

# 과학적 탐구학습을 지원하는 가상현실 시스템 개발에 관한 연구

임재원<sup>†</sup> · 김석환<sup>†</sup> · 조용주<sup>\*\*</sup> · 박경신<sup>\*\*\*</sup>

## 요약

상호작용적인 가상현실 기술은 실제 환경의 제약을 극복할 수 있으며 사용자에게 흥미와 적극적인 참여를 유도하여 과학적 탐구학습에도 적극 활용되고 있다. 그러나 기존 연구에서는 주로 특정 교안에 대한 응용 프로그램의 개발에 중점을 두고 있어서 다른 교안을 위한 탐구학습 가상환경 개발에 쉽게 활용하기 어려웠다. 이에 본 연구에서는 과학적 탐구학습 가상환경의 개발을 도와주는 통합적인 가상현실 시스템 SASILE (System for Augmenting Scientific Inquiry Learning Environments)을 개발하였다. 본 논문에서는 먼저 가상현실을 활용한 과학적 탐구학습 관련 연구를 살펴보고, 제안하는 시스템의 구조와 구현에 대해서 설명한다. 그리고 이 시스템을 이용하여 가상현실 모양성에서 한옥에 나타난 대류현상에 대한 과학적 탐구학습 환경 개발 사례와 가상환경 화성 암석의 성분을 측정하여 운석이 떨어진 곳을 찾는 화성 탐사 개발 사례를 설명한다. 마지막으로 이 시스템의 향후 연구 방향에 대해 논한다.

**키워드** : 과학적 탐구학습 시스템, 가상환경, 가상계기, 과학적 가시화

## The Development of the Virtual Reality System for Augmenting Scientific Inquiry Learning Environments

Jaewon Im<sup>†</sup> · Seokhwan Kim<sup>†</sup> · Yongjoo Cho<sup>\*\*</sup> · Kyoungshin Park<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

The interactive virtual reality technology has used in scientific inquiry learning since it can overcome the restriction of real world and it draws user's interest and foster active participation. However, prior works are mostly designed for a specific inquiry learning lesson and it is quite difficult to use them for constructing other inquiry learning environments. Hence, we developed the integrated virtual reality system, SASILE (System for Augmenting Scientific Inquiry Learning Environments), that helps ease the development of the scientific inquiry learning environment. In this paper, we first describe the related works on supporting VR scientific inquiry learning systems, followed by the SASILE system architecture and implementation. Then, we illustrate the use of this system to develop a Virtual Moyangsung application for teaching a scientific structure of Korean traditional house by exploring and observing the convection currents as well as a Mars Rover application for estimating the asteroid impacts on Mars by measuring rock properties. Finally, we will discuss the future research directions for this system.

**Key Words** : System for Scientific Inquiry Learning, Virtual Environment, Virtual Instrument, Scientific Visualization

## 1. 서론

과학교육에서는 1940년대의 말부터 학습자의 능동적인 참여가 요구되는 탐구 중심의 학습지도를 강조하고 있다. 미국 The National Science Education Standards는 과학적 탐구를 “과학자들이 자연세계를 연구하고 그들의 작업을 통해 증명되는 여러 가지 증거들에 기초하여 설명하는 다양한 방

법”이라고 정의했다 [1]. 그리고 또 과학자들이 자연세계를 연구하는 방법을 이해하는 것처럼 학생들이 여러 활동을 통해 지식을 개발하고 과학적 사고방식을 이해하는 것이 과학적 탐구라고 일컫고 있다.

과학적 탐구학습은 문제의 구성, 가설의 설정, 조사방법의 설계, 실험 수행 및 자료 수집, 가설의 검증, 지식의 통합, 과학에 대한 긍정적인 태도의 개발과 같은 질서 정연한 과정으로 이루어진다. 특히 과학적 탐구학습 과정은 학생들로 하여금 논리적인 틀을 바탕으로 자연현상의 원인을 설명하고 새로운 사실을 예측하는 방법이다. 한국 교육부 7차 자연과학 교육과정에서도 이러한 학생 주도적인 탐구능력과

<sup>†</sup> 준 회원 : 상명대학교 컴퓨터과학과 석사과정  
<sup>\*\*</sup> 종신회원 : 상명대학교 디지털미디어학부 조교수  
<sup>\*\*\*</sup> 종신회원 : 단국대학교 멀티미디어공학전공 전임강사 (교신저자)  
논문접수 : 2007년 11월 13일, 심사완료 : 2008년 2월 11일



(그림 1) IDESK4에서 SASILE 프레임워크를 이용한 모양성 대류현상 탐구학습 실행모습

창의적인 문제 해결력의 신장을 강조하고 있다.

탐구학습은 전통적 학습지도와 여러 면에서 다르다. 전통적 수업에서는 학습을 정보의 소극적 수용으로 가정함에 비해 탐구학습은 학생들이 질문을 만들어내고 그 질문에 대한 답을 찾는 과정 속에서 능동적인 참여를 요구한다. 때문에 학생들 스스로 발견할 수 있는 기회가 많이 주어지는 장점이 있다. 그러나 학생들이 직접 문제를 형성해서 해결하기까지 전반적인 과학적 탐구 과정을 이해하고 있어야 하기 때문에 탐구학습과정을 기술적으로 계획해서 제공해주는 선생님들의 바람직한 학습지도가 필요하다.

