

# 가상 필드에서 초등학생들의 과학적 탐구를 도와주는 멀티미디어 보조 도구

조 용 주<sup>†</sup> · 박 경 신<sup>††</sup>

## 요 약

가상 필드는 초등학생들이 수학이나 과학에서 많이 필요로 하는 관찰력과 과학적 탐구 능력을 키워주기 위해 만들어진 시뮬레이션 가상현실 환경이다. 지난 4년간 가상 필드는 한 초등학교의 여러 학년 학생들을 상대로 사용되었는데, 가상 필드에서 탐색을 하던 학생들이 방향감을 잃어버리거나 또 자료 수집에 어려움을 보이는 등 여러 가지 문제점이 발견되었다. 이렇게 발견된 문제들을 해결하고 학생들이 좀 더 원활하게 자료 수집을 쉽게 할 수 있도록 도와주기 위해 처음에는 단순히 종이를 이용하는 형태에서 점진적으로 다양한 멀티미디어 환경을 이용하는 프로그램들을 개발하여 학생들에게 제공하였다. 이 논문에서는 초등학생들이 가상현실을 교육에 사용하면서 발생했던 문제점들을 기술하고 그것을 해결하기 위해 제공된 프로그램들을 설명한다. 또한 이런 프로그램들이 어떻게 사용자들의 행동에 영향을 주었는가에 대해서 설명한다.

## Multimedia Scaffolding Tools to Help Children's Scientific Investigation in a Virtual Field

Yongjoo Choo<sup>†</sup> · Kyoung Shin Park<sup>††</sup>

## ABSTRACT

The Field is a simulated virtual environment specifically designed to assist elementary students learn the basic scientific inquiry skills such as observation, data collection, and generating and verifying hypothesis. Over the last four years, the Field has been used to teach inquiry learning in the context of mathematics and science in an elementary school. During the studies, it was observed that students suffered from problems in navigation, wayfinding, and data collection. First, this papers discusses the problems and the technical aids we have iteratively developed to address these issues. We will then discuss the impact of the technical aids on the student's behaviors.

**키워드 :** 가상현실(Virtual Reality), 가상환경(Virtual Environment), 스캐폴딩(Scaffolding), 멀티미디어 교육(Multimedia Educational Technology)

### 1. 서 론

가상현실은 실제 자연 환경에서 학생들이 흔히 접할 수 없는 환경을 만들어 줄 수 있고, 또 복잡한 실제 환경을 학생들 수준에 맞게 조정해주어 실제 자연 환경을 보완한 교육환경을 구축하는데 효과적이다. 실제로 과거에 많은 학자들이 다양한 시뮬레이션 구축이 가능한 가상현실 환경을 과학이나 수학 교육에 사용하였다[16]. 그 예로 뉴턴의 물리 역학을 가르치는 뉴턴의 세계[4], 고릴라의 습성과 행동거지 및 서식지에 관해 공부할 수 있도록 도와주는 가상 고릴라 [1], 그리고 초등학생들에게 "지구는 둥글다"라는 개념을 가르치도록 도와주는 둥근 지구 프로젝트[6] 등이 있다.

지난 몇 년간 우리는 초등학생들이 관찰과 탐구, 가설 설

정, 자료 수집, 자료 분석, 가설의 검증 단계로 이루어진 과학적 탐구 능력을 키울 수 있도록 도와주는 가상현실 환경 구축과 그 결과 분석에 노력했다. 일반적으로 과학적 탐구 방법을 학생들에게 반복적인 현장 실습을 통해서 가르치는 것은 어렵다. 특히 학교에서 아이들을 현장에 내보내 관찰할 수 있도록 도와주기에는 인력과 시간이 부족할 뿐만 아니라 사고의 위험성이 높아서 아이들로 하여금 효율적으로 관찰하고 자료를 수집할 수 있도록 환경을 조성해줄 수 있는 여건이 부족하다. 그래서 우리는 학생들이 가상현실을 이용해 과학적 탐구 방법을 학습하는 것을 모색해왔고 그에 따라 시뮬레이션 가상환경인 가상필드를 개발하였다.

초등학생들에게는 일부 표본을 추출한 후에 전체를 유추해 확대 해석하는 것은 어려운 일이기에 학생들이 그룹을 이뤄 분할된 작은 작업 영역을 전반적으로 조사하고 관찰할 수 있는 방법을 가상 필드에서 주로 사용했었다. 또 우리는 가상 필드의 초기 디자인 단계부터 학습자들이 전반적인 표

<sup>†</sup> 종신회원 : 상명대학교 미디어학부 전임강사

<sup>††</sup> 종신회원 : 한국정보통신대학교 디지털미디어연구소 연구교수  
논문접수 : 2004년 10월 25일, 심사완료 : 2005년 3월 3일

본 검출 작업을 완벽하게 할 수 있도록 스캐폴딩(scaffolding)을 만들어 주어 좀 더 효율적인 학습을 할 수 있도록 유도하려고 했다[14].

스캐폴딩이란 학습자의 과제 수행에 도움을 줄 수 있는 모든 것들을 지칭하는 말이지만, 여기서는 가상현실 환경에서 학생들의 네비게이션(navigation)을 도와주어 쉽게 관찰할 수 있도록 하고 자료 수집에 도움을 주는 여러 도구들을 일컫는다. 특히 가상현실 공간에서는 현실 세계처럼 공간감이나 방향감을 줄 수 있는 시각적인 단서(visual cues)들이 충분히 제공되지 않기 때문에 사람들이 현재 자신의 위치나 가고자 하는 방향을 잃게 되는 것을 흔히 목격할 수 있다[12]. 스캐폴딩은 그러한 현상들을 최소화시키기 위한 필수적인 도구이다.

