만들기위해 만들어진 CAVERN soft G2 네트워크 라이브러리 [9]를 사용해 만들어졌다. 클로브스는 시각적이고 추상적으로 만들어놓은 시뮬레이션 가상환경을 Yg 스크립트로 만들어내기 때문에 HMD (Head Mounted Display)와 같은 개인용 가상현실 시스템부터 여러 사람이 같이 가상환경을 체험할 수 있도록 해주는 CAVE@ 시스템에 이르기까지 다양한 종류의 가상현실 시스템을 지원하는 가상환경 개발이 가능하다.

클로브스는 넓은 지역에 가상 개체가 많이 분포되어 있는 가상환경 개발을 쉽게 만들 수 있도록 디자인되었다. 클로브스가 주로 지원하고자 하는 가상현실 학습 환경은 앞에서 설명했던 가상필드 처럼 학생들이 주로 넓은 가상환경 공간을 다니며 자료를 수집하고 그 안에서 나타나는 현상에 대한 가설을 세우고 검증하는 것을 지원하는 환경이다. 그래서 클로브스에서는 학생들이 오랫동안 다니면서 볼 수 있는 큰 공간을 만들 수 있도록 해줘야 하고 또 학생들로 하여금 충분한 관찰을 통해 특정 시뮬레이션 현상을 발견해 낼 수 있도록 많은 가상 개체들이 가상환경에 배치되어야 한다. 예를 들어 마이필드 연구 [6]의 경우에는 사방 약 1킬로미터의 공간에 700여개의 꽃들이 분포되어 있었다.

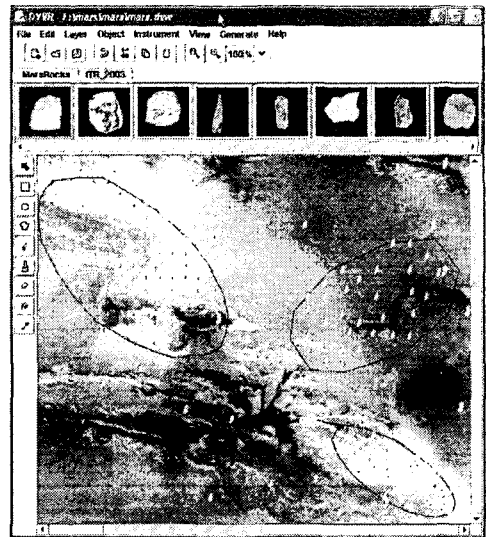


그림 2. 클로브스의 시각적 인터페이스  
Fig. 2 Visual Interface of CLOVES

그런데 이렇게 많은 양의 가상 개체들을 가상환

경에 특정 시물레이션 결과에 맞춰 보여주려 분포 시키는 것은 일반 가상현실 저작도구들을 이용해서서는 어려운 일이다. 특히 3차원 환경에 가상 개체를 직접 조작용을 통해 넣도록 지원하는 Alice[10] 같은 시스템에서는 700여개의 개체를 넣으려면 꽤 많은 시간과 노력이 요구된다.

클로브스에서 이렇게 많은 가상 개체를 쉽게 가상 환경에 분포시키기 위해 사용되는 방법은 크게 프로그래밍을 잘 모르는 사용자를 위한 비주얼 인터페이스와 조금 더 프로그래밍을 이해하고 있는 초보 프로그래머를 위한 스크립팅 인터페이스를 지원한다. 비프로그래머들은 그림 2와 같은 클로브스의 2차원 비주얼 인터페이스를 이용해 가상 개체를 직접 가상공간에 배치하는 작업을 할 수 있다. 즉 사용자는 먼저 클로브스의 비주얼 인터페이스의 윗부분에 있는 "개체 템플릿 팔레트"에서 자신이 원하는 개체의 템플릿을 선택한다. 그리고 2차원으로 가상환경의 평면도를 보여주는 "캔버스"에서 원하는 위치에 마우스 버튼을 클릭하면 현재 선택된 개체의 새로운 인스턴스를 지정한 위치에 놓을 수 있다. 이 방법은 그림 1의 (가)와 같은 시물레이션 결과를 사용자가 직접 배치할 수 있도록 만들어 쉽게 사용할 수 있을 뿐만 아니라 또 2차원적 인터페이스를 사용하여 사용자들로 하여금 빠른 속도로 수백 개 혹은 수천 개의 개체를 배포하는 것을 가능토록 했다.