가상현실이 실제 환경에서 체험할 수 없는 경험을 제공할 수 있기 때문에, 과학적 탐구 학습을 위한 실험 환경으로 많이 사용되었다. 그러나 가상현실을 이용한 과학적 탐구 학습 지도를 위해서는 실제세계에 존재하는 자연 현상을 정확하게 시뮬레이션으로 정의하고 과학적 탐구 과정에 따라 학습자들을 유도해야 한다. 또 실제 학교에서 가상현실을 활용한 과학적 탐구 중심의 학습이 제대로 이루어지기 위해서는 교사의 학습지도가 원활하게 이루어져야 한다.

본 연구에서는 이러한 과학적 탐구학습 활동을 위한 가상현실 환경 개발을 도와주는 SASILE(System for Augmenting Scientific Inquiry Learning Environments) 시스템을 제안하였다. (그림 1)은 SASILE 시스템을 이용하여 고창 모양성 대류현상 탐구학습 환경을 두 학생들이 협력적으로 자료를 수집하고 탐구하는 모습을 보여주고 있다. 두 개의 22인치 LCD 모니터를 사용하여 편광방식의 입체영상 가상현실 시스템인 IDESK4에서 학생들이 가상환경의 한옥 주위를 돌아다니면서 태블릿(Tablet) PC에 나타난 자료의 변화를 관찰하며 서로 의논하고 있는 모습을 보여주고 있다.

본 논문에서는 먼저 기존의 가상현실 과학적 탐구 학습에 관련된 연구에 대해서 살펴본다. 그리고 가상현실에서 과학적 탐구 학습과정 지원을 위해 새롭게 제안한 SASILE 시스템을 설명한다. 그리고 이 시스템을 사용하여 온도, 습도, 바람, 빛에 의한 대류현상에 대한 탐구 관찰을 통하여 한옥의 과학적 구조를 이해할 수 있는 가상현실 모양성 탐구학

습 환경 개발 사례와 가상현실로 구현된 화성에서 이리듬과 칼륨 성분을 측정하여 운석이 떨어진 곳을 찾는 화성 탐사 개발 사례를 보여주고, 이에 대한 결과 및 향후 연구방향에 대해 논한다.

## 2. 가상현실을 활용한 과학적 탐구학습 관련 연구

과학적 탐구학습은 학생들이 문제 해결을 위해 가설을 세우고 그 내용을 증명하기 위한 실험에서 여러 가지 변인들을 조절하며 확인하는 과정을 거친다. 가상현실은 현실에서 조절하기 힘든 변인들을 쉽게 조절할 수 있는 환경을 제공할 수 있으며 그에 따른 적절한 상호작용을 제공하고 학생들에게 흥미를 유발 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 때문에 가상현실 기술이 과학적 탐구학습에 활용된 연구가 상당수 보이고 있다.

‘가상필드’ 연구에서는 시카고 근교 초등학교 6학년 학생들을 대상으로, 빨강색 꽃을 원료로 잉크를 만드는 회사의 과학자의 임무를 부여하고 더 많은 양의 잉크를 생산하기 위해 어떤 환경에서 붉은색 꽃이 가장 많이 수확될 수 있는지를 탐구 학습 실험을 진행했다. 이 연구에서는 학생들이 아홉 개의 팀으로 나누어져 가상현실 시스템, Pocket PC를 이용하여 가상 필드에서 꽃의 위치와 색을 파악하였다. 그리고 전체 팀들의 자료를 모두 통합하여 붉은색 꽃이 많이 있는 지역의 환경 요인이 땅의 수분과 염분, 그리고 벌이 활동하는 반경 등에 의해 영향을 받는다는 사실을 발견할 수 있도록 하였다[2,3].

‘과학교육을 위한 가상실험 환경 구성’ 연구에서는 네 가지 주제에 대한 실험 환경을 웹을 통해 구현하였다. 학생들은 바람의 세기를 조절하여 파도의 세기가 변하는 것을 관찰할 수 있으며, P-wave와 S-wave를 선택하여 지진의 강도를 조절하여 두 파장간의 특성을 살펴 볼 수 있도록 하였다. 물탱크 속에 크기와 밀도가 다른 돌의 길이 변화의 차이를 살펴봄과 대륙이동을 이해하거나, 빛의 거리에 따른 온도변화를 체험할 수 있도록 구성되어 있다 [4].

MUSHI (Multi User Simulation with Handheld Integration framework)는 협력적인 탐구학습에 중점을 두고 설계되었다. 이 연구에서는 협력적 탐구학습을 도와주기 위해 어느 한 사람 역할의 비중이 높아지지 않도록 각 사용자들에게 무선으로 연결된 개인 장치를 제공하였다. 그리고 각자가 자신의 장치를 사용하여 지식을 얻고 싶은 부분을 관찰할 수 있게 하며 각자 얻은 지식을 에이전트를 통해 공유함으로써 탐구학습 형태의 구조로 다른 사람과 협력적으로 참여 할 수 있도록 하였다 [5].

‘여러 사용자를 위한 탐구학습 가상현실’ 연구에서는 가상의 River City에서 여러 사람들이 협동을 하며 주변의 단서를 탐구하여 어떠한 종류의 질병이 있는지 찾아내도록 한다. 질병은 각각 물, 공기, 곤충에 의해 발병하는 세 가지가 존재한다. 모기가 웅웅거리고 사람들이 기침하는 등의 소리와 모습을 실마리로 River City의 사용자들은 아바타를 통

해서 다른 사용자나 컴퓨터 에이전트와 대화하고 협업하며 질병의 근원지를 탐구하도록 만들어졌다. 이 연구에서는 가상 환경과 실제 환경의 비슷한 특징을 두고 학생들이 탐구 활동을 하는 과정과 지식의 습득에 있어서 차이점을 갖지 않는다는 것을 증명하였다 [6].