우리는 가상 필드처럼 전 지역을 다 검색하고 표본 추출을 해야 하는 환경에서는 마치 정원에서 잔디를 깎는 것처럼 한쪽 끝부터 시작해서 다른 쪽 끝까지 샅샅이 뒤지는 방법을 사용할 것이라 생각했다. 따라서 학습자들이 자신의 현 위치와 방향을 확인하고 줄을 맞추어 움직일 수 있도록 도와주고 이미 표본을 추출했던 곳을 다시 지나가지 않도록 방지하기 위하여 가상 필드 내에 어디서나 잘 보이도록 커다란 시각적 이정표를 제공하였다. 또한 학생들이 작업 영역 어디서나 쉽게 볼 수 있는 큰 울타리를 넣어 가상 필드 내의 작업 영역을 세분화해 주고 학생들이 그 울타리를 따라 움직일 수 있도록 만드는 등 여러 가상의 사물들을 보조 도구의 일환으로 제공하였다. 또한 선생님이 함께 참여하여 학생들이 가상 필드에서 사용할 자료 수집용 표를 수업 시간에 토론을 거쳐 만들도록 했다. 때문에 우리는 이 정도의 보조 도구들을 가지고 있으면 아무리 넓은 가상환경이라 해도 학생들이 충분히 정확한 자료 수집을 할 수 있을 것이라고 믿었다.

그러나 실제로 실험을 했을 때 예상과는 달리 학생들은 탐색 작업 전 토론에서 나왔던 모든 탐색 및 네비게이션 전략을 완전히 잊어버린 듯이 사방팔방으로 아무런 계획 없이 가상 필드를 돌아다녔다. 그리고 결국 가상현실 공간에서 초보자들이 흔히 겪는 것처럼 학생들이 자신들의 현 위치와

방향을 잡는데 심각한 정도의 어려움을 겪었고 이는 곧 불충분한 탐색 작업으로 이어졌다.

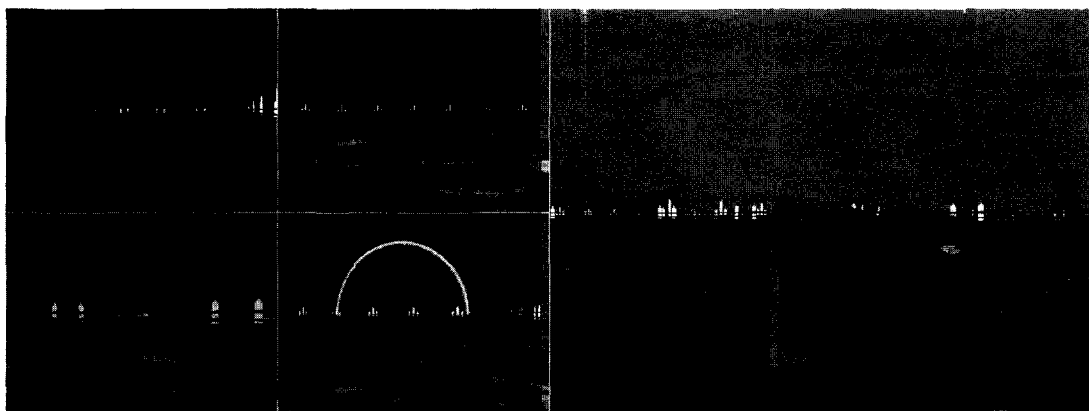
특히 이 첫 번째 실험에서 학생들은 찾은 것들을 또 찾는 반복된 식물의 관찰 및 자료 수집 현상을 보였고 더욱이 학생들이 직접 만든 표에 수집한 자료를 적는 과정에서도 많은 실수를 해서, 실제 우리가 만들어 놓은 식물이나 꽃에 관련된 정보들의 약 절반 정도 밖에 못 미치는 자료 수집에 그쳤다. 그러나 이보다 더 심각했던 문제는 학생들이 미처 수집하지 못했거나 혹은 중간에 옮기는 과정에서 사라진 자료를 때문에 학생들이 간신히 수집한 결과만으로는 처음 우리가 학생들이 배울 수 있으리라 생각했던 수학적 시뮬레이션 모델을 만들어 낼 수 없어 계획한 교안을 배울 수 없게 되는 상황에 이르렀다[7].

따라서 이 논문에서는 그렇게 별로 좋지 못했던 첫 번째 실험의 결과를 보완하고 또 학생들이 자료를 좀 더 철저하게 수집할 수 있도록 도와주기 위해 계속해서 추가로 제공되었던 스캐폴딩 도구에 대해 설명하고자 한다. 이 논문에서는 먼저 교육용 가상현실 공간인 가상 필드에 대해서 기술하고 가상 필드가 사용된 교육적인 목적을 설명하고자 한다. 추가로 가상 필드를 이용해서 실험했던 교안에 대한 설명이 있는 후, 학생들이 제공된 스캐폴딩 도구들을 사용하면서 어떻게 자료 수집과 관련한 괄목할 만한 성과가 있었는지 언급하고자 한다.

이 논문에서 설명하는 각각의 교안이나 실험들은 비록 몇 해에 걸쳐서 다른 학년과 반 아이들에게 행해진 자료를 바탕으로 하기 때문에 정확하고 지속적으로 확충된 스캐폴딩만 분리해서 그 효과를 확인할 수는 없다. 그러나 전반적으로 보았을 때, 지속적으로 추가된 스캐폴딩 도구가 실적으로 학생들에게 좀 더 탐색 능력을 키울 수 있고 많은 양의 자료를 수집할 수 있도록 도와주는 데에 큰 역할을 했다는 것을 확신할 수 있었다.

## 2. 가상 필드 - 학습용 가상현실 환경

가상 필드는 사방 3000 피트의 자갈, 모래, 그리고 잔디로



(그림 1) 가상필드의 사방에 있는 시각적 이정표와 깃발 그리고 작업 영역을 나눠주는 울타리.

이루어진 자연적인 야외 공간을 가상현실로 만들어 놓은 것이다. 학생들이 자신의 위치와 방향을 쉽게 파악할 수 있도록 가상공간의 사면에 (그림 1)에서 보여주는 네 개의 커다란 시각적 이정표를 위치시켰다. 또 전체 공간을 9개의 정사각형 모양의 작업 영역으로 나누어 사용자들이 좀 더 효율적으로 일을 할 수 있도록 만들었다. 특히 각 작업 영역은 크고 하얀 울타리를 세워 사용자들이 각 영역 어디서나 주변을 에워싸는 울타리를 볼 수 있도록 고안되었다. 그리고 가상 필드에서는 이렇게 만들어진 기본 환경에 꽃과 식물 같은 정적인 개체와 움직이는 동물 등을(가상현실 환경의 디자이너가 원하는 대로) 자유롭게 가상 필드용 비주얼 저작 도구를 이용해 배치시킬 수 있다[15]. 이렇게 가상 필드는 다양한 형태의 환경을 쉽게 꾸밀 수 있도록 설계되어 여러 가지 자연 현상을 쉽게 구현할 수 있도록 만들었고 따라서 다양한 교안을 개발하는 데 적용될 수 있다.