추가로 클로브스는 규칙 기반 스크립팅 언어를 제공하여 시물레이션을 프로그래밍해서 가상 개체들을 자동으로 배치시킬 수 있는 방법도 지원한다. 사용자는 간단한 규칙 기반 스크립팅 언어를 사용해 시물레이션 환경을 구축할 수 있다. 그리고 후에 만들어진 시물레이션을 실행시킨 후 결과로 남은 가상 개체들을 가상 환경에 분포시킬 수 있다.

또한 클로브스는 계측 가능한 속성들을 포함한 가상환경 개발을 지원한다. 즉 클로브스에서는 가상 개체나 환경에 특정 속성을 넣을 수 있도록 해주고 또 가상 계측기를 이용해 그런 속성들을 측정할 수 있도록 만드는 것을 지원한다. 이는 주어진 가상현실 환경에서 학생들은 주어진 속성들을 측정하고 그 수집한 자료의 결과를 가지고 그들이 관찰한 시물레이션 현상의 원인에 대해서 유추할 수 있도록 하기 위해서이다. 예를 들어 마이필드 연구에서 가상환경의 지표는 수분과 염도 등을 포함하고 있으며 이런 속성들은 결국 학생들이 그들이 관찰한 현상의 원인을 유추할 수 있도록 도와주는 단서를 제공해준다.

또 클로브스에서 개발자들은 가상환경의 개체 템플릿에 특정 속성과 값을 설정해줄 수 있고 그런

속성들은 새로운 개체가 만들어져 가상환경에 배치될 때 그 개체의 속성으로 들어가게 된다. 일단 만들어진 개체의 속성은 그래픽 인터페이스나 규칙 기반 스크립팅을 통해 그 값을 바꿀 수 있다. 또한 속성을 상수 값이 아니라 프로그램으로도 표현할 수 있다. 가령 마이필드에서는 일단 가상환경의 지면에 수분과 염도라는 속성이 들어가게 되고 그 속성 값을 개체가 놓여 있는 위치에 따라 달라질 수 있도록 만들었다. 그래서 그 위치에 따라 염도가 높아질 수 있고 이는 곧 꽃의 개수에 영향을 미치게 되는 것이다. 또 다른 예는, 바다 속의 수압이란 속성은 바다의 깊이라는 속성에 의해서 수학적으로 계산하는 것이 가능하다.

클로브스는 앞에서 설명한 것 같이 2차원적 작업 공간을 이용한다. 이는 3차원을 표현해야 하는 가상환경을 지원하는 가상현실 저작도구에서는 치명적인 결함이 될 수 있다. 이를 보완하여 3차원적인 환경을 만드는 것을 지원하기 위해 클로브스는