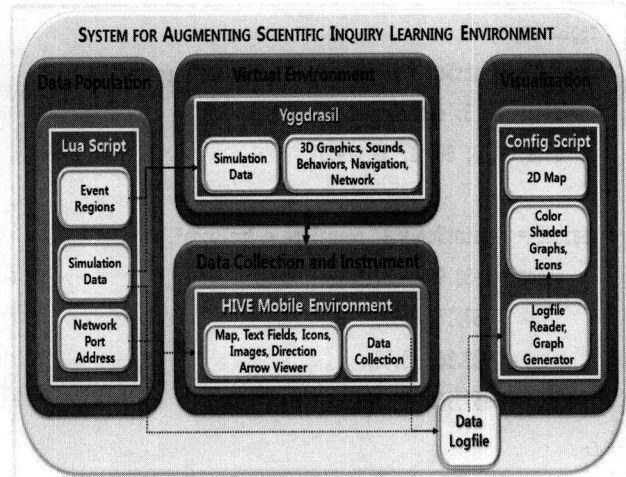
그러나 위에서 살펴본 대부분의 연구들은 특정 교안 하나에 대한 응용프로그램의 개발에 중점을 두고 있어 다른 탐구학습 교안에 쉽게 활용하기 어려운 단점이 있다. 또한 이런 과학적 탐구학습 가상환경들이 가상현실 기술이나 모바일 장치에 익숙한 소프트웨어 개발자들에 의해 실험적으로 개발되는 경우가 많았다. 때문에 가상현실 기술 등을 잘 모르는 교안 개발자들은 학생들의 탐구학습을 실제로 계획 및 지도해야 하면서도 이런 탐구학습 환경을 설계하는데 소외되었던 적이 많다.

### 3. SASILE: 과학적 탐구학습을 지원하는 가상환경 개발 시스템

(그림 2)는 SASILE 시스템의 전체적인 구성을 보여주고 있다. SASILE은 과학적 탐구학습의 과정인 문제 설정, 가설 생성, 관찰 및 자료 수집, 자료 분석, 원인 규명 또는 새로운 가설 생성의 단계를 적용시켜 통합적인 시스템으로 개발하였다. 기존의 가상현실을 활용한 과학적 탐구학습 환경 연구들과는 달리 과학적 탐구학습에 필요한 가상환경, 자료 설정, 자료 계측, 및 자료의 가시화 모듈을 제공하여 재사용성을 높이고 있다.

SASILE은 (1) 사용자에게 가상현실 배경의 교육 콘텐츠 환경을 제공하여 현실세계를 탐구학습의 관찰과 자료 수집 과정을 지원하는 가상환경 (Virtual Environment) 모듈, (2) 탐구학습의 교안에 따른 자연현상의 시뮬레이션 자료들의 상호작용을 설정하기 위한 환경 및 개체속성 자료 설정 (Data Population) 모듈 (3) 사용자에게 모바일 장치에서 시뮬레이션 자료를 수집하거나 측정하게 해주는 시뮬레이션 자료 수집 및 측정 (Data Collection and Instrument) 모듈, 그리고 (4) 시뮬레이션 원본 자료나 수집된 자료의 가시화 및 분석을 도와주는 가시화 (Visualization) 모듈로 구성되어 있다.

(그림 2)에서 Data Population 모듈에 이벤트 지역 (Event Regions)과 시뮬레이션 자료 (Simulation Data)를 설정하면 Virtual Environment 모듈에 시뮬레이션 자료로 이용되어 가상환경에서 사용자의 현재 위치에서 탐색하고 있는 자료가 모바일 측정 장치로 전송된다. 그리고 Data Collection and Instrument 모듈에서는 가상환경에서 전송받은 사용자의 위치나 자료 값을 모바일 장치에서 아이콘, 이미지, 텍스트로 보여주고, 또한 사용자 의해 측정 저장된 자료들을 로그파일 (Data Logfile)로 만들어 Visualization 모듈에서 분석하기 쉬운 그림으로 나타내어 준다. 또한 Data Population 모듈에서 작성된 시뮬레이션 자료는 그 상태로 로그파일로 만들어져 가시화로 바로 표출될 수 있다.



(그림 2) SASILE 시스템 구조

#### 3.1 가상환경 (Virtual Environment)

SASILE에 사용하는 가상환경 (Virtual Environment) 엔진은 가상현실 저작도구인 Ygdrasil (이하 YG)로 구현되어 있다. YG는 프로그래밍을 잘 모르는 예술계 학생들이 쉽게 가상현실 콘텐츠를 만들 수 있도록 도와주는 도구로 개발된 것으로 [7], 탐구학습환경 개발자에게 가상환경을 쉽게 개발할 수 있게 하는 편의성을 제공한다. YG는 개발자로 하여금 스크립트 코드를 작성해서 기본적인 3차원 모델들을 가상환경에 배치할 수 있도록 하고, 내비게이션 등과 같은 기본적인 사용자 인터랙션, 사운드 처리 등과 같은 기능들을 제공한다. YG는 또한 C++언어로 새로운 모듈을 만들어 추가시켜 기능을 확장할 수 있도록 해준다.