학생들이 가상 필드에서 할 수 있는 일(affordance)은 상대적으로 다른 가상현실 환경에 비해 많이 제한되어 있다. 일단 학생들은 조이스틱이나 트래킹 장비(tracking device)를 이용해서 가상공간을 돌아다니거나, Wanda®같은 가상현실 입력기기를 이용해 가상 환경에 깃발을 남겨둘 수 있고, PDA 같은 멀티미디어 환경을 이용해 가상 환경의 속성들을 검사해 보는 것 등이 학생들이 가상 필드 안에서 할 수 있는 일의 전부이다. 이는 학습할 대상이 어린 초등학생이라는 걸 감안해서 쉽게 사용가능한 기능만으로 단순화하고 학생들이 관찰력을 키우는 데 필요한 정도로만 국한시켰다.

### 3. 가상 필드의 시스템 구성

가상 필드는 네트워크 가상현실 저작도구인 Ygdrasil(yg)[9]로 개발되었다. Yg는 기존에 많은 가상현실 환경이 윈시직 컴퓨터 그래픽을 사용하여 개발하였던 것을 그래픽에 문외한인 일반 개발자들도 쉽게 만들 수 있도록 도와주는 고급 가상현실 저작도구이다. Yg는 C++언어와 CAVElib 가상현실 라이브러리[13]와 SGI사의 Performer 그래픽 라이브러리[11]와 그리고 협업 가상현실 환경을 만들기 위해 만들어진 CAVERNsoft G2 네트워크 라이브러리[10]를 사용해 만들어졌다. Yg는 모듈이라고 부르는 재사용 가능한 구성요소를 사용하여 가상 물체의 행동 양식을 간단히 만들어 낼 수 있도록 고안됐다. 따라서 음향, 아바타, 네비게이션, 이벤트 트리거(trigger) 등 기본적으로 제공되는 모듈을 이용할 수 있을 뿐만 아니라 개발자가 직접 만든 개별적인 모듈을 공유 라이브러리의 형태로 가상환경에 쉽게 추가할 수 있도록 만들어졌다. 또한 Yg는 분산형 신 그래프 관리 기법(distributed scene graph mechanism)을 사용해 사용자가 네트워크 환경에 대해서 깊이 알고 있지 않더라도 협업 가상환경을 쉽게 만들 수 있도록 도와준다.

가상 필드는 지표면과 울타리 등 기본적인 환경에 시각적 저작도구를 이용해서 가상 사물의 배포가 가능하다. 이 저작도구는 자바 언어를 이용해서 만들어졌고 개발자가 직

접 조작을 통해 가상 필드에 식물이나 동물 등의 배치와 행동양식을 쉽게 넣을 수 있다. 또 플러그인 모듈을 사용해 프로그래머가 그 기능을 다양하게 확장시킬 수 있도록 만들어졌다.

가상 필드는 SGI사의 Deskside Onyx와 입체영상을 지원하는 프로젝터를 사용하는 단일 스크린용 가상현실 시스템인 ImmersaDesk™에서 실행되었다. ImmersaDesk는 미국 일리노이 주립대 전자시각화연구소에서 1995년 개발된 것으로, CAVE®와 비슷한 프로젝션 바탕의 몰입형 가상현실 시스템이다. 그러나 보통 4-6면을 제공하는 CAVE와는 달리 45도 각도로 비스듬히 설치된 단일 스크린(4x5 피트)을 사용한 테이블 스타일 입체영상 디스플레이 시스템이다. ImmersaDesk는 CAVE에 비해 하나의 스크린만 사용하기 때문에 좀 더 성능이 낮은 컴퓨터에서 구동이 가능하고 단일 사용자만을 위해 만들어진 HMD(Head Mounted Display)와는 달리 여러 사용자들이 같이 동시에 입체 영상을 볼 수 있다는 장점이 있다.

본 실험에서 사용된 ImmersaDesk에서는 사용자의 위치와 손의 움직임을 파악하고 가상현실 시스템 및 프로그램에 알려주는 트래킹 장비로는 Ascension사의 Spacepad를 사용하였고 사용자가 좀 더 손쉽게 가상현실 환경에서 활동할 수 있도록 트래킹 센서가 부착된 3차원 인터페이스인 Wanda를 제공했다. 단 ImmersaDesk를 사용했던 다른 교육 가상현실 실험에서 트래킹 센서를 머리에 부착하고 있던 주 사용자 학생이 너무 갑작스럽게 움직이는 바람에 함께 보고 있던 다른 학생들이 어지러워했던 점을 경험했기에, 이 논문에서 언급된 실험들에서는 사용자의 머리 부분 트래킹(head tracking)을 고정시켜서 사용했다.

### 4. 가상 필드를 이용한 교안 개발

<표 1>에서 보듯이, 지난 몇 년 동안 우리는 가상 필드에서 학생들이 전반적인 표본 추출을 하는 연구를 해왔는데, 각각의 경우에 학생들은 자신들의 작업 영역에 존재하는 모든 식물이나 꽃들을 찾았다고 생각할 때까지 그 작업 영역을 탐색할 수 있도록 해주었다. 먼저 6학년 교과 과정에 포함이 되어있던 식물의 공존에 관해서 가르치기 위해 “상호의존관계” 교안의 가상환경을 꾸며 첫 번째 연구 실험을 진행했다. 이 교안에서는 학생들에게 어떤 식물들이 함께 살 수 있고 또 어떤 식물들이 절대 같이 공존할 수 없는지에 대해서 배우도록 하였다[7]. 약 50개의 7-8가지 식물이나 꽃들의 묶음이 가상 필드에 분산 배치되었고, 학생들은 가상현실 외에 특별히 추가된 멀티미디어 프로그램 없이 그냥 종이와 연필을 이용해서 자료를 수집하도록 했다.