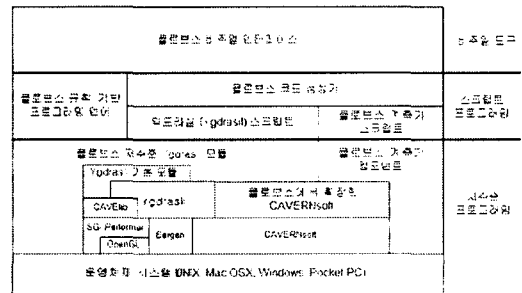


그림 3. 클로브스의 시스템 구조  
Fig. 3 System Architecture of CLOVES

3차원적 세계 (특히 깊이)를 만들 수 있도록 층(layer)을 이용한다. 클로브스에서 층은 특정 높이를 가진 블록의 형태를 갖고 각 층은 다른 개체나 속성들을 가질 수 있도록 설계되었다. 따라서 만약 개발자가 얇은 바다와 깊은 바다에 대해서 관찰할 수 있는 가상환경을 꾸민다면 산호초 등이 존재하는 얇은 지역이 한 개의 층을 이루고 심해 지역은 또 다른 층을 이용해 만들 수 있다. 물론 층을 이용해 모든 종류의 3차원 가상환경을 구축할 수 있는 것은 아니다. 하지만 클로브스에서는 프로그래밍을 잘 모르는 비프로그래머들도 쉽게 만들 수 있도록 하기 위해 만들 수 있는 3차원 가상환경을 제한하는 방법을 채택했다.

클로브스는 가상환경 디자인 과정의 초기 단계부터 교육자들의 참여를 적극적으로 지원한다. 클로브스에서 지원하는 2차원 형태의 비주얼 인터페이스는 프로그래밍을 잘 모르는 디자이너들도 전

반편적인 구성을 잘 이해하고 그 개발 과정에 적극적으로 참여할 수 있도록 도와준다. 가상현실 시스템을 잘 모르는 프로그래머들도 역시 클로브스의 스크립트 언어를 사용해 시물레이션을 만들어 가상 개체 배포를 자동화할 수 있다. 또한 클로브스는 전체적인 개발 과정과 가상환경 개발의 각 단계마다 디자인의 결정을 잘 보여줌으로써 다양한 전문가들 (특히 교육자와 프로그래머 및 모델 제작자) 간의 협조적인 디자인의 매체로 사용될 수 있도록 만들어졌다.

### 2.3 클로브스의 시스템 구조

클로브스의 시스템은 그림 3에서 보이는 것처럼 크게 세단계로 구성되어 있다. 가장 위에 위치한 비주얼 인터페이스는 주로 일반 선생님들이나 프로그래밍을 전혀 모르는 사람들이 사용할 수 있고

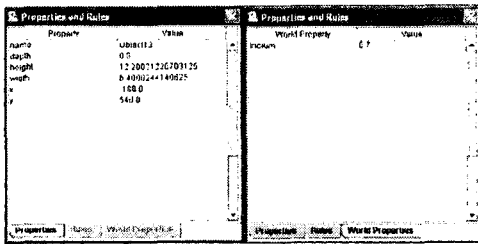


그림 4. (가) 개체의 속성들과 가상환경의 속성 (나), 그리고 각 속성의 값을 보여주고 있다

Fig. 4 (a) The properties of virtual environment and objects (b) The values of the properties

록 만들어졌다. 클로브스의 비주얼 인터페이스는 전반적으로 드로잉 (drawing) 프로그램처럼 만들어져 있어 특히 초보 개발자들이 전혀 프로그래밍을 하지 않고도 원하는 위치에 가상 개체를 위치할 수 있도록 설계되어 있다. 이는 사용자가 가상환경을 개발하면서 종이에 스케치하듯이 시각적 인터페이스를 이용해서 그리면 내부적으로 Ygdrasil 스크립트를 이용해 3차원 가상환경을 만들어주는 방법을 사용하고 있다.

비주얼 인터페이스는 그림 4에서 보이는 것처럼 가상 개체의 속성 등을 그래픽 사용자 인터페이스를 이용해 쉽게 정해줄 수 있는 기능을 제공한다. 그리고 이렇게 만들어진 속성이나 값들은 인터페이스에서 Ygdrasil 코드를 만들어낼 때 시물레이션 파일을 만들어 내서 클로브스의 스크립트 엔진을 통해 시물레이션 결과로 보여준다.