SASILE에서는 YG의 기본 기능을 사용하여 탐구학습을 위한 가상환경의 모델을 띄우고 내비게이션과 같은 간단한 사용자 인터랙션을 지원한다. 그리고 SASILE의 Data Population 모듈에서 설정한 시뮬레이션 자료를 읽어 들이는 YG 확장모듈을 추가하여, 사용자로 하여금 스크립트를 작성해 탐구학습을 지원하는 시뮬레이션 환경을 구축할 수 있도록 해준다. 또한 탐구학습 과정의 필수 요소인 가상환경에 내재된 시뮬레이션 자료를 사용자들이 모바일 측정도구를 활용해서 수집과 측정할 수 있도록, 가상환경과 모바일 측정도구 간에 네트워크로 자료와 인터랙션에 필요한 메시지를 실시간 교환할 수 있는 YG 확장 모듈을 추가하였다.

#### 3.2 가상 시뮬레이션의 환경 및 개체속성 자료 설정 (Data Population)

과학적 탐구학습을 위한 가상환경 시뮬레이션 실험환경을 구성하기 위해서는 여러 형태의 환경 및 개체들의 속성 자료와 사용자의 인터랙션을 특정 학습 교안에 맞추어 다시 정의해야 한다. 관련 연구에서는 이런 작업들이 주로 소프트웨어 개발자가 직접 자료를 입력하고 프로그램에 통합시키는 작업을 해야 했는데, SASILE에서는 간단한 스크립트 코드를 활용해서 탐구학습환경 개발자가 교안에 맞는 시뮬



```

1 regionNum = 15
2 region0 = {pointNum = 1, pointType = "circle", point={0, 0, 10},
3   dataNum = 5, interAct = "random",
4   data = {30, 80, 1, 59, 24.5}
5 }
6 region1 = { pointNum = 4, pointType = "polygon",
7   point = {-30.96, -53.19,
8           -57.16, 3.97,
9           -83.36, -9.53,
10          -57.96, -63.52
11 },
12   dataNum = 5, dataType = "gaussian", var = 10,
13   data = { 26, 60, 2, 40, 40}
14 }

```

(그림 3) 시물레이션 자료 입력 스크립트의 일부

레이션 자료를 쉽게 넣을 수 있도록 하였다.

이 자료 설정 (Data Population) 모듈을 활용해서 개발자는 가상환경과 객체에 계측 가능한 속성 값과 이벤트 지역을 원형 또는 다각형의 형태로 지정할 수 있다. 시물레이션 자료의 설정스크립트 일부를 (그림 3)에서 보여주고 있다. 이 예에서 사용자와 상호작용이 이루어지는 지역의 개수를 regionNum = 15로 설정하였고 사각형의 지역을 지정하기 위하여 region1 = {pointNum = 4, pointType = "polygon", point="..."}로 입력했다. 지역의 pointType을 circle로 설정하면 원형 지역을 지정할 수 있다.

그리고 region1의 dataNum=5와 같이 변인자료의 개수와 속성을 dataType = "gaussian"와 같이 설정한다. gaussian은 사용자가 상호작용 지역에 다가갈 경우 정규분포 형태로 값이 변하는 자료를 설정하는 것이고, random은 변인의 값이 일정 범위 내에서 임의의 값이 나오게 하며 regular는 사용자가 상호작용 지역에 다가가면 주어진 값이 바로 나타난다. 이렇게 변인의 속성을 설정한 후 변인들의 값을 차례로 넣거나 범위를 지정해줌으로써 시물레이션 환경의 속성을 넣는 것이 이루어진다.

이렇게 한번 만들어진 시물레이션 자료 설정은 대부분 pointNum의 개수와 point의 위치, dataNum의 개수와 실제 data값을 변경함으로써 최소한의 수정으로 다른 교안에 쉽게 재사용이 가능하다.

### 3.3 시물레이션 자료 수집 및 측정(Data Collection and Instrument)

과학적 탐구학습은 주로 협업을 통해 문제를 해결하는 것을 볼 수 있다 [2-6]. 가상 필드의 경우에 팀원 중 한 사람은 주로 가상환경을 돌아다니는 내비게이션 제어를 맡고, 다른 사람은 시물레이션 자료의 수집이나 측정 역할을 수행했다. SASILE은 이러한 협업적인 과학적 탐구학습을 지원

하기 위해, 가상환경 외에 모바일 장치를 통하여 현재 탐구 학습 환경의 사용자 위치 정보나 인터랙션 정보, 시물레이션 정보들을 측정하고 수집 및 관찰을 할 수 있도록 도와주는 시물레이션 자료 수집 및 측정 (Data Collection and Instrument) 모듈을 제공한다.

이 모바일 시물레이션 자료 수집 및 측정 모듈은 HIVE를 사용하여 구현하였다. HIVE는 모듈의 재사용성과 스크립팅의 유연성을 고려한 모바일 도구 개발 프레임워크로, 탐구학습환경 개발자가 간단하게 HIVE 스크립트 언어를 편집함으로써 동적으로 모듈을 적재하여 2차원 인터페이스 응용프로그램을 만들 수 있도록 해준다 [8]. 현재 SASILE에서 기본적으로 제공하고 있는 모바일 계측 모듈로는 모바일 기기에서 가상환경 사용자의 위치추적을 도와주는 지도 모듈과, 과학적 탐구학습에 필요한 변인 데이터 수치를 이미지, 아이콘, 텍스트로 보여주는 모듈과, 가상환경과 모바일 기기 간에 네트워크로 연결해서 실시간으로 시물레이션 자료를 받을 수 있도록 해주는 네트워크 모듈이 있다.