“스누커퍼스” 교안은 4학년 학생들에게 선형 그래프를 그려서 존재하지 않은 자료 등에 대해서 유추할 수 있도록 도와주는 보간법 등을 배울 수 있도록 만들어졌다[8]. 이 교안에서도 “상호의존관계” 연구와 마찬가지로 특별한 멀티미디어 도구 없이 진행되었다. 그러나 “스누커퍼스”는 이전 연구

〈표 1〉 각 연구별로 참여했던 학생들과 지원되었던 스캐폴딩 도구들

연구	학년	탐색을 도와주는 스캐폴즈	자료수집 도구
“상호의존관계“	6학년	이정표, 깃발	종이와 연필
“스누커퍼스“	4학년	이정표, 깃발	종이와 연필
“분포“	6학년	이정표, 깃발 + 경로 추적 장치	특별히 제작된 자료 수집표
“마이필드“	6학년	이정표, 깃발, 경로 추적 장치 + 시뮬레이션 위치 추적 장치, 자료 수집 목록, 확인된 식물들을 실시간으로 보여주는 분석 프로그램	PDA에서 돌아가는 자료 수집 프로그램과 자료 수집 목록

에서 사용되었던 가상 필드하고는 몇 가지 점에서 조금 다른 (하지만 아주 중요한 역할을 하게 되는) 형태를 보이고 있다. 우선 “스누커퍼스”에서는 한 가지 식물 즉 버섯만이 사용되었다. 둘째로, “스누커퍼스”에서 사용된 가상 필드의 바닥은 이 교안만을 위해서 특별히 새로 만들어졌고 이것이 결국 자료 수집과 분석에 상당한 영향을 미쳤던 것을 알 수 있었다. (이 연구에서는 어떤 종류의 흙이나 바닥에서 버섯이 가장 잘 자라는 지에 대해서 찾아보도록 했다). 셋째, 다른 가상 필드 연구와는 달리 이 연구에서는 단 한 개의 작업 영역만이 사용되었다. 대신 같은 작업 영역은 8개월간의 모습을 시뮬레이션 해주어 시간에 따라서 다르게 보이도록 만들어졌다. 또한 학생들은 종이와 연필을 사용해서 자료를 수집할 수 있도록 했다.

“분포” 교안에서는 6학년 학생들이 간단한 표본 검사와 통계 분포에 대해서 공부할 수 있도록 디자인되었다. 이 연구에서는 학생들은 두 단계의 탐색 과정을 거치도록 했다. 먼저 학생들은 가상 필드에서 볼 수 있는 모든 꽃들과 식물들을 몇 개씩만 심어놓은 한 개의 작업 영역을 탐색해서 그 안에 있는 모든 식물들과 꽃들을 찾아 사진을 찍도록 했다. 그렇게 수집된 모든 식물들과 꽃들은 학생들의 토론 과정을 거쳐 각각 이름을 붙이고 사진과 이름을 포함하는 가상 필드 식물도감이라는 책을 만들도록 했다. 다음에 두 번째 탐색 과정에서, 학생들은 전반적인 표본 검출 작업을 했다. “상호의존관계” 연구에서 단순히 이정표를 이용해서 학생들의 현재 위치와 방향을 확인할 수 있도록 해주었다면, 이 연구에서는 이정표 외에 추가로 학생들이 각 부분 공간에서 지나다녔던 모든 곳들을 보여주는 경로 추적 장치를 가상현실 시스템 옆에 놓여진 노트북 컴퓨터를 통해서 보여주었다.

마지막으로 “마이필드” 교안은 6학년 학생들로 하여금 각 작업 영역을 돌아다니면서 식물과 꽃이 자라나는 땅의 염도나 습도, 또 꿀을 채취하는 벌과 특정 꽃들의 번식 관계를 배울 수 있도록 고안되었다 [5]. 학생들은 먼저 각 작업 영역을 돌아다니며 역시 전체적인 표본 검출 과정을 거치고 난후 다같이 모여 모든 작업 영역들의 정보를 합쳤을 때에 특정 패턴이 나타나도록 만들었다. 예를 들면, 이 연구를 위해서 가상 필드에 단지 흰색 그리고 빨강색 꽃 즉 두 가지 종류의 꽃만이 사용되었고, 학생들이 완벽하게 표본 검출 작업을 마쳤을 경우에 남쪽에서 북쪽으로 올라가면서 꽃의 종류와는 관계없이 점점 적은 수의 꽃들이 분포되어 있음을

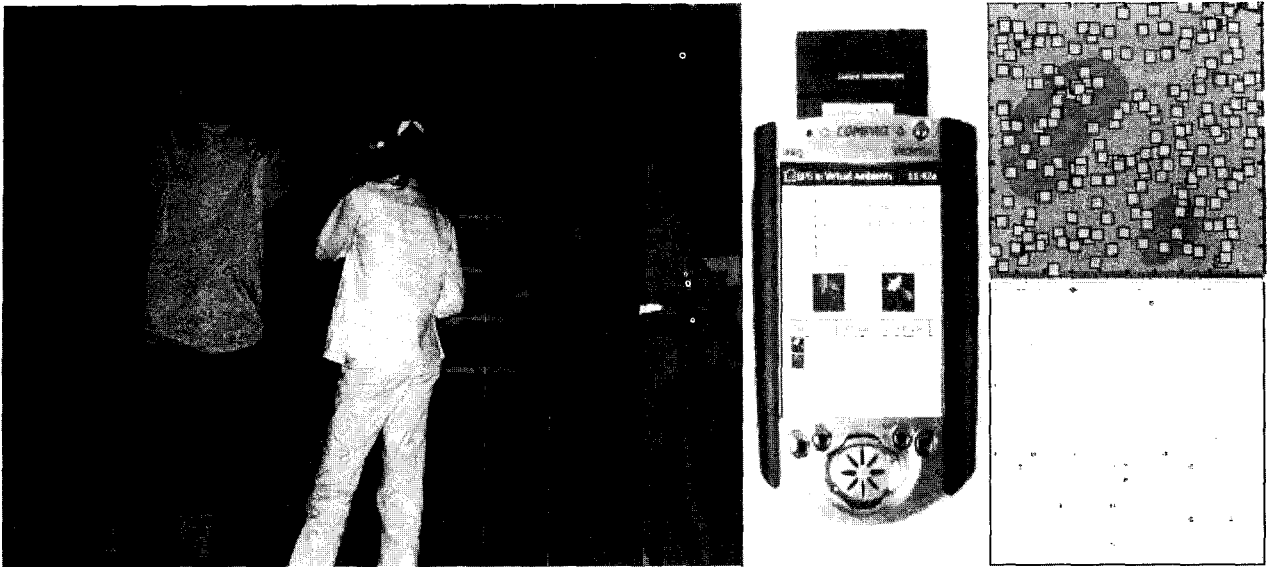
볼 수 있도록 만들어졌다. 또한 꿀벌의 집 지역에서는 흰색 꽃보다 월등히 많은 수의 빨강색 꽃을 볼 수 있다. 이 연구에서는 학생들로 하여금 먼저 전체적인 표본 검출 작업을 통한 자료 수집을 통해 이런 현상이 나타나는 것을 직접 찾아볼 수 있도록 하고, 두 번째 단계에서 그런 현상이 나타나는 원인에 대해서 찾아볼 수 있도록 했다. 마지막으로, 디지털 스캐폴딩의 형태로 이 교육 과정에서는 학생들에게 기존에 제공하던 이정표, 경로 추적 장치와 더불어 실시간으로 학생들의 위치와 방향을 보여주는 위치 추적 장치를 이용했다.