중간층은 가상현실 프로그래밍을 해본 적이 없는 개발자들이 교육용 가상현실 환경을 쉽게 구축할 수 있도록 지원해주는 스크립팅 프로그래밍 단계를 보여주고 있다. 가상현실 프로그래밍을 많이 해보진 않았지만 프로그래밍에 대해서 어느 정도 알고 있는 중급 프로그래머들은 클로브스에서 제공하는 규칙 기반 스크립트 언어를 사용해 시물레이션 환경을 쉽게 만들 수 있다. 특히 규칙 기반 스크립트 언어는 수많은 가상 개체들을 가상환경에 분포시키고 속성을 부여하는 데에도 유용하게 사용될 수 있다. 즉 가상환경이나 개체의 특정 속성에 맞춰 개체들을 만들어 배포하고 또 그런 개체들에 알맞은 속성들을 개체마다 부여하는 것을 비주얼 인터페이스에서는 각각의 개체에 대해서 하나 하나 지정해주어야 하는 반면에 스크립트 언어에서는 훨씬 빠르고 간단하게 일괄적으로 배치 처리하는 것이 가능하다.

좀 더 깊이 있는 프로그래밍을 하려는 경우에는 직접 Ygdrasil을 이용해 기능을 추가하거나 가상 인스트루먼트 스크립트 [9]를 이용해 사용자가 가상환경이나 개체들의 속성까지도 계측 가능한 환경을 구축할 수 있도록 도와준다. 클로브스는 궁극적으로 Ygdrasil 스크립트를 만들어낸다. 따라서 프로그래머들은 직접 스크립트 프로그래밍이나 Ygdrasil 모듈을 만들어 붙여 가상환경의 내용을 확장하는 것도 가능하다. 또 가상현실 환경이나 개체의 속성을 파악하거나 사용자가 가상현실 환경에서 좀 더 원활한 인터랙션을 할 수 있도록 도와주기 위한 가상 계측기를 만드는 것 역시 스크립트를 통해 그 기능을 추가하거나 확장하는 것이 가능하다.

마지막으로 제일 하층부는 가상현실 시스템 프로그래밍과 클로브스에 대해서 잘 아는 프로그래머들이 클로브스의 기능들을 좀 더 확장해 중간 단계나 제일 상층부에 있는 디자이너들이 사용할 수 있도록 지원해준다. 따라서 하층부에서는 주로 프로그래머가 다른 디자이너들을 위해 시각적 인터페이스나 스크립트 언어를 확장시키는 데 사용된다. 클로브스의 비주얼 인터페이스와 규칙 기반 언어는 자바와 스윙 (Swing)을 이용해서 만들어졌다. 클로브스의 규칙 기반 언어 역시 자바를 이용해서 만들어졌고 마지막으로 클로브스의 계측기 스크립트와 계측기 컴포넌트 등은 C++와 윈도우즈 (그리고 포켓 PC)의 API를 이용해서 만들었다. 또 Ygdrasil과 CAVERNsoft의 확장 모듈은 C++로 만들어졌다.

### III. 클로브스를 이용한 “화성의 운석” 가상환경 구축

이 새로운 저작도구가 얼마나 유용하게 많은 디자이너들에게 사용될 수 있는지를 확인하기 위해, 클로브스를 이용해서 교육용 가상환경을 구축하는 간단한 실험을 해보았다. 이 실험에는 초등학교 3학년 교사인 베티와 컴퓨터과학과 대학원생인 알만도가 참여했다. 베티는 단순히 전자 우편이나 문서 처리를 위해 컴퓨터를 사용하는 아주 초보적인 컴퓨터 사용자였다. 알만도는 학부에서 화학을 전공으로 공부했고 프로그래밍 실력은 뛰어난 편이 아니었다. 하지만 화학에 관심이 많아 그는 가끔씩 베티의 학생들에게 과학과 관련해 시연을 하기도 했다.

그리고 두 사람은 다른 교육용 가상환경을 사용해 본 적은 있지만 특별히 가상현실을 이용하는 프로그램을 개발한 경험은 없었다. 이들은 베티의 반에 있던 3학년 학생들에게 Bee Dance라는 가상현실 프로그램을 이용해 꿀벌들이 꿀에 들어있는 꽃의 위치를 파악하기 위해 의사소통하는 수단에 대해서 공부시킨 적은 있었다. 하지만 그것은 단순히 이 프로그램을 교육의 목적으로 사용했을 뿐이었지 그 두 사람 모두 가상환경을 실제로 개발한 경험은 없었다.