탐구학습환경 개발자는 일반적으로 교안에 따라 모바일 장치에 가상현실 전체를 나타내는 지도를 배치하고 변인 데이터의 개수와 데이터 이름을 설정하는 부분을 수정함으로써 간단하게 모바일 계측 도구를 만들어 낼 수 있다.

### 3.4 자료 가시화 (Visualization)

SASILE에서는 탐구학습 과정에서 수집한 자료를 탐구 학습환경 사용자인 학생들이 쉽게 분석할 수 있도록 가시화 (Visualization) 모듈을 제공한다. 탐구학습 자료의 가시화가 학생들이 보고 쉽게 이해할 수 있도록, 많은 기능을 넣는 것보다는 원하는 내용을 쉽게 보고 간편하게 사용할 수 있는데 중점을 두어 설계하였다. 따라서 자료를 읽고 변인들의 값에 따라 색상과 채도를 다르게 나타냄으로써 탐구학습 시스템 사용자가 전체지도에서 변인들의 값을 한 눈에 알아볼 수 있도록 하였다.

이 가시화 분석 모듈은 먼저 교안에 따라 수집된 자료를 읽어 가시화처리해주는 부분과, 가상 환경의 전체 지도를 볼 수 있는 화면 부분과, 각 변인들의 색상변화와 이름을 보여주는 범례 (Legend) 부분을 교안개발자에 의해 설정할 수 있도록 하였다. 가시화 모듈은 C++로 구현했으며, 3차원 가상환경의 전경 (위에서 아래로 내려다보는 지도의 형태로 만들어진 2차원 이미지) 이미지 위에 데이터의 변화를 보여준다. 또한 학생들이 교안에 따른 자료 분석을 쉽게 할 수 있도록, 동시에 많은 데이터를 보여주는 것뿐만 아니라 보고 싶은 데이터만을 선택적으로 가시화하는 기능을 제공하여 각 변인 데이터가 어떻게 전체 시물레이션에 영향을 미치도록 만드는 지를 파악할 수 있도록 하였다.

## 4. SASILE을 활용한 과학적 탐구학습 환경 개발 사례와 분석

SASILE 시스템을 적용해서 가상현실 고창 모양성 대류



현상 탐구학습 환경과 화성탐사 학습 환경을 개발하였다.

#### 4.1 가상현실 모양성 탐구학습 교안

SASILE 시스템의 활용성을 살펴보기 위해, 전라북도 고창 모양성을 배경으로 초등학교 5~6학년을 대상으로 공기의 대류현상을 탐구할 수 있도록 도와주는 과학적 탐구학습 환경을 개발하였다. (그림 1)에서 보이듯이 두 사람이 한 팀을 이루어 대류현상에 직접적으로 영향을 미치는 온도, 습도, 바람, 빛을 협력적 탐구학습 관찰 활동을 할 수 있게 하였다. 그리고 학습자들이 수집한 자료를 실험 후에 가시화 도구를 이용하여 탐구한 내용을 세밀하게 분석할 수 있도록 하였다.

이 가상환경에서 한옥과 숲 내부의 온도는 다른 지역의 온도에 비해서 낮기 때문에 대류현상에 의해 바람이 찬 곳으로부터 더운 곳으로 움직이게 되는데, 학생들은 이 가상 환경에서 여러 변인을 측정 및 기록하고 그것을 바탕으로 가시화하여 한옥 혹은 숲 주변에 어떻게 공기의 흐름이 발생하고 방향이 달라지는 지에 대해서 생각해보도록 하였다. 또한 선생님은 학생들의 관찰 내용에 맞춰 새로운 가설을 세울 수 있도록 지도하고 학생들이 세운 가설이 맞는지 검증하기 위해 다시 가상환경으로 돌아가 관찰을 수행하고 결론을 맺는 과정을 거치도록 하였다.

이 교안에 따라 먼저 SASILE의 YG 스크립트를 이용하여 가상현실 고창 모양성 내의 건물과 마당을 재배치하였고, 대나무 숲(맹종죽림사적)과 한옥 주변의 소나무 후원을 추가하였다. 학습자들은 3차원 마우스 장치를 이용하여 모양성 내부의 각 건물들과 대나무 숲을 구경할 수 있으며, 건물 내부에서는 높이에 따라 처마와 마루, 땅바닥을 관찰할 수 있도록 하였다. 또한 사용자가 한옥에 가까이 갔을 때 바람소리와 풍경소리를 들어서 대류현상이 일어나는 것을

간접적으로 알 수 있도록 하였다.