### 5. 과학적 자료 수집을 위한 멀티미디어 보조 학습 도구

#### 5.1 탐색 경로 추적 장치

(그림 2) (다)에서 보이는 탐색 경로 추적 장치는 자바 언어를 이용해 만들어졌고 노트북에서 보여주었다. 가상 필드 사용자의 위치 정보 자료를 경로 추적 장치로 받기 위해 가상현실과 PDA를 위해 특별히 만들어진 CAVERNsoft 자바 클래스를 이용해서 통신을 구축했다. PDA와는 달리 책 상위에 고정된 상태로 사용이 가능했기에 유선 네트워크를 사용해 가상현실 시스템과 연결했다.

“상호의존관계” 연구에서 학생들이 각 작업 영역에서 극히 일부분만 돌아다닌 모습을 보여주었다. 이 또한 학생들이 체계적인 표본 검출 방법을 사용했다고 볼 수 없는 그런 행보를 보여주고 있다. 이런 점들은 체계적인 관찰 방법과 탐구력을 키워주려고 하는 교육용 환경의 목적에 부합되지 못하므로, 추후에 있는 연구에서 학생들의 체계적인 관찰을 돕기 위해 학생들이 현재 어떻게 움직이고 있는 지 보여주는(즉, 실시간으로 학생들의 위치를 보여주는) 경로 추적 장치를 만들어서 제공했다. 경로 추적 장치는 학생들의 행보를 직접 실시간으로 확인할 수 있도록 하여 자신들이 수업 시간에 말했던 잔디 깎기 방법처럼 좀 더 체계적으로 전반적인 표본 검출 작업을 할 수 있도록 도와주기 위해 고안되었다. 즉 학생들이 자신들의 행보를 보면서 본인이 체계적인 방법으로 탐색을 하고 있는 지 수시로 확인할 수 있도록, 좀 더 높은 검출 범위와 완벽한 자료 수집을 도와주는 데에 이 도구를 제공한 목적이 있다.



(그림 2) "마이필드" 연구의 한 장면. (가) 왼쪽은 ImmersaDesk에서 세 명의 아이들이 가상 필드를 탐색하는 과정. (나) 중간은 위치 추적 장치, 디지털 자료 수집 도구, 그리고 자료 수집 목록이 돌아가고 있는 PDA, (다) 오른쪽은 사용자들이 어디 다녔는지 실시간으로 보여주는 경로 추적 장치와 실시간으로 찾은 꽃의 위치를 보여주는 분석 프로그램.

### 5.2 PDA용 위치 추적 장치

(그림 2) (나)에서 보이는 위치 추적 장치는 마이크로소프트사의 포켓 PC 운영체제를 사용하는 HP사의 iPaq 3650 PDA를 이용했다. 위치 추적 장치를 구현하기 위해 이 PDA를 사용했던 이유는 컬러 디스플레이를 장착하고 있어 학생들이 꽃의 색상을 쉽게 파악할 수 있고 손에 쉽게 들고 사용할 수 있기 때문이다. 또 확장팩을 이용해 노트북용 PCMCIA 카드를 이용한 무선 네트워크가 가능하므로 사용자들이 편하게 이 위치 추적 장치를 가상 필드에서 사용할 수 있다.

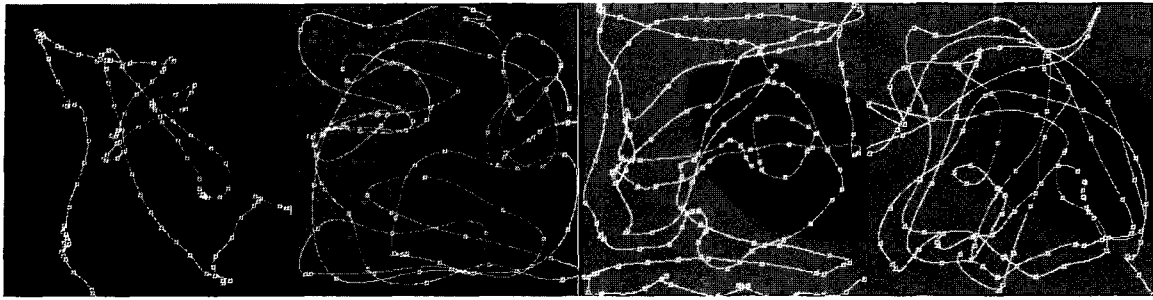
위치 추적 장치는 트랙킹 장비를 통해 얻어진 가상 필드 안의 사용자 위치를 PDA로 네트워크를 통해 실시간으로 전달하여 보여준 형태로 만들어졌다. 이 장치는 C++언어를 이용해서 만들어졌고 원활한 통신을 위해 PDA 환경에서 사용할 수 있는 CAVERNsoft 네트워크 라이브러리 클래스가 추가로 개발되었다. 사용자의 위치 정보는 자주 바뀌게 되므로 UDP를 이용해 보냈고, 사용자가 꽃의 아이콘을 선택할 때 PDA에서 다른 컴퓨터에서 실행되는 분석 도구로 보내지는 꽃 정보들은 TCP를 통해 정확하게 전달하도록 디자인되었다.