베티와 알만도는 두 달 동안에 여덟 번을 만나며 클로브스를 사용하여 새로운 가상현실 학습 환경을 개발했으며, 각 회의는 약 60분에서 90분간 지속되었다. 또한 클로브스 개발자도 같이 디자인 과정에 참여해서 클로브스를 사용하는데 도와주는 도우미의 역할과 저수준 프로그래밍 단계에서 스크립트나 클로브스의 비주얼 인터페이스를 개선시켜주는 역할을 담당했다. 각 회의 끝에는 개발자들이 어떤 매체를 사용하였고 그 회의 동안에 달성했던 일이 무엇인지에 대해서 기술하는 설문 조사 실시됐다.

여덟 번의 회의 중, 시작 단계인 처음 세 번의 회의에서는 가상환경을 디자인하는 베티와 알만도에 클로브스를 소개하고 그들에게 사용법을 익히도록 하였다. 또 베티와 알만도는 학생들에게 무엇을 어떻게 지도해야 하는지에 대해 생각하고 교안의 목표를 설정했다. 또 학생들이 가상현실 환경을 중심으로 만들어진 교안에 적극적으로 참여할 수 있도록 스토리 라인을 생각하고 활동 계획을 디자인하였다. 그래서 아래와 같은 스토리 라인 및 계획을 세웠다.

화성에는 생물이 있는가? 과학자들은 생명을 유지하기 위해 물의 존재가 필요하다고 믿는다. 화성에 지하수가 존재하는지를 발견하기 위해 우리는

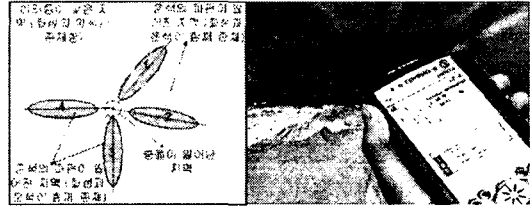


그림 5. (가) 새로 만들어질 가상환경을 스케치한 모습 (나) 이리듬과 같은 암석의 구성 성분을 측정할 수 있도록 만들어진 가상 계측기

Fig. 5 (a) The sketch of the new virtual world (b) A virtual instrument specially designed to measure the properties of rocks, such as iridium

땅을 파기로 결정했다. 대부분 화성의 표면은 너무 단단해서 땅을 파는 것이 어려워서 우선 화성의 아주 연약한 지표층을 가진 부분을 찾으려 했다. 우리가 마침내 생각해낸 부분 중 한 곳은 바로 유성이 이 행성에 부딪친 곳이다. 그러나 불행히도 운석이 화성에 떨어진 것은 아주 오래 전에 일어났고 그 위에 먼지 등이 덮여서 유성이 떨어진 장소를 찾는 것은 어려워 보였다. 하지만 운석이 지표면을 강타하면서 작은 돌의 형태로 부서지고 그 파편들이 주변에 흩어져 있다는 사실을 알아냈다. 그리고 그 운석의 파편들은 일반적으로 화성에 있는 돌보다 이리듐 성분을 더 함유하고 있다는 것도 알아냈다. 또 파편들이 쪼개져 떨어질 때 부딪힌 장소를 중심으로 타원형의 운석선을 만들고 타원형의 가장 먼 거리에 위치한 2개의 점들을 교차하는 선을 그려주면 그 선들이 교차하는 점이 바로 운석이 떨어진 곳이라는 것도 알게 되었다 (그림 5의 (가) 참조).

이렇게 만들어진 교안을 바탕으로 추가로 네 번의 회의를 거치며 개발자들은 클로브스를 사용하여 화성 세계를 만들고 또 화성의 돌이나 운석의 파편에서부터 이리듐 같은 구성 성분의 값을 측정할 수 있는 가상 계측기도 만들었다 (그림 5의 (나) 참조). 이 과정을 통해서 클로브스에서 몇 가지 부족한 점이 발견되었다. 따라서 이 개발 과정에서 발견된 문제점들을 수정하였고 디자이너들이 제시했던 새로운 기능들도 클로브스에 추가하였다.