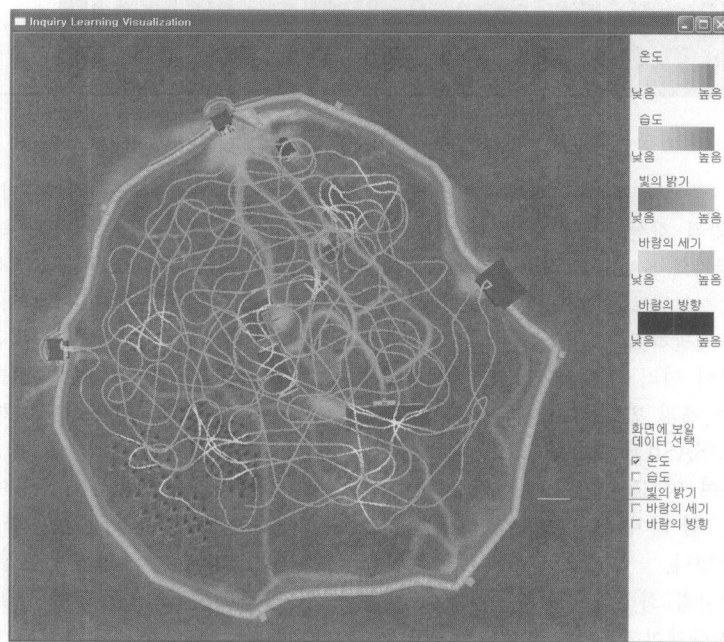
그 다음으로 대류현상을 학생들이 쉽게 볼 수 있도록 모양성내의 건물들과 대나무 및 소나무 숲에 온도, 습도, 빛의 밝기 등의 속성을 가우시안 분포로 설정하여 외부와 다르게 나타나게 Data Population 모듈의 스크립트를 작성하였다. 또한 가상환경 내의 사용자 위치와 바라보는 방향, 온도, 바람의 세기, 바람의 방향, 습도, 빛의 세기 정보를 모바일 계측 도구에 전송할 수 있도록 만들었다.

학생들이 가상환경을 돌아다닐 때, 시뮬레이션 자료 속성들은 네트워크로 전송되어 모바일 계측 도구에 그 값이 나타나며 필요 시 저장 버튼을 눌러 자료를 수집할 수 있도록 하였다. 이 계측 도구는 SASILE의 HIVE 스크립트를 사용해서 모양성의 전체 지도 위에 사용자의 현재 위치를 실시간으로 보여주고 가상환경의 속성들을 디지털 계측기의 형태로 보여주도록 만들어졌다. 또한 가상환경에서 현재 사용자 위치에서의 바람의 방향은 화살표로 표시해 쉽게 이해할 수 있도록 만들었다.

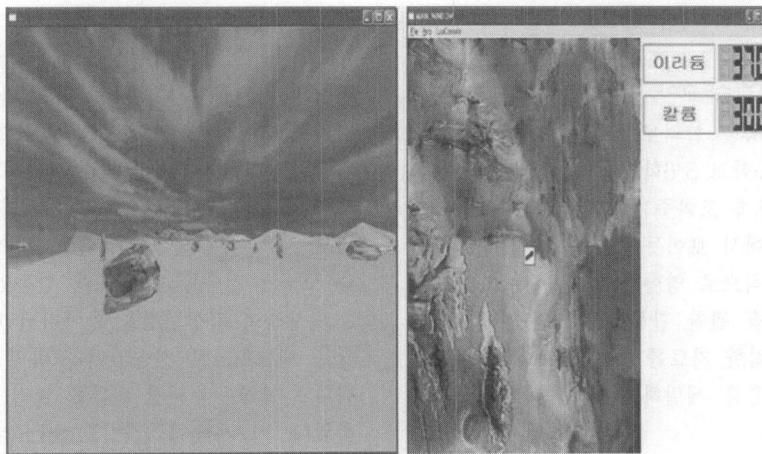
(그림 4)는 SASILE의 가시화 모듈을 이용해서 개발된 모양성 대류현상 탐구학습 환경에서 수집된 자료들 중 온도의 변화를 보여주는 가시화를 보여주고 있다. 그림에서 빨강색이 짙게 나타날수록 높은 온도를, 옅을수록 낮은 온도를 의미한다. 따라서 이 가시화에서 숲이나 한옥 내부에서 온도가 외부에 비해 낮은 것을 알 수 있다.

#### 4.2 가상현실 화성 탐사 탐구학습 환경

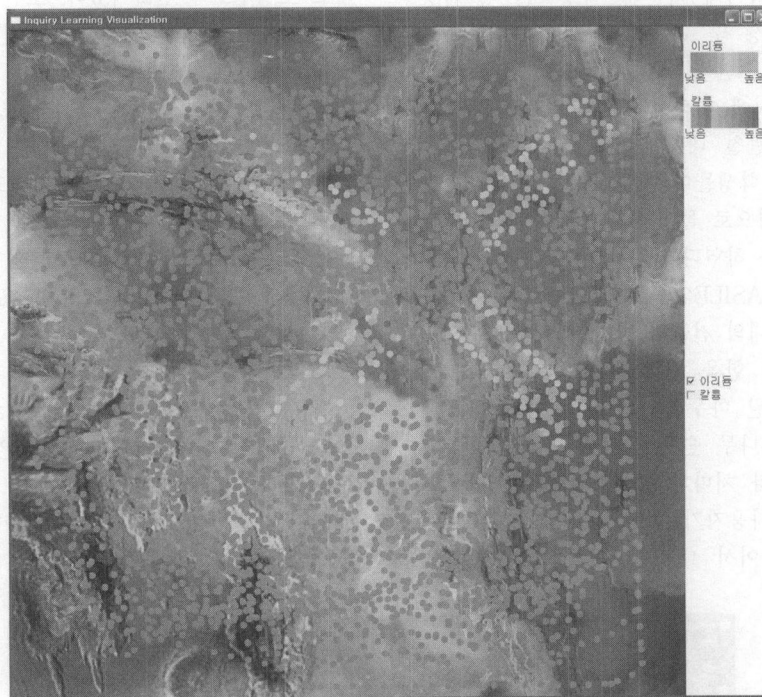
“최근 화성 탐사선 오디세이는 화성에 물이 있었을 가능성을 발견했다. 그래서 과학자들은 화성에 운석이 떨어진 곳을 찾아 땅을 쉽게 파내어 물을 찾기로 한다. 운석이 떨어진 곳을 중심으로 파편들이 퍼져나갔고 그 파편들은 이리