"상호의존관계"에서 참담할 정도로 낮은 표본 검출 범위를 보였기 때문에, 추후 연구에서 실시간 탐색 경로 추적 장치를 제공하였고, 이 장치가 사용되었던 연구들에서 검색 범위가 상당히 넓어졌음을 확인할 수 있었다. 그러나 학생들이 이 경로 추적 장치 사용하여 자신들이 미처 확인하지 못한 지역을 쉽게 찾는 데에 도움이 된 것은 사실이지만 가상현실 환경에서 흔히 대두되는 방향감 문제에는 큰 도움이 되지 못했다. 즉 학생들이 자신들의 현재 위치와 자신들이 바라보고 있는 방향을 쉽게 찾지 못하기 때문에 어디로 찾

아가야 하는지 모르는 문제가 발생하게 된 것이다. 학생들이 이 위치와 방향성을 파악하는 것을 도와주기 위해 가상 필드 어디에서나 볼 수 있는 네 개의 이정표들을 사방에 만들어 놓았고 또 각 작업 영역을 구분해주는 울타리가 있음에도 불구하고, 학생들은 실험 도중 지속적으로 실험 관찰자에게 자신의 위치와 방향을 물어 보았다. 또한 실시간 경로 추적 장치에서 학생들이 지나간 곳을 보여주는 양이 점점 많아지면서 학생들이 현재 자신의 위치를 쉽게 파악할 수 없다는 문제점도 발견했다. 이런 문제점들을 해결하기 위해, 실시간 위치 추적 장치를 만들어 경로 추적 장치와 함께 사용할 수 있도록 했다.

### 5.3 특별히 디자인된 아날로그 자료 수집 도구와 멀티미디어 자료 수집 도구

"상호의존관계" 연구에서 단순히 종이로 된 기록표와 연필을 사용이 자료 손실에 직접적인 영향을 미쳤던 것을 확인할 수 있었다[7]. 학생들은 자신들이 찾은 자료들을 기록표에 기입하는 것을 간혹 잊어버릴 때가 있었고 또 두 가지 종류의 붉은 꽃들 (예로 장미와 튜울립)을 혼동하는 경우도 있었다. 가상 필드에서는 찾은 꽃이나 식물을 다시 세지 않도록 표시하는 깃발 꽃는 기능을 제공했는데 학생들은 이미 찾은 식물 옆에 깃발을 세우는 것을 단순히 잊어버렸거나 아니면 식물에서 너무 멀리 꽃아서 그 깃발이 어떤 식물을 위한 것인지 혼돈하게 만들기도 했다. 이것은 궁극적으로 이미 찾았던 식물을 다시 세는 실수를 하게 만들었다. 또한 분석 단계에서도 각 작업 영역에서 찾은 여러 종류의 식물들이 서로 같은 것임을 확인하고 이름을 붙이는 작업 중에도 혼돈하여 상당 분량의 자료들을 놓쳐버리는 실수를 범하였다.



(그림 3) 가장 왼쪽부터 (가) “상호의존관계”, (나) “스누커퍼스”, (다) “분포”, (라) “마이필드” 연구에서 학생들이 탐색을 위해 가상필드의 서북쪽 “작업 영역”을 돌아다니는 모습.

이러한 자료 수집 문제를 해결하기 위한 노력은 몇 단계에 걸쳐서 지속적으로 행해졌다. 먼저 학생들이 꽃의 이름과 모양을 혼돈하던 것을 방지하기 위해, “분포” 연구부터는 가상 필드에 존재하는 꽃이나 식물들의 사진을 미리 수집하고 토론을 거쳐 이름을 붙인 뒤 가상 필드 식물도감을 만들도록 했고, 그 식물도감을 이용하여 만들어진 자료 수집 기록표를 학생들이 사용하도록 했다. 기록표에는 가상 필드에 있는 식물들의 사진을 왼쪽에 넣어주고 오른쪽에는 학생들이 몇 개를 찾았는지 표시할 수 있는 칸을 만들어 놓았다. “마이필드” 연구에서는 (그림 2) (나)에서 보이는 PDA(Personal Digital Assistants)를 이용한 자료 수집 기능을 제공해주어 기록 과정을 더욱 더 간단하게 해주었다. 따라서 학생들은 새로운 꽃이나 식물을 찾을 때마다 종이 위에 기입하는 것보다는 PDA에서 특정 꽃을 지칭하는 버튼을 눌러 자료를 수집할 수 있도록 했다. 또한 이미 수집한 꽃인지 아닌지 확인할 수 있도록 PDA에 수집된 꽃들의 모양과 위치 등의 정보를 나열해서 보여주는 표도 제공되었다.

이렇게 만들어진 디지털 자료 수집 도구는 C++와 포켓 PC의 API를 이용해 만들었다. 학생들이 가상 필드에서 찾을 수 있는 형태의 꽃을 그래픽 버튼의 형태로 만들어 학생들이 버튼을 누르는 것만으로도 자료를 수집할 수 있도록 만들었다. 버튼을 누르면 꽃 모양과 위치가 디지털 자료 수집 도구의 표에 저장되고, 그림 2 (다)에 보이는 다른 노트북 컴퓨터에 있는 분석 도구로 네트워크를 통해 그 내용이 전달된다. 그러면 분석 도구에서는 전달된 꽃의 종류와 위치를 바탕으로 화면에 표시한다.

### 6. 가상 필드에서 탐구하는 학습자 행동 양식

학생들이 자료 수집을 위해 가상 필드의 얼마나 많은 부

분을 돌아다녔는지 확인하려고 가상 필드의 각 색선을 100 평방피트 크기의 정사각형 격자 셀(cell)로 나누었다. 즉 각 색선은 모두 100개의 단위로 나뉘어져 있다. 이렇게 각 색선을 나눈 이유는 학생들이 가상공간 안에 있을 때 식물들이 약 50 피트 전방에 있다면 정확한 종류 파악은 어렵지만 식물의 존재성을 알 수 있다는 점에서 기인했다. 이렇게 각 색선을 여러 개의 격자형태로 나눈 후 사용자가 얼마나 많은 격자를 지나갔는지 확인해서 학생들이 전체적으로 얼마나 많은 부분을 다니며 주의 깊게 관찰했는지 살펴보았다. (그림 3)은 각각의 연구에서 학생들이 한 색선에서 얼마나 많은 공간을 관찰했는지 경로 추적 장치를 통해서 보여주고 있다.