이미 앞에서 교육 가상환경의 개발에서 실질적으로 주축이 되어야 할 교육자들의 참여도가 많이 떨어진다고 얘기했었다. 이 사용자 평가 실험에서도 베티는 만만찮은 임무에 직면했었다. 그녀는 스스로가 말했던 것처럼 컴퓨터에 익숙하지 않았지만 추가로 가상 개체나 환경의 속성 등 클로브스의 용어를 익혀야만 했다. 베티의 노트와 설문조사의 응답 내용을 보면 그녀가 클로브스와 이 도구의 용어를 알아가는 과정을 자세히 보여주고 있다. 첫 번째 회의에서 베티는 자유롭게 "개체 (object)"라는 용어의 사용을 시작했고, 그녀가 여섯 번째 회의의 노트 마지막쯤에는 "개체를 가상환경에 분포시키기 (populating the world with objects)"라는 용어를 썼고, 또한 그것의 속성들은 디자이너에 의해 정해질 수 있다고 얘기했다. 그녀는 "규칙 기반 언어용 에디터 (rule box)"를 언급하기도 했지만, 이런 규칙들이 임무와 관련하여 어떻게 사용될 수 있는지에 관해서는 명확한 이해를 한 것처럼 보이지는 않았다. 그러나 일곱 번째와 여덟 번째의 회의에서 베티는 상당히 많은 용어 및 개발 과정을 이해하고 있는 모습을 보여주었고 추가로 클로브스를 이용한 가상환경 개발을 이해하는 듯이 보였다. 그녀는 "픽셀 (pixel)", "속성 (properties)", "풀다운 메뉴(pull-down menu)", "개체 크기 바꾸기 (scale [an object])"와 같은 용어를 사용하기 시작했고, 클로브스에서 지원하는 인터랙션 방법, 환경과 개체에 한정되는 속성 등 다양한 개념에 친숙해졌다.

비록 개발 과정에서 베티는 직접 클로브스를 사용하지는 않았고, 알만도에게 클로브스를 사용하여 가상환경 디자인을 하도록 했지만, 그녀 또한 모든 디자인 회의의 결정에 참여하였고 가상 개체의 배치, 개체와 속성을 묶는 바인딩 과정, 규칙을 이용한 가상 개체의 배포 등의 모든 작업들을 아주 잘 이해하고 있었다. 베티는 또한 클로브스를 사용하면서 불거진 물체에 속성을 바인딩 하는 문제에 대해서 해결책을 제시하였다. 이러한 제안은 베티가 디자인 과정에 적극적으로 참여했고 또 잘 이해하고 있었음을 확실히 보여주고 있으며 디자이너들 간에 공통분모를 형성하고 있었음을 보여주고 있다.

이번 사용자 평가 연구는 베티와 알만도의 경험을 통해서 클로브스의 가능성을 보여주었다. 우선 그들의 노력을 통해 클로브스의 기능은 개선되었고 확장되었다. 그리고 이 평가 과정에서 가장 놀라운 결과는 특히 자기 자신이 컴퓨터와는 친하지 않다고 표현하였던 베티가 중반부터는 클로브스에 도입된 개념과 어휘들을 잘 이해하고 개발 과정

에 적극적으로 참여할 수 있었다는 점이다. 특히 그녀가 클로브스의 기술적인 문제에 혁신적인 해결책을 논리 정연하게 제시할 수 있었던 점은 그녀가 가상현실 개발 환경에 대한 새로운 지식을 쉽게 받아들였고 이를 생산적으로 적용할 수 있었다는 점을 보여준다.