(그림 4) 모양성 대류현상 탐구학습에서 측정된 자료의 가시화



(그림 5) 화성탐사 교안의 가상환경 (왼쪽)과 모바일 계측기 (오른쪽)



(그림 6) 화성탐사 이리듬 분포도 가시화

깊 값을 측정하여 운석이 떨어진 위치를 찾아내는 방법을 고안하였다.”라는 교안에 맞춰 화성탐사라는 새로운 과학적 탐구학습 환경을 교안 개발자와 SASILE 개발자, 그리고 이 시스템에 초보자이나 Lua 스크립트 언어를 잘 아는 대학원생 한 명이 참여하여 함께 개발하였다.

교안 개발자는 모양성같이 여러 개의 변인은 초등학생들이 이해하기 어려우므로 두 개의 변인을 사용하는 화성탐사 교안을 제안하였다. 그리고 SASILE 개발자는 이 교안에 맞춰 YG 스크립트를 이용하여 약 100여개의 화성의 돌과 운석의 위치를 재배치하여 (그림 5)의 왼쪽과 같이 새로운 가상현실 화성탐사 환경을 꾸몄다.

그리고 대학원생은 가상환경 화성의 암석과 운석의 위치 값을 가지고 SASILE의 시뮬레이션 자료 설정 스크립팅으로 이리듬 속성을 파편이 떨어진 지역과 그렇지 않은 지역

으로 나누어서 지정하였다. 이 밖에도 시뮬레이션 환경에 변인을 더 주기 위해서 칼름 속성을 전 지역에 가우시안 분포로 지정하였다. 또한 시뮬레이션 자료 속성을 지정한 후 (그림 5)의 오른쪽에 보이는 가상환경에서 학습자의 위치와 방향과 측정한 이리듬과 칼름 값을 숫자로 보여주는 모바일 계측기를 만들었다. 이 계측기는 모양성 대류현상 교안에서 사용했던 지도와 숫자로 표시하는 변인 부분을 재사용하고 있는 예를 보여주고 있다.

교안 개발자는 이렇게 만들어진 과학적 탐구학습 환경을 직접 사용해 보고 난 후, 운석 파편의 위치와 이리듬 값을 바꾸라고 의견을 개진하여 가상환경과 자료 속성 지정을 약간 수정하였다. 또한 교안 개발자는 모바일 계측기에 숫자 대신 바 그래프로 수정하길 원했으나 이는 새롭게 추가되어야 하는 기능이라 구현하지 못했다.

(그림 6)은 교안 개발자가 최종적으로 만족한 화성탐사 탐구학습 환경에서 직접 본인이 시험적으로 수집한 자료를 SASILE의 가시화 모듈을 이용해서 자료를 표출한 모습이다. 교안의 내용대로, 설정한 운석의 이리듬 값이 주변의 다른 부분과 큰 차이를 보이고 있고, 따라서 그 중심점을 찾아서 운석이 떨어졌다는 것을 유추할 수 있다.

이 교안에 대한 탐구학습 시스템을 구현하는 데에 걸린 시간은 SASILE의 사용방법 교육시간을 포함하여 약 3시간 정도가 소요되었다. 이는 화성탐사 가상환경 모델을 재활용하여 만들어진 것이라 SASILE의 스크립팅만으로 새로운 교안에 따른 가상환경, 시뮬레이션 자료 입력, 모바일 계측기, 가시화 도구를 제작하고 수정하는 과정이 비교적 간단함을 알 수 있었다. 하지만, 스크립트 언어를 모르는 교안개발자가 혼자서 탐구학습 가상환경 및 모바일 계측기와 가시화 도구 전체를 구현하기는 힘든 점을 확인하였다.

## 5. 결 론

본 논문은 가상현실 과학적 탐구학습 환경의 제작을 도와주는 시스템인 SASILE에 대해 설명하였다. 가상현실을 이용한 과학적 탐구학습 환경은 좀 더 실감나는 시뮬레이션 환경을 제공하여 과학적 사고를 해줄 수 있어 최근 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 이러한 과학적 탐구학습 환경의 개발은 실제 과학적 상황과 비슷한 원리를 정의한 시뮬레이션 가상환경의 구축과 모바일 컴퓨터 프로그래밍에 대한 이해가 수반되어야 하기 때문에 시간이 많이 걸리고 어려운 작업이다. 이러한 이유로 초기에 개발된 가상현실 과학적 탐구학습 프로그램들은 주로 가상환경과 사용자 간의 상호작용에만 중심을 두어 매번 가상환경에 맞추어서 새로 개발되어야 했다. 또한 가상현실이나 모바일 기기 등 복잡한 시스템들을 유기적으로 연동하여 사용해야 하기 때문에 교안 개발자보다는 소프트웨어 개발자 주도로 연구가 진행되어 왔다.

이에 본 연구에서는 교안 개발자가 보다 적극적으로 탐구학습 환경 구현에 참여할 수 있도록 도와주는 탐구학습과정에 맞춘 SASILE 시스템을 개발하였다. 이 SASILE 시스템의 가상현실, 시뮬레이션 자료 설정, 시뮬레이션 자료 측정 및 수집, 자료 가시화 및 분석 도구 모듈을 활용하여 간단한 스크립팅과 모듈의 재사용을 통하여 과학적 탐구학습 환경을 쉽게 개발할 수 있다. 즉, 기존에 있는 가상환경 안에 간단히 시뮬레이션 자료를 입력하고 그 자료를 가상환경에서 모바일 기기를 통하여 측정가능하게 하며 가시화 도구를 이용하여 탐구학습에 중요한 단계인 자료의 분석을 할 수 있게 도와준다.