<표 2>는 각 연구별로 학생들이 얼마나 정확히 탐색 작업을 했는지 보여주고 있다. <표 2>에서 보듯이 경로 추적 장치나 위치 추적 장치 등과 같이 가상 환경에 추가되는 스캐폴딩이 지원될수록 학생들이 좀 더 많은 지역을 효율적으로 관찰한 것으로 나타난다. 특히 아무런 스캐폴딩 없이 다닐 때인 “상호의존관계”와 비교해서 스캐폴딩을 제공했던 “분포”와 “마이필드”의 학생들이 약 두 배 이상의 검수율을 보인다는 점에 주목해야겠다. 비록 정확하게 경로 추적 장치와 위치 추적 장치가 학생들의 관찰력 향상에 있어서 어떤 도구가 어느 정도 도움을 주었는지 구체적으로 얘기할 수는 없지만, 경로 추적 장치만을 사용했던 “분포” 연구와 두개를 모두 사용했던 “마이필드” 연구에서 아주 약간의 차이를 보인 것을 봐서 이에 대한 좀 더 심화된 연구가 필요할 것으로 보인다.

그런데 “스누커퍼스” 연구는 좀 특이한 결과를 보여주고 있다. 특별히 사용자를 위한 스캐폴딩이 지원되지 않았는데도 불구하고 이 연구에 참여했던 4학년 학생들은 “분포” 연구에 참여했던 6학년 학생들과 비슷한 수준의 탐색 능

<표 2> 각 연구별 분석 자료

연구	전반적인 검수율 (%)	탐색 거리 (feet)	탐색 시간 (seconds)	각 작업 영역에서 찾은 식물의 묶음	평균 탐색 속도 (ft/sec)	한 개의 식물을 찾는 데 걸린 평균 시간 (Seconds)
“상호의존관계”	40.5	4383.14	1335.50	5	3.21	296.78
“스누커퍼스”	83.83	14292.14	1714.50	24	8.38	72.96
“분포”	85.35	13410.59	1986.65	39	6.75	54.74
“마이필드”	91.44	17115.70	4169.78	60	4.10	75.06

력을 보여주었다. 그 원인을 찾아보자면, “스누커퍼스”에서는 다른 연구에 비해 같은 지역을 관찰했다는 차이가 있다. 즉, 다른 연구에서는 가상 필드의 각 섹션을 각 학생들의 그룹별로 나누어서 관찰시키고 그 결과를 합쳐서 분석시킨 데 반해서 “스누커퍼스”에서는 확실하게 구분되는 세 개의 다른 부분으로 나누어진 (잔디, 자갈, 모래로 덮여진 부분이 확실하게 드러나는) 한 개의 섹션을 시간별로 나누어서 관찰을 시킨 것이다. “스누커퍼스”에서 사용된 특별한 지형은 학생들에게 수업시간에는 미처 얘기되지 않은 좀 더 체계적인 탐색 방법을 찾도록 도와주었다고 보인다.

특이하게도 이 연구에서 학생들은 한 개의 특정 지역 (즉, 잔디나 모래로 덮여진 단일 지역)을 먼저 검색한 후 다른 지역으로 넘어가는 방법을 채택했는데 이는 특별히 실험 전에 미리 얘기된 것은 아니었고 총 일곱 개 그룹 중 다섯 그룹이 선택을 했을 정도로 학생들이 자연스럽게 채택한 방법이었다. 따라서 다른 연구들의 학생들이 좀 더 넓은 작업 영역을 찾아다녀야 했던 것에 반해, “스누커퍼스”에서는 거의 삼등분된 작은 지역들을 하나씩 정복해 나감으로써 좀 더 생산적인 결과를 낼 수 있게 된 것 같다. 이는 가상 필드의 지표면을 잘 만들어서 스캐폴딩으로 지원하는 것만으로도 상당히 좋은 결과를 나타낼 수 있다는 점을 보여주고 있다.

하지만 “스누커퍼스”의 분석 자료를 보면 다른 환경에 비해 평균 탐색 속도가 8.38 ft/sec로 학생들의 움직임이 상당히 느려졌음을 확인할 수 있다. 특히 위치 추적 장치가 제공되었던 “마이필드”에서 평균 탐색 속도가 4.10 ft/sec이었던 것과 비교하면 약 두 배 가까운 시간이 걸린 것으로 나타났다. 이는 “마이필드” 연구에서 경로와 위치 추적 장치가 제공되어 학습자들이 좀 더 손쉽게 움직이고 방향을 찾을 수 있었던 것으로 보인다.

또 하나 인상적인 현상은 스캐폴딩이 하나씩 더 추가될 때마다 학생들의 탐색시간이 느려졌다는 점이다. 즉, “마이필드” 연구를 보면 학생들의 평균 탐색 속도는 “상호의존관계”를 제외하면 최저치를 기록했다. 특히 “상호의존관계” 연구에서는 학생들이 다른 작업 영역을 검사했던 학생들의 결과물과 비교하기 위해 가상 필드에서 찾은 식물들을 그려야 했기에 더 느려졌다는 것을 감안하면 상당히 낮은 수치이다. 이런 현상은 학생들에게 많은 정보가 주어져서 각 도구들이 보여주는 자료를 분석하는데 학생들이 상당한 시간과 노력을 들인 것으로 보인다.

## 7. 결론 및 향후 연구 방향

가상 필드에서 돌아다니는 것은 현실 세계와 비교해서 방향이나 위치를 파악할 수 있는 시각적인 단서가 상당히 부족한 편이라 현실세계에서 돌아다니는 것과는 분명한 차이가 있다. 이 논문에서 소개된 여러 교육과정 실험에서 점차적으로 더 많은 스캐폴딩이 제공되어 초등학교 학생들이 상당히 넓은 가상공간 지역을 돌아다니며 표본 추출 작업하는

과정을 비교적 쉽게 잘 할 수 있었다는 것을 보여주고 있다.

학생들이 잔디를 깎는 형태처럼 지그재그 형태로 움직이며 체계적인 관찰을 할 것이라 기대한 것은 일찌감치 틀렸다고 드러났다. 가상 필드에서 모든 학생들은 비체계적인 마구잡이식 탐색 방법을 선택했다. 하지만 다양한 스캐폴딩이 추가로 제공되면서 더 나은 탐색 결과를 보여주었던 것을 확인할 수 있었다. 이는 적어도 두 가지 결과로 추약될 수 있겠다. 하나는 “스누커퍼스” 연구에서처럼 한 개의 큰 공간을 작게 만들어 준 후 검색을 시킴으로써 상당히 좋은 탐색 결과를 가질 수 있었다는 점이다. 또 다른 하나는 탐색 경로 추적 장치나 위치 추적 장치 등의 도구들은 학생들에게 상당히 유용하게 사용되었다는 점이다.