#### IV. 결론

본 논문은 교육용 가상환경 저작도구인 클로브스를 만들게 된 동기와 그 설계 구조 그리고 새로운 도구를 사용해 가상환경을 디자인 해보는 사용자 평가 과정에 대해서 기술했다. 클로브스는 프로그래머가 아닌 사람들 특히 프로그램이나 가상현실 기술에 관한 충분한 지식이 없는 사람이라 하더라도 상호작용적인 가상현실 학습 환경의 디자인 과정에 이들의 적극적인 참여를 유도하도록 만들어졌다.

이런 목표를 성취하기 위하여, 클로브스는 2차원적 그림 도구에 바탕을 둔 비주얼 인터페이스를 차용하고 개발의 처음단계에서부터 교육자를 비롯한 비프로그래머들이 개발 과정에 참여할 수 있도록 만들어졌다. 특히 클로브스를 사용한 후의 설문 조사와 노트를 보면 베티 교사와 중급 수준의 프로그래머인 알만도가 클로브스를 통해 그들의 어휘와 지식의 공감대를 이루어가는 모습을 보여주고 있다.

비록 이번 연구의 결과만으로 클로브스가 다른 사용자들에게도 비슷한 효과를 낼 수 있다고 일반화시키는 것은 성급한 결론이겠지만, 클로브스의 비주얼 인터페이스가 교육자들과 다른 디자이너들 간에 지식을 나누고 또 교육자가 가상환경의 디자인 과정에 적극적으로 참여할 수 있도록 도와주었던 점이 간단한 사용자 평가를 통해 밝혀졌다. 특히 베티가 프로그래머 수준의 용어를 표현하고 이해할 수 있었던 점은 아주 주목할 만하다.

추후의 연구에서는 초급 개발자들이 다른 교육적 가상환경을 개발하는 과정에서 클로브스가 어떻게 그들의 이해와 참여를 도와주는지에 관하여 조사하고 전반적인 클로브스의 기능 향상을 추구할 것이다

#### 참고문헌

- [1] D. Bowman, J. Wineman, L. Hodges, and D. Allison, Designing Animal Habitats



- Within an Immersive VE. IEEE Computer Graphics & Applications, vol. 18, no. 5, pp. 9-13, Sep/Oct 1998.
- [2] C. Dede, M. Salzman, and B. Loftin, The Development of a Virtual World for Learning Newtonian Mechanics. In "Multimedia, Hypermedia, and Virtual Reality. Models, Systems, and Applications," P. Brusilovsky, P. Kommers, and N Streitz, Eds., Springer, pp. 87-106., 1996.
- [3] A. Johnson, T. Moher, S. Ohlsson, M. Gillingham, The Round Earth Project: Deep Learning in a Collaborative Virtual World. In Proceedings of IEEE VR. pp. 164-171, 1999.
- [4] C. Youngblut, Educational Uses of Virtual Reality Technology. Technical Report IDA Document D-2128, Institute for Defense Analyses, 1998.
- [5] D. Pape, Composing Networked Virtual Environments, Ph.D. Dissertation, University of Illinois at Chicago, 2001.
- [6] A. Johnson, T. Moher, Y. Cho, D. Edelson, E. Russel, 'Field' work, ACM SIGGRAPH Educators Forum, 2003.
- [7] <http://www.vrco.com/>
- [8] <http://www.sgi.com/software/performer/>
- [9] K. Park, Y. Cho, M. Krishnaparasad, C. Scharver, M. Lewis, J. Leigh, A. Johnson, CAVERNsoft G2: a toolkit for high performance tele-immersive collaboration, In the proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, pp. 8-15, 2000.
- [10] M. J. Conway, Alice: Easy-to-Learn 3D Scripting for Novices. Ph. D. Thesis, University of Virginia, December 1997.

### 저자 소개

#### 조용주(Yong-joo Cho)



1993년 미국 일리노이대학 컴퓨터 과학과 공학사  
1997년 미국 일리노이대학 전기전자 컴퓨터 과학과 공학 석사  
2003년 미국 일리노이대학 컴퓨터 과학과 공학박사  
2004년 ~ 현재 상명대학교 미디어학부 전임강사  
※ 관심분야 : 가상현실, HCI, 인터랙티브 컴퓨팅