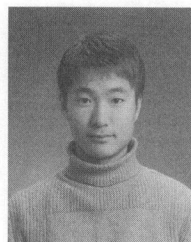
본 논문에서는 SASILE을 활용하여 초등학교 5~6학년 학생들을 대상으로 한 대류현상 탐구학습 환경 개발 사례를 살펴보았다. 또한 교안 개발자 한 명과 SASILE 시스템 개발자, 그리고 대학원생 한 명이 참여하여 서로 유기적으로 일을 함으로써 새로운 교안으로부터 최종적인 화성탐사 탐

구학습 환경 개발 사례를 살펴보았다. 이를 통하여 SASILE이 탐구학습 환경 교안 개발에 적극적으로 활용될 수 있는 가능성을 보여주었다.

추후 연구로 SASILE 시스템의 각 모듈을 사용자 테스트를 통해 더욱 개선하도록 하며, 궁극적으로는 현직 교사들이 더욱 쉽게 활용할 수 있는 드로잉 툴 형태의 자료설정 도구를 개발할 계획이다. 또한 가상현실을 증강현실로 대체할 수 있는 보다 포괄적인 탐구학습 시뮬레이션 환경을 개발할 수 있도록 이 시스템의 모듈을 확장할 예정이다. 그리고 본 시스템 시연에서 SASILE의 가시화 모듈이 초등학생들에게 어려울 수 있다는 현직 교사의 지적을 수렴하여 가시화 모듈을 좀 더 단순화할 계획이다.

## 참 고 문 헌

- [1] National Research Council Staff (NRC), 'National Science Education Standards', National Academy Press, 1995.
- [2] A. Johnson, T. Moher, Y. Cho, D. Edelson, E. Russell, "Field Work," Proc. of ACM SIGGRAPH 2003 Educator's Program (San Diego, CA, July 2003), July. 2003.
- [3] 조용주, 박경신, "가상월드에서 초등학생들의 과학적 탐구를 도와주는 멀티미디어 보조도구," 정보처리학회논문지 B, 제 12권 제2호, pp. 143-150, 2005.
- [4] Y. Shin, "Virtual Experiment Environments Design for Science Education," Second International Conference on Cyberworld(CW'03), 2003.
- [5] L. Lyons, J. Lee, C. Quintana, E. Soloway, "MUSHI:a multi-device framework for collaborative inquiry learning," Proc. of International Conference on Learning Sciences ICLS, 2006.
- [6] D. Ketelhut, B. Nelson, C. Dede, J. Clarke, "Scientific Inquiry in Educational Multi-user Virtual Environments," Educational Technology, Vol.19, No.3, pp.265-283, 2007.
- [7] D. Pape, "Composing Networked Virtual Environments," Ph.D. Dissertation, University of Illinois at Chicago, 2001.
- [8] 김석환, 조용주, "가상환경에서의 인터랙션을 위한 모바일 시스템용 인터페이스 프레임워크 개발," 정보처리논문지 B, 제12권 제1호, pp.343-350, 2007.



## 임 재 원

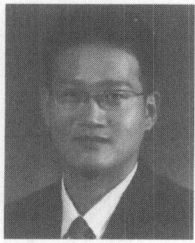
e-mail : windromeo@naver.com

2007년 상명대학교 디지털 미디어학부  
졸업 (학사)

2007년~현재 상명대학교 컴퓨터과학과  
석사과정

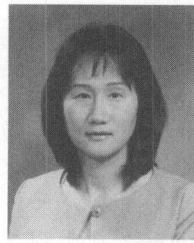
관심분야: 증강현실, 가상현실, 인터랙티브  
컴퓨팅, Edutainment





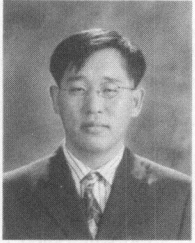
**김 석 환**

e-mail : compedian@gmail.com  
2007년 상명대학교 소프트웨어학부(학사)  
2007년~현재 상명대학교 대학원 컴퓨터  
과학과 (석사과정 재학 중)  
관심분야: 가상현실, HCI



**박 경 신**

e-mail : kpark@dankook.ac.kr  
1991년 덕성여자대학교 수학과 (학사)  
1997년 일리노이대학교 대학원 전기전자  
컴퓨터과학과 (공학석사)  
2003년 일리노이대학교 대학원 컴퓨터  
과학과 (공학박사)  
2004년~2007년 한국정보통신대학교 연구교수  
2007년~현재 단국대학교 멀티미디어공학전공 전임강사  
관심분야: 컴퓨터 그래픽스, 가상현실, HCI, 감성공학, 협업환경



**조 용 주**

e-mail : ycho@smu.ac.kr  
1993년 일리노이대학교 컴퓨터과학과  
(공학사)  
1997년 일리노이대학교 대학원 전기전자  
컴퓨터과학과 (공학석사)  
2003년 일리노이대학교 대학원 컴퓨터  
과학과 (공학박사)  
2004년~현재 상명대학교 디지털미디어학부 조교수  
관심분야: 가상현실, HCI, 인터랙티브 컴퓨팅