특히 경로 추적 장치가 제공된 후에 학생들은 작업 영역에서 자신들이 미처 가보지 못한 부분들을 실시간으로 확인할 수 있었기 때문에, 학생들이 좀 더 넓은 지역을 모두 관찰할 수 있었고 결국 두 배 이상의 검수율을 보였던 것을 확인할 수 있었다. 그리고 위치 추적 장치가 사용된 “마이필드”의 경우에는 위치 추적 장치 사용이 없었던 “분포”에 비해 약 6%의 향상율을 보이고 있다.

디지털 자료 수집 도구 또한 학생들의 자료 수집율을 높이는 데 큰 도움이 되었다. 우선 종이와 연필 등을 사용할 때에는 미처 기록을 하지 않은 경우도 있고 그렇게 기록된 자료들을 컴퓨터로 옮겨 분석을 하는 과정에서 놓치게 된 자료의 양도 꽤 많았었다. 하지만 PDA 자료 수집 도구를 통하여 학생들이 좀 더 손쉽게 자료 수집할 수 있는 방법을 제공해주었을 뿐만 아니라, 그 수집된 자료들을 실시간으로 분석 도구로 전달해주어 좀 더 충실한 분석을 할 수 있도록 만들기도 했다.

하지만 이렇게 멀티미디어 탐색 보조 도구들을 제공한다고 해서 학생들의 학습 효과가 무조건 나아지는 것은 아니다. 가령 상당히 다양한 형태의 보조 도구들이 제공되었던 “마이필드”연구에서는 오히려 학생들이 한 개의 식물을 찾는 데 걸린 평균 시간이 “상호의존관계”를 제외하면 제일 오래 걸린 것으로 나타났는데 이는 학생들에게 너무 많은 정보를 주어 오히려 비효율적인 결과를 만들 수도 있음을 보여주고 있다.

추후의 연구에서 똑같은 교안과 환경을 주고 각각의 스캐폴딩의 장단점에 대해서 좀 더 깊이 살펴보고자 한다. 여기서 소개된 연구에서 각각의 스캐폴딩을 지원하는 장치 및 도구를 활용할 수 있었던 것은 프로젝터를 이용하는 가상현실 시스템을 사용하기 때문이었다. 그렇게 독립된 형태의 장치를 사용하는 것이 어떻게 학생들의 탐색 및 조사에 영향을 미치는 지 확인하기 위해 추후 연구에서 스캐폴딩을 가상현실 환경 내에서 보여주는 것과의 비교 분석을 또한 추진하려 한다.

## 참고 문헌

- [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. Cruz-Neira, D. J. Sandin, T. A. DeFanti, R. V. Kenyon, and J. C. Hart, "The Cave Automatic Virtual Environment," Communications of the ACM, Vol. 35, No. 2, pp. 64-72, Jun., 1992.

[3] M. Czernuszenko, D. Pape, D. J. Sandin, T. A. DeFanti, G. Dawe, M. Brown, "The ImmersaDesk and Infinity Wall Projection-Based Virtual Reality Displays," Computer Graphics, Vol. 31, No. 2, pp. 46-49, May, 1997.

[4] 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., pp. 87-106, Springer, 1996.

[5] Johnson, A., Moher T., Cho, Y., Edelson, D., Russel, E., 'Field work, ACM SIGGRAPH Educators Forum, 2003.

[6] A. Johnson, T. Moher, S. Ohlsson, M. Gillingham, "The Round Earth Project: Deep Learning in a Collaborative Virtual World," In the Proceedings of IEEE VR. pp. 164-171, 1999.

[7] T. Moher, A. Johnson, Y. Cho, Y. Lin, "Observation based Inquiry in a Virtual Ambient Environment," In the Proceedings of the 4th International Conference of the Learning Sciences, pp. 238-245, 2000.

[8] T. Moher, J. Kim, and D. Haas, "A Two tiered Collaborative Design for Observational Science Activities in Simulated Environments". In the Proceedings of Computer Support for Collaborative Learning, pp. 361-370, 2002.

[9] D. Pape, "Composing Networked Virtual Environments", Ph.D. Dissertation, University of Illinois at Chicago, 2001.

[10] 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.

[11] SGI Inc., SGI Performer <http://www.sgi.com/software/performer>

[12] N. Vinson, "Design Guidelines for Landmarks to Support Navigation in Virtual Environments," In the Proceedings of ACM Human Factors in Computing Systems, pp. 278-285, 1999.

[13] VRCO, CAVElib. <http://www.vrco.com/>

[14] D. Wood, J. S. Bruner, G. Ross, "The role of tutoring in problem solving," Journal of Child Psychology and Psychiatry, Vol. 17, pp. 89-100, 1976.

[15] Y. Cho, "A Layered Architecture Supporting the Collaborative Design of Virtual Environments for Science Inquiry," Ph.D. Dissertation, University of Illinois at Chicago, 2003.

[16] C. Youngblut, "Educational Uses of Virtual Reality Technology," Technical Report IDA Document D-2128, Institute for Defense Analyses, Alexandria, VA, 1998.

### 조 오 주



e-mail: ycho@smu.ac.kr

1993년 University of Illinois at Urbana Champaign 컴퓨터과학과 졸업(학사)

1997년 University of Illinois at Chicago 전기전자컴퓨터과학과(공학석사)

2003년 University of Illinois at Chicago 컴퓨터과학과(공학박사)

2004년~현재 상명대학교 미디어학부 교수

관심분야: 가상현실, HCI, 게임, 인터랙티브 학습 환경 개발 등

### 박 경 신



e-mail: park@icu.ac.kr

1991년 덕성여자대학교 수학과 졸업(학사)

1997년 University of Illinois at Chicago 전기전자컴퓨터과학과(공학석사)

2003년 University of Illinois at Chicago 컴퓨터과학과(공학박사)

2004년~현재 한국정보통신대학교 디지털미디어연구소 연구교수

관심분야: HCI, 가상현실, Tele-Immersion, Computer Supported Cooperative Work 등